



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA DE GEOGRAFIA**

**ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS POR  
MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y SISMICIDAD  
EN EL PIEDMONT DE LA COMUNA DE PUENTE ALTO.**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓGRAFO**

**MAX EDUARDO ELMES ANGULO**

**PROFESOR GUÍA: CARMEN PAZ CASTRO CORREA**

**SANTIAGO - CHILE**

**MARZO - 2006**

*Dedico esta memoria a mis  
Padres Luis y Ayeda, a mi  
hermana Antonieta y  
mi sobrino Nicolás y a mi  
Evelyn:  
**Mi familia.***

## AGRADECIMIENTOS

*A mi padre, amigo y profesor Luis Elmes Araya por su apoyo, enseñanza, amor y entrega.*

A mi profesora guía Carmen Paz Castro, por su confianza, respeto y correcciones que llevaron a cabo esta investigación. A los profesores de la Escuela de Geografía María Victoria Soto, Francisco Ferrando, Raúl Sánchez, Jorge Ortiz, Fernando Pino, Dharmo Rojas, Hugo Zunino, Leopoldo Tobar, Álvaro Mauro, Paulina Schiapacasse, Mónica Ihl, Víctor Quintanilla por sus clases y su aporte a las preguntas que se requirió en su debido tiempo para el desarrollo de la tesis. Especialmente le agradezco al profesor José Araya Vergara por sus clases, cariño y entrega en la enseñanza de la Geografía Física. Gracias a todos.

Al Gobierno Regional de Santiago por la beca que me permitió el desarrollo de la tesis.

A las Bibliotecarias Verónica Balboa y Sonia Sánchez por su tiempo y preocupación. A la encargada del Laboratorio e Instrumentos Lidia Olmedo por su amistad y cariño. A la secretaria de la Facultad Alicia Madrid y de la Escuela Alicia Rojas, y la encargada del departamento de Presupuesto Ruth Garrido por su tiempo y preocupación.

A mis profesores del Instituto Nacional por su enseñanza y labor, gracias... "*LABOR OMNIA VINCIT*".

A mi madre Ayeda, por su amor y preocupación.

A mi sobrino Nicolás, por su sonrisa, alegría y preguntas.

A mi novia Evelyn, por tu amor de cada día y apoyo en los años de Universidad, gracias mi amor. Por eso no hay algo más bello que tu sentir y amar.

A mi amiga y madrina Marta, por su apoyo y cariño.

A mis abuelitos Lidia, Andrés, Alicia (Q.E.P.D), por su enseñanza y sabiduría.

A las Canonesas y Asociación de la Cruz, por su amor al prójimo y la Cruz.

A mi amigo Espiritual Juan Pablo II, por su modelo de vida.

A mis amigos Gabriel Meruane, Rodolfo Donoso, César Rivas, Gerardo Ubilla, Guillermo Gómez Godoy, Jorge Guerra, Ayeda Elmes, Padre Hugo Araya (Q.E.P.D), Marcelo Uribe, Nelson Pedrero, Rodrigo Silva, Cristian Riveros, Tío Andrés, Tía Alicia, Manuel Sepúlveda, René Barrientos, Joselyn Arriagada, Primo Oliver, Armando Poblete (Q.E.P.D), Manuel Ordenes, Fernando Ordenes, Francisco Aravena, Rodrigo Padilla, Maurix Suárez por su apoyo y compañerismo.

A ti Dios, por tu amor.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

### CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción	1
1.2 Objetivos generales y específicos	3
1.3 Hipótesis de trabajo	4
1.4 Planteamiento del problema	5

### CAPITULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1 Riesgos naturales	10
2.1.1 Movimientos en masa	13
2.1.2 Inundación	33
2.1.3 Sismicidad	37
2.2 Evaluación multicriterio	43
2.3 Normas y regulaciones al uso de suelo	53

### CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1 Métodos y materiales de variables físico – ambientales	69
3.2 Métodos y materiales de variables socioeconómicas y tecnológicas.	79
3.3 Métodos y materiales de variables socioculturales	80
3.4 Métodos y materiales de los factores de riesgo	80

### CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1 Variable Vegetación	82
4.2 Variable Geología	97
4.3 Variable Geomorfología	104
4.4 Variable Hidrología	117
4.5 Variable Clima	134
4.6 Variable Suelo	149
4.7 Evaluación y caracterización socioespacial de la comuna	159
4.8 Clasificación multitemporal de la comuna en su proceso de expansión urbana 1989 – 2001	166
4.9 Población actual del piedmont de la comuna	170
4.10 Escenario de recurrencias de amenazas o peligros naturales	
4.10.1 Movimientos en masa	186
4.10.2 Inundaciones	203

4.10.3 Sismicidad	206
4.11 Vulnerabilidad socioeconómica	208
4.12 Vulnerabilidad tecnológica	211
4.13 Riesgos naturales	218
4.14. Percepción del riesgo y los factores socioculturales de vulnerabilidad	226

## **CAPITULO V: DISCUSIONES Y CONCLUSIONES**

5.1 Discusiones	239
5.2 Conclusiones	245

<b>Bibliografía</b>	248
---------------------	-----

<b>Anexos</b>	259
---------------	-----

## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

### FIGURAS

1.- “Vista General Área de Estudio”	9
2.- “Modelos sobre la evolución de las vertientes”	13
3.- “La idea de Penck de cómo se desarrollarían las vertientes en material homogéneo”	13
4.- “Clasificación Funcional de vertiente de L.C. King”	14
5.- “Ocurrencia Temporal de movimientos en masa”	18
6.- “Esquema desencadenante de flujos de detritos y de barro”	20
7.- “Esquema de un Desplome (Topple)”	22
8.- “Esquema de deslizamiento Traslacional”	23
9.- “Carta de Pendiente”	29
10.- “Proceso de formación de un Glacis y un cono de deyección en 3D”	32
11.- “Distribución de los hipocentros de los sismos registrados entre 1986 y 1992 (Barrientos y Kausel, 1994)”	39
12.- “Situación general del sismo de magnitud 7,8 en la escala de Richter, ocurrido el 3 de marzo de 1985”	40
13.- “Respuesta Sísmica según SERNAGEOMIN – GORE”	42
14.- “Función Sigmoidal”	46
15.- “Función J- Shaped”	47
16.- “Función Lineal”	47
17.- “Función Definida por usuario”	47
18.- “Perfil del área de estudio, en relación a su normativa”	59
19.- “Plan Regulador Metropolitano de Santiago, aplicado a la Comuna de Puente Alto”	60
20.- “Limite Urbano según PRC 1984 y 2003”	63
21.- “Zonificación según PRC 2003 de la Comuna de Puente Alto”	66
22.- “Pisos Fitogeográficos de la comuna de Puente Alto”	84
23.- “Evolución Patrón NDVI 1989 – 2003”	86
24.- “Clasificación de NDVI año 1989”	87
25.- “Clasificación de NDVI año 1994”	87
26.- “Clasificación de NDVI año 1998”	88
27.- “Clasificación de NDVI año 2001”	88
28.- “Clasificación de NDVI año 2003”	89
29.- “Porcentaje según naturalidad”	90
30.- “Naturalidad, según Gajardo (1983)”	90
31.- “Especies Dominantes año 2005”	93
32.- “Vegetación según características cuantitativas y cualitativas”	97
33.- “Carta Geológica de Santiago según Thiele (1980)”	100
34.- “Geología del área de estudio”	102
35.- “Geomorfológica del área de estudio”	114

36.- “Supuesto depósito morrénico”	106
37.- “Bloque Errático, presente en el Remanente de piedmont”	106
38.- “Sistema de Vertientes, sector La Obra”	108
39.- “Perfiles del cauce El Durazno y El Maqui”	109
40.- “Tamaño máximo de los cantos rodados del cono El Durazno”	111
41.- “Tamaño máximo de los cantos rodados del cono El Maqui”	112
42.- “Tamaño medio de los cantos rodados del cono El Durazno”	112
43.- “Tamaño medio de los cantos rodados del cono El Maqui”	113
44.- “Índice de desgaste de los cantos rodados del cono El Durazno”	113
45.- “Índice de desgaste de los cantos rodados del cono El Maqui”	114
46.- “Tamaño de los rodados”	110
47.- “Movimientos en masa determinados a través fotografías aéreas y terreno exploratorio”	115
48.- “Deslizamiento Traslacional”	116
49.- “Continuum deslizamiento – tierra - barro”	116
50.- “Flujo de detritos”	116
51.- “Sistema de quebradas o subcuencas”	117
52.- “Torrencialidad de las subcuencas”	119
53.- “Rugosidad de las subcuencas”	120
54.- “Índice de Circularidad de las subcuencas”	121
55.- “Índice de Compacidad”	122
56.- “Tiempo de concentración de las subcuencas”	123
57.- “Pendiente media del cauce de las subcuencas”	124
58.- “Pendiente media de las subcuencas”	125
59.- “Índice de potencialidad erosiva de las subcuencas”	126
60.- “Erosividad de subcuencas hidrográficas”	129
61.- “Índice de escorrentía”	130
62.- “Caudales máximos instantáneos”	132
63.- “Acuífero o Napa Freática según su nivel de profundidad”	133
64.- “Precipitación media anual”	136
65.- “Precipitación Estación La Obra (1930 – 1967)”	135
66.- “Precipitación Estación Pirque (1971 – 2003)”	135
67.- “Temperatura media anual”	138
68.- “Temperaturas máximas y mínimas extremas de la estación Pirque año 2003”	137
69.- “Humedad relativa”	140
70.- “Exposición”	141
71.- “Patrón térmico 1989”	143
72.- “Patrón térmico 1994”	143
73.- “Patrón térmico 2001”	144
74.- “Condiciones de sequía”	145
75.- “Probabilidad de excedencia con un período de retorno”	147
76.- “Contenido de Humedad del suelo año 2003”	148
77.- “Tipología de suelos”	149

78.- “Perfil de suelo Maipo”	152
79.- “Perfil de suelo Santiago”	153
80.- “Textura superficial”	155
81.- “Grupo Hidrológicos”	156
82.- “Capacidad de Uso”	158
83.- “Poblaciones radicadas en Puente Alto período 1982 – 1987”	160
84.- “Análisis de Accesibilidad a la comuna de Puente Alto”	165
85.- “Expansión Urbana año 1960 comuna de Puente Alto”	166
86.- “Expansión Urbana año 1989 comuna de Puente Alto”	167
87.- “Expansión Urbana año 1994 comuna de Puente Alto”	168
88.- “Expansión Urbana año 2001 comuna de Puente Alto”	169
89.- “Evolución de la Población de los distritos el Peral y Las Vizcachas 1930 – 2002”	170
90.- “Densidad de población del piedmont de la comuna de Puente Alto”	171
91.- “Ocupación laboral en el piedmont de la Comuna de Puente Alto”	173
92.- “Número de Discapacitados en el piedmont de la comuna de Puente Alto”	174
93.- “Material de construcción de las viviendas en el piedmont de la comuna de Puente Alto”	175
94.- “Antigüedad de las viviendas en el piedmont de la comuna de Puente Alto”	176
95.- “Uso de suelo 2005”	180
96.- “Distribución en porcentaje de los caminos (según carpeta) en el Piedmont”	181
97.- “Distribución espacial de los caminos según tipo de carpeta”	182
98.- “Accesibilidad topológica según índice de Shimbel”	185
99.- “Peligro de movimiento en masa: Soliflucción y reptación”	188
100.- “Peligro de movimiento en masa: flujo de tierra”	191
101.- “Peligro de movimiento en masa: flujo de detritos”	194
102.- “Peligro de movimiento en masa: flujos de barro”	197
103.- “Peligro de movimiento en masa: caída y desplome”	200
104.- “Peligro de movimiento en masa: deslizamiento”	202
105.- “Peligro de inundación”	205
106.- “Peligro sísmico”	208
107.- “Vulnerabilidad socioeconómica”	210
108.- “Vulnerabilidad Tecnológica”	217
109.- “Riesgos por Soliflucción y reptación”	218
110.- “Riesgos por flujos de tierra”	219
111.- “Riesgos de flujos de detritos”	220
112.- “Riesgos por flujos de barro”	221
113.- “Riesgos por caída y desplome”	222
114.- “Riesgos de deslizamientos”	223
115.- “Riesgos por inundación”	224
116.- “Riesgos de sismicidad”	225

117.- “Camino de tierra inundados (temporal 27 de Agosto 2005)”	234
118.- “Paisaje del piedmont”	236

## **TABLAS**

1.- “Sistemas de Vertientes”	15
2.- “Clasificación de los movimientos en masa en las vertientes”	24
3.- “Escala de clases de velocidades para movimientos en masa”	25
4.- “Importancia destructiva probable de los movimientos en masa”	25
5.- “Términos descriptivos de su actividad”	27
6.- “Clasificación de Pendiente”	28
7.- “Comparación entre conos coluviales y aluviales”	30
8.- “Unidades geomorfológicas de piedmont”	31
9.- “Sismos mayores que han afectado a la ciudad de Santiago”	38
10.- “Variaciones de la intensidad sísmica con la profundidad del nivel freático a la superficie del suelo, según Medvedev”	42
11.- “Escala de Importancia relativa (NUMÉRICA Y VERBAL)”	49
12.- “Matriz madre establecida para la evaluación de los factores en estudio”	49
13.- “Matriz madre expresada en forma genérica, contiene juicios de valor (Aij) y pesos de los factores (Wj)”	50
14.- “Protección Ecológica con Desarrollo Controlado, Oriente Cajón del Maipo”	56
14 <sup>a</sup> .- “Protección Ecológica con Desarrollo Controlado, Oriente Cajón del Maipo”	56
15.- “Zonas Mixtas Preferentemente Residenciales del PRC 2003”	64
16.- “Zonas Residenciales con densificación y Equipamiento del PRC 2003”	64
17.- “Zonas de Equipamiento según P.R.M.S”	64
18.- “Zonas de Áreas Verdes, Restringidas y de Infraestructura”	65
19.- “Categorías de riesgos según la DDU N° 55 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo”	68
20.- “Clasificación de NDVI”	70
21.- “Combinaciones de topografía, tipo de vegetación y textura de suelos”	76
22.- “Combinación de topografía y superficie impermeable”	76
23.- “Usos de suelo y superficie en áreas urbanas”	76
24.- “Principales características de la vegetación andina”	83
25.- “Clasificación de NDVI entre 1989 – 2003 expresado en superficie y puntaje z”	85
26.- “Grado de Naturalidad”	89
27.- “Especies dominantes”	91
28.- “Vegetación con sus características cuantitativas y cualitativas”	94
29.- “Clasificación para roca uniforme”	103
30.- “Características estructurales del sistema de vertientes”	107
31.- “Índice de Torrencialidad”	118
32.- “Resultados obtenidos de la recolección digital”	118

33.- “Rugosidad de las subcuencas”	119
34.- “Indicador de circularidad de las subcuencas”	120
35.- “Índice de Compacidad de Gravelius de las subcuencas”	121
36.- “Tiempo de Concentración de las subcuencas”	122
37.- “Pendiente media del cauce de las subcuencas”	123
38.- “Pendiente media de las subcuencas”	124
39.- “Índice de Potencialidad erosiva de las subcuencas”	125
40.- “Resultados finales”	127
41.- “Caudal máximo instantáneo según el método de DGA – AC y Verni y King Modificado”	131
42.- “Caudales máximos instantáneos”	131
43.- “Caudales máximos de los canales”	133
44.- “Temperaturas máximas y mínimas extremas de la estación Pirque año 2003”	137
45.- “Humedad relativa”	139
46.- “Patrón térmico año 1989 de la comuna de Puente Alto”	142
47.- “Patrón térmico año 1994 de la comuna de Puente Alto”	142
48.- “Patrón térmico año 2001 de la comuna de Puente Alto”	142
49.- “Condiciones de sequía”	144
50.- “Precipitaciones máximas en 24, 48 y 72 horas entre 1995 -2004”	145
51.- “Período de retorno de 10 años y probabilidad de excedencia”	146
52.- “Áreas de suelos, según contenido de humedad año 2003”	148
53.- “Tipología de suelos”	149
54.- “Series de suelo”	150
55.- “Textura superficial en hectáreas y porcentajes”	154
56.- “Grupo Hidrológico en Hectáreas y porcentajes”	156
57.- “Capacidad de uso en hectáreas y porcentajes”	157
58.- “Tasas de crecimiento de las comunas del Gran Santiago y Población Total. (1992 – 2002)”	161
59.- “Viviendas básicas construidas en el Gran Santiago entre 1991 – 2000 y total de viviendas en los censos de 1992 y 2002”	162
60.- “Distancia en Km al centro de Santiago”	163
61.- “Categorías de accesibilidad a la comuna de Puente Alto”	164
62.- “Superficie urbanizada año 1960”	166
63.- “Superficie urbanizada año 1989”	167
64.- “Superficie urbanizada año 1994”	168
65.- “Superficie urbanizada año 2001”	169
66.- “Evolución de la Población de los distritos el Peral y Las Vizcachas 1930 – 2002”	170
67.- “Población de los distritos el Peral y Las Vizcachas (Urbano – Rural), según Población y hogares 2002”	171
68.- “Uso de suelo del piedmont de la comuna de Puente Alto, según superficie (hás) y porcentaje”	177
69.- “Establecimientos Educativos del piedmont de la comuna de Puente Alto”	178

70.- “Equipamiento de salud en el piedmont de Puente Alto”	178
71.- “Total de la cobertura de las vías (longitud), según el tipo de carpeta”	181
72.- “Matriz de Accesibilidad para 24 centros de gravedad en el piedmont”	183
73.- “Descripción de cada nodo”	184
74.- “Criterio, tipo de función y parámetros característicos de los movimientos en masa por soliflucción y reptación. Aplicación de la Teoría de los conjuntos difusos (fuzzy)”	187
75.- “Matriz para establecer el peso de los criterios para la evaluación de movimientos en masa de soliflucción y reptación a través del MJA (c.r. = 0.08)”	188
76.- “Criterio, tipo de función y parámetros característicos de los movimientos en masa por flujos o corrientes de tierra. Aplicación de la Teoría de los conjuntos difusos (fuzzy)”	189
77.- “Matriz para establecer el peso de los criterios para la evaluación de movimientos en masa de flujos de tierra través del MJA (c.r. = 0.07)”	190
78.- “Criterio, tipo de función y parámetros característicos de los movimientos en masa por flujos o corrientes de detritos. Aplicación de la Teoría de los conjuntos difusos (fuzzy)”	192
79.- “Matriz para establecer el peso de los criterios para la evaluación de movimientos en masa de flujos de detritos través del MJA (c.r. = 0.08)”	193
80.- “Criterio, tipo de función y parámetros característicos de los movimientos en masa por flujos o corrientes de barro. Aplicación de la Teoría de los conjuntos difusos (fuzzy)”	195
81.- “Matriz para establecer el peso de los criterios para la evaluación de movimientos en masa de flujos de barro través del MJA (c.r. = 0.09)”	196
82.- “Criterio, tipo de función y parámetros característicos de los movimientos en masa por caída y desplome. Aplicación de la Teoría de los conjuntos difusos (fuzzy)”	198
83.- “Matriz para establecer el peso de los criterios para la evaluación de movimientos en masa de caída y desplome a través del MJA (c.r. = 0.08)”	199
84.- “Criterio, tipo de función y parámetros característicos de los movimientos en masa de deslizamientos. Aplicación de la Teoría de los conjuntos difusos (fuzzy)”	201
85.- “Matriz para establecer el peso de los criterios para la evaluación de peligro de ocurrencia de movimiento en masa de deslizamientos través del MJA (c.r. = 0.09)”	202
86.- “Criterio, tipo de función y parámetros característicos de la inundación. Aplicación de la Teoría de los conjuntos difusos (fuzzy)”	204
87.- “Matriz para establecer el peso de los criterios para la evaluación de peligro de ocurrencia de inundación a través del MJA (c.r. = 0.09)”	205
88.- “Criterio, tipo de función y parámetros característicos a la respuesta sísmica. Aplicación de la Teoría de los conjuntos difusos (fuzzy)”	207
89: Criterio, tipo de función y parámetros característicos a la respuesta sísmica. Aplicación de la Teoría de los conjuntos difusos de Zadeh (fuzzy).	207

90.- “Criterio, tipo de función y parámetros característicos a la vulnerabilidad socioeconómica. Aplicación de la Teoría de los conjuntos difusos (fuzzy)”	209
91.- “Matriz para establecer el peso de los criterios para la evaluación de la vulnerabilidad socioeconómica a través del MJA (c.r. = 0.02)	209
92.- “Servicios de urgencia”	212
93.- “Instituciones de Administración Pública”	212
94.- “Industrias de servicios públicos”	213
95.- “Sectores de cultura, recreación y religión de alta densidad de público”	214
96.- “Sectores de cultura, recreación y religión de densidad media de público”	215
97.- “Sectores de cultura, recreación y religión de baja densidad de público”	215
98.- “Criterio, tipo de función y parámetros característicos de la vulnerabilidad tecnológica. Aplicación de la Teoría de los conjuntos difusos (fuzzy)”	216
99.- “Matriz para establecer el peso de los criterios para la evaluación de la vulnerabilidad tecnológica a través del MJA (c.r. = 0.06)”	216
100.- “Distribución territorial y sexo del encuestado”	226
101.- “Rangos de edad y sexo”	227
102.- “Grado de escolaridad”	227
103.- “Rangos de Ingreso”	228
104.- “Tipo de propiedad”	228
105.- “Material de construcción”	229
106.- “Estado de conservación”	229
107.- “información de la vivienda necesaria para su compra”	229
108.- “Recibió información de Riesgos naturales”	230
109.- “Medios de comunicación que recibió información”	230
110.- “Institución que ha recibido información”	231
111.- “Origen de los movimientos en masa”	231
112.- “Orígenes de las inundaciones”	232
113.- “Origen de los sismos”	232
114.- “Información de cómo actuar en algunos de estos casos”	233
115.- “Le gustaría recibir información sobre este tema”	233
116.- “Porcentaje de población, si tendría la misma reacción a 1993 y 1985”	233
117.- “Consecuencias de daños producto de los acontecimientos de 1985 y 1993”	234
118.- “Calidad de la accesibilidad ha servicios de Urgencia”	234
119.- “Porcentaje de Población cree que esta situado en un lugar de riesgos”	235
120.- “Porcentaje de población, según fenómeno natural más riesgoso”	235
121.- “Porcentaje de población que habla o conversa de estos temas con la familia y vecinos”	236
122.- “Porcentaje de la Población, según ventajas de vivir en el piedmont”	236
123.- “Porcentaje de población, de acuerdo en la toma de decisiones ante los riesgos”	237
124.- “Porcentaje de población si hay prevención sobre el tema en estudio”	237
125.- “Porcentaje de población de acuerdo al vecino que esta de acuerdo”	237

## 1.1 INTRODUCCIÓN

Se estudia los riesgos del piedmont de la comuna de Puente Alto como parte del proyecto código BIP N°30003454 – 0, “Programa Transferencia y Colaboración entre el Gobierno Regional Metropolitano de Santiago y las Universidades de la RMS, con el objetivo de fomentar la investigación en materia de interés regional”. El tema es relevante de ser estudiado, ya que es una de las comunas que ha crecido en forma explosiva, lo que se fundamenta por los resultados obtenidos en los censos de los años 1982, 1992 y 2002: entre los años 1982 y 1992 presentó una tasa de crecimiento de un 8.44% y una población de 250.000 habitantes, siendo la tercera más poblada del Gran Santiago; en el período 1992 y 2002 presentó una tasa de crecimiento de un 7% y una población de 492.915 habitantes, por lo que es considerada en estos términos como **la comuna más grande del país**. No obstante, las áreas de expansión horizontal hacia el oriente de la comuna corresponde al piedmont, consecuentemente, el propósito de ésta es desarrollar un estudio de riesgos en que se presenta un análisis de peligro de movimientos en masa, inundación y sismicidad, y el grado de vulnerabilidad socioeconómica, tecnológica a través de la teoría de los conjuntos difusos y técnicas de evaluación multicriterio implementado dentro de un Sistema de Información Geográfica. No obstante, las relaciones socioculturales basadas en la información, percepción y comportamiento a través de una encuesta a la población del piedmont sobre estos fenómenos.

Las coordenadas que enmarcaron esta investigación son, por una parte, las oportunidades brindadas por las nuevas tecnologías para procesar y relacionar las variables territoriales, y el interés de su aplicación en procesos de evaluación del territorio, en orden a la planificación, o en general, a la toma de decisión. Sin embargo el manejo de las relaciones socioculturales está basado principalmente en la recopilación y análisis de la recepción de información por parte de los habitantes del piedmont de la comuna de Puente Alto, sobre un tema desconocido para estos.

Para comprender la peligrosidad o amenaza natural se identificaron las variables físico – ambientales más importantes como la geomorfología, vegetación, clima, hidrología, geología y suelos, los cuales están condicionados por tres factores: la fragilidad del medio, el evento detonante y la energía del fenómeno.

La vulnerabilidad socioeconómica se analizó estudiando variables tales como la densidad de población, niveles de ocupación laboral, discapacidad física y mental en número. La vulnerabilidad tecnológica se analizó estudiando variables como calidad del material de construcción de la vivienda, antigüedad de la vivienda, tipo de carpeta, accesibilidad topológica y uso de suelo. No obstante, la vulnerabilidad sociocultural se basó en la información – conocimiento, percepción y comportamiento de la población ante los riesgos naturales.

Para la jerarquización de los peligros y vulnerabilidad se utilizó el método de la teoría de los conjuntos difusos y evaluación multicriterio como proceso de análisis jerárquico, el cual permitió

definir niveles y zonas de peligro y vulnerabilidad. No obstante, la cartografía de riesgos fue la aplicación del método booleano de la información de peligro y vulnerabilidad.

Los peligros o amenazas de mayor recurrencia espacio - temporal son las inundaciones que se presentan en los sectores bajos del piedmont pertenecientes al glacis producto del escurrimiento y baja pendiente. No obstante, los peligros o amenazas por movimientos en masa se encuentran con un grado de probabilidad e intensidad en las vertientes de las subcuencas dado al gran dinamismo geomorfológico, geológico, erosividad y torrencialidad hidrológica de estas. El peligro o amenaza de sismicidad afecta preferentemente en la zona distal del cono de deyección el Durazno y las vertientes de las subcuencas del área.

El mayor grado de vulnerabilidad socioeconómica se presenta preferentemente en el sector Almenar del Maipo y Altos de Manquecura, con un patrón espacial de alta densidad de población, nivel de ocupación perteneciente al grupo de Profesionales científicos o intelectuales y Agricultores y trabajadores calificados agropecuarios y un alto número de discapacitados. La vulnerabilidad tecnológica corresponde a un patrón espacial concentrado en los sectores urbanos consolidados preferentemente.

Los riesgos naturales por movimientos en masa afectan preferentemente a los sectores de La Obra, la Virgen, el Chequén y Alto Lo Planella; la inundación y sismicidad afecta preferentemente a los sectores exteriores al piedmont, correspondiente al eje vial Camilo Henríquez y algunas zonas interiores como Alto Lo Planella, San Luis y Llano las Perdices.

La población del piedmont de modos de vida urbano y rural, responde a las condiciones que le ha dado sus perspectivas de vida materiales y espirituales a través de una comprensión espacio - temporal, , influyendo estas en el conocimiento, percepción y comportamiento ante los riesgos naturales.

## **1.2 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECIFICOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Analizar y evaluar riesgos por movimientos en masa, inundación y sismicidad en el piedmont de la Comuna de Puente Alto.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Conocer y analizar las características físico – naturales de las subcuencas y piedmont de la comuna de Puente Alto, a través de las variables geomorfología, vegetación, suelos, geología, hidrología y clima.
2. Caracterizar las variables socioeconómicas y tecnológicas de los distritos censales el Peral y las Vizcachas perteneciente al piedmont de la comuna de Puente Alto.
3. Caracterizar y analizar los principales factores socioculturales implicados en la información, percepción y comportamiento de la población en caso de exposición a los riesgos naturales del piedmont de la comuna de Puente Alto.
4. Analizar y evaluar los factores de riesgo producto del movimiento en masa, inundación y sismicidad en el piedmont de la comuna de Puente Alto.
  - 4.1 Analizar y evaluar el peligro natural o amenaza.
  - 4.2 Analizar y evaluar la vulnerabilidad: socio –económica y tecnológica
5. Realizar una cartografía final de Riesgos por movimientos en masa, inundación y sismicidad de la zona urbana perteneciente al piedmont y subcuencas.

### **1.3 HIPÓTESIS DE TRABAJO**

Desde comienzo del siglo pasado, la ciudad de Santiago ha sufrido un continuo crecimiento del plano urbano hacia sectores del piedmont en áreas de expansión urbana o de reservas naturales, en que se agrega una cantidad de población irregular que en ocasiones resultan ser áreas de riesgo natural o potencialmente sensibles a fenómenos naturales, cuyas consecuencias se pueden apreciar en las distintas catástrofes acaecidas en la década de los ochenta y muy reciente en lo ocurrido en el mes de mayo de 1993 en el sector de la quebrada de Macul, causando un número indeterminado de víctimas. ***Por consiguiente, se identifican unidades territoriales complejas que presentan relaciones alométricas expresado en grados diferenciales de peligro natural y vulnerabilidad socioeconómica, sociocultural y tecnológica, asociados a una ocupación humana poco acorde con los rasgos del medio donde tiene lugar.***

## 1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La comuna de Puente Alto pertenece a la Provincia Cordillera y se localiza en el extremo sur – oriente de la Región Metropolitana de Santiago. Es una de las comunas de esta región que ha crecido en forma explosiva, lo que se fundamenta por los resultados obtenidos en los censos de los años 1982, 1992 y 2002: entre los años 1982 y 1992 presentó una tasa de crecimiento de un 8.44% y una población de 250.000 habitantes, siendo la tercera más poblada del Gran Santiago; en el período 1992 y 2002 presentó una tasa de crecimiento de un 7% y una población de 492.915 habitantes, por lo que es considerada en estos términos como **la comuna más grande del país** (CENSO 1982; CENSO 1992; y CENSO 2002, INE). No obstante, la población del piedmont el cual pertenece el distrito el Peral y las Vizcachas han presentado un crecimiento explosivo desde 1982, principalmente el Peral, con 368 habitantes en 1982 a 15.784 en el 2002, la que representa un alto dinamismo demográfico, con la presencia de proyectos de viviendas con control acceso mayores a 500 viviendas unifamiliares y construidas por etapas al 2004.

El área de estudio se enmarca en el piedmont de la comuna, que representa una zona de transición entre la cadena montañosa y el fondo de valle, altamente dinámica (ARAYA - VERGARA, 2002). El piedmont está formado por conos de deyección que están ligados a la acción de cauces con **un régimen torrencial**, debido tanto a las fuertes pendientes como a una elevada capacidad de producción y transferencia de sedimentos (RACHOCKI & CHURCH, 1990).

En el área de estudio se identifican **unidades territoriales complejas que presentan una relación alométrica**, entre el piedmont y las subcuencas denominadas El Durazno, El Maquí, Sin Nombre, Las Vizcachas y La Morfilana, según lo que indica la *Fig. 1*. La relación alométrica se refiere a que el crecimiento de las partes es igual al crecimiento del todo, es decir, que existe una vinculación directa entre las subcuencas y el piedmont, por lo tanto, no se puede referir a una unidad sin referirse y conocer la dinámica que presentan las otras (ARAYA – VERGARA, 2002).

Debido a que la vertiente occidental del sector precordillerano corresponde a un frente de falla altamente erosionado y disectado, los cursos de agua de las microcuencas inscritas en él, presentan pendientes mucho más fuertes en todos sus componentes, sean estos afluentes o curso principal, lo cual provoca un cambio significativo en la agresividad de los procesos erosivos derivados del escurrimiento y de la capacidad de carga de materiales detríticos, siendo propio de estos cuerpos hidrológicos la mayor recurrencia de aluviones, los que se proyectan sobre la zona oriente de la ciudad de Santiago con graves consecuencias. En este sentido, las secciones medias y altas del piedmont sobre la cota 800, que corresponde a secciones medias apicales de conos torrenciales, presentan sustratos compuestos por materiales gruesos y grandes bloques, los que denotan la energía de los procesos que los generaron, mecanismos que suelen activarse hoy en día con similar intensidad ante situaciones meteorológicas en que se combinan indistintamente la existencia de

material detrítico en las cabeceras de las cuencas (GARRIDO, 1987; FERRANDO, 1993; MIDEPLAN, 1997; y RAULD, 2002).

Hacia fines de la década del 50 y principios de los años 60, la zona del piedmont de la ciudad de Santiago, comprendida entre los sectores de Lo – Barnechea por el norte y San José de Maipo por el sureste, ha venido experimentando **un fuerte proceso de expansión urbana** hacia terrenos de mayores altitudes y pendientes (en la actualidad cercanos a la cota 1000 m.s.n.m) (AZÓCAR, 1997). Como consecuencia directa de la actual dirección de la expansión, surge la problemática de la ocupación por parte de la población residente, de espacios de alto riesgo físico (tales como inundación y aluviones); cuya temática y medidas de protección ha sido tratada por varios autores en la zona del piedmont andino. La expansión urbana se ha asentado cada vez más en terrenos con mayores pendientes, suelos inestables y cercanías de quebradas y/o lechos fluviales menores de actividad hídrica irregular (MUÑOZ, 1990; MARIANGEL, 1990).

La urbanización de la comuna de Puente Alto se rige actualmente por el Plan Regulador del año 2003, modificado del Plan Regulador Comunal de 1984 y por el Plan Regulador Metropolitano de Santiago de 1994, cuya normativa se basa principalmente en un manejo de los roles de las áreas, más que en un reconocimiento real de la capacidad de acogida del suelo para el emplazamiento urbano. Por otra parte, la normativa vigente para la construcción y urbanización establece en la mayoría de los casos estándares mínimos generales que aseguren niveles aceptables de habitabilidad; estos estándares se adoptan como patrones de diseño de cualquier emplazamiento urbano, en circunstancias de que muchas veces son sobrepasados por la dinámica de los procesos naturales locales. A esto se agrega una cantidad no determinada de población irregular, edificaciones de tipo espontáneo que también forman parte del proceso urbano y que generalmente ocupan los sitios menos seguros del piedmont.

El continuo crecimiento del plano urbano hacia sectores del piedmont de la comuna de Puente Alto en áreas de expansión urbana o de reserva natural, hacen más importante que nunca la realización de estudios tendientes a conocer la dinámica físico natural de dicho sector (MUÑOZ, 1990; OTEÍZA, 2000). El reconocimiento cualitativo y cuantitativo de los riesgos naturales ha concitado particular preocupación especialmente entre los geógrafos, que vía estudios analíticos del medio natural, ponen la alerta en aquellos lugares, donde el conjunto de condiciones permiten prever una respuesta catastrófica ante procesos de urbanización, tal y como se constituye el crecimiento en extensión hacia el piedmont situado al este de la comuna de Puente Alto. Los peligros naturales condicionan la capacidad de acogida del territorio, dado que al activarse pueden producir efectos indeseados en las actividades humanas (GÓMEZ OREA, 1994), y razón por la cual y con el fin de contribuir al ordenamiento sustentable del territorio, estos debieran ser inventariados, valorados y cartografiados para evitar el poblamiento de zonas de riesgo o para utilizar las tecnologías adecuadas para soportarlos.

Gran parte de las catástrofes naturales derivan de una relación imperfecta entre el hombre y el medio físico y por esto resulta prioritario comprender el papel que juega el hombre en la generación de problemas a través de su creciente acción modificadora en el medio ambiente

(SCHUMM, 1977). Los umbrales de tolerancia ante los riesgos de la naturaleza han disminuido por el propio crecimiento de la población mundial y la ocupación intensiva del territorio. Se invaden espacios con riesgo bajo la premisa del desarrollo colectivo permitiendo que los grupos sociales se tornen vulnerables a la mínima manifestación de las fuerzas de la naturaleza. Estamos ante un problema social, de origen natural y de repercusión del territorio (AYALA – CARCEDO, 2002).

Para que exista *riesgo* es necesario que se den todos los factores del riesgo, que de acuerdo a la ecuación general del riesgo, son la peligrosidad (la probabilidad es uno de sus aspectos), la exposición y la vulnerabilidad. Por tanto es necesario proceder al análisis de los factores del riesgo. *La peligrosidad* se define como el conjunto de los aspectos naturales, no sociales (severidad e intensidad); *la exposición* se define como el conjunto de personas, bienes, servicios y procesos expuestos a la acción de un peligro; y finalmente *la vulnerabilidad* es el tanto por uno de la Exposición, que puede ser dañada por la acción de un peligro con una determinada severidad (CASTRO, 1995; MARDONES, 2001; AYALA – CARCEDO, 2002; & CHARDON, 2002). Por consiguiente, la relación entre *peligro* (amenaza) y *vulnerabilidad* da origen al riesgo (CHARDON, 2002). En otros términos, el riesgo natural está condicionado por la ocurrencia de un fenómeno natural peligroso en un área con condiciones antrópicas vulnerables (CASTRO, 1995).

Para comprender la peligrosidad o amenaza natural se deben identificar las variables físico – ambientales más importantes como la geomorfología, vegetación, clima, hidrología, geología y suelos, los cuales están condicionados por tres factores: la fragilidad del medio, el evento detonante y la energía del fenómeno (CASTRO, 1995)

La población es el mayor elemento expuesto, o sea el que debe protegerse con prioridad. Efectivamente la vulnerabilidad no depende solamente de la urbanización sino también de la sociedad civil, por lo tanto, la percepción del riesgo, el comportamiento frente a la situación de riesgo y los recursos para reducir su amplitud son unos de los factores que influyen sobre la vulnerabilidad. Por consiguiente, se abordará el estudio de la vulnerabilidad de la población del piedmont de la comuna en que se distinguirán los criterios: socioeconómico, sociocultural y tecnológico (CHARDON, 2002).

El análisis debe extenderse al campo espacial (¿dónde?), al temporal (¿cuándo?) y al modal o tipológico (¿cómo?) en el piedmont de la comuna de Puente Alto.

La importancia del análisis de riesgos naturales en el Piedmont de la comuna de Puente Alto se justifica por:

a) El actual Plan Regulador de acuerdo a su normativa le otorgará prioridad a los proyectos de desarrollo inmobiliario de niveles medio y medio alto, lo que permitirá un equilibrio socioeconómico mediante el desarrollo de estos en el piedmont, que representa el 21.08% de la superficie comunal y usos de suelo correspondientes áreas residenciales e industriales, sin evaluar

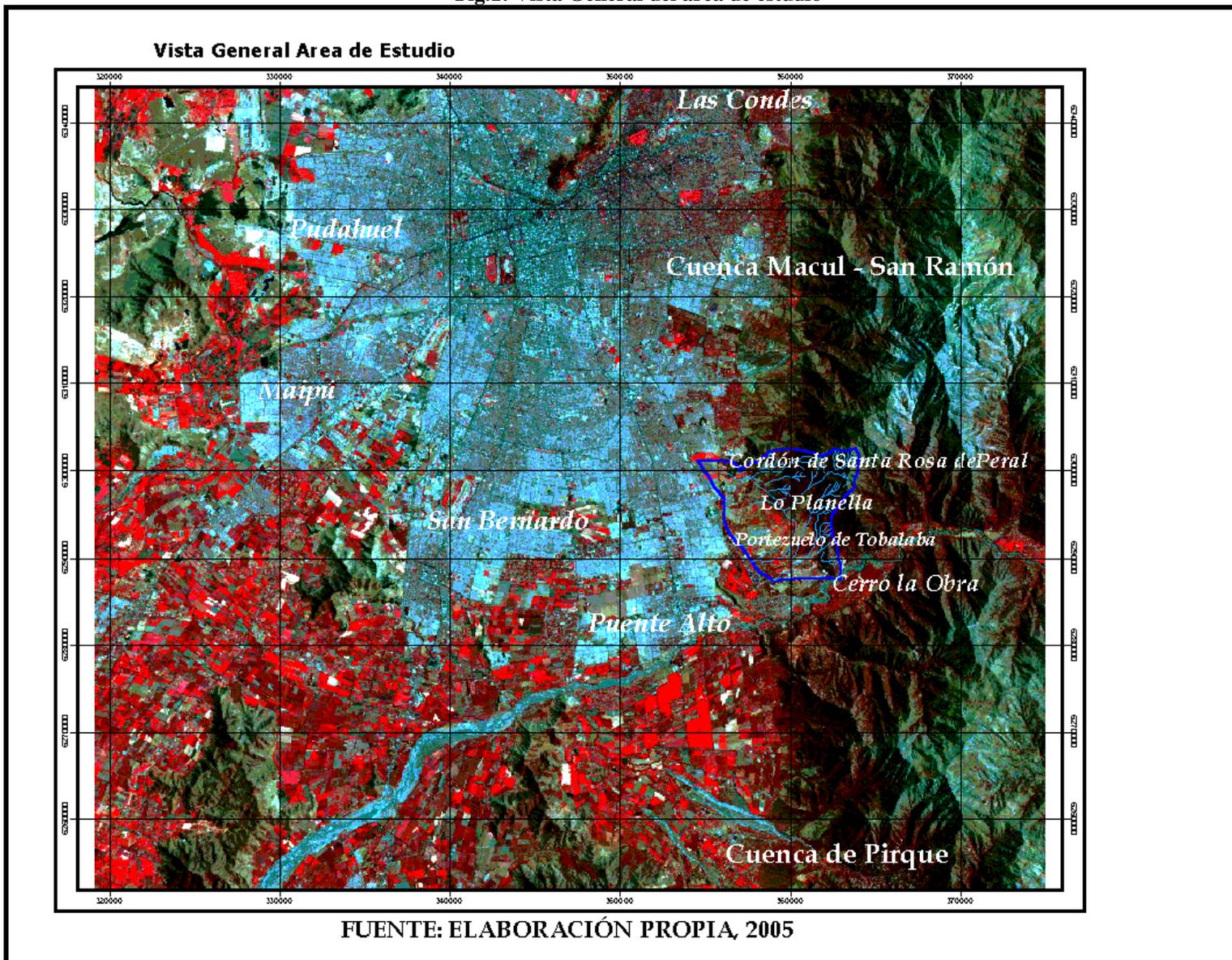
las condiciones físico – ambientales, por consiguiente, valorizando un enfoque economicista de un enfoque conservacionista.

b) La ausencia en el Plan Regulador de cartografía de riesgos naturales, que permita determinar las áreas donde es probable que ocurran fenómenos susceptibles de transformarse en desastres naturales.

c) Las distintas catástrofes acaecidas en la década de los ochenta, como el terremoto de marzo de 1985 con la mayor intensidad de 8 M.M en la comuna y muy recientemente lo ocurrido en el mes de mayo de 1993 en el sector de Quebrada de Macul, que causó pérdidas de vidas humanas, junto a la destrucción de la totalidad del asentamiento.

