



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

TESINA PRESENTADA PARA OBTENER  
EL GRADO ACADÉMICO DE  
INGENIERO EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO  
AMBIENTE

“FRAGILIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA HIDRICA DEL LAGO POTRERO  
DE LOS FUNES, SAN LUIS, ARGENTINA”.

Autor: Luciano Héctor ANDRADE.

Director: Guillermo E. OJEDA.  
Co-Director: Marcelo GAVIÑO.

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2009

## **AGRADECIMIENTOS**

**A la Universidad Nacional de San Luis, por abrirme sus puertas, especialmente a Guillermo Ojeda por el tiempo, conocimiento y paciencia prestada.**

**A la Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Cs Exactas y Naturales, por transmitirme a través de sus profesores los conocimientos que hoy tengo.**

**A Gloria Mendaña (Mi Madre) por aguantarme (económica y moralmente) en este tiempo de estudio y siempre alentarme a seguir por el camino de la sabiduría.**

**A Rubén Andrade (Mi Padre) por enseñarme que ser buena persona y el estudio te llevan por un buen camino en la vida.**

**A mis hermanos Facundo, Francisco y Delfina que siempre estuvieron a la hora de los consejos.**

**A Lía, Nelson, Tomás y Estefanía por ser mi flía durante estos años de residencia en Santa Rosa y darme una porción de asado, además de su dulce compañía, cuando en casa sólo había fideos y arroz.**

**A los demás integrantes de mi flía que aunque a distancia siempre tuve su apoyo incondicional.**

**A todas las buenas personas que he conocido en Santa Rosa que hoy considero mis amigos: Milton, Benja, Mauro, Yanina, Santiago, Carolina, Andrea, Soraya, Julia, Sebastián, Javier, Álvaro, Pablo ..... y otro montón que no he nombrado porque sería muy larga la lista, no piensen que los he olvidado simplemente están en mi corazón.**

## Índice General

Agradecimientos .....	2
Índice General .....	3
Índice de figuras, tablas, formulas y fotografías .....	5
Resumen .....	8
Abstract .....	8
<b>1. Introducción</b>	
1.1. Fundamentos .....	10
1.2. Objetivo general .....	13
1.3. Objetivos específicos .....	13
1.4. Hipótesis .....	13
1.5. Características generales del área de estudio .....	14
1.6. Marco legal .....	17
<b>2. Medio físico</b>	
2.1. Información general del medio físico .....	20
2.2. Hidrografía .....	22
2.3. Recursos Hídricos subterráneos .....	24
2.4. Geología .....	24
2.5. Geomorfología .....	25
2.6. Sismicidad .....	31
<b>3. Medio Biológico</b>	
3.1. Vegetación .....	33
3.2. Fauna .....	39
<b>4. Análisis de fragilidad ambiental</b>	
4.1. Metodología general .....	41
4.2. Materiales .....	43
4.3. Elaboración de mapas-bases .....	44
4.3.1. Mosaico de Potrero de Los Funes .....	44
4.3.2. Mapa de vegetación .....	44
4.3.3. Mapa de cobertura vegetal .....	46
4.3.4. Modelo digital de elevaciones .....	51

4.3.5. Mapa de pendiente -----	54
4.3.6. Mapa geomorfológico -----	56
4.3.7. Mapa Hidrográfico -----	58
4.3.8. Mapa densidad de drenaje -----	60
4.3.9. Mapa de exposición -----	62
4.3.10. Mapa de cotas -----	64
4.3.11. Mapa de frecuencia de fuegos -----	66
4.3.12. Mapa de suelo -----	68
4.3.13. Mapa de uso del suelo escenario 1 (Pasado) -----	74
4.3.14. Mapa de uso del suelo escenario 2 (actual) -----	76
4.4. Elaboración de mapas índice	
4.4.1. Mapa índice de erodabilidad -----	80
4.4.2. Mapa índice de vulnerabilidad hídrica -----	84
4.4.3. Mapa índice de vulnerabilidad biótica -----	88
4.4.4. Mapa índice de susceptibilidad a la contaminación del aire -----	92
4.4.5. Mapa índice de fragilidad del paisaje -----	95
4.4.6. Mapa índice de susceptibilidad a los incendios -----	98
4.4.7. Mapa índice de susceptibilidad a los mov. de remoción en masa ----	101
4.4.8. Mapa índice de fragilidad ambiental -----	104
4.4.9. Mapa índice de intervención antrópica pasada y actual -----	109
4.4.10. Mapa de riesgo de degradación ambiental pasada y actual -----	114
<b>5. Conclusiones -----</b>	<b>118</b>
<b>6. Discusiones -----</b>	<b>122</b>
<b>7. Recomendaciones -----</b>	<b>123</b>
<b>8. Bibliografía -----</b>	<b>125</b>
<b>9. Anexos</b>	
<b>I. Principales funciones del SIG “ILWIS 3.4” -----</b>	<b>131</b>
<b>II. Planillas caracterización del suelo -----</b>	<b>135</b>
<b>III. Planilla del análisis de texturas de los diferentes horizontes edáficos ---</b>	<b>150</b>
<b>IV. Modelo de Encuesta -----</b>	<b>159</b>
<b>V. Tabla completa del índice de erodabilidad -----</b>	<b>161</b>

## Índice de Figuras

Figura	1.1	Mosaico de la cuenca hídrica del Lago Potrero de Los Funes	15
Figura	2.1	Mapa de ubicación general del municipio de Potrero de los Funes	20
Figura	2.2	Distribución anual de las precipitaciones	21
Figura	2.3	Mapa de unidades geomorfológicas	26
Figura	4.1	Esquema metodológico general	42
Figura	4.2	Mapa de vegetación de la cuenca del Lago Potrero de Los Funes	45
Figura	4.3	Mapa de cobertura vegetal	48
Figura	4.4	Diagrama de buffer_dist, sharp_drop y smooth_drop	51
Figura	4.5	Modelo digital de elevaciones optimizado	53
Figura	4.6	Mapa de pendientes clasificadas	55
Figura	4.7	Mapa Geomorfológico	57
Figura	4.8	Mapa hidrográfico, subcuencas, ríos permanentes y transitorios.	59
Figura	4.9	Mapa de densidad de drenaje	61
Figura	4.10	Mapa de exposición de laderas	63
Figura	4.11	Mapa de cotas clasificadas	65
Figura	4.12	Mapa de frecuencia de incendios	67
Figura	4.13	Esquema de obtención del mapa de suelo	69
Figura	4.14	Mapa de suelos	73
Figura	4.15	Mapa de uso del suelo pasado	75
Figura	4.16	Mapa de uso de suelo actual	79
Figura	4.17	Esquema de obtención del mapa-índice de erodabilidad	80
Figura	4.18	Mapa-índice de erodabilidad (MIE)	83
Figura	4.19	Esquema de obtención del mapa-índice de vulnerabilidad hídrica	85
Figura	4.20	Mapa-índice de vulnerabilidad hídrica (MIW)	87
Figura	4.21	Esquema de obtención del mapa-índice de vulnerabilidad biótica	89
Figura	4.22	Mapa-índice de vulnerabilidad biótica (MIB)	91
Figura	4.23	Esquema de obtención del mapa-índice de susceptibilidad a la contaminación del aire	92
Figura	4.24	Mapa-índice de susceptibilidad a la contaminación del aire (MIA)	94
Figura	4.25	Esquema de obtención del mapa-índice de fragilidad de paisaje	95
Figura	4.26	Mapa-índice de fragilidad del paisaje (MIP)	97
Figura	4.27	Esquema de obtención del mapa-índice de susceptibilidad a incendios	98
Figura	4.28	Mapa-índice de susceptibilidad a los incendios (MII)	100
Figura	4.29	Esquema de obtención del mapa-índice de susceptibilidad a los movimientos de remoción en masa	100
Figura	4.30	Mapa-índice de susceptibilidad a los movimientos de remoción en masa (MIR)	103
Figura	4.31	Mapa-índice de fragilidad ambiental (MIFA)	107
Figura	4.32	Esquema de obtención del MITAA y MITAP	110
Figura	4.33	Mapa-índice de intervención antrópica actual (MITAA)	112
Figura	4.34	Mapa-índice de intervención antrópica pasado (MITAP).	113
Figura	4.35	Grafico del porcentaje del riesgo de degradación ambiental pasado de la cuenca del Lago Potrero de Los Funes	114
Figura	4.36	Mapa riesgo de degradación ambiental pasado (MRDAP)	115
Figura	4.37	Grafico del porcentaje del riesgo de degradación ambiental actual de la cuenca del Lago Potrero de Los Funes	116
Figura	4.38	Grafico de comparación de porcentajes del Riesgo de degradación ambiental en los escenarios pasado y actual	117
Figura	4.39	Mapa riesgo de degradación ambiental actual (MRDAA)	117

## Indice de Tablas

Tabla	2.1	Datos hidrológicos de la cuenca del Lago Potrero de los Funes	22
Tabla	2.2	Valores promedios de los parámetros físico-química y bacteriológico del Río y del Lago Potrero de Los Funes	23
Tabla	4.1	Relación NDVI de las comunidades vegetales Vs cobertura vegetal en el terreno	47
Tabla	4.2	Jerarquización del drenaje y parámetros del DEM optimizado	52
Tabla	4.3	Clasificación de pendientes	54
Tabla	4.4	Características de las subcuencas del Lago Potrero de Los Funes	60
Tabla	4.5	Clasificación de la exposición de las laderas	62
Tabla	4.6	Clasificación de la altitud	64
Tabla	4.7	Clasificación de vegetación según frecuencia de incendios	66
Tabla	4.8	Reclasificación de los suelos según unidad geomorfológica y pendiente	68
Tabla	4.9	Ejemplo de la tabla índice de protección del suelo e índice de erodabilidad	81
Tabla	4.10	Conversión del índice de protección del suelo a valores del índice de erodabilidad	81
Tabla	4.11	Cálculo del índice de vulnerabilidad hídrica	85
Tabla	4.12	Cálculo del Índice de Vulnerabilidad Biótica (ICB) y del Índice de Vulnerabilidad Biótica (B).	89
Tabla	4.13	Vulnerabilidad del hábitat (H)	90
Tabla	4.14	Valores de conversión de ICB en B según distintos H	90
Tabla	4.15	Ventilación puntual según tipo de vegetación y exposición	93
Tabla	4.16	Ventilación regional (V)	93
Tabla	4.17	Conversión de V en Índice de susceptibilidad a la contaminación del aire	93
Tabla	4.18	Índice de susceptibilidad a la contaminación del aire (A)	93
Tabla	4.19	Cálculo del índice visibilidad y dinámica de procesos degradativos	96
Tabla	4.20	Valoración del índice de fragilidad del paisaje	96
Tabla	4.21	Índice efecto del fuego (Ef)	99
Tabla	4.22	Valoración del índice de susceptibilidad a los incendios	99
Tabla	4.23	Clasificación de pendientes según su potencial a la actividad de los movimientos de remoción en masa	101
Tabla	4.24	Valoración del índice susceptibilidad a los movimientos de remoción en masa	102
Tabla	4.25	Ponderación de los índices	104
Tabla	4.26	Conversión de valores promedio del índice de fragilidad ambiental	105
Tabla	4.27	Índice de fragilidad ambiental vs Uso actual del suelo	108
Tabla	4.28	Índice de fragilidad ambiental vs Uso pasado del suelo	108
Tabla	4.29	Ponderación del nivel de transformación antrópica (r) y el índice de profundidad de transformación del paisaje (q)	109
Tabla	4.30	Índice de intervención antrópica actual y pasado	111
Tabla	4.31	Riesgo de degradación ambiental	114

## Indice de Formulas

Formula	4.1	Índice de fragilidad ambiental	41 y 104
Formula	4.2	Incorporación de roca y suelo desnudo al mapa cobertura vegetal	46
Formula	4.3	Pendiente media de las subcuencas	84
Formula	4.4	Obtención de índice de calidad biótica	88
Formula	4.5	Obtención del mapa-índice de Fragilidad Ambiental (MIFA)	105
Formula	4.6	Obtención del grado de intervención antrópica (ITA)	109

## Índice Fotográfico

Foto N°	2.1	Unidad geomorfológica Complejo de Valles Fluviales Serranos	-----	27
Foto N°	2.2	Unidad geomorfológica Superficie de Erosión Antigua	-----	28
Foto N°	2.3	Unidad geomorfológica Mantos Loessoides Discontinuos y la Unidad geomorfológica de Lomadas Terciarias	-----	29
Foto N°	2.4	Unidad geomorfológica Mantos Loessoides Discontinuos	-----	30
Foto N°	3.1	Comunidad Bosque de <i>Prosopis flexuosa</i>	-----	34
Foto N°	3.2	Comunidad Arbustal de <i>Acacia caven</i> y <i>Aloysia gratísima</i> en laderas	-----	34
Foto N°	3.3	Comunidad Bosque de <i>Lhitraea ternifolia</i> en laderas.	-----	35
Foto N°	3.4	Comunidad Pastizal de <i>Stipa sp.</i> y <i>Festuca hieronymi</i> (Zona de altura)	-----	36
Foto N°	3.5	Comunidad Pastizal de <i>Stipa sp.</i> y <i>Festuca hieronymi</i> (Zona Baja)	-----	36
Foto N°	3.6	Comunidad Bosque <i>Celtis spinosa</i> , Vegetación riparia de <i>Cortaderia selloana</i>	-----	37
Foto N°	4.1	Bosque de <i>Lhitraea ternifolia</i> . Cobertura 2	-----	47
Foto N°	4.2	Bosque de <i>Lhitraea ternifolia</i> . Cobertura 1	-----	47
Foto N°	4.3	Arbustal de <i>Acacia caven</i> y <i>Aloysia gratísima</i> . Cobertura 3	-----	49
Foto N°	4.4	Arbustal de <i>Acacia caven</i> y <i>Aloysia gratísima</i> panorámica Cobertura 3	-----	49
Foto N°	4.5	Arbustal de <i>Acacia caven</i> y <i>Aloysia gratísima</i> . Cobertura 2	-----	49
Foto N°	4.6	Arbustal de <i>Acacia caven</i> y <i>Aloysia gratísima</i> panorámica Cobertura 2	-----	49
Foto N°	4.7	Arbustal de <i>Acacia caven</i> y <i>Aloysia gratísima</i> . Cobertura 1	-----	49
Foto N°	4.8	Arbustal de <i>Acacia caven</i> y <i>Aloysia gratísima</i> panorámica Cobertura 1	-----	49
Foto N°	4.9	Pastizal de <i>Stipa sp.</i> y <i>Festuca hieronymi</i> . Cobertura 3	-----	50
Foto N°	4.10	Pastizal de <i>Stipa sp.</i> y <i>Festuca hieronymi</i> panorámica Cobertura 3	-----	50
Foto N°	4.11	Pastizal de <i>Stipa sp.</i> y <i>Festuca hieronymi</i> . Cobertura 2	-----	50
Foto N°	4.12	Pastizal de <i>Stipa sp.</i> y <i>Festuca hieronymi</i> panor. Cobertura 1 y 2	-----	50
Foto N°	4.13	Pastizal de <i>Stipa sp.</i> y <i>Festuca hieronymi</i> . Cobertura 1	-----	50
Foto N°	4.14	Pastizal de <i>Stipa sp.</i> y <i>Festuca hieronymi</i> panorámica Cobertura 1	-----	50
Foto N°	4.15	Bosque de <i>Lhitraea ternifolia</i> . Cobertura 3	-----	51
Foto N°	4.16	Bosque de <i>Lhitraea ternifolia</i> . Cobertura 3	-----	51
Foto N°	4.17	Bosque de <i>Prosopis flexuosa</i> . Cobertura 1	-----	51
Foto N°	4.18	Bosque de <i>Celtis spinosa</i> . Cobertura 2	-----	51
Foto N°	4.19	Bosque de <i>Prosopis flexuosa</i> . Cobertura 1 y 3	-----	51
Foto N°	4.20	Bosque de <i>Prosopis flexuosa</i> . Cobertura 2 y 3	-----	51
Foto N°	4.21	Unidades geomorfológicas Complejos Serranos	-----	56
Foto N°	4.22	Unidad geomorfológica Superficie de Erosión Antigua.	-----	56
Foto N°	4.23	Unidad geomorfológica Lomadas Terciarias, Manto Loessoides Discontinuos y en el fondo los Complejos Serranos	-----	56
Foto N°	4.24	Bosque de <i>Lithraea ternifolia</i> quemado y sobrepastoreado	-----	66
Foto N°	4.25	Arbustal con <i>Prosopis</i> quemados	-----	66
Foto N°	4.26	Tocón de <i>Lithraea ternifolia</i> quemado (diam. 50cm)	-----	66
Foto N°	4.27	Arbustal quemado en recuperación	-----	66
Foto N°	4.28	Perfil suelo 1	-----	69
Foto N°	4.29	Perfil suelo 2	-----	70
Foto N°	4.30	Perfil suelo 3	-----	70
Foto N°	4.31	Perfil suelo 4	-----	70
Foto N°	4.32	Perfil suelo 5	-----	71
Foto N°	4.33	Perfil suelo 6	-----	71
Foto N°	4.34	Perfil suelo 7	-----	71
Foto N°	4.35	Roca expuesta	-----	72
Foto N°	4.36	Suelo desnudo	-----	72
Foto N°	4.37	Construcciones	-----	72
Foto N°	4.38	Área urbanizada por el turismo	-----	76
Foto N°	4.39	Área urbanizada por la población permanente	-----	77
Foto N°	4.40	Lago Potrero de Los Funes	-----	77
Foto N°	4.41	Zona de pastoreo continuo	-----	77
Foto N°	4.42	Entrada al parque nativo de Potrero de Los Funes	-----	78
Foto N°	4.43	Área sin uso o pastoreo eventual	-----	78
Foto N°	4.44	Desmontes del Bosque de <i>Prosopis flexuosa</i>	-----	78
Foto N°	4.45	Cultivo de vid en el centro y suelo labrado a su alrededor	-----	78

## **Resumen**

Se presenta una metodología basada en la elaboración y combinación de mapas temáticos mediante el uso de geotecnologías y tratamiento espacial con SIG en la cuenca del Lago Potrero de Los Funes, localizada a 20 Km al NE de la Capital en la provincia de San Luis.

El objetivo es determinar el grado de fragilidad ambiental y la zonificación de la cuenca, a partir del análisis de las interrelaciones entre las variables ambientales consideradas. Se pretende así, obtener una herramienta de gestión ambiental para ser utilizada por los sectores involucrados en la búsqueda de un desarrollo ambientalmente sano y alcanzar una mayor eficiencia en dicha gestión. La metodología aplicada es un modelo que combina diferentes variables ambientales, generando siete índices los cuales al ser combinados algebraicamente y representado geográficamente, se obtiene el mapa de fragilidad ambiental. Además, utiliza un modelo para obtener el riesgo de degradación ambiental e identificar las áreas de intervención prioritarias.

Los resultados revelaron un alto grado de fragilidad ambiental de la cuenca con más del 90% del área con un índice muy alto, alto o medio (14.96%; 41.77%; 36.70% respectivamente) y un aumento respecto al escenario pasado en el riesgo de degradación ambiental del 8.63 % siendo alto o medio en el 70 % del área.

En base a estos resultados se concluye sobre la necesidad de realizar acciones precautorias y de mitigación que minimicen a futuro los impactos ambientales.

## **Abstract**

This study presents a methodology based on the design and combination of thematic maps using geomatics and GIS spatial processing in the Lago Potrero de los Funes, located 20 km NE of the capital city in the province of San Luis.

The objective is to determine the degree of environmental fragility and zoning of the watershed, from analysis of the interrelationships between the considered environmental variables. The aim is to obtain an environmental management tool to be used by stakeholders in the pursuit of an environmentally healthy development and achieving greater efficiency in its management. The applied methodology is a model that combines different environmental variables, generating seven indexes those which when being combined algebraically and represented geographically, the map of



environmental fragility is obtained. Also, a model uses to obtain the risk of environmental degradation and to identify the high-priority intervention areas.

The results revealed a high degree of environmental fragility of the basin with more than 90% of the area with a very high rate, high or medium (14.96%, 41.77%, 36.70%, respectively) and an increase over the last stage in the risk of degradation of 8.63% with high or medium in 70% of the area.

Based on these results it is concluded on the need for mitigation measures and precautions to minimize future environmental impacts.

# 1. Introducción

## 1.1. Fundamentos

La contradicción desarrollo – naturaleza no puede continuar. La economía tradicional asocia desarrollo con progreso y éste con crecimiento, no muy cierto desde la perspectiva del desarrollo sostenible, pues nada en la naturaleza crece indefinidamente. Cuando un proceso alcanza ciertos umbrales tiende a colapsar, así su degradación es parte de un nuevo proceso. El desarrollo va ligado al concepto de ciclo manteniendo un equilibrio dinámico que autorregula y retroalimenta al sistema. El crecimiento debe ser acorde con la capacidad de sustentación de un ecosistema, es decir, debe haber un equilibrio entre área sustentable y área sustentada, lo que implica un límite, es decir, parar de crecer en un determinado momento <sup>[1]</sup>.

Si bien es cierto que la legislación ambiental se refiere a las empresas, a los medios de producción o a los productos, la sostenibilidad urbana ha pasado a situarse en primer plano del debate científico a la vez que político y administrativo, gracias, entre otras contribuciones, a las declaraciones institucionales de la Comisión Europea y otros organismos de ámbito europeo <sup>[2]</sup>. Desde entonces el concepto de desarrollo sostenible ha cobrado importancia, hasta constituirse en uno de los paradigmas centrales del cambio de milenio. El cambio de actitud que ha representado la toma de conciencia sobre la importancia del medio ambiente puede interpretarse como una crisis del paradigma vigente, el cual no ha podido dar respuesta a los problemas surgidos en la última década <sup>[3]</sup>. La complejidad del paradigma de la sostenibilidad se añade a la propia de los procesos ambientales y modelos de implantación turística, y obliga a la creación de un sistema de indicadores adaptados a la especificidad de cada realidad local <sup>[4]</sup>.

El ser humano es parte de la naturaleza, pero en su afán por mejorar sus condiciones de vida y bienestar está rompiendo peligrosamente el equilibrio existente dentro de muchos sistemas naturales. El bienestar humano se encuentra directamente relacionado con la sostenibilidad y ésta con la permanencia de la vida en la tierra. Al ritmo actual de crecimiento poblacional, la urbanización y la búsqueda de mejor calidad de vida aumenta y su incidencia en la naturaleza es cada vez mayor. Como ejemplo de ello se puede mencionar el crecimiento urbano de la provincia de Mendoza en Argentina. La cual presenta direcciones equivocadas de crecimiento: una hacia Luján que es una zona más propicia para cultivar, y la otra hacia los cerros que es un sector

peligroso por los derrumbes que ocasionan los movimientos sísmicos <sup>[5]</sup>. Lo mismo está ocurriendo en diferentes ciudades y provincias argentinas como lo explica el libro “Medio ambiente urbano en la Argentina”<sup>[6]</sup>.

Los sectores productivos han venido explotando los recursos con el fin de alcanzar un nivel de vida adecuado, la gestión ambiental se ha hecho exclusivamente mediante estrategias de preservación a ultranza de esos recursos dentro de un escenario donde la naturaleza debía permanecer libre de la intervención del hombre quien era visto como su principal enemigo <sup>[7]</sup>.

Hoy en día, los extremos, han sido matizados por una aproximación que busca un equilibrio, entre los intereses del desarrollo y la conservación de la calidad del medio ambiente. Se acepta hoy que el desarrollo económico y social en el mediano y largo plazo, depende de la previsión que se tenga para asegurar que los recursos se conserven en condiciones estables para que permitan su aprovechamiento continuado <sup>[7]</sup>. En este sentido es de principal importancia para la planificación, el conocimiento de los recursos naturales con los que cuenta una región y su grado de fragilidad frente a la actividad humana. Este último aspecto, permite determinar la capacidad intrínseca del subsistema natural a la recepción de intervenciones antrópicas.

Esto puede ser utilizado como una herramienta de gestión ambiental para identificar las zonas con potencialidades y limitaciones ambientales de desarrollo y las orientaciones necesarias para reducir o evitar el impacto ambiental del desarrollo asociado a las actividades antrópicas y al uso de los recursos naturales.

Un caso particular de intervención antrópica que genera problemas ambientales en nuestro país es el importante crecimiento de la actividad turística. Según Dobbin Internacional Inc., en GEF/PNUD Sabana-Camagüe (1999) el desarrollo sostenible del turismo se enfoca hacia la preservación e interpretación de los recursos naturales y culturales locales en vez de crear un ambiente artificial. Se pretende además, acentuar los valores naturales, culturales y respetar las limitaciones y sensibilidades de los recursos. El objetivo básico del desarrollo sostenible es alcanzar esas experiencias dentro de límites aceptables de cambio y dejar que sean disfrutadas por las generaciones futuras. Si ello no se logra, el desarrollo no tiene justificación <sup>[8]</sup>.

Dentro de los problemas ambientales de la cuenca del Lago Potrero de Los Funes que ya han sido destacados en estudios anteriores como la erosión <sup>[9][10]</sup>,

contaminación por efluentes <sup>[11][12][13]</sup>, riesgo de inundación <sup>[9]</sup> y otros observables a simple vista (remoción en masa, incendios forestales y de pastizales, sobrepastoreo, etc.), se destacan los efectos de la antropización en la degradación ambiental, limitando la productividad y el uso de los recursos naturales.

Las corrientes de aguas superficiales y el Lago Potrero de los Funes, se encuentran cada vez en condiciones menos favorables para proveer de agua para riego, agua potable, recreación o para la generación de energía hidroeléctrica. La presión antrópica por efecto del turismo, ganadería extensiva, explotación de recursos maderables, incendios, etc., avanza sobre áreas cuya vocación natural no es otra que la de regular los cauces de los ríos y servir de hábitat a los recursos naturales <sup>[14]</sup>.

Ante el futuro ambiental incierto de la cuenca del Lago Potrero de Los Funes por el desarrollo de las actividades antrópicas no planificadas y la disminución de la capacidad de uso de los recursos por la degradación ambiental, se propuso elaborar un mapa de fragilidad ambiental que sirva como una herramienta de gestión ambiental para ser utilizada por los sectores involucrados en la búsqueda de un desarrollo ambientalmente sano y alcanzar una mayor eficiencia en dicha gestión.

El análisis de la fragilidad ambiental tiene por objeto caracterizar el ambiente natural existente en un área dada, en función de la capacidad de recepción o soporte frente a alguna actividad en particular. Este análisis implica el estudio de las variables ambientales más significativas del ecosistema, tendiente a identificar aquellos rasgos más alterables del mismo en función de las intervenciones potenciales previstas en los proyectos (ej.: uso del suelo, ordenamiento territorial, normativas, etc.) <sup>[15]</sup>.

Para dicho análisis se utilizó un sistema de información geográfica (SIG), en el cual se digitalizaron mapas base que corresponden a características particulares del ambiente (geomorfología, vegetación, hidrología, suelo, etc.). Estos mapas combinados y procesados en el SIG crearon una serie de mapas índice que mediante su combinación, generaron un modelo de fragilidad ambiental con el cual se obtuvo la fragilidad ambiental de la cuenca del Lago Potrero de Los Funes. Además esto se utilizó para realizar una zonificación de la cuenca del Lago como base para una ordenación territorial y se realizó un análisis del riesgo de degradación de la cuenca para dos escenarios temporales.

El mapa-índice de fragilidad ambiental resultó de gran utilidad para determinar el grado de degradación ambiental de la cuenca, su zonificación y para determinar las zonas de intervención prioritarias. Mediante este estudio de zonificación, sumado a otros estudios que podrían surgir, elaborando propuestas de manejo adecuadas, se puede lograr minimizar los impactos y el riesgo de degradación ambiental.

## **1.2. Objetivo general**

Realizar un estudio orientativo sobre la fragilidad ambiental de la cuenca del Lago Potrero de Los Funes, como insumo para tareas de planificación y gestión ambiental.

## **1.3. Objetivos específicos**

- ✓ Elaborar un mapa de fragilidad ambiental que sea utilizado como un insumo para el análisis de la potencialidad del medio ambiente y la sectorización de la cuenca del Lago Potrero de Los Funes mediante el cual se pueda analizar las condiciones ambientales óptimas tendientes a un uso sustentable del suelo.
- ✓ Analizar la aplicación de nuevas metodologías y técnicas como los SIG, imágenes satelitales, índices e indicadores ambientales, etc., en el estudio de la fragilidad ambiental, el monitoreo ambiental y en la detección y prevención de problemas ambientales.
- ✓ Realizar un análisis sobre el comportamiento ambiental de la cuenca del Lago Potrero de Los Funes en relación a diferentes escenarios temporales (pasado y actual), para lo cual se pretende realizar mapas de riesgo de degradación ambiental.

## **1.4. Hipótesis**

- ✓ En base a la caracterización ambiental y a la zonificación indicada por la fragilidad ambiental es posible lograr la sostenibilidad y el uso racional de los recursos vinculados a la cuenca del Lago Potrero de Los Funes.
- ✓ Mediante el estudio de Fragilidad Ambiental es posible determinar el ó las áreas con mejor predisposición a recibir una actividad y generar así el menor impacto ambiental posible.

## 1.5. Características generales del área de estudio

Potrero de los Funes es una pequeña localidad turística situada a 20 Km. al NE de la Ciudad Capital de San Luis (Fig. 1.1). Debido a las bondades de su paisaje serrano, es uno de los sitios turísticos más importantes de la provincia de San Luis, lo cual queda reflejado durante la temporada estival, cuando el ingreso de turistas prácticamente produce un aumento de 10 veces el número de la población estable <sup>[9]</sup>. La capacidad hotelera aumento de 470 pers. en 1990 a 2300 pers. en 2008 lo que denota un incremento del 489.3% <sup>[16]</sup>.

Su epicentro es la población homónima, situada a 1,5 Km al norte del lago Potrero de Los Funes. Si bien, debido a sus bellezas naturales siempre ha tenido un destino fundamentalmente turístico, en las últimas décadas ha tenido un incremento muy notorio de habitantes permanentes. El promedio de los últimos cuatro censos (1970, 1980, 1991, 2001) indicó un aumento del 230%, contando en el año 2001 con una población de 994 hab.<sup>[17]</sup>.

En la actualidad posee una población permanente muy superior llegando a los 2500 habitantes y es considerada una de las poblaciones de mayor crecimiento en inversiones de infraestructura turística de la Provincia de San Luis, lo cual hace que aproximadamente el 25% de su población estable posea como medio de vida la actividad turística. El resto de la población desarrolla sus actividades en la Ciudad de San Luis <sup>[18]</sup>. Como consecuencia de ello se observa un incremento en los dos últimos censos del 304.34% en el número de viviendas <sup>[17]</sup>. Este incremento es debido al turismo que genera un mayor número de empleos, mejora la calidad de los servicios, etc. y a la cercanía del municipio con la ciudad de San Luis lo que convierte a Potrero de Los Funes en un “Pueblo dormidero” <sup>[19]</sup>.

Las principales vías de acceso al municipio Potrero de Los Funes son:

- A-** La Ruta Provincial N° 18 que atraviesa la Quebrada de los Cóndores y accede al sector sur del perilago de Potrero de los Funes.
- B-** La Ruta Provincial N° 19 hasta la intersección con la Ruta Provincial N° 18.
- C-** El camino que une la Ciudad de la Punta con Potrero de los Funes.
- D -** El camino que une El Volcán con Potrero de los Funes.

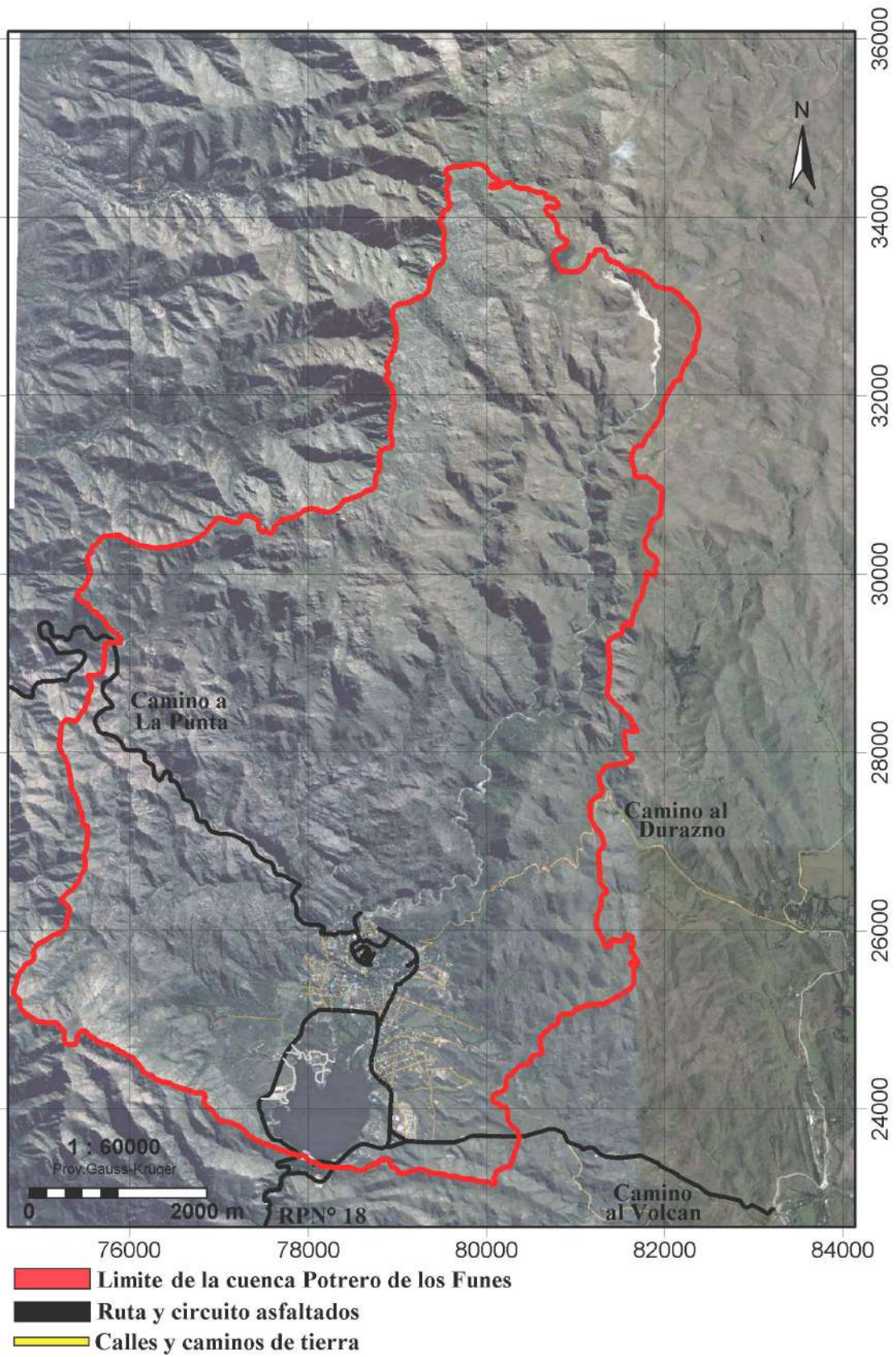


Figura 1.1: Mosaico de la cuenca hídrica del Embalse Potrero de Los Funes, donde se puede observar los límites de la cuenca de Potrero de Los Funes y las principales vías de acceso.

El municipio de Potrero de Los Funes cuenta con los siguientes espacios y servicios sociales:

Infraestructura y Servicios	Centros recreativos y culturales	Educación	Seguridad y Salud pública
# Red de agua # Red Cloacal # Red eléctrica # Red de gas # Telefonía # Televisión por repetidora # Televisión por cable/satelital # Transporte # Servicio de Renta Cars # Servicios de Hotelería # Servicios Gastronómicos	# Comisiones vecinales (dos) # Museo # Biblioteca # Autodromo internacional categoría A2 # Clubes sociales y deportivos # Asociación hotelera	# Inicial # Primario # Medio	# Bomberos # Hospital de día # 2 departamentos Policiales # Sala de primeros auxilios con derivación al Policlínico de la Ciudad de San Luis

Fuente: Municipalidad de Potrero de Los Funes <sup>[18]</sup>.

El servicio de agua potable cubre el 100% del municipio, y se distribuye mediante la Cooperativa de Agua “Potrero de Los Funes” la cual toma el agua del río Los Molles a unos 2000 m aguas arriba de la planta potabilizadora, en la cual se realiza filtrado y cloración. El consumo de agua de la población de Potrero de Los Funes es de aproximadamente unos 750.000 lts. de agua por día en temporada turística baja, mientras que en temporada turística alta se duplica este consumo. Uno de los problemas que presenta la distribución del agua es la altimetría, creando problemas de presión en las cañerías; Otro problema más importante sucede en los años de mucha sequía donde el río Los Molles trae un caudal bajo y no llega a mantener el consumo del municipio. En estos casos se realiza un plan de contingencia en el cual se restringe el consumo de agua a diferentes horarios y se extrae agua de pozos de bombeo para aliviar la escasez <sup>[20]</sup>.

El servicio de gas natural está actualmente en plena obra y afecta a un 60% del municipio de los cuales sólo el 9% está conectado. Se espera que para mediados del 2009 se llegue a un 90% del municipio con posibilidades de conexiones de gas <sup>[18]</sup>.

El servicio de cloacas se encuentra en plena obra por lo cual se espera que para fines del 2008 se encuentre el 100% del municipio conectado a la red cloacal. Sin embargo, hasta la fecha no cuenta con ningún sistema de red cloacal como consecuencia de esto las viviendas usan el sistema de pozo ciego <sup>[18]</sup>, los cuales tienen una alta probabilidad de percolación, debido a las características de terreno (sustrato rocoso



permeable) y la cercanía de las viviendas al río, que en muchos casos vierten las aguas servidas directamente en él <sup>[12]</sup>.

Los residuos domésticos son recolectados por el municipio tres veces por semana y depositados en un basural a cielo abierto ubicado a 7 Km por el camino a la localidad de El Volcán, sin ningún tratamiento previo lo cual genera una gran problemática ambiental <sup>[18]</sup>.

## **1.6. Marco legal**

En concordancia con la tendencia mundial de protección ambiental, la reforma de la Constitución Nacional de 1994 incorporó el derecho de todo habitante de gozar de un ambiente sano, equilibrado y apto para el desarrollo humano con el correlativo deber de conservarlo para las futuras generaciones.

La Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable (SMAyDS) dependiente de la Jefatura de Gabinete, es la dependencia nacional responsable de establecer los estándares de calidad ambiental, pudiendo cualquier organismo provincial adoptar exigencias más severas pero no inferiores a las normadas por el órgano a nivel nacional.

En el artículo 41 de la Constitución Nacional se enuncia que las actividades productivas deben satisfacer las necesidades presentes sin comprometer las de las futuras generaciones, agregando que las autoridades proveerán a la protección de ese derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural, de la diversidad biológica y a la información y educación ambiental. Asimismo este artículo incorporó la obligación de recomponer, en forma prioritaria, el daño ambiental.

A nivel nacional existen leyes y decretos que legislan los principios rectores para la preservación, conservación y mejoramiento del ambiente entre los cuales pueden mencionarse:

a.- Ley N° 20.284 / 73 de Preservación de la Calidad del Aire: promueve la prevención y control de las actividades susceptibles de ocasionar contaminación atmosférica, fijando niveles máximos de concentraciones de gases y polvo.

b.- Ley N° 20.429 / 73 de Armas y Explosivos y su Decreto Reglamentario N° 302 / 83: regula la manipulación, uso y manejo de pólvoras, explosivos y afines.

c.- Ley N° 22.351 / 82 de Parques Nacionales, Monumentos Naturales y Reservas Nacionales y su Decreto Reglamentario N° 453/93: establece el régimen legal de Parques Nacionales, Monumentos Naturales y Reservas Nacionales bajo la jurisdicción de la Administración de Parques Nacionales.

d.- Ley N° 24.051 /91 de Residuos Peligrosos y su Decreto Reglamentario N° 831/93: fija las normas y procedimientos relacionados con la generación transporte y disposición final de residuos peligrosos, actuando la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable como autoridad de aplicación.

e.- Ley N°24.557/95 de Higiene y seguridad en el trabajo y su decreto reglamentario N° 911 / 96: busca la protección y preservación de la integridad psicofísica de los trabajadores, reduciendo la tasa de accidentes de trabajo y enfermedades laborales, aislando riesgos y sus factores determinantes. La Resolución N° 444 establece valores máximos admisibles para ciertos contaminantes del aire.

f.- Ley N° 24.585 / 95 de Protección Ambiental para la Actividad Minera incorporada como título complementario al texto ordenado del Código de Minería de la Nación (Decreto N° 456 / 97), establece estándares de calidad para el agua, aire y suelo tratándose de la primera norma ambiental aplicada a un sector específico de la economía nacional.

g.- Ley N° 25.675/ 02 de Política Ambiental Nacional y su Decreto Reglamentario N° 2.413 / 02: establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable.

h.- Ley N° 25.688 / 02 Régimen de Gestión Ambiental de las Aguas: establece los presupuestos mínimos ambientales para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional.

i.- Ley N° 25.743 / 03 de Protección del Patrimonio Arqueológico y Paleontológico y su Decreto Reglamentario N° 1.022/04.

j.- Ley N° 26.631 / 07 de Bosques Nativos: establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para el enriquecimiento, la restauración, conservación, aprovechamiento y manejo sostenible de los bosques nativos y de los servicios ambientales que estos brindan a la sociedad.

En el ámbito de competencia del gobierno federal también deben contabilizarse la Ley N° 22.421 / 81 de Fauna; la Ley Nacional de Tránsito N° 24.449 / 94 y su Decreto Reglamentario N° 779 / 95 (a la cual se encuentra adherida la Provincia de San Luis ); Ley N° 25.612 / 02 de Gestión Integral de Residuos Industriales y de Actividades de Servicios y su Decreto Reglamentario N° 1.343 / 02; el Decreto N° 674 / 89 que fija los límites permisibles y transitoriamente tolerados de vertido en colectores cloacales, pluviales y cursos de agua y el Decreto N° 776 / 92 que le asigna a la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente Humano (actual Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable) la preservación de los recursos hídricos.

En la Provincia de San Luis, a los efectos de establecer normas de prevención y protección del ambiente se han sancionado las siguientes leyes, entre otras: Ley IX-0309-2004 R\* ( 5421) de Áreas Protegidas de la Provincia de San Luis, Ley Provincial N° IX-0319-2004 “Ley de actividad forestal”, Ley IX-0325-2004 R\* (5386) Declaración del Dique Potrero de los Funes como Monumento Ecológico, Ley IX-0334-2004 R\* (5464), de Adhesión a la Ley Nacional N° 20284/73 Recursos del Aire, Preservación. La Ley IX -0335 -2004 R\* (5655) de Adhesión a la Ley Nacional N° 24051 de Residuos Peligrosos”. Ley N° 5.122 “Ley de aguas de San Luis” que regula el uso del agua del dique Potrero de Los Funes y el “Código y reglamento para la edificación, ordenamiento territorial y ambiental” (2007) que regula el uso del suelo de la Municipalidad de Potrero de Los Funes.

## 2. Medio físico

### 2.1. Información general del medio físico

El siguiente capítulo fue elaborado teniendo como base el atlas geoambiental de Potrero de Los Funes <sup>[9]</sup>, información obtenida a partir de entrevistas y otros estudios realizados en el área.

El municipio Potrero de los Funes ocupa una superficie aproximada de 175 km<sup>2</sup> localizado entre los 33° 10' 23" y los 33° 13' 34" de latitud sur y los 66° 11' 45" y 66° 16' 02" longitud oeste. Sus límites principales son: al Oeste el municipio de La Punta; al SE el municipio de San Luis; al Sur el municipio de Juana Koslay; y al ESE el municipio de El Volcán (Fig. 2.1). Su área de influencia está regulada por la Ley de régimen Municipal N° 1213 del 22 de octubre de 1931, la que produce superposiciones importantes con los municipios de El Volcán y la ciudad de La Punta, problema que podría resolverse razonablemente utilizando el criterio de las divisorias de aguas serranas que es lo que se va a tener en cuenta al elaborar este trabajo.

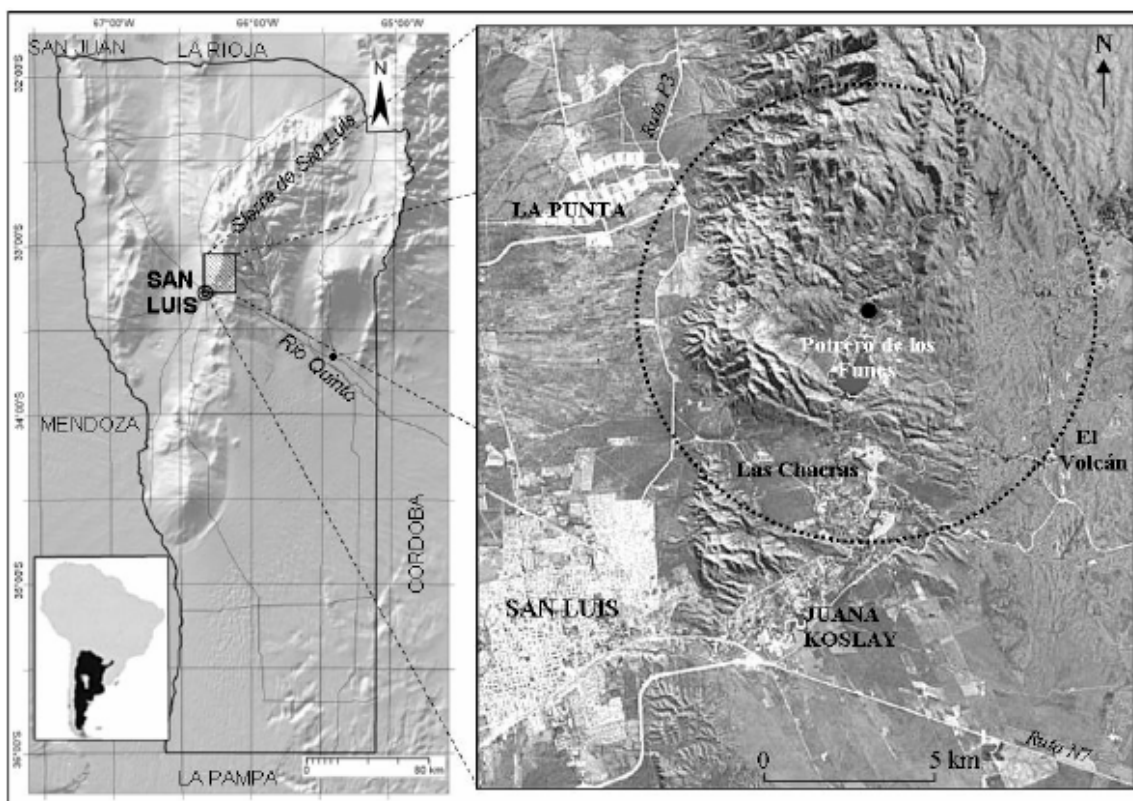


Figura 2.1: Mapa de ubicación general del municipio de Potrero de los Funes, en línea punteada los límites municipales según Ley Municipal N° 1213. (Tomado del Atlas Geoambiental de Potrero de Los Funes)

La cuenca del lago Potrero de Los Funes se encuentra emplazada en las estribaciones australes de la Sierra de San Luis, un cordón orográfico ubicado en el sector centro-norte de la provincia, que se extiende por algo más de 150 km en dirección NNO-SSE y alcanza un ancho máximo de 70 km. Su línea de cumbres principales está constituida por elevaciones que varían entre los 1900 y 2200 m.s.n.m aproximadamente.

La categoría de “sierra” asignada a este cordón orográfico (al igual que al resto de las áreas elevadas del territorio provincial) se debe a que sus desniveles relativos máximos, no superan los 300 m, con valores frecuentes entre los 50 y 150 m.

La localidad de Potrero de los Funes y su área de influencia turística (circuitos del lago), se encuentran ubicadas en una depresión del relieve del área serrana, rodeada íntegramente por elevaciones formando un drenaje centrípeto al lago. Las mayores alturas se encuentran al norte, donde las altitudes varían entre 1100 y 2200 m.s.n.m, dominadas por el C° Valle de Piedra (1960 m.s.n.m.), mientras que hacia el sector SO, se destaca el C° Potrero (1460 m.s.n.m.) y la Sierra del Potrero.

El clima del área se clasifica como templado subhúmedo serrano, con veranos cálidos e inviernos rigurosos. Los vientos en la región provienen de cuatro sectores principales: aire cálido seco del NO, aire cálido húmedo del NE, aire frío seco del SO y aire frío húmedo del SE. Siendo los más intensos y continuos los del E, N y en menor medida el SE. La temperatura media en verano es de 21°/23°C y en invierno de 8°/9°C.

Las precipitaciones medias anuales según datos del período 1979-1988, varían entre los 800 a 900 mm (Fig. 2.2). Las lluvias suelen ser de carácter torrencial y ocurren principalmente en el verano. Dichos eventos suelen alcanzar altas intensidades como por ejemplo la lluvia registrada el 13 de abril de 2001 en las nacientes del río los Molles

(Estación pluviométrica Virorco), donde se registró una precipitación de 224.5 mm en sólo 9 horas.

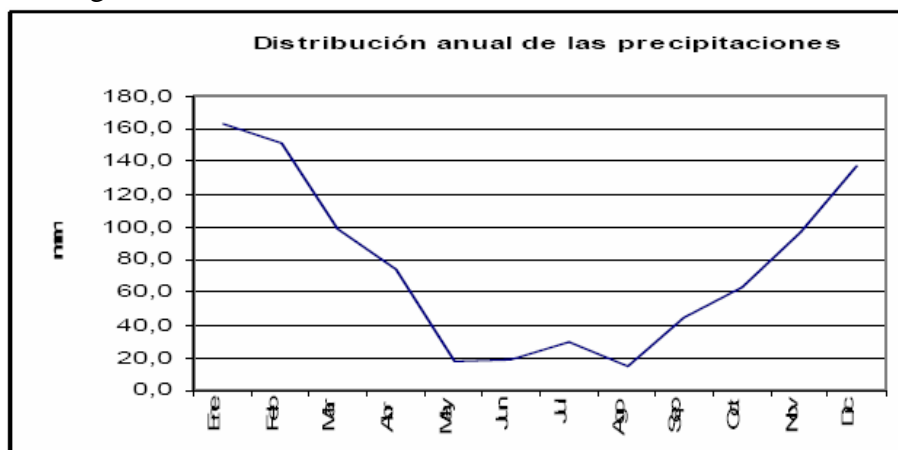


Figura 2.2: Distribución anual de las precipitaciones. (Tomado del Atlas Geoambiental de Potrero de Los Funes)

## 2.2. Hidrografía

La cuenca hidrográfica del lago Potrero de los Funes ocupa unos 49.32 km<sup>2</sup> y está integrada por cursos fluviales en su mayoría de carácter temporarios. Como excepción a ello se destaca su colector principal, el río Potrero, y sus tributarios mayores: el arroyo de Los Molles, el arroyo Aspero, el arroyo la Bolsa y el tramo inferior del arroyo la Vaca Atada. En su conjunto la red de drenaje presenta un diseño en planta convergente hacia el embalse (diseño centrípeto) localizado en la parte más baja del relieve (cota del lago 960 m.s.n.m.)<sup>[9]</sup>.

La cuenca del lago Potrero de los Funes puede ser dividida en 10 subcuencas (Tabla 2.1), la diferenciación y caracterización de cada una de ellas permite contar con una herramienta más eficiente a la hora de analizar su comportamiento hidrológico (ej: estudios de crecidas, estudios de fragilidad).

El dique del embalse Potrero de los Funes es una de las primeras obras hídricas de la Argentina, el sitio es óptimo porque el valle del río Los Molles tiene la forma de un cañón estrecho con laderas casi verticales compuestas de rocas muy resistentes (graníticas). La represa posee 33 m de altura y ocupa una superficie de 0.8 km<sup>2</sup> permitiendo una retención de 6,80 Hm<sup>3</sup> de agua. Inicialmente fue prevista para irrigar 500 ha, proveer de agua a la capital de San Luis y activar una central hidroeléctrica para producir 450 kw de potencia<sup>[9]</sup>.