Se presentan como hilo argumental a la investigación de Riesgos Naturales en el piedmont de la comuna de Puente Alto, ya que es un área potencialmente sensible a dichos sucesos.

**Fig.1: Vista General del área de estudio**



## 2. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL

### 2.1 RIESGOS NATURALES

El espacio geográfico es en esencia dinámico de los procesos y fenómenos que afectan al hombre y que se desenvuelven en el espacio terrestre. Dentro de esta dinámica que puede afectar negativamente al hábitat humano, se consideran los desastres o catástrofes naturales.

*El riesgo natural es definido*, como la probabilidad de ocurrencia en un lugar dado y en un momento determinado de un fenómeno natural potencialmente peligroso para la comunidad y susceptible de causar daño a las personas y a sus bienes. Más específicamente, la O.N.U. (AYALA - CARCEDO, 2002) lo define como el producto de la probabilidad de ocurrencia de una amenaza o peligro natural, por la vulnerabilidad en tanto por uno y la exposición. La Oficina Nacional de Emergencia entiende por riesgo “Todas aquellas condiciones y acciones, factores y elementos agresivos en el ambiente que poseen la capacidad de provocar daño material y al ser humano, traduciéndose siempre en pérdidas económicas” (JACOBY, 2001). **La peligrosidad o amenaza** será entendida como un fenómeno natural, cuya dinámica puede desbordar sus umbrales más frecuentes de intensidad, magnitud y localización, pudiendo ocasionar daños a las personas y a sus bienes. **La vulnerabilidad**, en cambio, es estimada como la capacidad de respuesta de las construcciones humanas a la activación de una amenaza y **la exposición**, alude a la población medida en número de habitantes o de bienes por unidad de superficie, situados al interior de una zona de peligro. Si un proceso potencialmente peligroso se activa se está en presencia de un desastre o catástrofe natural, entendiéndose como tal, aquella situación en la que la vida de las personas puede sucumbir masivamente, produciéndose una desorganización social que excede la capacidad de reacción ordinaria de la comunidad social afectada (AYALA - CARCEDO OP.CIT). En otros términos, *el riesgo natural está condicionado por la ocurrencia de un fenómeno natural peligroso en un área con condiciones antropicas vulnerables*. Los peligros naturales condicionan la capacidad de acogida del territorio, dado que al activarse pueden producir efectos indeseados en las actividades humanas. Razón por la cual y con el fin de contribuir al ordenamiento sustentable del territorio, éstos debieran ser inventariados, valorados y cartografiados para evitar el poblamiento de zonas de riesgo o para utilizar las tecnologías adecuadas para soportarlos (GÓMEZ, 1994).

En el Axioma se puede ejemplificar lo siguiente: si la amenaza o peligro no existe  $P = (0)$  y/o no hay vulnerabilidad  $V = (0)$ , el riesgo natural no existe, ya que este se presenta en función de  $P$  y  $V$  (CASTRO, *et al.* 1995). Así, existe un mayor riesgo mientras mayor sea la ocurrencia de fenómenos naturales peligrosos ( $P$ ) en áreas de mayor vulnerabilidad ( $V$ ). Las amenazas o peligros ( $P$ ) están condicionadas por tres factores: la fragilidad del medio ( $F$ ), dada por los elementos internos del sistema natural, el evento detonante ( $D$ ), dado por las condiciones de intensidad y magnitud del fenómeno y la energía potencial del fenómeno ( $E$ ), entendida como las condiciones potenciales de generación de la energía del evento (CASTRO, *et al.* 1995).

Las vulnerabilidades (V), en tanto, corresponde a la susceptibilidad al daño o destrucción de los elementos culturales ante la ocurrencia de un fenómeno natural peligroso, no obstante, están condicionadas por dos factores: el grado de exposición al fenómeno (X) y la resistencia a éste (R) (CASTRO, *et al.* 1995).

Todos estos factores son excluyentes, puesto que si no existe fragilidad en el medio o evento detonante o energía capaz de generar un evento, no existe la amenaza. Así mismo, si no hay una exposición al fenómeno o la resistencia al fenómeno es infinita, no existe la vulnerabilidad (CASTRO, *et al.* 1995).

La pareja conformada por el peligro y la vulnerabilidad que equivalen al estado de un *sistema* (la ciudad o sociedad urbana) en una situación particular (expuesta a una amenaza), le confiere al riesgo un aspecto multidimensional (sistema complejo). Además, las consecuencias del desencadenamiento del fenómeno son ampliamente determinadas por la estructura, la organización y las medidas tomadas por la sociedad para enfrentar la situación de riesgo, por consiguiente, parece evidente que el tipo y el modo de antropización de un espacio frágil participan plenamente del desarrollo del “sistema riesgo”. El análisis de todos los peligros de origen natural se ubicará con respecto a los determinantes humanos que les dan su verdadero significado, a menudo los agravan, eventualmente los generan” (CHALINE & DUBOIS – MAURY, 1994 & CHARDON, 2002).

La información y la comunicación son uno de los principales factores socioculturales de vulnerabilidad. Informar y buscar información son la expresión de una actitud positiva en el caso de exposición a los riesgos naturales. Esto significa que cada uno es emisor y receptor de información. Los diferentes actores (poblaciones, científicos, autoridades y organizaciones, medios de comunicación, etc.), participan de un mismo proceso de comunicación. El contenido de los mensajes, el momento y la frecuencia de su transmisión, el seguimiento en las comunicaciones y la naturaleza de la fuente emisora, son los factores que determinan el buen funcionamiento del sistema de información.

La percepción del riesgo es multidimensional. Las informaciones son recibidas desde el mundo real y son percibidas en función de un proceso sociocultural en el que intervienen tanto los valores del individuo, su personalidad, sus experiencias pasadas, su grado de exposición al riesgo; como su nivel social, económico y cultural. Sin embargo, todas las informaciones disponibles no son retenidas, sino que son filtradas en función de un objetivo, de una intención precisa. En el caso de los riesgos, el objetivo puede estar vinculado a una voluntad de ocultarlos y así, no se perciben las características amenazadoras de un fenómeno natural por ejemplo. Así como también, percibir el riesgo es asignarle una significación precisa, darle un sentido, atribuirle una “forma” particular (LECOMPTE, 1995; WEINBERG, 1995; & CHARDON, 1998).

*La actitud y las medidas en caso de exposición a los riesgos naturales.* Para poder planificar de manera eficaz la reducción de los riesgos, hay que evaluar el comportamiento de los individuos y de las organizaciones durante las diferentes etapas de la gestión del riesgo. Desde los años 60, los

equipos de investigación Norteamericanos trabajaron mucho el tema del comportamiento de las personas amenazadas. Se trata principalmente de los geógrafos R.W. Kates, G.F. White e I. Burton, como de los sociólogos R.W. Perry, E.L. Quarantelli, D.S. Mileti y T. Drabek (CHARDON, 1998). Se suelen distinguir tres periodos de intervención o acción: (1) Antes de la ocurrencia de un siniestro, se habla de prevención técnica y de preparación de las poblaciones, tanto a largo plazo como en el periodo de alerta, (2) Durante el siniestro, se estudia el comportamiento de la población y (3) Después del siniestro, el comportamiento en el periodo de emergencia. Como consecuencia del explosivo crecimiento demográfico, de la concentración de la población en ciudades y de las condiciones caóticas del proceso de urbanización, especialmente en los países subdesarrollados, se prevé a escala mundial un incremento cada vez mayor de los niveles de riesgo natural y por lo tanto de la ocurrencia de desastres. Ya en 1994, alrededor del 45% de la población mundial habitaba en zonas urbanas, de este porcentaje el 68% lo hacía en las regiones menos desarrolladas, ciudades en las cuales se manifiesta una drástica desigualdad social, insuficiencia en los niveles de equipamiento e infraestructuras, mala calidad de las viviendas, ocupación de sectores poco aptos para ser habitados, todos factores que contribuyen a aumentar la vulnerabilidad humana frente a un evento natural (LARRAÍN & SIMPSON, 1994).

Idénticos factores han contribuido en nuestro país a aumentar el número de víctimas y las pérdidas económicas, frente a eventos riesgosos de la misma intensidad (RIBAS, ROSET, & PUJADAS, 1995; ANGUITA & MORENO, 1994; LARRAÍN & SIMPSON, 1994). En efecto, las pérdidas en vidas humanas y económicas por efecto de catástrofes naturales han sido recurrentes a lo largo de su historia; especialmente han sido los impactos ocasionados por sismos, inundaciones y avalanchas. Citando solo los desastres más recientes: el sismo grado 7 de la escala de Richter, que afectó a la Región Central de Chile y especialmente a la ciudad de Santiago el 3 de marzo de 1985, generó pérdidas económicas por un monto de 186 millones de dólares, más de 195.000 viviendas dañadas, 178 muertos y 2.575 heridos graves (ODEPLAN, 1985). El terremoto del mismo grado que ocurrió el 30 de julio de 1995 en la ciudad de Antofagasta, ocasionó daños en las viviendas evaluados en 615.000 millones de pesos. Las pérdidas económicas ocasionadas por las inundaciones que afectaron a la Región Metropolitana el año 1982, fueron estimadas en 2.000 millones de pesos (LARRAÍN, 1992). Últimamente, las inundaciones y anegamientos ocurridos el mes de junio del 2000, dejaron más de 88.000 damnificados en Chile Central y Sur. En la última década, las mismas ciudades precedentemente citadas, fueron impactadas por aluviones relacionados con la ocurrencia repentina de lluvias concentradas en un par de horas (20-40 mm en menos de tres horas). El aluvión registrado en la ciudad de Antofagasta el 18 de junio de 1991, dejó un saldo de 64 muertos, 48 desaparecidos, 750 personas lesionadas, 6.000 viviendas dañadas y miles de damnificados; los daños superaron los 2.000 millones de pesos. El aluvión arrastró 5 millones de toneladas de agua y lodo que arrasaron el centro y norte de la ciudad a una velocidad de 30 km/hora (HAUSER, 1991). El aluvión que arrasó el sector oriente de Santiago el tres de mayo de 1993 y que fue provocado por una crecida de la Quebrada de Macul, dejó 950 damnificados y ocasionó pérdidas por 5.000 millones de pesos, 16 personas fallecidas, 200 casas inutilizadas y 4.000 personas afectadas (NARANJO & VARELA, 1996).

## 2.1.1 MOVIMIENTOS EN MASA

### Dinámica de Vertientes

Existen tres teorías principales de la evolución de vertientes, a saber: a) declinación de la vertiente (W.M. Davis), b) reemplazo de la vertiente (W. Penck), y c) retroceso paralelo (L.C. King). (YOUNG, 1972), según lo que indica la Fig. 2.

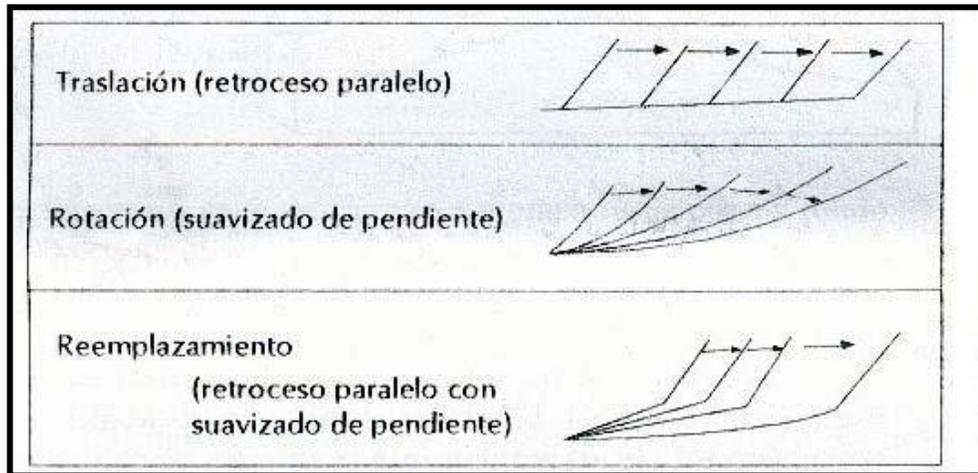


Fig.2: Modelos sobre la evolución de las vertientes

En el modelo de evolución vertientes de *Davis*, se asume una progresión continua de diferentes etapas, de una juventud a una vejez, con interrupciones permitidas por los cambios en el nivel de base, durante el ciclo. (Mc. CULLAGH, 1983). Es decir, a medida que el ciclo avanza, las convexidades y concavidades llegan a ser más largas y adquieren un radio de curvatura mayor (YOUNG, 1972).

Penk relaciona los procesos y las geformas a los procesos endógenos, por consiguiente, las geformas dependerán del ritmo relativo del ascenso de la corteza terrestre y la eficiencia de las

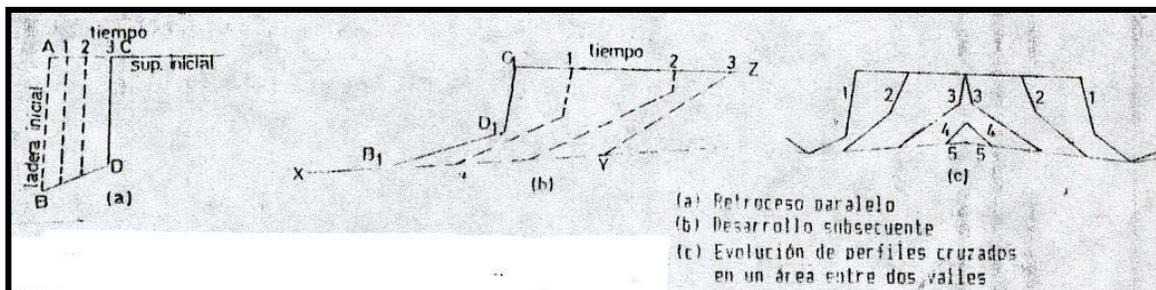
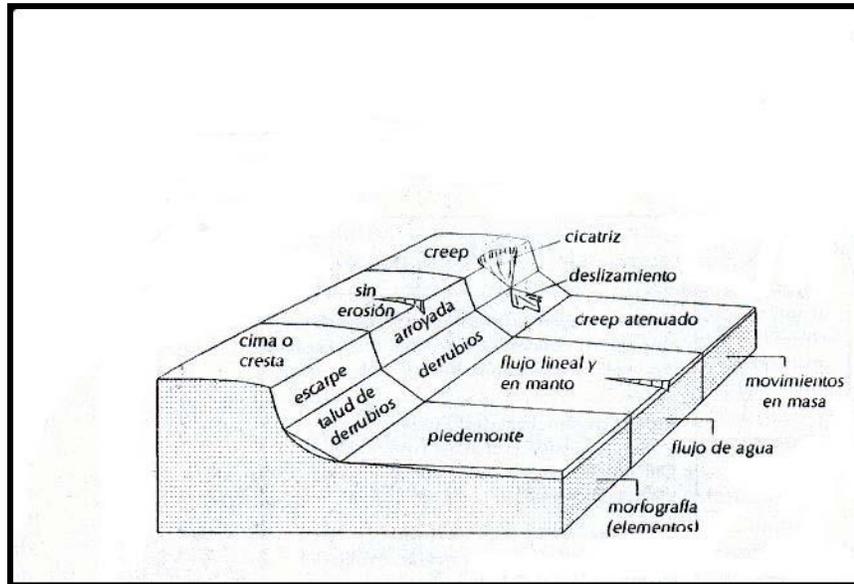


Fig.3: La idea de Penck (1924) de cómo se desarrollarían las vertientes en material homogéneo.

fuerzas de remoción que actuaban sobre éstas. (McCULLAGH, 1983). Durante los períodos de ascenso, los talwegs erosionan, y así las vertientes de los valles tienen a la convexidad.



**Fig.4: Clasificación Funcional de vertiente de King (1962).**

Si el ritmo de erosión declina los talwegs no son capaces de transportar el material proporcionado por las vertientes. Así, las vertientes de los valles tenderían primero a ser rectas y después desarrollarían formas cóncavas. Si la erosión por los talwegs fuera constante existiría equilibrio y las vertientes de los valles serían rectilíneas. De aquí que la idea de **Penck**, acerca de la evolución de las geoformas fuera independiente de un ciclo erosivo, pero más relacionado a la energía de los ríos en relación al ascenso del paisaje, según lo que indica la Fig.3 (YOUNG, 1972).

**King** (1962) por su parte, establece una vertiente estándar en la cual hay cuatro elementos presentes (crestas, escarpe, talud de detritos y pedimento). Argumenta que ellos son el producto natural de la evolución de las vertientes, y ya sea por escurrimiento, movimientos en masa o ambos. La presencia de estos elementos depende de las condiciones locales, principalmente la dureza de la roca madre y el relieve. La evolución sería por un retroceso paralelo o por reducción de la pendiente de esta, ligera pero continuamente. De esto se puede decir que la vertiente estándar de King es una de tipo convexo – cóncava, según la Fig.4 (YOUNG, 1972).

### **Equilibrio y normalidad en los ambientes naturales**

La noción de equilibrio es una de las más antiguas en el ámbito de la geomorfología. (CHRISTOFLETTI, 1981). Los ambientes naturales parecieran funcionar de acuerdo a una serie de estímulos que además de provocar las variaciones continuas en el corto plazo, suelen ocurrir tanto en forma rápida – un fenómeno de movimiento en ladera, por ejemplo – como en períodos más prolongados. Debe considerarse, además, que esta variación natural de ciertos sistemas puede generar reacciones que los hagan volver a las condiciones iniciales, pero, dependiendo de la

magnitud del estímulo, es posible que puedan pasar a nuevos estados de equilibrio.. En este sentido, el concepto de equilibrio o normalidad se ha asimilado más bien a los procesos de enmascaramiento que se desarrollan con posterioridad al estímulo y que tienden a disfrazar sus efectos iniciales. No obstante, la actividad humana se ha acomodado a estos efectos de enmascaramiento, porque significan una cierta constancia a través del tiempo, y ha desconocido la presencia de estímulos, probablemente porque ocurren espacialmente – les ha llamado anormales. Sin embargo, los estímulos no ocurren en forma aislada. Se sabe que los ambientes naturales son producto de la interacción de un conjunto de diversos elementos y/o factores sujetos a múltiples combinaciones. Es muy probable entonces, descubrir la presencia de estímulos asociados, así el hombre es considerado como un estímulo importante en los procesos de movimientos en masa, por deforestación y destrucción de laderas (ESPINOZA, 1985).

### Concepto de Sistema de Vertientes

Se considera a las vertientes como sistemas. En otras palabras, se refiere a una combinación de varios tipos de vertientes individuales que conforman el sistema o la gran vertiente, y a las formas deposicionales correlativas a éstas. *“De la clasificación estructural de los sistemas de vertientes queda implícita la acción de la geodinámica externa frente a cada morfoestructura. Por esta razón, ella es resaltada más especialmente en cuanto a la tendencia erosiva de las vertientes de media montaña y de relieves bajos, en los cuales la estructura no es tan definitiva en la explicación de los fenómenos externos como en la alta montaña”*. Esto se debe principalmente a razones morfoclimáticas, pues en los ambientes de media montaña existe poca influencia del frío y las formaciones superficiales cubren de mejor manera las morfoestructuras (ARAYA – VERGARA, 1985). Según lo que indica la Tabla 1, donde se destaca la doble base de clasificación, estructural y exógena.

**Tabla 1: Sistemas de Vertientes.**

<b>1. Influencias Estructurales</b>	<b>2. Influencias Exógenas</b>
<p><b><u>1.1 Estructura concordante</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cara libre y talud</li> <li>• Cara libre rugosa y talud</li> <li>• Cara libre rugosa</li> <li>• Vertiente de Richter</li> <li>• Residual de plateau</li> </ul> <p><b><u>1.2 Estructura monoclinal</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiente conforme</li> <li>• Vertiente inversa</li> <li>• Discordante indefinida y Hog – back</li> </ul>	<p><b><u>2.1 Según tendencia erosiva</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De flanco activo</li> <li>• De flanco pasivo</li> <li>• Residual</li> <li>• De excavación</li> </ul> <p><b><u>2.2 Según grado de desgaste de las divisorias</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfluvios ferales</li> <li>• Interfluvios suavizados</li> </ul>

Fuente: Araya – Vergara, 1985

La máxima influencia estructural se da en el ambiente periglacial de altura (> 3.000 m.s.n.m.), en tanto que la máxima expresión del modelado exógeno es frecuente en el templado seco de baja montaña (< 1.400 m.s.n.m.); encontrándose entre ambos el ambiente templado seco de media montaña, intercalándose la influencia endógena y exógena (3.000 – 1.400 m.s.n.m.) (ARAYA – VERGARA, 1985).

La meteorización es la acción combinada de cada uno de los procesos, a través de la cual la roca es atacada y fragmentada por la exposición prolongada de los agentes atmosféricos; luego los materiales rocosos pueden ser transportados por agentes erosivos como el agua, el hielo, el viento, etc. Por la inclinación de la pendiente y la fuerza de gravedad, los materiales sueltos y fragmentados tienden a rodar hacia el pie de las laderas, originando una acumulación de materiales.

La fuerza de gravedad encuentra una fuerza opuesta, la cual impide la movilización de los materiales sueltos. ***Si la fuerza de gravedad excede la segunda, la ladera se moverá y buscará una nueva posición de equilibrio.*** Si se reconoce que la ladera se mueve, entonces su geometría y forma será más o menos inestable, y por ende, existirá una mayor o menor predisposición a la ocurrencia de fenómenos que implique peligro (BRUNSDEN, 1979).

Los procesos de transporte aseguran la evacuación de los materiales proporcionados por las vertientes. “Sin su intervención, la fosilización de los afloramientos rocosos bajo los derrubios acabaría por detener los ataques de la meteorización y de la vegetación (COQUE, 1984).

Los movimientos en masa juegan un papel significativo en el ciclo erosión – sedimentación. Por consiguiente, los movimientos en masa con lleva fenómenos de deposición y no solo de remoción (ARAYA – VERGARA, 2002).

***Los movimientos en masa*** se refieren intrínsecamente a procesos de movilización lenta o rápida de determinado volumen de suelo, roca, o ambas, en diversas proporciones, generadas por una serie de factores. Corresponden a procesos gravitacionales, en los que una porción del terreno se desplaza hasta una cota o nivel inferior a la original (ARAYA – VERGARA, 2002). Pueden ocurrir a mayor velocidad (flujos detríticos o de barro, deslizamientos, desprendimientos), debido a rupturas o fallas, cuando se excede la resistencia al corte del material, o a menor velocidad, como simples deformaciones superficiales (reptación, Solifluxión), vinculadas a mecanismos climáticos como insolación, congelación y deshielo (HAUSER, 1993).

Cruden (1991 en AYALA – CARCEDO, 2002) define movimiento en ladera como movimiento de una masa de roca, tierra o derrubios hacia abajo de una ladera. Se agrupan bajo el nombre de movimientos en masa todos los procesos de transporte que movilizan en conjunto un volumen más o menos grande de materiales (COQUE, 1984). Los fenómenos de movimiento en masa están condicionados por factores geológicos, morfológicos, físicos y humanos, pero son gatillados por un estímulo externo, tales como lluvias intensas, derretimiento rápido de nieves, cambios niveles del agua, erupciones volcánicas, terremotos, rápida erosión de corrientes, etc., que causa una respuesta inmediata en la forma de estos fenómenos, por el rápido incremento de los estrés o por

la disminución de la resistencia de los materiales expuestos en las laderas (WIECZOREK, 1996; Y CARRASCO, 2000). Los estudios de movimientos en masa se pueden realizar de dos maneras: **Primero**, considerando la existencia del movimiento – término que da el nombre de actividad (actividad) – y si estos son inactivos, dormidos o activos. **La segunda** forma es incluir el tiempo, a través del periodo de retorno, el cual define, que tan activo, dormido o inactivo es el fenómeno, permitiendo conocer los fenómenos activos y diferenciarlos por mediciones del material desprendidos e incluso el comienzo y el término de éste, según lo que indica la Fig.5 (FLAGEOLLET , 1996).

El criterio usado para la clasificación de movimientos en masa presentado aquí, impone énfasis en *el tipo de movimiento y en el tipo de material*, de acuerdo a la clasificación de SHARPE, 1938; VARNES, 1978; EPOCH, 1993; DIKAU ET AL, 1996; EN ARAYA – VERGARA, 2002 Y CRUDEN Y VARNES, 1996), según la Tabla 2. La naturaleza del movimiento se clasifica en: flujos y deslizamientos, no obstante, el volumen de suelo, roca o ambas se mide a través de la textura.

Es un movimiento espacialmente continuo, en el cual las superficies de cizalle son de corta vida, cercanamente espaciadas y usualmente no preservadas. La distribución de velocidades en el desplazamiento de la masa es semejante a la de un líquido viscoso. El límite inferior de la masa desplazada puede ser una superficie a lo largo de la cual ocurren movimientos diferenciales apreciables o una zona gruesa con cizalles distribuidos. Existe una gradación desde deslizamientos a flujos dependiendo del contenido de agua, movilidad y evolución del movimiento (ARAYA VERGARA, 2002).

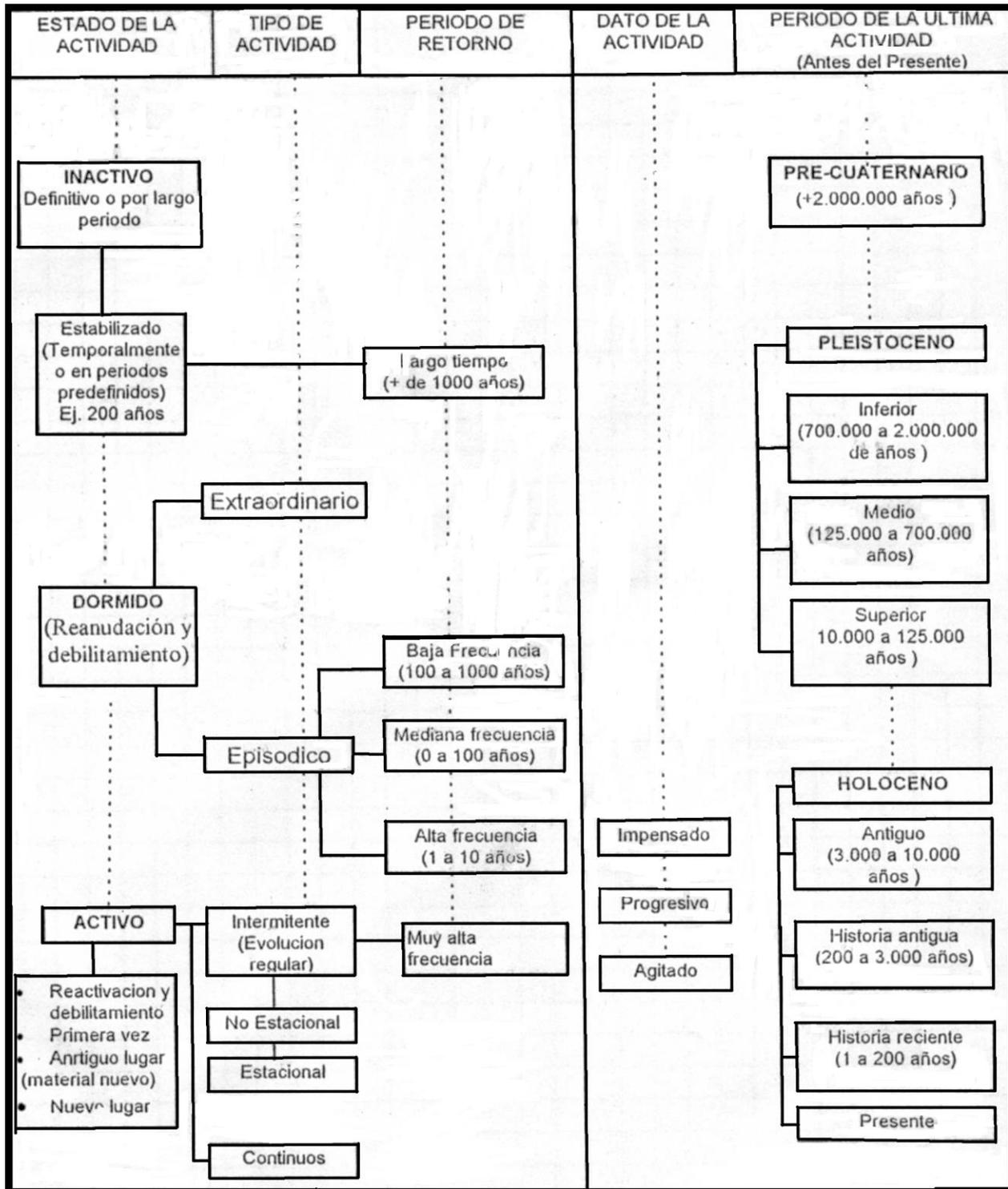


Fig.5: Ocurrencia Temporal de movimientos en masa

Fuente: Flageollet, 1996

## **Flujos de Velocidad o Tasa de Movimiento Imperceptible o Extremadamente Bajo**

Aquellos que la presencia humana no puede percibir (1 año, etc.) si son movimientos actuales.

### **Soliflucción**

Este tipo de estructura es muy importante y está referida a que los horizontes del suelo pueden deformarse (en climas húmedos), formado por cantos de rodados en guirnaldas (ARAYA – VERGARA, 2002). Es un desplazamiento que afecta a una masa de fango despegada de un basamento estable que afecta únicamente a los materiales arcillosos susceptibles de transformarse en fango, por aumento de su contenido en agua líquida (COQUE, 1984). En pendientes fuertes el movimiento se descompone en pequeños deslizamientos escalonados, expresados en peldaños discontinuos de altitud y de anchura decimétricas.

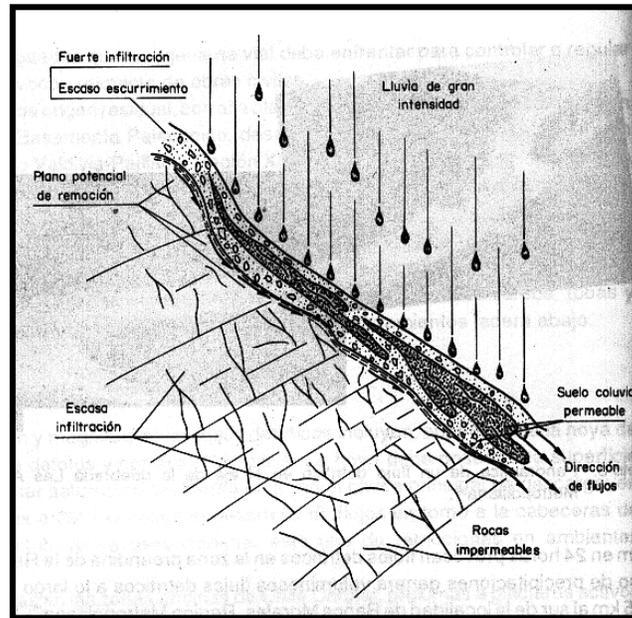
### **Reptación**

Aparentemente es parecida a la Soliflucción, pero tiene un significado distinto. La reptación solo afecta un área pequeña (2mm a 20 cm). Según Young (1972), observa la reptación en terreno, insertando cuerpos en el suelo, ocupando instrumentos de alta precisión. En un determinado tiempo un cuerpo presenta una trayectoria en zigzag, entonces, sube y baja (pero baja más debido a la pendiente), quiere decir que hay un momento en que una fuerza hace subir ese cuerpo, y hay otro momento en que otra fuerza la hace bajar. En la estación húmeda, se tiene una hinchazón del suelo que contiene agua y el suelo se expande; y en la estación seca el suelo se contrae, y por lo tanto, la resultante significa una bajada del material (ARAYA – VERGARA, 2002). Este movimiento se pone en evidencia por la inclinación de los cercos, abombamiento de los muros y encurvamiento hacia fuera de los troncos de los árboles en las proximidades del suelos (HOLMES, 1966).

## **Flujos de Velocidad o Tasa de Movimiento Extremadamente Bajo a Bajo**

### **Flujos de detritos y de tierra**

Son generalmente mejor conocidos y estudiados, pues los desplazamientos relativos en la masa son comúnmente mayores y más próximos entre si. La morfología del depósito es bien definida y el efecto del agua como agente fluidizante es parte esencial en la formación de estos procesos.



**Fig.6: Esquema desencadenante de flujos de detritos y de barro, según Hauser (1993).**

### **Flujos de detritos**

Existe una gradación completa desde deslizamiento de detritos a flujo de detritos, dependiendo del contenido de agua, movilidad y carácter del movimiento; y una gradación completa desde deslizamiento de detritos a avalanchas de detritos, a medida que el movimiento se vuelve más o menos rápido, debido a la baja cohesión o alto contenido de agua, generalmente en pendientes inclinadas.

Los flujos de detritos es un proceso de movimiento en masa del tipo flujo y que afecta a una masa de suelo, en el que el material está saturado en agua, y tiene una concentración de material sólido tal que se comporta mecánicamente como un fluido no newtoniano. Se produce en talwegs poco incididos entre las vertientes. Se caracteriza además por el tamaño de sus partículas; en el que dominan los fragmentos de grano grueso, según la Fig.6. El movimiento de flujos se ve favorecido por la presencia de suelo en laderas inclinadas, donde la cubierta vegetal ha ido removida. Generalmente siguen drenajes preexistentes y tienen a menudo alta densidad (60 – 70% de sólidos en peso) arrastrando grandes bloques y objetos. Pueden extenderse por muchos kilómetros hasta dejar su carga en un valle de baja gradiente o en la base de un frente de montaña.

### **Flujos de tierra**

Los flujos subaéreos en materiales de grano fino, tales como arenas, limos o arcillas se clasifican como flujos de tierra. Toman una infinidad de formas y varían en su contenido de agua desde sobresaturados a secos.

## **Flujos de barro**

Se entenderá por flujo de barro a un caso particular dentro de los flujos de detritos, en que el porcentaje de material detrítico es menor al 50% en volumen del total de la carga sólida. Encauzado en un talweg que se abre hacia abajo como un cono de deyección, se presentan en morfologías empinadas, integradas por rocas superficialmente tectonizadas (fallas o fracturas) con una gruesa cubierta de suelos residuales y materiales transportados, desprovistos de cobertura vegetal, en ambientes bajo condiciones climáticas propicias a abundantes e intensas lluvias, resultan muy favorables para el desarrollo de flujos de barro. Una vez desencadenados, escurren con velocidad variable (en respuesta a su contenido de agua y pendiente local), en términos volumétricos y energía de avance, es función de la intensidad de las precipitaciones y de la disponibilidad de material fragmentario en el lecho de las estructuras de porteo (Fig.6).

## **Flujos de Velocidad o Tasa de Movimiento Extremadamente Rápido**

### **Caída o desprendimiento (*Fall*)**

La caída de piedras o desprendimiento resulta de la disyunción de fragmentos o de bloques de pequeño tamaño de una pared rocosa. Tras una caída libre, descienden por la pendiente hasta estabilizarse en posición de equilibrio al término de una trayectoria, cuya longitud depende de la inclinación y de la rugosidad de la vertiente, así como de la masa y de la forma de los elementos movilizados. Por etapas o directamente, convergen en conos de derrubios al final de los pasillos que a veces canalizan estas caídas o en taludes de derrubios al pie de los escarpes. Conos y taludes constituyen acumulaciones estables hasta una pendiente límite entre 30 y 35 grados. Los conos de derrubios son alimentados por la crioclastía y retocados por el escurrimiento difuso (fusión nival).

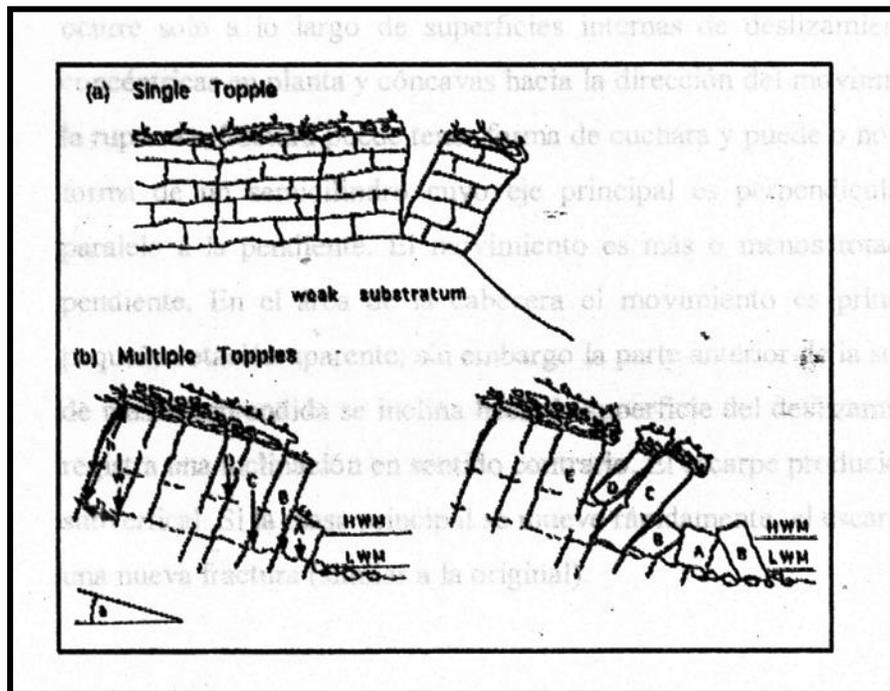
Una caída comienza con el despegue de suelo o roca desde una ladera con pendiente abrupta, a lo largo de una superficie en la cual pueden o no existir pequeños desplazamientos de cizalle. El material desciende principalmente a través del aire por caída libre (pendiente  $>76$  grados), saltación (pendiente  $<76$  grados) o rodando (pendiente  $< 45$  grados). El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido y pueden o no ser precedidos por movimientos menores, que permiten una progresiva separación de la masa de su fuente.

## Flujo de Velocidad o Tasa de Movimiento Muy Rápido

### Desplome (*Topple*)

Consiste en la rotación de una o varias unidades de material con respecto a un punto o eje bajo el centro de masa del cuerpo desplazado (pivote). Ocurre por acción de la fuerza de gravedad, ejercida por el material que está sobre la superficie de deslizamiento y a veces por la presión de agua o hielo presentes en las fracturas. Se forman bloques inclinados que pueden colapsar y culminar en caídas o deslizamientos, dependiendo de la geometría de la masa en movimiento, la geometría de la superficie de separación y de la orientación y extensión de las discontinuidades cinemáticamente activas, según la Fig.7.

Fig.7: Esquema de un Desplome (*Topple*).



## Flujo de Velocidad o Tasa de Movimiento Rápido

### Deslizamientos de Terreno (*Landslide*)

Consiste en un movimiento pendiente abajo de una masa de suelo o roca que ocurre predominantemente sobre superficies de ruptura o en zonas relativamente estrechas con intenso *strain de cizalle*. El movimiento es progresivo, es decir se propaga desde un área de debilidad local de cizalle, sin necesitar de un plano o superficie de ruptura previa. A menudo los primeros signos de movimientos son las grietas en la superficie original, a lo largo de las cuales se formara el escarpe original de ruptura. Cuanto mayor sea la pendiente mayor es la componente de cizalle y los

deslizamientos serán más frecuentes. En zonas montañosas y tectónicamente activas es frecuente que el incremento paulatino de las pendientes gatille deslizamientos de gran magnitud. El agua actúa en el mismo sentido, es considerado el agente gatillador más importante.

Los deslizamientos se pueden clasificar:

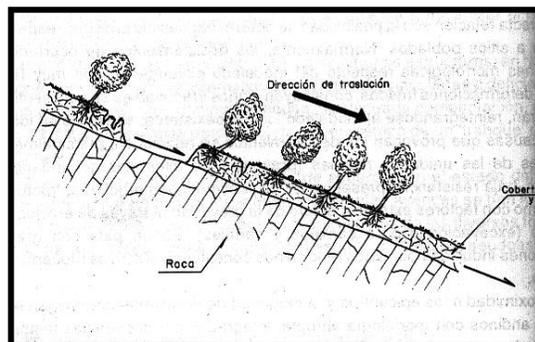
### **Deslizamientos Rotacionales**

Se mueven a lo largo de superficies de ruptura que son curvas y cóncavas y el movimiento ocurre solo a lo largo de superficies internas de deslizamiento. La superficie que subyace a la ruptura o fractura puede tener forma de cuchara y puede o no ser escarpada, o bien puede tener forma de un cilindro cuyo eje principal es perpendicular al sentido del movimiento y paralelo a la pendiente. En el área de la cabecera el movimiento es principalmente descendente con una pequeña rotación aparente, sin embargo la parte anterior de la superficie del techo de cada unidad de masa desprendida se inclina hacia la superficie del deslizamiento, aunque en algunos casos se registra una inclinación en sentido contrario. El escarpe producido en esta misma área tiende a ser subvertical. Si la masa principal se mueve rápidamente, el escarpe se vuelve inestable y se genera una nueva fractura (similar a la original).

### **Deslizamientos Traslacional**

En este caso la masa en movimiento se desliza por una superficie prácticamente plana o ligeramente ondulada con muy poco movimiento rotacional. Son relativamente más superficiales que los deslizamientos rotacionales. Generalmente la masa se desliza sobre una paleosuperficie y su movimiento es controlado comúnmente por planos de debilidad tales como fallas, diaclasas, superficies entre estratos o por contactos entre la roca y suelos transportados o residuales.

Si bien, en los deslizamientos rotacionales su propia geometría es capaz de estabilizarlo, esto no ocurre en los traslacionales, en los cuales el movimiento puede ser indefinido si la superficie de deslizamiento es lo suficientemente inclinada y posee una baja resistencia al cizalle, según la Fig.8.



**Fig.8: Esquema de deslizamiento Traslacional**

**Tabla 2: Clasificación de los movimientos en masa en las vertientes**

NATURALEZA DEL MOVIMIENTO	TEXTURA DEL MATERIAL	VELOCIDAD RELATIVA O TASA DE MOVIMIENTO	CRECIENTE CONTENIDO DE HIELO	Categoría TERMINO MEDIO	CRECIENTE CONTENIDO DE AGUA
Flujos	Fina	Extremadamente bajo.	Soliflucción	Reptación	Soliflucción en países húmedos
	Fina	Extremadamente bajo a bajo			Flujos de tierra Flujos de barro
	Gruesa	Extremadamente bajo a bajo		Continuum	Flujos de detritos
	Heterogénea y gruesa	Extremadamente rápido. Muy rápido			Desprendimiento (fall) Desplome (topple)
Deslizamientos	Fina	Rápido		Deslizamiento de terreno: rotacional - traslacional	

Fuente: Esquema fundamental de Sharpe (1938), con modificaciones usando la clasificación EPOCH (European Community Programme, (1993), comparaciones de Dikau et al. (1996) y anotaciones complementarias de Araya – Vergara (2002) y Cruden y Varnes (1996).

### La arroyada o escurrimiento

Consiste en el flujo de aguas de lluvia o de fusión nivales o glaciales, más o menos duradero y rápido en la superficie de las vertientes.

**Escurrimiento concentrado:** se caracteriza por un flujo lineal de agua, favorecido por la verticalidad de la pendiente. La concentración se produce por la reunión de un volumen de agua determinada. Con el escurrimiento concentrado la ablación se ejerce linealmente de forma que crea cárcavas, abarrancamientos y barrancos, según la profundidad de la entalladura. El desarrollo de sus agudas vertientes, da lugar a un modelo de disección de crestas agudas regularmente espaciadas, conocidas como tierras malas (*badlands*).

Las partículas finas como limos y arcillas se desplazan en suspensión mientras que las arenas y gravas son arrastradas por la corriente, depositándose al pie de las vertientes en construcciones caracterizadas por una estratificación lenticular.. (COQUE, 1984).

**Escurrimiento difuso:** El flujo de agua se divide en una multitud de hilos sinuosos, anastomozados y cambiantes durante su actividad y de un periodo de actividad a otro. Cuando

estos hilos se extienden hasta el punto de fusionarse, el flujo adquiere la forma de una delgada película de agua en movimiento. Este flujo se ve favorecido por los obstáculos debidos a fragmentos rocosos abundantes y a la vegetación. La carga transportada se extiende así en glaciares de coluviones arcillosos, limosos y arenosos, quedando a veces subrayada su estructura por delgados lechos de gravillas. Tales construcciones determinarían concavidad basal de ciertas pendientes (COQUE, 1984).

### **Tasa de Movimiento en los Movimientos en Masa (CRUDEN Y VARNES, 1996)**

La Tabla 3, muestra una escala de clases de velocidades para movimientos en masa. La velocidad para los movimientos en masa es un parámetro cuya importancia destructiva requiere de una definición independiente como la Tabla 4.

**Tabla 3: Escala de clases de velocidades para movimientos en masa**

<b>CLASES DE VELOCIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VELOCIDAD (mm/seg)</b>	<b>VELOCIDAD TÍPICA</b>
7	Extremadamente rápido	$5 \cdot 10^3$	5 m/seg
6	Muy rápido	$5 \cdot 10^1$	3 m/min
5	Rápido	$5 \cdot 10^{-1}$	1.8 m/hr
4	Moderado	$5 \cdot 10^{-3}$	13 m/mes
3	Lento	$5 \cdot 10^{-5}$	1.6 m/año
2	Muy Lento	$5 \cdot 10^{-7}$	16 mm/año
1	Extremadamente lento	$5 \cdot 10^{-7}$	16 mm/año

Fuente: Cruden y Varnes, 1996

**Tabla 4: Importancia destructiva probable de los movimientos en masa**

<b>CLASE DE VELOCIDAD</b>	<b>IMPORTANCIA DESTRUCTIVA PROBABLE</b>
7	Catástrofe de gran violencia; construcciones destruidas por el impacto del material desplazado; muchos muertos
6	Algunas vidas perdidas; velocidad muy grande para permitir que todos escapen.
5	Evacuación de escape posible; estructuras, posesiones y equipos destrozados.
4	Algunas estructuras resistentes pueden mantenerse temporalmente.
3	Pueden realizarse estructuras preventivas durante el movimiento; estructuras resistentes pueden ser mantenidas con trabajo frecuente si el movimiento no es tan grande durante fases de aceleración particulares.
2	Algunas estructuras no son dañadas por el movimiento.
1	El movimiento es imperceptible sin instrumentos; las construcciones son posibles con precaución.

Fuente: Cruden y Varnes, 1996

**Actividades de los Movimientos en Masa (CRUDEN Y VARNES, 1996).  
(Tabla 5)**

1.- Estado de Actividad

- Movimientos en masa activas: Aquellas que están actualmente moviéndose.
- Movimientos en masa reactivadas: Aquellas que son nuevamente activas después de permanecer inactivas.
- Movimientos en masa suspendidas: Aquellas que se han movido durante el último ciclo anual de la estación del año, pero que actualmente no lo hacen.
- Movimientos en masa inactivas: Aquellas cuyo último movimiento fue hace mas de un ciclo anual de la estación. Se subdividen en:
  - a) Latentes: cuando las causas del movimiento permanecen aparentes.
  - b) Abandonadas: Si el río que erosiona el dedo de la ladera que se mueve cambia de rumbo.
  - c) Estables: Si el dedo de la ladera ha estado protegido de la erosión.
  - d) Relictas: Son aquellas que han desarrollado claramente bajo diferentes condiciones geomorfológicas o climáticas, quizás hace miles de años.

2.- Distribución de la actividad

- Movimientos en masa avanzantes: cuando la superficie de ruptura se extiende en la dirección del movimiento.
- Movimientos en masa retrogradas: si la superficie de ruptura se extiende en la dirección opuesta la movimiento del material desplazado.
- Movimientos en masa widening: si la superficie de ruptura se extiende en uno o ambos márgenes laterales.
- Movimientos en masa enlarging (crecientes): cuando el movimiento del material desplazado es escaso o cuando la superficie de ruptura está creciendo, añadiendo continuamente material al volumen de material desplazado.
- Movimientos en masa decrecientes: cuando el volumen del material que está siendo desplazado en un movimiento en masa activa, disminuye con el tiempo.
- Movimientos en masa moving (en movimiento): el material desplazado continua en movimiento, pero la superficie de ruptura no muestra cambios visibles.

3.- Se refiere a la forma en que los diferentes movimientos contribuyen a los movimientos en masa

- Movimientos en Masa compleja: Son aquellas que tienen un mínimo de dos tipos de movimiento, sin embargo, se sugiere que este término se limite a casos en que los distintos movimientos ocurran en secuencia.
- Movimientos en Masa Compuestas: Se utilizan para describir movimientos en masa en que los diferentes tipos de movimientos ocurren en diferentes áreas de la masa desplazada, a veces en forma simultánea. Sin embargo las diferentes áreas de la masa desplazada muestran diferentes secuencias de movimientos.

- **Movimientos en Masa Múltiples:** Son aquellos que muestran movimientos repetidos del mismo tipo, por lo general siguiendo un agrandamiento de la superficie de ruptura. La masa recién desplazada esta en contacto con la masa que se desplazó previamente, compartiendo muchas veces una superficie de ruptura.
- **Movimientos en Masa Sucesivas:** Cuando el movimiento es idéntico en tipo al movimiento precedente, pero en contraste con movimientos múltiples, no comparte el material desplazado ni la superficie de ruptura.
- **Movimientos en Masa Únicas:** Consisten de un único tipo de movimiento de material, a menudo como un bloque intacto. Este tipo de movimientos difiere de los otros estilos en que estos últimos requieren de una disrupción de la masa desplazada o de movimientos independientes de porciones de masa.

**Tabla 5: Términos descriptivos de su actividad.**

<b>MOVIMIENTO EN MASA</b>	<b>ESTADO</b>	<b>DISTRIBUCIÓN</b>	<b>ESTILO</b>
<b>Desprendimiento</b>	<b>Activo</b>	<b>Avanzante</b>	<b>Complejo</b>
<b>Desplome</b>	<b>Reactivado</b>	<b>Retrógrado</b>	<b>Compuesto</b>
<b>Deslizamiento</b>	<b>Suspendido</b>	<b>Widening</b>	<b>Múltiple</b>
<b>Flujo</b>	<b>Latente Abandonado Estable Relicto</b>	<b>Confinado Decreciente En movimiento</b>	<b>Único</b>

**Fuente:** Varnes y Cruden, 1996

## La Pendiente

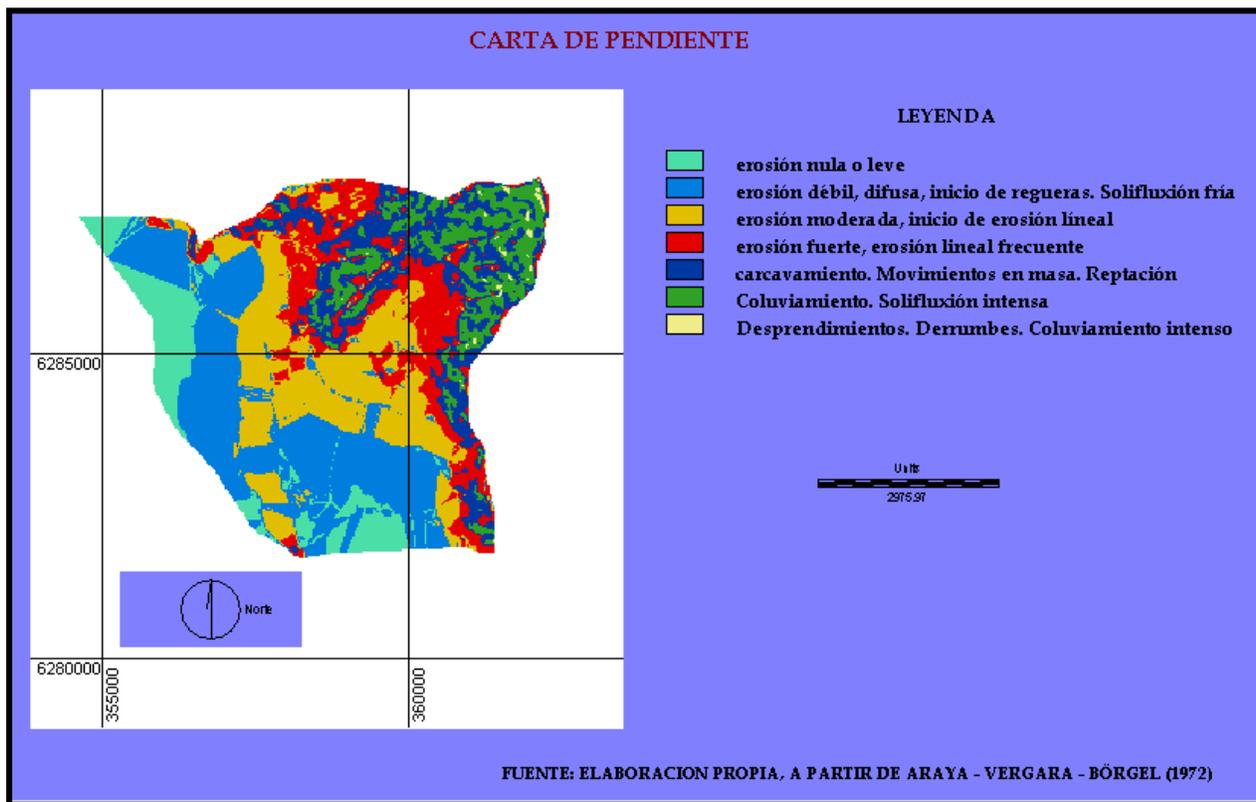
Todos los movimientos que se efectúan sobre una vertiente son más o menos función de su inclinación, según Tabla 6 y Fig.9. Para saber a qué niveles de pendiente se pueden producir fenómenos, es necesario hablar de una pendiente crítica o umbral de pendiente (JAQUE, 1995 & ARAYA VERGARA, 2002)

**Tabla 6: Clasificación de Pendiente.**

<b>Pendiente en Grados</b>	<b>Pendiente en Porcentajes</b>	<b>Concepto</b>	<b>Umbral Geomorfológico</b>
0 – 2	0 – 4.5	Horizontal	Erosión nula a leve
2 – 5	4.5 – 11.0	Suave	Erosión débil, difusa. Sheet wash. Inicio de regueras. Soliflucción fría
5 – 10	11.0 – 22.0	Moderada	Erosión moderada a fuerte. Inicio de erosión lineal. Rill wash o desarrollo de regueras. Presencia de Flujo atenuado. Deslizamientos (7° en Margas)
10 – 20	22.0 – 44.5	Fuerte	Erosión intensa. Erosión lineal frecuente. Cárcavas incipientes. Deslizamientos (15° en arcillas)
20 – 30	44.5 – 67	Muy Fuerte a moderadamente escarpada	Cárcavas frecuentes. Movimientos en masa. Reptación. > 25° Flujos Deslizamientos (20° en arenas)
30 – 45	67.0 – 100	Escarpada	Coluvionamiento. Soliflucción intensa. Inicio de derrubación.
+ de 45	+ de 100	Muy escarpada a acantilada	Desprendimientos y derrumbes. Corredores de derrubios frecuentes.

Fuente: Elaboración propia a partir de Araya Vergara & Börgel (1972), Joung (1975), Pedraza (1996) y Jaque (1995).

**Fig.9: Carta de Pendiente**



## Formas Basales de Contacto

La dinámica de los depósitos modernos se caracteriza por el desarrollo de rápidos movimientos gravitacionales de detritos rocosos, de nieve o la mezcla de estos en ambiente que poseen fuerte pendiente (BLIKRA ET AL. 1998). En la siguiente Tabla 7 se compara:

**Tabla 7: Comparación entre conos coluviales y aluviales.**

Características Típicas	Conos Coluviales	Conos Aluviales
Ambiente Geomórfico	Laderas y base de laderas (abanico de ladera)	Piedmont y ancho de valle (abanico de plano)
Cuenca	Barranco de laderas	Cuencas y valles intermontanos
Máxima Localización	Parte superior de laderas (base de barrancos)	Base de laderas (Valles y cuencas)
Pendiente de los depósitos	Entre 35° y 45° en la cúspide, y entre 15° y 20° en la base	Ocasionalmente sobre los 10° y 15° en la cúspide, y comúnmente menos de entre 1° y 5° en la base.
Radio en la Horizontal	Menos de 0,5 Km y ocasionalmente entre 1 y 1,5 Km	Comúnmente 10 Km y ocasionalmente sobre los 100 km
Sedimentos	Principalmente gravas	Gravas y arenas
Tendencia Tamaño Granos	Escombros groseros en la zona baja/base	Escombros groseros en la zona superior
Procesos Depositionales	Avalanchas, Incluyendo caída de rocas (rockfall) flujo de escombros (debrisflow) y flujo de nieve (snowflow); menormente flujo de agua (waterflow) como cárcavas (gullies)	Flujo de escombros (debrisflow) y/o flujo de agua (waterflow), en este último caso en la forma de escurrimiento trenzado (braided streams)

Fuente: Blirka et al. (1998).

El concepto de conos coluviales hace referencia a taludes y depósitos de materiales, principalmente detritos y escombros de laderas montañosas. Estos sistemas deposicionales, desarrollados a partir de una intensa actividad postglacial, toman las formas de conos cortos, profundos y coalescentes (BLIRKA, 1998).

Entre las formas de contacto entre montaña y cuenca intermontana, aparecen los *conos* y los *glacis*, según lo que indica la Fig.10 (SCHMIDT –THOMÉ, 1996), que son los principales depósitos correlativos a las formas de erosión presentes en montaña. Estas unidades deben ser enfocadas como manifestaciones de la dinámica desarrollada durante el Cuaternario, pero también *como reguladores de la dinámica actual* hacia el fondo del valle. En la media montaña el aporte

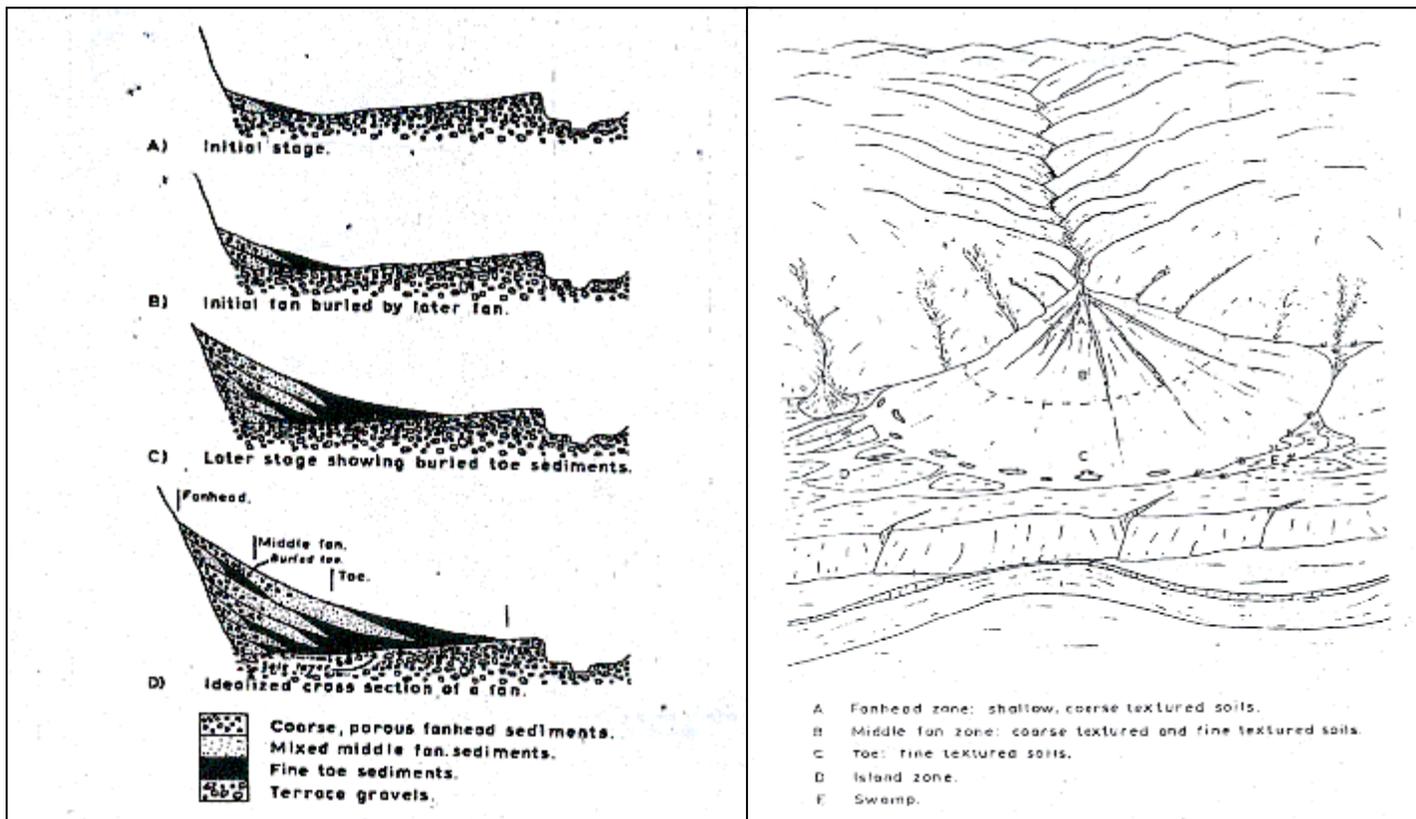
de sedimentos al sistema fluvial, se realiza a través de flujos de detritos, como también desde las cuencas tributarias y sus conos aluviales imbricados en el fondo del valle (ARAYA – VERGARA, 1985).

Según TRICART (1972) en ARAYA – VERGARA (1985), es necesario realizar una separación entre conos de deyección caóticos (torrenciales) y conos de deyección con mayor tamaño según la Tabla 8.

**Tabla 8: Unidades geomorfológicas de piedmont.**

<b>Unidad Geomorfológico</b>	<b>Características</b>	<b>Suelo asociado</b>
<b>Cono de deyección caótico</b>	<b>Depósito de material más bien grueso, formado por pequeñas cuencas</b>	<b>No existe un suelo desarrollado</b>
<b>Cono de deyección regular</b>	<b>Conos formados por las grandes cuencas, por lo tanto, su dimensión es mucho mayor que el cono de deyección caótico. Con formas suaves y con pendientes notoriamente menores que los conos de deyección caóticos.</b>	<b>Se asocia a suelos con pendiente casi planas y texturas más bien francas.</b>
<b>Glacis coluvial</b>	<b>Se asocia a procesos ligados con transporte por hilos de aguas anastomozadas. Este glacis está en contacto directo con la vertiente, la cual provee directamente los materiales, sin mediación de cuenca importante de drenaje concentrado.</b>	<b>Suelos con pendientes que pueden alcanzar hasta los 10°, constituido por materiales más o menos finos con pocos materiales gruesos</b>
<b>Glacis de derrame</b>	<b>Proviene tanto de la cuenca de drenaje asociado al cono de deyección, como de lavado selectivo de éste por el sistema de canales anastomozados y las aguas subterráneas asociadas. Dando con hilos de agua anastomozados con fuerte carga de sedimentos finos.</b>	<b>Suelos cuya pendiente es menor que la del glacis coluvial y esta formado por material generalmente fino</b>

**Fuente: Araya – Vergara (1985).**



**Fig.10: Proceso de formación de un Glacis y un cono de deyección en 3D**  
Fuente: Schmidt – Tomé, 1996.

### **2.1.2 INUNDACIONES**

Las inundaciones son eventos en los cuales se produce la evacuación de aguas contenidas en una masa hídrica, sean ríos, lagos o mar, hacia sectores fuera de su área de influencia normal. Los riesgos asociados a una inundación, tienen numerosos gestores, entre los que se cuenta por una parte la progresiva ocupación de las llanuras aluviales, sectores ribereños, etc., y por otra, la obstrucción de flujo natural de los ríos con taludes artificiales, paralelos o en algún ángulo a sus riberas, para autopistas y ferrocarriles (JACOBY, 2001).

Para analizar el riesgo, se consideran factores, basados en variables físicas y humanas. El primer factor llamado es el Peligro y depende solamente de las variables físicas como por ejemplo las precipitaciones en 24 horas (clima), independiente por ejemplo del uso de suelo del sector posible de inundarse.

El segundo factor es llamado vulnerabilidad y representa las variables socioeconómicas y tecnológicas, por ejemplo el tipo del uso de suelo ante una crecida y la percepción social de riesgo hidrológico, es decir, la vulnerabilidad es igual de un área a otra si los tipos de uso de suelo no difieren; como en el caso de un condominio ubicado a la orilla de un río y un condominio de iguales condiciones ubicado alejado del río y en la cima de una colina, deben tener el mismo nivel de vulnerabilidad.

Con estos dos parámetros básicos, para saber el nivel de riesgo de una cierta área, se debe saber cuál es el nivel de peligro y cual es la vulnerabilidad. Esta descomposición del riesgo es el primer paso para una mejor comprensión del problema.

En un estudio objetivo es necesario estimar cuantitativamente Vulnerabilidad y Peligro, definir interacciones y decidir sobre posibles soluciones. Si el peligro es básicamente impuesto por las condiciones naturales, la vulnerabilidad es el punto a negociar. Así, son los habitantes del área comprometida los que deben defender su vulnerabilidad o dicho de otra forma cual es su real necesidad de protección, es decir el poder reducir sus niveles de peligro.

A menudo, la principal manera de entender y “luchar” contra el riesgo de crecida es estudiando precisamente las variables físicas y definir los trabajos estructurales para mitigarla. Trasladado a los conceptos anteriores, esto significa enfocar el factor Peligro, asumiendo un nivel implícito de vulnerabilidad. Al mismo tiempo, las investigaciones se limitan donde el problema es mas grave. Cada método conduce rápidamente aguas debajo de un cauce, proponiendo estructuras tales como canalizaciones, gaviones, piscinas, diques, etc. ***Estas soluciones en muchos casos, solo transmiten el problema aguas abajo***, o lo que es peor, la ilusión de protección debido a estas estructuras, induce a una modificación del uso de suelo sin tener en cuenta el nivel real de riesgo, y el resultado de una crecida extrema con los consecuentes daños.

El Peligro, como ya se comentó, es impuesto por las condiciones naturales. Los parámetros hidrológicos del drenaje primario y secundario no es posible transarlos o negociarlos (constantes). Sin embargo, al comprender el comportamiento del drenaje es posible recomendar la construcción de obras, con el fin de contrarrestar los efectos adversos de una crecida. Por consiguiente, es posible de modificar la amenaza de acuerdo a una necesidad de protección frente a este factor.

Por otra parte, la vulnerabilidad puede ser un término de debate en una negociación, así, es posible ver que las consecuencias en un área rural son diferentes si el fenómeno ocurre en un área urbana. En un área rural también se puede tener diferentes niveles de vulnerabilidad, por ejemplo, ya sea un cultivo o un campo de pastoreo, y en una zona urbana la diferencia puede ir de un estadio a un hospital dentro de una zona bajo peligro. De esta manera, es necesario ver esta diversidad de uso de suelo y poder llegar a una escala acorde con los niveles de peligro impuestos.

El sector de Santiago comprendido entre los ríos Mapocho y Maipo es drenado por numerosos esteros encauzados en quebradas cordilleranas. La mayoría de ellos presentan cauces esporádicos asociados a precipitaciones en épocas de invierno y a deshielos en los meses de verano. La generalidad de estos cursos contribuyen a los sistemas de regadío y abastecimiento de agua potable (GARRIDO, 1987) .

No obstante, la relevancia de estas quebradas, no existen registros fluviométricos que permitan un tratamiento estadístico de la información. Con motivo del proyecto de construcción del Canal Santiago Oriente (canal colector de aguas – lluvias diseñado a la cota 875 m.s.n.m).

Casi la totalidad de los caudales de estas subcuencas son recolectados por los canales. Las Perdices y San Carlos, los que han demostrado tener una capacidad limitada e insuficiente para dicho objeto. Continuamente su capacidad se ve sobrepasada especialmente en épocas de invierno, en que el incremento por aguas lluvias contribuyen a su desborde, originándose inundaciones en las poblaciones ribereñas. Es importante destacar que ambos canales fueron inicialmente diseñados para regadío, esto significa que su sección es mayor en la bocatoma disminuyendo a medida que aporta las aguas hacia su parte terminal. En la actualidad cumplen la función de canales colectores para lo cual su diseño debiera ser exactamente inverso, es decir, aumentar su sección a medida que se incorporan a ellos las aguas de escorrentía superficial (GARRIDO, 1987).

En general, las características morfológicas y topográficas del área estudiada, las cuales se hacen extensivas a gran parte del territorio nacional, en particular a la zona central, imprimen en el sistema de drenaje algunas peculiaridades tales como:

- Los cursos son orientados preferentemente en dirección este – oeste
- Existe una gran diferencia de cota entre la naciente y el curso medio
- Son de corta trayectoria
- Tienen fuerte pendiente
- Transportan una importante carga sólida y desarrollan un gran poder de arrastre y erosión

En general, los drenajes secundarios están sujetos a crecidas originadas por temporales de invierno, deshielos durante el verano y ocasionalmente pero de gran peligrosidad a lluvias de primavera.

En el año 1982, 1993 y 2005, se constató los efectos devastadores de las crecidas de los ríos y esteros que drenan el sector oriente de Santiago, asociadas a fuertes precipitaciones. Daños considerables en la infraestructura de la ciudad, caminos, torres de energía, puentes, etc., a la vez de una significativa pérdida de suelo vegetal por efectos de erosión - hídrica, que culminaron con la destrucción de sus riberas e inundación con agua y lodo de los sectores aledaños.

En la génesis y desarrollo de los fenómenos de inundación intervienen factores meteorológicos, geológicos, morfométricos y antrópicos que se pueden sintetizar como sigue:

### **Factores meteorológicos**

- Intensidad y distribución de las precipitaciones
- Precipitaciones intensas concentradas en un corto periodo
- Precipitaciones normales sucesivas
- Fenómenos atmosféricos que facilitan el desplazamiento de masas de aire cálido hacia sectores altos, produciendo derretimiento de la nieve acumulada, de modo que la crecida por lluvia se ve incrementada con los caudales de fusión

### **Factores Geológicos**

- Naturaleza de propiedades de suelos y rocas
- Fracturamiento
- Meteorización
- Alteración (minerales de alteración, arcilla)

Estos parámetros determinan la capacidad de infiltración y de retención de las aguas lluvias influyendo en el volumen de escorrentía. “Un suelo tendrá más o menos capacidad de retención e infiltración dependiendo del contenido de humedad inicial. Este parámetro está regulado por las precipitaciones precedentes y la evapotranspiración ocurrida.

### **Factores morfológicos**

- Forma y pendiente de los cauces naturales.
- Superficie de la cuenca receptora: están sujetas a crecidas importantes ocasionadas fundamentalmente por precipitaciones de alta intensidad aunque éstas no sean de gran duración. En cuencas de mayor extensión, son las precipitaciones frontales sucesivas las que por su mayor duración pueden dar origen a crecidas importantes.
- La forma de la cuenca determina el tiempo de concentración ( $t_c$ ), siendo éste mayor en cuencas alargadas que en las de tipo circular.

- El relieve incide fuertemente en la velocidad de circulación de la escorrentía, condicionando por lo tanto, el tiempo de concentración de la cuenca.
- Pendientes suaves inciden favorablemente en el almacenamiento superficial u subsuperficial de la escorrentía, reduciendo los máximos caudales e incrementando el tiempo de concentración.

### **Factores Antrópicos**

- Cambios en los uso de los suelos; urbanizaciones, carpetas impermeables.
- Alteración de las fuentes primarias de escurrimiento (obras hidráulicas)
- Degradación de la cubierta vegetal o cambios en la misma.
- Deficiencias en el diseño y construcción de sistemas anexos de evacuación, tales como, colectores de aguas lluvias; canales de regadío.

### **Los fenómenos de Inundación que afectan el área estudiada (Según GARRIDO, 1987)**

- a) Crecidas torrenciales estacionales asociadas al sistema de quebradas que se desarrolla en la franja precordillerana comprendida entre ambos ríos.
- b) Desborde de los canales de regadío San Carlos y Las Perdices.

### **2.1.3 SISMICIDAD**

En regiones sometidas a terremotos, toda decisión en materias de obras de ingeniería, construcción de industrias o manejo de suelos, debe estar apoyada en estudios que permitan conocer las características de los terremotos que con mayor o menor probabilidad pueden producirse. Con este propósito se deben tomar en consideración los antecedentes de la sismicidad histórica y de las características de las fuentes sísmicas de la región.

#### **Marco sismotectónico general de la Zona Central de Chile**

La actividad sísmica a lo largo del territorio nacional, y en particular en la zona Central de Chile está estrechamente asociada al movimiento convergente de las placas de Nazca y Sudamericana, con un movimiento relativo de convergencia del orden de 10 cm/año. El contacto entre ambas placas se manifiesta superficialmente en la fosa marina de Chile, distante unos 100 a 150 km. de la costa, contacto que marca el inicio de la subducción de la placa oceánica de Nazca por debajo del continente sudamericano según un plano inclinado, conocido como plano o zona de Benioff (BARRIENTOS, 1993).

La mayoría de los sismos, sean estos grandes o pequeños, están ubicados en este plano de contacto o en su entorno, constituyendo la zona de Benioff una especie de megafalla. Los sismos ubicados en este contacto entre placas se denominan sismos interplaca, en contraste con aquellos ubicados lejos del contacto, o sea, francamente al interior de una de las dos placas (sismos intraplaca continental o sismos intraplaca oceánica).

Dado que el plano de Benioff tiene manteo hacia al este, los sismos originados en él tienen foco superficial cerca de la fosa y focos más profundos hacia el interior del continente, llegando a alcanzar profundidades de unos 100 a 200 kms bajo la zona cordillerana y profundidades mayores en el territorio Argentino, al este del macizo andino (ASTROZA, 1993).

### **Grandes sismos históricos**

Los grandes sismos históricos que han afectado a la Región Metropolitana son los terremotos de 1647 ( $M_s=8$ ), de 1730 ( $M_s= 8.5$ ), de 1822 ( $M_s=8.2$ ), de 1906 ( $M_s=8.4$ ) y de 1985 ( $M_s=7.8$ ). Todos ellos produjeron daños importantes en la zona costera, alcanzando también los daños hasta Santiago. Se trata de eventos interplaca que ocurren en la parte de mayor acoplamiento, (Fig.11).

A partir de estos datos, se reconoce un ciclo de recurrencia de los grandes sismos frente a Valparaíso de  $82 \pm 6$  años (Kausel, 1986). El último sismo destructor de esta serie, ocurrido en la Región Metropolitana, correspondió al sismo del 3 de marzo de 1985, el cual tuvo una magnitud de Richter de 7.8 grados, según la Fig.12.

Con el propósito de reafirmar el carácter sísmico de Chile, y muy en particular de la Región Metropolitana, se detallan los movimientos sísmicos más importantes que han afectado a la Región Metropolitana desde la colonización española, según la Tabla 9.

**Tabla 9: Sismos mayores que han afectado a la ciudad de Santiago**

<b>Sismo</b>	<b>Magnitud</b>	<b>Intensidad en la ciudad de Santiago</b>
17 de marzo de 1575	-	VII
13 de mayo de 1647	8 – 8.5	-
8 de julio de 1730	8.5	VII – VIII
19 de Noviembre	8 – 8.5	VII – VIII
16 de agosto de 1906	8.4	VIII (localmente)
4 de septiembre de 1958	6.9	VI
28 de marzo de 1965	7.1	VI
8 de julio 1971	7.5	VII
3 de marzo de 1985	7.8	VI - VIII

Fuente: Elaboración propia, 2005

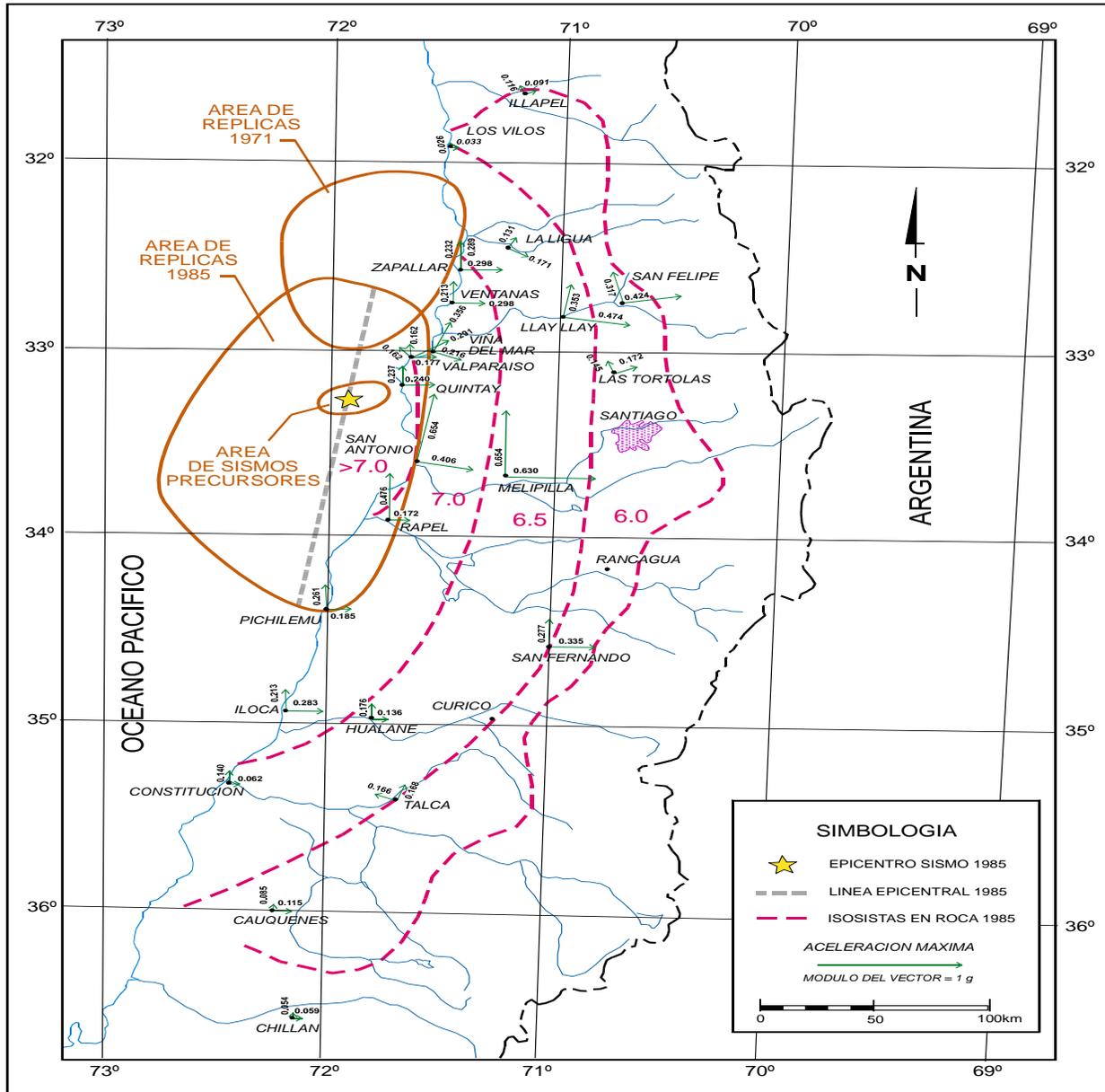
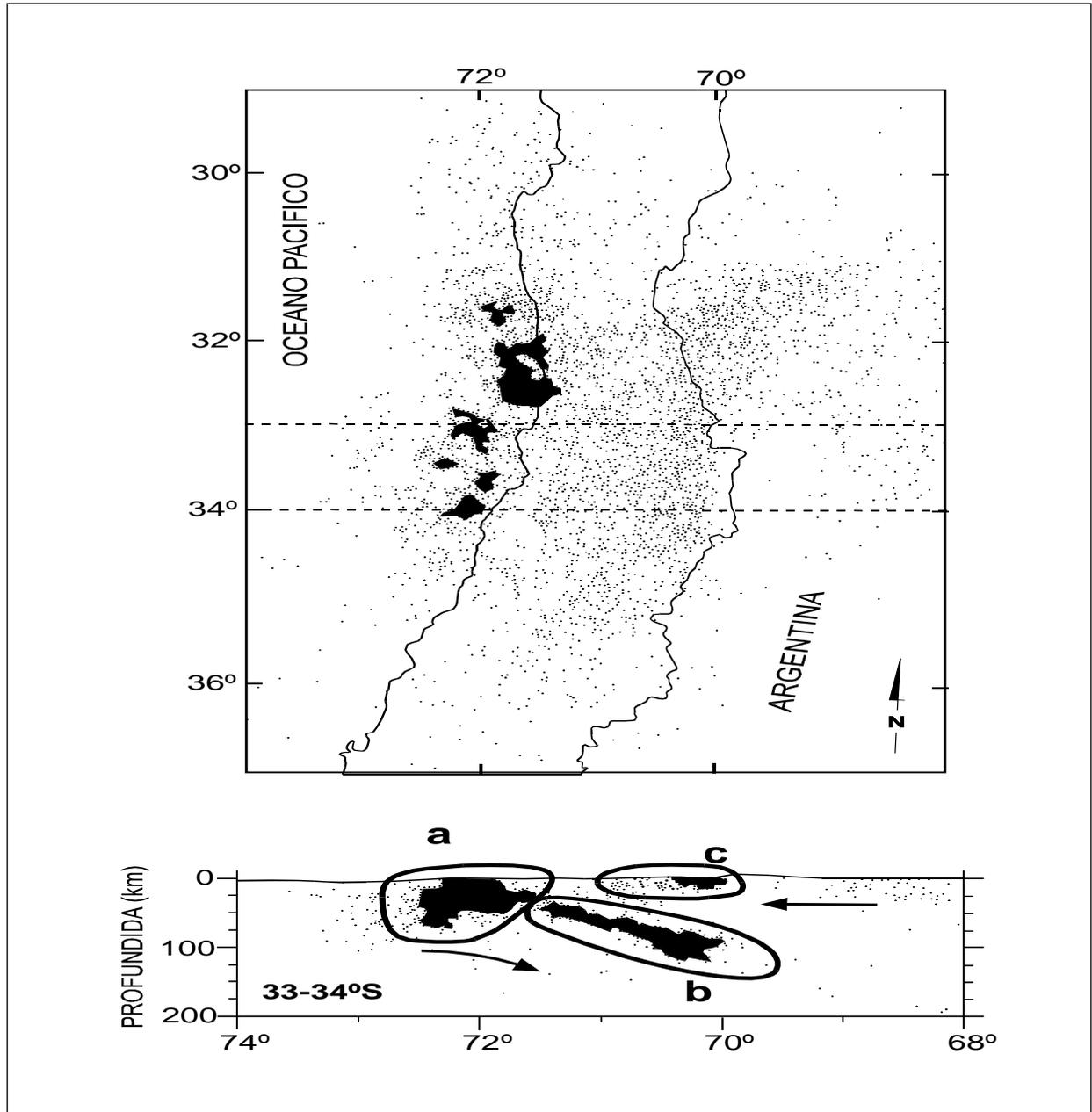


Fig.11: Distribución de los hipocentros de los sismos registrados entre 1986 y 1992 (Barrientos y Kausel, 1994). El perfil representa la distribución, en profundidad, de los hipocentros entre las latitudes 33°S y 34°S, donde se aprecian las tres zonas sismogénicas principales:

- a. Zona costera o zona de acoplamiento de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana.
- b. Zona ubicada bajo la Depresión Central. Sismos profundos (>50 km), generados por fracturamiento o fallamiento extensional en el interior de la placa de Nazca.
- c. Zona cordillerana. Sismos superficiales (<20 km), generados por compresión al interior de la placa Sudamericana.