Subcuencas	Area Km <sup>2</sup>	Long. Total del colector principal (m)	Carácter del colector principal	Densidad de drenaje (Km/Km <sup>2</sup> )	Pendiente general del curso principal	Circularidad (Según índice de Gravelius)	Caudal de crecida (m <sup>3</sup> /s)
A° Los Molles (cuenca alta)	6,23	8773	Permanente	4,35	10	Oblonga	56
A° Los Molles (cuenca baja)	3,01	5307	Permanente	3,54	6	Oblonga	34,2
A° Aspero	8,05	10470	Permanente	3,73	12,5	Oblonga	62,8
A° de la Bolsa	8,58	5373	Permanente	2,98	16	Ovalada	35,8
A° del puesto	9,56	8250	Temporario	3,39	12	Oblonga	54,1
A° La Cañada	3,54	4846	Temporario	4,51	6,4	Oblonga	43,5
Subcuenca del Lago Este	1,66	2218	Temporario	4,62	6,5	Oblonga	25,4
Subcuenca del Lago Oeste	4,09	2434	Temporario	3,54	11	Oblonga	42,4
Río Potrero	2,41	2987	Permanente	4,45	0,6	Oblonga	23,2
Pto El Barrito	1,85	3147	Temporario	4,95	10	Ovalada	31,6

Tabla 2.1: Datos hidrológicos de la cuenca del Lago Potrero de los Funes. (Tomado del Atlas Geoambiental de Potrero de Los Funes)

En la actualidad no se le da ninguno de estos usos, solamente se lo utiliza como regulador de caudal, recreación y turismo <sup>[20]</sup>.

Los estudios <sup>[12][13]</sup> demuestran que la actividad antrópica está contaminando el río y el Lago Potrero de Los Funes. Los estudios indican que los parámetros físico-químicos no tienen variaciones importantes en los diferentes puntos de muestreo notándose una gran variación en los parámetros bacteriológicos, por lo que se concluye que la contaminación es netamente bacteriológica.

La depuración de las aguas se realiza en el dique ya que la capacidad depurativa del río es nula. Esta contaminación constituye un riesgo sanitario y la posibilidad de eutrofización en corto plazo del Lago Potrero de Los Funes, al cual se lo clasifica como oligo-mesotrófico pudiéndose revertir el estado a oligotrófico si se elimina la contaminación de los pozos sumideros <sup>[12][13]</sup>.

La Tabla 2.2 muestra los valores promedios de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua y del Lago Potrero de Los Funes. De cada zona se presenta el promedio de los muestreos realizados mensuales durante dos años consecutivos.

Parámetros determinados	Zonas de Muestreo (n=23; LCα=0,05)				
	RP1	RP2	DPT1	DPT2	DPT3
pH	7,92 ± 0,15	7,75 ± 0,15	8,1 ± 0,21	8,01 ± 0,41	8 ± 0,23
Turbidez (FTU)	1,7 ± 0,2	1,4 ± 0,3	5,3 ± 2,2	9 ± 3,46	8 ± 4,2
Conductividad (μ S/cm)	149,6 ± 11,70	210,3 ± 25,8	237 ± 19,5	236 ± 25,4	243 ± 29,4
Dureza Total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	73,9 ± 7,12	91,9 ± 10,8	102 ± 7,1	109 ± 12,8	111 ± 10,8
Dureza Calcio (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	64,2 ± 7,15	94,2 ± 9,04	90 ± 6	89,6 ± 9,29	94 ± 12,6
Dureza Magnesio (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	16,2 ± 4,4	19,5 ± 3,9	18 ± 1,11	19 ± 4,58	18 ± 2,65
Sulfatos (mg/L SO <sub>4</sub> )	2,82 ± 1,76	11,6 ± 5,4	14,3 ± 3,78	13 ± 5,77	14 ± 5,29
Sodio (mg/L Na)	5,9 ± 1,31	9,9 ± 1,94	11,6 ± 1,99	12 ± 2,65	9 ± 0,81
Potasio (mg/L K)	2,3 ± 0,16	2,9 ± 0,17	3,3 ± 0,27	3,9 ± 0,5	3,9 ± 0,32
Fósforo (μg/L P)	7,8 ± 3,45	14,3 ± 5,24	18 ± 3,8	20 ± 7,5	19 ± 4,25
Nitrato (mg/L NO <sub>3</sub> )	0,19 ± 0,10	0,17 ± 0,08	0,1 ± 0,03	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0
Índice de oxidabilidad	1,8 ± 0,54	2 ± 0,86	2,5 ± 0,38	2,9 ± 0,45	3,1 ± 0,75
Alcalinidad (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	46,3 ± 15,8	68,3 ± 22,4	79 ± 15,4	78,9 ± 21,6	80 ± 22,2
Cloruros (Cl <sup>-</sup> mg/L)	6,7 ± 3,77	14,6 ± 4,28	11 ± 0,18	10,1 ± 0,12	10,2 ± 0,11
Clorofila α (mg/m <sup>3</sup> )			10,7 ± 0,5	10,1 ± 0,8	14,4 ± 0,25
NMP Coliformes Totales (UFC/100 mL)	18 ± 12,5	456 ± 235	11 ± 7,25	10,1 ± 2,83	6 ± 3,25
NMP Escherichia coli (UFC/100 mL)	18 ± 7,5	227 ± 187	3 ± 2	10,1 ± 7,75	3 ± 1,5
Rec. Bacterias Heterótrofas Totales (UFC/mL)	251 ± 127	957 ± 686	94 ± 48,44	101 ± 67	81 ± 35

Tomada de Garbagnati et al. (2002) <sup>[12]</sup>

Tabla 2.2: Parámetros físico-químicos del agua del río y del lago en diferentes puntos de muestreos.

Donde:

RP1: Río Potrero de Los Funes en el punto de inicio (Zona no urbanizada).

RP2: Aproximadamente a la mitad del río Potrero de Los Funes (Zona urbanizada).

DTP1: En el lago cerca de la desembocadura del río Potrero de Los Funes.

DTP2: En el centro del Lago Potrero de Los Funes.

DTP3: En el vertedero del Lago Potrero de Los Funes

### **2.3. Recursos hídricos subterráneos**

No existe información de detalle sobre las características hidrogeológicas de la cuenca del lago Potrero de Los Funes. La Provincia de San Luis y el BRS de Australia <sup>[21]</sup> realizaron un estudio de carácter regional (1:2.000.000) donde el área de estudio es caracterizada como afloramiento rocoso, señalando únicamente la ubicación de las divisorias de agua.

A pesar de ello, las observaciones de campo indican un importante número de vertientes que permanecen activas prácticamente durante todo el año sobre las laderas serranas, en particular hacia el sector oeste- noroeste del lago Potrero de Los Funes, lo que permite inferir la existencia de agua subterránea.

### **2.4. Geología <sup>[9]</sup>**

En la cuenca del Lago Potrero de los Funes es posible identificar cuatro unidades geológicas principales: Rocas del basamento cristalino de edad Precámbrico a Paleozoico superior, depósitos sedimentarios fluviales de edad terciaria, depósitos sedimentarios fluvio-aluviales del Cuaternario inferior y depósitos eólicos y fluvio-eólicos de edad Cuaternario superior-Holoceno.

Las unidades geológicas más antiguas del basamento cristalino están integradas principalmente por materiales de origen ígneo como rocas graníticas y diques aplíticos y pegmatíticos, y en menor proporción rocas metamórficas como esquistos y migmatitas.

Las unidades geológicas cenozoicas se concentran en el extremo sur de la cuenca. Dentro de ellas, la más antigua (terciaria) corresponde a rocas sedimentarias clásticas de origen fluvial y coloración típicamente rojizas denominada Formación San Roque, integrada por estratos de areniscas y conglomerados. En sectores próximos al hotel internacional Potrero de los Funes, se presentan rocas de coloración



predominantemente grisáceas, de origen fluvio-aluvial, constituidas por depósitos clásticos gruesos y muy gruesos (conglomerados y aglomerados), pertenecientes a la Formación Fanglomerado del Potrero.

En los sectores más bajos que rodean al lago Potrero de los Funes, afloran sedimentos eólicos correspondientes a la Formación Barranquita (cuaternario). Estos depósitos se caracterizan por formar paredones verticales asociado erosión fluvial, presentando una típica coloración marrón claro (en seco) y un tamaño de grano muy fino (arena muy fina y limo). Estos depósitos cubren parcialmente en forma de mantos a las unidades rocosas más antiguas y sus relaciones estratigráficas son en general claramente visibles en los arroyos y cárcavas que surcan el área.

Las unidades geológicas más recientes corresponden a los materiales sedimentarios aluviales (limos, arenas y gravas) que forman parte de los cursos fluviales actuales y del delta del río Potrero y a los depósitos coluviales desarrollados en las áreas de pendiente.

## **2.5. Geomorfología** <sup>[9]</sup>

Desde el punto de vista geomorfológico, la sierra de San Luis presenta típicamente un perfil topográfico transversal asimétrico. Mientras las laderas occidentales son cortas y fuertemente escarpadas, las laderas orientales son extensas y de suave inclinación. Debido a esto, en las laderas serranas, más del 80% de la superficie de esta unidad corresponde a la vertiente oriental.

En el extremo austral de la sierra de San Luis, la ladera oriental pierde identidad morfológica debido a su desmembramiento en una serie de bloques menores, afectada por el accionar de fallas directas con orientación predominante NO-SE. El hundimiento de bloques originó depresiones o fosas tectónicas del tipo hemigraben. Ejemplos de ello son las depresiones tectónicas de Potrero de los Funes y Las Chacras.

La cuenca del Lago Potrero de Los Funes está representada principalmente por las siguientes Unidades Geomorfológicas (Fig. 2.3).

- a)** Complejo de valles fluviales serranos
- b)** Superficie de erosión antigua
- c)** Lomadas terciarias

d) Mantos loessoides discontinuos

e) Llanura aluvial y delta del río Potrero

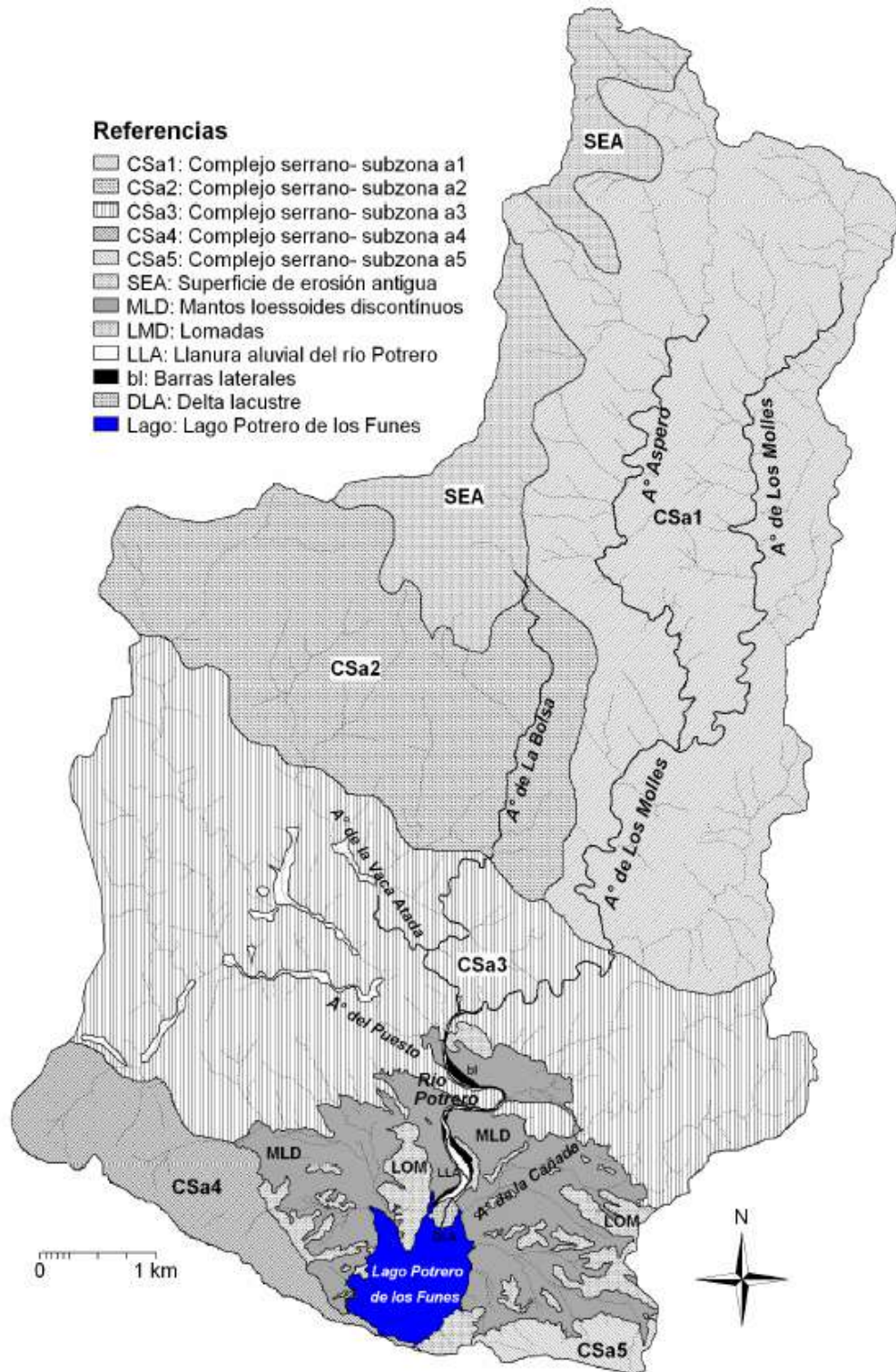


Figura 2.3: Mapa de unidades geomorfológicas (Tomado del Atlas Geoambiental de Potrero de Los Funes).

### a) Complejo de Valles Fluviales Serranos

El 87,5% de la cuenca del lago Potrero de los Funes está constituida por rocas ígneas y metamórficas. Predominan sin embargo ampliamente las primeras, siendo las rocas graníticas el material geológico dominante (81% de los materiales endógenos).

Esta unidad está dominada por la presencia de valles fluviales. Estos valles se caracterizan en general por su perfil transversal con forma de “v” y una morfología rectilínea y quebrada en planta, debido al fuerte control que ejercen en su desarrollo, la presencia de fallas y fracturas del basamento cristalino.



Foto 2.1: Unidad geomorfológica Complejo de Valles Fluviales Serranos

La edad relativamente reciente del levantamiento del área serrana ha determinado un estado de desarrollo “juvenil” de los valles fluviales, los cuales presentan un fuerte “encajamiento” vertical debido al predominio de la acción erosiva vertical sobre la erosión lateral. (ej: Valle del río Potrero en el tramo conocido como “Quebrada de los Cóndores”. Allí el curso fluvial ha elaborado laderas con pendientes prácticamente verticales).

Los valles fluviales están separados entre sí por angostas superficies interfluviales, debido a ello los valles fluviales y las áreas interfluviales son agrupadas en una misma unidad, bajo el término “Complejo Geomorfológico”.

Los suelos predominantes en esta unidad geomorfológica corresponden a suelos serranos, con variaciones menores asociadas a los cambios en la pendiente. Dominando esta unidad se encuentran suelos delgados (10-15 cm), muy pedregosos desarrollados a partir de material coluvial depositado en las laderas. Pueden contener cantidades importantes de materia orgánica debido a las precipitaciones relativamente abundantes de la zona y el consecuente desarrollo de la cobertura vegetal.

En menor medida y distribuidos principalmente por el centro este y centro oeste de la cuenca se encuentran suelos con espesores que pueden superar el metro, con un buen desarrollo del horizonte A, pedregosos y con abundante materia orgánica.

Distribuidos por toda la cuenca existen sectores de roca expuesta, sin cobertura de suelo debido al continuo lavado (erosión laminar) producido por la escorrentía superficial.

Teniendo en cuenta las variaciones en los diseños en planta de la red de drenaje, es factible diferenciar cinco subzonas (Csa1, Csa2, Csa3, Csa4, Csa5) dentro del Complejo de Valles Fluviales Serranos.

## **b) Superficie de erosión antigua**

Esta unidad corresponde a remanentes de una antigua superficie erosiva desarrollada con anterioridad al ascenso principal de la sierra de San Luis. Se caracterizan morfológicamente por su escasa pendiente y su inclinación al sur y al este.

Se observan en los sectores más elevados del extremo NO de la cuenca, en las cercanías del cerro Valle de Piedra (1960 m.s.n.m) y en la zona de la Quebrada de los Cóndores.

En algunos sectores la unidad presenta escaso desnivel relativo y de moderada a baja pendiente. Ello conduce al desarrollo



Foto 2.2: Unidad geomorfológica Superficie de Erosión Antigua

de pequeños arroyos que drenan hacia el sur y el este con régimen esporádico y una baja densidad de drenaje. El diseño dominante es del tipo subdendrítico, con colectores subparalelos de dirección NO-SE.

Algunos valles presentan forma ovoidal en planta, con escasa a incipiente actividad fluvial, donde se alojan sedimentos holocenos con horizontes edafizados. Otro rasgo destacado es la presencia de vertientes, las cuales están asociadas a la presencia de rocas graníticas con un intenso diaclasamiento.

En esta unidad se pueden encontrar suelos asociados a áreas con cobertura de mantos loésicos (pampas de altura o pampas serranas). Éstos alcanzan un buen desarrollo de horizontes edáficos y presentan en general texturas franco limosas y elevado contenido de materia orgánica.

### c) Lomadas terciarias

En los sectores aledaños al espejo de agua de Potrero de los Funes y adosados a las áreas serranas, se presentan morfologías de mucha menor envergadura con alturas máximas entre 920 y 1025 m.s.n.m. y desniveles máximos relativos de 40 metros. Desde el punto de vista morfológico corresponden a lomadas con crestas sinuosas subredondeadas a redondeadas y flancos cortos. Éstas se extienden longitudinalmente hacia el lago, originando en planta un diseño groseramente radial centrípeto. En algunos sectores las lomadas presentan crestas notoriamente planas debido a la presencia de capas grises de la Fm. Fanglomerado del Potrero, las cuales se disponen en forma subhorizontal y presentan gran resistencia a la erosión.



Foto 2.3: En primer plano se observa la unidad geomorfológica Mantos Loessoides Discontinuos mientras que en el Fondo se encuentran la Unidad geomorfológica de Lomadas Terciarias

Entre las lomadas se presentan sectores deprimidos asociados al desarrollo de antiguos valles fluviales, actualmente rellenos con espesores variables de sedimentos loésicos y loessoides de las Formaciones Barranquita. En conjunto, ambas unidades generan un relieve ondulado con desniveles relativos promedios de 5 m.

El origen de estas lomadas está vinculado a la actividad erosiva desarrollada por la escorrentía superficial sobre los materiales sedimentarios. La relativamente baja consolidación y permeabilidad de estos materiales ha favorecido su disección y el labrado de los valles que aún son funcionales.

En las crestas de esta unidad los suelos no presentan en general un desarrollo edáfico debido a la continua acción de la erosión laminar. En los sectores de laderas pueden presentar suelos muy pedregosos desarrollados a partir de los sedimentos coluvio-aluviales que las recubren. Éstos son en general del tipo A-C con espesores

comunes cercanos a los 50 cm, aunque hacia la parte del pie de ladera pueden superar el metro.

#### **d) Mantos Loessoides Discontinuos**

Esta unidad comprende las áreas llanas o de suave pendiente ( $1^{\circ}$ - $2^{\circ}$ ) localizadas dentro de la depresión de Potrero de los Funes. Está constituida principalmente por los sedimentos limo-arenosos que integran la Fm. Barranquita. Su origen ha sido relacionado a la sedimentación de polvos loésicos (limos y arenas muy finas) provenientes de las regiones andinas y a su posterior removilización debido al agua y el viento con incorporación de partículas de proveniencia local algo más gruesas (sedimentos loessoides).

En superficie desarrolla una red de drenaje subdendrítica y convergente hacia el lago. Se destaca dentro de esta unidad la presencia de cárcavas (geoformas erosivas producidas por acción del escurrimiento superficial encauzado).



Los suelos en esta unidad son más evolucionados, con un buen desarrollo del horizonte A. Presentando una estructura en bloques subangulares débil, textura dominante franco limosa y contenido de materia orgánica entre 2% y 3%. El carbonato de calcio no se encuentra presente antes de los 50 cm.

Foto 2.4: Unidad geomorfológica Mantos Loessoides Discontinuos

#### **c) Valle del río Potrero y Delta Lacustre**

El Río Potrero se origina a 1,5 km de su desembocadura en el lago, en la unión del A° de los Molles y el A° de la Bolsa. A partir de allí se dirige hacia el Sur, en principio en forma “encajonada” dentro del área serrana, para luego desarrollar una amplia llanura aluvial que en su primer tramo mide unos 30 metros y cerca de 100 metros de ancho en la desembocadura.

En la llanura aluvial se pueden diferenciar tres subunidades como son el canal activo, con un ancho predominante cercano a los 10 metros, sectores aledaños al mismo caracterizado por una alta actividad morfogenética durante las crecidas estacionales, y los sectores marginales, algo más elevados, constituidos por depósitos de barras

laterales. Los materiales predominantes son sedimentos areno-gravosos con bloques que pueden alcanzar hasta 1 m de diámetro, lo que indica el nivel de energía que se alcanza durante las crecidas.

A unos pocos metros de la desembocadura del río Potrero en el lago confluye un pequeño arroyo proveniente del Este (A° de la Cañada), el cual por drenar parte de la unidad de Mantos Lossoides Discontinuos, contiene una gran cantidad de sedimentos finos en su carga. Este aporte sedimentario, sumado al del propio río Potrero, ha originado el desarrollo de un delta lacustre de importantes dimensiones.

En base al análisis multitemporal realizado con imágenes aeroespaciales, se ha detectado un crecimiento aproximado del delta de unos 100 metros entre los años 1968 y 2003. Ello pone en relieve dos aspectos ambientales destacados: la gran actividad erosiva de los cursos que drenan los mantos loessoides y la intensa contaminación sedimentaria del lago.

## **2.6. Sismicidad**

Tomando como fuente el Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES)<sup>[22]</sup>, en el área de estudio los riesgos de que se produzcan movimientos de intensidad es de moderado a elevado, ya que se encuentra ubicada en el límite entre el sector de riesgos sísmicos N° 2 y N°3.

No obstante y a los efectos de informar sobre la ocurrencia de sismos de características extraordinarias, con carácter destructivo, que afectaron la provincia de San Luis, puede mencionarse varios sismos históricos: en 1894 se produjo el sismo de mayor magnitud de todos los ocurridos en Argentina, con epicentro en la zona noroeste de la provincia de San Juan. Dicho sismo ocasionó daños menores en las provincias de Catamarca, Córdoba, San Luis y Mendoza, a distancias de 500 km de la zona epicentral, con una intensidad de IX en la escala Mercalli (EM); en 1936 un sismo con una intensidad de VIII en la EM, produjo daños considerables y algunas víctimas en la localidad de San Francisco del Monte de Oro y General San Martín en la Provincia de San Luis, a unos 150 km al norte de la zona de estudio; en 1972 un sismo de intensidad VII en la EM, produjo leves daños en la localidad de Mogna (provincia de San Juan) y fue percibido en las ciudades de San Luis; en 1992 un sismo con una intensidad de VI en la EM, causó alarma en varias localidades de las provincias de San Juan y Mendoza, ocasionando leves daños y fue sentido con menor intensidad en San Luis y Córdoba.

Además hay que mencionar varios sismos con menores magnitudes que se han sentido en Potrero Los Funes: uno en 1998 con intensidad de II a III en la EM; dos en 1999 con intensidad de III y IV en la EM; uno en 2002 con intensidad de III en la EM; uno en 2003 con intensidad de II en la EM; uno en 2005 con intensidad de IV en la EM; uno en 2008 con intensidad de III en la EM



### 3. Medio biológico

#### 3.1. Vegetación

La cuenca del Lago Potrero de Los Funes corresponde a la región fitogeográfica de la Provincia Chaqueña <sup>[23]</sup>, y está situada en el sector sur de la formación vegetal denominada Pastizales y Bosques Serranos en base a criterios florísticos y fisonómicos <sup>[24]</sup>. A grandes rasgos se puede decir que en las quebradas, arroyos y hondonadas, la vegetación está compuesta por especies arbóreas y arbustivas en el estrato superior, gramíneas y latifoliadas en el estrato inferior, situación característica que se presenta entre los 850 m y 1300 m, en la Sierra de San Luis. En elevaciones superiores a los 1300 m. dominan las estepas o pampas gramíneas, siendo la presencia de especies leñosas insignificantes.

Según Borisov. J. <sup>[14]</sup>, las comunidades vegetales se han ordenado en el sentido de ambientes séricos a húmedos pero existe también una gradiente altitudinal teniendo en cuenta estos factores se diferenciaron ocho comunidades vegetales:

- I. Bosque de *Prosopis flexuosa*
- II. Arbustal de *Acacia caven* y *Aloysia gratísima* en laderas.
- III. Bosque de *Lithraea ternifolia* en laderas
- IV. Pastizal de *Stipa sp.* Y *Festuca hieronymi*
- V. Bosque de *Celtis spinosa* en quebradas
- VI. Vegetación riparia con *Cortaderia selloana*
- VII. Vegetación hidrófila de cauces
- VIII. Vegetación saxícola

#### I) Bosque de *Prosopis flexuosa* (Algarrobo )

Es un Bosque bajo definido por la presencia de un renoval de algarrobos de altura entre los 2 y 4 m. Las especies que caracterizan a la comunidad son *Prosopis flexuosa*, *Aspidosperma quebracho-blanco*, *Prosopis torquata*, *Acacia atramentaria*, *Capparis atamisquea*, *Hyaloseris cinerea*, etc. Como especies preferentes se pueden citar *Justicia tweediana*, *Stipa eriostachya*, *Lycium chilense*, *Shinus fasciculatus*, *Cnaphalium gaudichaudianum*, *Condalia microphylla*, *Larrea divaricata*.

En lugares bajos entre las sierras se puede observar una transición entre el Bosque de *Prosopis flexuosa* y el Bosque de *Prosopis caldenia* con muchas especies en común pero con la particularidad de presentar formas intermedias entre las dos especies denominados “algarrobos acaldenados”.



Foto 3.1: Comunidad Bosque de *Prosopis flexuosa*

La cobertura de esta comunidad oscila entre el 80-90% y se pueden distinguir tres estratos: uno alto, discontinuo, entre los 2 y 4 m, integrados por leñosas arbóreas, un estrato arbustivo entre los 0.80 y 1.50 m. y un estrato inferior de gramíneas de hasta 0.40 m.

Este último estrato degradado por sobrepastoreo, incendios, desmontes, presentando especies de escaso valor forrajero y/o baja biomasa.

## II) Arbustal de *Acacia caven* y *Aloysia gratísima* en laderas

El Arbustal se presenta normalmente en laderas casi siempre de exposición norte, noreste o noroeste, es un ambiente sérico igual que el anterior, con pendientes variables entre los 40-60 %. Correspondiendo a la unidad fisiográfica de serranías, con rocas graníticas expuestas, relieves importantes, suelos arenosos con ripio y grava.



Foto 3.2: Comunidad Arbustal de *Acacia caven* y *Aloysia gratísima* en laderas

La cobertura media de esta unidad es de 75-80%, en dos estratos, uno superior arbustivo de 2.50 m a 3 m de alto y otro con sufrútices de hasta 0.5 m. Respecto a la fase altitudinal se ubican entre los 900 m y 1150 m aproximadamente.

Las especies que se comportan como características son *Flourensia colepis* que forma un Arbustal bastante denso y cerrado, muy resistente al fuego invadiendo áreas importantes como respuesta a los incendios. Puede considerarse una leñosa invasora; *Acacia furcatispina*, se ubica en solanas ya que es una especie muy exigente en heliofania y riparias formando matorrales a veces impenetrables; *Heliotropium curassavicum*, hemicriptófila, asociada a ambientes séricos y suelos algo salinos,

también se puede incluir a *Zexmania brphtalmiflora*, de comportamiento saxícola, lo mismo que *buddleja cordobensis*.

Las especies preferentes son *Acacia caven* (espinillo), de gran amplitud ecológica puede llegar hasta los 1450 m siguiendo algunos cursos junto con *Schimis fasciculatus*, otras especies preferentes son *Aloysia gratísima*, *Eupatorium buniifolium* y *Colletia spinosissima*.

En general son laderas sumamente afectadas por incendios producidos intencionalmente por la gente local con el fin de mejorar las pasturas para el ganado, aunque la respuesta al incendio es la aparición de un arbustal y un pastizal con tendencias decrecientes de las especies de interés forrajero como *Pappophorum mucronulatum*, *Stipa tenuis*, *Stipa sanluisensis*.

### III) Bosque de *Lithraea ternifolia* en laderas

Ocupa generalmente ambientes más húmedos, de exposición norte, este y oeste llegando hasta quebradas y cursos de agua. Está caracterizado por un bosque abierto, discontinuo, alternando en algunas zonas con el Arbustal de *Acacia caven* y el pastizal, con una cobertura media de 85-90%.



Foto 3.3: Comunidad Bosque de *Lithraea ternifolia* en laderas.

Comúnmente se presentan tres estratos, el mayor, arbóreo, de 3 a 6 m de altura, el intermedio hasta los 1.20 m y el inferior hasta 0.40 m. La especie dominante es *Lithraea ternifolia* (molle dulce o molle de beber) comportándose a veces como saxícola, desarrollándose entre rocas, con escaso suelo.

En la fase altitudinal, ésta comunidad está bien definida por un cinturón, entre los 950 m y los 1.400 m, sobre laderas de exposición este, oeste, suroeste y sur y en menor medida sobre las laderas de exposición noreste y noroeste. Las pendientes de estas laderas son bastantes pronunciadas variando de 45-60%.

El ambiente es más bien fresco con suelos esqueléticos, rocosos, formándose algunos suelos entre las rocas, con gran humedad disponible.

Las especies características mas conspicuas son *Ophryosporus axilliflorus*, *Abutilon grandiflorum*, *Stipa rhombifolia* y *Achyrocline venosa*, Luego la comunidad de *Lithraea ternifolia* con especies preferentes como *Stipa pseudoichu*, *Lepechinia floribunda*, *Casia bicapsulares*, *Boutelova curtipendula*, *Stipa sanluisensis*.

Esta comunidad presenta cambios antropogénicos producidos por incendios, pastoreos y tala, produciendo una regresión de su comunidad clímax. Estos procesos han generado una degradación del bosque climático de *Lithraea ternifolia*. Es importante señalar que el efecto del fuego y pastoreo está limitado por características del ambiente. Es más notorio en laderas de exposición norte que son más séricas. En las partes profundas de las quebradas, los procesos son más lentos, lo mismo que en las laderas de exposición sur, este y oeste con mayor disponibilidad de humedad, pudiéndose regenerar el bosque original en algunos puntos.

#### IV) Pastizal de *Stipa sp.* y *Festuca hieronymi*

Esta comunidad se presenta en dos zonas bien definidas de la cuenca:

a) En las zonas altas, a partir de los 1.300-1.400 m, ocupando preferentemente laderas pronunciadas y en las crestas rocosas de las sierras, presentándose también una variante fisonómica en las zonas llanas, “pampitas” con suelos más desarrollados y la aparición de césped en lugares húmedos. La fisonomía general responde a la de un pastizal de altura.



Foto 3.4: Comunidad Pastizal de *Stipa sp.* y *Festuca hieronymi* (Zona de altura)

b) En el sector este y noreste de la cuenca, con serranías de pendientes más suaves, de suelo pedregoso, arenoso donde el pastizal aparece mezclado con especies arbustivas como *Baccharis*, *Sophora linearifolia*, *Schinus fasciculatus*, *Pavonia hastata*, *Gutierrezia gilliesii*, *Heterothalonus alienus*, se trata de un pastizal disclimático derivado de una



Foto 3.5: Comunidad Pastizal de *Stipa sp.* y *Festuca hieronymi* (Zona Baja)

vegetación de bosque.

Las especies que se comportan como características de esta comunidad son *Pappohorum pappiferum*, *Bromus avieticus*, *Schizachyrium plumigerum* y *Chloris retusa* entre las gramíneas y algunas latifoliadas como *Sophora linearifolia*, *Margiricarpus pinnatus* y *Pavonia hastata*. Las especies características preferentes son *Festuca hieronymi*, *Stipa tenuísima*, *Stipa tenuis*, *Asistida adacensionis*, también puede mencionarse *Cynodon dactylon* en las “pampita”, *Eryngium horridum* en las laderas de “pajas”, *Selaginella peruviana* como pionera en afloramientos de rocas desnudas otros helechos como *Notholaena buchtienii*, *Cheilanthes myriophylla* además de *Lucilia acutifolia* y *Dichondra sericea*.

Es la unidad mas rica en gramíneas, abarcando aproximadamente el 70%, encontrándose especies invernales y estivales, permitiendo realizar planteos de aprovechamiento de las pasturas a través de un manejo equilibrado de las mismas [25] Esta comunidad también posee problemas por factores antropogénicos como el fuego, la tala y presión del ganado.

#### V) Bosque de *Celtis spinosa* en quebradas

Es una comunidad que se presenta en la parte inferior de las quebradas con fondos casi en “V”. Fisonómicamente corresponde a un bosque cerrado con cobertura media de 90%, con tres estratos; el mayor, abarca de 2 m hasta 8 m, el intermedio arbustivo entre 0.80m y 1.50 m y el inferior hasta unos 0.40 m. El rasgo fisiográfico corresponde a depresiones de relleno y terrazas con suelos arenosos-francos y ripio.

Las comunidades de contacto son el bosque de *Lithraea ternifolia* hacia las laderas y la comunidad riparia de *Cortaderia selloana*. Los elementos de estas comunidades se mezclan en los bordes y resulta difícil separarlas en ciertos casos, encontrándose en forma discontinua el bosque de talas.



Foto 3.6: Comunidad Bosque *Celtis spinosa*, Vegetación riparia de *Cortaderia selloana*

Con relación a la distribución altitudinal, se ubican entre los 920 m y 1200 m. Por lo general son ambientes de poca ventilación más bien húmedos, fríos en inviernos y calurosos en verano. En estas

condiciones la vegetación está definida por *Celtis spinosa* (Tala) con gran vitalidad que pueden alcanzar alturas de 6 a 8 m y con un fuste de hasta 0.40 m de diámetro.

Las especies características de esta comunidad son *Escallonia cordobensis*, *Chenopodium ambrosioides*, *Conium maculatum*, *Solanum pseudocapsicum* y los helechos *Adiantum raddianum*, *Cystopteris diaphana* y *Woodsia montevidensis*. Las especies características preferenciales son *Eupatorium viscidum*, *Celtis spinosa*, *Salvia gilliessii*, *Berberis ruscifolia*.

Debido a que el efecto del fuego es menos intenso y frecuente que en otras comunidades y el desmonte es escaso por el difícil acceso, ésta comunidad no es tan perjudicada, sólo el estrato herbáceo se ve modificado por el pastoreo del ganado.

#### **VI) Vegetación riparia con *Cortaderia selloana***

Esta comunidad se presenta en forma discontinua a lo largo de los cauces, creciendo entre las rocas y la arena o asociada a suelos algo salinos. La fisonomía corresponde a una comunidad de matorral de cobertura media del 50-60%, generando dos estratos, uno superior de 1 a 2 m y uno inferior de 0.20 a 0.30 m. En lo que corresponde a la fase altitudinal puede llegar a los 1.400 m.(Foto 3.6)

Las especies características son *Prunilla vulgaris*, *Polypogon elongatus*, *Carex pseudocyperus* y las especies características preferentes son *Cortaderia selloana* y *Baccharis salicifolia*.

#### **VII) Vegetación hidrófila de cauces**

Los cauces permanentes tienen una vegetación particular caracterizada por la presencia de especies hidrófilas como *Hydrocotyle bonariensis* en los cursos poco profundos y *Ceratophyllum demersum* en los pozos más hondos junto con especies algales. Aparecen también como características *Mimulus glabratus*, *Roripa nasturtium-acuaticum* y *Poligonum sp.* y en las orillas se encuentran tapices de *Juncos sp.*, *Trifolium repens*, *Phyla canescens* y *Cynodon dactylon*.

#### **VIII) Vegetación saxícola**

Los afloramientos rocosos (rocas ígneas y/o metamórficas) se presentan casi siempre en las laderas pronunciadas de las quebradas o dispersas en la zona siguiendo áreas relativamente poco importantes en laderas del bosque de *Lithraea Ternifolia* o en los arbustales de *Acacia caven* y *Aloysiagratisissima*.

Las rocas desnudas son colonizadas por *Selaginella peruviana*, pero las especies características de esta comunidad son las especies de *Tillandsia* y líquenes.

Las especies invasoras más comunes en toda la región son el Siempreverde (*Ligustrum lucidum*), el Paraíso (*Melia azedarach*), Acacia Negra (*Gleditsia triacanthos*), Cafeto (*Manihot grahamii*), Mora (*Morus sp.*), Olmo (*Ulmus sp.*), Rosa mosqueta, etc.

### **3.2. Fauna**

En la zona de la cuenca del Lago Potrero de Los Funes es muy poca la información existente sobre fauna. En este trabajo se realizó un pequeño inventario teniendo en cuenta que se encuentra una variada cantidad de especies que corresponden a una mezcla, producto de la conjunción entre las Provincias Zoogeográficas Pampeana, del Espinal y del Monte.

En cuanto a la fauna que se observa está representada por los mamíferos más representativos:

Desdentados: Mulita (*Dasyus septemcinctus*), Peludo (*Chaetophractus villosus*).

Carnívoros: Puma (*Felis concolor*), Zorro Gris Pampeano (*Pseudalopex gymncercus*), Hurones (*Mustela Furo*), Comadreja Overa (*Didelphis albiventris*), Gato del Pajonal (*Felis colocolo*).

Herbívoros: Zorrino (género *Conepatus*), Vizcacha (*Lagostomus maximus*), Cuises (*Microcavia australis*).

Los grupos de aves más característicos son las Chuñas (*Chunga burmeisteri*), Martinetas (*Eudromia elegans*), Charatas o Pavas de Monte (*Ortalis canicollis*), Hornero (*Funarius rufus*), Cardenal Amarillo (Protegido y en peligro de extinción), Teros (*Vanellus chilensis*), Gallareta (género *Fulica*), Condor (*Vultur gryphus*), Halconcito Gris (*Spizapteryx circumcinctus*), Lechuza de las Vizcacheras (*Athene cunicularia*) entre otros.

Entre los reptiles se destacan la Boa Lampalagua (*Boa constrictor occidentales*), la Yarárá Ñata (*Bothrops ammodytoides*), Matuastos (género *Pristidactylus*), Cascabel (*Crotalus durissus terrificus*), Iguana Colorada (*Tupinambis rufescens*).

Existen anfibios típicos de la eco-región como la Rana Coralina (*Leptodactylus laticeps*) y Sapo Común (*Bufo arenarum*).

La variedad de peces existentes en el lago esta constituida por la Mojarra de Cola Negra (*Cheirodon interruptus*), el Pejerrey Bonaerense (*Odontesthes bonariensis*) a menudo junto con el pez forrajero Madrecita de Agua (*Jenynsia multidentata*) y la Carpa (*Cyprinus carpio*), que han sido extensamente sembrados en numerosos cuerpos de agua en la provincia.

Los mamíferos son tal vez el mejor ejemplo de las "mezclas" de faunas de distintas regiones.



## 4. Análisis de fragilidad ambiental

### 4.1. Metodología general

El estudio de fragilidad ambiental ha sido realizado en base al modelo propuesto Gaviño y Sarandón (2000)<sup>[15]</sup>, este modelo define un índice de fragilidad ecológica (IFE) en función de cinco indicadores específicos: El índice de erodabilidad (E); el índice de vulnerabilidad biótica (B); el índice de vulnerabilidad hídrica (W); el índice de susceptibilidad a la contaminación del aire (A) y el índice de fragilidad del paisaje (P).

Este modelo ha sido parcialmente modificado con el fin de considerar aspectos que son localmente relevantes como por ejemplo la incidencia de los incendios y los procesos de remoción en masa, así también como modificaciones en relación a los índices originales del modelo con el agregado de variables complementarias, se incorporaron así en este estudio los índices de susceptibilidad a incendios (I) y de vulnerabilidad a los movimientos de remoción en masa (R). Además se incorporaron las variables: tipo de suelo y porcentaje de cobertura vegetal en el índice de erodabilidad, carácter del curso fluvial en el índice de vulnerabilidad hídrica y tipo de vegetación en el índice de fragilidad del paisaje. El porcentaje de cobertura vegetal a diferencia del método original se ha calculado en base al índice de vegetación (NDVI). El índice IFE así modificado, se define en el marco de este estudio como índice de fragilidad ambiental (IFA) y es función de los siete índices mencionados anteriormente.

Cada índice es una combinación de variables las cuales corresponden a ciertas características particulares del ecosistema, estos pueden tomar valores (absolutos o relativos) que se estandarizan a una misma escala para el cálculo del IFA.

El IFA permite estimar el grado de susceptibilidad o vulnerabilidad del ecosistema integral ante alguna intervención o perturbación antrópica y se obtiene mediante la suma de los índices específicos (E, W, B, A, P, I y R) ponderados según su importancia relativa para cada área (Formula 4.1).

$$FA = E \times WiE + W \times WiW + B \times WiB + A \times WiA + P \times WiP + I \times WiI + R \times WiR$$

Donde:  $Wi$ , ponderación de cada índice.

Formula 4.1: Formula del índice fragilidad ambiental

El modelo de fragilidad ambiental (FA) propuesto en este trabajo ha sido implementado a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG). De esta manera cada una de las variables que conforman los índices han sido tratadas como mapas y combinadas algebraicamente mediante funciones y/o operaciones específicas del SIG (Ver anexo I). Se generaron con tal fin dos productos diferentes: Los mapas-base, los cuales representan las variables ambientales y los mapas-índice que representan la valoración de la combinación de los mapas-base.

La metodología general que se utilizó se presenta en forma esquemática en el diagrama de la Fig. 4.1.

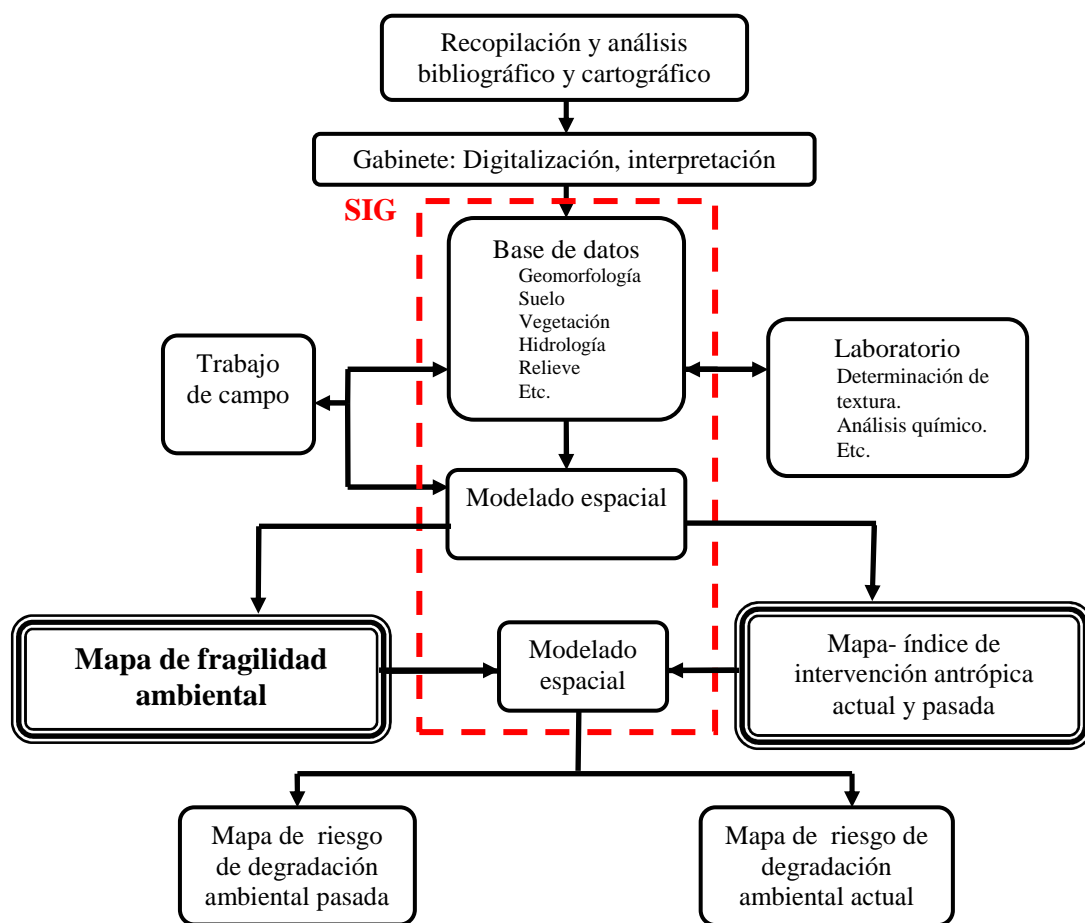


Figura 4.1: Esquema metodológico general

Para la obtención de los mapas de riesgo de degradación ambiental actual y pasada (MRDAA y MRDAP), se utilizó el índice de intervención antrópica (ITA) el cual nos permite realizar un diagnóstico ambiental e identificar los impactos causados por la ocupación no planificada del espacio y orientar una zonificación de la cuenca en estudio. En consecuencia el ITA no se aplica en forma aislada sino que es preciso correlacionarlo con otras variables como el grado de fragilidad ambiental <sup>[26]</sup>. Para ello

se elaboraron los mapas-índice de intervención antrópica actual y pasado (MITAA y MITAP) y se confrontaron con el mapa de fragilidad ambiental (MIFA), obteniendo así los cambios temporales debido al aumento de la antropización y al cambio de uso de los recursos naturales en el área de estudio. En la sección 4.3 se definen y elaboran los mapas-base utilizados para la obtención de los índices y en la sección 4.4 se definen y calculan los índices empleados en análisis de fragilidad ambiental.

Este estudio se realizó a distintas escalas según la información disponible, tratando de mantener una escala de trabajo de 1:5.000 a 1:25000 según lo propuesto por Gómez Orea (1993) <sup>[27]</sup> para estudios orientados a la evaluación ambiental local.

## **4.2. Materiales**

Toda la información de este trabajo fue procesada utilizando el sistema de información geográfica (SIG) ILWIS 3.4 el cual se caracteriza por ser un sistema “hibrido” raster-vector, de distribución gratuita en la web. Para ejecutar el programa se utilizó una PC de capacidad estándar para la fecha.

La digitalización de los mapas se realizó con la tableta digitalizadora Calcomp Drawing Board II, Precisión  $\pm 0.25\text{mm}$ , los mismos se georeferenciaron utilizando coordenadas Gauss Kruger faja 3. Los mapas así digitalizados fueron rasterizados utilizando un tamaño de píxel de 5 m.

La ubicación de los puntos de muestreo se obtuvo con un GPS (GARMIN III Plus de 12 canales).

Se utilizó el programa Google Earth versión 4.1 (beta) de donde se obtuvieron imágenes del área en estudio, las cuales se trabajaron con el software CorelDraw 12 para la obtención de un mosaico de la cuenca hídrica del Lago Potrero de Los Funes.

La obtención del índice de vegetación normalizada NDVI se realizó mediante una imagen Landsat TM con fecha 2002-01-11, con posición Path 230 y row 83, la única disponible próxima a la fecha de realización del estudio. Para la elaboración del modelo digital del terreno (DEM) se utilizó una restitución planimétrica digitalizadas a escala 1:20000, con equidistancia de 20 m, correspondiente a la hoja Potrero y Suyuque de la Provincia de San Luis obtenida del atlas de recursos geoambientales.

Se utilizó una cámara digital Kodac 533 de 5 mega píxeles para la toma de fotografías de suelo, vegetación, etc.

En la realización del mapa de uso de suelo pasado se utilizaron las fotos aéreas pancromáticas a escala 1:20000, obtenidas en el año 1968 por la compañía SPARTAN AIR SERVICE para el Gobierno de la Provincia de San Luis.

Para el análisis del tipo de suelo se utilizó una balanza granataria “Chyo MK-2000B” con sensibilidad de 0.1 g, seis probetas de un litro, componentes químicos necesarios para desarrollar el método de Bouyoucus (fosfatos, ácidos, etc), densímetro y dispersor estándar para esta metodología y un tamiz de 2 mm.

### **4.3. Elaboración de mapas-base**

#### **4.3.1. Generación del mosaico con imágenes Google Earth de Potrero de Los Funes**

Se recortaron imágenes Google Earth, a una altura de ojo de 1,5 km lo cual permitió observar el área de estudio con mucho detalle (escala 1:400). Las imágenes se agruparon utilizando el Corel-Draw generando un mosaico de toda la cuenca del Lago Potrero de Los Funes, el cual fue georeferenciado mediante 25 puntos de control, con coordenadas geográficas obtenidas del Google Earth.

El error de georeferenciación obtenido fue de 0.54 píxel lo cual corresponde a un error de 5.4 m en el terreno, debido a que el valor del píxel utilizado fue de 10 m. Finalmente el mosaico se remuestreo a un tamaño de píxel de 5 m para poder combinarlo en el SIG con los mapas elaborados a esa resolución espacial. (Fig. 1.1).

#### **4.3.2. Mapa de vegetación**

Se digitalizó con una tableta para tal fin el mapa de las comunidades vegetales de Potrero de Los Funes realizado por Borisov (1993) <sup>[14]</sup>, el cual no abarca la zona norte de la cuenca hídrica del Lago Potrero de Los Funes. Usando como base éste mapa y el mosaico anterior se digitalizó en pantalla un nuevo mapa de vegetación (Fig. 4.2), conteniendo toda la cuenca hídrica del Lago Potrero de Los Funes.

Las imágenes Google Earth permitieron observar con detalle los límites de las diferentes comunidades vegetales los cuales fueron verificados con estudios de campo.

Las comunidades vegetales Bosque de *Celtis spinosa* en quebradas, Vegetación riparia con *Cortaderia selloana*, Vegetación hidrófila de cauces y Vegetación saxícola, fueron agrupadas en una misma comunidad “Bosque de *Celtis spinosa* en quebradas y

*Cortaderia selloana*,” ya que éstas están muy relacionadas entre sí y la escala de trabajo no permitió hacer una separación de las mismas.

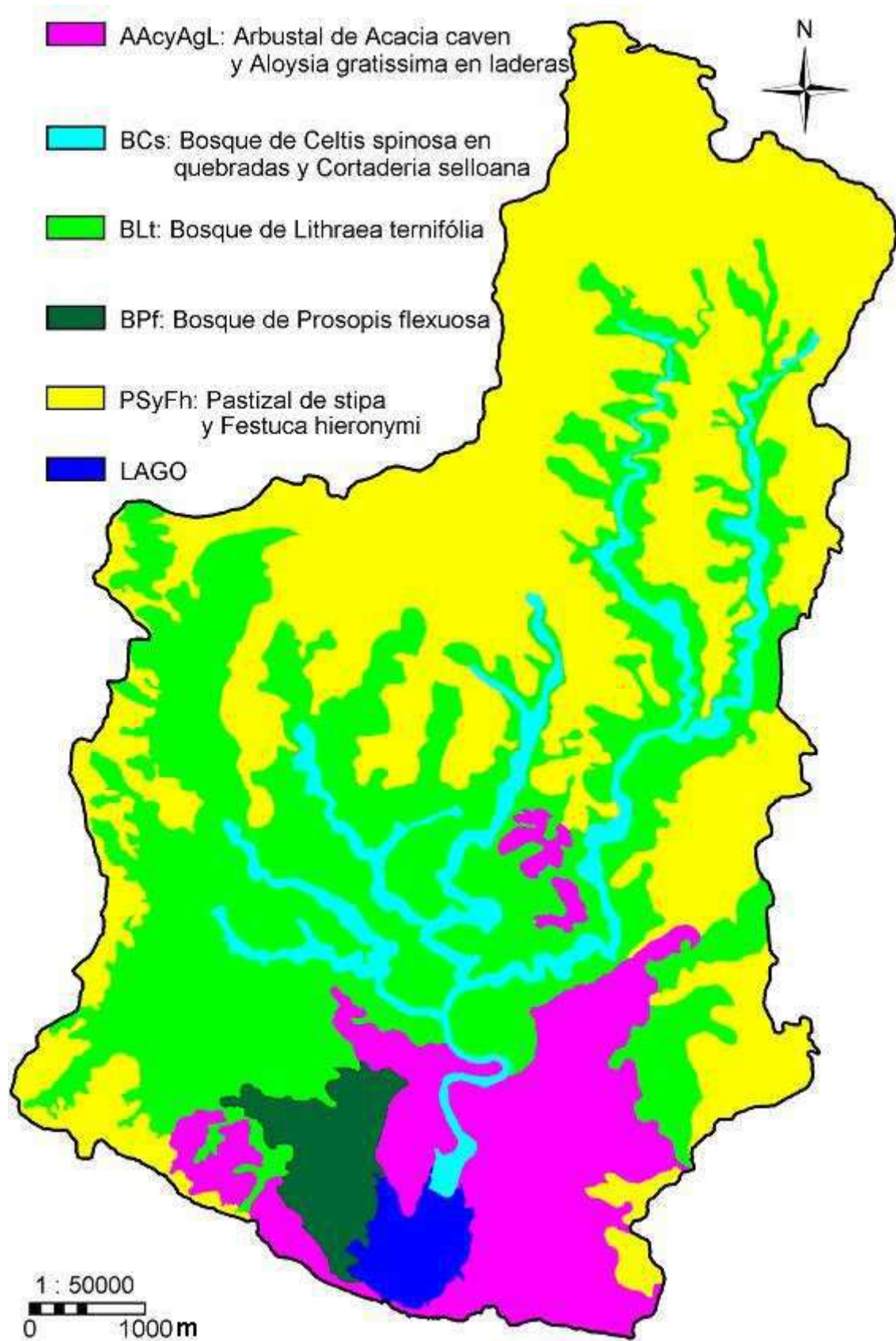


Figura 4.2: Mapa de vegetación de la cuenca del Lago Potrero de Los Funes.