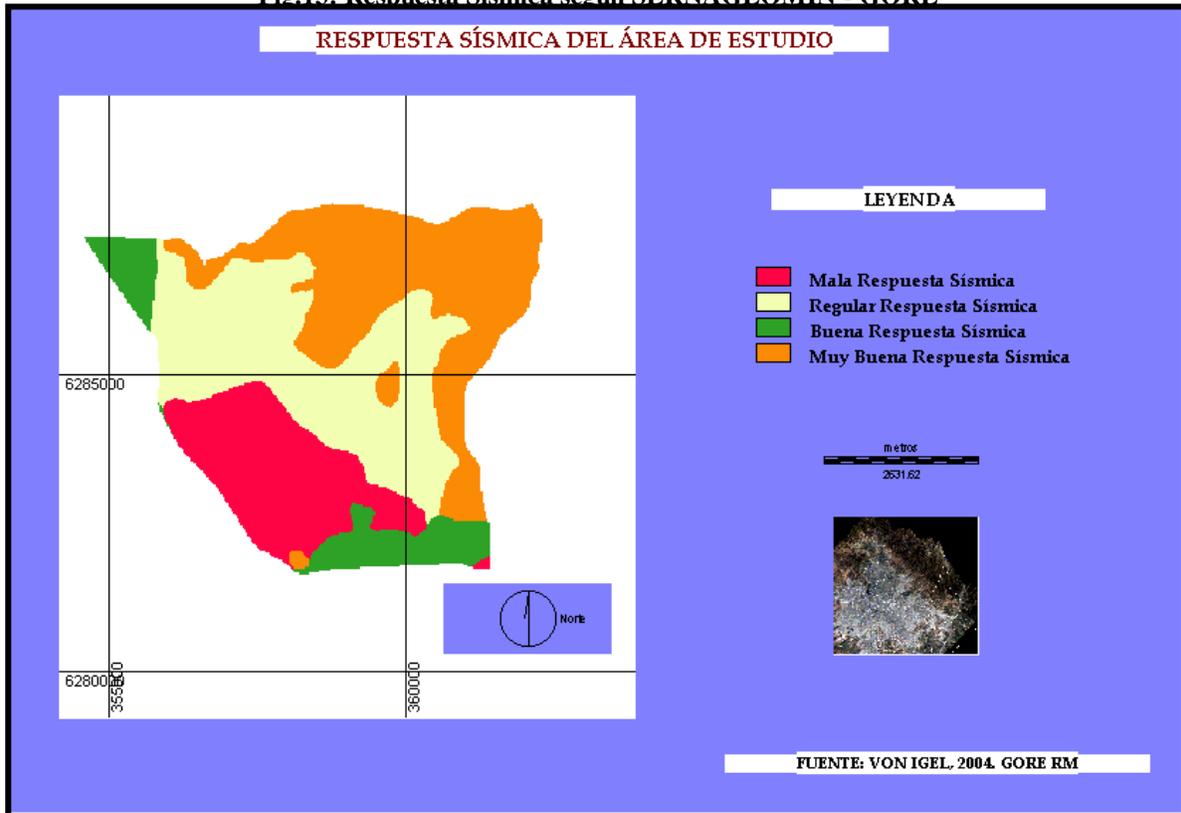
**Fig.12** Situación general del sismo de magnitud 7,8 en la escala de Richter, ocurrido el 3 de marzo de 1985, con epicentro a 20 km costa afuera entre Valparaíso y Algarrobo, a 15 km de profundidad. Este terremoto fue precedido por una serie de sismos precursoros, que se localizaron en una pequeña zona donde, posteriormente, se registró el epicentro del sismo principal. El área que concentró la mayor parte de las réplicas, representa la proyección horizontal de la superficie de ruptura, cuya pendiente de 25° hacia el este (Comte *et al.*, 1986), sigue la inclinación de la subducción de la placa de Nazca, debajo de la placa continental Sudamericana. La distribución de las intensidades sísmicas en roca, estimadas por Menéndez (1991), se representan en curvas isosistas que se prolongan elípticamente hacia el sur, asociadas a la propagación de la zona de ruptura y cuyas mayores intensidades se encuentran en la costa. Según este modelo, en la cuenca de Santiago, las unidades rocosas presentarían intensidades de 6,0 a 6,5 grados. La figura muestra además, las aceleraciones máximas horizontales registradas por la red nacional de acelerógrafos, corregidas según Saragoni *et al.* (1993). Fernández, 2003.

### **Zonificación sísmica de la Región Metropolitana de Santiago**

La zonificación sísmica de varias ciudades chilenas se ha hecho a partir del estudio de los daños observados después de un sismo destructor en las edificaciones existentes. Los resultados obtenidos con este método de naturaleza empírica, han permitido identificar efectos locales que no solo se explican desde el punto de vista de la caracterización geológica sino que también se relacionan con los niveles de las aguas subterráneas, la morfología del basamento rocoso, la topografía y las propiedades mecánicas y dinámicas de los estratos sedimentarios, especialmente en lo relacionado con el espesor y las propiedades de los estratos más superficiales (ACEVEDO, 2002).

La zonificación actual se determinó cualitativamente a través de la respuesta sísmica de las unidades geológicas de la Región Metropolitana de Santiago, en especial del relleno sedimentario, para un escenario de un sismo similar al terremoto del 3 de marzo de 1985 de magnitud (Ms) igual a 7,8 grados (escala Richter). Se estimó para cada unidad un intervalo de intensidades asociado a los registros de daños observados después del terremoto, suponiendo que éstas tienen propiedades similares en áreas donde no existen zonas pobladas. La hipótesis básica es que futuros terremotos podrían producir efectos similares, variando la intensidad según la magnitud, distancia y origen del epicentro, pero manteniendo la relación de la respuesta sísmica entre las unidades geológicas de la cuenca. Tanto en el segmento occidental y aquel de la cordillera andina de la Región, existe menor cantidad de información de intensidades sísmicas que en el área central de la cuenca de Santiago. Especialmente, la zona cordillerana andina, cuenta con solo 3 registros de intensidad a lo largo del valle del río Maipo. Por tanto, en esta zona, la respuesta sísmica se determinó a través del trabajo de Von Igel Grisar (2004), principalmente, sobre la base de información geológica disponible y la metodología de Fernández (2003). A continuación se presenta la zonificación del área de estudio de acuerdo a este trabajo de investigación, no obstante todas estas zonas presentan intensidades de 6.0, según Fig.13:

**Fig.13: Respuesta Sísmica según SERNAGEOMIN - GORE**



**Efectos del nivel freático en la respuesta sísmica.**

Según Medvedev (ACEVEDO, 2002), la intensidad sísmica está influenciada entre otras variables por la ubicación del nivel freático cuando éste se ubica a menos de 10 metros bajo la superficie del suelo, según lo que indica la Tabla 10. Considerando los resultados de las observaciones de los efectos de sismos en 34 ciudades de la Unión Soviética, la influencia de este nivel se puede cuantificar como se indica en la tabla, para suelos del tipo: limos, limos arenosos, arena y grava.

**Tabla 10: Variaciones de la intensidad sísmica con la profundidad del nivel freático a la superficie del suelo, según Medvedev**

Distancia del nivel freático a la superficie del suelo, en (m)	Variación de la intensidad en unidades de intensidad
0 – 1.0	1.0
4	0.5
10	0

Fuente: Acevedo, 2002.

## **2.2 EVALUACION MULTICRITERIO**

### **Las Técnicas de Evaluación Multicriterio**

El paradigma de la decisión multicriterio dio las primeras señales de vida en la década de los setenta (ROMERO, 1993), época en la cual significó una revolución en el campo de la teoría de decisión tradicional. Esta plantea con un gran sentido de lógica, que la elección de la alternativa óptima de un conjunto de alternativas, se fundamenta en un criterio único, el cual se realizaría de la siguiente manera: En forma inicial, se establece un conjunto de soluciones posibles al problema de decisión que se está analizando; luego, basándose en un criterio, se asigna a cada solución posible un valor que permite cuantificar el grado de deseabilidad que tiene cada alternativa para el centro que toma las decisiones. Una vez hecho esto y aplicando técnicas matemáticas, se puede determinar la o las soluciones que poseen el mayor grado de deseabilidad para el centro de decisión, obteniéndose de esta manera la solución óptima al problema, a partir de la aplicación de un determinado criterio. Lo anterior posee gran validez, pero qué pasa cuando se enfrenta un planteamiento real, es el centro de decisión que debe evaluar varios criterios e incluso varios objetivos con los cuales debe afrontar la tarea de decidir (BARREDO, 1996). Es así como surge el paradigma de la decisión multicriterio, que plantea resolver problemas de decisión complejos, donde los criterios y objetivos pueden ser múltiples; incluso estos últimos pueden llegar a ser conflictivos. “La evaluación multicriterio puede entenderse como un conjunto de técnicas orientadas a asistir las tomas de decisiones” (BARREDO, 1996); “ La toma de decisiones multicriterio se puede entender como un mundo de conceptos, aproximaciones modelos y métodos para auxiliar a los centros de decisión a describir, evaluar, ordenar, jerarquizar, seleccionar o rechazar objetos, en base a una evaluación (expresada por puntuaciones, valores o intensidades de preferencia), de acuerdo a varios criterios” (COLSON Y DEBRUYN, 1989). El fin básico de las técnicas EMC es investigar un número de alternativas bajo la luz de múltiples criterios y objetivo en conflicto (VOOGD, 1983).

El funcionamiento de las técnicas EMC, así como la relación que se establece entre las alternativas y criterios puede describirse con la configuración de una matriz, donde los criterios ocupan la columna principal y las alternativas la fila principal (VOOGD, 1983). Dicha matriz recibe el nombre de matriz de evaluación. Los valores internos que se encuentran en la matriz son llamados puntuaciones de criterios y representan el grado de preferencia que ha tenido cada alternativa en el criterio (BARREDO, 1996). Una vez establecida la matriz de evaluación, es importante tomar en cuenta otros aspectos como lo es la importancia relativa de cada criterio ante la evaluación que se pretende realizar. Esto toma aún más relevancia cuando los criterios tienen distinta jerarquía ante los centros de decisión; se requiere entonces asignar un valor específico a cada criterio de acuerdo al grado de importancia relativa. Este valor recibe el nombre de peso o ponderación. Existe una numerosa cantidad de técnicas o métodos de evaluación multicriterio, Barredo (1996), destaca que se diferencian básicamente en los procesos aritméticos – estadísticos que se realizan sobre las matrices de evaluación, con lo cual se obtiene una evaluación final de las alternativas inicialmente consideradas. Existen distintos procedimientos (sumatoria lineal ponderada, índice de concordancia generalizado, análisis de punto ideal entre otras), que permiten lograr una adecuada

evaluación de la componente temática de los datos espaciales, los cuales son esenciales para la asignación de valores a cada alternativa, dependiendo de los criterios establecidos, obteniéndose así la matriz de valorización (BARREDO, 1996). Los valores asignados a las alternativas en la matriz de valoración son una función de el número y naturaleza de los criterios, las prioridades empleadas y las técnicas aritméticas aplicadas (VOOGD, 1983).

### **Las Técnicas de Evaluación Multicriterio en el ámbito de los Sistemas de Información Geográfica. Componentes y elementos.**

El mundo de la teoría de decisiones aplicada a los SIG aún se encuentra en un incipiente desarrollo, lo cual lógicamente produce ciertas diferencias en cuanto a terminología se refiere. Barredo (1996), propone los siguientes componentes de la EMC en el entorno de los SIG.

**Objetivos:** en el mundo de las EMC, un objetivo se puede entender como una función a desarrollar.

**Criterios:** es uno de los elementos fundamentales de la EMC y constituyen la base para la toma de una decisión, base que puede ser medida y evaluada.

**Factor:** es un criterio que realza o detracta la capacidad de asentamiento de una alternativa específica, para la actividad en consideración.

**Limitantes:** es un criterio que restringe la disponibilidad de algunas alternativas según la actividad evaluada.

**Regla de decisión:** es el procedimiento a través del cual se obtiene una evaluación en particular.

**Evaluación:** es el proceso de aplicar la regla de decisión a los criterios para producir finalmente el modelo de decisión.

### **Aplicación de las técnicas de Evaluación Multicriterio (EMC) en el ámbito de los Sistemas de Información Geográfica (SIG)**

Luego de definir los criterios propios del problema multicriterio es imprescindible evaluar y ponderar estas variables a través de los métodos EMC. Como menciona Barredo (1996), es frecuente en estudios del territorio la necesidad de establecer jerarquías y pesos para los factores que influyen para un determinado estudio de investigación, asignando así un valor relativo de ponderación frente a los demás.

La aplicación de estos métodos de evaluación en el ámbito de los SIG, indica que cada variable o factor temático se debe estructurar en una matriz, en la cual los criterios ocupan las filas de la matriz y las alternativas propias de cada criterio ocuparían las columnas. Una vez establecidas las matrices de evaluación, se puede, a través de estos métodos, implementar y ejecutar una serie de

procedimientos o reglas de decisión que permitirán resolver los problemas en el proceso de toma de decisiones. Sin embargo, antes de implementar los procedimientos de evaluación es necesario resolver dos aspectos.

El primero de ellos corresponde a la necesidad de establecer una escala de medida homogénea para los datos temáticos, debido a que los SIG pueden almacenar datos espaciales. Por lo general, estos sistemas lo hacen a través de un modelo de datos híbrido, en el cual por una parte se representa la topología de los elementos y por otra el componente temático o atributos. Esta última parte de la información se almacena en una tabla de atributos en la que por lo general las características son expresadas numéricamente, siendo aquí donde se plantean problemas para el tratamiento y manipulación de los datos, dependiendo de la escala en la cual se encuentren representados (BARREDO, 1996). Los datos temáticos pueden estar representados en alguna de las cuatro escalas establecidas: nominal, ordinal, intervalo y razón. Autores como Voodgs (1983), clasifica las cuatro escalas mencionadas en cualitativas (nominal y ordinal) y cuantitativas (intervalo y razón). En las escalas cuantitativas se conocen las magnitudes existentes entre las diferencias de cada categoría, es decir, es cuantificable o medible. Sin embargo, en las escalas cualitativas solo se puede establecer un orden de preferencia, pero nunca en que proporción uno supera al otro. Por esta razón, uno de los problemas a solucionar antes de aplicar los procedimientos EMC, implica que la mayoría de los datos espaciales se encuentran expresados en la escala nominal, la menos operativa desde el punto de vista aritmético. Sin embargo, se han establecido procedimientos que permiten realizar la transformación de datos que originalmente se encontraban en escalas cualitativas, a escalas cuantitativas.

El segundo aspecto a resolver en la aplicación de las técnicas EMC en el ámbito SIG, corresponde a la necesidad de establecer jerarquías o pesos ( $W_j$ ) a los factores y a cada alternativa involucrada en la evaluación.

Para resolver los aspectos mencionados anteriormente y apelando a la compatibilidad operativa del SIG raster IDRISI, se aplicara el Método de las Jerarquías Analíticas (MAJ), descrito por Saaty en 1997.

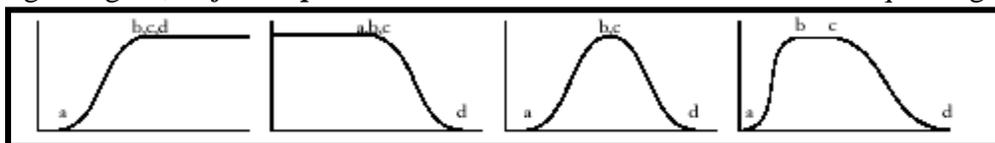
### **Teoría de los conjuntos difusos o Fuzzy.**

La lógica difusa, como su nombre indica, es una lógica alternativa a la lógica clásica que pretende introducir un grado de vaguedad en las cosas que califica. En el mundo real existe mucho conocimiento no-perfecto, es decir, conocimiento vago, impreciso, incierto, ambiguo, inexacto, o probabilístico por naturaleza. El razonamiento y pensamiento humano frecuentemente conlleva información de este tipo, probablemente originada de la inexactitud inherente de los conceptos humanos y del razonamiento basado en experiencias similares pero no idénticas a experiencias anteriores (BOSQUE ET AL, 2003).

En los conjuntos difusos relajamos la restricción de que la función de pertenencia valga 0 ó 1, y dejamos que tome valores en el intervalo [0,1]. La necesidad de trabajar con conjuntos difusos surge de un hecho: hay conceptos que no tienen límites claros.

Puesto que cada variable está expresada en sus propias unidades, se hace necesaria una homogeneización previa de los datos que permita la elaboración de mapas. Si admitimos que las variables temáticas son continuas, el establecimiento de clases con límites absolutamente definidos resulta problemático y parece más lógico pensar que la transición entre una clase y la siguiente debería ser gradual. Esta premisa permite denominar a cada una de estas clases, sin límites definidos, como conjunto *difuso (fuzzy set)* (DEL MORAL ET AL., 2000)

Un conjunto difuso está caracterizado por una función de pertenencia a dicho conjunto, cuyo recorrido oscila entre cero y uno (desde la no pertenencia a la clase hasta la pertenencia absoluta). El sistema de información geográfica IDRISI ofrece cuatro tipos de funciones de pertenencia: **Sigmoidal**: la función sigmoidal es la más frecuentemente utilizada dentro del ámbito de la teoría de conjuntos difusos, y se representa mediante la función coseno, según la Fig.14; **En forma de jota (J-shaped)**: similar a la función sigmoidal, la función en forma de J se aproxima de manera indefinida a cero, de manera que el eje de abscisas constituye una asíntota horizontal de la función, según Fig.15; **Lineal**: esta función es ampliamente utilizada en sistemas electrónicos aunque en ocasiones puede aplicarse en sistemas de evaluación de tierras, simplificando la función sigmoidal, según Fig.16; **Definida por el usuario**: utilizada en las ocasiones en que ninguna de las anteriores

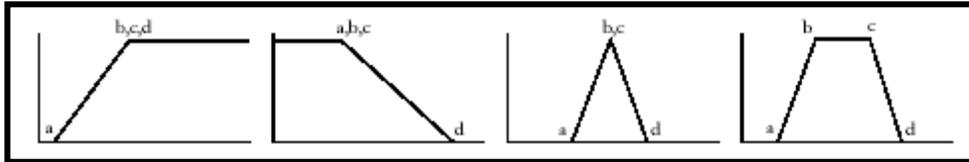


es aplicable, según Fig.17.

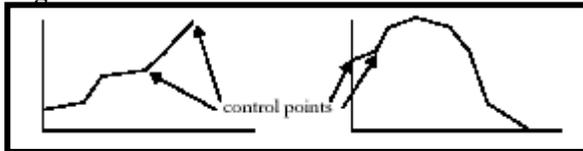
**Fig.14. Función Sigmoidal.**



**Fig.15. Función J- Shaped.**



**Fig.16. Función Lineal.**



**Fig.17. Función Definida por usuario.**

*Sigmoidal cresc.* hace referencia a la función sigmoideal creciente; *Sigmoidal decrec.* hace referencia al tipo decreciente; *Sigmoidal est.* hace referencia a una función sigmoideal simétrica que crece hasta uno, permanece estable y luego decrece. Lo mismo cabe decir de la función en forma de J (J-shaped).

Una vez clasificados los criterios y determinado el tipo de función, con sus parámetros característicos, el siguiente paso consistirá en tipificar los mapas temáticos originales con objeto de reducirlos todos a una misma escala de valor (0 y 1 real o 0 y 255 bytes). Dicha operación se realizará con el módulo FUZZY del S.I.G. IDRISI.

### **El método de las jerarquías analíticas como respuesta a la asignación de pesos.**

La asignación de pesos a los factores es de suma importancia en los estudios territoriales, por esta razón CEOTMA (1991), define su objetivo como “llegar a expresar en términos cuantitativos, la importancia de los distintos elementos para acoger o ser afectados por una determinada actuación”. Si bien, es frecuente la asignación de pesos a factores territoriales no existe un método generalmente aceptado para su determinación. Con relación a lo anterior, se han establecido una serie de procedimientos para lograr dicha tarea, entre los cuales se encuentran: puntuación, colocación de una escala ordinal, comparación por pares, entre otros. Sin embargo, a pesar de disponer de una gran cantidad de métodos que realizan la misma tarea, se ha optado por la utilización del método de las jerarquías analíticas que ofrece una medida cuantitativa de la

consistencia entre las relaciones que se establecen entre cada par de factores para la asignación de tales pesos (BARREDO, 1996).

La aplicación del MAJ propuesto por Saaty en 1980, supone el establecimiento de una matriz cuadrada en la cual, el número de filas y columnas está definida por el número de factores (variables incluidas en el estudio) a ponderar. De esta forma, se genera una matriz de comparación entre pares de factores, cuyo objetivo es comparar la importancia de uno sobre cada uno de los demás ( $a_{ij}$ ), para posteriormente determinar el eigenvector principal, el cual establece los pesos ( $W_j$ ), y el eigenvalor, que proporciona una medida cuantitativa de la consistencia de los juicios de valor entre pares de factores.

#### **a) Estructuración del método**

El primer aspecto a resolver corresponde a la diferencia de escalas que existe entre las tablas de atributos de los datos espaciales. Para resolver el problema planteado se utiliza entonces el MAJ, que establece una escala de tipo continuo (ratios o razón), para la asignación de los juicios de valor que serán expresados por expertos en las matrices antes mencionadas.

La asignación de los correspondientes juicios de valor se realiza apoyándose en la opinión y entrevistas con expertos en el tema. Los profesionales consultados emiten sus respectivos juicios acerca de la importancia que posee un factor sobre el otro, para posteriormente calcular el peso relativo que posee cada uno de ellos.

Descrita la forma como se subsanaron los inconvenientes, es factible realizar una descripción mas detallada del MAJ. El procedimiento se inicia construyendo una matriz de comparación entre pares, en este caso pares de factores o variables consideradas en el estudio. En dicha matriz, los expertos consultados asignan a cada celda un juicio de valor ( $a_{ij}$ ) que representa la importancia relativa de cada factor con respecto al otro. En este contexto, la asignación de los juicios se realiza basándose en una escala de tipo discreta (Tabla 11) que va desde un valor mínimo  $1/9$  hasta el 9, los cuales representan respectivamente un valor extremadamente menos importante ( $1/9$ ) hasta un valor extremadamente mas importante (9), pasando por el valor 1 que indica igualdad entre pares de factores. La escala que establece el MAJ para realizar este procedimiento es la siguiente:

**Tabla 11: Escala de Importancia relativa (NUMÉRICA Y VERBAL).**

Importancia Relativa (Escala Numérica)	Definición (escala verbal)	Explicación
1	Ambos Elementos tienen igual Importancia.	Ambos elementos contribuyen igualmente sobre la problemática.
3	Moderada importancia De un elemento sobre otro.	Un elemento es ligeramente más importante sobre la problemática
5	Fuerte importancia de un elemento sobre otro.	Un elemento es fuertemente más importante sobre la problemática.
7	Muy fuerte importancia de un elemento sobre otro.	Un elemento es muy fuertemente más importante sobre la problemática.
9	Extrema importancia de un elemento sobre otro.	Un elemento es absolutamente más importante sobre la problemática.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes.	Valores de consenso entre dos juicios.
Recíprocos (1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8 y 1/9)	Si un elemento tiene un valor de la escala numérica (ejemplo: 3), el segundo elemento posee, entonces, un valor recíproco (es decir 1/3), cuando es comparado con el primero.	Un elemento es menos importante sobre la problemática. Ejemplo: Si el valor es de 1/3, un elemento es ligeramente menos importante sobre la problemática.

Fuente: Saaty et al. (1997).

Basada en esta escala, se presenta a los expertos para su evaluación, una matriz que contiene todos los factores considerados en el estudio. Dicha matriz es conocida con el nombre de “Matriz madre”. Procedimiento similar es aplicado a cada factor en particular, sin embargo, la asignación de juicios de valor y comparación de pares se realiza basándose en las alternativas temáticas existentes al interior de cada factor. De esta forma y siguiendo el mismo procedimiento se construyen matrices de evaluación para cada factor restante.

La estructura de la matriz de comparación por pares (matriz madre) se presenta en forma genérica en la Tabla 12:

**Tabla 12: Matriz madre establecida para la evaluación de los factores en estudio.**

Factores	A	B	C	D	E	F
A						
B						
C						
D	A <sub>ij</sub>					
E						
F						

Fuente: Barredo, 1996.

El valor A<sub>ij</sub> demuestra la importancia del factor D sobre el A, basado en la escala de medida antes mencionada. Una vez que los expertos han realizado sus evaluaciones (juicios de valor) en las

celdas de las matrices, el próximo paso a seguir corresponde a la obtención del peso de cada factor así como el de sus respectivas clases.

Existe, sin embargo en el planteamiento un problema a considerar, el cual radica en la forma como se obtendrá la evaluación final resultante de las evaluaciones parciales realizadas por cada experto. El problema radica en que cada profesional consultado generará matrices que dependen de su propia opinión y conocimiento, lo cual lleva consigo una cuota de subjetivismo. El objetivo entonces es obtener matrices representativas o “promedio” para los factores y para las respectivas categorías de éstas. El procedimiento adoptado para resolver dicho inconveniente corresponde a la MODA, la cual es una medida de tendencia central y que Harnett & Murphy (1987). La definen como el valor que se repite un mayor número de veces al interior de una muestra, que en este caso corresponden a los juicios de valor emitidos por los expertos al interior de cada celda en las matrices propuestas.

### **b) Calculo del peso o eigenvector principal**

El cálculo de los pesos de cada factor, así como de las categorías existentes al interior de ellos, es un procedimiento el cual representa el orden de prioridad de los factores. La asignación de pesos, tiene como objetivo representar la importancia que posee cada factor al interior de la evaluación, o dicho de otra forma, expresar en términos cuantitativos las jerarquías existentes entre las variables involucradas. El eigenvector principal es representado inmediatamente en una columna que se anexa a cada matriz evaluada. Como el peso corresponde a una medida de ponderación, la sumatoria de este vector debe dar como resultado el valor numérico de 1. (Tabla 13).

**Tabla 13: Matriz madre expresada en forma genérica, contiene juicios de valor (A<sub>ij</sub>) y pesos de los factores (W<sub>j</sub>).**

Factores	A	B	C	D	E	F	W <sub>j</sub>
A	1						W <sub>A</sub>
B		1					W <sub>B</sub>
C			1				W <sub>C</sub>
D				1			W <sub>D</sub>
E					1		W <sub>E</sub>
F						1	W <sub>F</sub>
ΣW <sub>j</sub>							1

Fuente: Barredo, 1996.

### **c) Normalización**

Obtenidos los pesos de los factores involucrados, es necesario ahora normalizar los pesos obtenidos de cada alternativa existente al interior de los factores (X<sub>ij</sub>). Dicho procedimiento es llevado a cabo con el objeto de establecer una escala común para todos los factores

La ecuación que permite realizar la normalización se estructura de la siguiente forma: Donde:

$$e_{ij} = (X_{ij} - \text{Min}X_{ij}) / (\text{Max}X_{ij} - \text{Min}ij)$$

$e_{ij}$  = valor normalizado de la alternativa  $i$  en el criterio  $j$ . Varía entre 0, que representa la menor aptitud y 1, que representa la mayor aptitud del terreno.

$X_{ij}$  = valor de la alternativa  $i$  en el criterio  $j$ .

Min y Max = valores mínimos y máximos de las alternativas en el criterio.

El valor  $e_{ij}$ , es anexado como una columna a cada una de las matrices que representan los factores involucrados y se identifica en las matrices.

Una vez normalizados los valores de las matrices, se debe realizar la asignación de estos valores a cada píxel de las coberturas

#### **d) Evaluación de la valorización hecha por los profesionales**

Luego de la obtención y normalización del vector de los pesos, es imprescindible obtener una medida cuantitativa acerca de la consistencia en la asignación de los juicios de valor. El índice que ofrece este procedimiento para el cálculo de la consistencia es *la razón de consistencia (c.r.)*, el cual se establece a partir del cociente entre el valor del índice de consistencia (c.i.) y el índice aleatorio (r.i.). Autores como Barredo (1996), indican que para valores de c.r. mayores o iguales a 0.10, los juicios de valor deben ser revisados, ya que no son lo suficientemente consistentes para establecer los pesos ( $W_j$ ); por el contrario, si el c.r. es inferior a 0.10, se puede, considerar satisfactorios los juicios de valor asignados.

El programa SIG IDRISI, permite automatizar el procedimiento. En forma, mas detallada se ingresan las matrices evaluadas y, a través de la función WEIGHT, el sistema arroja el valor de la razón de consistencia (c.r.); además, permite obtener una matriz en la cual se pueden detectar las valoraciones (juicios de valor) que hayan creado la inconsistencia de la matriz de comparación. Esta ultima característica es la que hace del método uno de los preferidos por los investigadores, ya que además de entregar un valor cuantitativo de la consistencia de asignación, permite detectar y corregir aquellos juicios que pudieran haber provocado inconsistencias en el proceso de asignación (BARREDO, 1996).

#### **Aplicación de métodos EMC. Sumatoria lineal ponderada.**

Una vez obtenidas las matrices evaluadas por los expertos, los pesos de los factores y un satisfactorio valor de consistencia en la asignación de los juicios de valor, es factible pensar en la aplicación de uno de los múltiples procedimientos de evaluación multicriterio (sumatoria lineal ponderada, análisis del punto ideal, índice de concordancia generalizado, etc.), para la asignación de valores a la luz del objetivo perseguido.

A pesar de existir una serie de métodos EMC, los cuales se diferencian básicamente en los procedimientos aritméticos – estadísticos que se realizan sobre las matrices de evaluación se opto

por la utilización del método de la sumatoria lineal ponderada, aplicada frecuentemente en modelos desarrollados en SIG (BARREDO, 1996).

La ecuación que describe el método de la Sumatoria Lineal Ponderada es la siguiente:

$$r_i = \sum (W_j * X_{ij})$$

Donde:

$r_i$  = aplicación del método

$W_j$  = peso del criterio

$X_{ij}$  = valor de la alternativa  $i$  en el criterio  $j$ .

## **2.3 NORMAS Y REGULACIONES AL USO DEL SUELO**

### **Normas de Planificación Territorial**

#### **Plan Regulador Metropolitano de Santiago**

Para orientar el proceso de desarrollo urbano, optimizar la relación entre la ciudad y su entorno natural y poder mejorar las condiciones de habitabilidad de Santiago, se aprobó en 1994 el Plan Regulador Metropolitano, el cual divide la ciudad en dos macroáreas según lo que indica la Fig. 18 y 19:

#### **Área Urbana Metropolitana**

Comprende las áreas urbanas y las áreas urbanizables, que en las comunas del sector oriente son hasta la cota 1000 en las comunas de Lo Barnechea y Las Condes; hasta la cota 900 en La Reina, Peñalolén, La Florida y **Puente Alto**. En San José de Maipo el límite es variable, en algunos casos va por el canal Maurino y en el resto de las localidades se proyecta entre las cotas 900 y 1.350.

Esta Área Urbana Metropolitana se subdivide, a su vez, en las siguientes *zonas*: Zonas Habitacional Mixta; Zona de Equipamiento Metropolitano o Intercomunal; Zonas de Interés Metropolitano; Zonas de Actividades Productivas y de Servicio de Carácter Industrial; y las **Áreas Verdes** vinculadas al pie de monte precordillerano.

**Áreas Verdes:** De acuerdo a su definición estas áreas pueden ser de carácter público o privado. El primero son áreas normalmente administradas a nivel municipal. La segunda son bienes privados que deben ser expropiados o adquiridos para pasar a ser áreas verdes de uso público, esto último de acuerdo al artículo 59 de la Ley General de Urbanismo y Construcciones que establece: "*declárense de utilidad pública todos los terrenos consultados en el Plan Regulador Comunal, destinados a calles, plazas, parques...*" "...mientras se procede a su expropiación o adquisición, no podrá aumentarse el volumen de las construcciones existentes a la fecha de aprobación del Plan Regulador".

Estas Áreas Verdes incluyen:

- a) Parques Metropolitanos
- b) Parques Intercomunales
  - Parques
  - Cerros Islas
  - Parques Quebradas
  - Avenidas Parques: Adyacentes a cauces

Adyacentes a sistemas viales

Asociadas a áreas de extracción y/o de rellenos artificiales.

c) Áreas verdes complementarias

- Equipamiento recreacional y deportivo
- Cementerios Parques
- Áreas de interés histórico y/o cultural

### **Área Restringida o Excluida al Desarrollo Urbano**

En esta área, que queda fuera de los límites del Área Urbana Metropolitana, se concentra el sistema de quebradas. En términos generales esta área está localizada al oriente de la proyectada Avenida Paseo Pie Andino. Sin perjuicio de ello, algunas zonas localizadas en el perímetro urbano también son clasificadas en esta categoría.

Esta área se divide en tres categorías vinculadas a la precordillera y cordillera de Los Andes.

#### **1- De Alto Riesgo para los Asentamientos Humanos**

- **Riesgo de Origen Natural:** Inundación, derrumbes y asentamientos del suelo, excavaciones y laboreos mineros y de riesgo geofísico asociado a eventos naturales (remoción de masa, inundación recurrente).
- **Riesgo por Actividades Peligrosas:** Protección de Centros Nucleares (Centro Nuclear de La Reina / Las Condes).

#### **2- De Resguardo de Macroinfraestructura Metropolitana**

- **Resguardo de Infraestructura de Transporte y Telecomunicaciones:** Fajas de resguardo de vías ferroviarias.
- **Resguardo de Infraestructura Sanitaria:** Fuentes de abastecimiento y plantas de tratamiento de agua potable, plantas de tratamiento de aguas servidas y acueductos.
- **Resguardo de Infraestructura Energética:** Oleoductos, gasoductos y poliductos; subestaciones y líneas de transporte de energía eléctrica; y plantas generadoras de electricidad: termoeléctricas e hidroeléctricas.

#### **3- De Valor Natural y/o Interés Silvoagropecuario.**

- **De Preservación Ecológica:**

Áreas que serán mantenidas en estado natural, para asegurar y contribuir al equilibrio y calidad del medio ambiente, como asimismo preservar el patrimonio paisajístico. Aquí se permite el desarrollo

de actividades que aseguren la permanencia de los valores naturales, restringiéndose su uso a los fines científico, cultural, educativo, recreacional, deportivo y turístico, con las instalaciones y/o edificaciones mínimas para su habilitación. En estas Áreas no se permite las divisiones prediales. Las actividades agrícolas, ganaderas o forestales podrán desarrollarse en forma controlada, mediante la fijación de las condiciones pertinentes, por medio de planes aprobados por los servicios respectivos. Estos territorios están compuestos por los sectores altos de las cuencas y microcuencas hidrográficas; las reservorios de agua y cauces naturales; áreas de preservación del recurso nieve; las cumbres y farellones; los enclaves de flora; los refugios de fauna y los componentes paisajísticos destacados. Están integrados a esta zona las Áreas Silvestres Protegidas del Estado o de privados (Parques Nacionales, Reservas Nacionales), Áreas Complementarias a las Áreas Silvestres Protegidas (Santuarios de la Naturaleza y Lugares de Interés Científico) y, en general, todas aquellas áreas que conforman Reservas Naturales, Monumentos Naturales y Áreas de Protección Existentes. En consecuencia, quedan comprendidas en esta categoría las siguientes unidades:

- Monumento Natural El Morado.
  - Reserva Nacional y Lugar de Interés Científico Río Clarillo.
  - Reserva Nacional y Lugar de Interés Científico Yerba Loca.
  - Santuario de la Naturaleza Los Nogales.
  - Área de Protección Precordillera y Cordillera Andina de Santiago (“Santiago Andino”).
  - Santuario de la Naturaleza Cascada de las Ánimas.
- **De Protección Ecológica con Desarrollo Controlado (P.E.D.C):**

Áreas donde además de las actividades silvoagropecuarias y/o agropecuarias, se permiten actividades urbanas, en tanto *se conserven las características del entorno natural y las intervenciones contribuyan al mejoramiento de la calidad del medioambiente e incrementen el valor paisajístico* (Tabla 14 y 14a).

Para autorizar proyectos destinados a actividades urbanas en estas áreas, se establecen las siguientes exigencias:

- a. Porcentaje de arborización no inferior a un 25% de la superficie predial, con especies nativas y exóticas, de acuerdo al proyecto autorizado por el organismo respectivo del Ministerio de Agricultura.
- b. La tala de especies arbóreas dentro del proyecto, obliga a reponer en el mismo terreno con el doble de las especies intervenidas, independientemente del 25% de arborización antes señalado.
- c. La tala de árboles deberá llevarse a cabo atendiendo las disposiciones legales vigentes sobre la materia.
- d. Las instalaciones y/o edificaciones, como asimismo las especies arbóreas, no podrán alterar el escurrimiento natural de aguas provenientes de esteros o quebradas.

e. No se permitirá instalaciones o construcciones de ningún tipo en terrenos adyacentes a quebradas, a distancias inferiores de 40 m a cada costado de los bordes del cauce.

f. Los proyectos deberán incluir medidas de control y conservación de suelo en lo referente a cárcavas existentes y a cualquier otro tipo de accidentes del relieve, para lo cual se exigirá el informe respectivo emitido por los organismos o servicios competentes.

Semejantes precauciones deberán incorporarse en los casos de taludes u otro tipo de intervenciones que deterioren los recursos de suelo, agua, flora y fauna.

g. Se permitirá una vivienda por predio. Se podrá edificar en el mismo predio una vivienda para cuidador, siempre que esta cumpla con las características y condiciones definidas para las viviendas sociales en los Artículos 7.1.2. y 7.1.4. de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

Las áreas de Protección Ecológica con Desarrollo Controlado, en las que se pueden desarrollar las actividades de explotación agrícola intensiva, forestación, reforestación con especies nativas y exóticas, explotación ganadero-pastoral extensiva con las condiciones que le fijen los organismos competentes que corresponda:

**Tabla 14: Protección Ecológica con Desarrollo Controlado, Oriente Cajón del Maipo**

Tramo	Trazado del Límite
Límite Comunal Puente Alto / San José de Maipo hasta el Canal Maurino	cota 940 m.s.n.m

Fuente: Ordenanza P.R.M.S. 1994.

En estas zonas también se permite el uso de suelo, con las normas técnico-urbanísticas, que se señalan en tabla siguiente:

**Tabla 14a: Protección Ecológica con Desarrollo Controlado, Oriente Cajón del Maipo**

Usos de Suelo Permitidos	Sup. Predial Mínima (ha)	Tasa Máxima de Ocupación de Suelo (%)	Coef. Máximo de Constructibilidad
Pie de Monte Puente Alto (Puente Alto) Av. Portales / cota 900 msnm			
Equipamiento de Áreas Verdes, Deportes y Recreación, Científico y Cultural	10,00	0,50	0,01

Fuente: Ordenanza P.R.M.S. 1994.

## **Planificación Urbana Comunal**

La planificación urbana comunal "*promueve el desarrollo armónico del territorio comunal, en especial de sus centros poblados, en concordancia con las metas regionales de desarrollo económico social*" (art.41 inc.1° de la Ley General de Urbanismo y Construcciones).

En el ámbito territorial comunal la planificación urbana es realizada por los *planes reguladores comunales* y los *planes comunales de desarrollo*.

El primero "es un instrumento constituido por un conjunto de normas sobre adecuadas condiciones de higiene y seguridad en los edificios y espacios urbanos, y de comodidad en la relación funcional entre las zonas de trabajo, equipamiento y esparcimiento. Sus disposiciones se refieren al uso del suelo, zonificación, fijación de límites urbanos, densidades y determinación de prioridades en la urbanización de terrenos para la expansión de la ciudad..." (art. 41 inc. 3° y 4° de la Ley General de Urbanismo y Construcciones).

Los planes comunales de desarrollo orientan las políticas y regulaciones para lograr un adecuado crecimiento de la comuna y el mejor bienestar de la comunidad.

En Chile la normativa de planificación territorial, a nivel comunal, es parcial y no incorpora todo el espacio físico de una comuna. Al nivel intercomunal o regional, la situación no es mejor, ya que toda la regulación y protección del espacio periurbano montañoso de Santiago, están normados por un conjunto de reglamentaciones de carácter general (PRMS), inorgánicas e inconexas (Ley General de Urbanismo y Construcciones –Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades).

**Esto no deja de ser preocupante, al ser el piedmont y las quebradas un ambiente muy rico en biodiversidad pero insuficientemente conocidos y excesivamente explotados.**

## **Normas de Protección Ecológica**

### **Formaciones vegetales existentes**

- DS. N°82 y N°327 de 1974, de Agricultura, que crea el Área de Protección Santiago Andino. Estas normas prohíben la corta o aprovechamiento en cualquier forma de árboles y arbustos situados al norte del canal de Las Perdices y canal El Bollo, sin la autorización del SAG con informe previo de CONAF.
- Decreto Ley N°701 de 1974, sobre corta de vegetación arbustiva sin previo plan de manejo aprobado por la CONAF (arts. 21 y 22).
- Ley de Bosques, arts.5, 22 y ss.
- DS N°366 de 1944 de Tierras y Colonización, el cual prohíbe la corta de las especies forestales maitén, quillay, litre, bollén, olivillo, espino y boldo en las épocas que indica y, fuera de estas fechas, sólo con la autorización del SAG.

### **Instrumentos de Fomento potencialmente aplicables**

- Ley N° 11.402 para la Reforestación de Hoyas Hidrográficas. Se permite la realización de obras cuya finalidad es la conservación y regularización de las riberas, cauces, ríos, lagunas y esteros, realizados en defensa de terrenos y poblaciones, contra crecidas de corriente de agua. Subsidio: el valor de las obras será pagado en un 65% por el Fisco y en un 35% por los particulares beneficiados.
- Ley N° 18.378 sobre Distritos de Conservación de Suelos, Aguas y Bosques. Norma programática, sin aplicación práctica todavía.
- Decreto Ley N°701 de 1974 sobre Fomento a la Forestación. Modificada por la Ley N° 19.561 de 1998, el cual renueva los instrumentos de fomento orientados hacia los pequeños propietarios forestales y hacia todos aquellos que realicen actividades de forestación en suelos frágiles, degradados y en proceso de desertificación.

### **Normas que rigen Actividades en Zonas Cordilleranas**

#### **• Áreas de Preservación Ecológica (límite de lo urbanizable).**

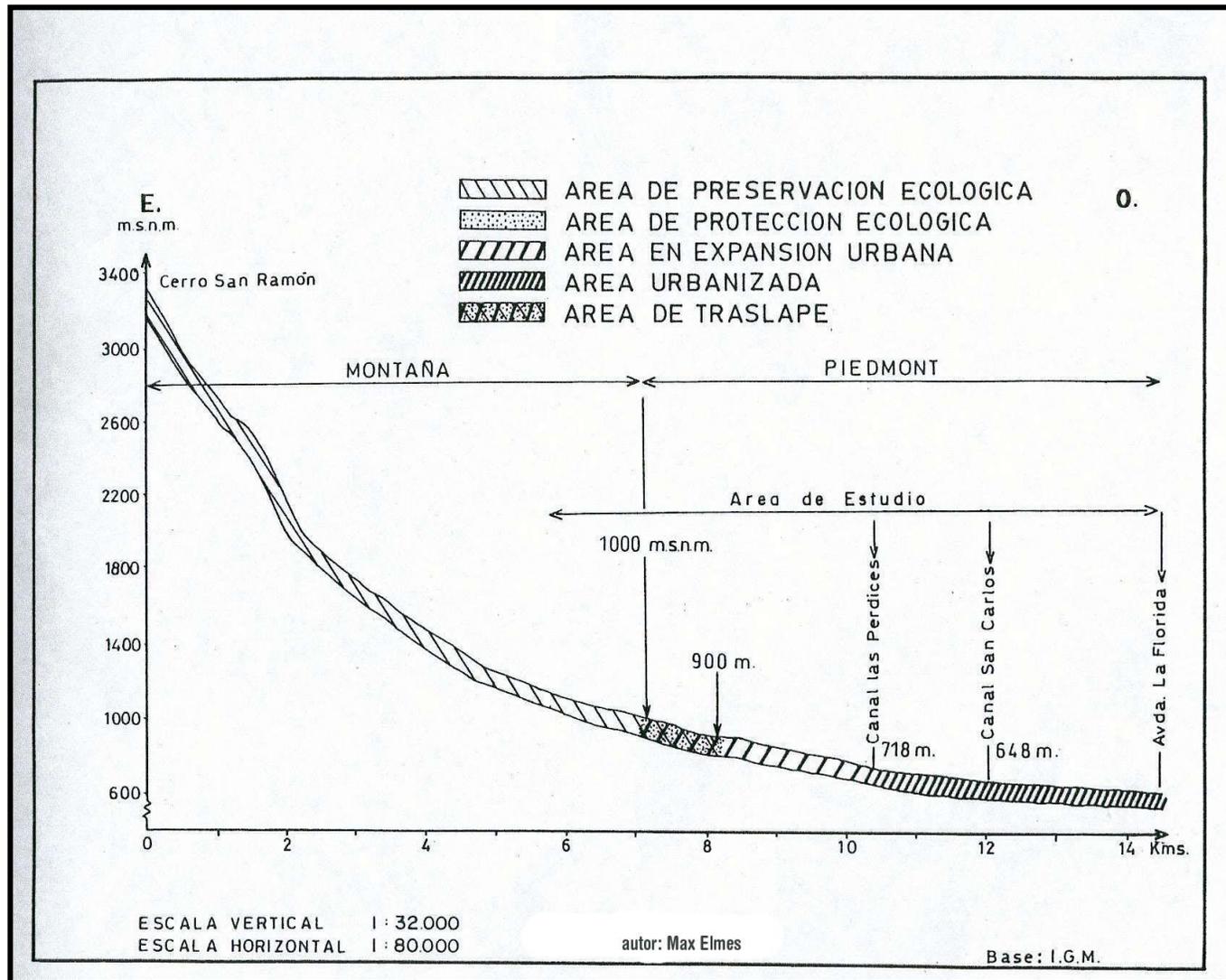
La aprobación de algún proyecto queda condicionada a la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental, evaluado y aprobado previamente. Hay que tener presente que en estas áreas, en principio, no se permite la división predial. Si se presenta una subdivisión predial, la aprobación municipal requerirá previamente de un informe favorable de la Secretaría Regional Ministerial de Agricultura.

#### **• De Riesgo Natural por Inundaciones: Las Quebradas**

Las construcciones y urbanizaciones que se ejecuten en quebradas deberán contar con los estudios y proyectos que aseguren el normal escurrimiento de las aguas y la protección de los bordes y laderas. Estas obras deben ser informadas por los organismos competentes, previa autorización municipal. Asimismo, la recepción municipal sólo se dará previa conformidad de las obras

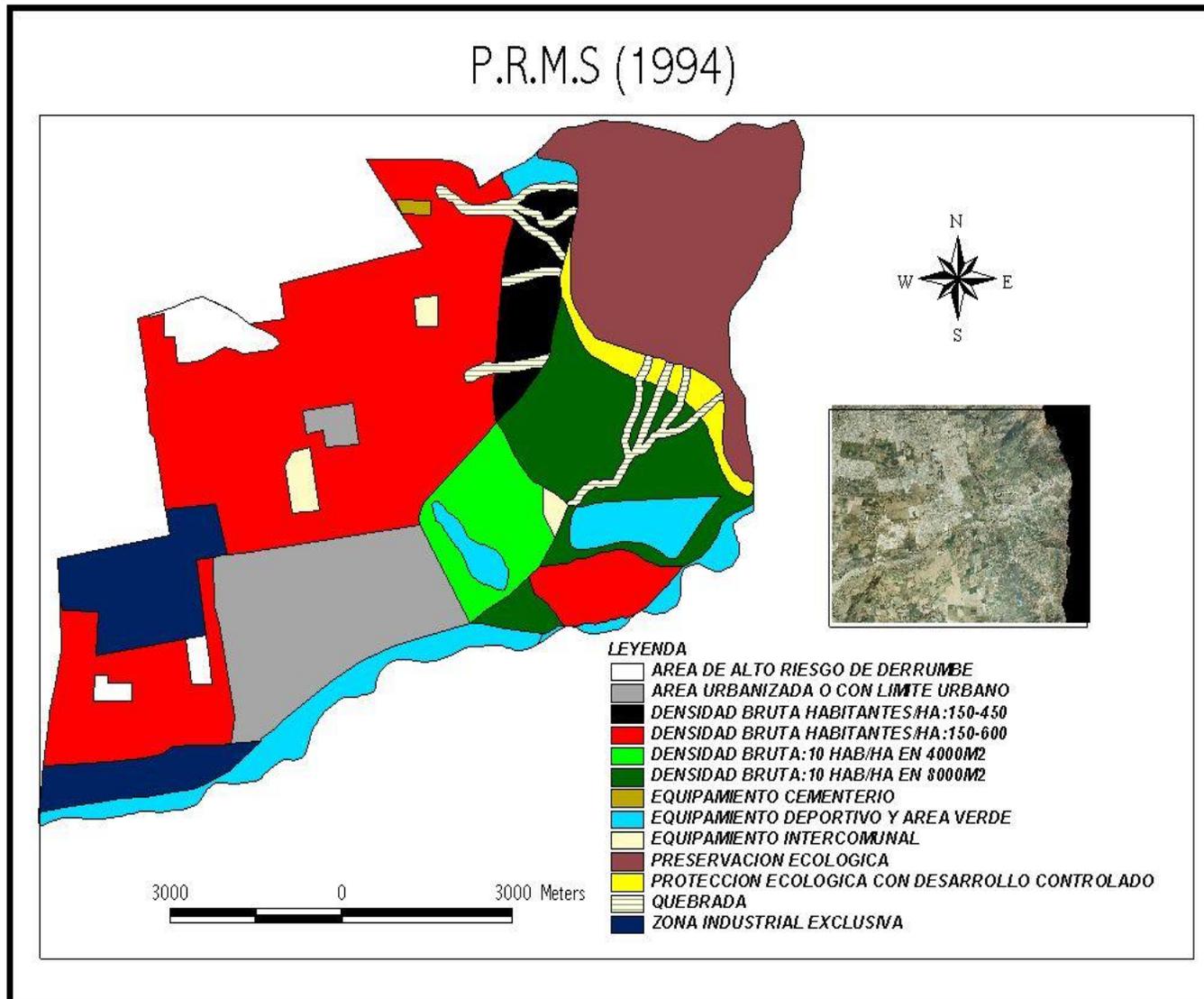
respectivas.

Fig.18: Perfil del área de estudio, en relación a su normativa



Fuente: Elaboración propia, 2005

Fig.19: Plan Regulador Metropolitano de Santiago, aplicado a la Comuna de Puente Alto



Fuente: Elaboración propia, a partir de PRMS 1994.

## **Plan Regulador Comunal 2002**

Se presenta a continuación una síntesis de la Memoria Explicativa. El desafío existencial que hoy encara la comuna de Puente Alto es rescatar y desarrollar su rol de Ciudad Capital de la Provincia Cordillera, superando la definición de Comuna Limítrofe Sur de la Conurbación del Gran Santiago.

El diagnóstico social demostró la gran crisis de pertenencia en una comuna que sufre una muy particular segregación socio – espacial, entre los 250.000 puentealtinos originales, con una historia y cultura propia y los casi 250.0000 afuerinos ahí establecidos en los últimos cinco años.

Se le plantea entonces a este instrumento de planificación, un objetivo superior de alcance socio – político, que es rescatar la identidad de ciudad que hoy esta perdiendo, por efecto de su explosivo crecimiento poblacional.

Para lograrlo, el nuevo Plan Regulador Comunal deberá cumplir con las condiciones constitutivas de un Instrumento Estratégico de Ordenación del Territorial, que otorgue prioridad a los proyectos detonantes, tales como:

- Cerro – Parque La Ballena.
- Corredor de Renovación y Transformación de un Centro Lineal asociado a la Plataforma de Intercambio Modal de Transporte Publico y Privado de la Estación terminal de la Línea 5 del metro.
- Renovación urbana del Centro, para dar servicios de alcance intercomunal,
- ***Equilibrio socioeconómico mediante el de Desarrollo del piedmont. Permitirá la mayor oferta de Terrenos para desarrollos inmobiliarios de niveles medios y medio – alto, que contribuirán equilibrar socialmente a su población*** (PRC de Puente Alto, 2003).

Todo lo anterior para crear una imagen urbana que expresando su propia identidad, contribuya a que todos sus habitantes puedan identificarse con ella, generando así un integrante de pertenencia local.

### **Límite Urbano (horizonte 30 años)**

El límite urbano propuesto en el nuevo Plan Regulador, consolida lo propuesto por el Plan Regulador Metropolitano y por consiguiente supera ampliamente a la poligonal señalada en el P.R.C de 1984 (aprox. 900 has), abarcando, el nuevo límite, una superficie aproximada de 5.200 has. El P.R.C de 1984 señala como área urbana a aquella comprendida entre los siguientes límites, según Fig.20:

- Av. México, al oriente.
- Nosedal, al poniente.
- Domingo Toconal, al norte.
- Y Río Maipo, al sur.

Junto con lo anterior, se incluían los Islotes urbanos reconocidos tales como:

- Población Bajos de Mena.
- Población Obreros Municipales de Providencia – Población La Platina – Población Azize Ready.
- Población Granja Antigua – Población Granja Nueva – ***Población Colonia el Peral***

En cambio, la nueva área urbana propuesta por la reformulación del P.R.C., está definida (Fig.20):

- Cota 900 m.s.n.m. al oriente.
- Av. Santa Rosa y Av. La Serena, al Poniente.
- Lindero sur antiguo Camino Las Nieves, Canal San Francisco, calle Elisa Correa, deslinde norte Conjuntos Habitacionales Los Andes del Sur y Plazuela Los Toros, Calle Trinidad y línea de cumbres Santa Rosa del Peral, al norte.
- Y camino Internacional y costanera Norte Río Maipo, al sur.

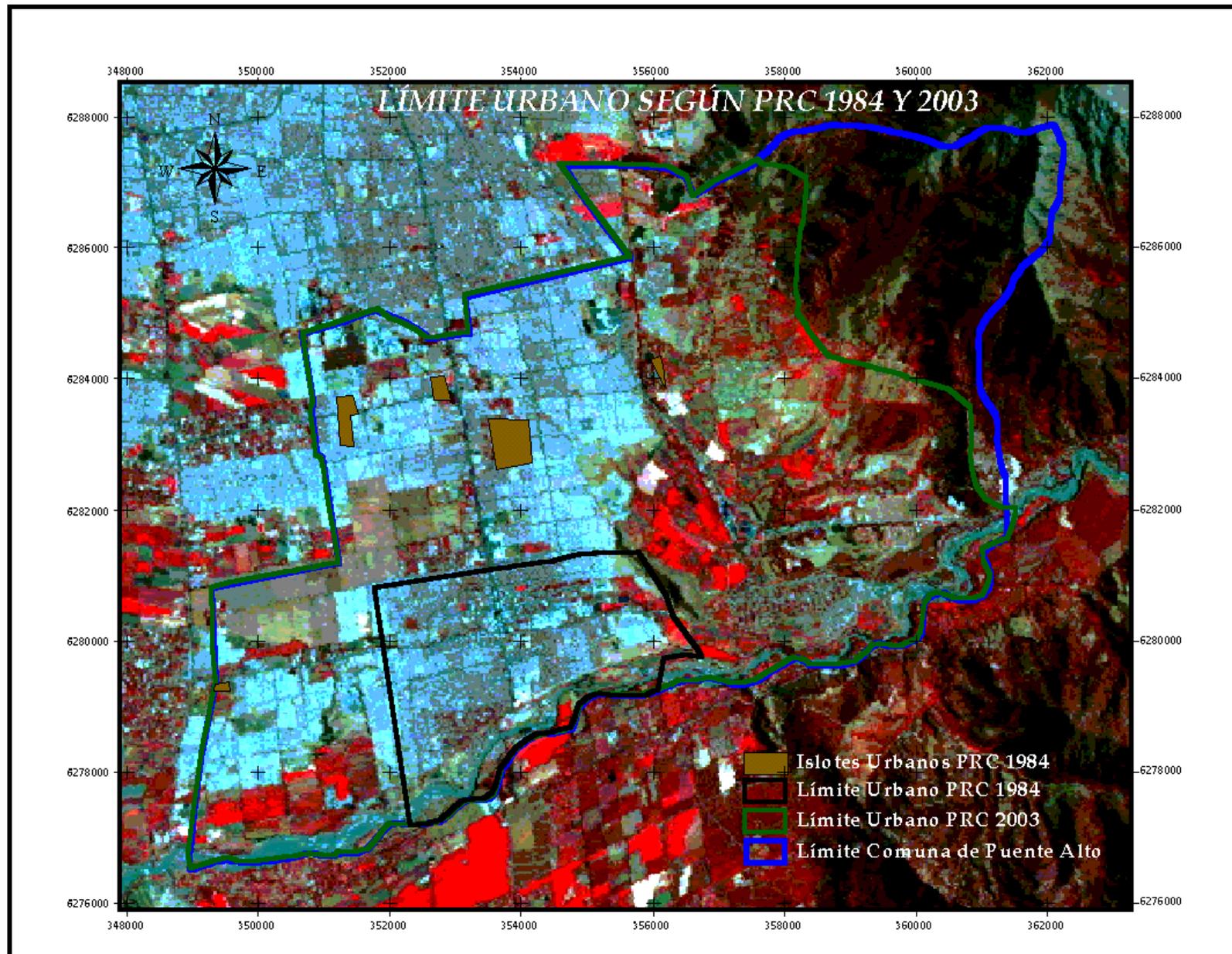
En esta proposición, los antiguos islotes urbanos existentes al año 1984, fueron absorbidos por el área urbana con el objeto de reconocer y consolidar antiguas poblaciones de la comuna.

### **Zonificación**

A partir del análisis de las características urbanas (densidad, usos de suelo, morfología), naturales, viales, intereses inmobiliarios, objetivos del plan, etc., se hizo una caracterización de la comuna en áreas homogéneas de desarrollo, las cuales se identifican en los siguientes tablas. En cada una de las áreas homogéneas se reconocieron aquellos equipamientos y usos existentes con el fin de potenciar los que se encuentran en desarrollo y consolidar los ya desarrollados.

Luego, en conformidad con los distintos usos de suelo y demás normas urbanísticas, las zonas se agruparon en función de sus características normativas comunes, resultando la siguiente

**Fig.20: Límite Urbano según PRC 1984 y 2003.**



subdivisión comunal. No obstante, caracterizando a las zonificaciones del área de estudio, según las Tablas 15,16,17, 18 y Fig. 21.

**Tabla15: Zonas Mixtas Preferentemente Residenciales del PRC 2003**

<b>ZONA</b>	<b>SUPERFICIE HÁS</b>	<b>DENSIDAD BRUTA MÁXIMA</b>
<b>H1</b>	<b>110.16</b>	<b>Residencial y Equipamiento; 250 hab/hás</b>
<b>H2</b>	<b>244.44</b>	<b>Residencial y Equipamiento; 200 hab/hás</b>
<b>H3</b>	<b>1.98</b>	<b>Residencial y Equipamiento; 200 hab/hás</b>
<b>H5</b>	<b>785.88</b>	<b>Residencial y Equipamiento; 100 hab/hás</b>
<b>HET1</b>	<b>97.11</b>	<b>Residencial y Equipamiento de esparcimiento; 100 hab/hás</b>

Fuente: Elaboración propia, a partir de PRC de Puente Alto.

**Tabla16: Zonas Residenciales con densificación y Equipamiento del PRC 2003**

<b>ZONA</b>	<b>SUPERFICIE HÁS</b>	<b>DENSIDAD BRUTA MÁXIMA</b>
<b>HE(m)2</b>	<b>77.76</b>	<b>Residencial y de Equipamiento; 450 hab/hás</b>

Fuente: Elaboración propia, a partir de PRC de Puente Alto.

**Tabla 17: Zonas de Equipamiento según P.R.M.S.**

<b>ZONA</b>	<b>SUPERFICIE HÁS</b>	<b>DENSIDAD BRUTA MÁXIMA</b>
<b>E(i)1</b>	<b>25.56</b>	<b>Equipamiento de Comercio; sin densidad.</b>
<b>E(i)2</b>	<b>9.45</b>	<b>Equipamiento de Esparcimiento, Culto y Cultura; sin densidad</b>
<b>E(i)3</b>	<b>179.37</b>	<b>Equipamiento de Deporte y Esparcimiento según art. 5.2.4 del P.R.M.S; sin densidad</b>
<b>E(i)4</b>	<b>43.56</b>	<b>Equipamiento Intercomunal de Interés Metropolitano (salud y educación); 30% de otros usos; 200 hab/hás.</b>

Fuente: Elaboración propia, a partir de PRC de Puente Alto.

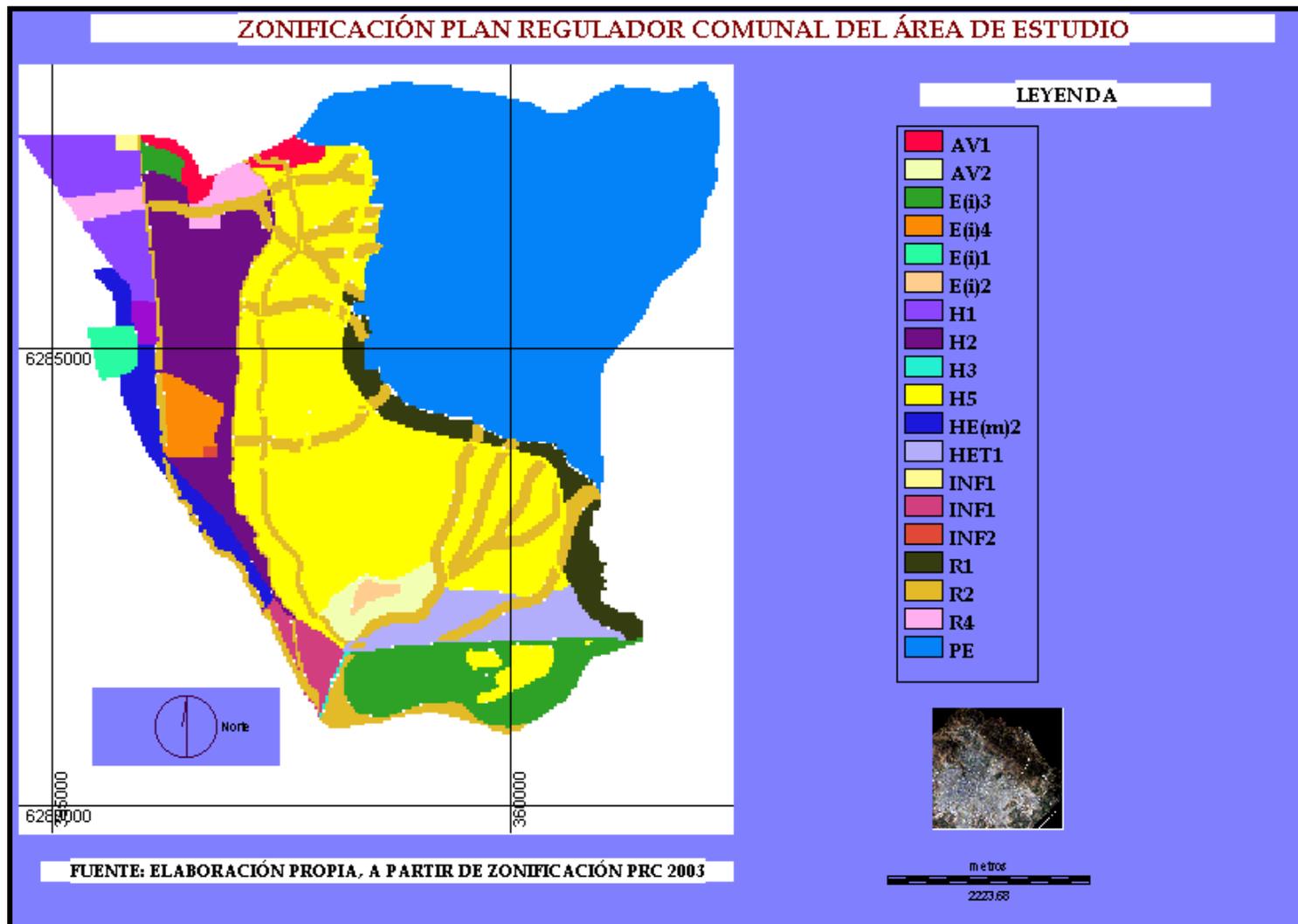
**Tabla 18: Zonas de Áreas Verdes, Restringidas y de Infraestructura.**

<b>ZONA</b>	<b>SUPERFICIE HÁS</b>	<b>DENSIDAD BRUTA MÁXIMA</b>
AV1	32.76	Cerros Islas según Art. 5.2.3.2 del P.R.M.S
AV2	41.94	Plazas y áreas verdes
R1	103.80	Protección ecológica con desarrollo controlado (P.E.D.C. N°3) según Art. 8.3.1.2 del P.R.M.S
R2	332.46	Riesgo de Origen Natural de Inundación d Quebradas y cauces Artificiales según Art. 8.2.1 del P.R.M.S.; y parte del sistema de áreas verdes Metropolitano, según Art. 5.2 del P.R.M.S.
R4	43.60	Equipamiento de Cementerios – Parques, según Art. 5.2.4.2 del P.R.M.S.
INF1	38.97	Resguardo de Infraestructura Sanitaria; fuentes de abastecimiento de agua potable; Plantas de tratamiento de aguas servidas; según Art. 8.4.2 del P.R.M.S.
INF2	1.8	Resguardo de Infraestructura Energética según Art. 8.4.3 del P.R.M.S.

Fuente: Elaboración propia, a partir de PRC de Puente Alto.



Fig.21: Zonificación según PRC 2003 de la Comuna de Puente Alto.



### **Normativa Referida al tema de riesgos naturales**

Uno de los principales avances concretos en la materia de prevención de riesgos naturales está dado por la norma chilena número 433 de 1972, referida al cálculo antisísmico de los edificios.

La evolución de la planificación amplió los alcances de la prevención a través del decreto del plan intercomunal de 1960 y el PRMS de 1994.

La circular que regula los planos reguladores (DDU 55), define restricciones al uso e intensidad de utilización del suelo, siendo los riesgos una de las restricciones más importantes. Define riesgos en forma genérica como producidos por fenómenos naturales o antrópicos, detectados a través de la información recabada como antecedentes para la elaboración del Plan. Dentro de ellos genera la siguiente clasificación, según Tabla 19:

**Tabla 19. Categorías de riesgos según la DDU N° 55 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.**

<b>Tipo de Riesgos</b>	<b>Categorías</b>	<b>Descripción</b>	<b>Zonificación</b>
<b>Eventos de Inundación</b>	Terrenos afectados por desbordes de cauces naturales	Incluye el cauce mismo, esteros y quebradas, como áreas ribereñas, ocupadas por las aguas cuando ocurren fenómenos de aluvión, avenidas o crecidas fuertes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recurrentemente inundables (cauces permanentes e intermitentes)</li> <li>• Amagados por inundación (Terrenos adyacentes a puntos de desborde)</li> <li>• Expuestos a Tsunamis</li> </ul>
	Terrenos afectados por afloramientos de napas subterráneas	<p>En caso de áreas extensas afectadas por este riesgo, el plan debe condicionar la aprobación de proyectos.</p> <p>En caso de terrenos de superficie reducida deben otorgarse permisos de edificación exigiendo medidas que aseguren el escurrimiento superficial.</p>	
	Cauces artificiales	El plan deberá presentar gráficamente los cauces más importantes, dejando los secundarios para ser incorporados en los planos de loteo.	
<b>Eventos de Orden Geofísico</b>	Terrenos afectados por riesgo de remoción en masa, y los que se asocian a bordes de mar y cauces (erosión y socavamiento)	Aplicarles las condiciones generales señaladas para terrenos afectados por riesgo de inundación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terrenos afectados por remoción en masa, sólo a la forestación y actividades de esparcimiento.</li> <li>• Terrenos de borde de mar y cauces, resolver la evacuación de aguas lluvia y evitar la eventual erosión.</li> </ul>
	Terrenos expuestos a derrumbes y asentamientos de suelo	Corresponden a antiguos pozos, o en general, a excavaciones y laboreos mineros.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Áreas verdes y libres, ya que la calidad de los suelos no se compatibiliza con la edificación.</li> </ul>

Fuente: Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 1999. Instrumentos de Planificación; Plan Regulador Comunal; Comuna, DDU 55. Santiago, Chile.

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1 MÉTODOS Y MATERIALES VARIABLES FÍSICO - AMBIENTALES**

##### **Métodos:**

- Dado el carácter de esta memoria y considerando la incidencia de multitud de factores en la dinámica de los procesos, es necesario una etapa de diagnosis en donde se analicen ciertas variables que tienen una trascendencia cuantitativa y cualitativamente importante.

**La variable Vegetación:** permitirá determinar el tipo de cobertura vegetal y el cambio de los patrones de vegetación que posibilitan determinar las condiciones de fragilidad del sistema:

a) ***Índices de Vegetación: NDVI (Índice Normalizado de Diferencias Vegetacionales) basado en la pendiente (CHUVIECO, 2002; CLARK UNIVERSITY, 2002; ROMERO Y ORDENES, 2002).***

El análisis de la vegetación y la detección de los cambios de los patrones de vegetación son claves para la evaluación de recursos naturales y su monitoreo. Como su nombre indica, un cociente o ratio implica efectuar una división, píxel a píxel, entre los *ND* (*nivel digital de cada píxel*) almacenados en dos o más bandas de la misma imagen. Se utilizan ampliamente en dos situaciones: 1) para mejorar la discriminación entre dos cubiertas con comportamiento reflectivo muy distinto en esas dos bandas, por ejemplo para realzar suelos y vegetación en el visible e infrarrojo cercano, y 2) para reducir el efecto del relieve (pendiente y orientación) en la caracterización espectral de distintas cubiertas, este objetivo no se satisface plenamente, pues los cocientes sólo eliminan parcialmente el efecto relieve, al no considerar que los efectos atmosféricos son también dependientes de la longitud de onda. La signature espectral característica de la vegetación sana muestra un claro contraste entre las bandas del VIS y especialmente la banda roja (0.6 a 0.7  $\mu\text{m}$ ) y el IRC (0.7 a 1.1  $\mu\text{m}$ ). Mientras en el VIS los pigmentos de la hoja absorben la mayor parte de la energía que reciben, estas situaciones apenas afectan al IRC. Por esta razón se produce un notable contraste espectral entre la baja reflectividad de la banda R del espectro y la del IRC, lo que permite separar, con relativa claridad, la vegetación sana de otras cubiertas. Cuando la vegetación sufre algún tipo de estrés, su reflectividad será inferior en el IRC, aumentando paralelamente en el rojo (al tener menor absorción clorofílica), con lo que el contraste entre ambas bandas será mucho menor. En definitiva, podemos señalar que cuanto mayor sea la diferencia entre las reflectividades de la banda IRC y R, mayor vigor vegetal presentará la cubierta observada. Bajos contrastes indican una vegetación enferma, senescente o con poca densidad, hasta llegar a los suelos descubiertos o el agua, que presentan una reflectividad muy similar entre el IRC y el R, o incluso inferior en esta última (caso del agua o algunas nubes). Si bien la definición de estos índices se realiza a partir de reflectividades (lo que implica abordar las correcciones atmosféricas y topográficas vistas previamente), algunos autores no tienen inconveniente en emplear directamente

los ND de la imagen, *siempre que no se pretenda conceder un valor físico a los resultados*. En ese caso, el cociente o índice de vegetación presentará una valorización relativa, aunque sigue manteniéndose el principio anterior: cuando mayor sea el resultado, mayor vigor vegetal presenta la zona observada.

**Aplicando el modelo teórico, GUYO Y GU (1994)** concluyen que los valores del NDVI para imágenes Landsat calculados a partir de ND subestiman entre 0.05 y 0.20 el valor calculado con reflectividades, siendo este error mayor con valores de NDVI inferiores a 0.5. En consecuencia, proponen una corrección que haga equivalente el cálculo con ND o reflectividades:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{ND}_{\text{IRC}} - 0.801\text{ND}_{\text{R}}}{\text{ND}_{\text{IRC}} + 0.801\text{ND}_{\text{R}}}$$

Un aspecto de gran interés del NDVI, frente al cociente simple, es que varía entre unos márgenes conocidos, entre -1 y +1, lo que facilita notablemente su interpretación (HOLBEN, 1986).

Para poder analizar la evolución que ha sufrido este índice ente los años 1989 y 2003, se procedió primero a generalizar cada imagen, aplicando a cada una de éstas, siete intervalos iguales, teniendo cada clase 0.30 desviaciones estándar. La clase N°4 (Vegetación Media) es la que representa los valores medios de las imágenes, oscilando entre -0.15 y 0.15 desviaciones estándar (YOKENS, 2001), según lo que indica la Tabla 20.

**Tabla 20: Clasificación de NDVI**

CATEGORÍA	CLASE	CARACTERÍSTICAS
1.vegetación muy baja	<(-0.75)	suelo desnudo
2.vegetación baja	(-0.75 - (-0.45)	vegetación herbácea - suelo desnudo
3.vegetación media baja	(-0.45) - (-0.15)	vegetación arbustiva - suelo desnudo
4.vegetación media	(-0.15) - 0.15	vegetación arbórea - arbustiva - suelo desnudo
5.vegetación media alta	0.15 – 0.45	vegetación arbórea – arbustiva
6.vegetación alta	0.45 – 0.75	vegetación arbórea
7.vegetación muy alta	>0.75	vegetación arbórea densa

**Fuente: Yokens, 2001.**

Una vez determinada la productividad vegetal en el área de estudio desde 1989 a 2003, se determinó los patrones de cambio espacio – temporales, indicando el dónde y el cuánto disminuyó o aumento cada categoría del índice NDVI.

b) Relevamiento Fitogeográfico (QUINTANILLA, 2003)

Se realizó un inventario a través de una ficha (ver anexo) que contiene las características de la vegetación según aspectos cuantitativos y cualitativos. En los aspectos cuantitativos se determinó la abundancia (número de individuos), cobertura o grado de cubierta (BRAUN BLANQUET, 1928 y 1932). No obstante, los aspectos cualitativos se determinara su sociabilidad, vitalidad

(BRAUN BLANQUET, 1928 y 1932) y su estructura espacial vertical y horizontal (DANSERAU, 1999).

c) Naturalidad (GAJARDO, 1983)

Se representó la naturalidad de las diferentes formaciones vegetales, según el Sistema Básico de Clasificación de Vegetación Nativa, en función de la **alteración florística**. Entendida como la participación de especies alóctonas en la flora silvestre.

Esta alteración fue evaluada para cada formación vegetal mediante la relación (1 - especies alóctonas/total de especies), de modo tal que en aquellos polígonos donde el valor de la relación sea cercano a la unidad, se asume que presentan menores grados de alteración y con ello se encuentran en estados más “naturales”.

**La variable Clima:** permitió determinar las condiciones favorables para la generación de procesos morfodinámicos peligrosos en el piedmont a través de eventos detonantes o desencadenantes como:

a) Precipitaciones y temperaturas:

a.1) Recurrencia y probabilidad de ocurrencia de precipitaciones según el método de Weibull (HAUSER, 1985 Y GARRIDO, 1987).

$Pr = N + 1/M$ , entonces:

Pr = Período de Retorno en años.

N = Número de años del registro

M = Número de orden del evento (año, mayor primero).

a.3) La creación de un modelo de temperatura, precipitaciones y humedad relativa en que se interpolará los datos de las estaciones meteorológicas: La Florida, Platina, La Obra, Pirque a través del método de Thiessen (ROMERO Y VINAGRE 1985; y APARICIO, 1999).

b) Exposición y altura:

b.1) La elaboración de un *modelo digital de terreno*, como estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable continua y cuantitativa, permite la elaboración de una carta de altitud y de exposición (FELÍCISIMO, 1999).

c) Elaboración del Patrón Térmico entre 1989 – 2001

El tratamiento de la banda 6 de las imágenes satelitales Landsat TM, cuyos datos son estandarizados se identificarán los patrones que identifican las islas de calor y de frío (ROMERO & ORDENES, 2002).

d) La humedad y la marchitez

Calculados mediante el proceso de ortogonalización de Gram-Schmidt, aplicado a los datos de seis bandas del Satélite Landsat TM (excepto la banda térmica). La ortogonalización de estas bandas se hace mediante una transformación " tasseled cap" de la cual se extrae la bandas-índices: Brillo (Brightness). Marchitez (Yellowness o Wetness):

**El brillo** representa la información correspondiente a éste propiamente tal y al contenido de humedad del suelo, definido en la dirección principal de la reflectancia, estimados mediante el algoritmo:  $0.3037*TM1 + 0.2793*TM2 + 0.4743*TM3 + 0.5585*TM4 + 0.5082*TM5 + 0.1863*TM7$ . **La marchitez** contiene información sobre la reducción del vigor vegetal o condiciones de sequía contrastando la reflectancia de la cubierta en el visible y en el infrarrojo medio (correlación entre las dos bandas-índices anteriores). Su fórmula es:  $0.1509*TM1 + 0.1973*TM2 + 0.3279*TM3 + 0.3406*TM4 - 0.7112*TM5 - 0.4572*TM7$  (ROMERO & ORDENES, 2002).

**La variable Hidrología:** permitió determinar la energía interna y externa de los procesos morfodinámicos en que se encuentran las subcuencas, para ver cuales son las que presentan un comportamiento más agresivo, torrencial, y erosivo.

- a) Los métodos hidromorfométricos que determinaron la erosividad en cuencas hidrográficas (FERRANDO, 1994); cálculo de Caudal Máximo Instantáneos con los métodos de DGA-AC, y Veini y King (APARICIO, 1999 & JACOBY, 2001); y el Índice de Escorrentía con la clasificación de Hudson (1981) y Dunne & Leopord (1978) (AZOCAR, 1997).

## **Métodos**

### **Índices Hidromorfométricos para determinar la erosividad en cuencas hidrográficas**

En consideración de la carencia de información hidrológica acerca de estas subcuencas, producto de la insuficiente dotación de estaciones fluviométricas y de registros prolongados, se realizó un análisis basado en los índices hidromorfométricos (FERRANDO, 1994), para determinar el equilibrio morfodinámico en que se encuentran estas subcuencas, y determinar cuáles son las que presentan un comportamiento más agresivo que podría contribuir a la generación de aluviones o brascas crecidas, para poder así mitigar estos procesos.

Los indicadores son:

- a) Indicador de permeabilidad
- b) Indicador de tiempo y caudal de salida del sistema
- c) Indicador de erosión y velocidad de la escorrentía

A) Indicadores del comportamiento hidrológico:

- Indicadores de permeabilidad, relieve y torrente (coeficientes derivados de las leyes de Horton):

- a) Densidad de drenaje
  - b) Frecuencia de drenaje
  - c) Torrencialidad
  - d) Rugosidad
- Indicador de Tiempo y caudal de salida del sistema:

- a) Circularidad
- b) Tiempo de concentración
- c) Índice de Compacidad de Gravelius (Ic)

- Indicadores de Erosión y Velocidad de la Escorrentía:

- a) Pendiente media del cauce principal
- b) Pendiente media de la cuenca

- Indicador Erosivo:

- a) Índice de Potencialidad Erosivo

B) Indicadores (Ferrando, 1994):

- Densidad de drenaje:

Se define por el cociente entre la sumatoria de la longitud total de los drenes y la superficie de la misma.

- Frecuencia de drenaje:

Se define por el cociente entre el número de cursos existentes en la cuenca y su superficie.

- Torrencialidad:

Es el producto de la densidad de drenaje por la frecuencia de drenaje de una unidad hidroespacial dada.

- Índice de Rugosidad:

Producto del maximum basin relief por la densidad del drenaje. Este índice es considerado también como indicador del grado de escabrosidad.

- Indicador de Circularidad:

Se define como el cociente entre el área de la cuenca y el área de un círculo de igual perímetro.

- Tiempo de Concentración:

Tiempo desde el inicio de la lluvia hasta que el caudal base comienza su incremento, es decir, corresponde al tiempo que toma una partícula de agua en recorrer la distancia entre el punto más alejado del exhutorio y éste.

- Índice de Compacidad de Gravelius:

Corresponde al cociente entre el perímetro de una unidad hidroespacial y la raíz cuadrada de su área multiplicada por una constante ( $k=0.28$ ).

- Pendiente media del cauce principal:

Es el cociente entre la diferencia de altura desde el exhutorio al punto más alto del cauce y la longitud de éste.

- Pendiente media de la cuenca Feinsterwalder:

Se define como el producto de la longitud total de las curvas de nivel por la equidistancia de las curvas de nivel, dividido por la superficie.

- Índice de Potencialidad Erosiva:

Este índice fue propuesto por Ferrando (1994), a partir de la selección de índices claves, que son indicativos de la componente potenciadora de la erosividad en una unidad hidroespacial. En tal sentido, este índice resulta de la conjugación de tres elementos determinantes en la energía de posición. Por un lado, se considera la pendiente media de las unidades, su forma definida por el grado de compacidad, y la torrencialidad, como producto de la densidad y frecuencia de drenaje.

C) Recolección de datos:

$L_i$  = longitud total de los drenes de cada cuenca

$A$  = superficie de la cuenca

$P$  = perímetro de la cuenca

$N$  = número de drenes

$H$  = diferencia de altura cauce principal

$L_c$  = Longitud curvas de nivel

$E_q$  = Equidistancia curvas de nivel,

D) Espacialización de los datos:

1. Con el objetivo de establecer tres categorías de datos, se clasificarán los valores obtenidos utilizando el campo de variación de los datos (CV).
2. Luego éste se dividirá por la cantidad de clases que se desea obtener, esto corresponde a la variación de rango.
3. Una vez obtenido la variación de rango se procede a la clasificación, partiendo por sumar al valor mínimo la variación de rango.
4. Luego los valores se clasifican de acuerdo a tres categorías: alta, media y baja, obteniéndose así la información necesaria para la espacialización. Esta se digitalizará en Arc View 3.2 e Idrisi 32 Release.
5. Como producto se obtendrán áreas hidrológicas, que de acuerdo a los rangos obtenidos, su respuesta sea alta, media o baja.

b) Pprofundidad del nivel freático (ARCE, 2001 & IRIARTE, 2002); y densidad de pozos (DGA, 2003)

c) Método de Caudal Máximo Instantáneos (JACOBY, 2001)

- Método de DGA- AC:

$$Q_{10}=5.42*10^{-8}Ap^{0.915}(P^{10}_{24})^{3.432} \text{ (m}^3\text{/s)}, \text{ Donde:}$$

$Q_{10}$ : Caudal medio diario máximo de periodo de retorno de 10 años;  $Ap$ : Área pluvial de la cuenca en  $Km^2$ ;  $P^{10}_{24}$ : Precipitación diaria máxima de período de retorno de 10 años en mm.,

- Método de Verni y King Modificado

$$Q= C(T)*0.00618P_{24}^{1.24}Ap^{0.88} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

Donde: C (T) es igual 0.29

d) Índice de Escorrentía

Es importante señalar que el “Esgurrimiento superficial” se expresa como el “Coeficiente de Escorrentía” (CE) o “Cuota de Esgurrimiento”, que viene a ser la relación porcentual entre la altura de la lámina de agua que esgurre y la precipitación caída (BRUNIARD, 1992). Este se señala a través de un índice con valores que fluctúan entre 0.0 y 1.0, es decir, un coeficiente de 0.65 implica que el 65% de la precipitación caída esgurre en forma superficial y el resto se infiltra y/o se pierde por evapotranspiración. Para efecto de esta investigación se utilizaron los

coeficientes de escorrentía calculados por Hudson (1981) y Dunne & Leopold (1978), para las diferentes coberturas superficiales que integra características de un área tales como: grado de pendiente topográfica, tipo de cobertura vegetal, textura de suelos y coberturas intraurbanas según las Tablas 21,22 y 23:

**Tabla 21: Combinaciones de topografía, tipo de vegetación y textura de suelos**

<b>VEGETACIÓN Y PENDIENTE</b>	<b>FRACO ARENOSO</b>	<b>FRANCO ARCILLO – LIMOSO</b>	<b>ARCILLA PESADA</b>
<b>BOSQUES</b>			
PLANO (0-5%)	0.10	0.30	0.40
ONDULADO (5-10%)	0.25	0.35	0.50
FUERTE (10 – 30%)	0.30	0.50	0.60
<b>PASTOS</b>			
PLANO	0.10	0.30	0.40
ONDULADO	0.16	0.36	0.55
FUERTE	0.22	0.42	0.60
<b>CULTIVADO</b>			
PLANO	0.30	0.50	0.60
ONDULADO	0.40	0.60	0.70
FUERTE	0.52	0.72	0.82

Fuente: Hudson (1981).

**Tabla 22: Combinación de topografía y superficie impermeable.**

<b>TOPOGRAFÍA EN ÁREA URBANA</b>	<b>SUPERFICIE IMPERMEABLE 30%</b>	<b>SUPERFICIE IMPERMEABLE 50%</b>	<b>SUPERFICIE IMPERMEABLE 70%</b>
PLANO	0.40	0.55	0.65
ONDULADO	0.50	0.65	0.80

Fuente: Hudson (1981).

**Tabla 23: Usos de suelo y superficie en áreas urbanas**

<b>USO DEL SUELO</b>	<b>COEFICIENTE</b>	<b>SUPERFICIES</b>	<b>COEFICIENTE</b>
<b>COMERCIAL</b>		<b>VÍAS</b>	
CÉNTRICO	0.70 – 0.95	ASFALTO Y CONCRETO	0.70 – 0.95
SUBURBANO		LADRILLO	0.70 – 0.85
<b>INDUSTRIAL</b>	0.50 – 0.70	CALZADAS Y PASEOS	0.70 – 0.85
LIVIANA	0.50 – 0.80	TECHOS	0.70 – 0.95
PESADA	0.60 – 0.90	CÉSPED SOBRE SUELO DURO	
<b>RESIDENCIAL</b>		PLANO (MENOR 2%)	0.13 – 0.17
UNI – FAMILIAR	0.30 – 0.50	MEDIO (2 A 7%)	0.18 – 0.22
BLOCK – DPTOS	0.40 – 0.60	EMPINADO ( MAYOR 7%)	0.25 – 0.35
CONDOMINIOS	0.60 – 0.75	CÉSPED SOBRE SUELO ARENOSO	
SUBURBANO	0.25 – 0.40	PLANO	0.05 – 0.10
<b>OTROS</b>		MEDIO	0.10 – 0.15

ESTACIONES	0.20 – 0.35	EMPINADO	0.15 – 0.20
PATIOS	0.20 – 0.35		
PARQUES	0.10 – 0.25		
SITIOS DE ERIAZO	0.10 – 0.30		

Fuente: Dunne & Leopord, 1978

**La variable Geología:** permitió determinar las condiciones de fragilidad estructural, cohesión, disposición y consolidación del sistema.