### 4.3.3. Mapa de cobertura vegetal

Para generar el mapa de cobertura vegetal, se realizó un mapa del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) mediante la función *ndvi* del ILWIS (ver anexo I), utilizando la imagen Landsat TM en su banda 3 y 4.

Los valores del NDVI se relacionaron con las observaciones en las imágenes Google Earth, distinguiéndose 3 clases de cobertura vegetal detallada en la Tabla 4.1, las cuales fueron verificadas y analizadas en el campo. La cobertura vegetal en el terreno se calculó tomando fotografías digitales perpendiculares al suelo desde la altura del pecho y con un visor de imagen digitales se estimó el porcentaje de cobertura vegetal. Para comparar los porcentajes obtenidos por el NDVI y los del terreno las fotos fueron posicionadas con un GPS. Fue importante observar el área circundante de cada fotografía (aprox. 30m en cada dirección) para obtener puntos de muestreos en áreas homogéneas y representativas de la clase de cobertura en estudio.

Los puntos de muestreos se ubicaron y representaron en el mapa NDVI permitiendo asignar a cada rango de valores NDVI una clase de cobertura vegetal (Ver anexo II).

Los valores de los límites de las diferentes clases de cobertura vegetal en el mapa NDVI variaron dependiendo de las comunidades vegetales en estudio, estos se puede observar en la tabla 4.1, la cual se utilizó para realizar el mapa de cobertura vegetal mediante la función *Slicing* agrupando los rangos de valores del NDVI representativos de cada clase de cobertura vegetal.

A dicho mapa se le incorporaron las áreas con roca y con suelo desnudo obtenidas del mapa de suelo, mediante la Formula 4.2, obteniendo así el mapa final de cobertura vegetal indicando las áreas con roca, suelo desnudo y tres clases de coberturas vegetales. (Fig. 4.3).

$$\text{Cobertura\_final} = \text{iff}(\text{suelodesn} = "1") \text{ and } (\text{coberturas} = \text{"suelodesnudo"}, \text{"suelodesnudo"}, \text{iff}(\text{suelodesn} = "2") \text{ and } (\text{coberturas} = \text{"suelodesnudo"}, \text{"construccion"}, \text{coberturas}))$$

**Formula 4.2:** Incorporación de áreas con roca y suelo desnudo al mapa cobertura vegetal.

**Tabla 4.1:** Tabla relación NDVI de las comunidades vegetales Vs cobertura vegetal en el terreno.

Vegetación	NDVI Cobertura 1	NDVI Cobertura 2	NDVI Cobertura 3
Bosque de Prosopis flexuosa (BPf)	< -0,03	-0,03_0,07	> 0,07
Bosque de Lithraea ternifolia (BLt)	< -0,04	-0,04_0,05	> 0,05
Bosque de Celtis spinosa; Vegetación riparia con Cortaderia selloana; Vegetación hidrófila de cauces; Vegetación saxícola (BCs)	< 0,04	0,04_0,11	> 0,11
Pastizal de Stipa sp. Y Festuca hieronymi (PSyFh)	< 0,07	0,07_0,17	> 0,17
Arbustal de Acacia caven y Aloysia gratisima (AAcyAg)	< -0,04	-0,04_0,05	> 0,05

Donde:

**Cobertura 3:** Es la mejor cobertura que puede alcanzar cada comunidad vegetal según Borizov. (Ej=BPf: 80-90%; AAcyAg= 75-80%).

**Cobertura 2:** Es un valor que representa la disminución de la cobertura 1, en la cual el suelo se encuentra en estado medio de protección. (Aprox. de 40-60%).

**Cobertura 1:** Es un valor que representa la disminución de la cobertura 3, en la cual el suelo se encuentra en estado bajo de protección. (Aprox. de 0-40%).



Foto 4.1: BLt Cobertura 2



Foto 4.2: BLt Cobertura 1

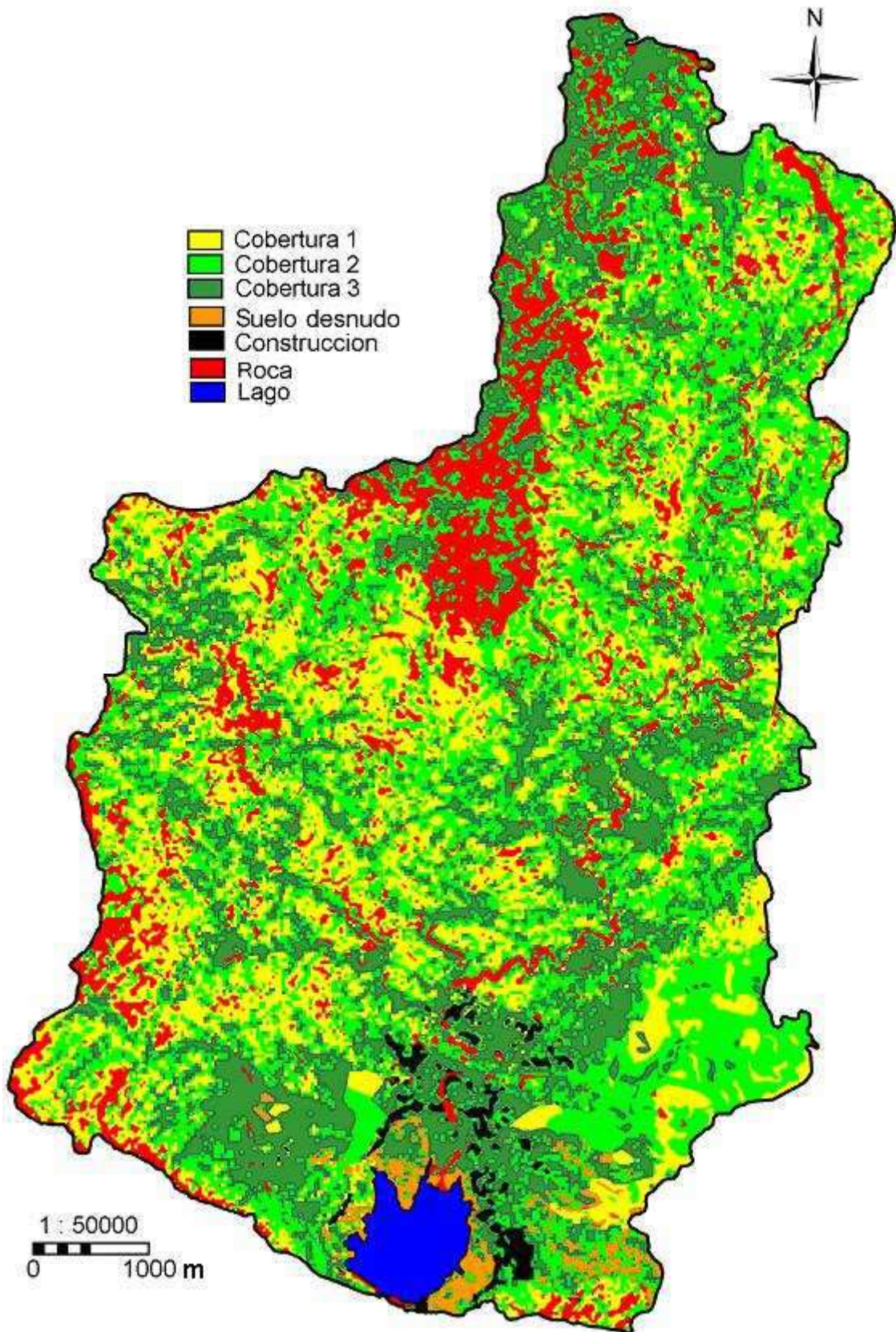


Figura 4.3: Mapa de cobertura vegetal.





Foto 4.3: AAcyAg Cobertura 3



Foto 4.4: AAcyAg panorámica Cobertura 3



Foto 4.5: AAcyAg Cobertura 2



Foto 4.6: AAcyAg panorámica Cobertura 2



Foto 4.7: AAcyAg Cobertura 1



Foto 4.8: AAcyAg panorámica Cobertura 1



Foto 4.9: PSyFh Cobertura 3



Foto 4.10: PSyFh panorámica  
Cobertura 3



Foto 4.11: PSyFh Cobertura 2



Foto 4.12: PSyFh Cobertura 1 (Valle)  
y Cobertura 2 (Pendiente)



Foto 4.13: PSyFh Cobertura 1



Foto 4.14: PSyFh (labrado)  
Cobertura 1



Foto 4.15: BLt Cobertura 3



Foto 4.16: BLt Cobertura 3



Foto 4.17: BPf cobertura 1



Foto 4.18: BCe cobertura 2



Foto 4.19: BPf cobertura 1 y 3



Foto 4.20: BPf cobertura 2 (primer plano) y cobertura 3 (en el fondo)

#### 4.3.4. Modelo digital de elevaciones

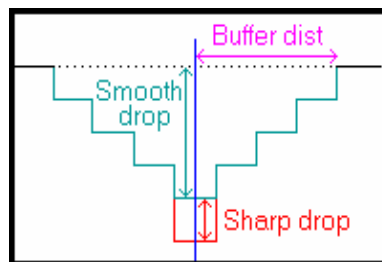
Para su construcción se utilizó la restitución planimétrica digitalizada obtenida del atlas de recursos geoambientales del Municipio de Potrero de Los Funes <sup>[9]</sup>, la cual se utilizó en la función del ILWIS, *Contour interpolation* para obtener el modelo digital de elevaciones (MDE o DEM por sus siglas en ingles) (Fig.4.5).

Para una mejor representación de la realidad del terreno, se utilizó la función *DEM optimization* (Ver anexo I) que acentúa los cauces según las distancias y pendientes de su valle (Fig. 4.4). Los valores para la optimización se obtuvieron del análisis de imágenes en Google earth y de observaciones en el terreno, generándose 6 clases de cauces según sus valles, los cuales pueden observarse en la Tabla 4.2. La obtención y aplicación de los datos (distancia y pendiente) tiene que realizarse cuidadosamente pues pueden modificar el relieve erróneamente.

Tabla 4.2: Jerarquización del drenaje y parámetros del DEM optimizado

Clase	Buffer_dist(m)	Smooth_drop (m)	Sharp_drop (m)
1	5.0	1.0	0.1
2	10.0	1.0	0.2
3	5.0	3.0	0.1
4	25.0	2.0	0.1
5	35.0	4.0	0.2
6	27.0	2.0	0.1

Figura 4.5: Diagrama de Buffer\_dist, Sharp\_drop y el Smooth\_drop



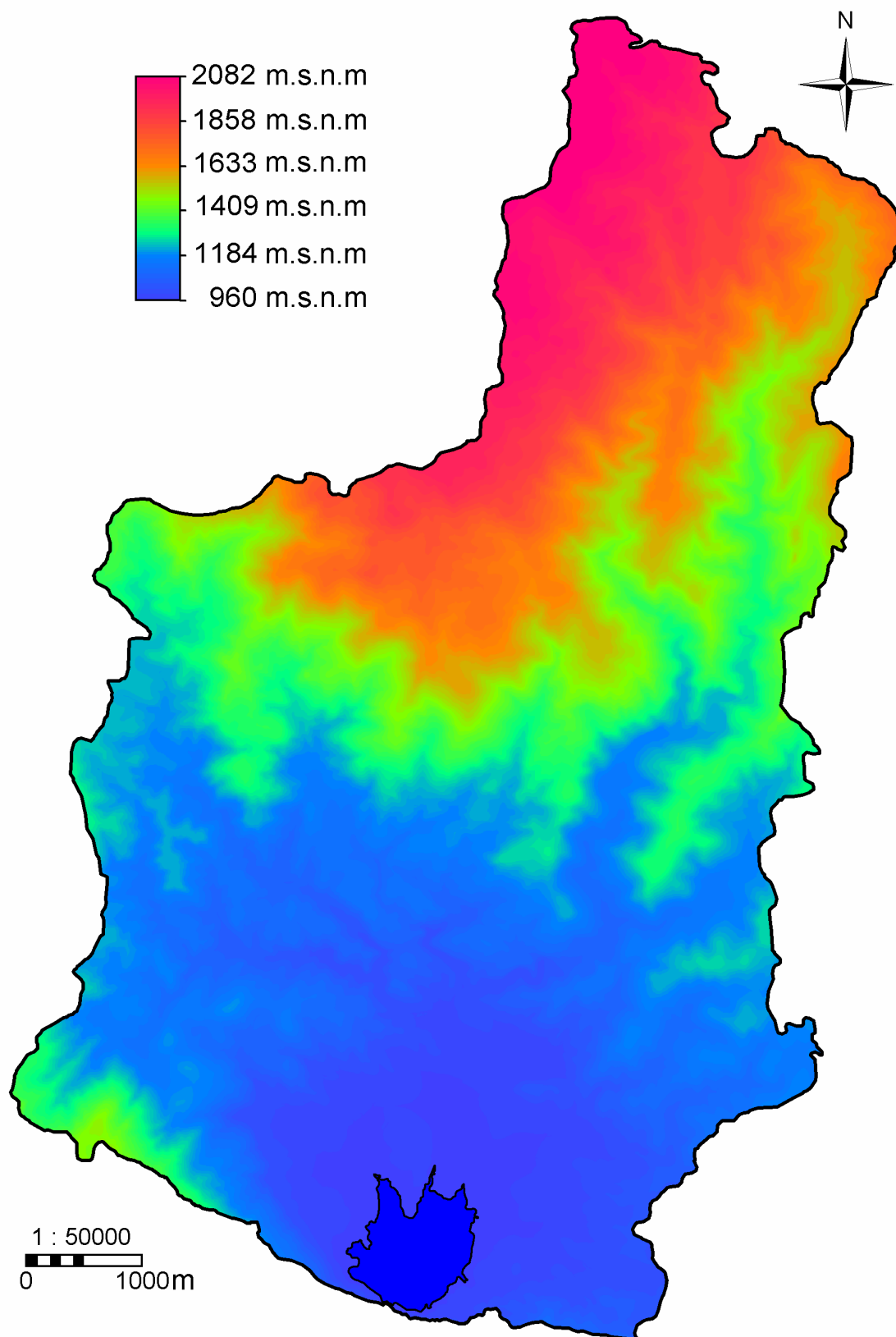


Figura 4.4: Modelo digital de elevaciones optimizado (DEM\_optimizado)

### 4.3.5. Mapa de pendientes

Se utilizó la función *Slope* del ILWIS, la cual requiere del DEM\_optimizado para su cálculo, mediante esta función obtenemos el mapa de pendientes en grados (Fig. 4.6). Éste fue clasificado mediante la función *Slicing* en 4 clases (Tabla 4.3), teniendo en cuenta el potencial degradativo de las mismas.

Tabla 4.3: Clasificación de pendientes.

Pendientes	
Rango de valor	Clasificación
0° - 5°	Baja
5° - 15°	Media
15° - 45°	Alta
45° - 90°	Muy alta

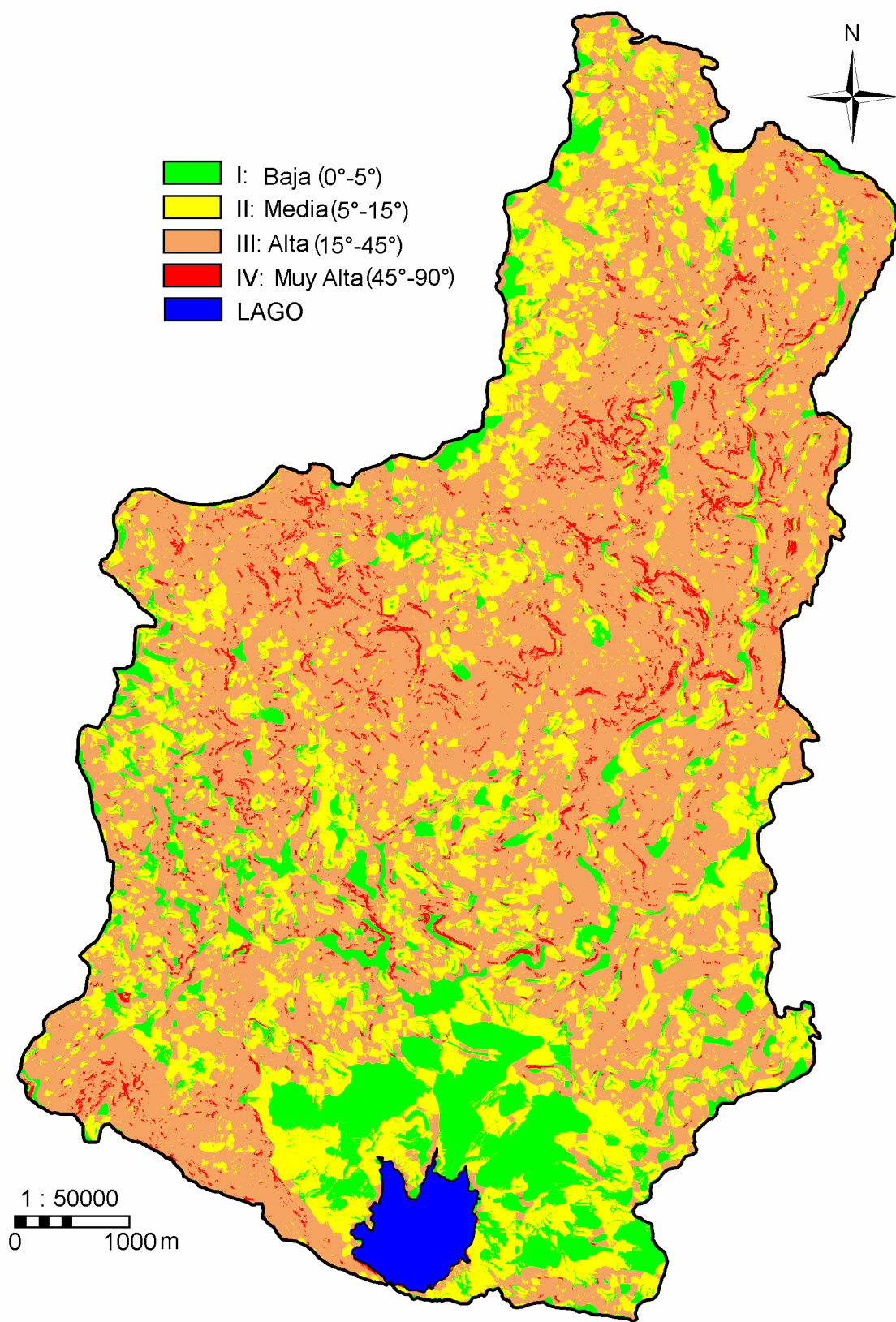


Figura 4.6: Mapa de pendientes reclasificadas.

### 4.3.6. Mapa geomorfológico

Se obtuvo mediante digitalización en pantalla sobre el mosaico de la cuenca del Lago Potrero de Los Funes teniendo como base el mapa geomorfológico, obtenido del atlas de recursos geoambientales del Municipio Potrero de Los Funes <sup>[9]</sup> (Fig 4.7).



Foto 4.21: Vista panorámica de las unidades geomorfológicas Complejos Serranos observándose en el centro los Complejo Serrano Subzona a 6.



Foto 4.22: Vista panorámica de la Unidad geomorfológica Superficie de Erosión Antigua.



Foto 4.23: Vista panorámica, primer plano Lomadas Terciarias, en el centro los Manto Loessoide Discontinuos y en el fondo los Complejos Serranos



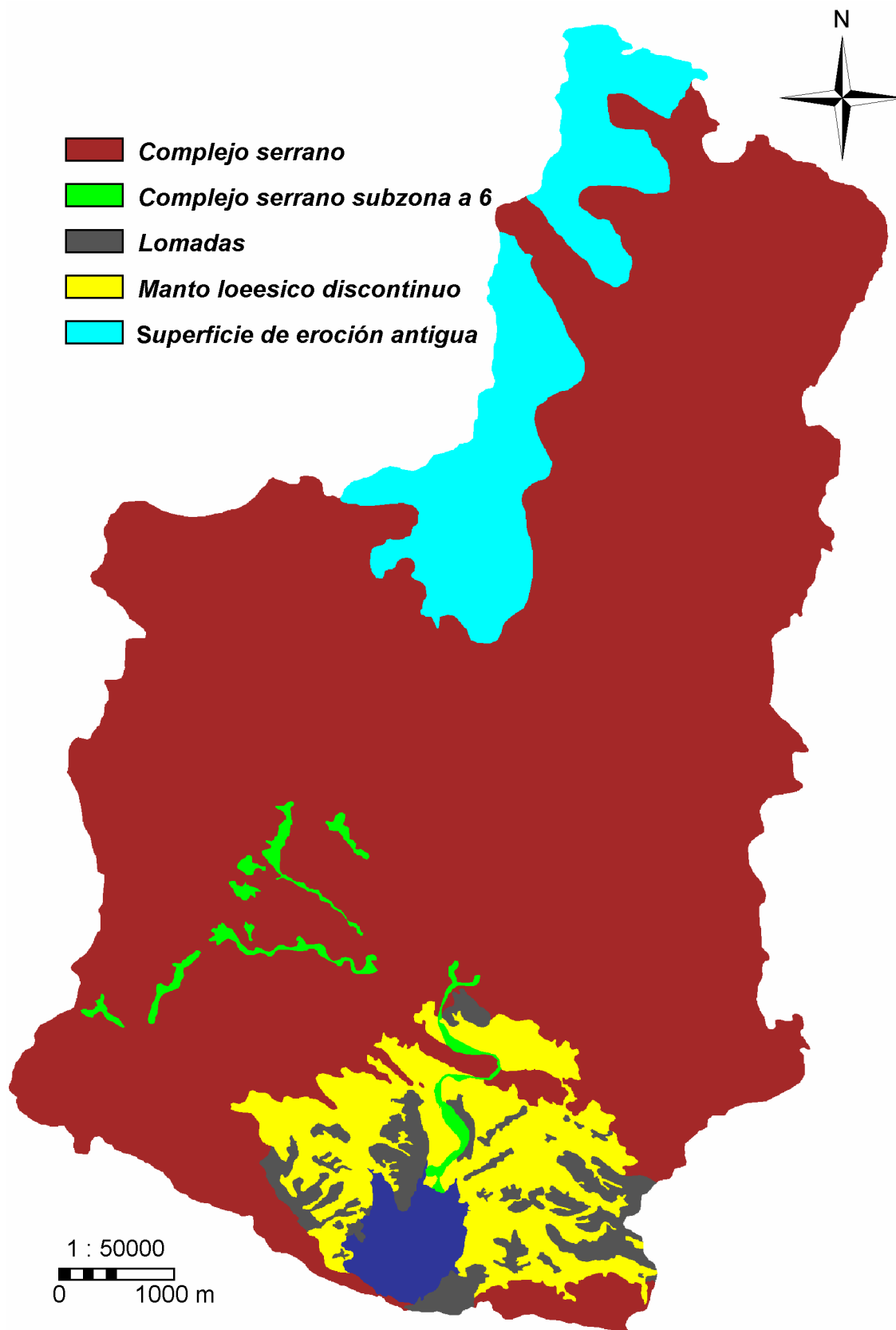


Figura 4.7: Mapa geomorfológico.

#### **4.3.7. Mapa hidrográfico**

La red de drenaje, los límites principales de la cuenca y las subcuencas fueron obtenidas mediante digitalización en pantalla, utilizando como base el mosaico armado con las imágenes Google Earth. En forma complementaria se utilizó el MDE para el trazado de las divisorias de agua.(Fig. 4.8).

## Referencias

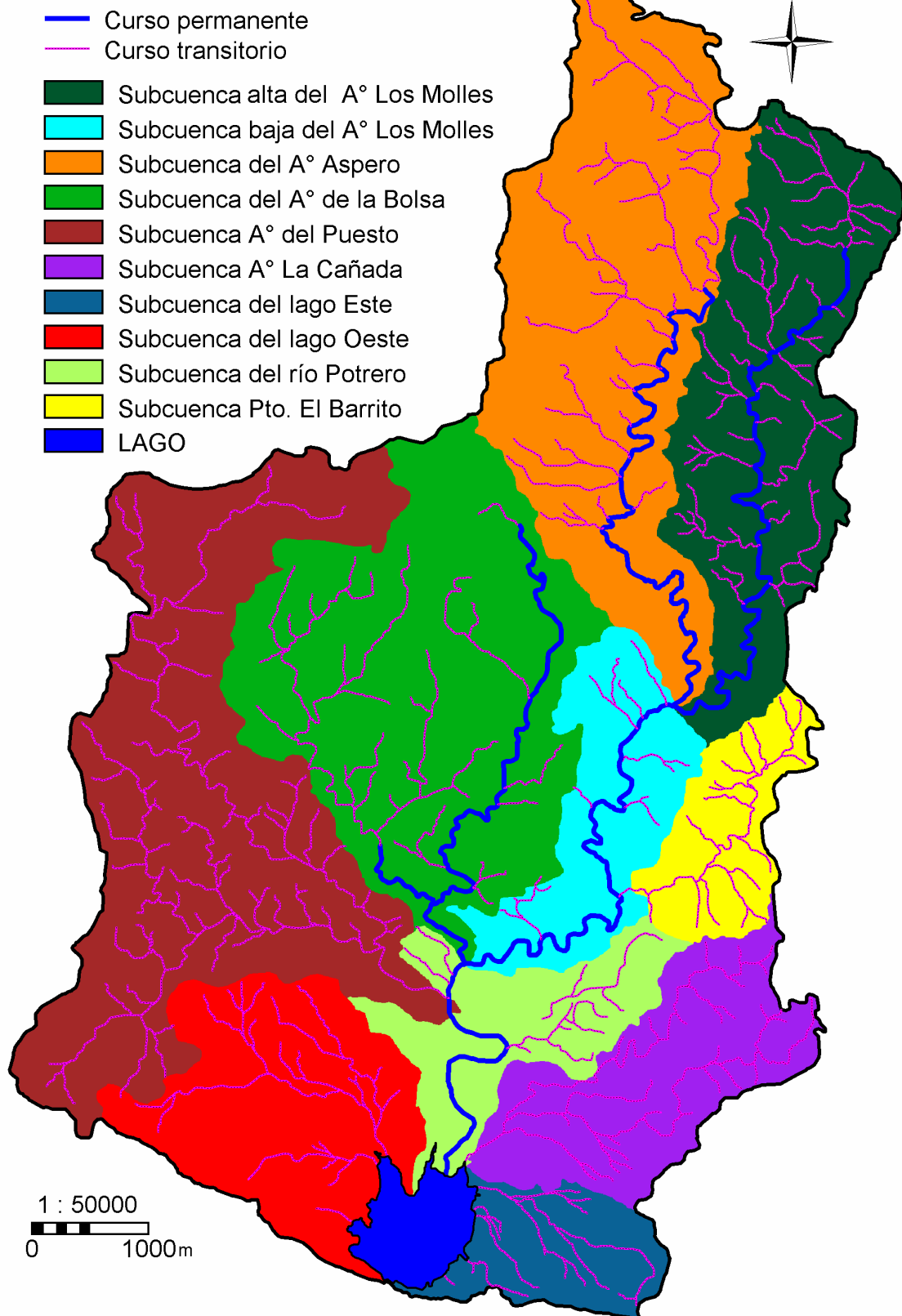


Figura 4.8: Mapa hidrográfico donde se observan las subcuencas del lago Potrero de Los Funes y los cauces de los ríos permanentes y transitorios.

### 4.3.8. Mapa de densidad de drenaje

Utilizando el mapa de las subcuencas del lago Potrero de Los Funes, el DEM y los datos hidrológicos (Tabla 2.1), se calculó la media de la densidad de drenaje, la pendiente media de las subcuencas, el caudal específico y la longitud total de los cauces. Con esta información se elaboró la Tabla 4.4.,

El cociente entre longitud total del río y la superficie de la subcuenca (Dd), se obtuvo para cada una de las subcuencas y se calculó el valor de la Dd media ( $\bar{X} = 4.006 \text{ Km/Km}^2$ ) de los valores obtenidos y su error estándar ( $S_x = 0.648$ ). Esto permitió clasificar las subcuencas según su valor en:

- Dd baja: ( $Dd < 3.358 \text{ Km/Km}^2$ ).
- Dd media: ( $3.359 \text{ Km/Km}^2 < Dd < 4.654 \text{ Km/Km}^2$ ).
- Dd alta ( $Dd > 4.655 \text{ Km/Km}^2$ ).

Luego se reclasificaron las subcuencas en Dd baja, Dd media o Dd alta, dicha información se agregó a la tabla de atributos del mapa de subcuencas y con la función *attribute map* del ILWIS se obtuvo el mapa final de densidad de drenaje (Fig. 4.9).

Tabla 4.4: Características de las subcuencas del lago Potrero de Los Funes.

Características subcuencas	Caudal especif.	Long total de cauces (Km)	Pendiente media de la cuenca (%)	Dd clasif.
Alta del A° Los Molles	9,26	26,32	26.66	Media
Baja del A° Los Molles	9,33	10,05	23.02	Baja
A° Áspero	7,58	30,92	21.63	Media
A° de la Bolsa	4,02	26,22	22.26	Baja
A° del Puesto	5,56	32,98	21.72	Media
A° La Cañada	12,39	15,83	13.19	Media
Lago Este	15,12	7,76	9.44	Media
Lago Oeste	10,19	14,73	16.38	Media
Río Potrero	6,92	11,30	12.22	Media
Pto. El Barrito	17,75	8,81	19.51	Alta

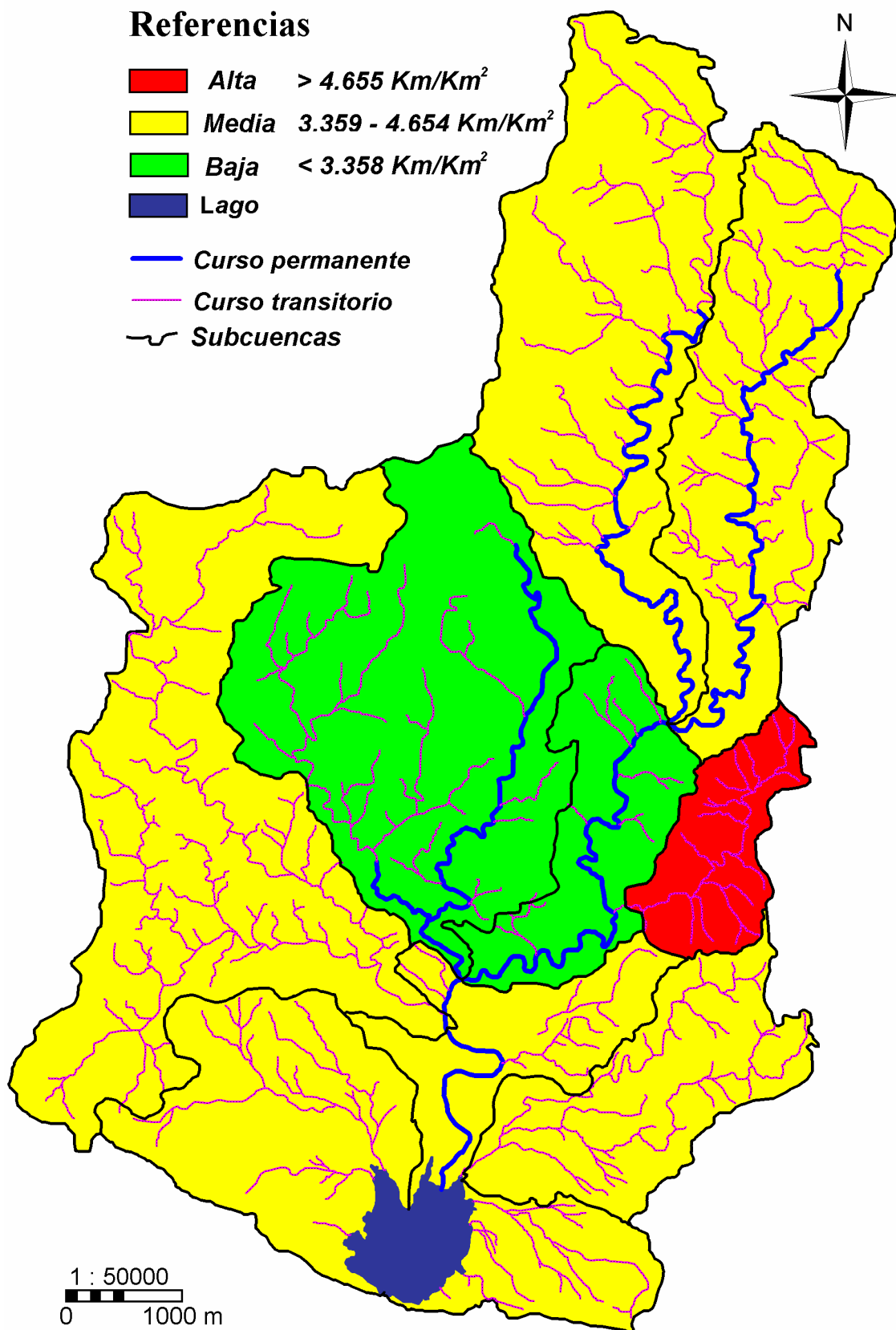


Figura 4.9: Mapa de densidad de drenaje.

### 4.3.9. Mapa de exposición

Mediante el DEM obtenido para el área (Fig 4.4.) y la fórmula  $RADDEG(ATAN2(DEM\_DX,DEM\_DY) + PI)$  aplicada en la ventana de comandos de ILWIS, se obtuvo un mapa de exposición de laderas con valores azimutales de 0° (norte) a 360°. Para un mejor análisis de la información se generó un nuevo dominio con los puntos cardinales en letras (N; NE; E; SE; S; SW; W; NW)(ver Tabla 4.5 y Fig. 4.10). La imagen fue procesada con el *filtro majority de 5x5* aplicándose dos pasadas para aumentar el efecto, eliminar los píxeles solitarios y limpiar el mapa.

Tabla 4.5: Clasificación de la exposición de las laderas

Dirección	Grados	Dirección	Grados
Norte	0°-22.5° y 337.5°-360°	Sur	157.5°-202.5°
Noreste	22.5°-65.5°	Suroeste	202.5-247.5°
Este	67.5°-112,5°	Oeste	247.5°-292.5°
Sureste	112.5°-157.5°	Noroeste	292.5°-337.5°

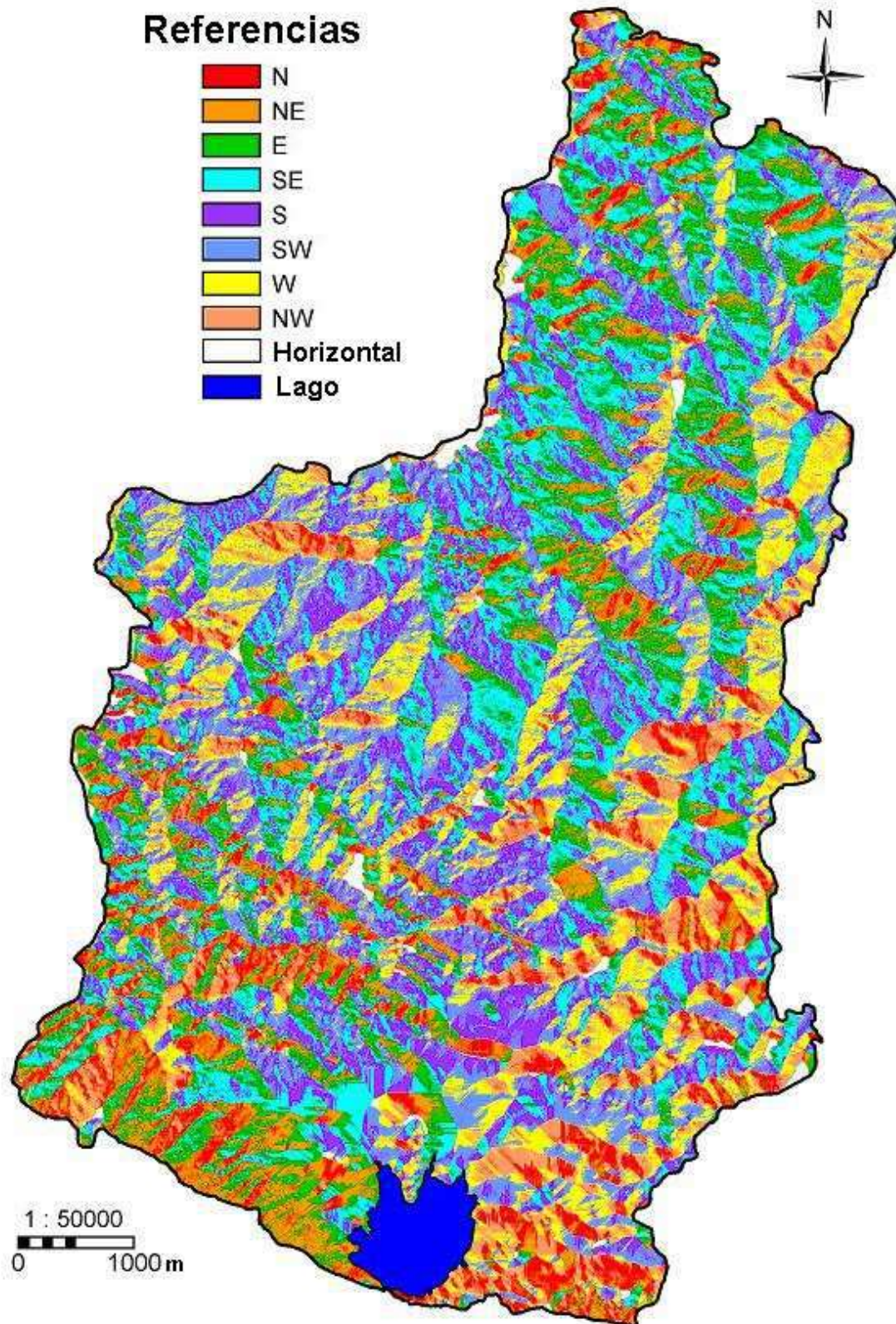


Figura 4.10: Mapa de exposición de laderas.

#### 4.3.10. Mapa de cotas

El DEM fue reclasificado en 4 clases de altura, teniendo en cuenta la distribución altitudinal de la vegetación, la influencia de esta variable sobre la regeneración o degradación del ambiente y las observaciones realizadas en el campo.

Para esto se utilizó el DEM\_optimizado (Fig. 4.4) y se reclasificó con la función *Slicing* siguiendo la Tabla 4.6. El resultado es el mapa de cotas clasificado (cotaclas) (Fig. 4.11).

Tabla 4.6: Clasificación de la altitud.

Clase	Rango (m.s.n.m.)
1	< 1040
2	1041 - 1190
3	1191-1440
4	>1441



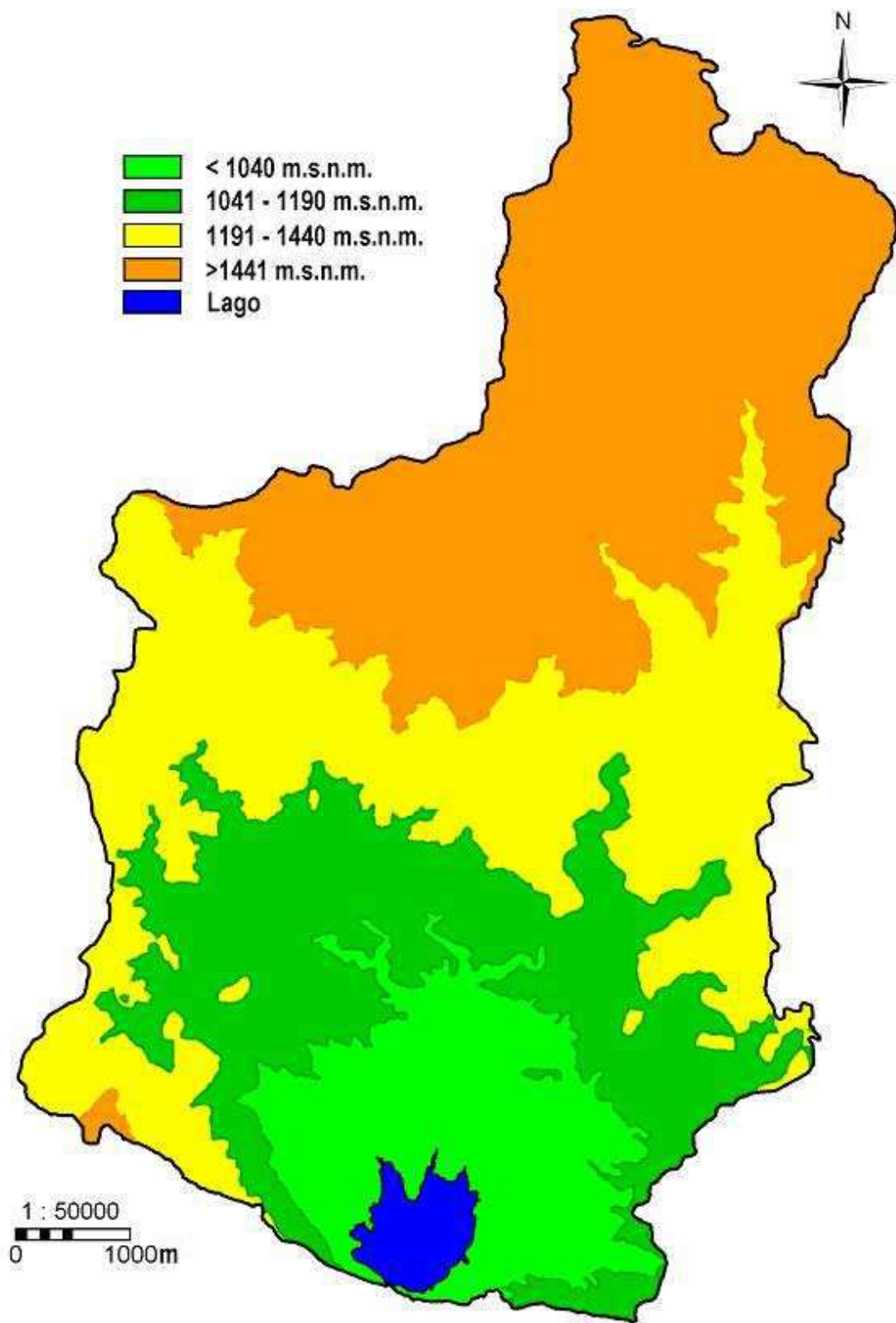


Figura 4.11: Mapa de cotas clasificadas en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m).

### 4.3.11. Mapa frecuencia de incendios

Se realizó teniendo como base al mapa de vegetación e información del estudio de Borisov. J. (1993) <sup>[17]</sup>. Con lo cual se elaboró la Tabla 4.7 utilizada para reclasificar el mapa de vegetación según la frecuencia de incendios obteniendo así el mapa de frecuencia de incendios (Fig. 4.12).

Tabla 4.7: Clasificación de vegetación según frecuencia de incendios.

Vegetacion	Frecuencia de incendios
Bosque de <i>Prosopis flexuosa</i>	Media
Bosque de <i>Lithraea ternifolia</i>	Alta
Bosque de <i>Celtis spinosa</i> ; Vegetación riparia con <i>Cortaderia selloana</i> ; Vegetación hidrófila de cauces; Vegetación saxícola	Baja
Pastizal de <i>Stipa</i> sp. Y <i>Festuca hieronymi</i>	Alta
Arbustal de <i>Acacia caven</i> y <i>Aloysia gratisima</i>	Alta



Foto 4.24: Bosque de *Lithraea ternifolia* quemado y sobrepastoreado



Foto 4.25: Arbustal con *Prosopis* quemados



Foto 4.26: Tocón de *Lithraea ternifolia* quemado (diam. 50cm)



Foto 4.27: Arbustal quemado en recuperación

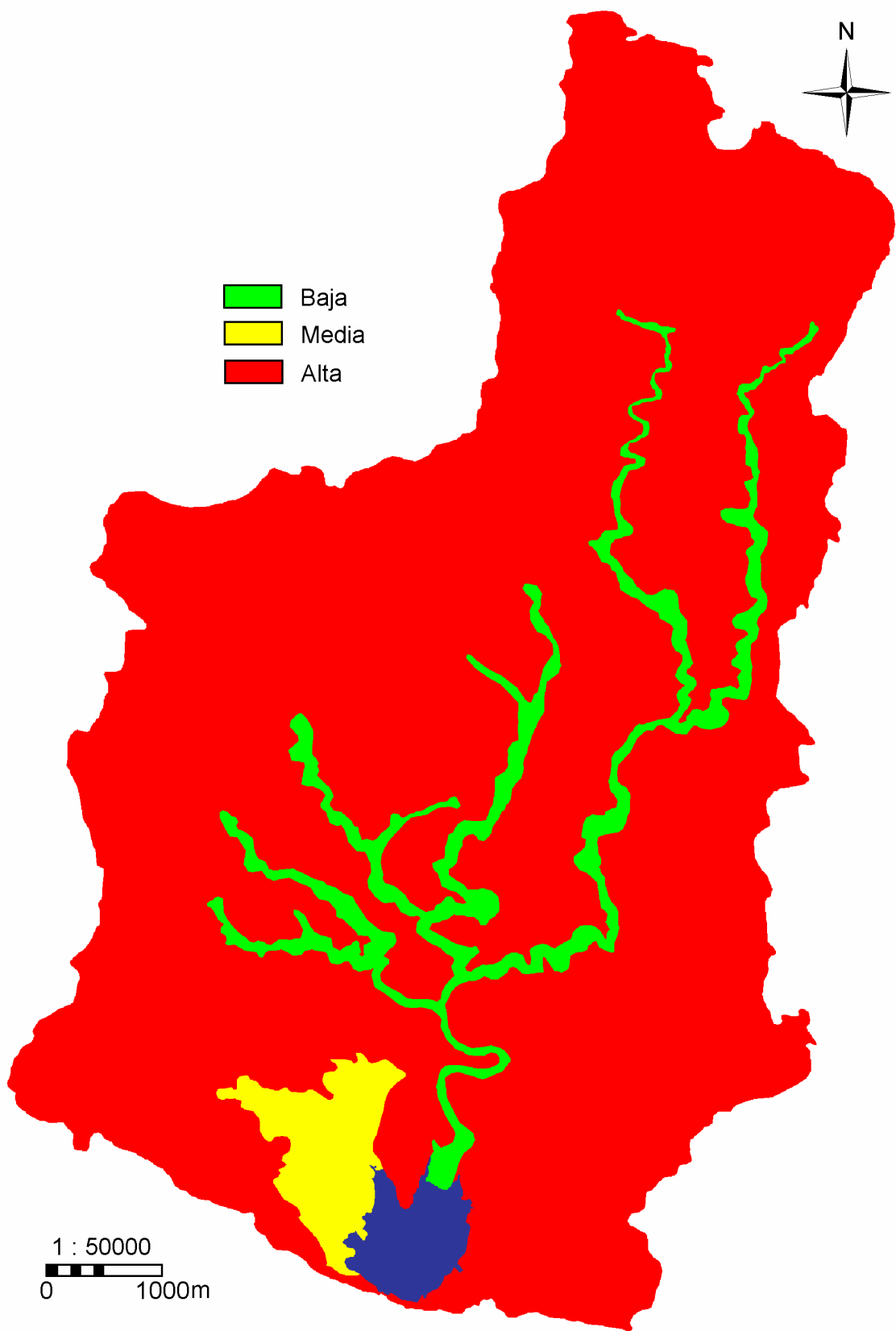


Figura 4.12: Mapa de frecuencia de incendios.

### 4.3.12. Mapa de suelo

Se elaboró en base a la información del atlas de Recursos Geoambientales de Potrero de Los Funes <sup>[9]</sup>, al DEM, al mapa geomorfológico y a datos obtenidos en el campo (Ver esquema de obtención metodológico Fig. 4.13). Se utilizó el modelo empleado en el atlas, el cual combina en una tabla bidimensional los procesos formadores del suelo, geomorfología y pendiente, determinando según su combinación diferentes tipos de suelo.

Para esto se realizó la tabla bidimensional (Tabla 4.8) y a partir de ella el mapa *mdsuelo*, el cual muestra roca descubierta, suelo desnudo y diferentes tipos de suelos, éste fue verificado en el terreno realizando estudios de laboratorio y de campo, efectuando un análisis del área circundante (actividades antropicas, pendientes, indicios de erosión, tipo de erosión, etc.) (Ver anexo II) y levantando perfiles del suelo, en los cuales se determinaron granulometría, textura (Bouyoucos), color, carbonatos, etc. (Ver anexo III).

Este primer mapa de suelo generado con el modelo empleado en el atlas no correspondió exactamente con las observaciones a campo en las cuales había mayor presencia de rocas. Además, se observó en el complejo serrano y en la superficie de erosión antigua que los suelos con pendiente entre los 10° y los 20° pertenecen a un tipo de suelo diferente por lo cual se desplazo el limite entre la pendiente media y alta de los 20° a los 10°, obteniendo la nueva clasificación según el tipo de suelo (media 5°-10°; alta 10°-45°). Conjuntamente con esto se combinó el mapa de cobertura vegetal el cual indica la presencia de roca, suelo desnudo o construcciones y el mapa *mdsuelo* con la siguiente formula **SueRoc=iff(NDVI\_final="roca", "roca",mdsuelo)**, solucionando de esta manera los dos problemas surgidos con el modelo empleado y obteniendo un mapa de suelo (Fig. 4.14) que indica la presencia de roca, suelo desnudo y construcciones.

Tabla 4.8: Reclasificación de los suelos según unidad geomorfológica y pendiente.

Pendiente \ Geomorfología	Baja 0° a 5°	Media 5° a 10°	Alta 10° a 45°	Muy Alta < 45°
<b>Complejo serrano</b>	suelo 6	suelo 6	Suelo 7	roca
<b>Lomadas</b>	suelo 1	suelo 2	Suelo 2	suelo 2
<b>Manto loessoide discontinuo</b>	suelo 4	suelo 4	Suelo 4	suelo 4
<b>Superficie de erosión antigua</b>	suelo 5	suelo 5	Suelo 7	roca
<b>Complejo serrano a 6</b>	suelo 3	suelo 3	suelo 3	suelo 3

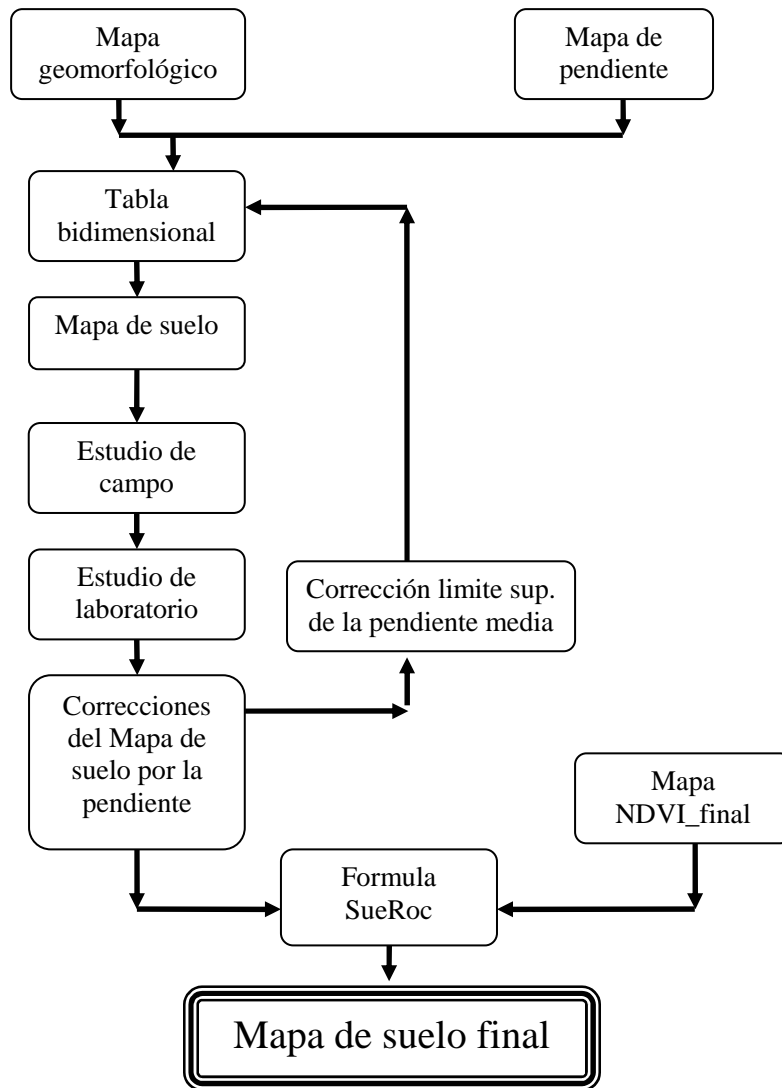


Figura 4.13: Esquema de obtención del mapa de suelo.