- a) Carta Geológica de la Región Metropolitana escala 1:250.000 (THIELE, 1980) y la carta geológica 1:45.000 (GARRIDO, 1987), que indica las diferentes unidades geológicas del área de estudio.
- b) Los suelos de fundación del Gran Santiago (VALENZUELA, 1978), que permite determinar las características físico - mecánicas de los suelos, a objeto de determinar su resistencia y comportamiento cuando son sometidos a esfuerzos.

### **La variable Geomorfología:**

Se realizó la caracterización de la geomorfología del área, a través de la fotointerpretación de fotografías aéreas escalas 1:115.000; 1:20.000 y 1:4.000 (ver materiales), trabajo en terreno y un modelo digital de terreno, que permitirá clasificar las formas según la siguiente metodología:

1. **Sistema de montaña:** Existen tres teorías principales de la Evolución de Vertientes que son la de Davis, Penk y King (YOUNG, 1972) y Morfología de Vertiente (ARAYA – VERGARA, 1985; PEDRAZA, 1996). King (1962) establece una vertiente estándar, ellos son el producto natural de la evolución de las vertientes, ya sea por escurrimiento o movimiento en masa (YOUNG, 1972). El movimiento en masa se utilizará el Esquema Fundamental de SHARPE (1938), con modificaciones usando la clasificación EPOCH European Community Programme, (1993), comparaciones de DIKAU ET AL. (1996), anotaciones de Araya Vergara (ARAYA – VERGARA, 2002) y Cruden y Varnes (1996). Se debe recalcar la importancia del estudio de las vertientes, ya que se debe tomar en cuenta que la mayor parte de la superficie se presentan estas formas (YOUNG, 1972).

Además se incluye el método del trabajo OTTMAN y TRICART, (1964) que permitirá apoyar el trabajo de terreno partir de la confección de una ficha inserta en una libreta de terreno, en que se observará la dinámica del medio, que fue ideada para el estudio de los fenómenos de erosión actual en una región.

### **2. Sistema Basal**

Para el estudio de las formas basales, se utilizó la metodología de GÓMEZ ET AL. (1999), que analiza los procesos deposicionales, y su variabilidad espacial. Los pasos utilizados son:

- a) Para cada forma se elaboró una cartografía sobre el grado de actividad que muestran los diferentes sectores en función de la colonización vegetal y de la frescura de las formas que exhiben las estructuras sedimentarias.
- b) En cada uno de estos sectores se establecieron aleatoriamente varios puntos de muestreo de cantos rodados desde la zona proximal a la zona distal de los conos a estudiar. Las muestras se tomarán en la superficie de las formas.
- c) Se determinó el proceso dominante (WELLS & HARVEY, 1987, citado por GÓMEZ ET AL, 1999), mediante el cálculo de la pendiente y la medición de 100 cantos (medición de los ejes a, b) y el posterior análisis estadístico de los resultados que permita definir la competencia de transporte con la distancia.
- d) Índice de Rodamiento de TRICART & CAILLEUX (1969), citado por GÓMEZ ET AL (1999).

**La variable Suelo:** Permitió determinar las condiciones de fragilidad en relación a su textura, granulometría, estructura, profundidad, y permeabilidad del sistema:

a) Estudio de suelos del Proyecto Maipo (CIREN - CORFO, 1989), Ortofotos de suelos 1983 y 1996 que se determinó tipología, textura superficial, grupos hidrológicos, familia, origen y capacidad de uso.

b) En estos sectores se realizaron calicatas y se tomarán muestras para relacionarlas con la información anterior:

b.1) Granulometría BOUYOUCOS, (1962), en LLONA, (2000).

### **Materiales:**

- Imágenes satelitales Landsat TM. “Universidad de Chile” resolución 30\*30, de los años 1989, 1994, 1998, 2001 y 2003.
- Carta Topográfica, Instituto Geográfico Militar (IGM). Escala 1:25.000, año 1976: carta “Puente Alto” (333000 – 703000).
- Fotografías aéreas, Servicio Aerofogramétrico (SAF), Escala 1:4.000, Líneas de Vuelo desde la N°9 hasta N°18, “Ilustre Municipalidad de Puente Alto”. Año 2001.
- Fotografías aéreas, Servicio Aerofogramétrico (SAF), Escala 1:20.000, Líneas de Vuelo desde la N°1 hasta N°3, “Ilustre Municipalidad de Puente Alto”. Año 2003.
- Fotografías aéreas, Servicio Aerofogramétrico (SAF), Escala 1:20.000, Líneas de Vuelo desde la N°1 hasta N°3, “Universidad de Chile”. Año 1954.
- Ortofoto N°26.979, CONAMA, Escala 1:115.000, año 2001.
- Información de Fuentes Secundarias: Estudios y Literatura.
- Proyecto OTAS, 1997. (GORE METROPOLITANO, 1997)
- Proyecto Maipo (CIREN - CORFO, 1989)

- Herramientas SIG: Idrisi 32 Release; Arc View 3.2; Erdas 8.5; Envi 3.5.

### **3.2 LAS VARIABLES SOCIOECONÓMICAS, TECNOLÓGICAS QUE CARACTERIZAN LA VULNERABILIDAD DE LA POBLACIÓN DEL PIEDMONT DE LA COMUNA DE PUENTE ALTO:**

#### **Métodos**

##### ***Variables socioeconómicas:***

- a) Población Actual, según Censo de Población y Vivienda (INE, 2002).
- b) Densidad neta de la Población Esta información permitió evaluar de manera cuantitativa, el patrimonio humano expuesto al peligro o amenaza, cuyo procesamiento será a nivel de manzana codificadas por el INE (2002).
- c) Discapacidad física y mental, según Censo de Población y Vivienda (INE, 2002).
- d) Ocupación, según Censo de Población y Vivienda (INE, 2002).

##### ***Variables tecnológicas:***

- a) Viviendas:

Material de construcción (tipo de vivienda), antigüedad (WATANABE, 1960; SPUHR, 1979; CHOLAKI, 1987; CASALIGGI, 1987; URIBE, 2001; MARDONES, 2001).

- b) Tipo de Carpeta y Accesibilidad Topológica:

Se calcularon las superficies longitudinales de todas las vías que se encuentren en el piedmont, para este fin, se clasifico en dos tipos: las vías con carpeta de pavimento (incluyendo asfalto), y con carpeta de tierra. Entonces se representará cuánto significan para el total. Además, también cabe realizar su expresión espacial, así se observará la distribución de los distintos tipos de caminos (según las carpetas) en la superficie del piedmont.

Se determinó el grado de accesibilidad de cada centro de gravedad (nodo) en la red del piedmont de la Comuna de Puente Alto. Un paso previo para realizar este tipo de análisis es la confección de una matriz de accesibilidad en la que se refleja la distancia topológica por el camino más corto entre los distintos nodos del grafo. La primera medida de accesibilidad es ***el índice llamado número de koning***, que viene dado por la distancia que separa a cada nodo con el más distante

topológicamente a él. El otro *índice utilizado es el de Shimbél*, que se obtiene sumando el número de arcos que cada nodo de todos los demás por el tramo más corto (CARRERA, 1998).

c) Uso de suelo Actual funcional año 2005

### **3.3 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES FACTORES SOCIOCULTURALES COMO LA INFORMACIÓN, PERCEPCIÓN Y COMPORTAMIENTO DE LA POBLACIÓN EN CASO DE EXPOSICIÓN A LOS RIESGOS NATURALES DEL PIEDMONT DE LA COMUNA DE PUENTE ALTO**

**Encuesta semiestructurada al núcleo familiar**, que permitió determinar las características socioculturales que posee, ya que éstas influyen en la manera de percibir los fenómenos peligrosos. En razón, a la percepción, que es la manera subjetiva en que vemos en la que vemos la realidad y sobre la cual tomamos nuestras decisiones y actuamos (LARRAÍN y SIMPSON – HOUSLEY, 1994; PUY, 1995; CHARDON, 1998a y 2002; MÉNDEZ DÍAZ, 2004). El universo que se encuestó correspondió a 354 hogares de 4962 y se calculó mediante una tabla de determinación muestral de KREJCIE Y MORGAN, 1970 en (PINO, 2001) Obteniéndose:

- a) Percepción sobre los riesgos naturales (CHARDON, 1998a y 2002)
- b) Conocimiento sobre los movimiento en masa, inundación y sismos (CHARDON, 1998a)
- c) Comportamiento ante los movimientos en masa, inundación y sismos. (CHARDON, 1998a y 2002)
- d) Información de la población respecto al tema de riesgos naturales. (CHARDON, 1998a y 2002)

#### **Materiales:**

1. CENSO, 2002. INE (Instituto Nacional de Estadística).
2. Base de Datos de Redatam País, año 2002.
3. Base de Datos de Redatam de Puente Alto, año 19992.
4. Base de datos de Población y Vivienda de la comuna de Puente Alto, Municipalidad de Puente Alto a nivel de unidad vecinal, año 2000.
5. PLADECO de la Comuna de Puente Alto, año 2000
6. Encuesta CASEN, año 2002.
7. Divisiones Prediales: Municipalidad de Puente Alto, 2000 y SAG, 1990
8. Herramientas de manejo y procesamiento de datos: Redatam Plus (CELADE) y SSPS 11.0

### **3.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO: PELIGROSIDAD Y VULNERABILIDAD**

**La peligrosidad** o amenaza es entendida *como un fenómeno natural*, cuya dinámica puede desbordar sus umbrales más frecuentes de intensidad, magnitud y localización, pudiendo ocasionar daños a las personas y a sus bienes (AYALA CARCEDO, 2002). **La vulnerabilidad**,

corresponde a la susceptibilidad al daño o destrucción de los elementos económicos, sociales, culturales y tecnológicos ante la ocurrencia de un fenómeno natural peligroso (CASTRO, 1995; CHARDON, 1998 y 2002; y AYALA CARCEDO, 2002).

### **Métodos:**

La jerarquización de los diferentes peligros o amenazas y vulnerabilidades se determinó mediante evaluación multicriterio (EMC) que está inmerso en la denominada Teoría de la Decisión (ROMERO, C, 1993), que se fundamenta en la lógica según la cual una decisión es la elección entre varias alternativas.

1. Se determinó a través de evaluación multicriterio (EMC) en que se aplicará **la combinación lineal ponderada (CLP), que se fundamenta en la Teoría de la Lógica de los Conjuntos Difusos (fuzzy)** (ORDOÑEZ, 2002). El funcionamiento de esta técnica EMC, se estableció a través de la metodología denominada Proceso de Análisis Jerárquico (SAATY, 1997), donde los criterios ocupan la columna principal y las alternativas la fila principal. Dicha matriz recibe el nombre de *matriz de valorización o de capacidad de acogida* (BARREDO, 1996; GÓMEZ OREA, 1994).

2. Los valores internos que se encuentran en la matriz son llamadas puntuaciones de criterio y representan el grado de preferencia que ha tenido cada alternativa en el criterio, en que se utilizó la escala de Saaty (BARREDO, 1996), este valor recibe el nombre de peso o ponderación. (EASTMAN, 1993). LA escala verbal utilizada en el proceso, permite incorporar subjetividad, experiencia y conocimiento. Una vez formadas las matrices de comparación, los elementos de cada nivel son calculados con la combinación lineal ponderada, que se presenta como algoritmo en el software de Sistema de Información Geográfica Idrisi 32 Release Two y se obtendrá como producto la cartografía de peligros y vulnerabilidad a escala 1:10.000.

Finalmente se confeccionará la cartografía final de Riesgos en que se aplicará la superposición booleana de la ecuación de Riesgos:

$$R=P*V$$

## **4. RESULTADOS**

### **4.1 VEGETACIÓN**

#### **- Antecedentes Generales**

A nivel regional, la vegetación de los Andes Centrales se encuentra inserta en el ecosistema templado- seco. La regularidad que presenta la vegetación andina, a nivel regional y local, radica en el rol que ejercen ciertos factores ecológicos que actúan como limitantes de la actividad biótica, como son *la altura y la exposición*. En este sentido la sequedad atmosférica, la intensa radiación solar y el régimen térmico, se traducen en el desarrollo de un período de nieve estacional que perdura entre 7 a 8 meses, actuando como limitantes de la actividad biótica en el medio cordillerano, por lo que la vegetación tiene un carácter principalmente estival. La principal limitante bioclimática presente en estos ambientes es sobre todo el frío y la aridez (QUINTANILLA, 1985).

A lo anterior se suma *el rol que ejerce y ha ejercido el hombre* sobre los ecosistemas andinos. Con su actuación se han incrementado el deterioro y el bajo recubrimiento de la vegetación por superficie, adquiriendo ésta una fisonomía prácticamente abierta.

En términos generales, *la vegetación altoandina*, se caracteriza por la dispersión y escasa representatividad de sus componentes. En las vertientes y laderas se desarrolla un matorral esclerófilo siempre verde, adaptado a la topografía y al clima. En este sentido, las laderas de exposición norte (solana), xéricas, presentan un matorral xerófilo con plantas espinosas y cactáceas. Por otra parte, los fondos de quebradas y laderas de umbría tienden a conservar el bosque esclerófilo.

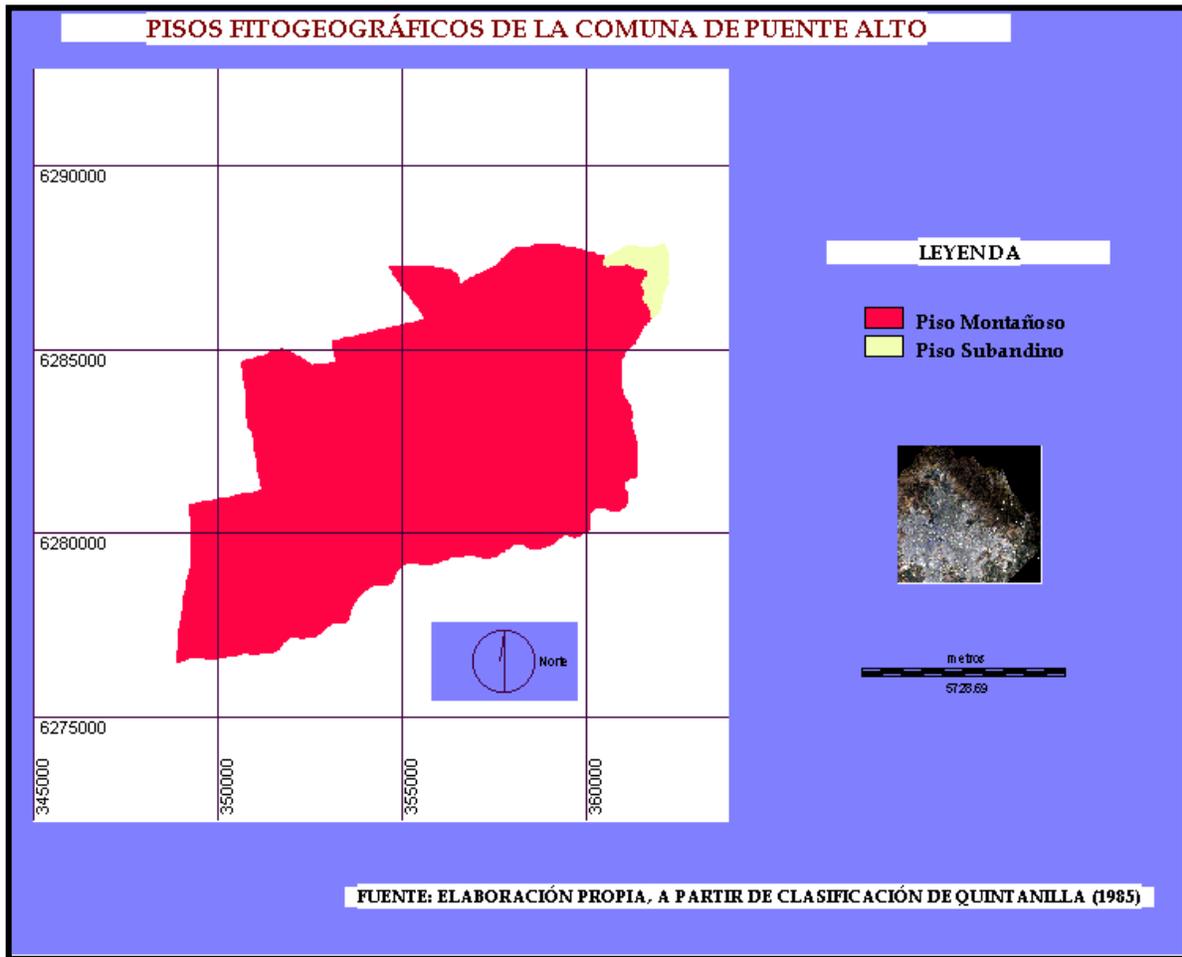
En cuanto a una descripción de *la vegetación andina*, en términos de sus asociaciones y distribución altitudinal se distinguen cuatro pisos fitogeográficos de los Andes Centrales, Piso montañoso, Piso subandino, Andino y Nivoglacial. En la Tabla 24, se entrega un resumen de las principales características de estos pisos (QUINTANILLA, 1985):

En el área de estudio, según la Fig.22 y Tabla 24 *se identifican dos pisos altitudinales que son el piso montañoso y subandino* que se presentan entre 600 m., y 2300 m., de altitud, ocupando la mayor superficie el primero. Las características generales en relación a su tipo de vegetación es que varían altitudinalmente desde matorral esclerófilo arbóreo a matorral espinoso de altura.

**Tabla 24: principales características de la vegetación andina**

<b>PISO</b>	<b>RANGO ALTIMETRO (MSNM)</b>	<b>TIPO VEGETAL</b>	<b>ESPECIES PRINCIPALES</b>
<b>MONTAÑOSO</b>	<b>Menos de 1.700</b>	<b>Matorral Esclerófilo Arbóreo</b>	<i>Quillaja saponaria, Lithrea caústica, Kagenequia oblonga, Peumus boldus, Trevoa chilensis, Colliguaja odorifera, Puya chilensis, Cereus chilensis</i>
<b>SUBANDINO</b>	<b>1.700 a 2.300</b>	<b>Matorral Espinoso de Altura</b>	<i>Kageneckia angustifolia, Schinus montanus, Kageneckia oblonga, Quillaja saponaria Aristotelia chilensis, Ephedra chilensis, Puya chilensis, Stipa sp.</i>
<b>ANDINO</b>	<b>2.300 a 3.000</b>	<b>Estepa Altoandina y Matorral Espinoso</b>	<i>Tetraglochin alatum, Calceolaria thysiflora, Calceolaria picta, Ephedra andina, Bereberis empetrifolia, Laretia acualis, Nassauvia axilaris.</i>
<b>NIVOGACIAL</b>	<b>Sobre 3.000</b>	<b>Estepa</b>	<i>Festuca stipa, Calandrinia affinis Azorella tripartita Tropaealum polyphyllum y Nassauvia lanata.</i>

Fuente: Quintanilla, 1985.



**Fig.22: Pisos Fitogeográficos de la comuna de Puento Alto**

**- Análisis de los Patrones Espacio – Temporales de NDVI, entre 1989 y 2003 (según superficie)**

La variación o cambios que se produjeron en el área de estudio a través de estos 14 años, han generado los siguientes patrones. (Tabla 25 y Fig.23, 24, 25, 26, 27, 28)

- a) **Vegetación muy baja:** (<-0.75 = suelo desnudo). Para el año 1989 – 1994 – 1998 – 2001 y 2003. Esta clasificación presenta una superficie casi nula y heterogénea en el piedmont y subcuencas, caracterizado con un grado de dispersión negativo bajo en relación a su promedio.

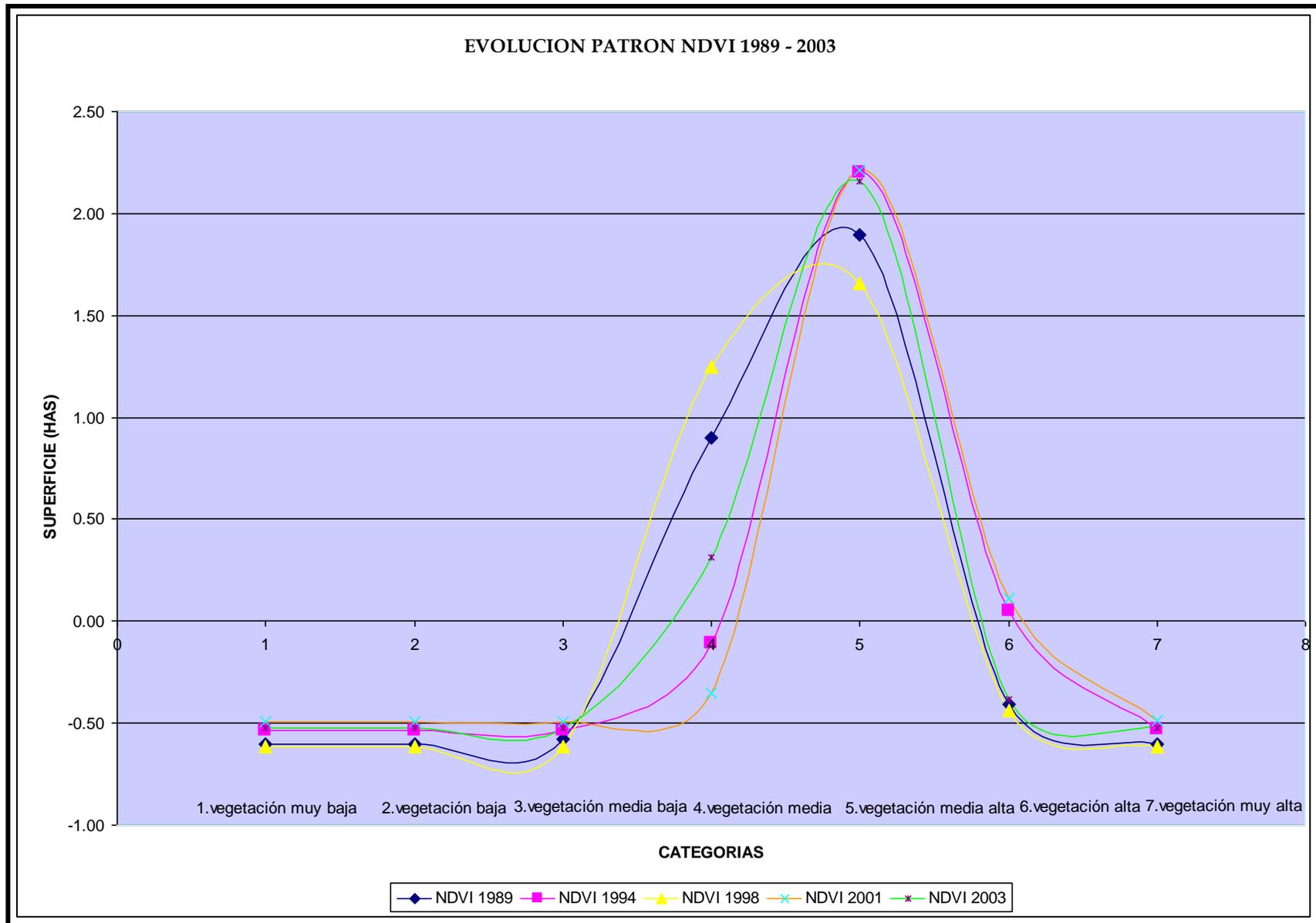
- b) **Vegetación media:** (-0.15 y 0.15 = vegetación arbórea - arbustiva - suelo desnudo). Para 1989 - 1998 y 2003 presenta un patrón homogéneo en el piedmont y subcuencas, con un grado de dispersión positivo, mayor que las anteriores (cercano a +1). Para 1994, se identifican patrones concentrados en el piedmont, y cabeceras de las subcuencas. No obstante, para el 2001 recurre el mismo patrón, pero con un grado de dispersión negativo.
- c) **Vegetación media alta:** (0.15 y 0.45 = vegetación arbórea – arbustiva). Para 1989 – 1994 – 1998 – 2001 y 2003, presenta un patrón homogéneo en el piedmont y subcuencas con un grado de dispersión positivo mayor 1s.
- d) **Vegetación alta:** (0.45 – 0.75 = vegetación arbórea). Para 1989 – 1998 y 2003 presenta un patrón concentrado en el piedmont con un grado de dispersión negativo entre 0 – 1s. En el caso de 1994 - 2001 se identifica un patrón homogéneo en el piedmont y un patrón concentrado en las quebradas de las subcuencas con un grado de dispersión positivo entre 0 y 1s.
- e) **Vegetación muy alta:** (>0.75 = vegetación arbórea densa). Para 1989 se presenta un patrón concentrado hacia el sector del Peñón con un grado de dispersión negativo entre 0 – 1s. Para 1994, recurre el mismo patrón, pero en el sector del exhutorio de la subcuenca el Durazno con un grado de dispersión negativo entre 0 – 1s. En 1998, se identifica un patrón disperso en el piedmont con un grado de dispersión negativo entre 0 – 1s. Para el 2001, se identifica un patrón concentrado en el sector del exhutorio de la subcuenca el Durazno, El Peñón. Para el 2003 no se presenta patrón espacial.

**Tabla N° 25: Clasificación de NDVI entre 1989 – 2003 expresado en superficie y puntaje z.**

CATEGORÍA	CLASE	1989	Z	1994	Z	1998	Z	2001	Z	2003	Z
1.vegetación muy baja	<-0.75	0.00	-0.60	0.18	-0.54	0.00	-0.62	0.00	-0.49	0.00	-0.52
2.vegetación baja	-0.75 – -0.45	0.00	-0.60	0.00	-0.54	0.00	-0.62	0.00	-0.49	0.00	-0.52
3.vegetación media baja	-0.45 – -0.15	15.57	-0.58	1.17	-0.54	0.09	-0.62	0.09	-0.49	0.09	-0.52
4.vegetación media	-0.15 – 0.15	1,122.39	0.90	356.94	-0.11	1,361.61	1.25	129.60	-0.35	718.74	0.31
5.vegetación media alta	0.15 – 0.45	1,870.02	1.90	2,296.71	2.20	1,658.97	1.65	2,466.45	2.21	2,311.20	2.16
6.vegetación alta	0.45 – 0.75	143.64	-0.41	491.40	0.05	130.86	-0.44	550.53	0.11	121.68	-0.38
7.vegetación muy alta	>0.75	0.09	-0.60	5.31	-0.53	0.18	-0.62	5.04	-0.49	0.00	-0.52
<b>PROMEDIO</b>		<b>450.24</b>		<b>450.24</b>		<b>450.24</b>		<b>450.24</b>		<b>450.24</b>	
<b>DESVIACION</b>		<b>748.17</b>		<b>839.12</b>		<b>730.78</b>		<b>911.43</b>		<b>861.59</b>	

Fuente: Elaboración propia, 2005.





**Fig.23: Evolución Patrón NDVI 1989 – 2003.**

Fig.24: Clasificación de NDVI año 1989.

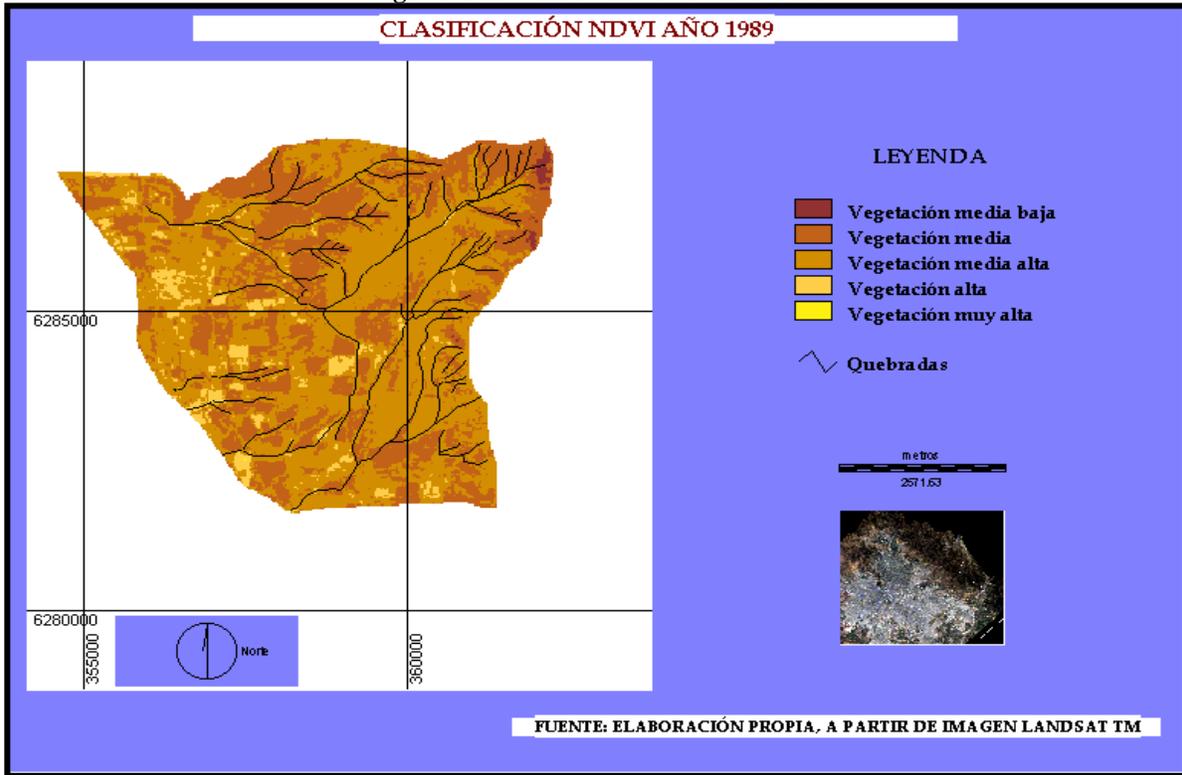


Fig.25: Clasificación de NDVI año 1994.

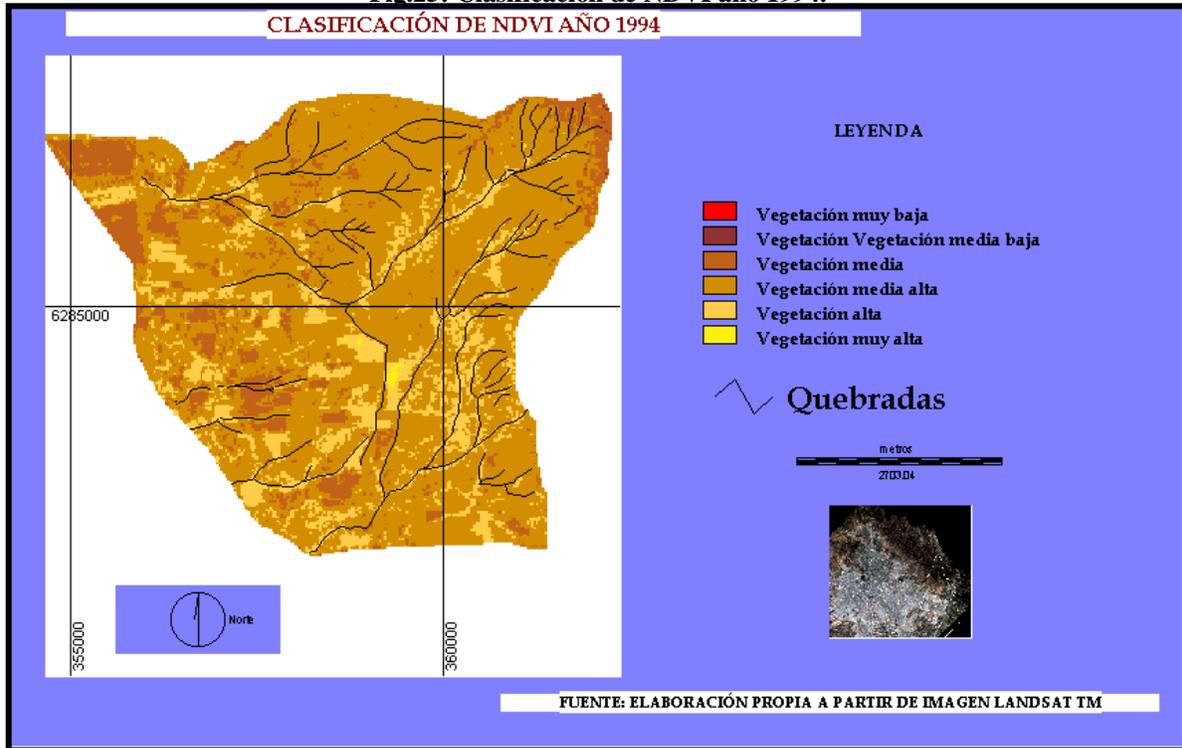


Fig.26: Clasificación de NDVI año 1998.

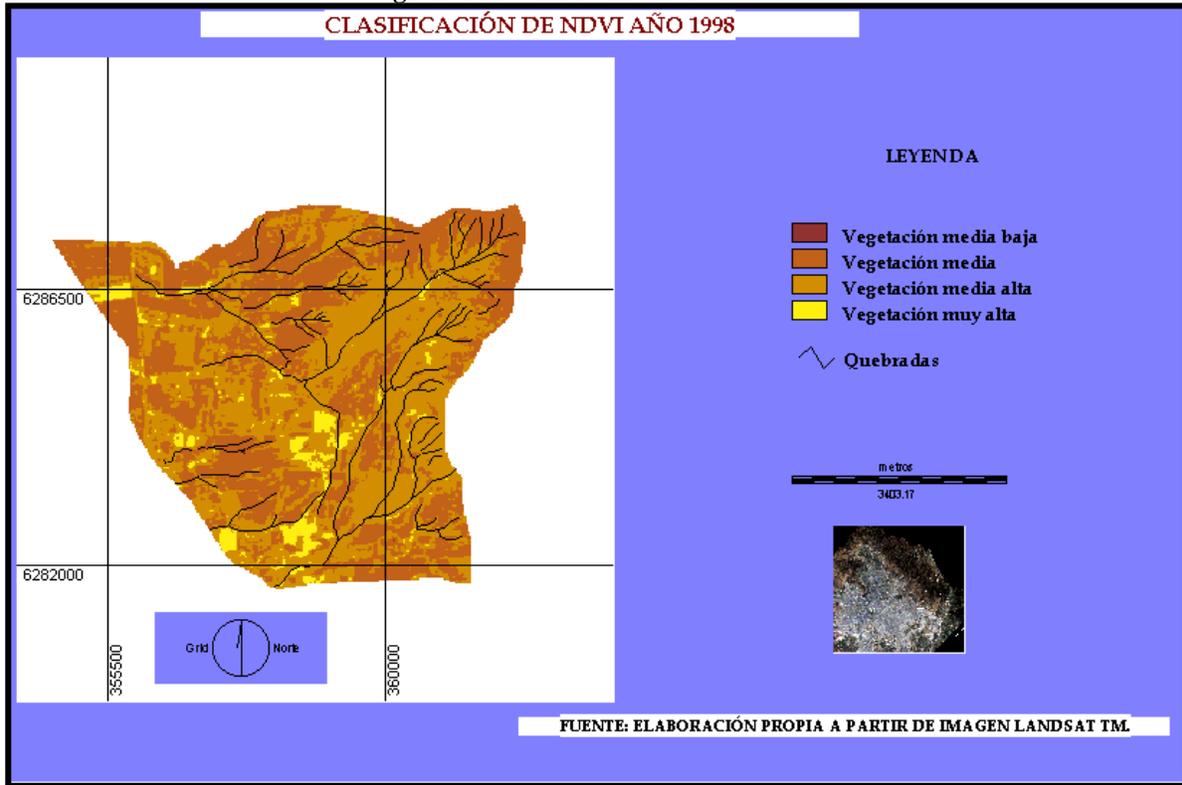
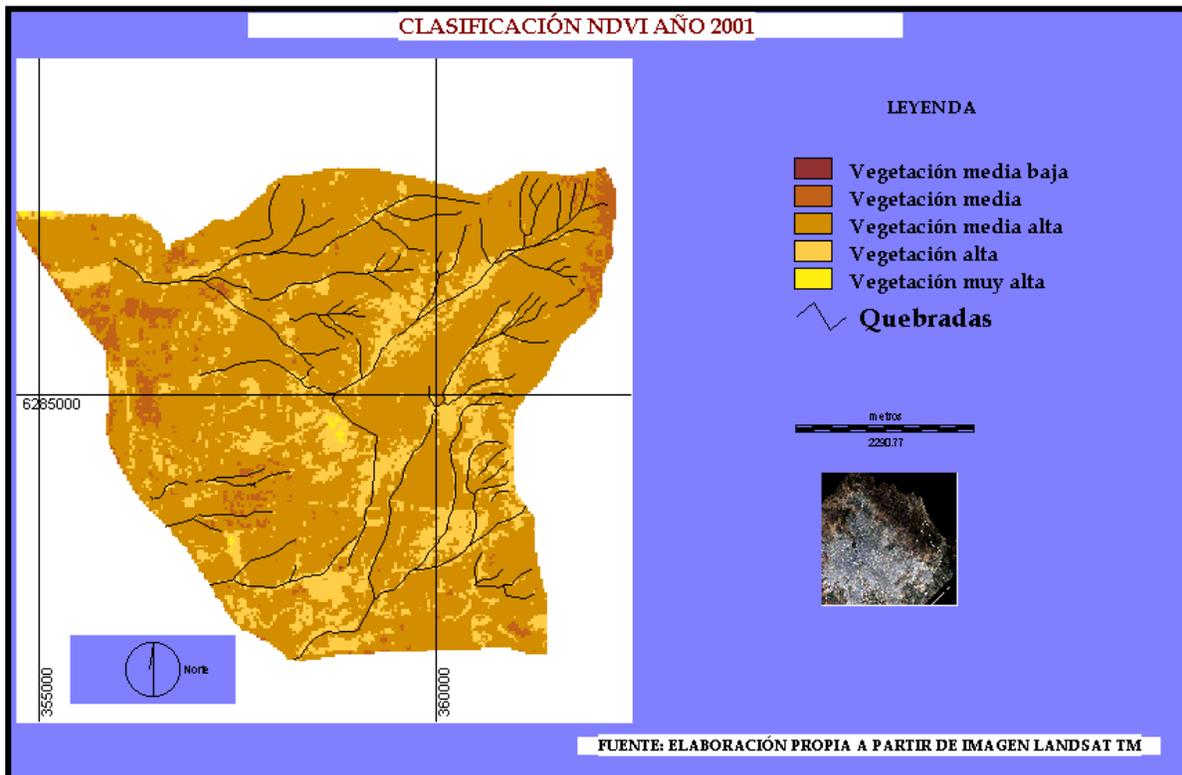
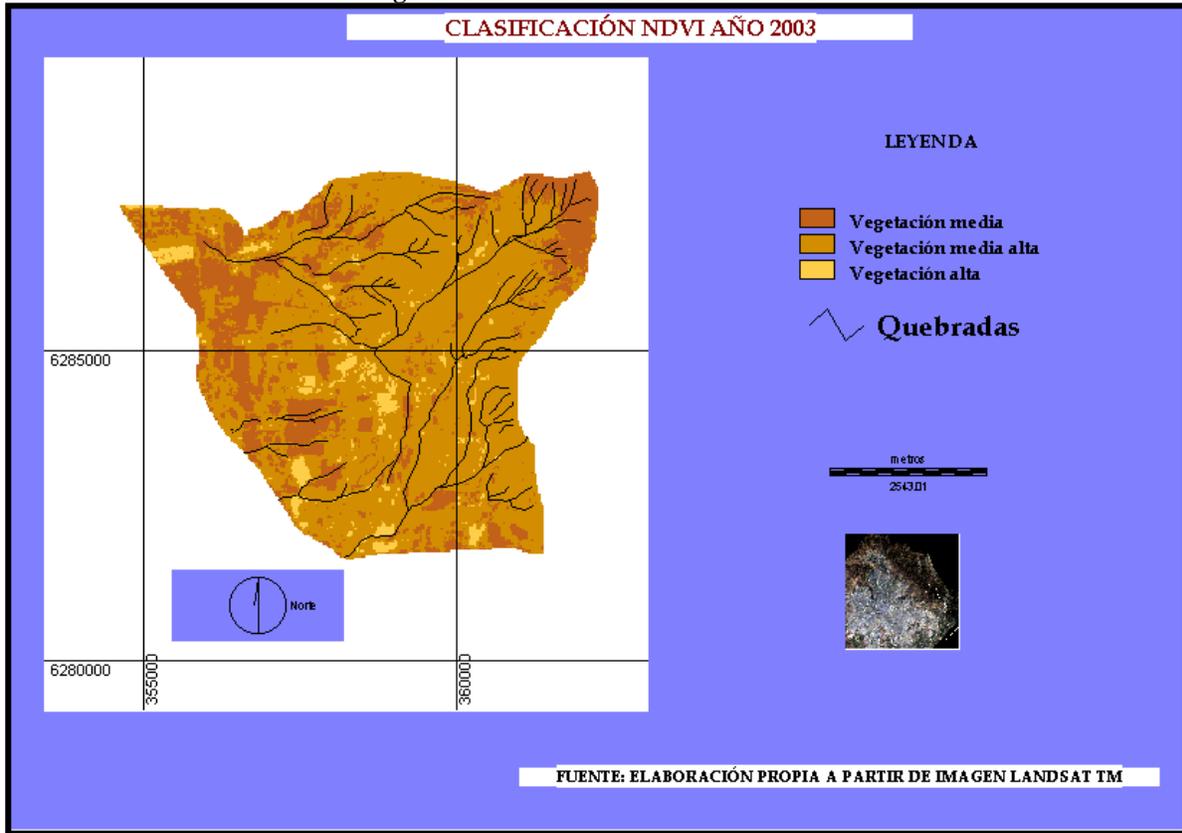


Fig.27: Clasificación de NDVI año 2001.



**Fig.28: Clasificación de NDVI año 2003.**



## Naturalidad

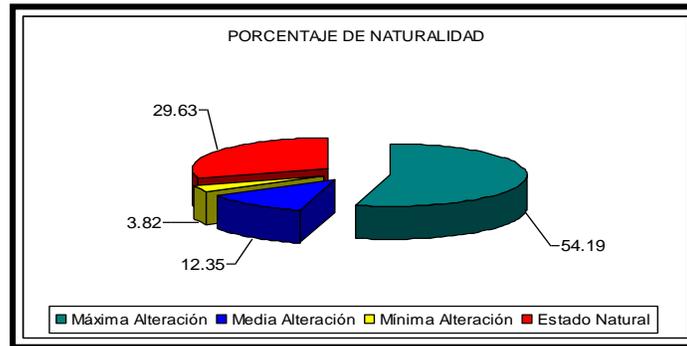
El área de estudio presenta según los porcentajes de superficie (Tabla 26 y Fig.29 - 30) la máxima alteración con un 54.19% que ha sido producto de la utilización del suelo, en que se ve reflejado a través de uso de suelo Agrícola y Urbano Consolidado.