Tipos de suelos presentes en la zona de estudio.

**Suelo 1:** Se presentan en las crestas de las lomadas con pendientes bajas ( $0^{\circ}$ - $5^{\circ}$ ): Las áreas de crestas presentan en general un escaso desarrollo edáfico debido a la baja permeabilidad y alta consolidación de las partículas produciendo una continua acción de la erosión laminar. Testigo de esto es la vegetación en pedestal y la gran cantidad de grava gruesa que se encuentra en superficie.

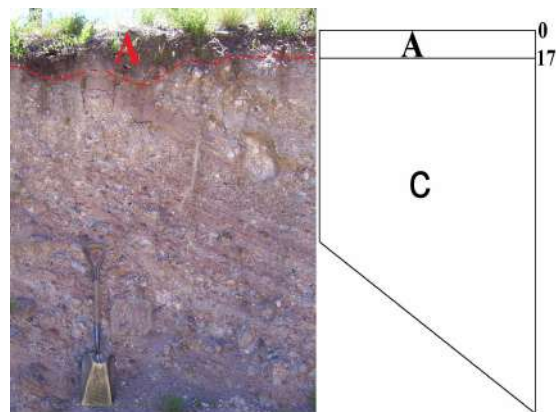


Foto 4.28: Suelo 1 y perfil

**Suelo 2:** Se presentan en las laderas de las lomadas con pendientes moderadas (5°-45). Son suelos muy pedregosos de textura franco arenosa desarrollados a partir de los sedimentos coluvio-aluviales que las recubren. Estos son en general del tipo A-C con espesores comunes cercanos a los 50 cm, aunque hacia la parte del pie de ladera pueden superar el metro, presentando carbonato de calcio en todo el perfil.

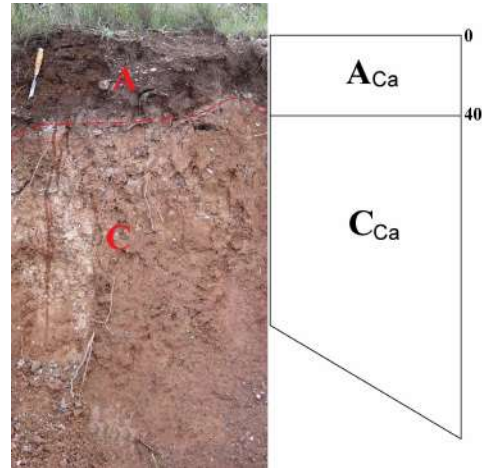


Foto 4.29: Suelo 2 y perfil

**Suelo 3:** Se presentan en el complejo serrano Sa6 con pendientes de baja a moderada (0°-45°): Son suelos evolucionados, profundos, presentes en pequeños valles serranos, similares a los suelos tipo 4 pero con una mayor cantidad de gravas y guijarros, llegando al 55% en los horizontes AC, C1 y C2. La textura varía de franca, franca limosa a franca arenosa cuanto más profundo está ubicado el horizonte. El horizonte AC posee presencia de carbonato de calcio.

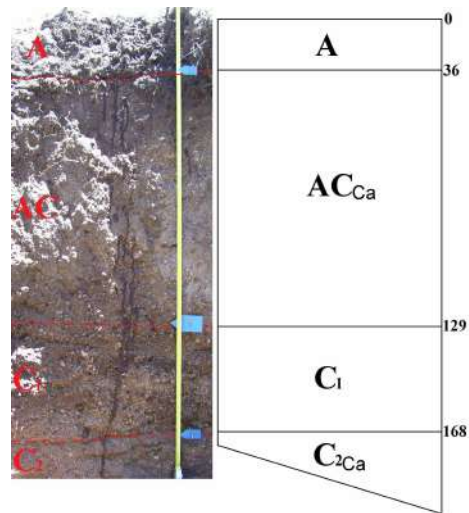


Foto 4.30: Suelo 3 y perfil

**Suelo 4:** Se presentan en mantos loessoides discontinuos con pendientes de baja a moderadas (0°-45°). Los suelos en esta unidad son más evolucionados, muy profundos, con un buen desarrollo del horizonte A y un contenido de materia orgánica entre 2% y 3%. Presenta una estructura en bloques subangulares débil, textura franca en horizontes superficiales, franco limosa en el centro del perfil y franco arenosa en las profundidades.

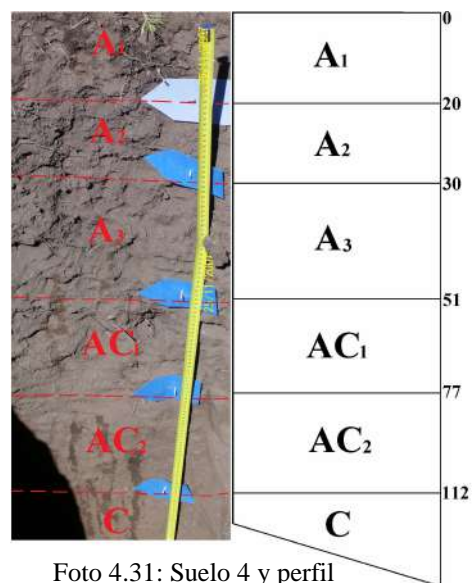


Foto 4.31: Suelo 4 y perfil

**Suelo 5:** Se presentan en la unidad geomorfológica “Superficie de erosión antigua” con pendientes de moderadas a bajas ( $0^{\circ}$ - $10^{\circ}$ ). Son suelos muy diferentes asociados a las áreas con cobertura de mantos loésicos (pampas de altura o pampas serranas). Estos alcanzan un buen desarrollo del horizonte A, un elevado contenido de materia orgánica, presentando texturas franca arenosa y un elevado contenido de raíces finas en el horizonte A, pasando a ser franca en el horizonte C por el aumento de arcilla y limo, siendo este horizonte muy consistente y difícil de ser atravesado por las raíces .

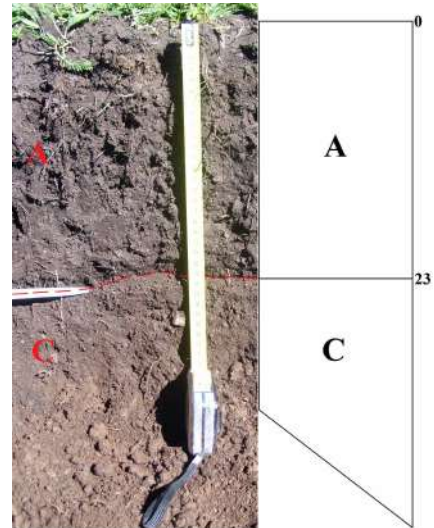


Foto 4.32: Suelo 5 y perfil

**Suelo 6:** Se presentan en áreas serranas con pendientes moderadas a bajas ( $0^{\circ}$ - $10^{\circ}$ ): Distribuidos principalmente por el centro, este y oeste de la cuenca se encuentran dichos suelos con espesores que pueden superar el metro, con un buen desarrollo del horizonte A, aproximadamente poseen un 55 % de grava, con abundante materia orgánica y alta presencia de raíces finas. La textura es en bloques subangulares, con una consistencia blanda, ligeramente adhesiva y plástica en gran parte del perfil.

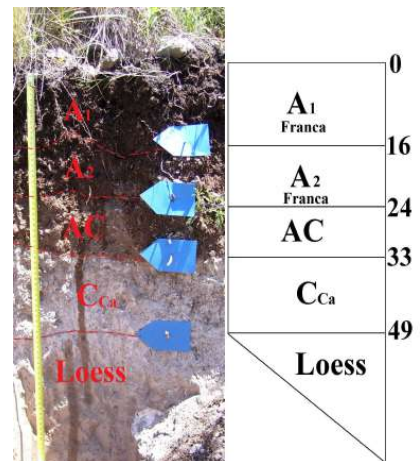


Foto 4.33: Suelo 6 y perfil

**Suelo 7:** Se presentan en áreas serranas con pendientes moderadas a fuertes ( $10^{\circ}$ - $45^{\circ}$ ): Dominando la cuenca se encuentran suelos delgados (10-30 cm) desarrollados a partir de material coluvial o material loessoides depositado en las laderas. El manto superior es muy pedregoso con grava muy gruesa. El horizonte A1 posee un 54% de grava disminuyendo este a 14% en el horizonte A2. La textura puede ser franco arenosa o franco limosa siendo generalmente plástica en todo el perfil y aumentando la adhesividad conjuntamente con la profundidad.

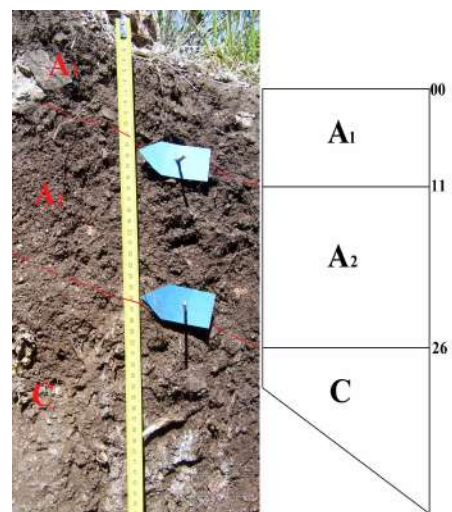


Foto 4.34: Suelo 7 y perfil

**Rocas:** Áreas serranas con pendientes fuertes ( $> 45^\circ$ ): Sectores con roca expuesta, sin cobertura de suelo debido al continuo lavado por la escorrentía de ladera, se encuentran ocupando pequeñas superficies distribuidas por toda la cuenca; superficies muy erosionadas donde sólo quedan en superficie fragmentos de rocas intercalados con escasa vegetación menor al 10%.

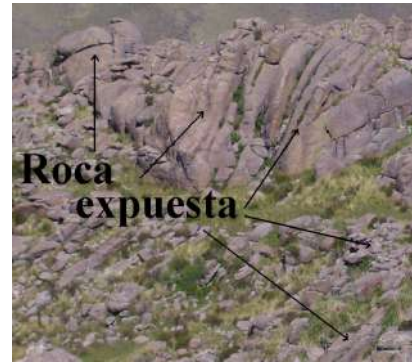


Foto 4.35: Roca expuesta

**Suelo desnudo:** Áreas con vegetación muy escasa 20% máximo ó suelo desnudo sin vegetación, por intervención antrópica o por procesos erosivos



Foto 4.36: Suelo desnudo

**Construcciones urbanas:** Casas, rutas, caminos, sendas y zonas muy erosionas por acciones antrópicas.



Foto 4.37: Construcciones



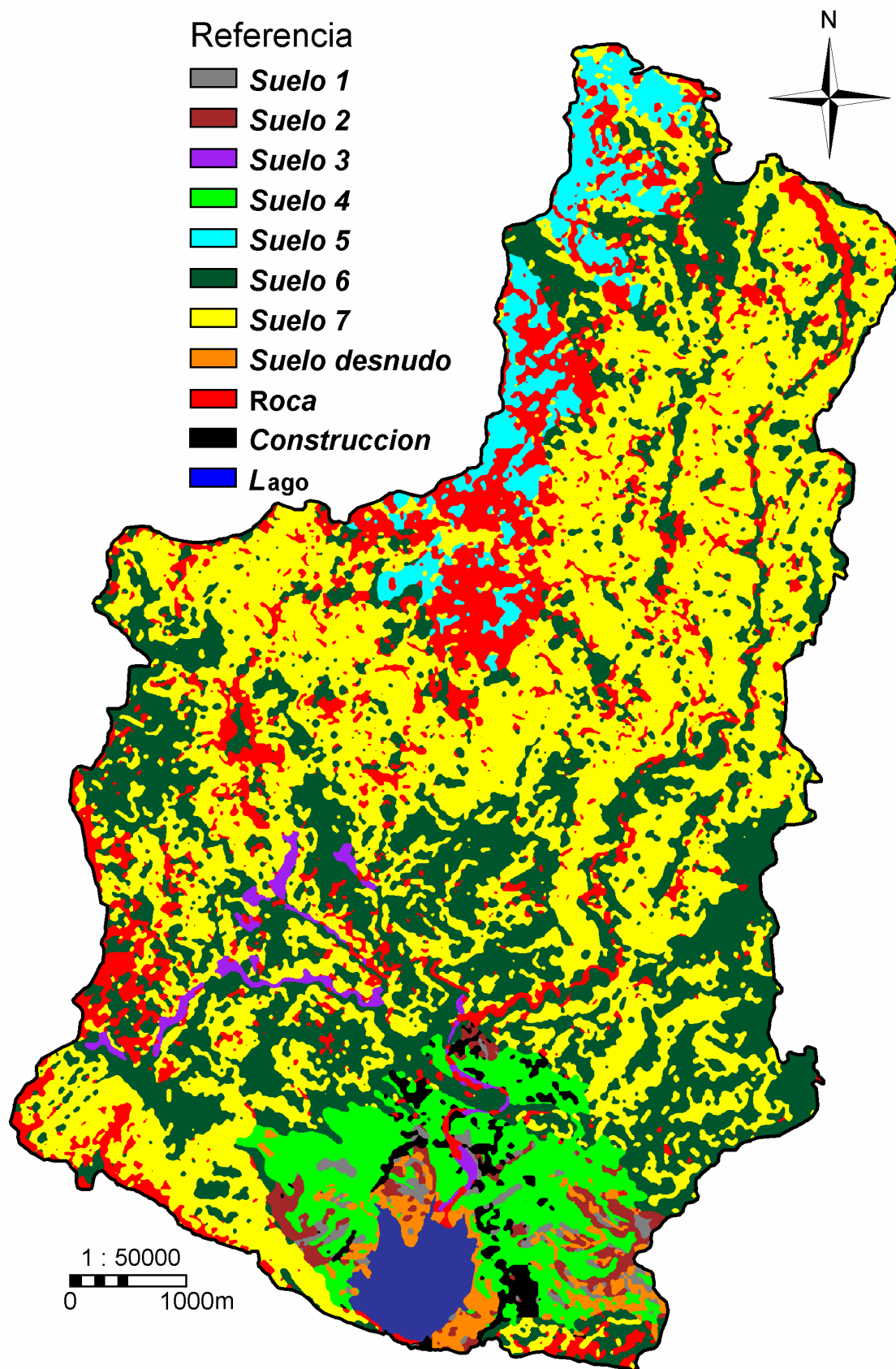


Figura 4.14: Mapa de suelos.

#### 4.3.13. Mapa de usos del suelo “Escenario 1” (Pasado)(UPS)

Se elaboró utilizando el estudio realizado por Víctor Saá (1951) <sup>[28]</sup>, fotos aéreas de 1968, encuestas (Ver anexo V) y entrevistas realizadas a la población de Potrero de Los Funes.

Se digitalizó en pantalla la zona urbanizada teniendo como base las fotos aéreas de 1968, como así también otros usos que se pudieron identificar mediante fotointerpretación de las mismas, los demás usos se digitalizaron teniendo como base la información obtenida en las encuestas y en el estudio de Saá (1951),

Para obtener la influencia antrópica en el acceso y caminos más transitados del pueblo se digitalizaron los mismos con el fin de identificarlos y establecer una zona de influencia (buffer), que fue estimada en los 20 m debido escaso tránsito que tenían.

En el mapa de uso pasado se digitalizaron los siguientes usos (Figura 4.15).

- ✓ **Área urbanizada de la población permanente:** Área utilizada por la población permanente. Ej: viviendas, iglesia, municipalidad, etc.
- ✓ **Área urbanizada para el turismo:** Área utilizada para la construcción del hotel internacional Potrero de Los Funes.
- ✓ **Recreación:** Áreas donde las familias, o grupos de personas tienen acceso fácilmente, se encuentran las costanera, los camping y márgenes del río Potrero de Los Funes, los márgenes de las rutas, caminos y senderos, los márgenes de uso público del lago Potrero de Los Funes de fácil acceso.
- ✓ **Sin uso o pastoreo eventual:** Área con un pastoreo eventual selectivo debido a animales que son liberados por sus dueños a campo abierto sin ningún control y al pasar un tiempo (6 meses - 1 año) suben a las sierras y arrear los que encuentran.
- ✓ **Desmonte:** Área donde se ha desmontado para proceder a un loteo, a la construcción, a la obtención de leña y en la búsqueda de mejor y mayor cantidad de pastos.

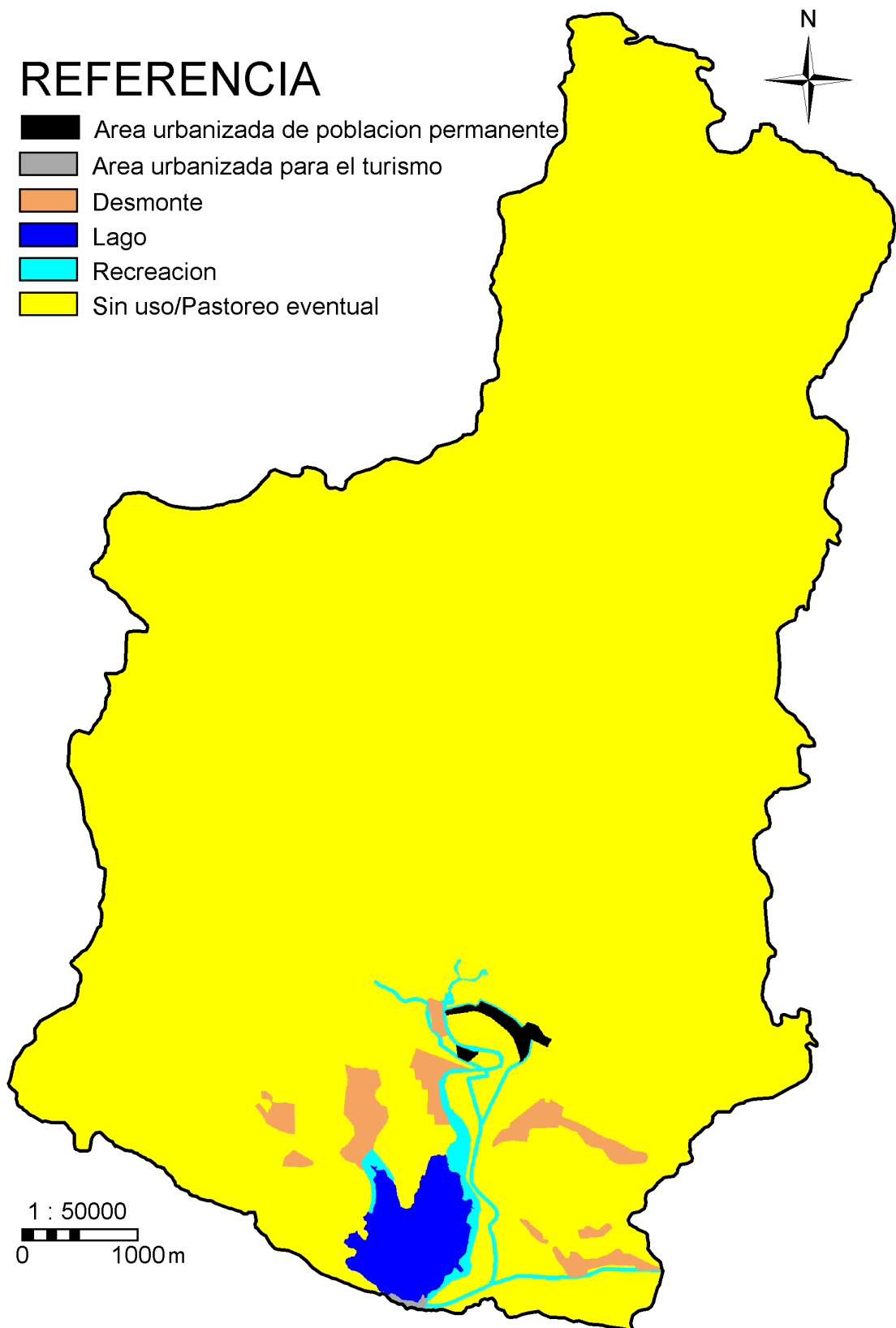


Figura 4.15: Mapa de uso del suelo pasado.

#### 4.3.14. Mapa de usos del suelo “Escenario 2” (Actual) (UAS)

Elaborado en base a el mosaico de imágenes Google Earth, el código de uso del suelo de Potrero de Los Funes, observaciones a campo, encuestas y entrevistas realizadas a los pobladores, guías turísticos y funcionarios públicos (Anexo V).

Se digitalizó en pantalla la zona urbanizada teniendo como base el mosaico de imágenes Google Earth, como así también otros usos que se pudieron identificar mediante la interpretación del mismo y las observaciones a campo, los usos restantes se digitalizaron teniendo como base la información del código de uso del suelo de Potrero de Los Funes y las encuestas y/o entrevistas realizadas a los pobladores, guías turísticos y funcionarios públicos.

Para obtener las áreas de influencia antrópica en relación a rutas, caminos y senderos se establecieron áreas de influencias (buffer) de 40 m respecto a las rutas y caminos donde turistas y pobladores se alejan más y de 20 m para los senderos.

En el mapa uso actual (Fig 4.16) se obtuvieron los siguientes usos:

- ✓ **Área urbanizada por el turismo:** Área utilizada para la construcción de de cabañas, hoteles, complejos, hosterías, etc. Como así también las casas de fin de semana.



Foto 4.38: Área urbanizada por el turismo

- ✓ **Turismo aventura:** Área donde se realizan los deportes extremos como motocross, mountain bike, traeking, exploración, etc. Sin ningún tipo control.

- ✓ **Área urbanizada de la población permanente:** Área utilizada por la población permanente como barrios, club, municipalidad, etc.



Foto 4.39: Área urbanizada por la población permanente

- ✓ **Recreación:** Áreas donde las familias, o grupos de personas tienen acceso fácilmente, se encuentran las costanera, los camping y márgenes del río Potrero de Los Funes, los márgenes de las rutas, caminos y senderos, los márgenes de uso publico del lago Potrero de Los Funes de fácil acceso.



Foto 4.40: Lago Potrero de Los Funes

- ✓ **Pastoreo continuo:** Áreas con sobre pastoreo debido al continuo pastoreo de especies preferenciales para el ganado y a la cercanía con los cascos de los campos, a la presencia de valles con más abundancia de pastos y mejor calidad de los mismos. También se incluye el área de altas cumbres donde se encuentra una gran cantidad de ganado equino y bovino pastoreando en dicha área por poseer pastos de buena calidad y palatabilidad.

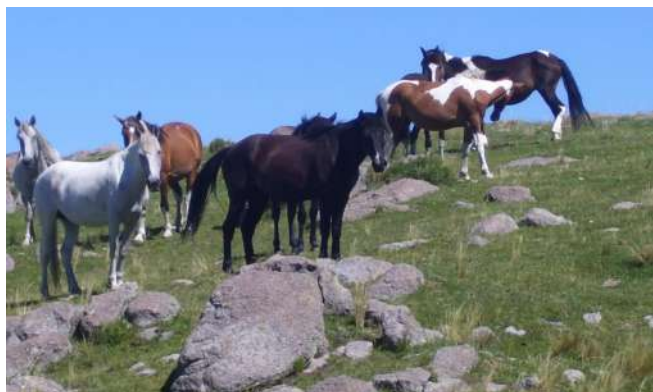


Foto 4.41: Zona de pastoreo continuo

- ✓ **Reserva natural:** Área de la reserva natural de Potrero de Los Funes.



Foto 4.42: Entrada al parque nativo de Potrero de Los Funes

- ✓ **Sin uso o Pastoreo eventual:**

Área con un pastoreo eventual selectivo debido a animales que son liberados por sus dueños a campo abierto sin ningún control y al pasar un tiempo (6 meses - 1 año) suben a las sierras y arrear los que encuentran.



Foto 4.43: Área sin uso o pastoreo eventual

- ✓ **Desmorte:** Área donde se a desmontado para proceder a un loteo, a la construcción, a la obtención de leña y en la búsqueda de mejor y mayor cantidad de pastos.



Foto 4.44: Desmontes del Bosque de *Prosopis flexuosa*

- ✓ **Cultivo:** Área donde se realizan cultivos de alfalfa, maíz, y vid.



Foto 4.45: Cultivo de vid en el centro y suelo labrado a su alrededor

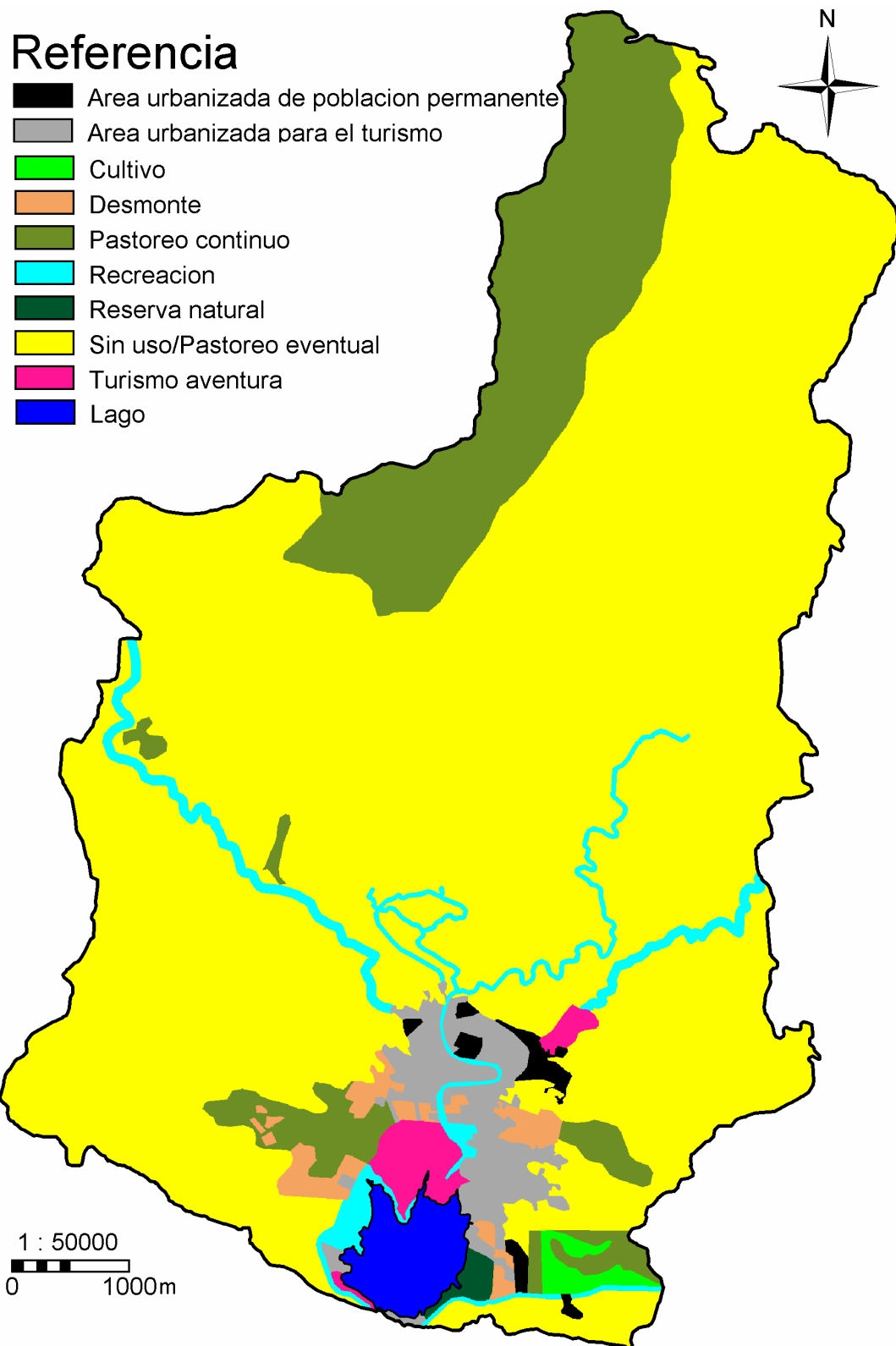


Figura 4.16: Mapa de uso de suelo actual.

## 4.4. Elaboración de Mapas-Índice

### 4.4.1. Mapa-índice de Erodabilidad (MIE)

Este mapa muestra la distribución espacial del índice de erodabilidad (E), el cual mide el grado de susceptibilidad o vulnerabilidad del ecosistema a la degradación por erosión <sup>[15]</sup>. Valores altos indican una mayor susceptibilidad del área a la erosión.

Se basa en el índice de protección del suelo (IPS), el cual a su vez, es función de la vegetación (tipo y cobertura) y de la pendiente. El índice original <sup>[15]</sup> fue modificado mediante la incorporación de la variable suelo, ya que se considera, tal como se establece en la bibliografía específica <sup>[29]</sup>, que la susceptibilidad del ecosistema a la degradación por erosión es diferente dependiendo del mismo. Las áreas con suelos evolucionados, horizontes profundos y bien desarrollados, presentan menor susceptibilidad a la erosión, que suelos delgados y poco evolucionados.

El MIE se obtuvo siguiendo el esquema de la fig. 4.17. A partir de la Tabla generada por el cruce de los mapas de vegetación, suelo, cobertura y pendiente. Se calculó el valor del IPS (ver ejemplo parcial en tabla 4.9) (tabla completa en el anexo VI). Los valores de dicha tabla fueron establecidos en base a estudios similares <sup>[15][30][31][32][33][34][35][36]</sup>, consultas a profesionales y criterios personales del autor.

Los valores del IPS así obtenidos, se convirtieron en el índice de erodabilidad (E) empleando la Tabla 4.10. Los valores fueron almacenados en una nueva columna en la Tabla 4.9, a partir de la cual y mediante el uso de la función *Attribute Map*, se obtuvo el MIE (Fig. 4.18).

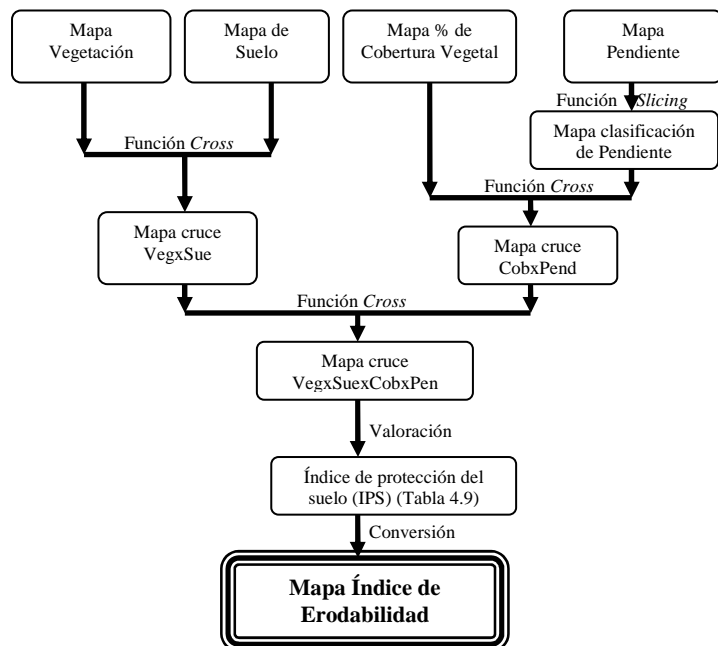


Figura 4.17: Esquema de obtención del mapa-índice de Erodabilidad.



Tabla 4.9: Ejemplo de la tabla IPS y E.

Vegetación	Suelo	Cob.%	Pendiente	IPS	Indice E	
Bosque de <i>Prosopis flexuosa</i>	Roca	Roca	I,II,III y IV	1	1	
	Tipo 1	Suelo desnudo	I	0	10	
			II	0	10	
			III	0	10	
			IV	0	10	
		Cobertura 1	I	0,4	5	
			II	0,3	5	
			III	0	10	
			IV	0	10	
		Cobertura 2	I	0,7	3	
			II	0,5	5	
			III	0,4	5	
			IV	0,2	10	
	Cobertura 3	I	1	1		
		II	1	1		
		III	1	1		
		IV	1	1		
	Tipo 2	Roca	Roca	I,II,III y IV	1	1
		Suelo desnudo	I	0	5	
			II	0	10	
			III	0	10	
			IV	0	10	
		Cobertura 1	I	0,6	3	
			II	0,4	5	
			III	0,1	10	
			IV	0	10	
		Cobertura 2	I	0,9	2	
			II	0,7	3	
			III	0,5	5	
			IV	0,3	5	
		Cobertura 3	I	1	1	
			II	1	1	
III			1	1		
IV	1		1			

Donde:

Vegetación: Corresponde al tipo de vegetación del área.

Suelo: Correspondiente al tipo de suelo del área.

Cob.%: Cobertura porcentual estimada de cada tipo de vegetación.

Pend.: Clase de pendiente.

Tabla 4.10: Tabla de conversión del Índice de Protección del Suelo (Máx. 1; mín. 0) a valores del índice E (1,2,3,5 y 10). Tomada de Gaviño y Sarandón (2000)<sup>[15]</sup>.

I de P	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0
E	1	2	2	3	3	5	5	5	10	10	10

En el mapa resultante (Fig 4.17), se puede observar que la cuenca de Potrero de Los Funes posee casi el 50% del área con un índice de erodabilidad **muy alto** (22.31%) o **alto** (26.7%). Estas áreas poseen una geomorfología muy escarpada, con suelos frágiles ( Tipo 6 o 7) y con baja cobertura vegetal (clase 1 ó 2). Siendo el principal uso del área el pastoreo eventual selectivo.

En las zonas donde las pendientes son menores, el tipo de vegetación es pastizal o arbustal, la cobertura del suelo es mayor (clase 3) y los suelos son menos frágiles (Tipo 3 ó 4), se encuentran las áreas con una **baja** susceptibilidad a la degradación por erosión, llegando a cubrir un 12.04% del área.

Las áreas con **muy baja** susceptibilidad a la erosión duplican a las áreas de baja susceptibilidad, debido a que estas áreas poseen una vegetación arbórea con varios estratos, con una cobertura vegetal (clase 3). Sumado a esto existen grandes áreas con afloramientos rocosos y con construcciones, donde el índice de erodabilidad es **muy bajo**.

Estas áreas se encuentran principalmente en dos zonas, una al norte de la cuenca en la unidad geomorfológica conocida como Superficie de Erosión Antigua (SEA) donde se encuentra un pastizal de altura desarrollado en un relieve con muy poca pendiente, con una cobertura vegetal de dos estratos y grandes afloramientos rocosos. La otra zona se encuentra al sur, en las unidades de mantos loessoides y de lomadas donde las pendientes también son bajas aunque la cobertura vegetal posee 3 estratos, en algunos casos disminuida por la intervención antrópica (desmontes, incendios y pastoreo continuo).

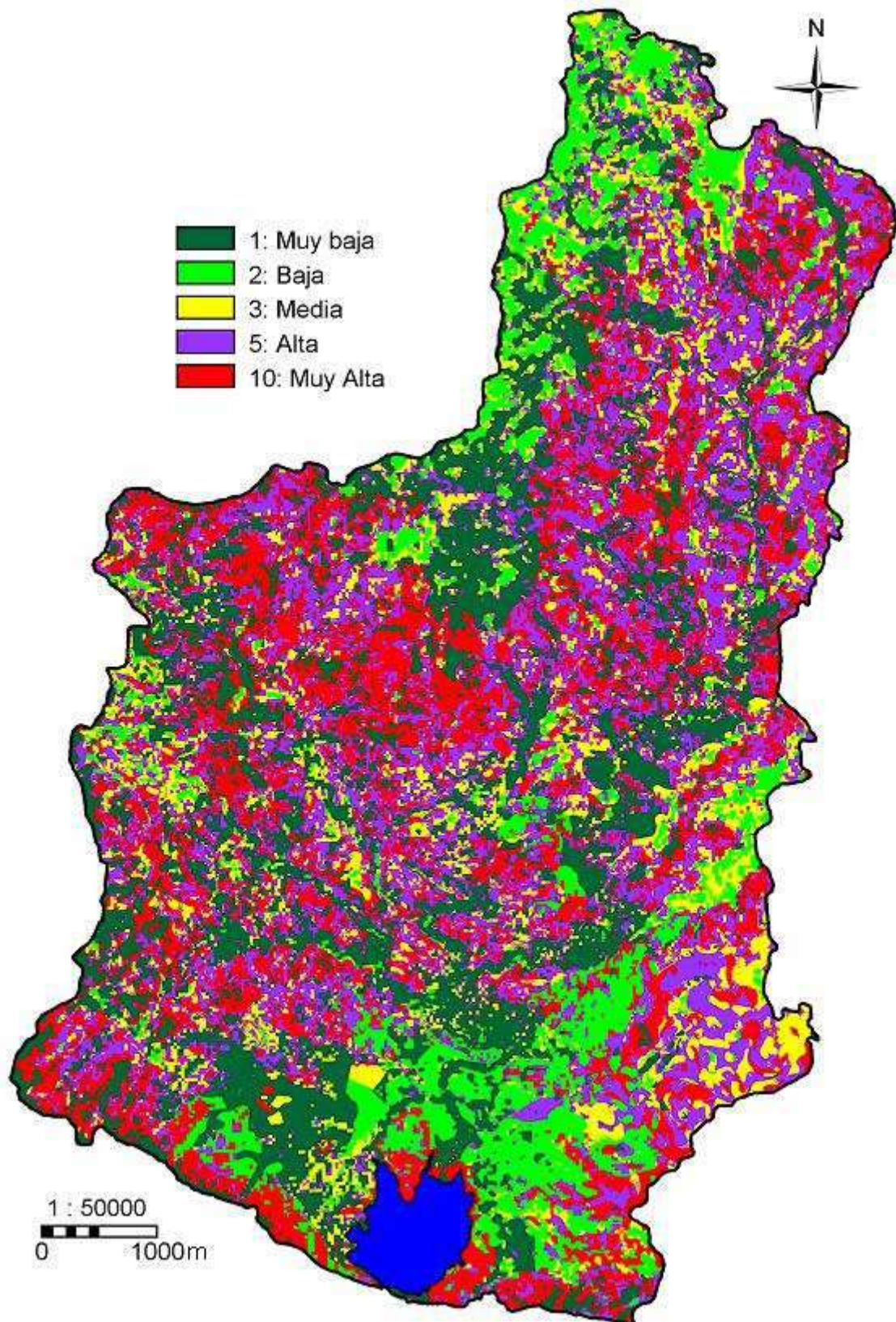


Figura 4.18: Mapa-índice de erodabilidad (MIE)

#### 4.4.2. Mapa-índice de Vulnerabilidad Hídrica (MIW)

Este mapa muestra la distribución espacial del índice de vulnerabilidad hídrica (W), el cual mide el grado de susceptibilidad o vulnerabilidad de los recursos hídricos superficiales <sup>[15]</sup>. Valores altos indican una mayor susceptibilidad del área a sufrir contaminación o alteración de su red de drenaje por alguna intervención o perturbación antrópica. Éste es función de la densidad de drenaje (Dd), caudal específico y pendiente media de la subcuenca. El índice original <sup>[15]</sup> fue modificado incorporándole la variable “carácter del curso fluvial de la subcuenca”, debido a que el área de estudio posee el 50 % de las subcuencas con ríos temporarios y el restante 50% son ríos permanentes, influyendo esto sobre la susceptibilidad o vulnerabilidad de los recursos hídricos superficiales ya que su poder dilutorio varía temporalmente.

Para la estimación del índice se utilizó así la pendiente media de las subcuencas, la densidad de drenaje y el carácter del río, ya que los caudales específicos permanentes estimados en cada una de las subcuencas son similares.

El índice de vulnerabilidad hídrica (W) estima la capacidad de los recursos hídricos del área de soportar una cierta carga contaminante (inespecífica en sus características físico-químicas) en función de su poder dilutorio, el que se considera menor con menores caudales y menores velocidades <sup>[15]</sup>. Su cálculo se realizó mediante las operaciones que se indican en el diagrama de flujo de la figura 4.19.

En la construcción del MIW, se caracterizaron las subcuencas según el carácter del curso fluvial principal con la información de la Tabla 2.1 (Capítulo 2) y mediante la función *attribute map* se obtuvo el mapa carácter del curso fluvial de la subcuenca (mapa carácter del río).

Mediante la Formula 4.3 aplicada en la ventana de comandos del SIG ILWIS se obtuvo la pendiente media de las subcuencas, las cuales fueron clasificadas en cuatro clases (I: 0 a 5°, II: 5° a 15°, III: 15° a 45° y IV: 45° a 90). Luego, utilizando la función *attribute map* se obtuvo el mapa de las subcuencas clasificadas según la pendiente media de las mismas (mapa subcuendclas).

$$\text{Promedio\_Pend} = \text{joinavg}(\text{subcuendpend. tbt}, \text{subcuendpend. Promedio\_Pend, subcuendpend. subcuendcapot})$$

Formula 4.3: Cálculo de la pendiente media de las subcuencas.

El mapa *carácter del río* y el mapa *subcuenpendclas* fueron procesados mediante la función *Cross*, obteniendo un mapa que combina en cada píxel el carácter del río y las pendientes clasificadas (*caractxpendM*).

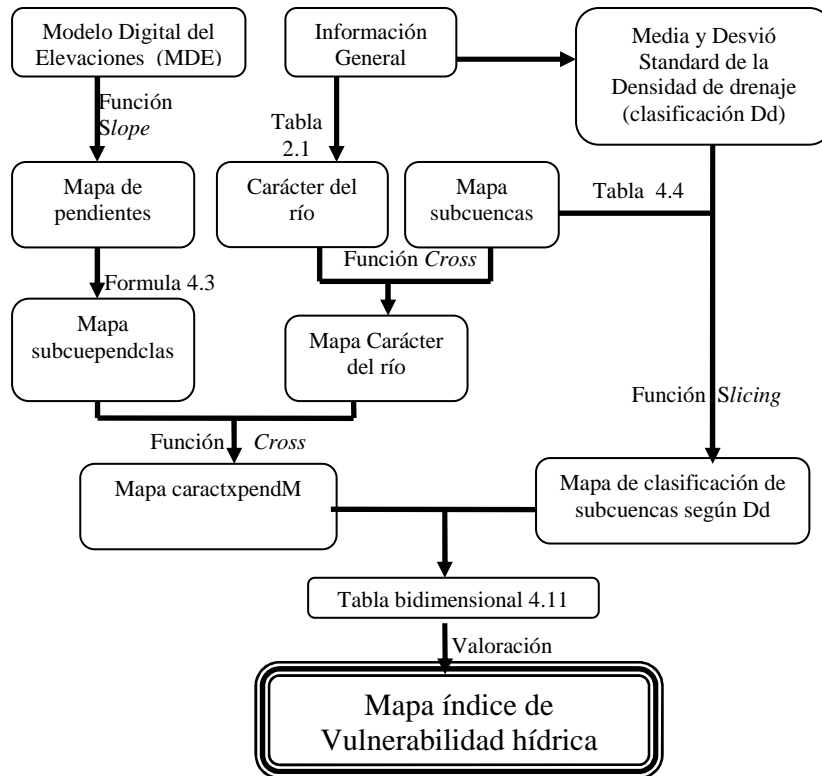


Figura 4.19: Esquema de obtención del mapa índice de vulnerabilidad hídrica.

Con el mapa de densidad de pendiente (Dd) y el mapa *caratxpendM* se realizó una tabla bidimensional (Tabla 4.11), en la cual se calculó la susceptibilidad o vulnerabilidad de los recursos hídricos superficiales. Dichos valores fueron establecidos en base a estudios similares <sup>[15][34][36]</sup>, consultas a profesionales y criterios personales del autor, representándolos en el mapa MIW (Fig. 4.20).

Tabla 4.11: Cálculo del Índice de Vulnerabilidad Hídrica (W).

Carácter	Pend.	Db Baja	Db Media	Db alta
Permanentes	I	10	5	3
	II	10	3	2
	III	5	2	1
	IV	3	1	1
Temporarios	I	10	10	10
	II	10	10	5
	III	10	5	5
	IV	5	5	5

Donde:

Pend: Clase de pendiente. I: 0 a 5°, II: 5° a 15°, III: 15° a 45° y IV: 45° a 90°.

Dd: Densidad de Drenaje

Carácter: Carácter del río, permanentes (todo el año llevan un caudal mínimo de agua) o temporarios (el caudal no es permanente en todo el año).

En el MIW se puede observar que la cuenca Potrero de Los Funes posee más del 65% del área con un índice de vulnerabilidad hídrica **muy alto** (10.53%) o **alto** (55.3%). Esto se atribuye a que muchas de las subcuencas son de carácter temporarias, de una densidad de drenaje baja o media (de 0 a 4.654 Km/Km<sup>2</sup>) y con una pendiente media clase I o II.

El 29.05 % del área presenta un índice de vulnerabilidad hídrica **bajo**, y corresponden a las áreas que se encuentran al norte de la cuenca, donde las subcuencas poseen una densidad de drenaje alta o media (mayor de 3.359 Km/Km<sup>2</sup>), pendientes elevadas clase III o IV y carácter permanente.

En el centro sur de la cuenca el índice de vulnerabilidad hídrica es **medio**, ocupando un 5.12% del área. Se destaca el hecho de la inexistencia de valores “**muy bajo**” para este índice.

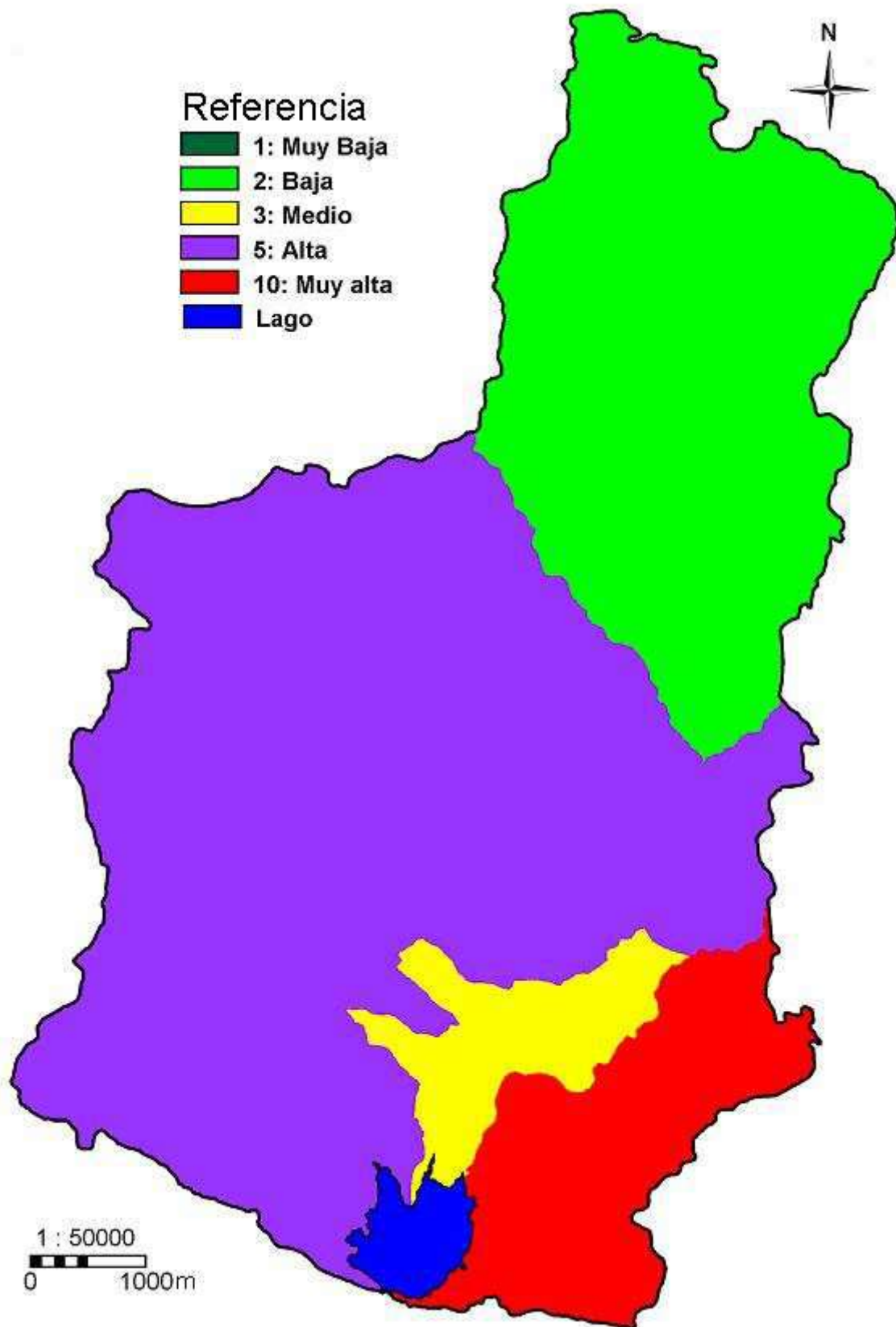


Figura 4.20: Mapa-índice de vulnerabilidad hídrica (MIW).

### 4.4.3 Mapa-índice de Vulnerabilidad Biótica (MIB)

Este mapa muestra la distribución espacial del índice de vulnerabilidad biótica (B), el cual mide el grado de susceptibilidad o vulnerabilidad del componente biótico del ecosistema. Valores altos indicarán una mayor susceptibilidad del área a ser alterada la estructura y/o composición específica de la biota en forma significativa por alguna intervención o perturbación antrópica. Este indicador se elaboró sobre la base de una estimación de la calidad biótica del área a partir de la vegetación, teniendo en cuenta aspectos tales como: Diversidad floro-faunística (D); importancia como hábitat para la fauna (Hf); importancia para la conservación (C); exclusividad biogeográfica (Ex) y sensibilidad regenerativa (Re)(inversa a la capacidad regenerativa). Luego se ajustó por un factor de corrección en función de la vulnerabilidad del hábitat (H) que afecta la capacidad regenerativa del ecosistema, siendo H función de la pendiente y de la cota. <sup>[15]</sup>

El MIB se obtuvo mediante el procedimiento indicado en la Fig. 4.21. En principio se efectuó una estimación del índice de calidad biótica (ICB) (Formula 4.4), a partir de una tabla de valoración, utilizando una escala cualitativa de bajo (1); media (2) y alta (3) para cada criterio analizado (D; Hf; C; Ex; y Re). La sumatoria de los mismos nos permitió obtener el ICB, el cual presenta valores entre 5 y 15.

$$ICB= D+Hf+C+Ex+Re$$

Formula 4.4: Obtención del Índice de Calidad Biótica (ICB)

Una vez obtenido el ICB (Tabla 4.12) se calcularon los valores del índice de vulnerabilidad biótica adecuándolo a la valoración utilizada en el resto de los indicadores, según una escala que es dependiente de la vulnerabilidad del hábitat (H) (Tabla 4.13 y Tabla 4.14). Se calculó el valor del índice B según distintas escalas (B1, B2 y B3), obteniendo diferentes valores del índice dependiendo de la situación de H y el valor del ICB. Ej: si un área tiene un ICB de 10 y esta dividida en B1, B2 y B3, se crean tres combinaciones con diferentes valoraciones según la tabla 4.14. Si el ICB=10 y H= B1, se tiene una fragilidad ambiental media (3); Si el ICB=10 y H= B2, se tiene una fragilidad ambiental Alta (5) y si el ICB=10 y H= B3, se tiene una fragilidad ambiental muy alta (10).



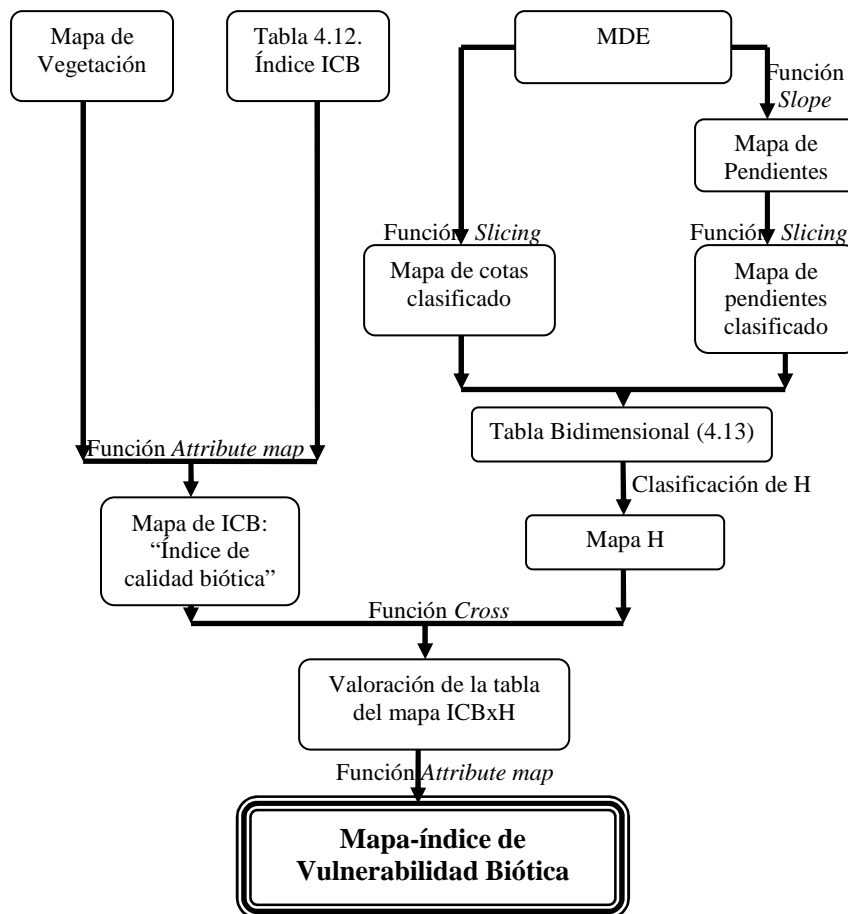


Figura 4.21: Esquema de obtención del mapa índice de vulnerabilidad biótica.

Tabla 4.12: Cálculo del Índice de Calidad Biótica (ICB) y del Índice de Vulnerabilidad Biótica (B).

Vegetación	D	Hf	C	Ex	Re	ICB	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
Bosque de <i>Prosopis flexuosa</i>	2	3	2	1	2	10	3	5	10
Bosque de <i>Lithraea ternifolia</i>	2	2	2	1	3	10	3	5	10
Bosque de <i>Celtis spinosa</i> ; Vegetación riparia con <i>Cortaderia selloana</i> ; Vegetación hidrófila de cauces; Vegetación saxícola	3	3	3	1	2	12	5	10	10
Pastizal de <i>Stipa</i> sp. Y <i>Festuca hieronymi</i>	1	1	2	1	1	6	1	2	5
Arbustal de <i>Acacia caven</i> y <i>Aloysia gratísima</i>	1	1	1	1	1	5	1	2	5

Donde:

ICB: Índice de calidad biótica

B1, B2 y B3: Valor correspondiente de B según tipo de H.

Tabla 4.13: Vulnerabilidad del hábitat (H).

Pendiente m.s.n.m	I	II	III	IV
< 1040	B1	B1	B2	B3
1041 - 1190	B1	B1	B2	B3
1191-1440	B2	B2	B3	B3
>1441	B2	B2	B3	B3

Donde:

B1, B2 y B3: capacidades regenerativas del ecosistema.

Pend: Clase de pendiente. I: 0 a 5°, II: 5° a 15°, III: 15° a 45° y IV: 45° a 90°.

Tabla 4.14: Valores de conversión de ICB en B según distintos H.

ICB	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
B <sub>1</sub>	1	1	2	2	3	3	3	5	5	10	10
B <sub>2</sub>	2	2	3	3	5	5	5	10	10	10	10
B <sub>3</sub>	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	10

Los valores fueron establecidos en base a estudios similares <sup>[15][33][35][37][38]</sup>, consultas a profesionales y criterios personales.

La representación cartográfica de la distribución espacial del Índice de Vulnerabilidad Biótica es el Mapa-índice de Vulnerabilidad Biótica (Fig. 4.22).

En el mapa resultante se puede observar que la cuenca del Lago Potrero de Los Funes posee más del 65% del área con un índice de vulnerabilidad biótica **muy alto** (20.16%) ó **alto** (45.25%), ello ocurre principalmente en el Bosque de *Celtis espinosa*, sobre altitud altas (mayores a 1190 m.s.n.m) y en pendientes elevadas (superiores a 15°), donde los procesos regenerativo son más lentos. El 8.69 % de la cuenca presenta un índice de vulnerabilidad biótica **medio**, siendo áreas donde predomina la comunidad vegetal del Bosque de *Prosopis flexuosa*. Esta área presenta una alta calidad biótica (ICB) y esta ubicado en un sector de baja altitud (menor a 1040 m.s.n.m.) y suaves pendientes (menores a 15°) o en zonas del Bosque de *Lhitraea ternifolia* baja altitud (menor a 1190 m.s.n.m.) y suaves pendientes (menores a 15°).

Esparcidos entre el arbustal y el pastizal con altitud media (entre 1040 y 1190 msnm), se encuentran las áreas con un índice de vulnerabilidad biótica **bajo** (17.09%),

mientras que el índice es **muy bajo** en el centro sureste de la cuenca (8.81%) donde la altitud es baja (menor a 1040 m.s.n.m) y las pendientes son menores a 15°.

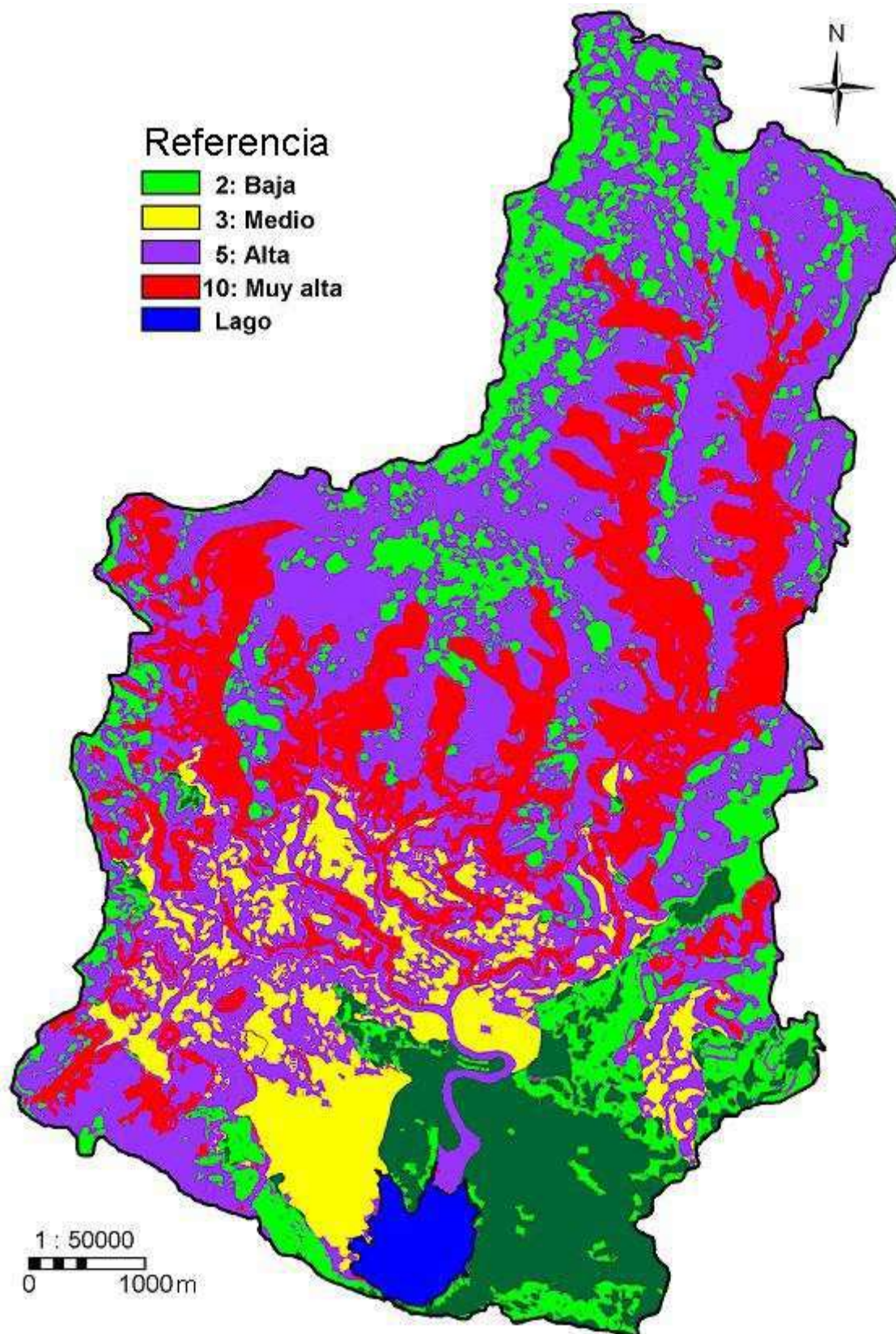


Figura 4.22: Mapa-índice de vulnerabilidad biótica (MIB).

#### 4.4.4 Mapa-índice de susceptibilidad a la contaminación del aire (MIA)

Este mapa muestra la distribución espacial del índice de susceptibilidad a la contaminación del aire (A). Valores altos indican una mayor predisposición del área a sufrir contaminación o alteración de las características del aire por alguna intervención o perturbación antrópica.

El índice A estima la capacidad de los distintos sectores del área de soportar una cierta carga contaminante aérea (humos, ruido, etc.), aunque inespecífica en sus características físico químicas, en función del poder dilutorio dado por los vientos (aumenta bajo condiciones favorables a la ventilación)<sup>[15]</sup>. A tal fin se estimó un índice de ventilación (V) sobre la base de la altura del área respecto al nivel del mar (cota), la exposición de las laderas en relación a los vientos predominantes, y el tipo de vegetación. El índice A es inversamente proporcional a V y se refiere a las condiciones a nivel del suelo, fue calculado mediante el procedimiento indicado en la Figura 4.23.

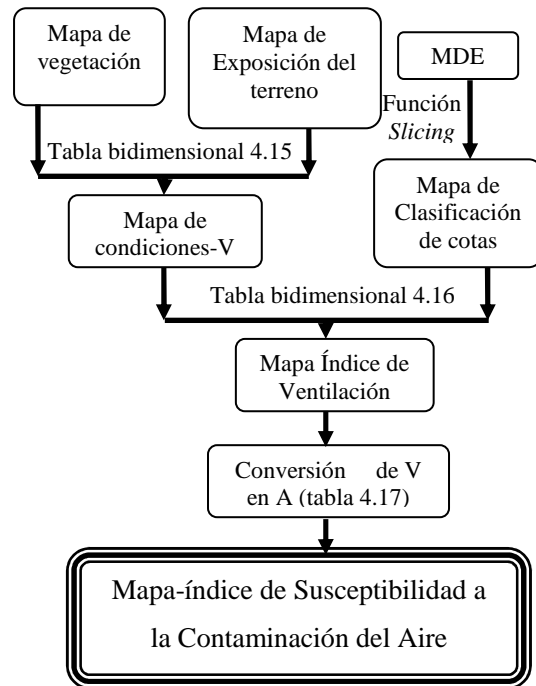


Figura 4.23: Esquema de obtención del MIA

Mediante la tabla 4.15 que utiliza el mapa de vegetación y el mapa de exposición de las laderas a los vientos predominantes, se obtuvo el mapa de condiciones-V, el cual define 4 condiciones distintas para la ventilación en un punto dado. Estas condiciones varían con la altura por lo cual se construyó la tabla bidimensional para calcular finalmente el índice V (Tabla 4.16), tomando los valores de Gaviño y Sarandón (2000) <sup>[15]</sup>.

Por último la Tabla 4.17 permite convertir el índice V en el índice A, según una escala similar a la utilizada en los restantes indicadores, resultando así la Tabla 4.18. Con la representación gráfica de los valores de dicha tabla obtenemos el MIA (Fig. 4.24).

Tabla 4.15: Ventilación puntual según tipo de vegetación y exposición.

Vegetación	Exp. N; E y SE	Exp. S; SW; W; NW; NE
Bosque de <i>Prosopis flexuosa</i> ; Bosque de <i>Lithraea ternifolia</i>	2	1
Pastizal de <i>Stipa</i> sp. y <i>Festuca hieronymi</i> ; Arbustal de <i>Acacia caven</i> y <i>Aloysia gratissima</i> ; Bosque de <i>Celtis spinosa</i> ; Vegetación riparia con <i>Cortaderia selloana</i> ; Vegetación hidrófila de cauces; Vegetación saxícola	4	3

Donde: Exp.: Exposición N; E y SE ó NW; W; SW; S y NE

1-2-3-4 Condiciones distintas de ventilación utilizadas en Tabla 4.16 y 4.18.

Tabla 4.16: Ventilación regional (V)

Cota (m.s.n.m.)	4	3	2	1
< 1040	0,8	0,7	0,7	0,5
1041 - 1190	0,9	0,8	0,8	0,6
1191-1440	1	0,9	0,9	0,8
>1441	1	1	1	1

Tabla 4.17: Conversión de V en A. Tomada de Gaviño y Sarandón (2000)<sup>[15]</sup>.

V	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0
A	1	2	2	3	3	5	5	5	10	10	10

Tabla 4.18: Índice A.

Cota (m.s.n.m.)	4	3	2	1
< 1040	2	3	3	5
1041 - 1190	2	2	2	3
1191-1440	1	2	2	2
>1441	1	1	1	1

En el mapa resultante se puede observar que la cuenca de Lago Potrero de Los Funes no posee zonas con un índice de susceptibilidad a la contaminación del aire **muy alto** lo cual se interpreta debido a que no se encuentran áreas con vegetación de alto porte, baja altitud y bajo índice de ventilación.

El 2.29 % del área presenta un índice de susceptibilidad a la contaminación del aire **alto**, estas áreas se encuentran en el Bosque de *Prosopis flexuosa* y en el Bosque de *Lithraea ternifolia* con exposición S; SW; W; NW y NE donde la ventilación es menor. Circundando estas zonas e incorporando otras comunidades vegetales como el arbustal y el pastizal se encuentran áreas con un índice A **medio** (16.09%). Estas áreas presentan zonas con una vegetación de bajo porte, de exposición S, SW, W, NW y NE y zonas de vegetación de mediano porte con exposición N, E y SE, donde la ventilación es mayor.

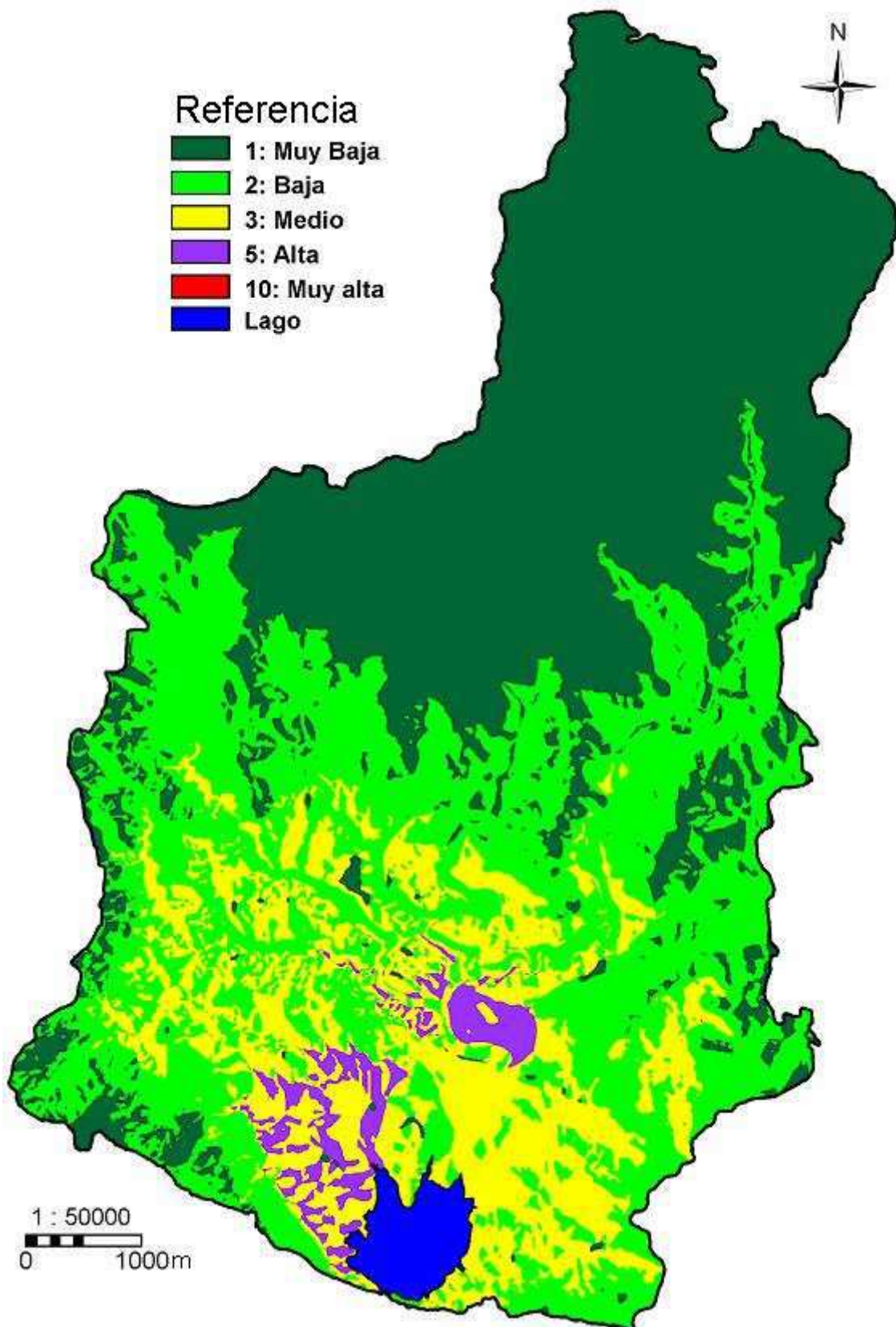


Figura 4.24: Mapa-índice de susceptibilidad a la contaminación del aire (MIA).

Se destaca que más del 80% del área tiene un índice de susceptibilidad a la contaminación del aire **bajo** o **muy bajo** con valores del 38.50% a 43.12% respectivamente. Esto se atribuye a que gran parte de la cuenca se encuentra en altitudes altas y presenta una vegetación de bajo o mediano porte donde la ventilación se ve favorecida.

#### 4.4.5. Mapa-índice de fragilidad del paisaje (MIP)

Este mapa muestra la distribución espacial del índice de fragilidad del paisaje (P) el cual mide el grado de susceptibilidad o vulnerabilidad de deterioro del aspecto, valor o función del paisaje. Valores altos indican una mayor susceptibilidad del área a ser alterado el paisaje de forma significativa por alguna intervención o perturbación antrópica.

La fragilidad del paisaje se estima en función de la altitud (m.s.n.m.), que define su visualización; la pendiente, que define la inestabilidad del relieve y la dinámica de los procesos geomorfológicos, modificando el índice original incorporándole la variable vegetación, a partir de la cual se estima la resiliencia del ecosistema.

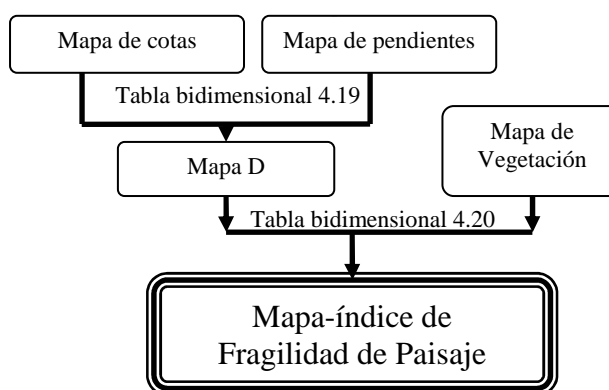


Figura 4.25: Esquema de obtención del mapa-índice de fragilidad de paisaje

El MIP se obtuvo siguiendo el procedimiento de la Figura 4.25. La Tabla 4.19 permitió el cálculo del indicador de visibilidad y dinámica de los procesos degradativos (D), siendo éste función de la pendiente y de la cota, definiendo 5 condiciones distintas de visibilidad y dinámica de los procesos (D1, D2, D3, D4 y D5). Debido a que estas condiciones varían con la resiliencia del ecosistema, el mapa D y el mapa de vegetación fueron combinados mediante la Tabla 4.20. De esta manera, se establecieron los valores del índice fragilidad del paisaje, considerando los valores de estudios similares <sup>[33][35][36][37][38][39][40][41]</sup>, consultas a profesionales, observaciones y criterios personales del autor. El MIP se obtuvo representando espacialmente los valores de la Tabla 4.20 (Fig. 4.26).

Tabla 4.19: Cálculo del índice visibilidad y dinámica de procesos degradativos (D).

Cota (m.s.n.m.)	I	II	III	IV
< 1040	D1	D1	D2	D3
1041 - 1190	D1	D2	D3	D4
1191-1440	D2	D3	D4	D5
>1441	D3	D4	D5	D5

Donde:

Clase de pendiente, I: 0 a 5°, II: 5° a 15°, III: 15° a 45° y IV: 45° a 90°.

D1, D 2, D 3, D 4 y D 5: condiciones de visibilidad y dinámica de los procesos

Tabla 4.20: Valoración del índice de fragilidad del paisaje

Vegetación	D1	D2	D3	D4	D5
Bosque de <i>Prosopis flexuosa</i>	1	3	5	10	10
Bosque de <i>Lithraea ternifolia</i>	1	2	3	5	10
Bosque de <i>Celtis spinosa</i> ; Vegetación riparia con <i>Cortaderia selloana</i> ; Vegetación hidrófila de cauces; Vegetación saxícola	1	2	3	10	10
Pastizal de <i>Stipa</i> sp. Y <i>Festuca hieronymi</i>	1	2	3	5	10
Arbustal de <i>Acacia caven</i> y <i>Aloysia gratísima</i>	1	3	5	5	10

Donde:

D1, D 2, D 3, D 4 y D 5: valores del indicador D.

En el mapa resultante (MIP) se observa que el norte de la cuenca del Lago Potrero de Los Funes presenta áreas (29.25%) con un índice de fragilidad de paisaje **muy alto**. Estas zonas poseen una altitud mayor a los 1441 m.s.n.m, con pendientes elevadas mayores a 45° lo que le confiere una alta condición de visibilidad y dinámica de procesos degradativos. Circundando estas áreas y sumándose otras zonas al sur de la cuenca que presentan una menor altitud (entre 1040 y 1440 m.s.n.m), se identifican áreas con un índice de fragilidad del paisaje **alto** (30.15%).

Mientras que en el centro este y oeste de la cuenca se observan las áreas con un índice P **medio** (19.95%) y dentro de estas se encuentran pequeñas áreas de menor pendiente con un índice P **bajo** (7.38%). Encontrándose las áreas con un índice P **muy bajo** (13.27%) en el sur de la cuenca donde la altitud es menor y las pendientes son suaves.



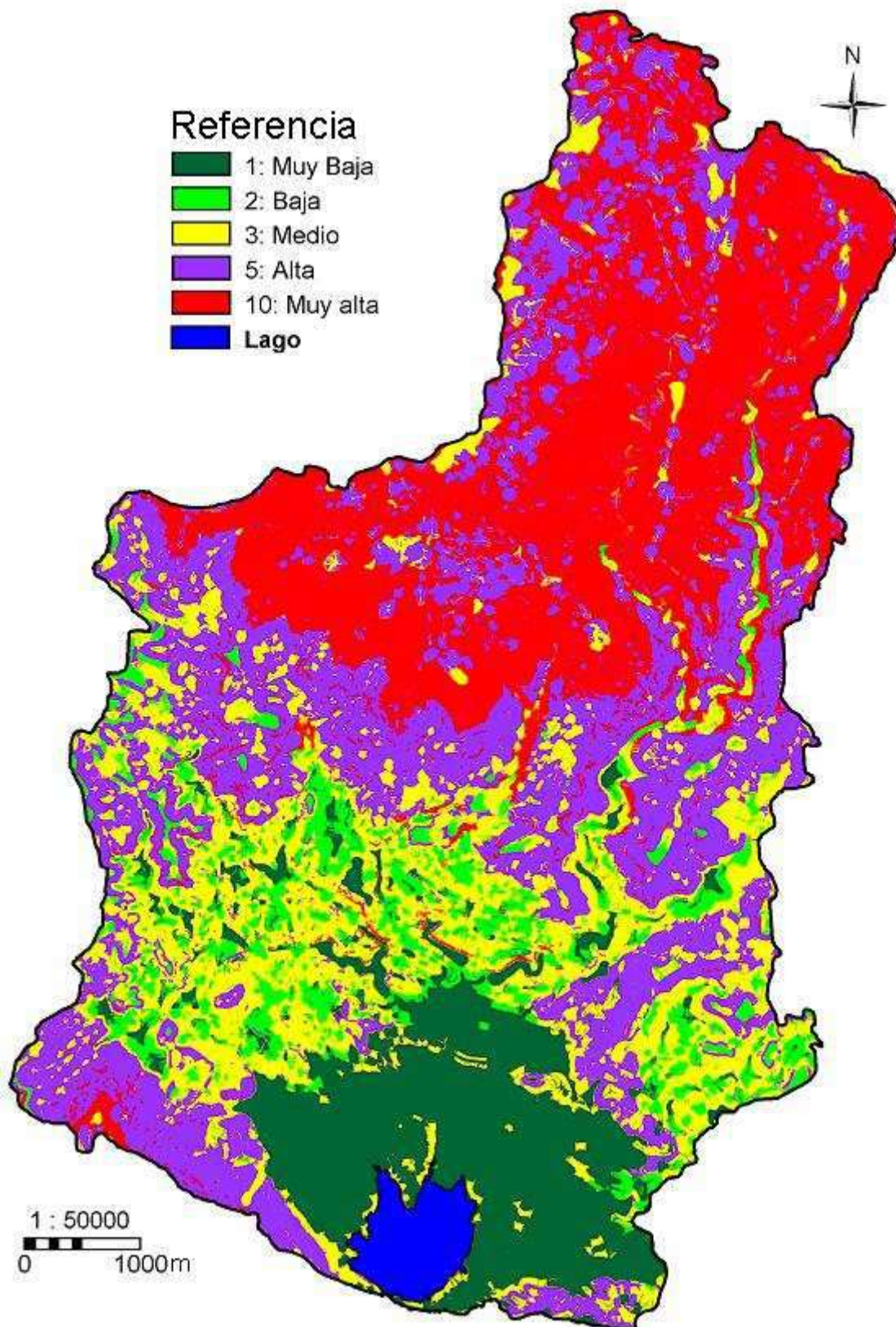


Figura 4.26: Mapa-índice de fragilidad del paisaje (MIP).

#### 4.4.6. Mapa índice de susceptibilidad a los incendios (MII)

Este mapa muestra la distribución espacial del índice de susceptibilidad a los incendios (I), el cual mide el grado de susceptibilidad del ambiente a degradarse su aspecto, valor o función del ecosistema por los efectos del fuego. Valores altos indican una mayor susceptibilidad del área a ser alterada en su estructura, función y composición floro-faunística por efecto del fuego. Se estima la regeneración del ambiente basándose en la frecuencia de incendios, el tipo de vegetación y la exposición de las laderas.

En las laderas de exposición N (más séricas) y en las laderas de exposición sur y quebradas (menor heliofanía), los procesos son más lentos por lo cual estas laderas presentan condiciones desfavorables de regeneración. Mientras que, las laderas de exposición este y oeste poseen mayor heliofanía y disponibilidad de humedad por lo cual se regeneran más rápidamente <sup>[14]</sup>.

El MII se obtuvo mediante el procedimiento de la Fig 4.27. Calculando primero el índice de efecto del fuego (Ef), que representa la capacidad de la vegetación de regenerarse ante diferentes frecuencias de incendios, siendo éste función de la frecuencia de incendios y la vegetación.

Para su cálculo se realizó una tabla bidimensional (Tabla 4.21) con el mapa de vegetación y el mapa de frecuencia de incendios, en la que se definieron 3 condiciones distintas a los efectos del fuego. El mapa resultante de la Tabla 4.21 fue combinado con el mapa de exposición de las laderas (Tabla 4.22) estableciéndose los valores del índice I en base a estudios similares <sup>[42][43]</sup>, consultas a profesionales y criterios personales del autor. El resultado de las operaciones descritas es el MII (Fig. 4.28).

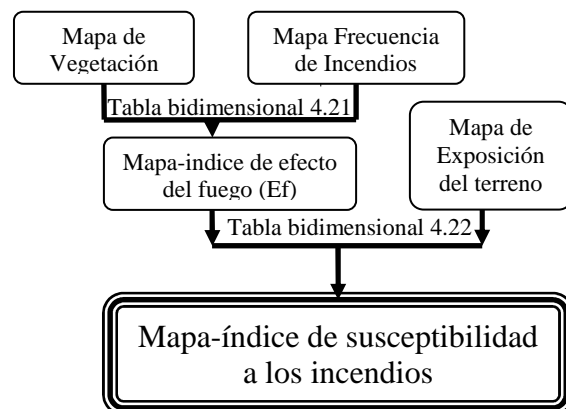


Figura 4.27: Esquema de obtención del mapa-índice de susceptibilidad a incendios.

Tabla 4.21: Tabla bidimensional para generar el índice de de efecto del fuego (Ef).

Vegetacion	Frec. Baja	Frec. Media	Frec. Alta
Bosque de Prosopis flexuosa Bosque de Lithraea ternifolia	E2	E1	E3
Bosque de Celtis spinosa; Vegetación riparia con Cortaderia selloana; Vegetación hidrófila de cauces; Vegetación saxícola	E1	E2	E3
Pastizal de Stipa sp. Y Festuca hieronymi	E2	E1	E3
Arbustal de Acacia caven y Aloysia gratísima	E2	E1	E3

Donde:

Frec. Baja, Media y Alta es la frecuencia de ocurrencia de incendios según Borisov (1993)<sup>[14]</sup>.

E1, E2 y E3 son diferentes condiciones al efecto del fuego.

Tabla 4.22: Valoración del índice de susceptibilidad a los incendios según condición y exposición

Exposicion	E1	E2	E3
Norte, Sur y Quebradas	2	5	10
Oeste y Este	1	3	5

Donde:

E1, E2, E3 diferentes condiciones del efecto del fuego (Tabla 4.21).

En el mapa resultante se puede observar que la cuenca del Lago Potrero de Los Funes posee más del 90% del área con un índice de susceptibilidad a los incendios **muy alto** (42.91%) o **alto** (48.14%) lo cual se atribuye a la alta frecuencia de incendios en el área.

En el Bosque de *Celtis espinosa* y en el Bosque *Prosopis flexuosa* se encuentran las áreas con un índice de susceptibilidad a los incendios (I) **bajo** (4.40%) y **muy bajo** (4.55%), las cuales presentan una frecuencia de incendios baja o media. El índice I **bajo** se encuentran en las laderas con exposición N o S, mientras que las áreas con un índice I **muy bajo** se encuentran en laderas con exposición O y E.

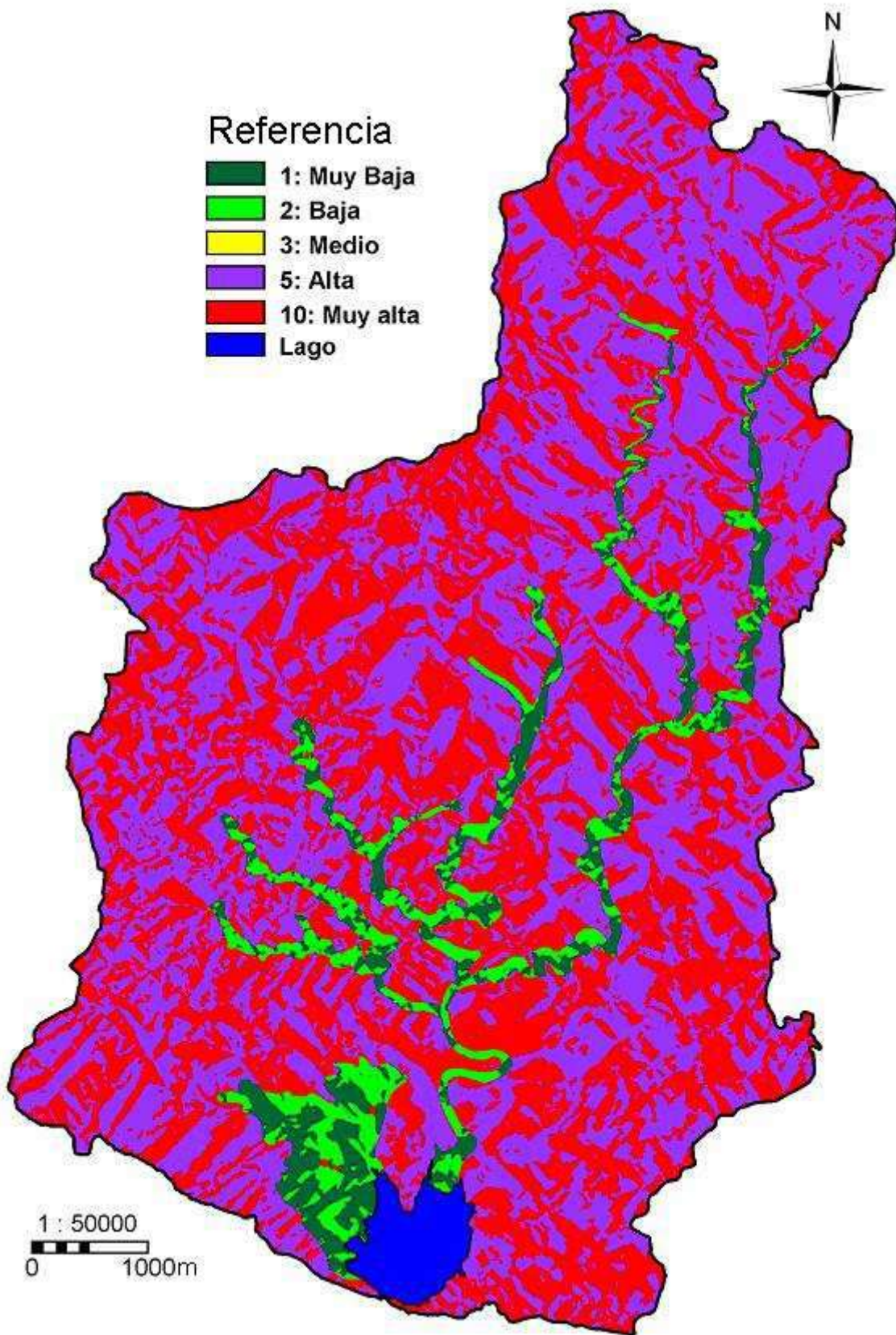


Figura 4.28: Mapa-índice de susceptibilidad a los incendios (MII).

#### 4.4.7. Mapa-índice de susceptibilidad a los movimientos de remoción en masa (MIR)

Este mapa muestra la distribución espacial del índice de susceptibilidad a los movimientos de remoción en masa (R) como caídas y deslizamientos, dicho índice se encuentra en función de los rasgos geomorfológicos, en particular la pendiente.

El índice R estima así la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir en base a las condiciones locales intrínsecas de terreno. Valores altos indican una mayor susceptibilidad del área a sufrir movimientos de remoción en masa.

El MIR se obtuvo mediante el procedimiento de la Fig 4.29. La clasificación del mapa de pendiente se realizó según los valores de la Tabla 4.23, tomados del trabajo de Fídel y Zavala (2006) <sup>[44]</sup> cuyos rangos representan diferente potencial a la actividad de los movimientos de remoción en masa. Este mapa se combino luego mediante una tabla bidimensional (Tabla 4.24) con el mapa geomorfológico. Los valores del índice de susceptibilidad a los movimientos de remoción en masa se establecieron en base a estudios similares <sup>[44][32]</sup>, consultas a profesionales y criterios personales.

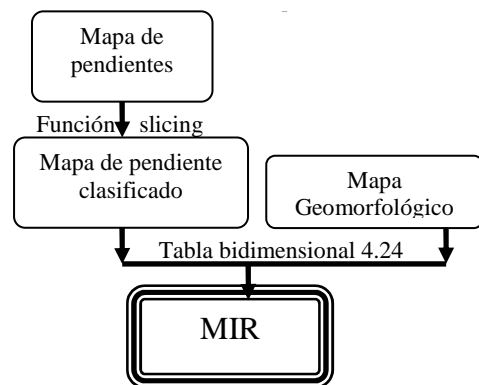


Figura 4.29: Esquema de obtención del mapa-índice de susceptibilidad a los movimientos de remoción en masa

Tabla 4.23: Clasificación de pendientes según su potencial a la actividad de los movimientos de remoción en masa

Pendiente	
Baja	0° - 15°
Moderada	15° - 30°
Alta	30° - 45°
Muy Alta	45° - 90°

Pendiente: Baja; Moderada; Alta ó Muy Alta clasificadas según Fídel y Zavala (2006) <sup>[44]</sup>.

Tabla 4.24: Tabla bidimensional de valoración del índice susceptibilidad a los movimientos de remoción en masa

Pendiente \ Geomorfología	Baja	Moderada	Alta	Muy Alta
Complejo serrano	2	5	10	10
Comp. serrano Sub. A6	1	3	5	10
Lomadas	1	5	5	10
Manto loesico discontinuo	1	3	5	10
Superficie de eroción antigua	2	5	5	10

El mapa-índice de susceptibilidad a los movimientos de remoción en masa (Fig.4.30) se obtuvo representando espacialmente los valores de la Tabla 4.24.

En el mapa resultante se puede observar que más del 60% de la cuenca posee un índice de susceptibilidad a las movimientos de remoción en masa **muy alto** (21.71%) o **alto** (40.51%), percibiéndose estas áreas principalmente en la unidad geomorfológica de Complejos Serranos. El 26.96 % corresponde a valores **bajos** del índice localizados en sectores de pendientes suaves (menores a 15°), mientras que los valores **medios** del índice de susceptibilidad a los movimientos de remoción en masa son muy escasos (0.57%).

Las áreas con un índice **muy bajo** (10.24%) se ubican en el centro-sur de la cuenca, circundantes al lago, donde se localizan las unidades geomorfológicas de los mantos loésicos discontinuos, las lomadas con pendientes suaves (menores a 15°) y algunos sectores del Complejo Serrano Sub. a 6.

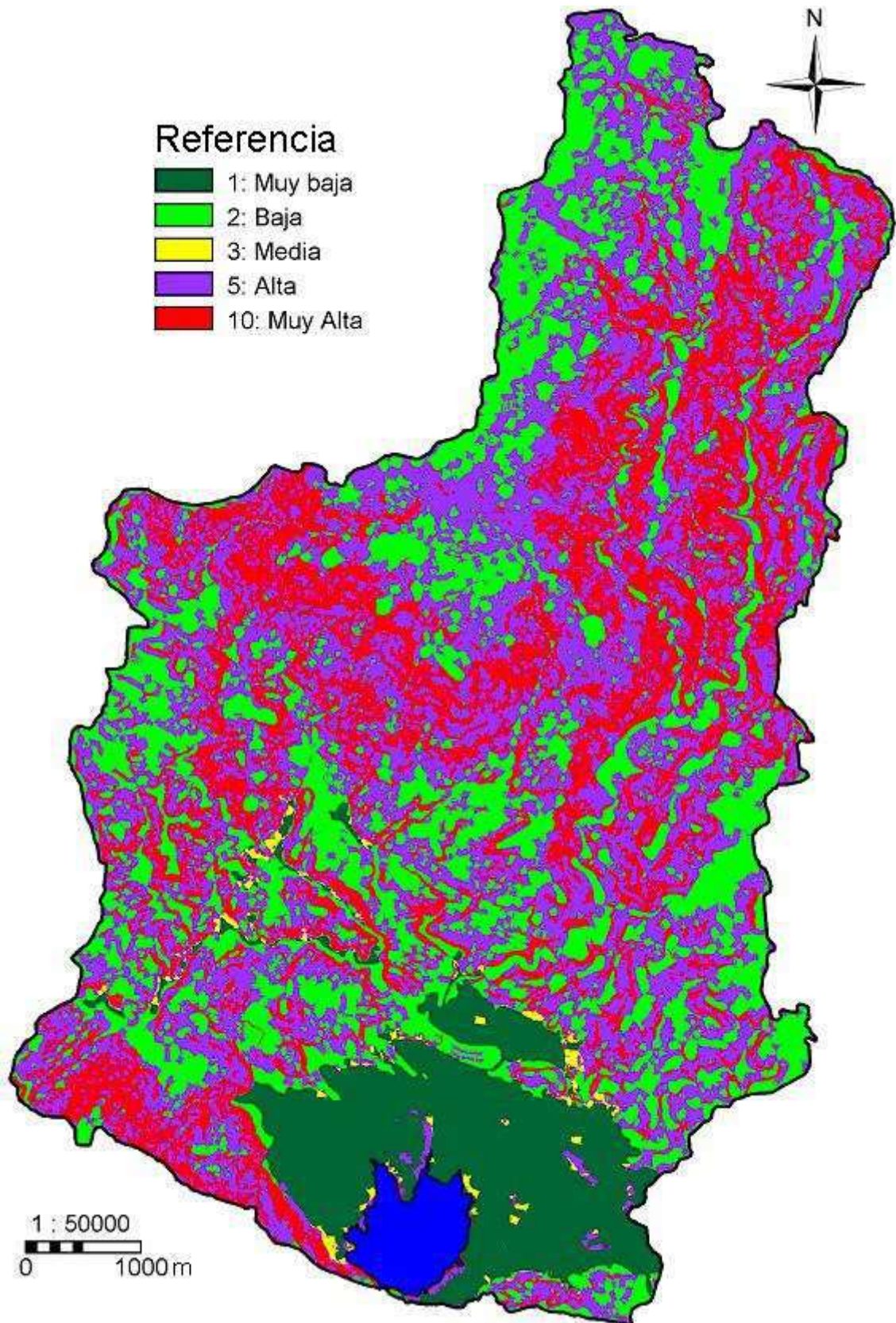


Figura 4.30: Mapa-índice de susceptibilidad a los movimientos de remoción en masa (MIR).

#### 4.4.8 Mapa-índice de Fragilidad Ambiental (MIFA)

Este mapa muestra la distribución espacial del índice de fragilidad ambiental (IFA), el cual mide el grado de susceptibilidad o vulnerabilidad del ambiente. Valores altos indican una mayor susceptibilidad del área a ser alterada su estructura y/o función de forma significativa por alguna intervención o perturbación antrópica.

El IFA se obtuvo mediante la suma de los índices específicos (Índice de erodabilidad (E); Índice de vulnerabilidad biótica (B); Índice de vulnerabilidad hídrica (W); Índice de susceptibilidad a la contaminación del aire (A); Índice de fragilidad del paisaje (P); Índices de susceptibilidad a incendios (I) Índice de vulnerabilidad a los movimientos de remoción en masa (R)), ponderados según su importancia relativa para el área (tabla 4.25) y los objetivos del presente estudio (formula 4.1).

Los índices E, W y P fueron los más ponderados debido a que el área de estudio se encuentra muy afectada por la erosión <sup>[9][10]</sup>; la población y el turismo (su principal actividad económica) dependen de los ríos y espejos de agua <sup>[16][18]</sup> y esto es de fundamental importancia para proteger estos recursos y el paisaje. El índice A posee una ponderación baja debido a que no es un área afectada por industrias, ni por grandes emanación de contaminantes aéreos, solamente se producen contaminación a partir de los automotores, incendios y chimeneas hogareñas. Los índices restantes reciben en consecuencia una ponderación intermedia.

$$FA = E \times WiE + W \times WiW + B \times WiB + A \times WiA + P \times WiP + I \times WiI + R \times WiR$$

Donde:  $Wi$  son las ponderaciones de cada índice.

Formula 4.1: Índice de fragilidad ambiental (IFA).

Tabla 4.25: Ponderaciones de los índices.

Indice	Ponderacion (Wi)
E	0,20
W	0,20
B	0,15
A	0,05
P	0,20
I	0,10
R	0,10

La representación del IFA en un mapa se obtuvo utilizando la Formula 4.5 en el SIG ILWIS



$$\text{MIFA} = (\text{MIE} * 0.20) + (\text{MIW} * 0.20) + (\text{MIB} * 0.15) + (\text{MIA} * 0.05) + (\text{MIP} * 0.20) + (\text{MII} * 0.10) + (\text{MIR} * 0.10)$$

Formula 4.5: Obtención del mapa-índice de Fragilidad Ambiental (MIFA)

Los valores obtenidos mediante la aplicación de la Formula 4.5 no son valores enteros y oscilan entre 1 y 10, por lo cual la Tabla 4.26 permite convertir estos valores en una escala similar a la utilizada en los restantes indicadores para una mejor interpretación.

Tabla 4.26: Conversión de valores promedio del IFA.

IFA cualitativo	IFA Promedio	IFA clasificado
Muy baja	1 - 1,9	1
Baja	1,9 - 2,7	2
Media	2,7 - 4,6	3
Alta	4,6 - 6,3	5
Muy alta	6,3 - 10	10

A diferencia del método original, los valores límites de la Tabla 4.26 fueron establecidos analizando diferentes rangos de valores resultantes de aplicar el IFA. Durante esta simulación se observó las posibles combinaciones de los índices (E, W, B, A, P, I y R) en la cual se modificaron los valores de los mismos, obteniendo el IFA de cada combinación. Luego de observar cada una de ellas y teniendo en cuenta las observaciones de campo se seleccionaron los límites del IFA que más se ajustan a la realidad de la cuenca (IFA clasificado).

Para obtener el mapa-índice de fragilidad ambiental clasificado (MIFA) (Fig 4.31) en una escala similar a la utilizada en los restantes indicadores, se utilizó la función *Slicing* con los valores de la Tabla 4.26 (IFA clasificado).

En el mapa resultante (MIFA) se observa que la cuenca del Lago Potrero de Los Funes es frágil asumiendo más del 90% del área con un índice **muy alto, alto o medio** (14.96%, 41.77%, 36.70% respectivamente). Exhibiendo las áreas con un índice de fragilidad ambiental **bajo** (6.40%) en el sur de la cuenca y con menor presencia en las unidades geomorfológica de superficie de erosión antigua (SEA) y Complejo serrano subzona a6. Es de destacar que solamente 0.17% del área de la cuenca posee un índice **muy bajo**.

De las áreas con un índice de fragilidad ambiental **muy alto** el 93.5% (6.9 Km<sup>2</sup>) poseen un pastoreo eventual selectivo. Esta actividad produce una disminución del valor forrajero del área y una regresión climática. Dejando un 5% (0.388 km<sup>2</sup>) del área bajo un sistema de pastoreo continuo, produciendo un sobrepastoreo muy notorio en pequeños valles de los complejos serranos y en la unidad geomorfológica SEA.

El 85.73% (17.66 Km<sup>2</sup>) de las áreas con un índice de fragilidad ambiental **alto** poseen un pastoreo eventual selectivo con las consecuencias ya explicadas anteriormente. El 11.46% (2.36 km<sup>2</sup>) de estas áreas se encuentra bajo un sistema de pastoreo continuo.

El 68.45% (12.38 Km<sup>2</sup>) de las áreas con un índice de fragilidad ambiental **medio** poseen un pastoreo eventual selectivo, mientras que el 17.56% (3.17 km<sup>2</sup>) se encuentra con un sistema de pastoreo continuo, se puede observar una tendencia que al disminuir el índice de fragilidad ambiental disminuye la proporción del área afectada por el pastoreo eventual selectivo y aumenta la proporción del pastoreo continuo.

De las áreas con un índice de fragilidad ambiental **bajo**, el 28.57% (0.90 Km<sup>2</sup>), poseen un pastoreo eventual selectivo, mientras que el 26.17% (0.83 km<sup>2</sup>) de estas áreas están bajo un sistema de pastoreo continuo. La urbanización por el turismo queda representada por un 15.24% (0.48 Km<sup>2</sup>) y un 11.10% (0.35 Km<sup>2</sup>) es utilizada para la recreación, siendo poco significativo en el total de la cuenca. Se sigue manteniendo la misma tendencia igualándose las proporciones del área afectada por el pastoreo eventual selectivo y por el pastoreo continuo.

En las áreas con un índice de fragilidad ambiental **muy bajo**, el 70.69% (0.059 Km<sup>2</sup>), se encuentra urbanizada para el turismo y el 13.95% (0.012 Km<sup>2</sup>) se encuentra urbanizada por la población permanente.

La tabla 4.27 es una tabla de doble entrada, (IFA vs uso del suelo actual) donde se puede observar el porcentaje y el área en Km<sup>2</sup> del IFA y el porcentaje y el área en Km<sup>2</sup> del uso del suelo actual y el porcentaje areal del índice de fragilidad ambiental por uso del suelo actual y viceversa.

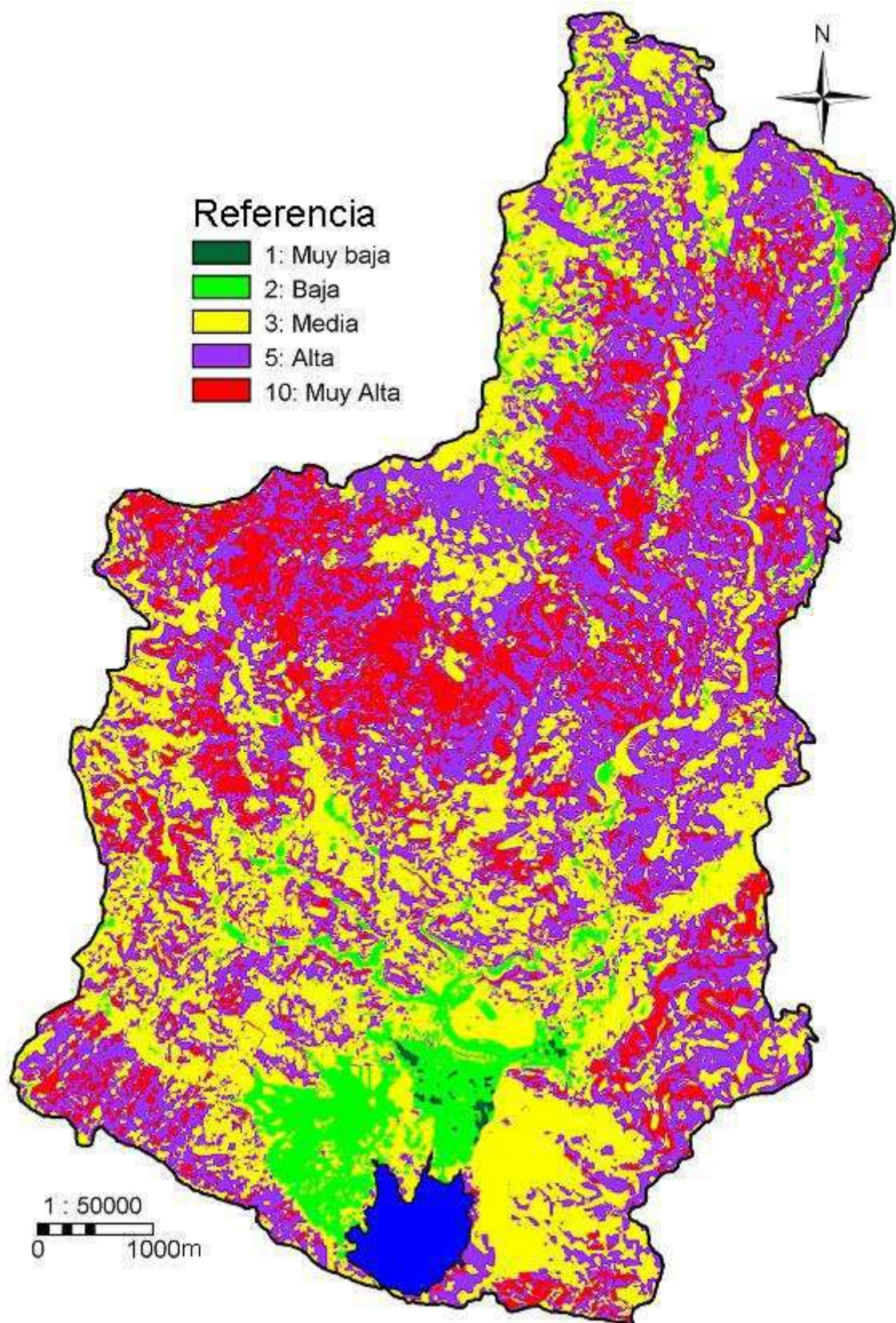


Figura 4.31: Mapa-índice de fragilidad ambiental (MIFA).