**Tabla 26: Grado de Naturalidad**

CATEGORÍA	HECTAREAS	% ÁREA
Máxima Alteración	1706	54.19
Media Alteración	389	12.35
Mínima Alteración	120	3.82
Estado Natural	933	29.63

**Fuente: Elaboración propia, según Gajardo (1983).**

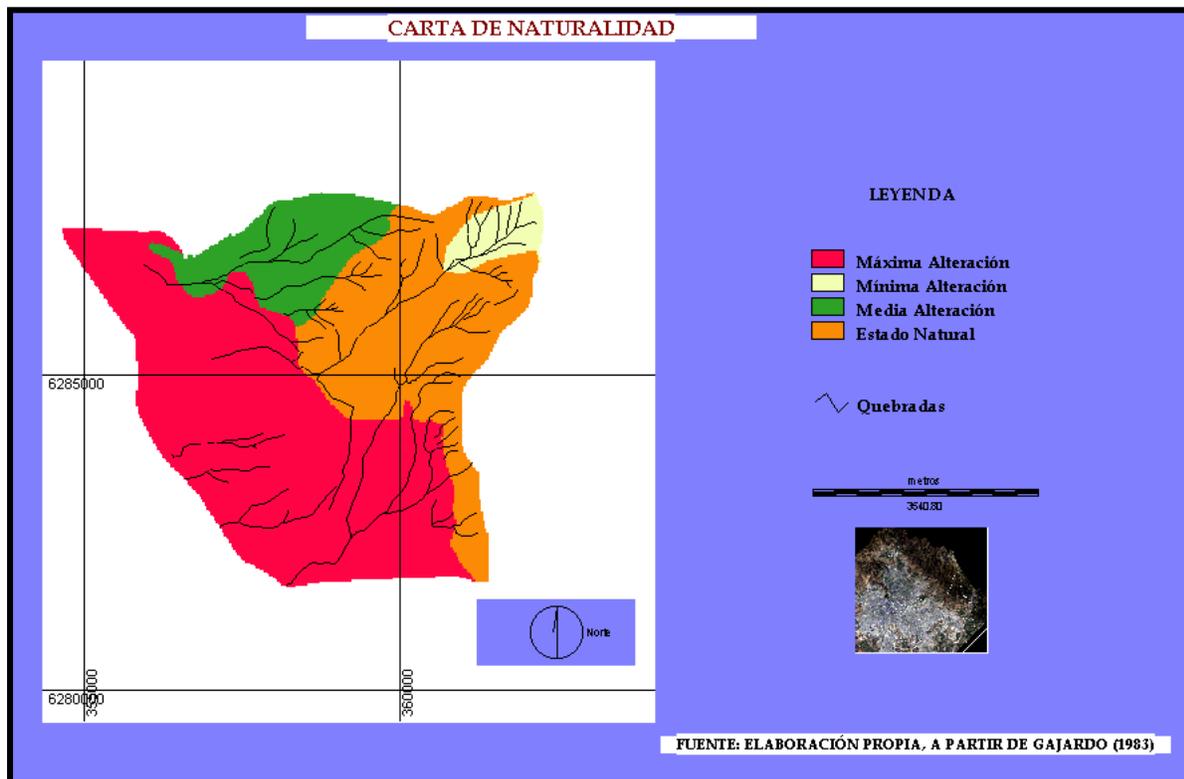
**Fig.29: Porcentaje según naturalidad**



Fuente: Elaboración propia, 2005.

El sistema de quebradas presenta el 29.63% de Estado Natural, 3.82% de mínima alteración y media alteración 12.35%. El estado natural se localiza en las quebradas el Durazno, el Maquí, y las Vizcachas I y II. Este es producto de la poca intervención del hombre, que solamente se presenta a través de actividades recreativas como excursionismo y caminatas. La mínima alteración se localiza en la cabecera de la quebrada el Durazno producto del proceso de movimiento en masa que no permite un estado natural. Finalmente, la alteración media se presenta en las quebradas la Morfilana y Sin Nombre, producto de la intervención antrópica de la zona urbana consolidada presente en el sector del cerro Chequén y la extracción de Maicillo.

**Fig.30: Naturalidad, según Gajardo (1983).**



### Especies dominantes

Se realizó un inventario a través de una ficha (ver anexo) que incluye los aspectos cuantitativos y cualitativos que ayudan a caracterizar a la vegetación del área de estudio. No obstante, se determinaron las especies dominantes, referidas a una estimación del número de individuos de las especies más abundantes con su respectiva especialización regional, según lo que indica la Tabla 27 y Fig.31:

**Tabla 27: Especies dominantes.**

ESPECIES	SUPERFICIE (HAS)
Ac - Lc (a)	77,55
Ca - Cs - Fi (b)	133,65
Ca - Ko - Qs - Tt (c)	318,21
Ca - Qs - Ko - Sp (d)	38,28
Ca - Sp - Er (e)	158,78
Qs - Ca - Lc (f)	588,03
Qs - Lc - Ko - Ca (g)	42,28
Ta - Es - Fi - Lc - Ac (h)	272,98
Tt - Cf - Lc (i)	52,42
Vegetación con presencia de gramíneas	37,99
Asentamiento humano	539,23
Cultivos	447,11
Frutales	21,50
Plantaciones Forestales	10,89
Terrenos sin vegetación	398,75
Tranque	1,92

Fuente: Elaboración propia, a partir de fotointerpretación y relevamiento fitogeográfico, 2005.

**a) Especies dominantes *Acacia caven* – *Lithrea caústica*:**

Se presentan en Santa Rosa del Peral y en Almenar del Maipo. El Espino y el Litre se caracterizan por un patrón de sequedad y aridez, colonizándose en las cercanías del área urbana, de cultivos y suelos erosionados, debido a la intervención del hombre.

**b) Especies dominantes *Cryptocarya alba* – *Colletia spinossima* – *Fabiana imbricata*:**

Se presentan en las quebradas La Morfilana y Sin Nombre. En el caso del Peumo se caracteriza por tener un patrón húmedo y sombrío (quebrada). El Crucero y el Romero se caracteriza por presentarse en los sectores secos de las quebradas anteriormente nombradas.

**c) Especies dominantes *Cryptocarya alba* – *Kageneckia oblonga* – *Quillaja saponaria* – *Tropaeolum tricolor*:**

Se presentan en la quebrada el Durazno. En el caso del Peumo se caracteriza por tener un patrón húmedo y sombrío (quebrada). El Bollen y el Quillay se caracteriza por presentarse en los sectores secos (exposición de solana) de la quebrada. El Soldadillo se presenta enredado en los matorrales y árboles.

**d) Especies dominantes *Cryptocarya alba* - *Quillaja saponaria* - *Kageneckia oblonga* – *Schinus molle*:**

Se presenta a la altura de los 1500 – 1700 metros, entre las quebradas el Durazno y el Maqui. En el caso del Peumo se caracteriza por tener un patrón húmedo y sombrío (quebrada). El Bollen y el Quillay se caracterizan por presentarse en los sectores secos (exposición de solana) de la quebrada. El Huingán se presenta siempre verde y con un fruto de color violeta oscuro

**e) Especies dominantes *Cryptocarya alba* - *Schinus molle* – *Escallonia rubra*:**

Se presenta en la quebrada Sin Nombre. El Peumo y el Siete Camisas Rojo se caracteriza por encontrarse en terrenos húmedos y sombríos (quebrada). El Huingán se presenta siempre verde y con un fruto de color violeta oscuro.

**f) Especies dominantes *Quillaja saponaria* - *Cryptocarya alba* - *Lithrea caustica*:**

Se presentan en la quebrada la Morfilana, el Maquí y las Vizcachas I. El Quillay se encuentra en los sectores secos (exposición de solana) de las quebradas. En el caso del Peumo se encuentra en un ambiente húmedo y sombrío (quebrada). El Litre se caracteriza por un patrón de sequedad y aridez, colonizándose en las cercanías de las Canteras, debido a la intervención del hombre.

**g) Especies dominantes *Quillaja saponaria* - *Lithrea caustica* - *Kageneckia oblonga* - *Cryptocarya alba*:**

Se presentan en el cerro la Obra (Vizcachas II). El Quillay y el Bollén se caracterizan por situarse en los sectores secos (exposición de solana) de las quebradas. El Litre se encuentra en un ambiente de sequedad y aridez, colonizándose en las cercanías de la Cantera. El caso del Peumo se encuentra inserto en un patrón húmedo y sombrío (quebrada).

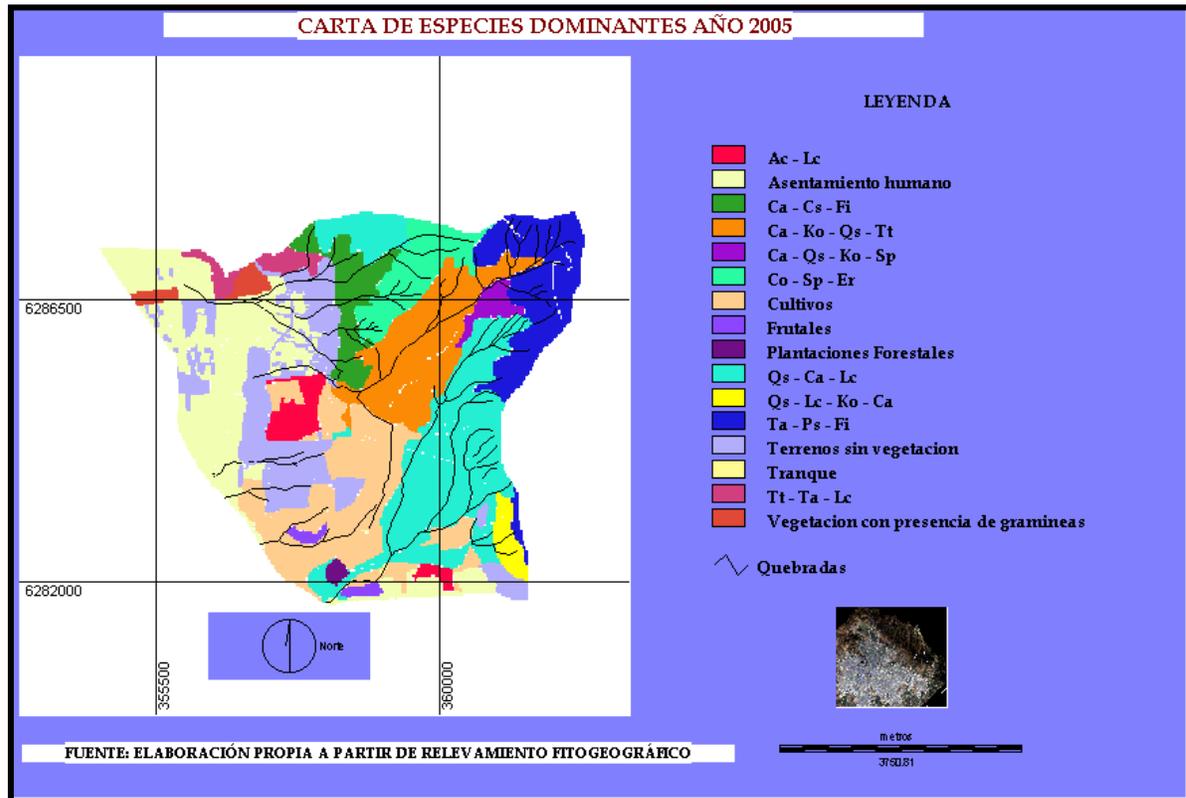
**h) Especies dominantes *Tropaeolum tricolor* – *Eccremocarpus scaber* – *Fabiana imbricata* – *Lithrea caustica* – *Acacia Caven*:**

Se presenta en la cabecera de las subcuencas del Durazno y el Maquí. El Soldadillo y el Chupa - Chupa se encuentra enredado en los matorrales y árboles como el Litre y el Espino. El Romero se caracteriza por presentarse en los sectores secos de las quebradas anteriormente nombradas.

*i) Especies dominantes Tropaeolum tricolor - Colondrinea ferrugenea - Lithrea caústica*

Se presentan en el cerro Chequén y la subcuenca Morfilana. El Soldadillo se encuentra enredado en los árboles como el Litre que siempre esta verde. Y la Pata de Guanaco se situa en los sectores secos.

**Fig.31: Especies Dominantes año 2005.**



## VEGETACIÓN

Aquí se incluyen los aspectos cuantitativos y cualitativos que ayudan a caracterizar a la vegetación del área de estudio (según lo que indica la Tabla 28 y Fig.32). **La cobertura** se refiere, al porcentaje de superficie de la unidad de muestreo o de la unidad de trabajo, cubierto por la proyección horizontal de la vegetación, el cual se puede expresar en diferentes escalas. **La sociabilidad** se refiere, a que los individuos de una comunidad no se distribuyen aleatoriamente, sino que, por el contrario las especies forman colonias más o menos grandes. **Estructura vertical**, que es la distribución de las especies en capas o estratos. **Estructura horizontal o pattern** de la vegetación, se refiere a la distribución horizontal de las especies. Y finalmente, **la vitalidad** se refiere al crecimiento de la especie.

**Tabla 28: Vegetación con sus características cuantitativas y cualitativas.**

VEGETACION	HECTAREAS
Asentamiento humano	538,504
Cultivos	446,912
Frutales	21,504
Plantaciones Forestales	10,887
Praderas en terrenos semilimpios	77,545
Terrenos sin vegetación	398,387
Tranque	1,917
Vegetación arbórea, claro, matas, bajos, semidensa, normal	38,279
Vegetación arbórea, denso, manchas, bajos, densa, excepcionalmente vigoroso	317,995
Vegetación arbórea, denso, manchas, bajos, semidensa, normal	151,850
Vegetación arbórea, poco denso, manchas, bajos, abierta, normal	11,676
Vegetación arbórea, poco denso, manchas, bajos, semidensa, normal	422,962
Vegetación arbórea, poco denso, manchas, medios, semidensa, normal	42,269
Vegetación con presencia de gramíneas	37,985
Vegetación de matorral, claro, matas, altos, abierta, débil	133,651
Vegetación de matorral, claro, matas, altos, semidensa, normal	158,644
Vegetación de matorral, escaso, aislado, bajos, abierta, muy débil	195,480
Vegetación de matorral, muy claro, aislado, bajos, abierta, débil	52,424
Vegetación de matorral, muy claro, aislado, bajos, abierta, muy débil	77,495

**Fuente: Elaboración propia, 2005.**

***a) Vegetación arbórea, claro, matas, bajos, semidensa, normal:***

Se presenta a la altura de los 1500 – 1700 m., entre las quebradas El Durazno y El Maqui.

Características arbóreas: 25% - 50% de cobertura, sociabilidad en grupo o matas, altura máxima de 8 m., en relación a su estructura vertical. Existe espacio entre los individuos en relación a su estructura horizontal y presenta una vitalidad normal en sus especies.

***b) Vegetación arbórea, denso, manchas, bajos, densa, excepcionalmente vigoroso:***

Se presenta en la quebrada El Durazno.

Características arbóreas: 75% - 100% de cobertura, sociabilidad en manchas o cojines, altura máxima de 8 m., en relación a su estructura vertical. Los diferentes individuos tienen contactos unos con otros en relación a su estructura horizontal y presenta una vitalidad excepcionalmente vigorosa en sus especies.

***c) Vegetación arbórea, denso, manchas, bajos, semidensa, normal:***

Se presenta en el sector el Llano de las Perdices.

Características arbóreas: 75% - 100% de cobertura, sociabilidad en manchas o cojines, altura máxima de 8 metros en relación a su estructura vertical. Existe espacio entre los individuos en relación a su estructura horizontal y presenta una vitalidad normal en sus especies.

***d) Vegetación arbórea, poco denso, manchas, bajos, abierta, normal:***

Se presenta en el sector el Llano de las Perdices (cantera).

Características arbóreas: 50% - 75% de cobertura, sociabilidad en manchas o cojines, altura máxima de 8 m., en relación a su estructura vertical. Existe gran cantidad de terreno sin vegetación entre los individuos de la comunidad y presenta una vitalidad normal en sus especies.

***e) Vegetación arbórea, poco denso, manchas, bajos, semidensa, normal:***

Se presenta en la quebrada La Morfilana, El Maquí y las Vizcachas I.

Características arbóreas: 50% - 75% de cobertura, sociabilidad en manchas o cojines, altura máxima de 8 m., en relación a su estructura vertical. Existe espacio entre los individuos en relación a su estructura horizontal y presenta una vitalidad normal en sus especies.

***f) Vegetación arbórea, poco denso, manchas, medios, semidensa, normal:***

Se presenta en el cerro La Obra (Vizcachas II).

Características arbóreas: 50% - 75% de cobertura, sociabilidad en manchas o cojines, altura promedio de 10 m., en relación a su estructura vertical. Existe espacio entre los individuos en relación a su estructura horizontal y presenta una vitalidad normal en sus especies.

***g) Vegetación de matorral, claro, matas, altos, abierta, débil:***

Se presenta en las quebradas La Morfilana y Sin Nombre.

Características arbustivas o de matorral: 25% - 50% de cobertura, sociabilidad en grupo o matas, altura máxima de 2.5 m., en relación a su estructura vertical. Existe gran cantidad de terreno sin vegetación entre los individuos de la comunidad y presenta una vitalidad débil en sus especies.

***h) Vegetación de matorral, claro, matas, altos, semidensa, normal:***

Se presenta en la quebrada Sin Nombre.

Características arbustivas o de matorral: 25% - 50% de cobertura, sociabilidad en grupo o matas, altura máxima de 2.5 m., en relación a su estructura vertical, existe espacio entre los individuos de la comunidad y presenta una vitalidad normal en sus especies.

***i) Vegetación de matorral, escaso, aislado, bajos, abierta, muy débil:***

Se presenta en la cabecera de las subcuencas de El Durazno y El Maquí.

Características arbustivas o de matorral: menos de un 5% de cobertura, sociabilidad en que cada individuo crece aislado, con altura de menos de 1 m., en relación a su estructura vertical. Existe gran cantidad de terreno sin vegetación entre los individuos de la comunidad y presenta una vitalidad muy débil en sus especies.

***j) Vegetación de matorral, muy claro, aislado, bajos, abierta, débil:***

Se presenta en el cerro Chequén y la subcuenca Morfilana.

Características arbustivas o de matorral: 5% - 25% de cobertura, sociabilidad en que cada individuo crece aislado, altura menos de 1 m., en relación a su estructura vertical. Existe gran cantidad de terreno sin vegetación entre los individuos de la comunidad y presenta una vitalidad débil en sus especies.

***k) Vegetación de matorral, muy claro, aislado, bajos, abierta, muy débil:***

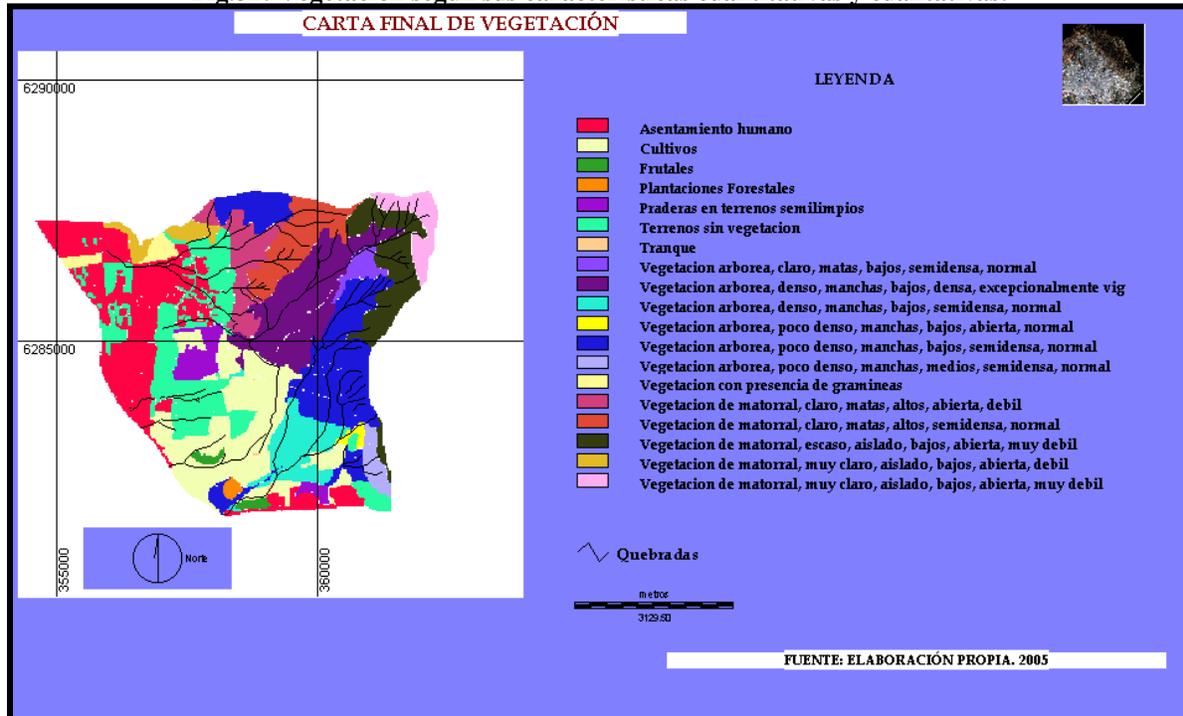
Se presenta en la cabecera de las subcuencas de El Durazno y El Maquí.

Características arbustivas o de matorral: menos de un 5% de cobertura, sociabilidad en que cada individuo crece aislado, con altura menos de 1 m., en relación a su estructura vertical. Existe gran cantidad de terreno sin vegetación entre los individuos de la comunidad y presenta una vitalidad muy débil en sus especies. Se puntualizarán algunas observaciones básicas respecto a la fluctuación espacial que han tenido algunas especies vegetacionales. La *Acacia caven*, es la agrupación que posee mayor dispersión geográfica, pero que representa en un solo caso como especie dominante. Este avance lo ha obtenido a expensas de las otras formaciones vegetales que han sido fuertemente degradadas en los suelos del piedmont, por consiguiente, posee una vasta amplitud ecológica y viven bajo condiciones hídricas y edáficas mediocres, colonizando terrenos de pendiente y con déficit de agua. La vegetación de las quebradas, sigue teniendo caracteres geobotánicos azonales y alócales.

La *Quillaja saponaria*, por sus cualidades de madera blanca y elástica y por sus usos medicinales, es un árbol que actualmente sigue siendo sobreexplotado en el piedmont de la comuna. Algo similar ocurre con el espino, y el peumo, que son apetecidos sea para fines de combustibles, de madera, artesanales, medicinales u otros, y principalmente son explotados a través de la tala clandestina.

Entre la vegetación extranjera que ha sido introducida se destaca la *Rubís ulmifolius* (mora), que ha colonizado caminos y canales. Respecto a los árboles, el *Populus nigra* (álamo) y el *Eucaliptus globolus* (eucaliptos). El álamo es mayormente utilizado en deslindes y cortavientos, en tanto que el eucaliptus protege pendientes y riberas de aguas corrientes o escurrimientos. El pino insigne y los cipreses no están ausentes del paisaje, especialmente en el sector de plantaciones.

**Fig.32: Vegetación según sus características cuantitativas y cualitativas.**



## 4.2 GEOLOGÍA

### Nivel Regional:

El sistema de quebradas y piedmont está constituido en su mayoría por rocas de edad oligocénica y miocénica. Las primeras corresponden a una secuencia estratificada de volcanitas y sedimentitas, que en su conjunto reciben el nombre de *Formación Abanico*.

Debido a la fase tecto - genética acaecida hacia fines del Oligoceno, esta formación fue afectada por plegamientos, basculamientos y fallamientos, lo que ha derivado en la posición subvertical y vertical de esta secuencia.

Esta fase, que se extendió hasta fines del Mioceno e inicios del Plioceno, fue acompañada de una intensa actividad volcánica, que generó la acumulación de grandes volúmenes de rocas pirogenéticas, las cuales se dispusieron discordantemente sobre rocas de las formaciones existentes (THIELE, 1980).

En su fase genética, la formación Abanico, fue afectada localmente por *procesos intrusivos miocénicos*. El plutonismo quedó representado en la unidad Intrusiva I, constituida por un dique basáltico, que se localiza en el sistema de quebrada. Dentro de la estratigrafía se presenta en el periodo Cuaternario entre el Holoceno y parte del Pleistoceno, depósitos no consolidados que cubren todo el piedmont y fondo de valle de la comuna (THIELE, 1980).

A continuación se entrega una descripción de los cuerpos geológicos y de los depósitos del cuaternario presentes en el sistema de quebradas y piedmont.

**a) Formación Abanico (Kstia)**

La Formación Abanico (Fig.33) ha sido definida como una secuencia de volcanitas y sedimentitas clásticas terrígenas de colores predominantes gris pardo y púrpura rojo – grisáceo, siendo su base concordante con la formación Colimapu, y su techo marcado por una discordancia angular con la formación Farellones.

Se encuentra integrada por tobas y brechas volcánicas de colores predominantes violáceos, púrpura gris, con intercalaciones de lavas y sedimentitas clásticas. En su parte inferior, predominan brechas y tobas gruesas sobre lavas y sedimentitas volcanoclásticas.

Las brechas volcánicas gruesas contienen clastos de 5 a 15 cm de diámetro ocasionalmente hasta 60 cm, las cuales corresponden a andesitas porfíricas y afaníticas de colores gris, verde y morados, en una matriz lítica arenosa de grano medio. Las lavas son andesitas y riolitas. Las sedimentitas clásticas son escasas en relación al conjunto y se desarrollan, preferentemente, en la parte superior de la secuencia. Se trata en estos casos de areniscas de grano medio a fino; lutitas y limos finamente estratificados, con restos carbonosos y flora fósil (THIELE, 1980).

El espesor de la formación se estima en 3000 m., aún cuando que éste aparece aumentado por las numerosas intrusiones interestratificadas posteriores de filonesmanto y lacolitos andesíticos. Sin embargo, es posible atribuir parte de esta actividad intrusiva, al mismo episodio magmático que generó el volcanismo de la Formación Abanico.

La secuencia posee un rumbo aproximado norte-sur y manteos suaves de unos 20 a 30° hacia el este, para luego, en la cumbre de los cerros San Ramón y Punta de Damas adoptar una posición prácticamente vertical. Además, la formación, está afectada por fallas de dirección regional norte - sur, siendo una de las principales la falla Pocuro, ubicada a los pies de los cerros Provincia – San Ramón – Punta de Damas. Su presencia sería responsable del bloque solevado que da origen al contrafuerte cordillerano en este sector, no obstante, presentándose en la formación parte de la falla observada y la inducida bajo los depósitos no consolidados (GANA, 2001).

En la formación Abanico no se ha encontrado fauna fósil y sólo se ha reconocido la presencia de Nothofagus, en las intercalaciones de sedimentitas finas.

Por su relación estratigráfica con las formaciones Colimapu y Farellones, y por correlaciones regionales, se le atribuía a la formación Abanico una edad cretácica superior a terciaria inferior. Sin embargo, dataciones realizadas a rocas de esta unidad mediante el método K/Ar en plagioclasa, han dado edades entre 25.20+/- .10 y 62.30 +/- 3.0 millones de años (THIELE, 1980).

Cabe destacar que las rocas de la Formación Abanico están todas medianamente alteradas y que las edades obtenidas posiblemente estén relacionadas con la edad de la alteración. De todas maneras, es posible sostener la proposición de Levi (1970), en el sentido que la alteración regional es relativamente contemporánea con el volcanismo, en relación de la discordancia mineralógica entre las unidades infrayacentes e suprayacentes (THIELE, 1980).

En consecuencia, y considerando como mínimas las edades obtenidas, se puede atribuir la Formación Abanico a varios eventos volcánicos, o tal vez, un episodio volcánico continuado durante un largo lapso, desde fines del Cretácico.

#### **b) Unidad Intrusiva (I)**

La unidad I (Fig.33) está representada por los intrusivos de mayor extensión en el sector, que instruyen hasta la Formación Farellones (de edad miocena): sólo algunos diques de composición andesítica atraviesan esta unidad. Uno de los cuerpos más importante es el que pertenece al sistema de quebradas, llamado Intrusivo la Obra. Los tipos litológicos que constituyen este intrusivo son granodiorita, monzogranito y monzonita cuarcífera (THIELE, 1980).

Determinaciones radiométricas realizadas en muestras de esta unidad, mediante el método K/Ar, han dado valores de 24.0 m.a y 10.0 m.a en biotita.

#### **c) Depósitos no consolidados (Q)**

En el área (Fig.33) se reconocen depósitos fluviales, aluviales y gravitacionales. Los más destacados son aquéllos asociados al relleno de la Depresión intermedia. Los otros depósitos importantes son los que rellenan todos los valles interiores de la región levantada. Sobresalen entre estos últimos los que forman los importantes niveles de terraza en el valle del río Maipo.

Los depósitos gravitacionales se reconocen prácticamente en todo el área de piedmont. Los más importantes son aquellos productos de la reptación del suelo y movimientos por gravedad, que producen acumulaciones detríticas importantes en la base de las pendientes suaves, los primeros, y en las pendientes fuertes, los segundos. Los producidos por gravedad son más importantes aún, en la medida que se ascienden en cota hacia el interior de los valles y picachos.

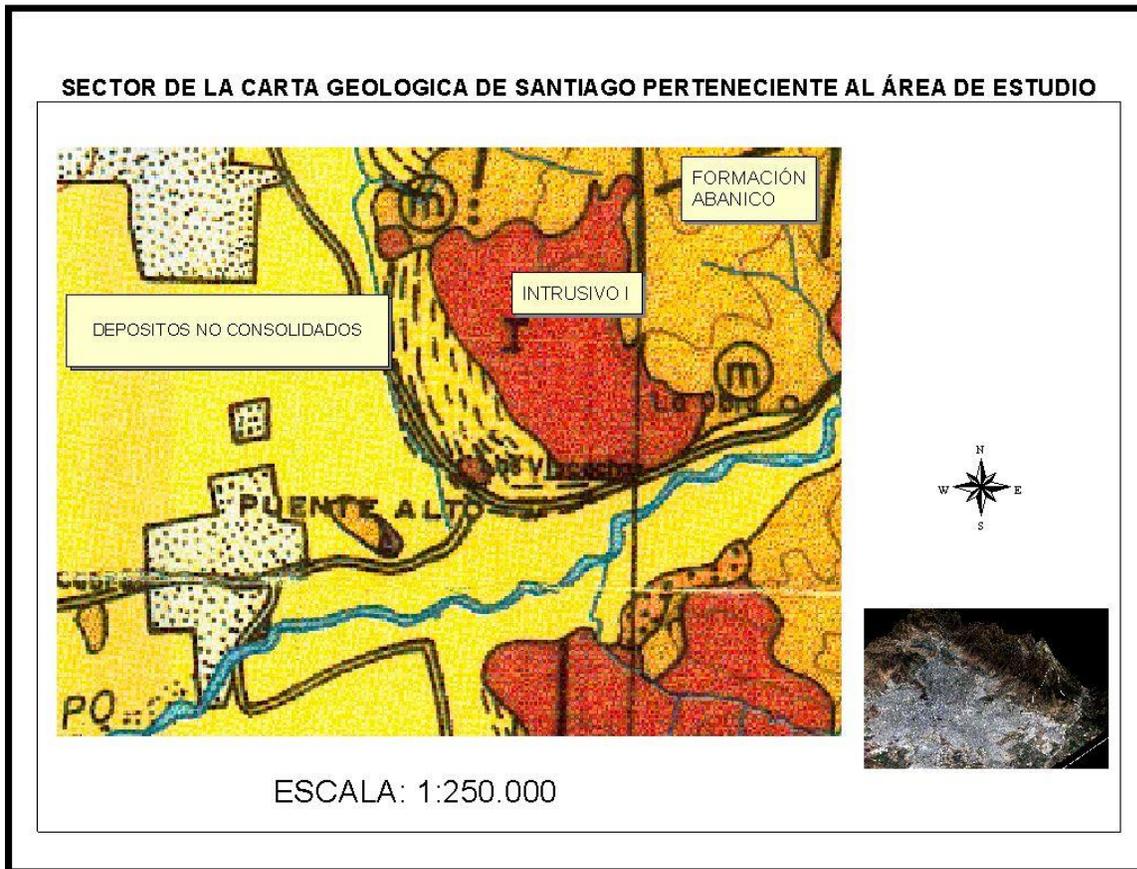


Fig. 33: Carta Geológica de Santiago según Thiele (1980).

Fuente: Elaboración a partir de la carta geológica de Chile, hoja Santiago R.M de Ricardo Thiele, 1980.

### Nivel Local

Se distinguen 7 unidades (GARRIDO, 1987), las que en orden creciente de edad corresponden a (Fig.34 y Tabla 29):

- 1. Depósitos de Escombros de Falda:** Se denomina así a un conjunto de sedimentos no consolidados, constituidos por fragmentos líticos angulosos de gran heterogeneidad granulométrica, con mezclas variables de sedimentos finos tipo arenas y limos. Estos depósitos se ubican en relieve abrupto, adosados a los altos topográficos de los cuales provienen como material fragmentario. Correspondería a Materiales de granulometría heterogénea ubicados en laderas de pendientes fuertes a muy fuerte (20 – 40%). Compacidad baja. Sectores con pendiente suave a media (pie de cerros) presentan mayor estabilidad. Permeabilidad:  $K= 10^{-4}$  a  $10^{-2}$  m/seg. Compacidad: baja. Sectores con pendiente suave a media (pie de cerros) presentan mayor estabilidad.

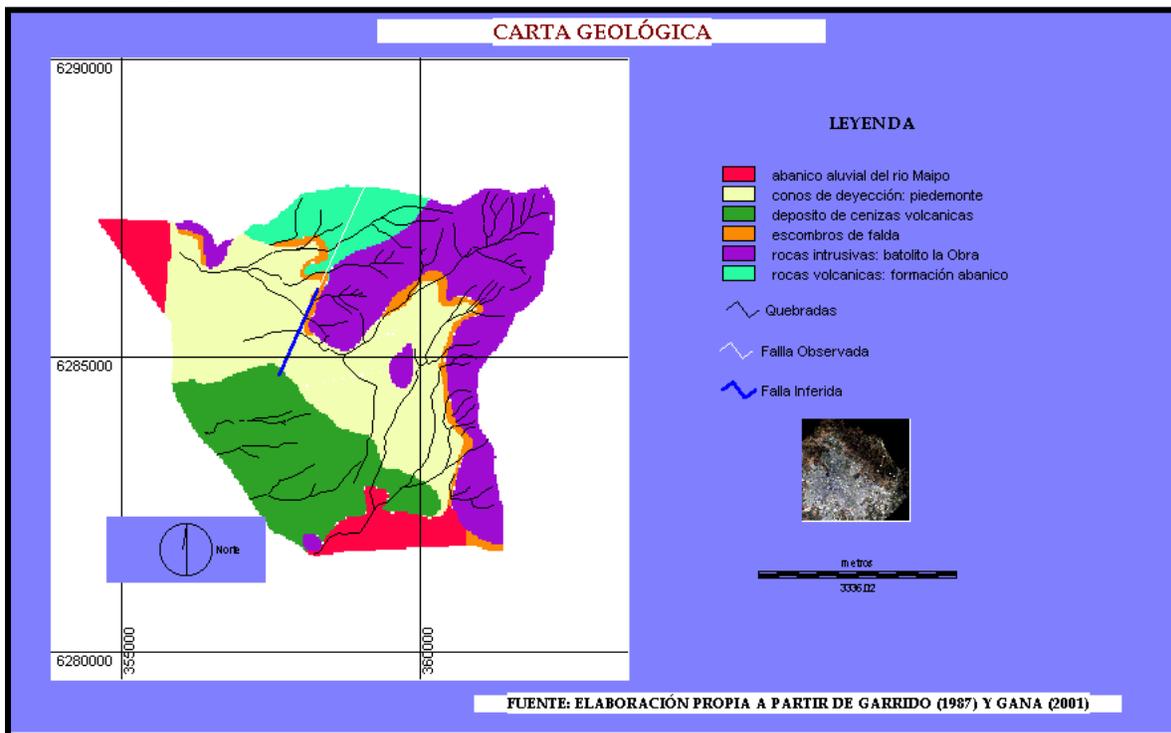
2. **Abanicos Aluviales del río Maipo:** corresponden a depósitos de bolones, gravas gruesas y arenas de origen fluvial con proporciones variables de arcillas y limos arenosos interestratificados. El abanico aluvial del río incluye mantos laháricos interestratificados. Correspondería a gravas y gravas arenosas con interestratificaciones de arenas y limos arcillosos y mantos aluvionales y/o laháricos, estos últimos en el abanico del río Maipo. Depósitos de compacidad media – alta: pendiente suave a muy suave (1-5%). Compacidad Alta. Permeabilidad:  $K= 10^{-2}$  m/seg.
3. **Conos de Deyección:** depósitos de gravas gruesas angulosas a subangulosas de gran heterogeneidad granulométrica y litológica. Matriz arcilla limosa con proporciones variables de arenas. Predominio de fracción gruesa en el ápice de estas formas, hacia su extremo terminal o distal, predominan materiales de granulometría fina (limos – arcillas). Estos materiales tienen gran distribución areal, configurando una extensa superficie denominada piedmonte. Correspondería a materiales de granulometría heterogénea, compacidad variable según granulometría. Pendiente suave (5-10%) en sector medio y distal; pendiente media (10-20%) en sector apical. Hacia las partes terminales o distales de estas formas tienden a concentrarse los materiales más finos, tipo arcillas de baja consistencia. Compacidad variable.  $K= 10^{-3}$  a  $10^{-5}$  m/seg.
4. **Depósitos Gravas Antiguas:** corresponden a depósitos semiconsolidados de bolones, gravas y arenas fluviales suspendidos algunos metros sobre la actual superficie de sedimentación fluvial. Presenta una gran heterogeneidad granulométrica y litológica. Correspondería a gravas arena limosas de alta compacidad consolidación media a alta. Pendiente suave (5-10%). En la ladera SE de C° próximo a estanque de agua potable se aprecian concentraciones de materiales de granulometría más fina con grietas y evidencia de reptaciones superficiales. Compacidad alta.  $K= 10^{-4}$  a  $10^{-5}$  m/seg.
5. **Depósitos de Cenizas Volcánicas:** cenizas vítreas, altamente silíceas. En esta unidad se incluyen depósitos de granulometría variable, con inclusiones de fragmentos líticos y de pómez. Correspondería a materiales de consistencia firme, permeabilidad baja; pendiente suave a muy suave. Consolidación alta, soportan taludes próximos a verticales. Consistencia firme. Alta consolidación. Pendiente entre 1 – 5%.  $K= 10^{-5}$  a  $10^{-7}$  m/seg.

#### **Roca Fundamental:**

6. **Rocas Intrusivas: Batolito La Obra.** Sectorialmente se presenta intensamente meteorizada y fracturada dando origen a suelos residuales de hasta 5 m., de potencia, explotables como maicillos. Este material es deleznable y de fácil remoción. Como roca sana es de gran dureza y estabilidad. Dataciones radiométricas han dado edades de 240 millones de años (Mioceno Inferior). Se distribuye al oriente del Cerro Santa Rosa, por sobre la cota 1200 m.s.n.m., prolongándose al oriente. Pequeños cuerpos de esta roca conforman los cerros Vizcachas y Chequén. Correspondería a rocas blandas, meteorizadas (tipo IV) con núcleos más sanos (II - III): fracturamiento denso e irregular: pendiente media a fuerte (40-20%). Tendencia a

experimentar derrumbes, caída de fragmentos rocosos y deslizamientos en laderas abruptas. La meteorización no homogénea facilita algunos fenómenos de colapso y desprendimiento de bloques más sanos hacia sectores de menor pendiente (Intrusivo de la Obra). Denso fracturamiento.  $K= 10^{-4}$  a  $10^{-8}$  m/seg.

- 7. Rocas Volcánicas: Formación Abanico:** corresponde a una secuencia estratificada de brechas y lavas andesíticas con intercalaciones de areniscas y lutitas. Presentan grados diversos de alteración y fracturamiento. Estas rocas se reconocen a partir de la curva de nivel 900 m.s.n.m., extendiéndose como una franja continua en dirección norte – sur entre los ríos Mapocho y Maipo. Sectorialmente presenta esferas variables de material fragmentario (escombros de falda). Correspondería a rocas sanas y ligeramente meteorizadas (tipo I-II). Fracturamiento define bloques y cuñas que potencialmente podrían colapsar. Pendiente  $>40\%$ . Fuerte a muy fuerte. Favorece la estabilidad, el manto hacia el E y SE de los estratos.  $K= 10^{-5}$  a  $10^{-7}$  m/seg.



**Fig.34: Geología del área de estudio**

**Tabla 29: Clasificación para roca uniforme.**

<b>CLASIFICACION PARA ROCA UNIFORME</b>		
<b>Aplicación para rocas de materiales uniformes, las cuales son moderadamente a muy resistentes en estado fresco, y que muestran una clara gradación en sus propiedades durante la meteorización</b>		
<b>Grado</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Características Típicas</b>
<b>I</b>	<b>Fresca</b>	<b>Sin cambios respecto a su estado original</b>
<b>II</b>	<b>Levemente meteorizada</b>	<b>Leves decoloración y debilitamiento,</b>
<b>III</b>	<b>Moderadamente meteorizada</b>	<b>Considerable debilitamiento, decoloración penetrativa, grandes trozos no pueden partirse con las manos</b>
<b>IV</b>	<b>Altamente meteorizada</b>	<b>Grandes trozos pueden partirse con las manos. No se deshace al introducir una muestra seca en agua</b>
<b>V</b>	<b>Completamente meteorizada</b>	<b>Considerable debilitamiento. Se deshace al introducir una muestra seca en agua. Se preserva textura original</b>
<b>VI</b>	<b>Suelo residual</b>	<b>Suelo derivado de meteorización in situ, no se preserva nada de la textura o fábrica originales.</b>

Fuente: Clasificación de meteorización de rocas (Geological Society Engineering Group Working Party Report, 1995).