La tabla 4.27 es una tabla bidimensional, (MIFA vs Mapa uso actual del suelo) en la cual se puede observar el porcentaje y el área en Km<sup>2</sup> del IFA, el porcentaje y el área en Km<sup>2</sup> del uso actual del suelo y el porcentaje del IFA según el tipo de uso actual del suelo.

Tabla 4.27: IFA vs Uso actual del suelo.

Uso actual \ IFA	Muy bajo (%)	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)	Muy Alto (%)	Total del uso (%)	Area total del uso (Km2)
Area urbanizada de poblacion permanente	0,024	0,184	0,354	0,017	0,008	<b>0,59</b>	<b>0,29</b>
Turismo aventura	0,006	0,458	0,576	0,081	0,001	<b>1,12</b>	<b>0,55</b>
Pastoreo continuo		1,674	6,444	4,787	0,786	<b>13,69</b>	<b>6,75</b>
Sin uso/Pastoreo eventual selectivo	0,002	1,827	25,118	35,814	13,992	<b>76,75</b>	<b>37,85</b>
Area urbanizada para el turismo	0,119	0,975	1,698	0,126	0,011	<b>2,93</b>	<b>1,44</b>
Parque nativo	0,000	0,000	0,079	0,155	0,028	<b>0,26</b>	<b>0,13</b>
Desmonte	0,012	0,569	0,650	0,020	0,002	<b>1,25</b>	<b>0,62</b>
Cultivo			0,340	0,144	0,001	<b>0,49</b>	<b>0,24</b>
Recreacion	0,006	0,710	1,437	0,630	0,134	<b>2,92</b>	<b>1,44</b>
<b>Total del indice (%)</b>	<b>0,17</b>	<b>6,40</b>	<b>36,70</b>	<b>41,77</b>	<b>14,96</b>	<b>100,00</b>	<b>49,32</b>
<b>Area total del indice (Km2)</b>	<b>0,08</b>	<b>3,16</b>	<b>18,10</b>	<b>20,60</b>	<b>7,38</b>	<b>49,32</b>	<b>49,32</b>

La Tabla 4.28 es una tabla bidimensional (IFA vs uso pasado del suelo), en la cual se puede observar el porcentaje y el área en Km<sup>2</sup> del IFA, el porcentaje y el área en Km<sup>2</sup> del uso del suelo pasado y el porcentaje del IFA según el tipo de uso pasado del suelo.

Tabla 4.28: IFA vs Uso pasado del suelo.

Uso pasado \ IFA	Muy bajo (%)	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)	Muy Alto (%)	Total del uso (%)	Area total del uso (Km2)
Area urbanizada de poblacion permanente	0,000	0,081	0,171	0,002	0,000	<b>0,25</b>	<b>0,13</b>
Sin uso/Pastoreo eventual selectivo	0,113	5,045	35,354	41,560	14,930	<b>97,00</b>	<b>47,84</b>
Area urbanizada para el turismo	0,000	0,000	0,029	0,015	0,001	<b>0,05</b>	<b>0,02</b>
Desmonte	0,026	0,780	0,745	0,125	0,001	<b>1,68</b>	<b>0,83</b>
Recreacion	0,030	0,434	0,345	0,182	0,033	<b>1,02</b>	<b>0,51</b>
<b>Total del indice (%)</b>	<b>0,17</b>	<b>6,34</b>	<b>36,64</b>	<b>41,88</b>	<b>14,97</b>	<b>100,00</b>	<b>49,32</b>
<b>Area total del indice (Km2)</b>	<b>0,08</b>	<b>3,13</b>	<b>18,07</b>	<b>20,66</b>	<b>7,38</b>	<b>49,32</b>	<b>49,32</b>

#### 4.4.9 Mapas-índice de transformación antrópica pasada y actual

Una vez elaborados el mapa-índice de fragilidad ambiental (MIFA) se procedió al cálculo del índice de transformación antrópica (ITA). Este índice propuesto por Lemechev <sup>[45]</sup> es utilizado para el análisis de las cuencas fluviales consideradas como unidades funcionales de paisaje y representa la participación areal de una determinada unidad (subcuenca, paisaje, geomorfología, vegetación, etc.) de los diferentes tipos de usos de la tierra, previamente ponderados de acuerdo con el tipo de uso de la tierra <sup>[46]</sup>.

El ITA permite realizar un diagnóstico ambiental e identificar los impactos causados por la ocupación no planificada del espacio. En consecuencia no se aplica en forma aislada sino que es preciso correlacionarlo con otra variable <sup>[26]</sup> en este estudio se lo correlacionó con el IFA. El cálculo del ITA para cada unidad de paisaje, subcuenca o geomorfología se obtiene a partir de la formula 4.6:

$$ITA = 1/100 \sum_{i=1}^n (r_i * p_i * q_i)$$

Donde:

- r = nivel de transformación antrópica del paisaje para un determinado tipo i de usos de la tierra.
- p = área (en %) de tipo de usos de la tierra en las unidades de paisaje (geomorfología).
- q = índice de profundidad de transformación de paisaje.
- n = cantidades máximas de tipos de usos de la tierra identificados en cada subcuenca.

Formula 4.6: Obtención del grado de intervención antrópica (ITA)

El nivel de transformación antrópica (r) y el índice de profundidad de transformación del paisaje (q), se determinó siguiendo criterios establecidos por otros autores <sup>[26] [46] [47]</sup> y adaptados por el autor a las características del área de estudio, determinando las ponderaciones y valoraciones cuantitativas y cualitativas de cada uso de la tierra en relación al grado de transformación que producen (Tabla 4.29).

Tabla 4.29: Ponderación de r y q.

Usos de la Tierra	r	q
Reserva natural	1	1,00
Turismo aventura	2	1,05
Recreacion	2	1,15
Pastoreo eventual selectivo	3	1,10
Pastoreo continuo	4	1,15
Cultivo	6	1,25
Desmonte	7	1,30
Urbanizacion para el turismo	8	1,20
Urbanizacion de la poblacion permanente	8	1,35

Para la obtención del ITA actual o pasado el procedimiento es el mismo (Fig.4.32) cambiando solamente la utilización del mapa de uso actual del suelo (UAS) o el mapa de uso pasado del suelo (UPS) según corresponda. Primero se utilizó la *función Cross* con el mapa geomorfológico y el mapa UAS o UPS según que corresponda, obteniendo las tablas de cruce a las cuales se le agregó la columna correspondiente al factor n y a los factores p y r según la Tabla 4.29.

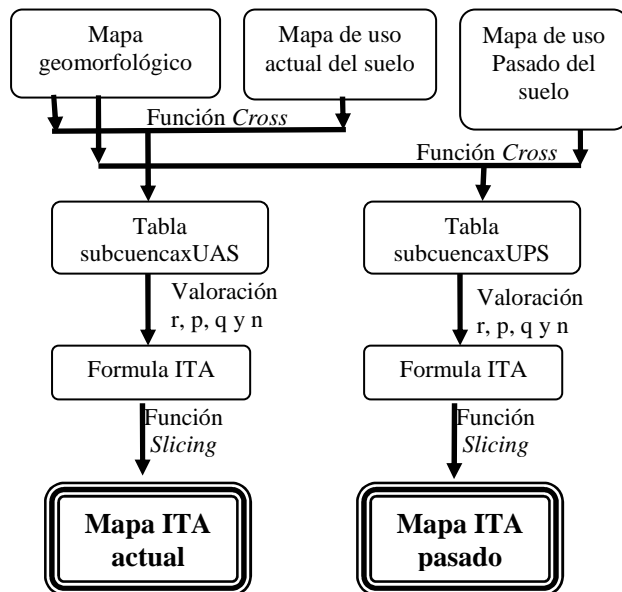


Figura 4.32: Esquema de obtención del MITAA y MITAP.

En la ventana de comandos de la tabla se ingresó la Formula 4.6 para calcular el índice de intervención antrópica (ITA) de cada una de las unidades geomorfológicas, los valores obtenidos fueron reagrupados en tres clases (alta, media y baja) de acuerdo con el método de Sturges<sup>[48]</sup>.

**Bajo** (1-4.26): El área analizada no presenta usos de la tierra que produzcan alteraciones considerables en el funcionamiento del paisaje.

**Medio** (4.27-7.53): Alteraciones considerables son provocadas por las actividades antrópicas, intensificando procesos que afectan a la calidad ambiental, siendo necesarias medidas que reviertan estos procesos negativos.

**Alto** (7.54-10.8): Las cualidades ambientales son afectadas por el predominio de actividades antrópicas que desequilibran el funcionamiento del paisaje.

Con la función *attribute map* y la columna ITA pasado o ITA actual de la Tabla 4.30 se crearon los respectivos mapas, los cuales utilizando la *función Slicing* y representando la distribución espacial de la columna ITA clasificado (Tabla 4.30) se obtuvo el MITAA (Fig. 4.33) y el MITAP (Fig. 4.34)

Tabla 4.30: Tabla ITA actual y pasado

Unidad Geomorfológica	ITA pasado	ITA pasado clasif.	ITA actual	ITA actual clasif.	Superficie en Km2	Superficie en porcentaje
Complejos fluviales serranos	3,29	BAJO	3,47	BAJO	39,42	79,88
Mantos loesicos discontinuos	4,65	MEDIO	6,84	MEDIO	3,52	7,13
Lomadas	3,53	BAJO	4,82	MEDIO	1,53	3,10
CSsa6	3,04	BAJO	3,67	BAJO	0,53	1,07
Superficie de erocion antigua	3,30	BAJO	5,33	MEDIO	4,35	8,81
Total	17,81		24,13		49,35	100

En el MITAP se puede observar que el ITA es **bajo** en cuatro de las cinco unidades geomorfológicas, representando en superficie el 92.87 % y sólo el 7.13 % posee un ITA **medio**, localizado en la unidad geomorfológica de mantos loésicos discontinuos. En este sector donde se asentaba una pequeña población permanente, se observaron desmontes para futuras construcciones o leña. Los datos indican así una baja modificación del paisaje por la intervención antrópica en el pasado.

Mientras que en el MITAA se observar que el ITA ha aumentado en relación al escenario anterior, siendo bajo en sólo dos unidades geomorfológicas, el incremento del ITA se visualiza en dos unidades geomorfológicas las cuales con el paso del tiempo y el aumento de la población han pasado de un ITA bajo a un ITA medio.

En los mantos loésicos y las lomadas terciarias el incremento es debido a las área urbanizada, principalmente para el turismo y las actividades asociadas a éste (recreación, turismo aventura, etc.) mientras que en la superficie de erosión antigua (SEA) es debido al aumento del pastoreo. Estas áreas ocupan el 19.05 % de la cuenca en estudio, denotando un aumento con respecto al escenario pasado del 11,92 % en la modificación del paisaje por la intervención antrópica.

Confirmando la existencia del aumento, se observa un incremento de 6,37 en la sumatoria de los ITA de todas las unidades geomorfológicas de la cuenca quedando representada toda la cuenca en el escenario pasado con un valor total de 17,81 una media de 3,56 y un desvío estándar de 0,632. Mientras que en el escenario actual el ITA tiene un valor total de 24,13, una media de 4,82 y un desvío estándar de 1,367. Los desvíos muestran la variación de los valores individuales respecto a la media. En el ITA actual el desvío es mayor demostrando una mayor variación entre los valores individuales de las subcuencas que en el escenario pasado debiéndose esto a que la población se ubicó en unidades geomorfológicas específicas y no distribuidos de forma aleatoria y dispersos por la cuenca.

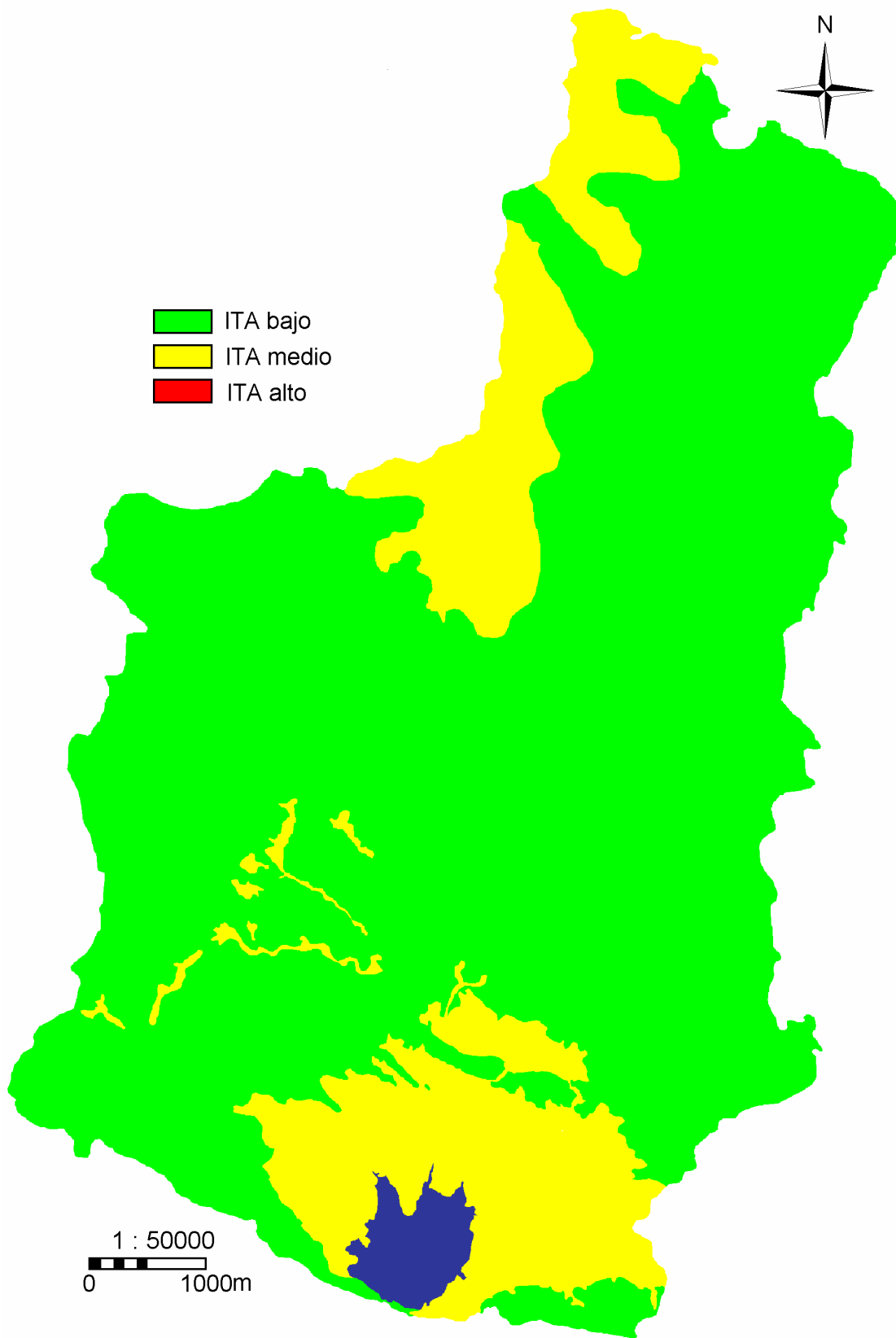


Figura 4.33: Mapa-índice de intervención antrópica actual (MITAA).



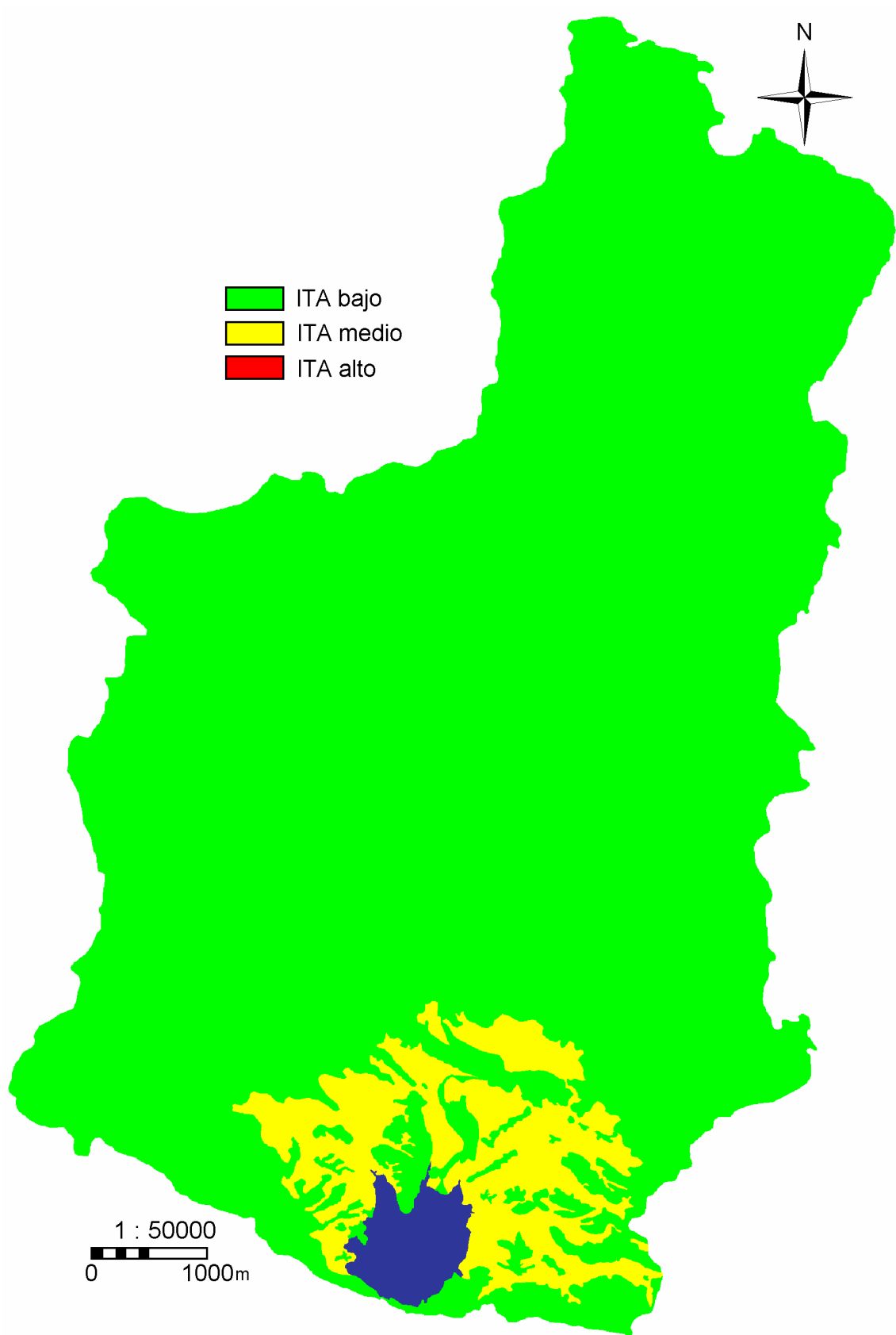


Figura 4.34: Mapa-índice de intervención antrópica pasado (MITAP).

#### 4.4.10 Mapas de Riesgo de degradación ambiental pasada y actual.

Una vez obtenido el ITA actual y pasado, se utilizó éste y la variable fragilidad ambiental del área de estudio, para obtener el riesgo de degradación ambiental (RDA) mediante el uso de la Tabla bidimensional 4.31. Los resultados obtenidos son los mapas de riesgo de degradación ambiental pasada (MRDAP) y actual (MRDAA) donde se identificaron 3 clases de riesgos: bajo (1), medio (2) y alto (3).

Tabla 4.31: Riesgo de degradación ambiental

IFA \ ITA	Bajo	Medio	Alto
Muy Baja	1	1	3
Baja	1	2	3
Media	1	2	3
Alta	2	3	3
Muy Alta	3	3	3

En el MRDAP (Fig. 4.35) (Fig 4.36) se observa un 15.51 % (7.64 Km<sup>2</sup>) de la cuenca con un RDA alto, ubicado en las zonas más escarpadas del área de estudio. Circundando estas zonas y principalmente en la zona de mantos loésicos se encuentran las áreas con un RDA medio representando un 47.66 % (23.5 Km<sup>2</sup>), mientras que, en el centro de la cuenca, la superficie de erosión antigua (SEA) e intercalando los mantos loésicos se encuentran zonas con un RDA bajo, abarcando un 36.83 % de la cuenca (18.16 Km<sup>2</sup>).

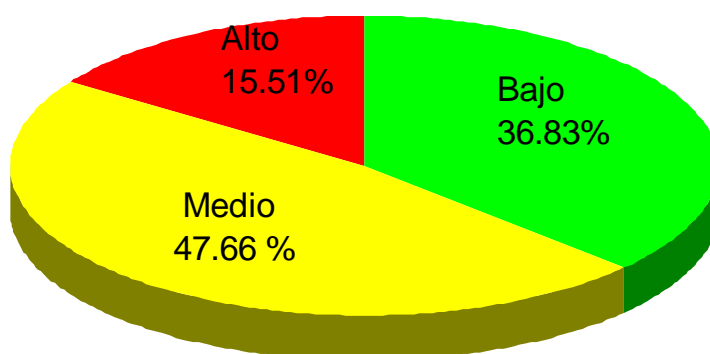


Fig. 4.35: Gráfico del porcentaje del riesgo de degradación ambiental pasado de la cuenca del Lago Potrero de Los Funes.

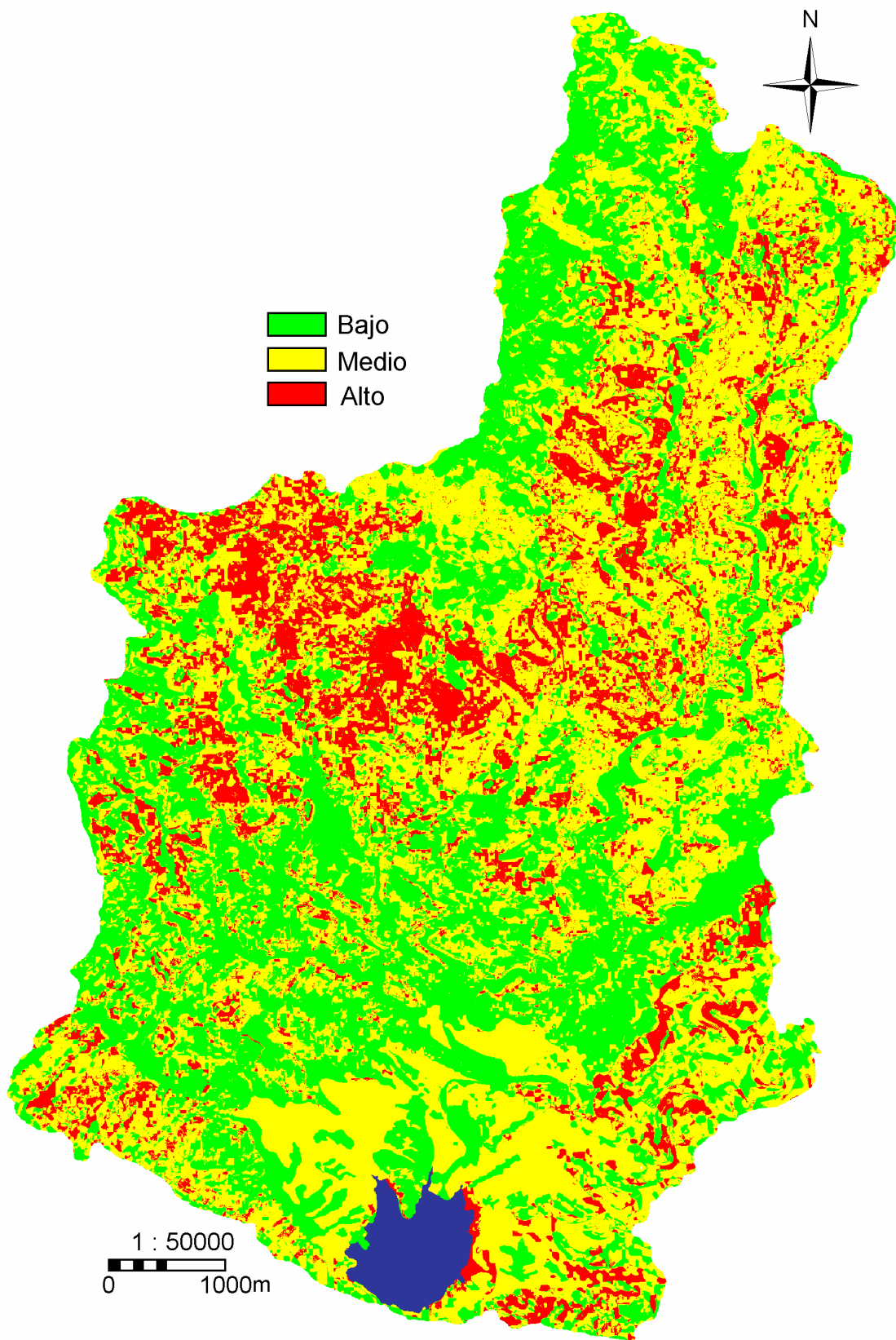


Figura 4.36: Mapa de riesgo de degradación ambiental pasado (MRDAP).

En el MRDAA (Fig. 4.37) (Fig. 4.39) se observa un 19.72 % (9.72Km<sup>2</sup>) de la cuenca con un RDA alto, notándose un incremento del 4.21 % (2.08 Km<sup>2</sup>) con respecto al MRDAP, este incremento se nota principalmente en el sur del SEA y al sureste de la cuenca donde las áreas cambian de un RDA medio a alto.

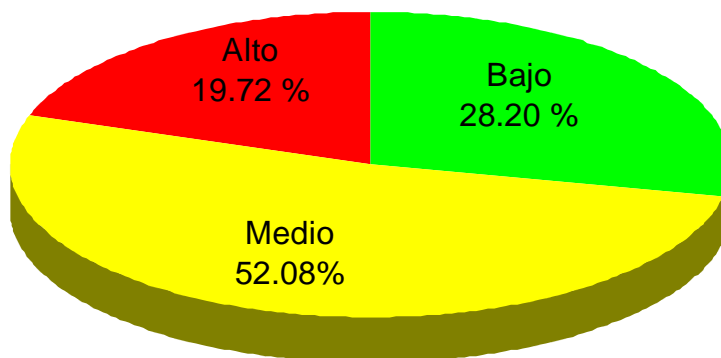


Figura 4.37: Gráfico del porcentaje del riesgo de degradación ambiental actual de la cuenca del Lago Potrero de Los Funes.

El RDA medio se incrementa en un 4.42 % (2.18 Km<sup>2</sup>) llegando al 52.08 % (25.68Km<sup>2</sup>), este cambio se ve en el SEA y en los mantos loésicos donde las áreas cambian de un RDA bajo a un RDA medio.

Las áreas con un RDA bajo representan el 28.20 % (13.91 Km<sup>2</sup>), disminuyendo un 8.66 % (4.25 Km<sup>2</sup>) siendo esto muy notorio en el SEA y en los mantos loésicos, quedando las áreas con un RDA bajo marginadas al centro de la cuenca en los complejos fluviales serranos. La degradación de la cuenca se observa en los cambios de bajo a medio y de medio a alto en el riesgo de degradación ambiental el cual representa un 8.63 % de la cuenca (Fig 4.38).

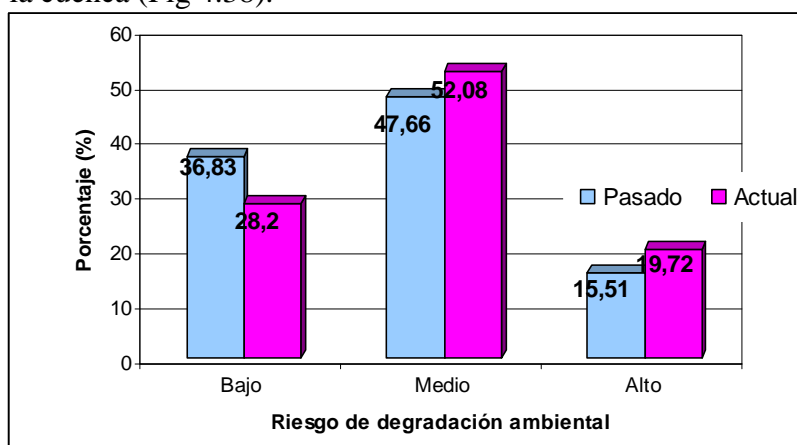


Figura 4.38: Gráfico de comparación de porcentajes del Riesgo de degradación ambiental en los escenarios pasado y actual.

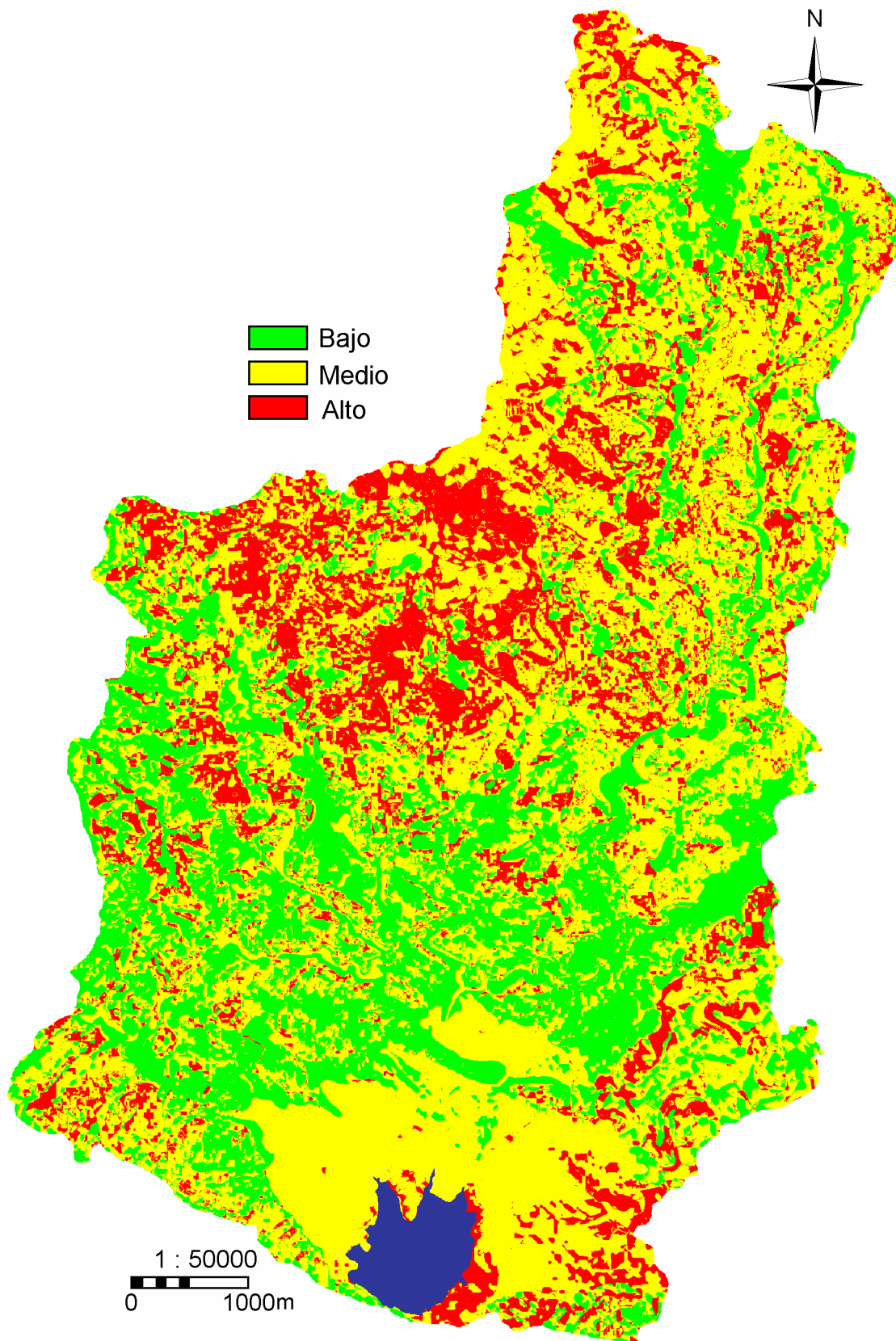


Figura 4.39: Mapa de riesgo de degradación ambiental actual (MRDAA).

## **5. Conclusiones**

1. Los resultados obtenidos en este trabajo demuestran que la metodología propuesta por Gaviño y Sarandón (2000), modificada y adaptada a las características intrínsecas del área bajo estudio, es posible ser extrapolada constituyendo una herramienta valiosa para el análisis de la problemática ambiental de una cuenca o región.

2. La implementación del modelo mediante el uso de geotecnologías permitió generar un modelo de diagnóstico ambiental en forma más eficiente, en comparación con las metodologías tradicionales.

3. Las modificaciones realizadas al modelo de Gaviño y Sarandón (2000) incorporando los índices de susceptibilidad a incendios y de vulnerabilidad a los movimientos de remoción en masa y el análisis más detallado (tipo de suelo, porcentaje de cobertura vegetal obtenida en base al índice de vegetación (NDVI), carácter del curso fluvial, tipo de vegetación en el índice de fragilidad del paisaje), permitieron una efectiva representación de la cuenca en estudio.

4. La integración de las variables ambientales para conformar los mapas-índice mediante las geotecnologías, se pueden emplear y adaptar al análisis multivariable de los diferentes problemas ambientales (susceptibilidad a la contaminación del agua, diagnóstico ambiental, impacto ambiental, planes de manejo, planificación urbana, etc.) facilitando y acortando los tiempos en la obtención de los resultados.

5. La base de datos ambientales creada en el presente estudio tiene una gran potencialidad para la elaboración de futuros trabajos que busquen la sustentabilidad de la cuenca y la eficiencia de la gestión ambiental, como por ejemplo: Identificación de áreas para su conservación, Plan de manejo agropecuario, Plan forestal, Manejo integrado de cuencas, Plan de prevención y acción temprana de incendios, Sistemas de senderos y circuitos de turismo aventuras, Ordenamiento territorial, etc.

6. La creación de una base de datos ambiental digital es evidentemente una herramienta que puede ser utilizada en futuros trabajos ambientales, los cuales van a seguir engrosando la información de dicha base hasta llegar a reducir al mínimo los tiempos empleados en la creación de los mapas bases.

7. El SIG ILWIS es un software que permite realizar estudios de bajo costo como el de la presente tesis. Si bien se trata de un paquete con limitaciones para trabajos de mayor envergadura, se desempeña muy bien para estudios donde no se requieran procesar grandes cantidades de información y tiene como ventaja que es de distribución libre.

8. Las imágenes satelitales y fotografías aéreas constituyen documentos de gran valor a la hora de caracterizar los materiales superficiales de una región en particular y dentro de este trabajo fueron de gran utilidad a la hora de realizar el análisis multitemporal y la discriminación de la vegetación, tipo de roca, suelo desnudo, construcciones, etc.

9. El IFA resultó de gran utilidad para determinar el grado de degradación ambiental de la cuenca así también como para determinar las zonas de intervención prioritarias. A su vez, el conocimiento de la distribución espacial de la fragilidad ambiental (MIFA) es una herramienta fundamental para lograr una gestión eficiente en un ambiente determinado.

10. La construcción del MIFA permitió identificar como consecuencia de la interrelación entre los eventos naturales y la acción antrópica cinco grados de fragilidad ambiental categorizados en: **muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.**

11. El análisis de los valores del IFA indican que la cuenca del embalse Potrero de Los Funes es ambientalmente frágil, con más del 90% del área con un índice muy alto (14.96%), alto (41.77%) o medio (36.70%).

12. Dentro de los parámetros que intervienen en el cálculo del IFA, los índices de erodabilidad, fragilidad del paisaje, vulnerabilidad hídrica y biótica, determinan los valores altos y muy altos.

13. Los valores altos de los índices de erodabilidad, fragilidad del paisaje y vulnerabilidad hídrica a su vez están fuertemente condicionados por la pendiente.

14. Las áreas pobladas o con tendencia a ser población se encuentran en zonas con una fragilidad ambiental baja o media. En esta última habría que adoptar medidas de gestión para minimizar o evitar los impactos ambientales, es de destacar la escasa superficie (0.17%) con un índice de fragilidad ambiental muy bajo.

**15.** Se identificaron las unidades geomorfológicas como las unidades funcionales las cuales representan de forma homogénea las actividades antrópicas realizadas en la cuenca.

**16.** El índice de intervención antrópica (ITA) permitió identificar zonas donde el uso del suelo no produce alteraciones considerables (ITA bajo) y zonas donde existen notables alteraciones provocadas por las actividades antrópicas (ITA medio). A pesar de su alto crecimiento poblacional no se obtuvieron áreas con un ITA alto, aunque si un aumento del 11,92 % en superficie del ITA medio, respecto al escenario pasado, esto debido a los cambios en el uso del suelo, muchos de ellos no compatibles con el medio ambiente.

**17.** El análisis de la relación entre el índice de fragilidad ambiental y el índice de intervención antrópica permitió calcular el riesgo de degradación ambiental de la cuenca, donde se puede apreciar un aumento de 8.63 %, percibiéndose este incremento al sur de la unidad geomorfológica SEA y en el sureste de la cuenca donde las áreas cambian de un riesgo de degradación ambiental medio a alto y a su vez en los mantos loésicos donde las áreas cambian de un riesgo de degradación ambiental bajo a medio. Esto se corresponde con el aumento y los cambios en el uso del suelo.

**18.** Las áreas con un riesgo de degradación ambiental bajo disminuyeron su superficie cediendo ante las presiones antrópicas quedando marginadas en los complejos fluviales serranos del centro de la cuenca, donde no existen grandes cambios en el uso del suelo.

**19.** Del análisis multitemporal se concluye que la cuenca está en un potencial proceso de deterioro ambiental debido al aumento y a los cambios en el uso del suelo sin un ordenamiento territorial adecuado, donde si no se realizan las medidas de gestión necesarias, este proceso se va a seguir intensificando, generando un colapso del sistema el cual puede quebrar su resiliencia y llegar a un estado en el cual su reversibilidad no sea posible.

**20.** La cuenca del Lago Potrero de Los Funes es muy susceptible a la degradación por erosión, más del 50% de la misma tiene un índice de erodabilidad elevado debido a que estas zonas se caracterizan por tener un relieve muy escarpado, con suelos frágiles y una cobertura vegetal degradada por sobrepastoreo e incendios.



**21.** Los recursos hídricos superficiales de la cuenca presentan una elevada susceptibilidad a una potencial contaminación o alteración en su red de drenaje, ya que muchas de las subcuencas son de carácter temporarias, con densidad de drenaje y pendiente baja, en estas condiciones el poder dilutorio de los ríos es bajo limitando su autodepuración.

**22.** Gran parte del área se desarrolla sobre elevadas altitudes (mayores a 1190 m.s.n.m.), con pendientes empinadas (mayor a 15°), donde los procesos regenerativos son lentos. Esto se traduce en una alta susceptibilidad a ser alterada en su estructura y/o composición de su biota por la intervención o perturbación antrópica.

**23.** La cuenca no presenta zonas con un índice de susceptibilidad a la contaminación del aire muy alto y las áreas con valores altos y medios son muy escasas llegando sólo al 20%, esto corresponde a que no se encuentran zonas con vegetación de alto porte en altitudes bajas y exposición de laderas desfavorables a la ventilación. El resto del área (80%) presenta un índice bajo o muy bajo, debido a que las características propias de la cuenca (vegetación de bajo o mediano porte, altitudes altas y la exposición de las laderas) favorecen la ventilación aumentando el poder dilutorio de los vientos.

**24.** Mas del 60 % del área posee valores altos de susceptibilidad al deterioro del aspecto, valor o función del paisaje, pudiendo estas áreas ser alteradas de forma significativa por alguna intervención o perturbación antrópica. Estas zonas poseen altitudes mayores a los 1190 m.s.n.m que le confieren una alta condición de visibilidad y pendientes elevadas mayores a los 15°, que le confieren una alta dinámica de los procesos degradativos.

**25.** Los incendios son unas de las principales causas antrópicas que ocasionan importantes daños en el área de estudio, la misma presenta en el 90% de su superficie un índice de susceptibilidad a los incendios alto o muy alto, asumiendo una alta susceptibilidad de ser alterada en su estructura, función y composición floro-faunística por efecto del fuego, esto se corresponde a la alta frecuencia de incendios que tienen la mayoría de las comunidades vegetales de la cuenca.

**26.** Las áreas donde los valores del índice de susceptibilidad a los incendios son bajos son aquellas dominadas por bosque de *Prosopis flexuosa* donde la frecuencia de incendio es media y el Bosque de *Celtis spinosa* donde la frecuencia de incendio es baja ya que el fuego no encuentra las condiciones propicias para prosperar.

27. La cuenca posee más del 60 % del área con una alta susceptibilidad de sufrir movimientos de remoción en masa (MM) (caídas y deslizamientos) mayormente ubicadas en los complejos serranos con pendientes pronunciadas quedando la población fuera de estas áreas.

28. Con todo lo expuesto en el trabajo se puede verificar la hipótesis que enuncia *“Mediante el estudio de Fragilidad Ambiental es posible determinar el/las áreas con mejor predisposición a recibir una actividad y generar así el menor impacto ambiental posible”*. Queda verificada al demostrar que las actividades realizadas en diferentes sectores de la cuenca han aumentado el riesgo de degradación en un 8.63 %. Si estas actividades se hubieran mitigado o limitado a los sectores correspondientes según este estudio, las zonas con un alto o medio riesgo de degradación ambiental no se verían incrementadas ej: si en las zonas de lomadas se limita la urbanización o en la Superficie de Erosión Antigua y en el Complejo Serrano subzona a6 se limitara el pastoreo continuo, disminuiría el riesgo de degradación ambiental de la cuenca.

29. Lo expresado en el punto 19 también confirma la segunda hipótesis que enuncia *“En base a la caracterización ambiental y a una zonificación ambiental indicada por la fragilidad ambiental de cada ambiente es posible lograr la sostenibilidad y el uso racional de los recursos vinculados a la cuenca Potrero de Los Funes”*.

## **6. Discusión**

1. Si bien la metodología empleada en este trabajo permite obtener resultados rápidamente, la construcción de los mapas-base suele llevar el mayor gasto de tiempo, el cual luego es recuperado por la rapidez de los cálculos de nuevos mapas, de la combinación de los mismos y la utilización de esta información en nuevos estudios.

2. La aplicación de tablas bidimensionales en un SIG son muy útiles para la generación de nuevos mapas y dar valores a la combinación de dos mapas. Sin embargo, siempre hay que tener en cuenta la validez de la tabla, pues el operador ingresa los valores y los resultados dependen de la mirada subjetiva del mismo, es recomendable realizar esta tarea en forma interdisciplinaria para generar una validez aceptable de los resultados.

3. El mapa de cobertura vegetal preliminarmente se ensayó con 5 rangos de cobertura vegetal, relacionando éstos con los valores del mapa NDVI, al chequear esta información en el campo, no se validó, ya que difería según la comunidad vegetal en

estudio. Sin embargo si se observó dentro de la misma comunidad vegetal una relación entre los valores NDVI y la disminución de la cobertura vegetal, por lo cual se cambió de metodología y se realizó la explicada en el capítulo 4.3.3.

4. El índice de intervención antrópica (ITA) se realizó en una primera instancia utilizando las subcuencas como unidades funcionales lo cual no se adecuó al estudio por ser una cuenca centrípeta. La mayoría de las subcuencas poseen dos polos muy diferentes en cuanto a la actividad antrópica (en las nacientes la actividad antrópica es casi nula y en la cuenca baja la actividad antrópica es mucho mayor) debido a lo expuesto anteriormente el ITA que representa un valor areal promedio de la subcuenca no arroja datos relevantes ya que estos dos polos se compensan y generan valores medios que no se corresponden con lo observado en el campo, para homogenizar la unidad funcional teniendo en cuenta lo observado en el campo se utilizó a las unidades geomorfológicas como unidades funcionales las cuales representan de forma homogénea las actividades antrópicas realizadas en la cuenca.

## **7. Recomendaciones**

1. Utilizar el Mapa índice de Fragilidad Ambiental obtenido en el presente estudio, para guiar, limitar y mitigar las actividades antropicas según sus potenciales impactos en el medio ambiente, con el objetivo de realizar un ordenamiento territorial de la cuenca y aprovechar los recursos naturales sustentablemente.

2. Las áreas con un índice de fragilidad ambiental medio, alto o muy alto, son zonas muy susceptibles de ser alterada en su estructura y/o función por alguna intervención o perturbación antrópica. Las mismas necesitan la creación de un plan de manejo con medidas precautorias, correctivas y mitigatorias, que eviten, disminuyan o remedien el deterioro de la zona afectada.

3. Se aconseja zonificar las actividades antrópicas teniendo en cuenta su impacto y la fragilidad ambiental en su ubicación, de este modo las actividades con un alto impacto ambiental (urbanización, desmontes, pastoreo continuo, cultivos) se deben marginar a los sectores con una fragilidad ambiental muy baja o baja, sectorizando las actividades con menores impactos (recreación, turismo aventura, etc.) en las áreas con una fragilidad ambiental media y dejando las zonas con un grado de fragilidad ambiental alta o muy alta a las actividades de conservación y contemplación.

**4.** La zonificación realizada a través el MIFA es una zonificación regional de la cuenca, si bien este trabajo realiza una sectorización ordenada de forma integral y multivariable en toda la cuenca, se recomienda realizar una zonificación en la zona urbanizada y sus alrededores, aumentando la escala de trabajo y aplicando un plan de minimización de impactos ambientales.

**5.** La susceptibilidad a la degradación por erosión en la cuenca se puede disminuir aumentando la cobertura vegetal de las comunidades vegetales, para esto hay que evitar el mal uso del recurso, poniendo un gran empeño en la utilización del recurso forrajero y en la minimización de movimientos de suelo producto de las construcciones.

**6.** Los incendios son unas de las principales causas antrópicas que ocasionan importantes daños en el área de estudio, los cuales se pueden disminuir con diversas herramientas de gestión como la concientización, planes de contingencia, corta fuegos, alerta y acción temprana ante incendios, controles, multas, etc. que disminuyan la frecuencia, intensidad y superficie afectada por los mismos, dándole al ambiente el tiempo necesario para que se recupere y pueda soportar nuevamente una perturbación.

**7.** La base de datos ambientales creada en el presente estudio es evidentemente una herramienta que puede ser utilizada en futuros trabajos que busquen la sustentabilidad de la cuenca y la eficiencia de la gestión ambiental, como por ejemplo: Identificación de áreas para su conservación, Plan de manejo agropecuario, Plan forestal, Manejo integrado de cuencas, Plan de prevención y acción temprana de incendios, Sistemas de senderos y circuito de turismo aventuras, etc.

**8.** Por último el presente estudio nos ubica en un enfoque multivariable de un área que necesita la intervención de técnicos y gestores a fin de preservar los recursos ambientales, con un adecuado manejo del hábitat y una visión sustentable del desarrollo.

## 8. Bibliografía

- 1- El eourbanismo. Estudio del ordenamiento y de las relaciones sostenibles de las ciudades y el medio en el cual se asientan, hacia la ciudad sostenible. En: <http://www.eco-gel.com/texto.htm>
- 2- Desarrollo de Capacidades en los Procesos de Agendas 21 Locales. Ecología urbana y gestión territorial sostenible. Algunas consideraciones sobre el planteamiento de las Agendas 21 locales. Fase II (Informe) – Sub-fase II.1 (Análisis contextual). Centro de Política y Valoraciones – UPC. Leonardo da Vinci Program. Pilot Project. Barcelona, España, Abril 2002. 30 pág.  
En: [http://www-cpsv.upc.es/documents/AG21L\\_Eco\\_ES\\_CPSV.pdf](http://www-cpsv.upc.es/documents/AG21L_Eco_ES_CPSV.pdf)
- 3- Neculqueo Pino E. M. (2001). Análisis de indicadores de sostenibilidad ambiental y urbana en las agendas 21 locales y ecoauditorías municipales, el caso de las regiones urbanas Europeas, Tesis Doctoral, Universidad politécnica de Cataluña. Barcelona.
- 4- Vera Rebollo, J. F. (2002). Planificación y gestión del desarrollo turístico sostenible: propuesta para la creación de un sistema de indicadores. Biblioteca virtual Miguel de Cervantes. En: <http://www.cervantesvirtual.com/portal/IIGG/planificacion.pdf>.
- 5- "Marco Estratégico Mendoza 2012".en: [www.uncu.edu.ar](http://www.uncu.edu.ar)
- 6- Di pace, M.; S. Federovisky; J. Hardoy y S. Mazzucchelli. (1992). Medio ambiente urbano en la Argentina. Colección “Los fundamentos de la ciencia del hombre. Buenos Aires. CEAL.
- 7- La Fijación de Estándares Ambientales en Colombia, La Intervención de las Comunidades Científico-tecnológicas en los Procesos de Fijación de Estándares. En: <http://www.farn.org.ar/docs/p08/publicaciones8.html>
- 8- GEF/PNUD Sabana-Camagüey. (1999). Protección de la biodiversidad y desarrollo sostenible en el Ecosistema Sabana-Camagüey. PNUD, AMA, CITMA. Cuba. 145 pp.
- 9- Ojeda, G. E.; H. L. Lacreu y G del R, Sosa. (2007). Atlas de recursos geoambientales, Municipio de Potrero de Los Funes. Inédito. 62 págs.

- 10- Ojeda, G. (1998). Evaluación de la erosión hídrica mediante modelos cualitativos y sistemas de información geográfica (SIG). Cuenca del lago Potrero de Los Funes. San Luis. Argentina. X Congreso Geológico Latinoamericano. Buenos Aires. Argentina. Actas volumen III. Pág. 372-377
- 11- Rivarola, D.; G. Ojeda y E. Di Paola. (1994). Relación entre el sustrato rocoso y la contaminación por infiltración en el Embalse Potrero de Los Funes. San Luis. Argentina. Actas del I Simposio de Municipio y Medio Ambiente. San Luis. Argentina. Pág. 93-95.
- 12- Garbagnati, M.; Cortínez, V.; Gonzáles, P.; Antón, R. y M. A. Mallea. (2002). XIX Congreso Nacional del Agua. Carlos Paz. Córdoba. Pág. 251-260.
- 13- Almeida, A.; Quintar, S.; Gonzáles, P. y M. A. Mallea.(2007). Influence of urbanization and tourist activities on the water quality of the Potrero de los Funes River. Environ Monit assess. Vol. 133.
- 14- Borisov, J.; C. Carosio y L. Ciuffo. (1993). Las comunidades vegetales de la cuenca del lago Potrero de los Funes. Parodiana 6(2): 303-322
- 15- Gaviño Novillo, M. y Sarandón. R. (2000). El uso de indicadores ambientales y de intervención en la gestión ambiental. Indicadores ambientales 2000. Acta del V seminario internacional de ingeniería y ambiente. Departamento de hidráulica de la facultad de ingeniería. Pág. 15-29.
- 16- Muños, Roberto. Presidente de la cámara de turismo de Potrero de Los Funes “CAMTUR”. TE: 02652-495021.
- 17- Dirección de Estadística y Censo. Provincia de San Luis. Pringles 1055. San Luis, Capital.
- 18- Britos, Cinthia. Secretaria de Obras Públicas y Privadas. Municipalidad Potrero de Los Funes. Los Paraísos s/n
- 19- Alberto, J. A. (2004). Diagnóstico ambiental del ámbito residencial de Colonia Benitez y su entorno rural. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2004. Resumen H-024.
- 20- Romero, Maximiliano. Encargado “Cooperativa de agua de Potrero de Los Funes”

- 21- Bureau of Rural Sciences Australia (BRS); Instituto Nacional del Agua y del Ambiente (INA). Centro regional San Juan; Servicio Geológico Minería Argentino (SEGEMAR); Gobierno de la Provincia de San Luis, Ministerio de Medio Ambiente. (2000). Evaluación de posibilidades físicas y económicas de riego con aguas subterráneas en la Provincia de San Luis. 240 pag.
- 22- INPRES. Instituto Nacional de PREvención Sísmica. En: [www.inpres.gov.ar](http://www.inpres.gov.ar) con sede en la provincia de San Juan.
- 23- Cabrera, A. L. (1994). Regiones fitogeográficas argentinas. ACME. Buenos Aires, Argentina. 85 págs.
- 24- Anderson, D. L.; J. A. Del Aguila y A. Bernardon. (1970). Las formaciones vegetales en la Provincia de San Luis. Rev. Inv. Agr. INTA Bs. As.
- 25- Cano, E. (1988). Pastizales Naturales de La Pampa. Descripción de las especies más importantes. Convenio AACREA-Provincia de la Pampa. 425 p.
- 26- Ángeles, Guillermo R. y Gil, Verónica. (2006) Identificación del grado de transformación antrópica y riesgo ambiental en cuencas fluviales serranas. El caso de la cuenca del arroyo El Belisario (Argentina)", GeoFocus, volumen 6. pág. 138-151.
- 27- Gómez Orea, D. (1993). Ordenación de territorio. Una aproximación desde el Medio Físico. Ed. Agrícola Española-Instituto Tecnológico Geominero de España, 238 p.
- 28- Saá, Víctor; Bertin, H.; Ferramola, R; Devito, H.; Spadaro, V.; Horas, P.; Zunino, A.; Puellas, F. y Nicolas Ferramola. (1951). Actas de la XV semana de geografía. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Filosofía y Letra. Instituto de Historia y Disciplinas Auxiliares. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos. San Juan- Mendoza-San Luis.
- 29- Ayres, Q.C. (1960). La erosión del suelo y su control. Omega. 442 p.
- 30- Riesgo de erosión. Metodología del modelo. En: <http://www.vitoria-gasteiz.org/w24/docs/ceac/siam/tabmetod/geoedafo/reros.pdf>
- 31- Índice de Vulnerabilidad Ambiental. En: [www.gisweb.ciat.cgisr.org/vulnerabilidad/ambiental.htm](http://www.gisweb.ciat.cgisr.org/vulnerabilidad/ambiental.htm).

- 32- Gómez Alfaro, Julio Cesar. (2006) Índice de vulnerabilidad a la erosión hídrica. Programa de ordenamiento ecológico territorial de la subcuenca del Río Lagartero. México.
- 33- Muñoz-Pedrero, A. (2004). La evaluación del paisaje: una herramienta de gestión ambiental. Revista Chilena de Historia Natural 77. pág. 139-156.
- 34- Pérez, Gabriel. (2002). Análisis de la vulnerabilidad de los recursos ambientales del área “Cuenca de Maure” a través del uso de las herramientas SIG (Sistemas de información geográfica). Tesina de licenciatura en gestión ambiental. Universidad de Congreso, Mendoza.
- 35- Gobierno del estado de México. (2003). Programa de ordenamiento ecológico cuenca Valle de Bravo-Amanalco. Modelo de ordenamiento ecológico. Publicado en la Gaceta del Gobierno, 30 de octubre del 2003.
- 36- Montoya Ayala, Raymundo.; García Palomares, J.C. y J. Padilla Ramírez. (2004). Utilización de un SIG para la determinación del impacto ambiental generado por actividades agrícolas, ganaderas e industriales: El caso del Valle de Zapotatlán en la reserva de la biosfera de Tehuacán Cuicatlán. Boletín de la A.G.E. N°38, pág. 115-129.
- 37- Fragilidad de la vegetación. Metodología del modelo. En: <http://www.vitoria-gasteiz.org/w24/docs/ceac/siam/tabmetod/biotopos/fragveg.pdf>
- 38- Marull, J. (2005). Metodología paramétricas para la evaluación ambiental estratégica. Ecosistemas. 2005/2.
- 39- Pérez González, Lidia. Y Jose R. Martí Vargas. (2002). La valoración de la fragilidad visual del paisaje en la planificación territorial. I Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente. pág. 1441-1456.
- 40- La parametrización de los fenómenos ambientales: El caso del IFE. ERF gestión y comunicación ambiental, Barcelona.
- 41- Fragilidad del paisaje. Metodología del modelo. en: <http://www.vitoria-gasteiz.org/w24/docs/ceac/siam/tabmetod/paisaje/fragpais.pdf>
- 42- Llovet Lopez, J. (2006). Degradación del suelo posterior al fuego en condiciones mediterráneas. Identificación de factores de riesgo. Ecosistemas. 2006/3.



- 43- Verzino, Graciela; Joseau, Jacqueline; Dorado, Mónica; Gellert, Edgardo; Rodríguez Reartes, Sandra y Raúl Nóbile (2005). “Impacto de los incendios sobre la diversidad vegetal, Sierras de Córdoba, Argentina”. *Ecología Aplicada*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Vol 4, Pág. 25-34.
- 44- Fídel, Lionel S. y Zavala, Bilberto, C. (2006). Susceptibilidad a los movimientos de remoción en masa en la cuenca de la quebrada Hualanga. Pataz, La Libertad. XIII Congreso Peruano de Geología. Sociedad Geológica del Perú. Pág. 119-122.
- 45- Mateo, J. (1991): *Geoecología de los Paisajes*. Universidad Central de Caracas. Monografía.
- 46- Cruz, C. B. M.; Teixeira, A. J. A.; Barros, R. S.; Argento, M. S. F.; Mayr, L. M. y P.M.L Menezes. (1998). Carga antropica da bacia hidrografica da baia de Guanabara. IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR Santos – SP.
- 47- De Dios Centeno, J.; Fraile, M.J.; Otero, M.A. y Pividal, A.J. (1994): *Geomorfología Práctica. Ejercicios de fotointerpretación y planificación geoambiental*. Madrid, Ed. Rueda, 66 p.
- 48- Hyndman, R.J. (1995): “The problem with Sturges’ rule for constructing histograms”. Australia, Monash University.  
[In:www.buseco.monash.edu.au/~hyndman/papers/sturges.pdf](http://www.buseco.monash.edu.au/~hyndman/papers/sturges.pdf).



# **ANEXO I**

## Principales funciones del SIG “ILWIS 3.4”

Función *Filter majority*: Es utilizado en mapas raster donde cada valor del píxel del mapa se reemplaza con un nuevo valor a los efectos de eliminar píxeles solitarios y tener una mejor lectura del mapa. El nuevo valor se obtiene aplicando una función que permite asignar el valor predominante de su entorno a cada píxel central. Este entorno normalmente son los 8 píxeles adyacentes (en un filtro de 3 x 3) o los 24 píxeles circundantes (en un filtro de 5 x 5).

Función *Cross*: La función cross realiza una superposición de dos mapas raster, comparando los píxeles de las mismas posiciones; obteniendo todas las combinaciones posibles entre los valores de los píxeles del primer mapa y aquellos píxeles del segundo mapa. De este cruce se obtiene un mapa y una tabla con las combinaciones resultantes. La tabla de cruce además de dichas combinaciones incluye la cantidad de píxeles de cada combinación y el área de cada combinación.

Mapa 1	Mapa 2	Mapa 3																																																																								
<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 80px; height: 80px;"> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> </table>	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 80px; height: 80px;"> <tr><td>1</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>5</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>5</td><td>5</td><td>4</td><td>4</td></tr> </table>	1	1	3	3	1	1	2	3	2	2	2	3	4	2	2	3	5	4	4	3	5	5	4	4	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 80px; height: 80px;"> <tr><td>1_1</td><td>1_1</td><td>1_3</td><td>1_3</td></tr> <tr><td>1_1</td><td>1_1</td><td>2_2</td><td>2_3</td></tr> <tr><td>1_2</td><td>1_2</td><td>2_2</td><td>2_3</td></tr> <tr><td>1_4</td><td>2_2</td><td>2_2</td><td>2_3</td></tr> <tr><td>2_5</td><td>2_4</td><td>3_4</td><td>3_3</td></tr> <tr><td>3_5</td><td>3_5</td><td>3_4</td><td>3_4</td></tr> </table>	1_1	1_1	1_3	1_3	1_1	1_1	2_2	2_3	1_2	1_2	2_2	2_3	1_4	2_2	2_2	2_3	2_5	2_4	3_4	3_3	3_5	3_5	3_4	3_4
1	1	1	1																																																																							
1	1	2	2																																																																							
1	1	2	2																																																																							
1	2	2	2																																																																							
2	2	3	3																																																																							
3	3	3	3																																																																							
1	1	3	3																																																																							
1	1	2	3																																																																							
2	2	2	3																																																																							
4	2	2	3																																																																							
5	4	4	3																																																																							
5	5	4	4																																																																							
1_1	1_1	1_3	1_3																																																																							
1_1	1_1	2_2	2_3																																																																							
1_2	1_2	2_2	2_3																																																																							
1_4	2_2	2_2	2_3																																																																							
2_5	2_4	3_4	3_3																																																																							
3_5	3_5	3_4	3_4																																																																							

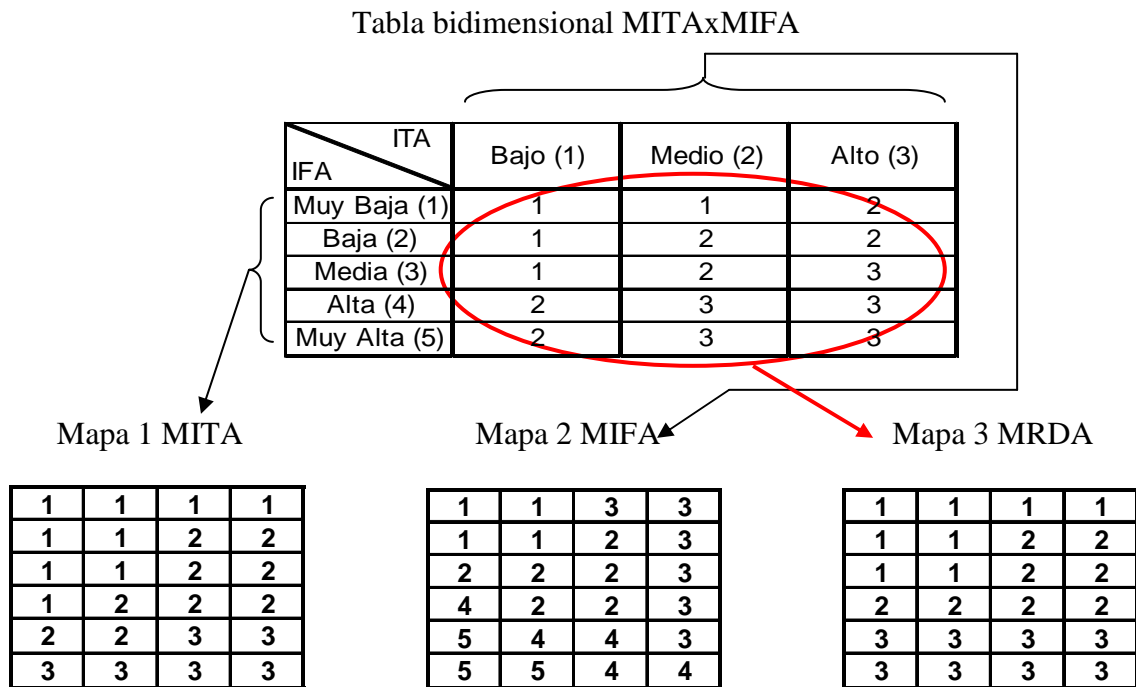
Tabla del cruce del mapa 1 y el mapa 2

Combinacion	Mapa 1	Mapa 2	N° pixel	Area
1_1	1	1	4	
1_2	1	2	2	
1_3	1	3	2	
1_4	1	4	1	
1_5	1	5	0	
2_1	2	1	0	
2_2	2	2	4	
2_3	2	3	3	
2_4	2	4	1	
2_5	2	5	1	
3_1	3	1	0	
3_2	3	2	0	
3_3	3	3	1	
3_4	3	4	3	
3_5	3	5	2	

Función *resample*: Esta función reelabora un mapa raster cambiando el tamaño del píxel de su georeferencia original según la estructura de otra georeferencia designada. La coordenada de cada píxel de salida se obtiene calculando un nuevo valor de las coordenadas con los valores del píxel del mapa de entrada. En las operaciones

raster (por ejemplo attribute map, Cross), todos los mapas raster de entrada deben tener la misma georeferencia para poder trabajar algebraicamente con los mapas.

Función *2 dimensional table*: Una tabla bidimensional se usa para combinar dos mapas raster, definiendo un valor por cada posible combinación entre los valores de los píxeles. Ej: Siendo el mapa 1 el MITA y el mapa 2 el MIFA, mediante la tabla bidimensional MITAxMIFA se obtiene el mapa resultante 3 MRDA.



Función *NDVI*: Los valores del NDVI son una medida de la presencia y/o condición de la vegetación. La función NDVI aplica la siguiente formula:  $(b-a)/(b+a)$  en cada píxel de la imagen El valor “a” es la banda del satélite que contiene los valores de reflectancia del rojo visible (banda 3 del Landsat TM) El valor b es la banda del satélite que contiene los valores de reflectancia del infrarrojo cercano (banda 4 del Landsat TM), al aplicar la formula se tiene un mapa resultante donde los valores de los píxeles oscilan entre -1 y 1, las áreas vegetadas generalmente obtendrán los valores altos debido a su reflectancia en la banda 4, infrarrojo cercano, es relativamente alta y la reflectancia en la banda 3, rojo visible, es relativamente baja. En contraste, el agua, las nubes y la nieve tienen mayor reflectancia en la banda 3 que en la banda 4. Así, estas características muestran los valores del índice negativos. Las rocas y las áreas con suelo desnudo tienen la reflectancia similar en las dos bandas y producen los valores cercanos a cero.

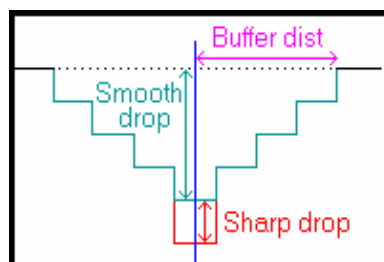
Función *Attribute Map*: Un mapa raster, puede tener un atributo como información extra sobre los valores del mapa, estos atributos se guardan en columnas en una tabla de atributos unida al mapa que le dio origen, estas columnas se pueden representar en mapa del atributo del mapa raster, el valor o nombre de la clase de cada píxel en el mapa original se reemplaza por el valor o nombre encontrado en la columna de la tabla de atributos.

Función *slicing*: Un mapa raster, de valores continuos se puede reclasificar agrupando los píxeles del mapa de entrada en rangos de valores, obteniendo un mapa de salida que representa los rangos de valores mediante la agrupación de los valores continuos. Ej: en mapa que posee valores continuos del 1 al 10, con dicha función se lo puede clasificar en dos rango del 1 al 5 y del 5 al 10.

Función *slope*: Permite obtener un mapa de pendiente, en grados o en porcentaje a partir de la interpolación del mapa de curvas de nivel o un DEM, mediante el calculo de derivadas.

Función *DEM\_optimization*: consiste en utilizar la red de drenaje para acentuar los cauces con mas precisión obteniendo una mejor representación de las zonas de valles, se considera el drenaje jerarquizado según el Buffer\_dist, Sharp\_drop y el Smooth\_drop.

Figura representativa de Buffer\_dist, Sharp\_drop y el Smooth\_drop



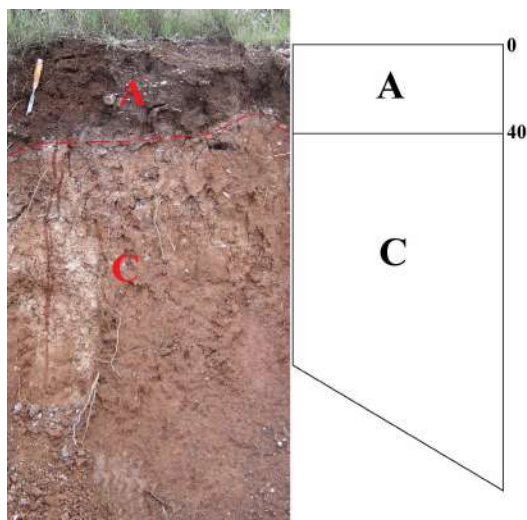
# ANEXO

## II

## Planillas de caracterización de suelos

<b>N° Observ.</b>	Muestra 1
<b>Status</b>	1 2 3 4 5
<b>Autor</b>	Luciano Andrade, Guillermo Ojeda
<b>Unidad GP</b>	Lomadas terciarias
<b>Ubicación</b>	De la entrada al pueblo 300 m, camino vecinal al este 1500m
<b>FA. N°</b>	
<b>Horizontes diagnósticos</b>	A, C.
<b>WRB grupo de suelo</b>	
<b>WRB 2do. Nivel</b>	
<b>Observaciones</b>	
Perfil suelo Ladera, Ladera con erosión laminar, pedestal. Muestra laboratorio M1A	

DIBUJO



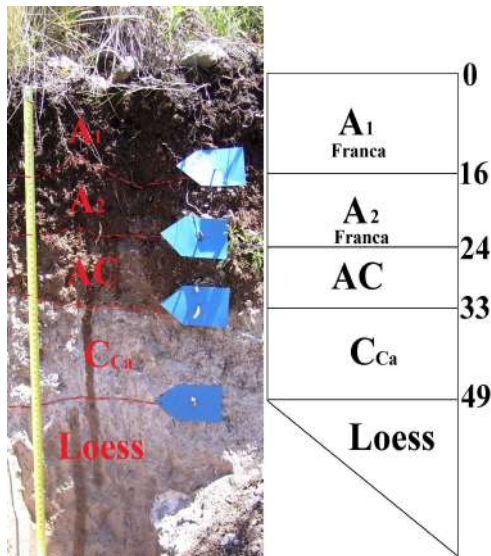
<b>Latitud (X)</b>	3 479 244
<b>Longitud (Y)</b>	6 325 177
<b>Elevación</b>	
<b>Material parental o tipo de rocas</b>	Depósitos coluviales
<b>Topografía</b>	LL MP SO OT (OD) SE FS MO
<b>Angulo de pendiente</b>	1 2 3 4 5 (6) 7 8 9 10
<b>Forma de pendiente</b>	(RE) CO CX ET CO
<b>Long. de pendiente</b>	OO (MC) CO ME LA ML
<b>Aspecto</b>	N S E O NE SE NO (SO)
<b>Micro-topografía</b>	SM (DA1) DA2 DA3 ON TE
<b>Uso de la tierra</b>	(SU) CC AG PA FN AU GA RN
<b>Cultivos</b>	MA SO CE TR SE SJ
<b>Influencia Humana</b>	OO DE VP VM VF FE AR (QE)
<b>Vegetación</b>	SV PA SE BO MO (SA)
<b>% cobertura</b>	0 (1) 2 3 4
<b>Prof. Efect. del suelo</b>	(1) 2 3 4 5
<b>Afloram. Rocosos</b>	NO MP PO (CO) MU AB DO
<b>Distancia entre aflor.</b>	1 2 3 (4) 5
<b>Fragm. superficiales</b>	NO MP PO CO MU (AB) DO
<b>Tamaño frag. Sup.</b>	GF GM GG (MG) BL GB
<b>Erosión Cat. Princip.</b>	SE (EH) EE MM NC
<b>Subtipos</b>	(EL) ES CA ET AM
<b>Area afectada</b>	0 1 2 3 (4) 5
<b>Actividad</b>	(AA) AP AH NC ND
<b>Grado</b>	LI (MO) SE EX
<b>Sell.sup.- espesor</b>	NO (FI) ME GR MG
<b>Sell. Sup-consistencia</b>	(LD) DU MD ED
<b>Grietas superficiales</b>	FI ME AN MA EA
<b>Dist. entre grietas</b>	ME PE MS AS MS
<b>% cubierto por sales</b>	0 1 2 3 4
<b>Espesor (sales)</b>	NO DE ME GR MG
<b>Clases de drenaje</b>	(ED) AE BD MD ID PD MP
<b>Saturación</b>	NS (RS) SC SL SS NC
<b>Permeabilidad</b>	EL LL LE ML (MR RA) RR
<b>Drenaje externo</b>	UN ML LE MR (RA)
<b>Frecu. Inundaciones</b>	(NO) DE SE ME AN X1 X2 X3 NC
<b>Duración</b>	1 2 3 4 5 6 7
<b>Profundidad</b>	1 2 3 4 5
<b>Agua subterr. Profu.</b>	(NO) NP PP MP PR YP
<b>Calidad</b>	SA DU PO OX ES
<b>Humedad</b>	SE AH (HU) MO



<b>Límites</b>	<b>Sup.</b>		0 cm						
	<b>Inf.</b>		40 cm						
	<b>Tipo</b>	AB CL GR DI	AB						
	<b>Forma</b>	SU ON IR QU	ON						
<b>Color</b>	<b>húmedo</b>		5YR 3/4						
	<b>seco</b>								
<b>Estructura</b>	<b>Tipo</b>	GS MA GR PR PS CO BA BS BC BC BP PL ER EE	BS						
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR MG	FI ME						
	<b>Grado</b>	MD DE MO FU MF	DE						
<b>Textura</b>									
<b>Consistencia</b>	<b>en seco</b>	SU BL LD DU MD ED	BL						
	<b>en húmedo</b>	SU MF FR FI MF EF	FR						
	<b>Adhesividad</b>	NA LA AD MA	LA						
	<b>Plasticidad</b>	NP LP PL MP	NP						
<b>Frag. Roca</b>	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU AB DO	CO						
	<b>Tamaño</b>	GF GM GG SG BL GB	GF						
	<b>Forma</b>	PL AN SR RE	AN						
	<b>Meteoriz.</b>	FR ME MM	FR						
	<b>Naturaleza</b>								
<b>Poros</b>	<b>Tipo</b>	IN VE VA CA PL	IN						
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR MG	FI						
	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU	CO						
	<b>Porosidad</b>	MB BA ME AL MA	ME AL						
<b>Motas</b>	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU AB							
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR							
	<b>Contraste</b>	DE PR SO							
	<b>Límites</b>	MA CL DI							
	<b>Color</b>								
<b>Cutanes</b>	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU AB DO							
	<b>Contraste</b>	TE MA PR							
	<b>Naturaleza</b>	AR AS AH FP SL SF							
	<b>Ubicación</b>	CA VA HA FG BA PO NE							
<b>Nódulos</b>	<b>Abundancia</b>	NO PO CO MU AB DO							
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR							
	<b>Dureza</b>	DU BL DB							
	<b>Forma</b>	RE EL PL IR AN							
	<b>Naturaleza</b>	CR CO SO NO RE							
<b>Rai- ces</b>	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU	MU						
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR	FI						
<b>Activ. Bioló- gica</b>	<b>Abund</b>	NO PO CO MU	PO						
	<b>Tipo</b>	AR MA MB MR CA TL PT TE OT							
<b>Carbonato (HCL)</b>		NO PC MC FC EC	FC						
<b>PH</b>									
<b>Símbolo Horizon.</b>			A						

<b>N° Observ.</b>	Muestra 2
<b>Status</b>	1 2 3 4 5
<b>Autor</b>	Luciano Andrade, Guillermo Oieda
<b>Unidad GP</b>	Complejo serrano sa3
<b>Ubicación</b>	De la entrada al pueblo 300 m, al este 1500m por el camino vecinal y 300 m al Norte subiendo por el cerro
<b>FA. N°</b>	
<b>Horizontes diagnósticos</b>	A1, A2, AC, Cca
<b>WRB grupo de suelo</b>	
<b>WRB 2do. Nivel</b>	
<b>Observaciones</b>	
Muestra de laboratorio M2 A1 y A2 Veg. Monte bajo 1,5 m	

**DIBUJO**

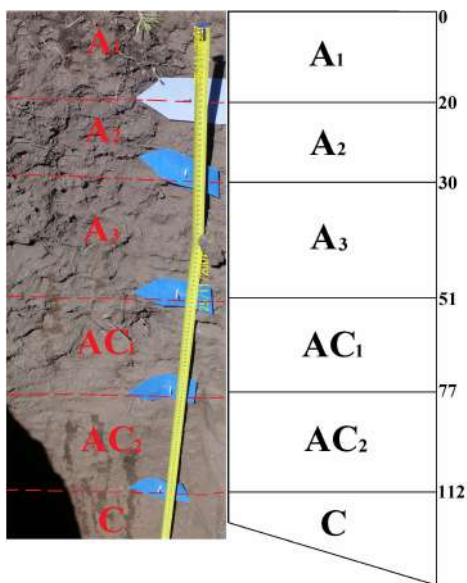


<b>Latitud (X)</b>	3 479 406
<b>Longitud (Y)</b>	6 325 266
<b>Elevación</b>	
<b>Material parental o tipo de rocas</b>	Depósitos coluviales
<b>Topografía</b>	LL MP SO OT OD (SE) FS MO
<b>Angulo de pendiente</b>	1 2 3 4 5 6 7 8 (9) 10
<b>Forma de pendiente</b>	(RE) CO CX ET CO
<b>Long. de pendiente</b>	OO MCC (CO) ME LA ML
<b>Aspecto</b>	N SE O NE (SE) NO SO
<b>Micro-topografía</b>	SM (DA1) DA2 DA3 ON TE
<b>Uso de la tierra</b>	(VN) CC AG PA FN AU (GA) RN
<b>Cultivos</b>	MA SO CE TR SE SJ
<b>Influencia Humana</b>	OO (DE) VP VM VF FE AR (QE)
<b>Vegetación</b>	SV PA SE BO (MO) SA
<b>% cobertura</b>	0 1 (2) 3 4
<b>Prof. Efect. del suelo</b>	1 (2) 3 4 5
<b>Afloram. Rocosos</b>	NO MP PO CO MU (AB) DO
<b>Distancia entre aflor.</b>	1 2 (3) 4 5
<b>Fragm. superficiales</b>	NO MP PO CO MU (AB) DO
<b>Tamaño frag. Sup.</b>	GF GM GG MG (BL) GB
<b>Erosión Cat. Princip.</b>	SE (EH) EE MM NC
<b>Subtipos</b>	(EL) ES CA ET AM
<b>Area afectada</b>	0 (1) 2 3 4 5
<b>Actividad</b>	AA AP AH NC ND
<b>Grado</b>	LI (MO) SE EX
<b>Sell.sup.- espesor</b>	NO (FI) ME GR MG
<b>Sell. Sup-consistencia</b>	(LD) DU MD ED
<b>Grietas superficiales</b>	FI ME AN MA EA
<b>Dist. entre grietas</b>	ME PE MS AS MS
<b>% cubierto por sales</b>	0 1 2 3 4
<b>Espesor (sales)</b>	NO DE ME GR MG
<b>Clases de drenaje</b>	ED (AE) BD MD ID PD MP
<b>Saturación</b>	NS (RS) SC SL SS NC
<b>Permeabilidad</b>	EL LL LE ML (MR) RA RR
<b>Drenaje externo</b>	UN ML LE MR (RA)
<b>Frecu. Inundaciones</b>	(NO) DE SE ME AN X1 X2 X3 NC
<b>Duración</b>	1 2 3 4 5 6 7
<b>Profundidad</b>	1 2 3 4 5
<b>Agua subterr. Profu.</b>	(NO) NP PP MP PR YP
<b>Calidad</b>	SA DU PO OX ES
<b>Humedad</b>	SE AH (HU) MO
	Hasta los 33 cm aprox. húmedo a mayor profundidad seco

<b>Límites</b>	<b>Sup.</b>		0 cm	16 cm	24 cm	33 cm			
	<b>Inf.</b>		16 cm	24 cm	33 cm	49 cm			
	<b>Tipo</b>	AB CL GR DI	CL	AB	AB	AB	AB		
	<b>Forma</b>	SU ON IR QU	SU	SU	SU	ON			
<b>Color</b>	<b>húmedo</b>		10YR 3/2	10YR 3/4					
	<b>seco</b>				10YR 5/4	10YR 7/2			
<b>Estructura</b>	<b>Tipo</b>	GS MA GR PR PS CO BA BS BC BC BP PL ER EE	BS	BS	BS	BS			
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR MG	ME	ME	ME	ME			
	<b>Grado</b>	MD DE MO FU MF	DE	DE	DE	DE			
<b>Textura</b>									
<b>Consistencia</b>	<b>en seco</b>	SU BL LD DU MD ED			LG	DU			
	<b>en húmedo</b>	SU MF FR FI MF EF	BL	BL					
	<b>Adhesividad</b>	NA LA AD MA	LA	LA	LA	LA			
	<b>Plasticidad</b>	NP LP PL MP	LP	LP	LP	LP			
<b>Frag. Roca</b>	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU AB DO	AB	AB	AB	AB			
	<b>Tamaño</b>	GF GM GG SG BL GB	GF GM	GF GM	GF GM	GF GM			
	<b>Forma</b>	PL AN SR RE	AN	AN	AN	AN			
	<b>Meteoriz.</b>	FR ME MM							
<b>Poros</b>	<b>Naturaleza</b>								
	<b>Tipo</b>	IN VE VA CA PL	IN	IN	IN	IN			
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR MG	FI	FI					
	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU	CO	CO					
<b>Motas</b>	<b>Porosidad</b>	MB BA ME AL MA	ME AL	ME AL					
	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU AB							
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR							
	<b>Contraste</b>	DE PR SO							
	<b>Límites</b>	MA CL DI							
<b>Cutanes</b>	<b>Color</b>								
	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU AB DO							
	<b>Contraste</b>	TE MA PR							
	<b>Naturaleza</b>	AR AS AH FP SL SF							
<b>Nódulos</b>	<b>Ubicación</b>	CA VA HA FG BA PO NE							
	<b>Abundancia</b>	NO PO CO MU AB DO							
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR							
	<b>Dureza</b>	DU BL DB							
	<b>Forma</b>	RE EL PL IR AN							
<b>Raíces</b>	<b>Naturaleza</b>	CR CO SO NO RE							
	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU	MU	MU	PO	MP			
<b>Activ. Biológica</b>	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR	ME FI	ME FI	FI	MF			
	<b>Abund</b>	NO PO CO MU	CO	CO	PO	PO			
<b>Tipo</b>	<b>Tipo</b>	AR MA MB MR CA TL PT TE OT	OT	OT					
	<b>Carbonato (HCL)</b>	NO PC MC FC EC	NO	NO	NO	FC	EC		
<b>PH</b>									
<b>Símbolo Horizon.</b>									
			A1	A2	ACk	Ck	Loess		

<b>N° Observ.</b>	Muestra 3
<b>Status</b>	1 2 3 4 5
<b>Autor</b>	Luciano Andrade, Guillermo Oieda
<b>Unidad GP</b>	Manto loessoides discontinuo
<b>Ubicación</b>	De la entrada al pueblo 300 m, al este 20000m por el camino vecinal y 50 m al Sur
<b>FA. N°</b>	
<b>Horizontes diagnósticos</b>	A1, A2, A3, AC1, AC2, C.
<b>WRB grupo de suelo</b>	
<b>WRB 2do. Nivel</b>	
<b>Observaciones</b>	
Muestras de laboratorio: M3A1, M3A2, M3A3, M3AC1, M3AC2, M3C. A1 Puede ser Ap. Gramilla carta, Pajas entre Los Arbustos. No hay Carbonatos.	

**DIBUJO**

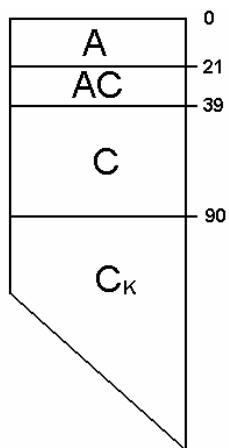


<b>Latitud (X)</b>	3 479 585
<b>Longitud (Y)</b>	6 325 048
<b>Elevación</b>	
<b>Material parental o tipo de rocas</b>	Loessoides
<b>Topografía</b>	(LL) MP SO OT OD SE FS MO
<b>Angulo de pendiente</b>	1 (2) 3 4 5 6 7 8 9 10
<b>Forma de pendiente</b>	(RE) CO CX ET CO
<b>Long. de pendiente</b>	OO MCC(O) ME LA ML
<b>Aspecto</b>	N (S) E O NE SE NO SO
<b>Micro-topografía</b>	SM (DA1) DA2 DA3 ON TE
<b>Uso de la tierra</b>	CC (AG) PA FN AU (GA) RN
<b>Cultivos</b>	MA SO CE TR SE SJ
<b>Influencia Humana</b>	OO DE VP VM (VF) FE AR (QE)
<b>Vegetación</b>	SV (PA) SE BO MO SA
<b>% cobertura</b>	0 1 (2) 3 4
<b>Prof. Efect. del suelo</b>	1 2 3 (4) 5
<b>Afloram. Rocosos</b>	NO MP PO CO MU (AB) DO
<b>Distancia entre aflor.</b>	1 2 (3) 4 5
<b>Fragm. superficiales</b>	NO (MP) PO CO MU AB DO
<b>Tamaño frag. Sup.</b>	GF GM (GG) MG BL GB
<b>Erosión Cat. Princip.</b>	SE (EH) EE MM NC
<b>Subtipos</b>	(EL) ES CA ET AM
<b>Area afectada</b>	0 (1) 2 3 4 5
<b>Actividad</b>	(AA) AP AH NC ND
<b>Grado</b>	(LI) MO SE EX
<b>Sell.sup.- espesor</b>	NO (FI) ME GR MG
<b>Sell. Sup-consistencia</b>	(LD) DU MD ED
<b>Grietas superficiales</b>	(FI) ME AN MA EA
<b>Dist. entre grietas</b>	ME PE MS AS MS
<b>% cubierto por sales</b>	0 1 2 3 4
<b>Espesor (sales)</b>	NO DE ME GR MG
<b>Clases de drenaje</b>	ED AE (BD) MD ID PD MP
<b>Saturación</b>	NS (RS) SC SL SS NC
<b>Permeabilidad</b>	EL LL LE (ML) MR RA RR
<b>Drenaje externo</b>	UN ML LE (MR) RA
<b>Frecu. Inundaciones</b>	(NO) DE SE ME AN X1 X2 X3 NC
<b>Duración</b>	1 2 3 4 5 6 7
<b>Profundidad</b>	1 2 3 4 5
<b>Agua subterr. Profu.</b>	(NO) NP PP MP PR YP
<b>Calidad</b>	SA DU PO OX ES
<b>Humedad</b>	SE AH (HU) MO

<b>Límites</b>	<b>Sup.</b>		0 cm	20 cm	30 cm	51 cm	77 cm	112 cm	
	<b>Inf.</b>		20 cm	30 cm	51 cm	77 cm	112 cm	xx cm	
	<b>Tipo</b>	AB CL GR DI	AB	CL	CL	CL	CL		
	<b>Forma</b>	SU ON IR QU	SU	SU	SU	SU	SU		
<b>Color</b>	<b>húmedo</b>		10YR 3/1	10YR 3/1	10YR 2/1	10YR 2/1	10YR 2/1	10YR 3/1	
	<b>seco</b>		10YR 3/2	10YR 3/2	10YR 4/1	10YR 4/2	10YR 4/2	10YR 4/3	
<b>Estructura</b>	<b>Tipo</b>	GS MA GR PR PS CO BA BS BC BC BP PL ER EE	GR	Más Consistente que A1 Posible piso de arado	PS (P3)	BS			
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR MG	MF		ME	FI			
	<b>Grado</b>	MD DE MO FU MF	DE		MO	DE			
<b>Textura</b>									
<b>Consistencia</b>	<b>en seco</b>	SU BL LD DU MD ED	BL	LG	BL	BL	BL	BL	
	<b>en húmedo</b>	SU MF FR FI MF EF	BL	BL	BL	BL	BL	SU	
	<b>Adhesividad</b>	NA LA AD MA	AD	AD	AD	AD	AD	NO	
	<b>Plasticidad</b>	NP LP PL MP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	
<b>Frag. Roca</b>	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU AB DO	MP		AB	AB			
	<b>Tamaño</b>	GF GM GG SG BL GB	GF		GF GM	GF GM			
	<b>Forma</b>	PL AN SR RE	Sub AN	Sub AN	Sub AN	Sub AN	Sub AN	Sub AN	
	<b>Meteoriz.</b>	FR ME MM							
	<b>Naturaleza</b>								
<b>Poros</b>	<b>Tipo</b>	IN VE VA CA PL	IN		IN	IN			
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR MG	FI						
	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU	CO						
	<b>Porosidad</b>	MB BA ME AL MA	ME AL						
<b>Motas</b>	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU AB							
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR							
	<b>Contraste</b>	DE PR SO							
	<b>Límites</b>	MA CL DI							
	<b>Color</b>								
<b>Cutanes</b>	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU AB DO							
	<b>Contraste</b>	TE MA PR							
	<b>Naturaleza</b>	AR AS AH FP SL SF							
	<b>Ubicación</b>	CA VA HA FG BA PO NE							
<b>Nódulos</b>	<b>Abundancia</b>	NO PO CO MU AB DO							
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR							
	<b>Dureza</b>	DU BL DB							
	<b>Forma</b>	RE EL PL IR AN							
	<b>Naturaleza</b>	CR CO SO NO RE							
<b>Raíces</b>	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU	MU	CO	CO	PO	MP	MP	
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR	MF	MF	FI	FI	FI	FI	
<b>Activ. Biológica</b>	<b>Abund</b>	NO PO CO MU	CO	PO	PO	PO	NO	NO	
	<b>Tipo</b>	AR MA MB MR CA TL PT TE OT	OT	OT					
<b>Carbonato (HCL)</b>		NO PC MC FC EC	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
<b>PH</b>									
<b>Símbolo Horizon.</b>			A1 o Ap	A2	A3	AC1	AC2	C	

<b>N° Observ.</b>	Muestra 4
<b>Status</b>	1 2 3 4 5
<b>Autor</b>	Luciano Andrade.
<b>Unidad GP</b>	Manto loessoides discontinuo
<b>Ubicación</b>	Del Puente del circuito 1000 mts al oeste
<b>FA. N°</b>	
<b>Horizontes diagnósticos</b>	A, AC, C, C <sub>k</sub>
<b>WRB grupo de suelo</b>	
<b>WRB 2do. Nivel</b>	
<b>Observaciones</b>	
Muestras de laboratorio: M4A, M4AC, M4C, M4CK Perfil desarrollado sobre un corte de cárcava cavado 30 cm. Gramíneas cortas, desmontado	

**DIBUJO**

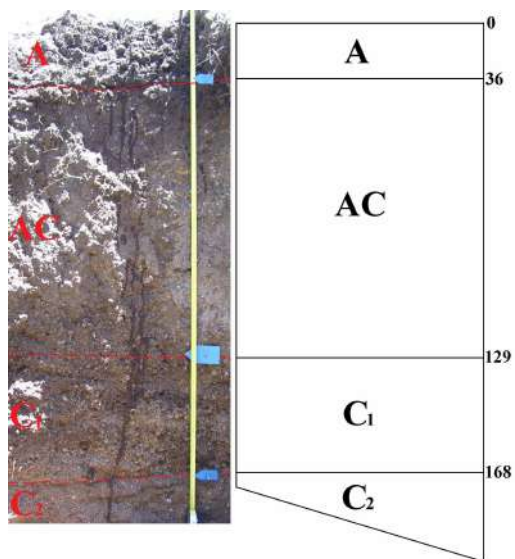


<b>Latitud (X)</b>	3 477 635
<b>Longitud (Y)</b>	6 325 098
<b>Elevación</b>	
<b>Material parental o tipo de rocas</b>	Loessoides
<b>Topografía</b>	LL (MP) SO OT OD SE FS MO
<b>Angulo de pendiente</b>	1 (2) 3 4 5 6 7 8 9 10
<b>Forma de pendiente</b>	(RE) CO CX ET CO
<b>Long. de pendiente</b>	OO MC CO ME LA (ML)
<b>Aspecto</b>	N SE O NE (SE) NO SO
<b>Micro-topografía</b>	(SM) DA1 DA2 DA3 ON TE
<b>Uso de la tierra</b>	(VN) CC AG PA FN AU (GA) RN
<b>Cultivos</b>	MA SO CE TR SE SJ
<b>Influencia Humana</b>	OO DE VP VM (VF) FE AR QE
<b>Vegetación</b>	SV PA SE BO MO (SA)
<b>% cobertura</b>	0 1 2 3 (4)
<b>Prof. Efect. del suelo</b>	1 2 3 (4) 5
<b>Afloram. Rocosos</b>	NO MP PO (CO) MU AB DO
<b>Distancia entre aflor.</b>	(1) 2 3 4 5
<b>Fragm. superficiales</b>	NO MP PO (CO) MU AB DO
<b>Tamaño frag. Sup.</b>	(GF) GM GG MG BL GB
<b>Erosión Cat. Princip.</b>	SE (EH) EE MM NC
<b>Subtipos</b>	(EL) ES CA ET AM
<b>Area afectada</b>	0 (1) 2 3 4 5
<b>Actividad</b>	(AA) AP AH NC ND
<b>Grado</b>	LI MO SE EX
<b>Sell.sup.- espesor</b>	NO FI ME GR MG
<b>Sell. Sup-consistencia</b>	LD DU MD ED
<b>Grietas superficiales</b>	FI ME AN MA EA
<b>Dist. entre grietas</b>	ME PE MS AS MS
<b>% cubierto por sales</b>	0 1 2 3 4
<b>Espesor (sales)</b>	NO DE ME GR MG
<b>Clases de drenaje</b>	ED (AE) (BD) MD ID PD MP
<b>Saturación</b>	NS (RS) SC SL SS NC
<b>Permeabilidad</b>	EL LL LE (ML) MR RA RR
<b>Drenaje externo</b>	UN ML LE (MR) RA
<b>Frecu. Inundaciones</b>	(NO) DE SE ME AN X1 X2 X3 NC
<b>Duración</b>	1 2 3 4 5 6 7
<b>Profundidad</b>	1 2 3 4 5
<b>Agua subterr. Profu.</b>	(NO) NP PP MP PR YP
<b>Calidad</b>	SA DU PO OX ES
<b>Humedad</b>	(SE) AH HU MO

<b>Límites</b>	<b>Sup.</b>		0 cm	21 cm	39 cm	90 cm			
	<b>Inf.</b>		21 cm	39 cm	90 cm				
	<b>Tipo</b>	AB CL GR DI	CL	AB	CL	CL			
	<b>Forma</b>	SU ON IR QU	SU	SU	SU	SU			
<b>Color</b>	<b>húmedo</b>		10YR 3/2	10YR 3/2	10YR 3/2	10YR 4/2			
	<b>seco</b>			10YR 4/2	10YR 5/3	10YR 5/3			
<b>Estructura</b>	<b>Tipo</b>	GS MA GR PR PS CO BA BS BC BC BP PL ER EE	BS	BS	BS	BA			
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR MG	FI	FI	FI	ME			
	<b>Grado</b>	MD DE MO FU MF	DE	DE	MO	MO			
<b>Textura</b>			arenolimoso	arenolimoso	arenolimoso	arenolimoso			
<b>Consistencia</b>	<b>en seco</b>	SU BL LD DU MD ED	BL	BL	LD	LD			
	<b>en húmedo</b>	SU MF FR FI MF EF	MF	MF	MF	MF			
	<b>Adhesividad</b>	NA LA AD MA	NA	NA	LA	LA			
	<b>Plasticidad</b>	NP LP PL MP	NP	NP	NP	LP			
<b>Frag. Roca</b>	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU AB DO	AB	AB	AB	DO			
	<b>Tamaño</b>	GF GM GG SG BL GB	GF	GF	GM	GM			
	<b>Forma</b>	PL AN SR RE	Sub AN	Sub AN	Sub AN	Sub AN			
	<b>Meteoriz.</b>	FR ME MM							
	<b>Naturaleza</b>								
<b>Poros</b>	<b>Tipo</b>	IN VE VA CA PL							
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR MG							
	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU							
	<b>Porosidad</b>	MB BA ME AL MA							
<b>Motas</b>	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU AB							
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR							
	<b>Contraste</b>	DE PR SO							
	<b>Límites</b>	MA CL DI							
	<b>Color</b>								
<b>Cutanes</b>	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU AB DO							
	<b>Contraste</b>	TE MA PR							
	<b>Naturaleza</b>	AR AS AH FP SL SF							
	<b>Ubicación</b>	CA VA HA FG BA PO NE							
<b>Nódulos</b>	<b>Abundancia</b>	NO PO CO MU AB DO							
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR							
	<b>Dureza</b>	DU BL DB							
	<b>Forma</b>	RE EL PL IR AN							
	<b>Naturaleza</b>	CR CO SO NO RE							
<b>Raíces</b>	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU	CO	CO	PO	MP			
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR	MF	FI	FI	FI			
<b>Activ. Biológica</b>	<b>Abund</b>	NO PO CO MU	CO	PO	PO	NO			
	<b>Tipo</b>	AR MA MB MR CA TL PT TE OT							
<b>Carbonato (HCL)</b>		NO PC MC FC EC	NO	NO	NO	FC			
<b>PH</b>									
<b>Símbolo Horizon.</b>			A	AC	C	Ck			

<b>N° Observ.</b>	Muestra 5
<b>Status</b>	1 2 3 4 5
<b>Autor</b>	Luciano Andrade.
<b>Unidad GP</b>	Complejo serrano sub a6
<b>Ubicación</b>	Por el camino a La Punta 2000 m, y 300 m al este.
<b>FA. N°</b>	
<b>Horizontes diagnósticos</b>	A, AC, C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub>
<b>WRB grupo de suelo</b>	
<b>WRB 2do. Nivel</b>	
<b>Observaciones</b>	
Muestras de laboratorio: M5A, M5AC, M5C1, M5C2 Perfil desarrollado sobre un corte de cárcava cavado 50 cm. Gramíneas cortas	

**DIBUJO**



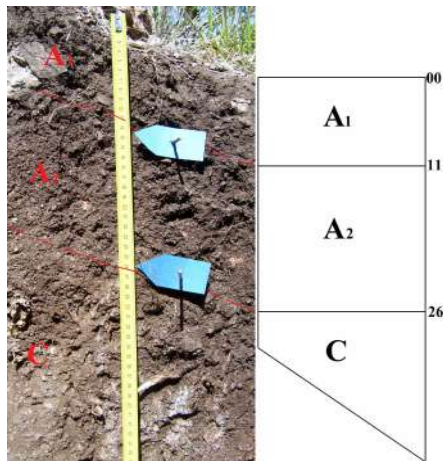
<b>Latitud (X)</b>	3 477 059
<b>Longitud (Y)</b>	6 327 434
<b>Elevación</b>	
<b>Material parental o tipo de rocas</b>	Loessoides y coluvial
<b>Topografía</b>	(LL) MP SO OT OD SE FS MO
<b>Angulo de pendiente</b>	1 (2) 3 4 5 6 7 8 9 10
<b>Forma de pendiente</b>	(RE) CO CX ET CO
<b>Long. de pendiente</b>	OO MC CO (ME) LA ML
<b>Aspecto</b>	N SE O NE SE NO (SO)
<b>Micro-topografía</b>	SM (DA1) DA2 DA3 ON TE
<b>Uso de la tierra</b>	CC AG PA FN AU (GA) RN
<b>Cultivos</b>	MA SO CE TR SE SJ
<b>Influencia Humana</b>	OO DE VP VM (VF) FE AR QE
<b>Vegetación</b>	SV (PA) SE BO MO SA
<b>% cobertura</b>	0 1 2 3 (4)
<b>Prof. Efect. del suelo</b>	1 2 3 4 5
<b>Afloram. Rocosos</b>	NO MP PO CO (MU) AB DO
<b>Distancia entre aflor.</b>	(1) 2 3 4 5
<b>Fragm. superficiales</b>	NO MP (PO) CO MU AB DO
<b>Tamaño frag. Sup.</b>	(GF) (GM) GG MG BL GB
<b>Erosión Cat. Princip.</b>	SE (EH) EE MM NC
<b>Subtipos</b>	(EL) ES CA ET AM
<b>Area afectada</b>	0 (1) 2 3 4 5
<b>Actividad</b>	(AA) AP AH NC ND
<b>Grado</b>	LI MO SE EX
<b>Sell.sup.- espesor</b>	(NO) FI ME GR MG
<b>Sell. Sup-consistencia</b>	LD DU MD ED
<b>Grietas superficiales</b>	FI ME AN MA EA
<b>Dist. entre grietas</b>	ME PE MS AS MS
<b>% cubierto por sales</b>	0 1 2 3 4
<b>Espesor (sales)</b>	NO DE ME GR MG
<b>Clases de drenaje</b>	ED (AE) BD MD ID PD MP
<b>Saturación</b>	NS (RS) SC SL SS NC
<b>Permeabilidad</b>	EL LL LE ML MR RA RR
<b>Drenaje externo</b>	UN ML LE (MR) RA
<b>Frecu. Inundaciones</b>	(NO) DE SE ME AN X1 X2 X3 NC
<b>Duración</b>	1 2 3 4 5 6 7
<b>Profundidad</b>	1 2 3 4 5
<b>Agua subterr. Profu.</b>	NO NP PP MP PR YP
<b>Calidad</b>	SA DU PO OX ES
<b>Humedad</b>	(SE) AH HU MO



<b>Límites</b>	<b>Sup.</b>		0 cm	36 cm	129 cm	168 cm			
	<b>Inf.</b>		36 cm	129 cm	168 cm				
	<b>Tipo</b>	AB CL GR DI	AB	GR	AB	AB			
	<b>Forma</b>	SU ON IR QU	SU	ON	SU	SU			
<b>Color</b>	<b>húmedo</b>		10YR 2/1	10YR 3/2	10YR 3/2	10YR 3/2			
	<b>seco</b>			10YR 4/2	10YR 4/2	10YR 5/4			
<b>Estructura</b>	<b>Tipo</b>	GS MA GR PR PS CO BA BS BC BC BP PL ER EE	BA	BA	BA	BA			
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR MG	ME	ME	FI	ME			
	<b>Grado</b>	MD DE MO FU MF	DE	MO	MD	DE			
<b>Textura</b>			arenolimoso	arenolimoso	arenolimoso	arenolimoso			
<b>Consistencia</b>	<b>en seco</b>	SU BL LD DU MD ED	BL	MD	BL	LG			
	<b>en húmedo</b>	SU MF FR FI MF EF	MF	MF	MF	MF			
	<b>Adhesividad</b>	NA LA AD MA	LA	AD	NA	AD			
	<b>Plasticidad</b>	NP LP PL MP	LP	LP	NP	LP			
<b>Frag. Roca</b>	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU AB DO	PO	CO	AB	DO			
	<b>Tamaño</b>	GF GM GG SG BL GB	GF	GM	GM	GM			
	<b>Forma</b>	PL AN SR RE	Sub AN	Sub AN	Sub AN	Sub AN			
	<b>Meteoriz.</b>	FR ME MM							
	<b>Naturaleza</b>								
<b>Poros</b>	<b>Tipo</b>	IN VE VA CA PL							
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR MG							
	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU							
	<b>Porosidad</b>	MB BA ME AL MA							
<b>Motas</b>	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU AB							
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR							
	<b>Contraste</b>	DE PR SO							
	<b>Límites</b>	MA CL DI							
	<b>Color</b>								
<b>Cutanes</b>	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU AB DO							
	<b>Contraste</b>	TE MA PR							
	<b>Naturaleza</b>	AR AS AH FP SL SF							
	<b>Ubicación</b>	CA VA HA FG BA PO NE							
<b>Nódulos</b>	<b>Abundancia</b>	NO PO CO MU AB DO							
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR							
	<b>Dureza</b>	DU BL DB							
	<b>Forma</b>	RE EL PL IR AN							
	<b>Naturaleza</b>	CR CO SO NO RE							
<b>Raíces</b>	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU	CO	PO	MP	NO			
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR	FI	FI					
<b>Activ. Biológica</b>	<b>Abund</b>	NO PO CO MU	CO	PO	PO	NO			
	<b>Tipo</b>	AR MA MB MR CA TL PT TE OT							
<b>Carbonato (HCL)</b>		NO PC MC FC EC	NO	FC	NO	FC			
<b>PH</b>									
<b>Símbolo Horizon.</b>			A	AC	C1	C2			

<b>N° Observ.</b>	Muestra 6
<b>Status</b>	1 2 3 4 5
<b>Autor</b>	Luciano Andrade.
<b>Unidad GP</b>	Complejo serrano sub a3
<b>Ubicación</b>	Por el camino a La Punta 3200 m, y 10 m al oeste.
<b>FA. N°</b>	
<b>Horizontes diagnósticos</b>	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , C
<b>WRB grupo de suelo</b>	
<b>WRB 2do. Nivel</b>	
<b>Observaciones</b>	
Muestras de laboratorio: M6A1, M6A2, M6C Vegetación Arbustiva, quemada. Manto superior con rocas de 25cm a 5 cm, Pendiente elevada	

**DIBUJO**

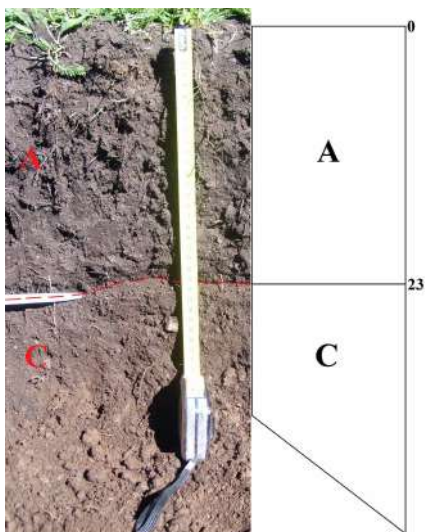


<b>Latitud (X)</b>	3 475 978
<b>Longitud (Y)</b>	6 328 314
<b>Elevación</b>	
<b>Material parental o tipo de rocas</b>	coluvial
<b>Topografía</b>	LL MP SO OT OD SE FS (MO)
<b>Angulo de pendiente</b>	1 2 3 4 5 6 7 8 (9) 10
<b>Forma de pendiente</b>	(RE) CO CX ET CO
<b>Long. de pendiente</b>	OO MC (CO) ME LA ML
<b>Aspecto</b>	N SE O NE SE NO (SO)
<b>Micro-topografía</b>	SM (DA1) DA2 DA3 ON TE
<b>Uso de la tierra</b>	CC AG PA FN AU (GA) RN
<b>Cultivos</b>	MA SO CE TR SE SJ
<b>Influencia Humana</b>	OO DE VP (VM) VF FE AR QE
<b>Vegetación</b>	SV PA SE BO (MO) SA
<b>% cobertura</b>	0 1 (2) 3 4
<b>Prof. Efect. del suelo</b>	1 (2) 3 4 5
<b>Afloram. Rocosos</b>	NO MP PO CO MU AB (DO)
<b>Distancia entre aflor.</b>	1 2 3 4 5
<b>Fragm. superficiales</b>	NO MP PO CO MU AB (DO)
<b>Tamaño frag. Sup.</b>	GF GM GG MG (BL) GB
<b>Erosión Cat. Princip.</b>	SE (EH) EE MM NC
<b>Subtipos</b>	(EL) ES CA ET AM
<b>Area afectada</b>	0 1 2 3 4 (5)
<b>Actividad</b>	(AA) AP AH NC ND
<b>Grado</b>	LI (MO) SE EX
<b>Sell.sup.- espesor</b>	(NO) FI ME GR MG
<b>Sell. Sup-consistencia</b>	LD DU MD ED
<b>Grietas superficiales</b>	FI ME AN MA EA
<b>Dist. entre grietas</b>	ME PE MS AS MS
<b>% cubierto por sales</b>	0 1 2 3 4
<b>Espesor (sales)</b>	NO DE ME GR MG
<b>Clases de drenaje</b>	ED (AE) BD MD ID PD MP
<b>Saturación</b>	NS (RS) SC SL SS NC
<b>Permeabilidad</b>	EL LL LE ML MR RA RR
<b>Drenaje externo</b>	UN ML LE MR (RA)
<b>Frecu. Inundaciones</b>	(NO) DE SE ME AN X1 X2 X3 NC
<b>Duración</b>	1 2 3 4 5 6 7
<b>Profundidad</b>	1 2 3 4 5
<b>Agua subterr. Profu.</b>	NO NP PP MP PR YP
<b>Calidad</b>	SA DU PO OX ES
<b>Humedad</b>	SE AH (HU) MO

<b>Límites</b>	<b>Sup.</b>		0 cm	10 cm	24 cm				
	<b>Inf.</b>		10 cm	24 cm					
	<b>Tipo</b>	AB CL GR DI	AB	AB	AB				
	<b>Forma</b>	SU ON IR QU	SU	SU	SU				
<b>Color</b>	<b>húmedo</b>		10YR 3/2	10YR 3/2	7,5YR 4/4				
	<b>seco</b>								
<b>Estructura</b>	<b>Tipo</b>	GS MA GR PR PS CO BA BS BC BC BP PL ER EE	MA	BS	BS				
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR MG	MF	FI	FI				
	<b>Grado</b>	MD DE MO FU MF	DE	DE	DE				
<b>Textura</b>			arenolimoso	arenolimoso	arenolimoso				
<b>Consistencia</b>	<b>en seco</b>	SU BL LD DU MD ED			BL				
	<b>en húmedo</b>	SU MF FR FI MF EF		FR	FF				
	<b>Adhesividad</b>	NA LA AD MA	NA	LA	AD				
	<b>Plasticidad</b>	NP LP PL MP	LP	LP	LP				
<b>Frag. Roca</b>	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU AB DO	AB	AB	PO				
	<b>Tamaño</b>	GF GM GG SG BL GB	MG	BL	GG				
	<b>Forma</b>	PL AN SR RE	AN	AN	AN				
	<b>Meteoriz.</b>	FR ME MM							
<b>Poros</b>	<b>Naturaleza</b>								
	<b>Tipo</b>	IN VE VA CA PL							
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR MG							
	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU							
<b>Motas</b>	<b>Porosidad</b>	MB BA ME AL MA							
	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU AB							
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR							
	<b>Contraste</b>	DE PR SO							
	<b>Límites</b>	MA CL DI							
<b>Cutanes</b>	<b>Color</b>								
	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU AB DO							
	<b>Contraste</b>	TE MA PR							
	<b>Naturaleza</b>	AR AS AH FP SL SF							
<b>Nódulos</b>	<b>Ubicación</b>	CA VA HA FG BA PO NE							
	<b>Abundancia</b>	NO PO CO MU AB DO							
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR							
	<b>Dureza</b>	DU BL DB							
	<b>Forma</b>	RE EL PL IR AN							
<b>Rai- ces</b>	<b>Naturaleza</b>	CR CO SO NO RE							
	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU	PO	MP	MP				
<b>Activ. Bioló- gica</b>	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR	FI	FI					
	<b>Abund</b>	NO PO CO MU	PO	PO	PO				
<b>Tipos</b>	<b>Tipo</b>	AR MA MB MR CA TL PT TE OT							
	<b>Carbonato (HCL)</b>	NO PC MC FC EC	NO	NO	NO				
<b>PH</b>									
<b>Símbolo Horizon.</b>			A1	A2	C				

<b>N° Observ.</b>	Muestra 7
<b>Status</b>	1 2 3 4 5
<b>Autor</b>	Luciano Andrade.
<b>Unidad GP</b>	Superficie de erosión antigua
<b>Ubicación</b>	Cumbre del cerro de piedra.
<b>FA. N°</b>	
<b>Horizontes diagnósticos</b>	A, C
<b>WRB grupo de suelo</b>	
<b>WRB 2do. Nivel</b>	
<b>Observaciones</b>	
Muestras de laboratorio: SEA A, SEA C Vegetación: gramilla baja, pajas dispersas Manto superior con bloques dispersos de mayores de 25cm Pendiente muy suave	

**DIBUJO**



<b>Latitud (X)</b>	3 479 470
<b>Longitud (Y)</b>	6 333 380
<b>Elevación</b>	2000 m
<b>Material parental o tipo de rocas</b>	
<b>Topografía</b>	LL MP (SO) OT OD SE FS MO
<b>Angulo de pendiente</b>	1 2 3 4 (5) 6 7 8 9 10
<b>Forma de pendiente</b>	RE (CO) CX ET CO
<b>Long. de pendiente</b>	(OO) MC CO ME LA ML
<b>Aspecto</b>	N SE O NE (SE) NO SO
<b>Micro-topografía</b>	(SM) DA1 DA2 DA3 ON TE
<b>Uso de la tierra</b>	CC AG PA FN AU (GA) RN
<b>Cultivos</b>	MA SO CE TR SE SJ
<b>Influencia Humana</b>	OO DE VP (VM) VF FE AR QE
<b>Vegetación</b>	SV PA SE BO MO SA (GR)
<b>% cobertura</b>	0 1 2 3 (4)
<b>Prof. Efect. del suelo</b>	1 2 3 4 5
<b>Afloram. Rocosos</b>	NO MP PO CO (MU) AB DO
<b>Distancia entre aflor.</b>	(1) 2 3 4 5
<b>Fragm. superficiales</b>	NO MP PO (CO) MU AB DO
<b>Tamaño frag. Sup.</b>	GF GM GG MG BL (GB)
<b>Erosión Cat. Princip.</b>	(SE) EH EE MM NC
<b>Subtipos</b>	EL ES CA ET AM
<b>Area afectada</b>	0 1 2 3 4 5
<b>Actividad</b>	AA AP AH NC ND
<b>Grado</b>	LI MO SE EX
<b>Sell.sup.- espesor</b>	NO FI ME GR MG
<b>Sell. Sup-consistencia</b>	LD DU MD ED
<b>Grietas superficiales</b>	FI ME AN MA EA
<b>Dist. entre grietas</b>	ME PE MS AS MS
<b>% cubierto por sales</b>	0 1 2 3 4
<b>Espesor (sales)</b>	NO DE ME GR MG
<b>Clases de drenaje</b>	ED AE (BD) MD ID PD MP
<b>Saturación</b>	(NS) RS SC SL SS NC
<b>Permeabilidad</b>	EL LL (LE) ML MR RA RR
<b>Drenaje externo</b>	UN ML (LE) MR RA
<b>Frecu. Inundaciones</b>	(NO) DE SE ME AN X1 X2 X3 NC
<b>Duración</b>	1 2 3 4 5 6 7
<b>Profundidad</b>	1 2 3 4 5
<b>Agua subterr. Profu.</b>	NO NP PP MP PR YP
<b>Calidad</b>	SA DU PO OX ES
<b>Humedad</b>	SE (AH) HU MO

<b>Límites</b>	<b>Sup.</b>		0 cm	23 cm					
	<b>Inf.</b>		23 cm						
	<b>Tipo</b>	AB CL GR DI	AB						
	<b>Forma</b>	SU ON IR QU	SU						
<b>Color</b>	<b>húmedo</b>		10YR 2/2	10YR 5/6					
	<b>seco</b>		10YR 4/1	10YR 7/4					
<b>Estructura</b>	<b>Tipo</b>	GS MA GR PR PS CO BA BS BC BC BP PL ER EE	BS						
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR MG	MF						
	<b>Grado</b>	MD DE MO FU MF	MO						
<b>Textura</b>									
<b>Consistencia</b>	<b>en seco</b>	SU BL LD DU MD ED	BL	DU					
	<b>en húmedo</b>	SU MF FR FI MF EF	BL	BL					
	<b>Adhesividad</b>	NA LA AD MA	NA	NA					
	<b>Plasticidad</b>	NP LP PL MP	LP	LP					
<b>Frag. Roca</b>	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU AB DO	PO	MU					
	<b>Tamaño</b>	GF GM GG SG BL GB	GF	GM GG					
	<b>Forma</b>	PL AN SR RE	SR	SR					
	<b>Meteoriz.</b>	FR ME MM							
<b>Poros</b>	<b>Tipo</b>	IN VE VA CA PL							
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR MG							
	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU							
	<b>Porosidad</b>	MB BA ME AL MA							
<b>Motas</b>	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU AB							
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR							
	<b>Contraste</b>	DE PR SO							
	<b>Límites</b>	MA CL DI							
	<b>Color</b>								
<b>Cutanes</b>	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU AB DO							
	<b>Contraste</b>	TE MA PR							
	<b>Naturaleza</b>	AR AS AH FP SL SF							
	<b>Ubicación</b>	CA VA HA FG BA PO NE							
<b>Nódulos</b>	<b>Abundancia</b>	NO PO CO MU AB DO							
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR							
	<b>Dureza</b>	DU BL DB							
	<b>Forma</b>	RE EL PL IR AN							
	<b>Naturaleza</b>	CR CO SO NO RE							
<b>Raíces</b>	<b>Abundancia</b>	NO MP PO CO MU	MU	PO					
	<b>Tamaño</b>	MF FI ME GR	FI	FI					
<b>Activ. Biológica</b>	<b>Abund</b>	NO PO CO MU	PO	PO					
	<b>Tipo</b>	AR MA MB MR CA TL PT TE OT							
<b>Carbonato (HCL)</b>		NO PC MC FC EC	NO	NO					
<b>PH</b>									
<b>Símbolo Horizon.</b>			A	C					

**ANEXO**

**III**

## Planilla de análisis textural de los diferentes horizontes del suelo

Muestra: <b>M3A1</b>															
Tiempo	Hs	T°	Lectura	f correccion	Lec.corr	Clase	%Sus.	%SC	Diam un	clase	P retenido	P ret acum	% Ret	% Ac	% arenas
40 seg	06:00:40 p.m.	29,5	22	3,8	25,8	LG	51,6	57	2000	AMG	5	5	10	10	43
5 min	06:05:00 p.m.	29,5	9	3,8	12,8	LG	25,6	28	1000	AG	2,9	7,9	5,8	15,8	% Limos
30 min	06:30:00 p.m.	29,5	5	3,8	8,8	LF	17,6	20	500	AM	2,1	10	4,2	20	43
60 min	07:00:00 p.m.	29,5	4,5	3,8	8,3	LF	16,6	18	250	AF	1,5	11,5	3	23	% Arc estruct.
120 min	08:00:00 p.m.	29,5	2,5	3,8	6,3	LF	12,6	14	125	AMF	3,5	15	7	30	14
									62	AMF	4,4	19,4	8,8	38,8	clase textural
									53	AMF	4,8	24,2	9,6	48,4	<b>Franca</b>

Muestra: <b>M3A2</b>															
Tiempo	Hs	T°	Lectura	f correccion	Lec.corr	Clase	%Sus.	%SC	Diam un	clase	P retenido	P ret acum	% Ret	% Ac	% arenas
40 seg	06:03:40 p.m.	29,5	26,5	3,8	30,3	LG	60,6	64	2000	AMG	2,4	2,4	4,8	4,8	36
5 min	06:08:00 p.m.	29,5	12	3,8	15,8	LG	31,6	33	1000	AG	2,5	4,9	5	9,8	% Limos
30 min	06:33:00 p.m.	29,5	6,5	3,8	10,3	LF	20,6	22	500	AM	1,6	6,5	3,2	13	49
60 min	07:03:00 p.m.	29,5	4	3,8	7,8	LF	15,6	16	250	AF	1,3	7,8	2,6	15,6	% Arc estruct.
120 min	08:03:00 p.m.	29,5	3	3,8	6,8	LF	13,6	14	125	AMF	3,4	11,2	6,8	22,4	14
									62	AMF	5,5	16,7	11	33,4	clase textural
									53	AMF	5,7	22,4	11,4	44,8	<b>Franca</b>

Muestra: <b>M3A3</b>															
Tiempo	Hs	T°	Lectura	f correccion	Lec.corr	Clase	%Sus.	%SC	Diam un	clase	P retenido	P ret acum	% Ret	% Ac	% arenas
40 seg	06:10:40 p.m.	29,5	30,5	3,8	34,3	LG	68,6	70	2000	AMG	1,1	1,1	2,2	2,2	30
5 min	06:15:00 p.m.	29,5	17,5	3,8	21,3	LG	42,6	44	1000	AG	1,3	2,4	2,6	4,8	% Limos
30 min	06:40:00 p.m.	29,5	0,5	3,8	4,3	LF	8,6	9	500	AM	0,9	3,3	1,8	6,6	62
60 min	07:10:00 p.m.	29,5	0,5	3,8	4,3	LF	8,6	9	250	AF	0,9	4,2	1,8	8,4	% Arc estruct.
120 min	08:10:00 p.m.	29,5	0	3,8	3,8	LF	7,6	8	125	AMF	2,8	7	5,6	14	8
									62	AMF	5	12	10	24	clase textural
									53	AMF	6,1	18,1	12,2	36,2	Franco limoso

Muestra:M3AC1															
Tiempo	Hs	T°	Lectura	f correccion	Lec.corr	Clase	%Sus.	%SC	Diam un	clase	P retenido	P ret acum	% Ret	% Ac	% arenas
40 seg	06:13:40 p.m.	29,5	20	3,8	23,8	LG	47,6	51	2000	AMG	3,5	3,5	7	7	49
5 min	06:18:00 p.m.	29,5	6,5	3,8	10,3	LG	20,6	22	1000	AG	3,8	7,3	7,6	14,6	% Limos
30 min	06:43:00 p.m.	29,5	0,5	3,8	4,3	LF	8,6	9	500	AM	3,3	10,6	6,6	21,2	43
60 min	07:13:00 p.m.	29,5	0	3,8	3,8	LF	7,6	8	250	AF	2,9	13,5	5,8	27	% Arc estruct.
120 min	08:13:00 p.m.	29,5	0	3,8	3,8	LF	7,6	8	125	AMF	3,9	17,4	7,8	34,8	8
									62	AMF	3,5	20,9	7	41,8	clase textural
									53	AMF	3,4	24,3	6,8	48,6	Franca

Muestra:M3AC2															
Tiempo	Hs	T°	Lectura	f correccion	Lec.corr	Clase	%Sus.	%SC	Diam un	clase	P retenido	P ret acum	% Ret	% Ac	% arenas
40 seg	06:20:40 p.m.	29,5	17	3,8	20,8	LG	41,6	47	2000	AMG	6	6	12	12	53
5 min	06:25:00 p.m.	29,5	6	3,8	9,8	LG	19,6	22	1000	AG	5,5	11,5	11	23	% Limos
30 min	06:50:00 p.m.	29,5	-0,5	3,8	3,3	LF	6,6	8	500	AM	4,6	16,1	9,2	32,2	41
60 min	07:20:00 p.m.	29,5	-0,5	3,8	3,3	LF	6,6	8	250	AF	3,9	20	7,8	40	% Arc estruct.
120 min	08:20:00 p.m.	29,5	-1	3,8	2,8	LF	5,6	6	125	AMF	5,2	25,2	10,4	50,4	6
									62	AMF	3,3	28,5	6,6	57	clase textural
									53	AMF	2,9	31,4	5,8	62,8	franco arenoso

Muestra:M3C															
Tiempo	Hs	T°	Lectura	f correccion	Lec.corr	Clase	%Sus.	%SC	Diam un	clase	P retenido	P ret acum	% Ret	% Ac	% arenas
40 seg	06:23:40 p.m.	29,5	16	3,8	19,8	LG	39,6	45	2000	AMG	6,2	6,2	12,4	12,4	55
5 min	06:28:00 p.m.	29,5	1	3,8	4,8	LG	9,6	11	1000	AG	6,1	12,3	12,2	24,6	% Limos
30 min	06:53:00 p.m.	29,5	0	3,8	3,8	LF	7,6	9	500	AM	4,8	17,1	9,6	34,2	38
60 min	07:23:00 p.m.	29,5	-0,5	3,8	3,3	LF	6,6	8	250	AF	3,7	20,8	7,4	41,6	% Arc estruct.
120 min	08:23:00 p.m.	29,5	-0,5	3,8	3,3	LF	6,6	8	125	AMF	5,4	26,2	10,8	52,4	8
									62	AMF	4	30,2	8	60,4	clase textural
									53	AMF	3,4	33,6	6,8	67,2	franco arenoso



Muestra:M1A															
Tiempo	Hs	T°	Lectura	f correccion	Lec.corr	Clase	%Sus.	%SC	Diam un	clase	P retenido	P ret acum	% Ret	% Ac	% arenas
40 seg	06:27:40 p.m.	29,5	6,5	3,8	10,3	LG	20,6	25	2000	AMG	8,5	8,5	17	17	75
5 min	06:32:00 p.m.	29,5	1	3,8	4,8	LG	9,6	12	1000	AG	5,7	14,2	11,4	28,4	% Limos
30 min	07:02:00 p.m.	29,5	-1	3,8	2,8	LF	5,6	7	500	AM	6,3	20,5	12,6	41	18
60 min	07:27:00 p.m.	29,5	0	3,8	3,8	LF	7,6	9	250	AF	5,7	26,2	11,4	52,4	% Arc estruct.
120 min	08:27:00 p.m.	29,5	-1	3,8	2,8	LF	5,6	7	125	AMF	9,1	35,3	18,2	70,6	7
									62	AMF	4,8	40,1	9,6	80,2	clase textural
									53	AMF	1,9	42	3,8	84	franco arenoso

Muestra:M6A1															
Tiempo	Hs	T°	Lectura	f correccion	Lec.corr	Clase	%Sus.	%SC	Diam un	clase	P retenido	P ret acum	% Ret	% Ac	% arenas
40 seg	09:00:40 a.m.	29	10	3,6	13,6	LG	27,2	27	2000	AMG	0	0	0	0	73
5 min	09:05:00 a.m.	29	2,5	3,6	6,1	LG	12,2	12	1000	AG	12,1	12,1	24,2	24,2	% Limos
30 min	09:30:00 a.m.	29	0,5	3,6	4,1	LF	8,2	8	500	AM	6,5	18,6	13	37,2	22
60 min	10:00:00 a.m.	29	0	3,6	3,6	LF	7,2	7	250	AF	4,5	23,1	9	46,2	% Arc estruct.
120 min	11:00:00 a.m.	29	-1	3,6	2,6	LF	5,2	5	125	AMF	8,1	31,2	16,2	62,4	5
									62	AMF	5	36,2	10	72,4	clase textural
									53	AMF	2,3	38,5	4,6	77	franco arenoso

Muestra:M6A2															
Tiempo	Hs	T°	Lectura	f correccion	Lec.corr	Clase	%Sus.	%SC	Diam un	clase	P retenido	P ret acum	% Ret	% Ac	% arenas
40 seg	09:03:40 a.m.	29	16,5	3,6	20,1	LG	40,2	56	2000	AMG	14,3	14,3	28,6	28,6	44
5 min	09:08:00 a.m.	29	0,5	3,6	4,1	LG	8,2	11	1000	AG	9,9	24,2	19,8	48,4	% Limos
30 min	09:33:00 a.m.	29	-0,5	3,6	3,1	LF	6,2	9	500	AM	4,3	28,5	8,6	57	50
60 min	10:03:00 a.m.	29	-1	3,6	2,6	LF	5,2	7	250	AF	2,3	30,8	4,6	61,6	% Arc estruct.
120 min	11:03:00 a.m.	29	-1,5	3,6	2,1	LF	4,2	6	125	AMF	3,6	34,4	7,2	68,8	6
									62	AMF	2,4	36,8	4,8	73,6	clase textural
									53	AMF	1,7	38,5	3,4	77	franco limoso

Muestra:M6C															
Tiempo	Hs	T°	Lectura	f correccion	Lec.corr	Clase	%Sus.	%SC	Diam un	clase	P retenido	P ret acum	% Ret	% Ac	% arenas
40 seg	09:10:40 a.m.	29	15	3,6	18,6	LG	37,2	46	2000	AMG	9,3	9,3	18,6	18,6	54
5 min	09:15:00 a.m.	29	9,5	3,6	13,1	LG	26,2	32	1000	AG	8,4	17,7	16,8	35,4	% Limos
30 min	09:40:00 a.m.	29	5,5	3,6	9,1	LF	18,2	22	500	AM	4	21,7	8	43,4	33
60 min	10:10:00 a.m.	29	3	3,6	6,6	LF	13,2	16	250	AF	2,6	24,3	5,2	48,6	% Arc estruct.
120 min	11:10:00 a.m.	29	1,5	3,6	5,1	LF	10,2	13	125	AMF	4,1	28,4	8,2	56,8	13
									62	AMF	4	32,4	8	64,8	clase textural
									53	AMF	2,7	35,1	5,4	70,2	franco arenoso

Muestra:M5A															
Tiempo	Hs	T°	Lectura	f correccion	Lec.corr	Clase	%Sus.	%SC	Diam un	clase	P retenido	P ret acum	% Ret	% Ac	% arenas
40 seg	09:13:40 a.m.	29	12,5	3,6	16,1	LG	32,2	50	2000	AMG	17,8	17,8	35,6	35,6	50
5 min	09:18:00 a.m.	29	0	3,6	3,6	LG	7,2	11	1000	AG	7	24,8	14	49,6	% Limos
30 min	09:43:00 a.m.	29	-0,5	3,6	3,1	LF	6,2	10	500	AM	3	27,8	6	55,6	42
60 min	10:13:00 a.m.	29	-0,5	3,6	3,1	LF	6,2	10	250	AF	1,7	29,5	3,4	59	% Arc estruct.
120 min	11:13:00 a.m.	29	-1	3,6	2,6	LF	5,2	8	125	AMF	2,8	32,3	5,6	64,6	8
									62	AMF	2,3	34,6	4,6	69,2	clase textural
									53	AMF	1,7	36,3	3,4	72,6	franca

Muestra:M5C2															
Tiempo	Hs	T°	Lectura	f correccion	Lec.corr	Clase	%Sus.	%SC	Diam un	clase	P retenido	P ret acum	% Ret	% Ac	% arenas
40 seg	09:20:40 a.m.	29	12,5	3,6	16,1	LG	32,2	47	2000	AMG	15,4	15,4	30,8	30,8	53
5 min	09:25:00 a.m.	29	-0,5	3,6	3,1	LG	6,2	9	1000	AG	6,9	22,3	13,8	44,6	% Limos
30 min	09:50:00 a.m.	29	-0,5	3,6	3,1	LF	6,2	9	500	AM	4	26,3	8	52,6	40
60 min	10:20:00 a.m.	29	-1	3,6	2,6	LF	5,2	8	250	AF	2,9	29,2	5,8	58,4	% Arc estruct.
120 min	11:20:00 a.m.	29	-1,5	3,6	2,1	LF	4,2	6	125	AMF	3,7	32,9	7,4	65,8	6
									62	AMF	2,7	35,6	5,4	71,2	clase textural
									53	AMF	2,4	38	4,8	76	franco arenoso

Muestra:M4Ck															
Tiempo	Hs	T°	Lectura	f correccion	Lec.corr	Clase	%Sus.	%SC	Diam un	clase	P retenido	P ret acum	% Ret	% Ac	% arenas
40 seg	09:23:40 a.m.	29	18,5	3,6	22,1	LG	44,2	66	2000	AMG	16,5	16,5	33	33	34
5 min	09:28:00 a.m.	29	0	3,6	3,6	LG	7,2	11	1000	AG	4,9	21,4	9,8	42,8	% Limos
30 min	09:53:00 a.m.	29	-0,5	3,6	3,1	LF	6,2	9	500	AM	2,7	24,1	5,4	48,2	60
60 min	10:23:00 a.m.	29	-1	3,6	2,6	LF	5,2	8	250	AF	1,7	25,8	3,4	51,6	% Arc estruct.
120 min	11:23:00 a.m.	29	-1,5	3,6	2,1	LF	4,2	6	125	AMF	2,2	28	4,4	56	6
									62	AMF	3,4	31,4	6,8	62,8	clase textural
									53	AMF	3,8	35,2	7,6	70,4	franco limoso

Muestra:M4A															
Tiempo	Hs	T°	Lectura	f correccion	Lec.corr	Clase	%Sus.	%SC	Diam un	clase	P retenido	P ret acum	% Ret	% Ac	% arenas
40 seg	09:00:40 a.m.	30	11,5	4	15,5	LG	31	31	2000	AMG	18,6	18,6	37,2	37,2	69
5 min	09:05:00 a.m.	30	-0,5	4	3,5	LG	7	7	1000	AG	5	23,6	10	47,2	% Limos
30 min	09:30:00 a.m.	30	-1	4	3	LF	6	6	500	AM	3,1	26,7	6,2	53,4	27
60 min	10:00:00 a.m.	30	-1,5	4	2,5	LF	5	5	250	AF	2,6	29,3	5,2	58,6	% Arc estruct.
120 min	11:00:00 a.m.	30	-2	4	2	LF	4	4	125	AMF	3,9	33,2	7,8	66,4	4
									62	AMF	3,1	36,3	6,2	72,6	clase textural
									53	AMF	2,7	39	5,4	78	franco arenoso

Muestra:M4C															
Tiempo	Hs	T°	Lectura	f correccion	Lec.corr	Clase	%Sus.	%SC	Diam un	clase	P retenido	P ret acum	% Ret	% Ac	% arenas
40 seg	09:03:40 a.m.	30	12	4	16	LG	32	45	2000	AMG	16,6	16,6	33,2	33,2	55
5 min	09:08:00 a.m.	30	-1	4	3	LG	6	8	1000	AG	5,7	22,3	11,4	44,6	% Limos
30 min	09:33:00 a.m.	30	-1	4	3	LF	6	8	500	AM	3,4	25,7	6,8	51,4	38
60 min	10:03:00 a.m.	30	-1,5	4	2,5	LF	5	7	250	AF	3,3	29	6,6	58	% Arc estruct.
120 min	11:03:00 a.m.	30	-1,5	4	2,5	LF	5	7	125	AMF	5,2	34,2	10,4	68,4	7
									62	AMF	2,9	37,1	5,8	74,2	clase textural
									53	AMF	2,3	39,4	4,6	78,8	franco arenoso

Muestra:M4AC															
Tiempo	Hs	T°	Lectura	f correccion	Lec.corr	Clase	%Sus.	%SC	Diam un	clase	P retenido	P ret acum	% Ret	% Ac	% arenas
40 seg	09:10:40 a.m.	30	5,5	4	9,5	LG	19	28	2000	AMG	26,6	26,6	53,2	53,2	72
5 min	09:15:00 a.m.	30	0	4	4	LG	8	12	1000	AG	8	34,6	16	69,2	% Limos
30 min	09:40:00 a.m.	30	-1	4	3	LF	6	9	500	AM	3,1	37,7	6,2	75,4	22
60 min	10:10:00 a.m.	30	-2	4	2	LF	4	6	250	AF	1,9	39,6	3,8	79,2	% Arc estruct.
120 min	11:10:00 a.m.	30	-2	4	2	LF	4	6	125	AMF	2,6	42,2	5,2	84,4	6
									62	AMF	1,6	43,8	3,2	87,6	clase textural
									53	AMF	1,3	45,1	2,6	90,2	franco arenoso

Muestra:M2A1A2															
Tiempo	Hs	T°	Lectura	f correccion	Lec.corr	Clase	%Sus.	%SC	Diam un	clase	P retenido	P ret acum	% Ret	% Ac	% arenas
40 seg	09:13:40 a.m.	30	15	4	19	LG	38	59	2000	AMG	0	0	0	0	41
5 min	09:18:00 a.m.	30	5	4	9	LG	18	28	1000	AG	12,3	12,3	24,6	24,6	% Limos
30 min	09:43:00 a.m.	30	1,5	4	5,5	LF	11	17	500	AM	5	17,3	10	34,6	43
60 min	10:13:00 a.m.	30	1	4	5	LF	10	16	250	AF	2,7	20	5,4	40	% Arc estruct.
120 min	11:13:00 a.m.	30	1	4	5	LF	10	16	125	AMF	3,8	23,8	7,6	47,6	16
									62	AMF	5,2	29	10,4	58	clase textural
									53	AMF	6	35	12	70	franca

Muestra:M5C1															
Tiempo	Hs	T°	Lectura	f correccion	Lec.corr	Clase	%Sus.	%SC	Diam un	clase	P retenido	P ret acum	% Ret	% Ac	% arenas
40 seg	09:20:40 a.m.	30	11	4	15	LG	30	43	2000	AMG	0	0	0	0	57
5 min	09:25:00 a.m.	30	-1	4	3	LG	6	9	1000	AG	12,7	12,7	25,4	25,4	% Limos
30 min	09:50:00 a.m.	30	-2	4	2	LF	4	6	500	AM	7,6	20,3	15,2	40,6	38
60 min	10:20:00 a.m.	30	-2	4	2	LF	4	6	250	AF	5,8	26,1	11,6	52,2	% Arc estruct.
120 min	11:20:00 a.m.	30	-2	4	2	LF	4	6	125	AMF	7,4	33,5	14,8	67	6
									62	AMF	3,8	37,3	7,6	74,6	clase textural
									53	AMF	2,4	39,7	4,8	79,4	franco arenoso

Muestra:M5AC															
Tiempo	Hs	T°	Lectura	f correccion	Lec.corr	Clase	%Sus.	%SC	Diam un	clase	P retenido	P ret acum	% Ret	% Ac	% arenas
40 seg	09:23:40 a.m.	30	22	4	26	LG	52	78	2000	AMG	0	0	0	0	22
5 min	09:28:00 a.m.	30	2	4	6	LG	12	18	1000	AG	8,9	8,9	17,8	17,8	% Limos
30 min	09:53:00 a.m.	30	-1,5	4	2,5	LF	5	7	500	AM	5	13,9	10	27,8	72
60 min	10:23:00 a.m.	30	-1,5	4	2,5	LF	5	7	250	AF	3,4	17,3	6,8	34,6	% Arc estruct.
120 min	11:23:00 a.m.	30	-2	4	2	LF	4	6	125	AMF	4,9	22,2	9,8	44,4	6
									62	AMF	4,6	26,8	9,2	53,6	clase textural
									53	AMF	4,8	31,6	9,6	63,2	franco limoso

Muestra:Sea A															
Tiempo	Hs	T°	Lectura	f correccion	Lec.corr	Clase	%Sus.	%SC	Diam un	clase	P retenido	P ret acum	% Ret	% Ac	% arenas
40 seg	06:00:40 p.m.	26	13,5	2,4	15,9	LG	31,8	34	2000	AMG	3,3	3,3	6,6	6,6	66
5 min	06:05:00 p.m.	26	3,5	2,4	5,9	LG	11,8	13	1000	AG	0	3,3	0	6,6	% Limos
30 min	06:30:00 p.m.	26	0,5	2,4	2,9	LF	5,8	6	500	AM	0	3,3	0	6,6	28
60 min	07:00:00 p.m.	26	0,5	2,4	2,9	LF	5,8	6	250	AF	0	3,3	0	6,6	% Arc estruct.
120 min	08:00:00 p.m.	26	0,5	2,4	2,9	LF	5,8	6	125	AMF	0	3,3	0	6,6	6
									62	AMF	0	3,3	0	6,6	clase textural
									53	AMF	0	3,3	0	6,6	franco arenoso

Muestra:Sea C															
Tiempo	Hs	T°	Lectura	f correccion	Lec.corr	Clase	%Sus.	%SC	Diam un	clase	P retenido	P ret acum	% Ret	% Ac	% arenas
40 seg	06:03:40 p.m.	26	17	2,4	19,4	LG	38,8	55	2000	AMG	14,7	14,7	29,4	29,4	45
5 min	06:08:00 p.m.	26	9,5	2,4	11,9	LG	23,8	34	1000	AG	4,6	19,3	9,2	38,6	% Limos
30 min	06:33:00 p.m.	26	5	2,4	7,4	LF	14,8	21	500	AM	3	22,3	6	44,6	41
60 min	07:03:00 p.m.	26	4	2,4	6,4	LF	12,8	18	250	AF	3,5	25,8	7	51,6	% Arc estruct.
120 min	08:03:00 p.m.	26	2,5	2,4	4,9	LF	9,8	14	125	AMF	3,1	28,9	6,2	57,8	14
									62	AMF	2	30,9	4	61,8	clase textural
									53	AMF	3	33,9	6	67,8	franca

Correccion de Bouyoucos cuando tenemos arenas o gravas superiores a 2000 micrones.

50g suelo - peso grava o arena = peso del suelo sin grava

$$\frac{\text{Lectura corregida} \times 100}{\text{peso del suelo sin grava}} = \text{Bouyoucos corregido}$$

Algunos horizontes se tamizaron por el tamiz de 2000 micrones para eliminar la grava debido a su excesiva presencia para no obtener una estimacion erronea al relizar Bouyoucos

horizonte M6A1	total	660,1
	suelo	303,1
	grava	357
	%grava	54,08

horizonte M5AC	total	832,9
	suelo	414,6
	grava	418,3
	%grava	50,22

horizonte M2A1A2	total	405,4
	suelo	178,9
	grava	226,5
	%grava	55,87

horizonte M5C1	total	883,6
	suelo	356,7
	grava	526,9
	%grava	59,63

**ANEXO**

**IV**

## **Modelo de encuesta realizada a pobladores de la zona del área de estudio.**

Encuesta de uso del suelo N°:    Lugar:

Fecha:

1-¿Es propietario del predio? Si      No

2- ¿Quien es? ¿Como lo Contacto?

3-¿Superficie del predio? ¿Cantidad de habitantes?

4-¿Que actividad realiza para obtener ingresos? Turismo   AGSub   AGInt   AGExt  
Otro

observaciones: Cantidad de animales, Donde lo venden, Por donde pastorean, Que distancias se alejan del casco.

5-¿Antes de 1968 estaba esta construcción? Si   No

6-¿Sabe que actividad se realizaba en el predio?

7-¿Qué actividad tienen pensado realizar dentro de 10 años en el predio?

8-¿Ingresan muchos turistas al predio?   Si    No

9-¿Que buscan? ¿Como lo reciben?

10-¿ Quema el predio para mayor producción o control? ¿Avisa a los bomberos?

11-¿Cuántos incendios a sufrido? ¿cual es la frecuencia de quema o de incendias en años?





Vegetación	Suelo	Cob.%	Pendiente	I. de Prot.	Indice E	
Bosque de Prosopis flexuosa	Roca	Roca	I,II,III y IV	1	1	
	Tipo 1	Suelo desnudo	I	0	10	
			II	0	10	
			III	0	10	
			IV	0	10	
		Cobertura 1	I	0,4	5	
			II	0,3	5	
			III	0	10	
			IV	0	10	
		Cobertura 2	I	0,7	3	
			II	0,5	5	
			III	0,4	5	
			IV	0,2	10	
	Covertura 3	I	1	1		
		II	1	1		
		III	1	1		
		IV	1	1		
	Tipo 2	Roca	Roca	I,II,III y IV	1	1
		Suelo desnudo	I	0	5	
			II	0	10	
			III	0	10	
			IV	0	10	
		Cobertura 1	I	0,6	3	
			II	0,4	5	
			III	0,1	10	
			IV	0	10	
		Cobertura 2	I	0,9	2	
			II	0,7	3	
			III	0,5	5	
	IV		0,3	5		
	Covertura 3	I	1	1		
		II	1	1		
		III	1	1		
		IV	1	1		
	Tipo 4	Roca	Roca	I,II,III y IV	1	1
		Suelo desnudo	I	0	10	
			II	0	10	
			III	0	10	
			IV	0	10	
		Cobertura 1	I	0,6	3	
			II	0,4	5	
			III	0,2	10	
			IV	0,1	10	
		Cobertura 2	I	0,9	2	
			II	0,7	3	
			III	0,6	3	
	IV		0,4	5		
	Covertura 3	I	1	1		
II		1	1			
III		1	1			
IV		1	1			
Tipo 6	Roca	Roca	I,II,III y IV	1	1	
	Suelo desnudo	I	0	10		
		II	0	10		
		III	0	10		
		IV	0	10		
	Cobertura 1	I	0,6	3		
		II	0,4	5		
		III	0,1	10		
IV		0	10			
Cobertura 2	I	0,9	2			
	II	0,7	3			

		Cobertura 3	III	0,5	5	
			IV	0,3	5	
			I	1	1	
			II	1	1	
			III	1	1	
	Tipo 7	Roca		I,II,III y IV	1	1
		Suelo desnudo	I	0	10	
			II	0	10	
			III	0	10	
			IV	0	10	
		Cobertura 1	I	0,4	5	
			II	0,3	5	
			III	0	10	
			IV	0	10	
		Cobertura 2	I	0,7	3	
			II	0,5	5	
III	0,4		5			
IV	0,2		10			
Cobertura 3	I	1	1			
	II	1	1			
	III	1	1			
	IV	1	1			
Vegetación	Suelo	Cob.%	Pendiente	I. de Prot.	Indice E	
Bosque de Lithraea ternifolia	Roca	Roca	I,II,III y IV	1	1	
	Tipo 1	Suelo desnudo	I	0	10	
			II	0	10	
			III	0	10	
			IV	0	10	
		Cobertura 1	I	0,4	5	
			II	0,3	5	
			III	0	10	
			IV	0	10	
		Cobertura 2	I	0,7	3	
			II	0,5	5	
			III	0,4	5	
			IV	0,2	10	
	Cobertura 3	I	1	1		
		II	1	1		
		III	1	1		
		IV	1	1		
	Tipo 2	Roca	Roca	I,II,III y IV	1	1
		Suelo desnudo	I	0	10	
			II	0	10	
			III	0	10	
			IV	0	10	
		Cobertura 1	I	0,6	3	
			II	0,4	5	
			III	0,1	10	
			IV	0	10	
		Cobertura 2	I	0,9	2	
II			0,7	3		
III			0,5	5		
IV	0,3		5			
Cobertura 3	I	1	1			
	II	1	1			
	III	1	1			
	IV	1	1			
Tipo 3	Roca	Roca	I,II,III y IV	1	1	

		Suelo desnudo	I	0	10
			II	0	10
			III	0	10
			IV	0	10
		Cobertura 1	I	0,6	3
			II	0,4	5
			III	0,1	10
			IV	0	10
		Cobertura 2	I	0,9	2
			II	0,7	3
			III	0,5	5
			IV	0,3	5
	Cobertura 3	I	1	1	
		II	1	1	
		III	1	1	
		IV	1	1	
Tipo 4	Roca	I,II,III y IV	1	1	
	Suelo desnudo	I	0	10	
		II	0	10	
		III	0	10	
		IV	0	10	
	Cobertura 1	I	0,6	3	
		II	0,4	5	
		III	0,2	10	
		IV	0,1	10	
	Cobertura 2	I	0,9	2	
		II	0,7	3	
		III	0,6	3	
IV		0,4	5		
Cobertura 3	I	1	1		
	II	1	1		
	III	1	1		
	IV	1	1		
Tipo 6	Roca	I,II,III y IV	1	1	
	Suelo desnudo	I	0	10	
		II	0	10	
		III	0	10	
		IV	0	10	
	Cobertura 1	I	0,6	3	
		II	0,4	5	
		III	0,1	10	
		IV	0	10	
	Cobertura 2	I	0,9	2	
		II	0,7	3	
		III	0,5	5	
IV		0,3	5		
Cobertura 3	I	1	1		
	II	1	1		
	III	1	1		
	IV	1	1		
Tipo 7	Roca	I,II,III y IV	1	1	
	Suelo desnudo	I	0	10	
		II	0	10	
		III	0	10	
		IV	0	10	
Cobertura 1	I	0,4	5		

			II	0,3	5	
			III	0	10	
			IV	0	10	
		Cobertura 2	I	0,7	3	
			II	0,5	5	
			III	0,4	5	
			IV	0,2	10	
		Cobertura 3	I	1	1	
			II	1	1	
			III	1	1	
			IV	1	1	
<b>Vegetación</b>	<b>Suelo</b>	<b>Cob.%</b>	<b>Pendiente</b>	<b>I. de Prot.</b>	<b>Indice E</b>	
Bosque de <i>Celtis spinosa</i> ; Vegetación riparia con <i>Cortaderia selloana</i> ; Vegetación hidrófila de cauces; Vegetación saxícola	Roca	Roca	I,II,III y IV	1	1	
	Tipo 1	Suelo desnudo	I	0	10	
			II	0	10	
			III	0	10	
			IV	0	10	
		Cobertura 1	I	0,4	5	
			II	0,3	5	
			III	0	10	
			IV	0	10	
		Cobertura 2	I	0,7	3	
			II	0,5	5	
			III	0,4	5	
			IV	0,2	10	
		Cobertura 3	I	1	1	
			II	1	1	
			III	1	1	
			IV	1	1	
	Tipo 3	Roca	Roca	I,II,III y IV	1	1
		Suelo desnudo	I	0,3	5	
			II	0,1	10	
			III	0	10	
			IV	0	10	
		Cobertura 1	I	0,6	3	
			II	0,4	5	
			III	0,1	10	
			IV	0	10	
		Cobertura 2	I	0,9	2	
			II	0,7	3	
			III	0,5	5	
			IV	0,3	5	
		Cobertura 3	I	1	1	
			II	1	1	
III			1	1		
IV	1		1			
Tipo 4	Roca	Roca	I,II,III y IV	1	1	
	Suelo desnudo	I	0	5		
		II	0	10		
		III	0	10		
		IV	0	10		
	Cobertura 1	I	0,6	3		
		II	0,4	5		
		III	0,2	10		
IV		0,1	10			

	Cobertura 2	I	0,9	2
		II	0,7	3
		III	0,6	3
		IV	0,4	5
	Covertura 3	I	1	1
		II	1	1
		III	1	1
		IV	1	1
Tipo 5	Roca	I,II,III y IV	1	1
	Suelo desnudo	I	0	10
		II	0	10
		III	0	10
		IV	0	10
	Cobertura 1	I	0,5	5
		II	0,3	5
		III	0	10
		IV	0	10
	Cobertura 2	I	0,8	2
		II	0,6	3
		III	0,4	5
		IV	0,2	10
	Covertura 3	I	1	1
		II	1	1
		III	1	1
IV		1	1	
Tipo 6	Roca	I,II,III y IV	1	1
	Suelo desnudo	I	0	5
		II	0	10
		III	0	10
		IV	0	10
	Cobertura 1	I	0,6	3
		II	0,4	5
		III	0,1	10
		IV	0	10
	Cobertura 2	I	0,9	2
		II	0,7	3
		III	0,5	5
		IV	0,3	5
	Covertura 3	I	1	1
		II	1	1
		III	1	1
IV		1	1	
Tipo 7	Roca	I,II,III y IV	1	1
	Suelo desnudo	I	0	10
		II	0	10
		III	0	10
		IV	0	10
	Cobertura 1	I	0,4	5
		II	0,3	5
		III	0	10
		IV	0	10
	Cobertura 2	I	0,7	3
		II	0,5	5
		III	0,4	5
		IV	0,2	10
Covertura 3	I	1	1	

			II	1	1	
			III	1	1	
			IV	1	1	
Vegetación	Suelo	Cob.%	Pendiente	I. de Prot.	Indice E	
Pastizal de Stipa sp. Y Festuca hieronymi	Roca	Roca	I,II,III y IV	1	1	
	Tipo 1	Suelo desnudo	I	0	10	
			II	0	10	
			III	0	10	
			IV	0	10	
		Cobertura 1	I	0,2	10	
			II	0,1	10	
			III	0	10	
			IV	0	10	
		Cobertura 2	I	0,6	3	
			II	0,5	5	
			III	0,4	5	
			IV	0,2	10	
	Cobertura 3	I	0,8	2		
		II	0,8	2		
		III	0,7	3		
		IV	0,7	3		
	Tipo 2	Roca	Roca	I,II,III y IV	1	1
		Suelo desnudo	I	0	10	
			II	0	10	
			III	0	10	
			IV	0	110	
		Cobertura 1	I	0,2	10	
			II	0,1	10	
			III	0	10	
			IV	0	10	
		Cobertura 2	I	0,6	3	
			II	0,5	5	
			III	0,4	5	
	IV		0,3	5		
	Cobertura 3	I	0,8	2		
		II	0,8	2		
		III	0,7	3		
		IV	0,7	3		
	Tipo 3	Roca	Roca	I,II,III y IV	1	1
		Suelo desnudo	I	0	10	
			II	0	10	
			III	0	10	
			IV	0	10	
		Cobertura 1	I	0,4	5	
			II	0,2	10	
			III	0	10	
			IV	0	10	
		Cobertura 2	I	0,7	3	
II			0,6	3		
III			0,5	5		
IV	0,2		10			
Cobertura 3	I	0,9	2			
	II	0,9	2			
	III	0,8	2			
	IV	0,8	2			
Tipo 4	Roca	Roca	I,II,III y IV	1	1	
	Suelo desnudo	I	0	10		
		II	0	10		
		III	0	10		
		IV	0	10		
	Cobertura 1	I	0,5	5		
		II	0,3	5		
		III	0,2	10		
IV		0	10			
			I	0,8	2	

		Cobertura 2	II	0,6	3		
			III	0,4	5		
			IV	0,2	10		
		Covertura 3	I	0,9	2		
			II	0,9	2		
			III	0,8	2		
		Tipo 5	Roca	I,II,III y IV		1	1
			Suelo desnudo	I	0	10	
				II	0	10	
	III			0	10		
	IV			0	10		
	Cobertura 1		I	0,3	5		
			II	0,1	10		
			III	0	10		
			IV	0	10		
	Cobertura 2		I	0,7	3		
			II	0,6	3		
			III	0,5	5		
			IV	0,2	10		
	Covertura 3		I	0,9	2		
			II	0,9	2		
		III	0,8	2			
		IV	0,8	2			
	Tipo 6	Roca	I,II,III y IV		1	1	
		Suelo desnudo	I	0	10		
			II	0	10		
			III	0	10		
			IV	0	10		
		Cobertura 1	I	0,4	5		
			II	0,2	10		
			III	0	10		
			IV	0	10		
		Cobertura 2	I	0,7	3		
			II	0,6	3		
			III	0,4	5		
			IV	0,2	10		
Covertura 3		I	0,9	2			
		II	0,9	2			
	III	0,8	2				
	IV	0,8	2				
Tipo 7	Roca	I,II,III y IV		1	1		
	Suelo desnudo	I	0	10			
		II	0	10			
		III	0	10			
		IV	0	10			
	Cobertura 1	I	0,2	10			
		II	0,1	10			
		III	0	10			
		IV	0	10			
	Cobertura 2	I	0,6	3			
		II	0,5	5			
		III	0,4	5			
		IV	0,2	10			
	Covertura 3	I	0,8	2			
		II	0,8	2			
III		0,7	3				
IV		0,7	3				
Vegetación	Suelo	Cob.%	Pendiente	I. de Prot.	Indice E		
Arbustal de Acacia caven y Aloysia gratísima	Roca	Roca	I,II,III y IV	1	1		
	Tipo 1	Suelo desnudo	I	0	10		
			II	0	10		
			III	0	10		
			IV	0	10		
	Cobertura 1	I	0,3	5			
II		0,1	10				



			III	0	10		
			IV	0	10		
			Cobertura 2	I	0,5	5	
				II	0,3	5	
				III	0,1	10	
				IV	0	10	
			Covertura 3	I	0,8	2	
				II	0,8	2	
				III	0,8	2	
				IV	0,8	2	
			Tipo 2	Roca	I,II,III y IV	1	1
				Suelo desnudo	I	0	10
					II	0	10
III	0	10					
IV	0	10					
Cobertura 1	I	0,3		5			
	II	0,1		10			
	III	0		10			
	IV	0		10			
Cobertura 2	I	0,5		5			
	II	0,3		5			
	III	0,1		10			
	IV	0		10			
Covertura 3	I	0,8		2			
	II	0,8		2			
	III	0,8		2			
	IV	0,8	2				
Tipo 3	Roca	I,II,III y IV	1	1			
	Suelo desnudo	I	0	10			
		II	0	10			
		III	0	10			
		IV	0	10			
	Cobertura 1	I	0,4	5			
		II	0,2	10			
		III	0	10			
		IV	0	10			
	Cobertura 2	I	0,8	2			
		II	0,5	5			
		III	0,3	5			
		IV	0,1	10			
	Covertura 3	I	0,8	2			
		II	0,8	2			
		III	0,8	2			
IV		0,8	2				
Tipo 4	Roca	I,II,III y IV	1	1			
	Suelo desnudo	I	0	10			
		II	0	10			
		III	0	10			
		IV	0	10			
	Cobertura 1	I	0,5	5			
		II	0,3	5			
		III	0,2	10			
		IV	0,1	10			
	Cobertura 2	I	0,8	2			
		II	0,6	3			
		III	0,4	5			
		IV	0,3	5			
	Covertura 3	I	0,8	2			
		II	0,8	2			
		III	0,8	2			
IV		0,8	2				
Tipo 6	Roca	I,II,III y IV	1	1			
	Suelo	I	0	10			
		II	0	10			

		desnudo	III	0	10
			IV	0	10
		Cobertura 1	I	0,4	5
			II	0,2	10
			III	0	10
			IV	0	10
		Cobertura 2	I	0,8	2
			II	0,5	5
			III	0,3	5
			IV	0,1	10
		Covertura 3	I	0,8	2
			II	0,8	2
	III		0,8	2	
	IV		0,8	2	
	Tipo 7	Roca	I,II,III y IV	1	1
		Suelo desnudo	I	0	10
II			0	10	
III			0	10	
IV			0	10	
Cobertura 1		I	0,3	5	
		II	0,1	10	
		III	0	10	
		IV	0	10	
Cobertura 2		I	0,5	5	
		II	0,3	5	
		III	0,1	10	
		IV	0	10	
Covertura 3		I	0,8	2	
	II	0,8	2		
	III	0,8	2		
	IV	0,8	2		