### 4.3 VARIABLE GEOMORFOLOGÍA

En Chile central, entre el paralelo 33°00'S y 38°30'S, Brüggén (1946) distinguió tres épocas glaciales, sin embargo, Borde (1966) reconoció solamente dos glaciaciones en el valle del río Maipo. En la cuenca andina del río Maipo, inmediatamente al sur (33°37'), y de la cual el río Mapocho es afluente, si bien Börgel (1966), no reconoció formas morrénicas, describe tres conos de ruptura y descarga, los cuales según Ferrando (2002), se pueden asociar a colapso de depósitos morrénicos, tal como en el caso del río de la Laguna (*terrasse de debacle*) descrito por Paskoff (1970). Dado que los probables depósitos morrénicos destruidos se habrían ubicado en el sector apical de estos conos, la glaciación más antigua habría alcanzado los 850 m.s.n.m. (Mindel), el máximo de la penúltima glaciación (Riss 230.000 A.P) habría llegado hasta 1.100 – 1.150 m.s.n.m. y la última (Würm 115.000 A.P) sólo hasta los 1.450 – 1.500 m.s.n.m., lo cual marca correspondencia por semejanza altura con la morrena de Corral Quemado. Para tener una visión general del proceso, se basará en el estudio realizado por Karzulovic (1958) y Börgel (1966), el cual establece un modelo que podría asociarse a lo anteriormente indicado. El área de estudio podría asociarse entonces a tres épocas glaciares y a tres interglaciares intercaladas que darían el siguiente modelo y perfil idealizado:



Fuente: Elaboración propia, a partir de Karzulovic (1958) y Börgel (1966).

### **Morrena Primera**

Es difícil de caracterizar por cuanto no se dispone de sondajes profundos suficientes y aparentemente, consiste de capas de predominio de limo – arcilla que incluyen abundante porcentaje de fragmentos de rocas de todos los tamaños y que se prolongarían hasta el contacto de las rocas fundamentales.

### **Aluvial Primero**

Sería de naturaleza especialmente glacio – fluvial; o sea, sedimentos de origen glacial erodados por las aguas del río Maipo y los drenes secundarios y retransportados por éstos, hasta su nuevo lugar de depositación. Este aluvial queda materializado por gruesas capas de gravas y arenas, con abundante contenido de aguas subterráneas, bajo la cubierta de cenizas volcánicas de la morrena segunda.

### **Morrena Segunda**

Se materializa en sedimentos glaciares o asociados a glaciares y está caracterizada por abundantes cenizas volcánicas piedra pómez que aparecen en la zona del Peral y en las cercanías del Cerro Chequén.

### **Aluvial Segundo**

Corresponde a los materiales acumulados en el transcurso del interglaciar que siguió a la morrena segunda y antecedió a la morrena tercera; en consecuencia, incluye mucho material retrabajado de la morrena segunda, especialmente rodados de rocas densas, ya que gran parte de lo fino de cenizas volcánicas y fragmentos livianos de piedra pómez fueron arrastrado lejos hacia a la costa.

### **Morrena Tercera**

Se estima de repartición restringida y solamente importante sobre la cota de los 800 – 900 metros y en la línea que va desde el cerro Chequén hasta el sur. La potencia de estos depósitos aumenta a medida que nos acercamos hacia el río Maipo.

Estos depósitos se caracterizan por un gran contenido de arcilla de color, por lo general café claro, enteramente frescos aparecen especialmente los enormes bloques erráticos (Fig.37) y piedras irregulares, en muchas partes aparece ligada a pequeños depósitos de cenizas volcánicas de la morrena segunda (Fig.36). *Estos depósitos subyacen discordantemente a los depósitos de los conos o abanicos aluviales y desarrollando una morfología típica de lomajes (aplicando modelo de McCraw, 1968).*



**Fig36: Supuesto depósito morrénico, de acuerdo a Börgel (1966)**



**Fig37: Bloque Errático, presente en el Remanente de piedmont.**

### **Sistema de Vertientes**

Se presentan dos constantes que trabajan sobre las vertientes del área de estudio: una vertical (erosión y transporte) y la horizontal (acumulación). No obstante, las vertientes constituyen paredes expuestas ya sea al norte o al sur. Se distinguen vertientes compuestas con secuencias desde monosecuenciales en las vertientes de las subcuencas La Morfilana y Sin Nombre, como vertientes compuestas, pero multisecuenciales o complejas en las vertientes de las subcuencas del El Maqui, El Durazno y Las Vizcachas. Esto indicaría la convexidad por efecto de las caras libres o duras y la concavidad por efecto del talud, manifestándose los movimientos en masa en las vertientes. En consecuencia, se resalta las influencias estructurales, ya que se marcan el desarrollo de afloramientos rocosos como potencial aporte de sedimentos, que se manifiesta en el área de estudio por la combinación de afloramiento rocoso y formas coluviales. En las cabeceras de las subcuencas queda en forma implícita la acción de la geodinámica externa frente a cada morfoestructura especialmente en El Durazno, donde la influencia del frío es el principal agente. A diferencia de las formaciones superficiales que cubren mejor algunos sectores del sector medio de las subcuencas que se caracteriza por presentar una vertiente estructural concordante, con caras libres accidentadas y complejas ubicadas en la parte superior de la vertiente, con un talud de escombros ubicados en la parte inferior, las cuales, proporcionan gran cantidad de detritos, influenciado por el fuerte buzamiento y posición casi vertical de los estratos o capas. A diferencia, de la vertiente de cara libre y talud, que proporciona menos cantidad que la anterior, como en el caso de la vertiente de la Morfilana. Las estructuras monoclinales de El Chequén y La Virgen se presentan las vertientes conforme simple y la inversa con cara libre y talud. En el caso de la vertiente conforme simple, se desarrolla en la misma dirección del buzamiento, de poca rugosidad. La disección no altera el aspecto liso de la vertiente y presenta poca disponibilidad de materiales gruesos y finos. A diferencia de la vertiente inversa con cara libre y talud, la cual presenta mayor rugosidad rocosa, debido a la dureza de las capas, con presencia de peldaños con caras libres (Fig.35, Tabla 30 y Fig.38).

**Tabla 30: Características estructurales del sistema de vertientes.**

<b>INFLUENCIAS ESTRUCTURALES</b>	<b>SUPERFICIE (HAS)</b>
Vertiente con cara libre rugosa y talud	594,298
Vertiente con cara libre y talud	460,890
Vertiente conforme simple	25,037
Vertiente inversa con cara libre y talud	50,983

**Fuente: Elaboración propia, 2005**

**Fig.38: Sistema de Vertientes, sector La Obra**



***Sistema Basal:***

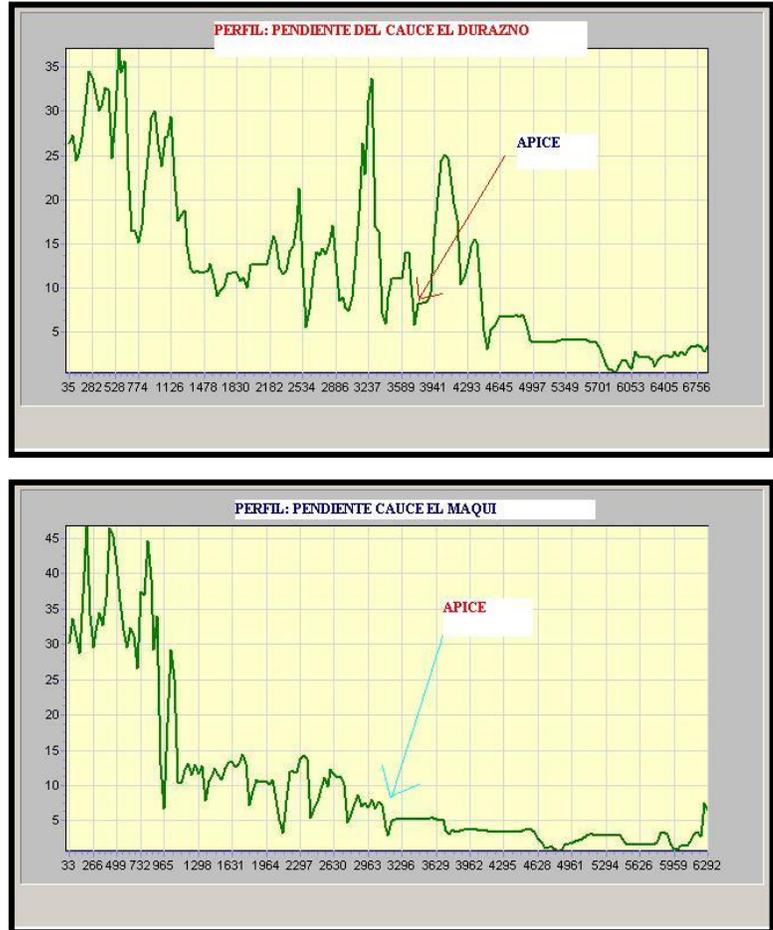
Las formas de base de vertiente o de contacto entre montaña y el fondo de valle; se caracterizan por ser depósitos con una suave inclinación en forma de abanico, los cuales son considerados como los principales depósitos correlativos a las formas de erosión de montaña y reguladores actual hacia el fondo de valle (ARAYA – VERGARA, 1985). En general, se considera que los conos aluviales están ligados a la ***acción de cauces con un régimen torrencial***, debido tanto a las fuertes pendientes como a una elevada capacidad de producción y transferencia de sedimentos según Rachocki & Church (1990). Estos están compuestos por sedimentos heterométricos. La organización está relacionada con características morfométricas (superficie y pendiente), pero además los rasgos geomorfológicos de la cuenca (tamaño y volumen de sedimentos transportados hacia el cono) y con la historia del propio cono. En este caso de estudio, se identifican cuatro conos de deyección. Debido a la intervención antrópica, se seleccionaron en este estudio dos conos, llamados El Durazno y El Maquí, los cuales muestran en superficie diferentes sectores, algunos muy activos, pero otros inactivos, correspondiendo a distintos estadios de la evolución y construcción del cono, por lo tanto, las características de los sedimentos que en este caso son los cantos rodados que a través del tamaño y el desgaste, permitirá determinar la variabilidad y distribución espacial y la dinámica geomorfológica de estas subcuencas.

Los puntos de muestreo para estos dos conos se determinaron según el grado de actividad de los diferentes sectores, en función de la colonización vegetal y de la frescura de las formas que exhiben estas estructuras sedimentarias.

Los conos aluviales seleccionados El Durazno y El Maquí, presentan una superficie de 1085 has. Los dos conos se presentan parcialmente cultivados y han experimentado después de 1982 una

**Fig.39: Perfiles del cauce El Durazno y El Maquí**

contracción de su área como consecuencia de la urbanización. Los dos conos presentan diferentes sectores relacionados sobre todo con su grado de actividad actual y con el tiempo pasado desde que dejaron de recibir sedimentos o iniciaron su colonización vegetal. Una parte de los conos se halla cultivada. En El Durazno se cultivan el extremo lateral derecho y se ha asentado un núcleo de población en el extremo lateral izquierdo; en El Maquí se cultiva un pequeño sector de la parte distal, donde se han depositado materiales más finos. En los conos aluviales La Morfilana y Sin Nombre no se observan cauces con trazado permanente, pues su gran dinamismo y, ocasionalmente, la llegada de grandes aportes de sedimentos han cegado al cauce, lo que explica que el cauce puede variar de posición con periodos de recurrencia variable (avulsión). Sin embargo, el grado de atrincheramiento que han alcanzado los cauces de los Conos El Durazno y el Maquí en gran parte de su recorrido obliga a considerarlos en la actualidad como cauces fijos, con escasa posibilidad de cambio brusco en su trazado.



La Fig.39 muestra el perfil longitudinal de la pendiente de los cauces correspondiente a la subcuencas y conos El Durazno y El Maquí. El cauce El Durazno desde el ápice a la zona distal del cono presenta marcados umbrales de pendiente, lo que representa un alto grado de dinamismo, a diferencia del cauce El Maquí que presenta un grado de estabilidad en la pendiente.

El tamaño y el desgaste de los sedimentos, así como la organización espacial de los grandes modelos de estructuras sedimentarias muestran, en general tendencias similares en los dos conos: El tamaño de los sedimentos tiende a disminuir desde el ápice a la zona distal, cualquiera sea el sector de los conos aluviales El Durazno y El Maquí. Esta tendencia es muy fuerte al principio para suavizarse en la parte más externa de los conos El Durazno y El Maquí. Esta reducción se explica, tanto en el tamaño medio como en el máximo por el alejamiento del área fuente de sedimento, la diferencia de umbrales en la pendiente de los cauces de los respectivos conos y por la sustitución del canal confinado dominante aguas arriba del cauce por un canal abierto que

reduce bruscamente la energía del torrente. Lo cierto es que se produce una clasificación de materiales gruesos que se organizan de manera relativamente ordenada, cuyas características corresponden a conos de deyección caótica (Fig.40, 41, 42 y 43).

Los índices de desgaste aumentan desde el ápice a la base, como consecuencia de la mayor distancia (Fig. 44 y 45).

Los dos conos aluviales están dominados por coladas de piedras en el ápice. Progresivamente aguas abajo se pasa de forma brusca hacia depósitos transicionales, como depósitos fluviales, dada por las condiciones de transporte más fluidas. Estas tendencias son dominantes en los dos conos estudiados, lo cierto es que existen a la vez notables diferencias entre ellos e importantes irregularidades en la evolución del tamaño y el desgaste.

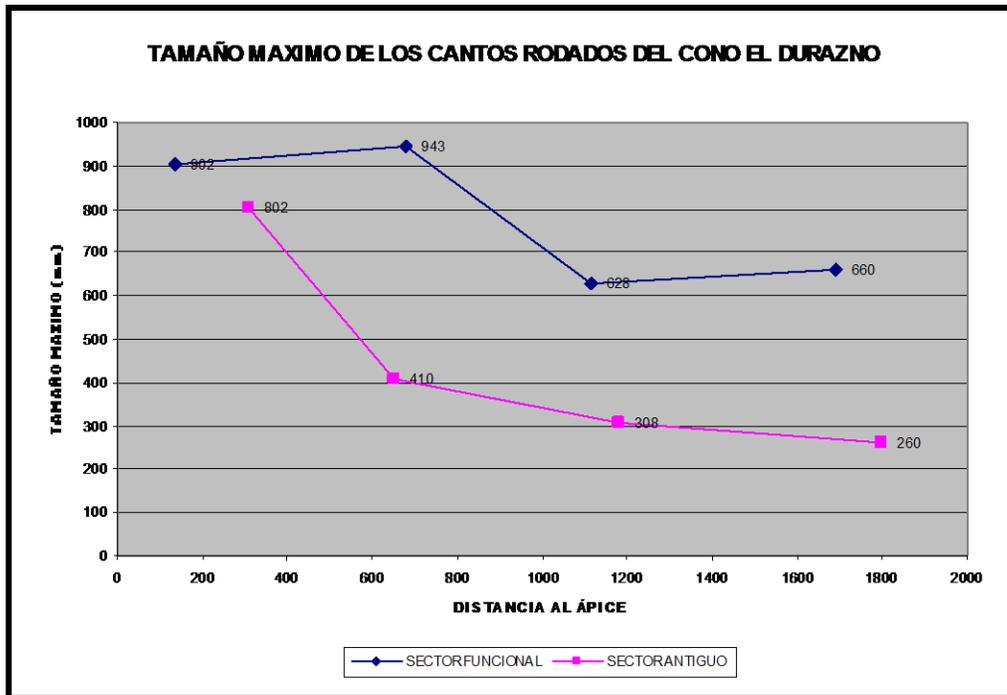
La diferencia más elemental entre los conos reside en el tamaño de los sedimentos (Fig.46). Los valores del tamaño medio, tanto en el ápice como en la zona media y distal, son siempre más elevadas en El Durazno que en El Maquí, tanto en el sector funcional como antiguo. El tamaño máximo son siempre más elevados en El Durazno que en El Maquí en el sector funcional como

**Fig.46: Tamaño de los rodados**



en el antiguo, excepto en la parte media del cono El Maquí cuyo valor es más alto que en El Durazno. La evolución del tamaño medio y máximo de los sedimentos en el cono aluvial El Durazno muestra una disminución muy rápida, muy superior en todo caso a la del cono El Maquí, reflejando la sedimentación rápida de los materiales más gruesos (Fig.40, 41, 42 y 43).

Por último, el cono aluvial El Durazno en el sector funcional el desgaste es mayor que el cono El Maquí, especialmente en el sector distal, producto de la mayor distancia recorrida por el torrente y el mayor tamaño del cono que propician un mayor rodamiento. A diferencia, el cono aluvial El Durazno en el sector antiguo el desgaste es menor que en el cono El Maquí, lo que indica que el cauce anterior en el pasado presentó un gran dinamismo, lo que representa desde el punto de vista del principio de territorialidad, que el cono El Maquí está perdiendo competencia por el espacio, producto del tamaño del cono El Durazno (Fig. 44 y 45).



**Fig.40: Tamaño máximo de los cantos rodados del cono El Durazno.**

En relación a los conos La Morfilana y Sin Nombre estos han perdido competencia en el espacio, producto del mayor tamaño del cono de deyección El Durazno, los cuales han tenido que adaptarse al espacio que les queda.

Se presenta en el área remanentes del piedmont (Fig.34), que se caracterizan por su escalonamiento (ARAYA – VERGARA, 2002), representando una relación espacio – temporal más antiguo que los actuales conos de deyecciones. La formación de estos remanentes fueron producto de la secuencia relleno – disección del Cuaternario (formación de terrazas).

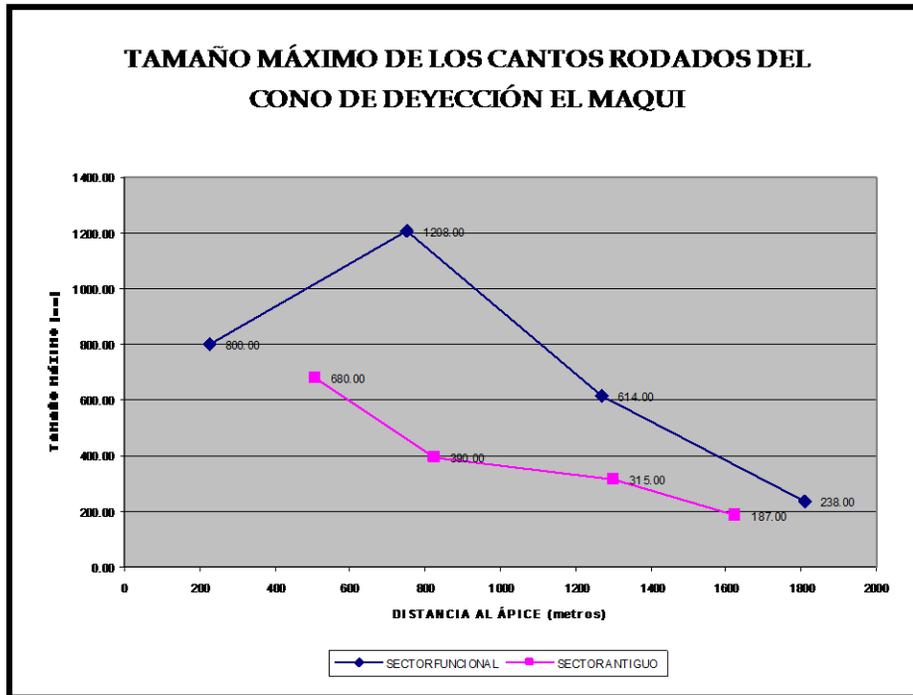


Fig.41: Tamaño máximo de los cantos rodados del cono El Maquí.

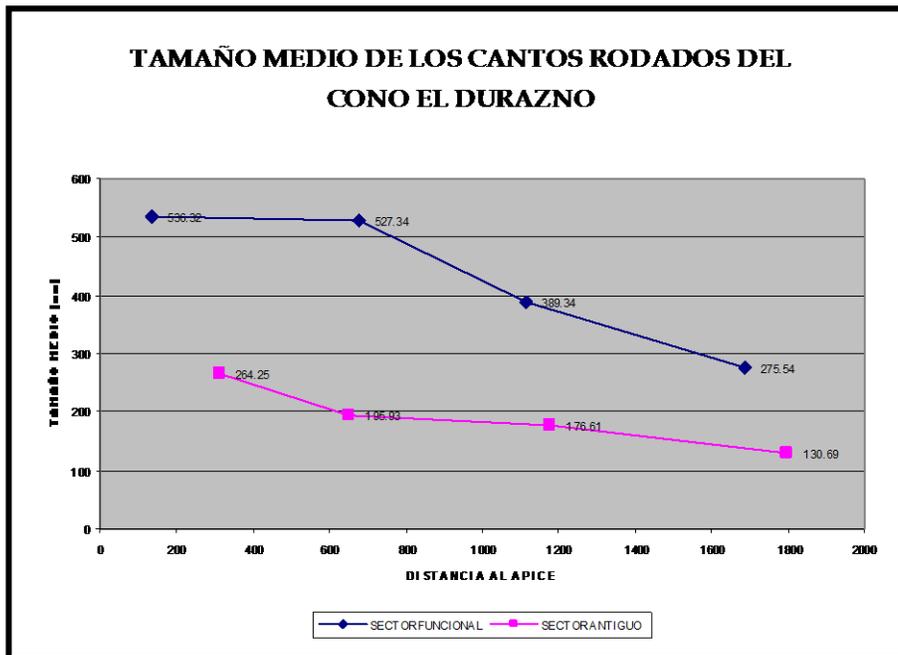


Fig.42: Tamaño medio de los cantos rodados del cono El Durazno.

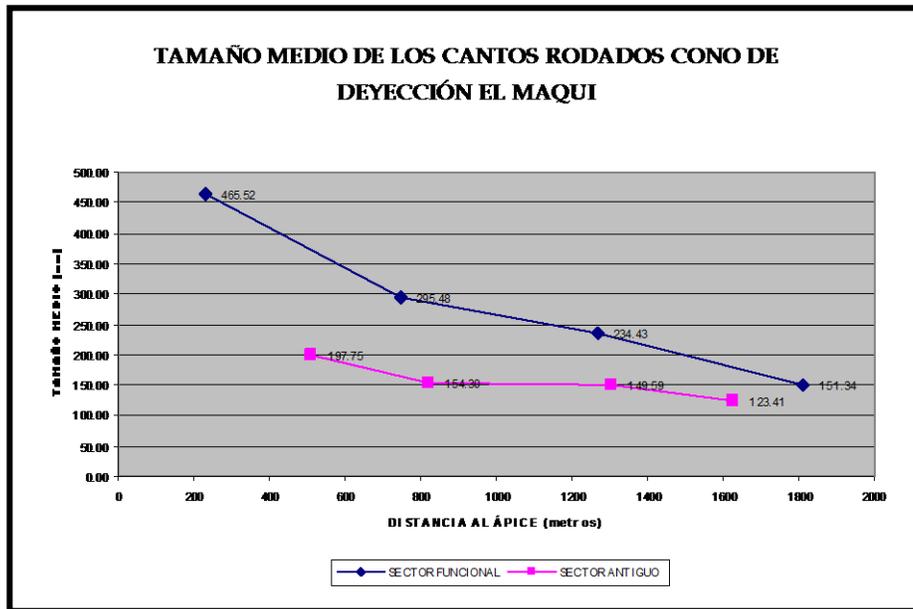


Fig.43: Tamaño medio de los cantos rodados del cono El Maquí.

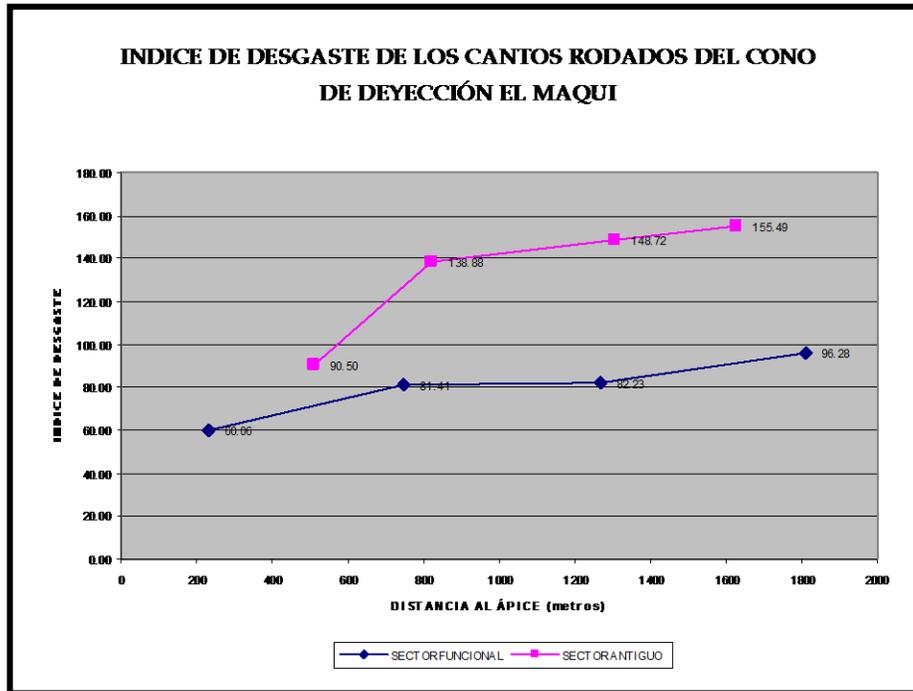


Fig.44: Índice de desgaste de los cantos rodados del cono El Durazno.

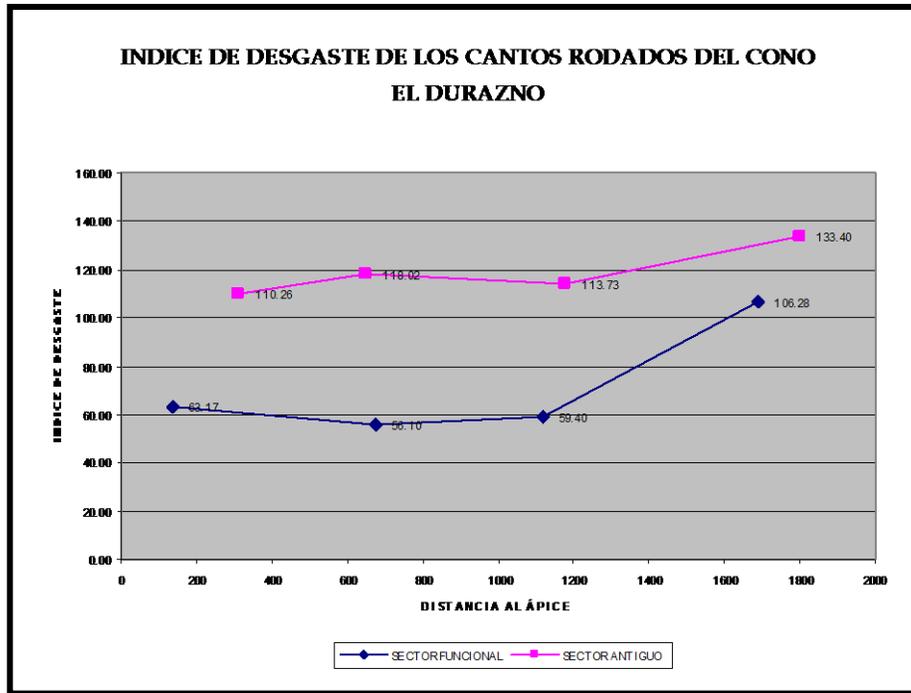


Fig.45: Índice de desgaste de los cantos rodados del cono El Maqui.

Fig.35: Carta Geomorfológica del área de estudio.



## Movimientos en masa actuales

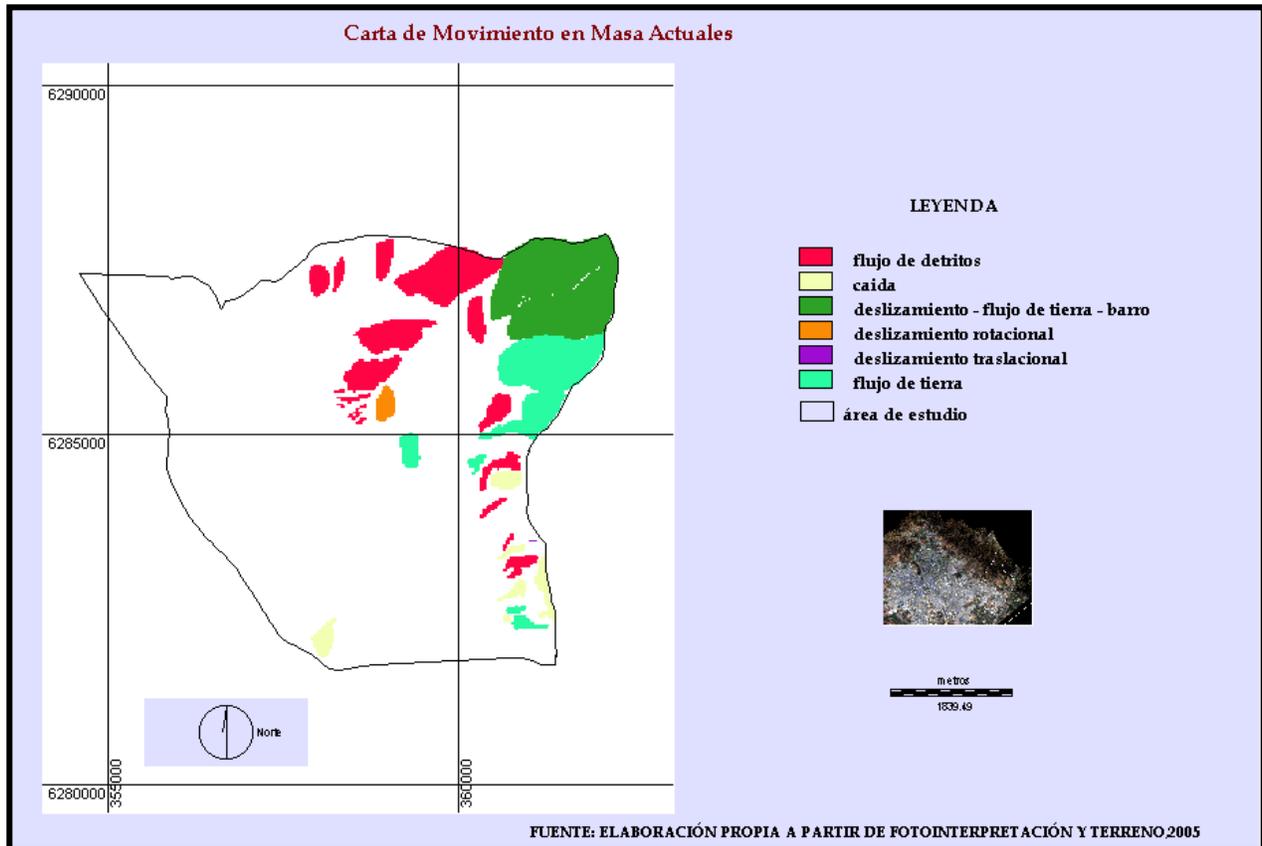


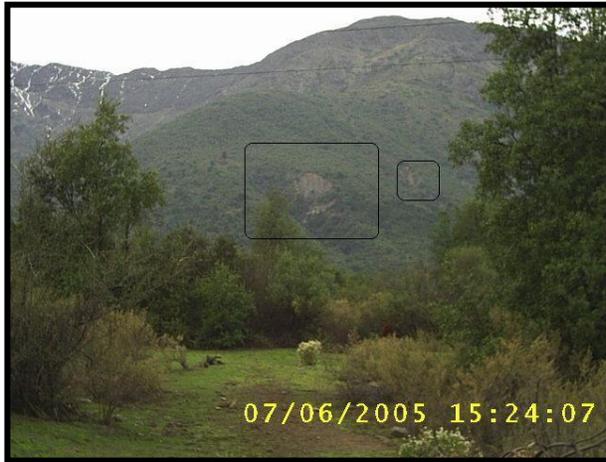
Fig.47: Movimientos en masa determinados a través fotografías aéreas y terreno exploratorio.

Según lo obtenido a través de la fotointerpretación y terreno (Fig.47), se identificaron los siguientes movimientos en masa representado en la cartografía:

- Flujos de detritos:** se presentan en las vertientes de las cuencas La Morfilana, Sin Nombre, El Durazno, El Maquí y las Vizcachas, con predominio areal y de observación en las vertientes de solana de las cuencas Sin Nombre y La Morfilana, como se muestra en la Fig.50.
- Caída o desprendimiento:** se presenta en la vertiente de solana del cerro La Virgen y cuenca Las Vizcachas. Según lo que se muestra en la Fig.38.
- Deslizamiento – flujo de tierra – barro:** se presenta como continuum en la cabecera de la cuenca El Durazno – Maquí según lo que se aprecia en la Fig.49.
- Deslizamiento rotacional:** se presenta en la vertiente de umbría de la cuenca El Durazno.

e) **Deslizamiento Traslacional:** se presenta en la vertiente de solana de Las Vizcachas (Fig.48).

f) **Flujo de tierra:** se presenta en las vertientes de las cuencas El Maquí y Las Vizcachas, aunque su reconocimiento se basa principalmente en las fotografías aéreas, no obstante se presenta un flujo en la mayor pendiente del remanente de piedmont.



**Fig.48: Deslizamiento Traslacional.**



**Fig.49: Continuum deslizamiento – tierra - barro**



**Fig.50: Flujo de detritos.**

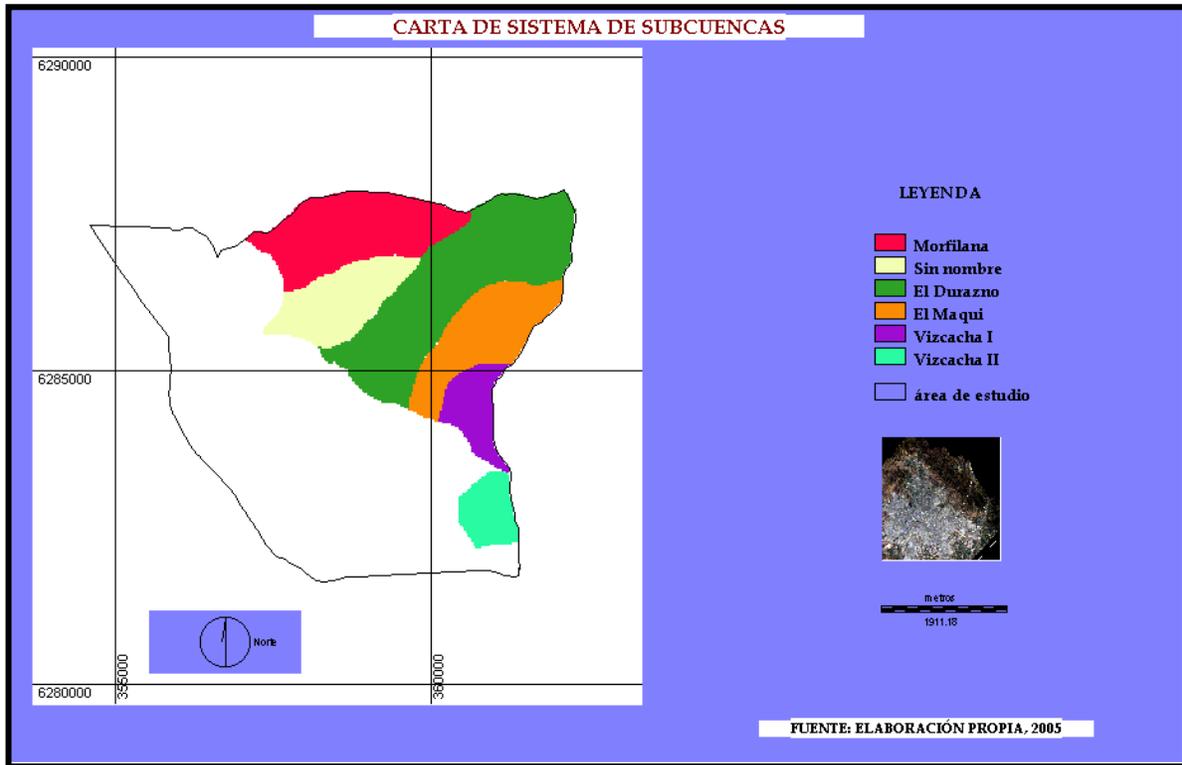
#### 4.4 VARIABLE HIDROLOGÍA.

Para lograr la clasificación e identificación de unidades hidrológicas, es necesario identificar aquellos sistemas, que por si mismos entreguen la mayor información, es así como la cuenca, constituye un sistema abierto, que al conocer su estructura permite identificar los nexos y elementos, que dan origen al conjunto de relaciones que hacen posible su funcionamiento dinámico. La cuenca como sistema posee relaciones que determinan que cualquier alteración que afecte un sector de ella repercute aguas abajo. Por ello, es necesario el conocimiento de la red de drenaje, porque permite identificar determinadas respuestas de estos sistemas, ante las precipitaciones, permitiendo clasificarlos para la creación de unidades dentro del territorio.

##### Comportamiento Hidrológico:

Se identificaron 6 subcuencas en el área, cuyas superficies entre 5.2 Km<sup>2</sup> a 0.8 Km<sup>2</sup> (Fig.51 y Tabla 32). Estas forman parte del sistema de quebradas de la comuna de Puente Alto: sus propiedades hidrológicas están directamente relacionadas con la disponibilidad del recurso agua. Se caracteriza por no poseer cursos permanentes, sino que constituye un conjunto de cursos intermitentes y talwegs menores, que solamente se activan al presentarse precipitaciones, aportando su escurrimiento a los canales artificiales aguas abajo, donde se ubica el piedmont; de ahí el interés en su análisis, ya que es primordial la caracterización sobre todo en el sector del exhutorio, donde se relaciona la dinámica del sector de montaña y el piedmont.

Fig.51: Sistema de quebradas o subcuencas.



**a) Torrencialidad: producto de la densidad de drenaje y la frecuencia.**

Con este índice se podrá determinar el tipo de comportamiento que más probablemente presentará un sistema de drenaje ante la presencia de un evento meteorológico. Una categoría alta indica alto torrente, una cuenca altamente impermeable y relieve accidentado (Tabla 31 y Fig.52)

**Tabla 31: Índice de Torrencialidad**

RANGO	CATEGORÍA
0.00 – 14.034	BAJA
37.0.35 – 23.1999	MEDIA
23.200 – 32.366	ALTA

**Fuente: Elaboración propia, a partir de Ferrando (1994).**

Los resultados de este índice presentan un rango de variaciones que van desde alta a media. No obstante, Las subcuencas Sin Nombre y Vizcacha I, indican una alta torrencialidad, una cuenca altamente impermeable y un relieve accidentado.

**Tabla 32: Resultados obtenidos de la recolección digital**

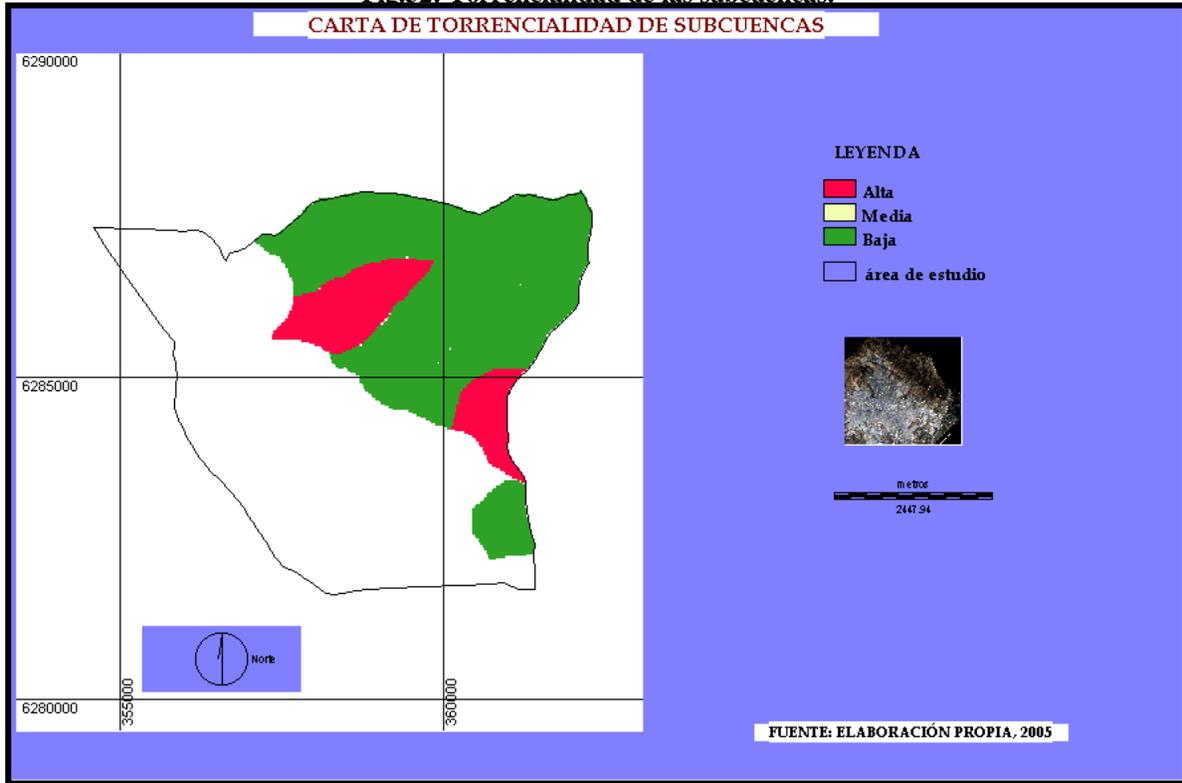
SUBCUENCA	SUPERFICIE (KM2)	PERÍMETRO (KM)	Nº DE DRENES	LONGITUD (KM)	DENSIDAD	FRECUENCIA
La Morfilana	3.0897	10.500005	6	7.74500	2.50672	1.94194
Sin Nombre	1.9044	7.920004	12	7.43100	3.90202	6.30120
El Durazno	5.1687	15.720025	20	14.71700	2.84733	3.86944
El Maquí	2.3040	9.660004	8	6.98400	3.03125	3.47222
Vizcachas I	1.0035	6.360001	8	4.07400	4.05979	7.97210
Vizcachas II	0.8712	4.379998	4	2.08500	2.39325	4.59137

Tabla: continuación

DIFERENCIA DE (EX_CAB)	H LONGITUD PRINCIPAL	CAUCE LONGITUD CURVAS (KM)
0.959	3.30	22.698000
0.509	2.13	15.509000
1.214	4.38	46.759000
0.676	2.62	20.600000
0.310	1.25	9.110000
0.190	0.74	5.174000

**Fuente: Elaboración propia, 2005.**

**Fig.52: Torrencialidad de las subcuencas.**



**b) Rugosidad**

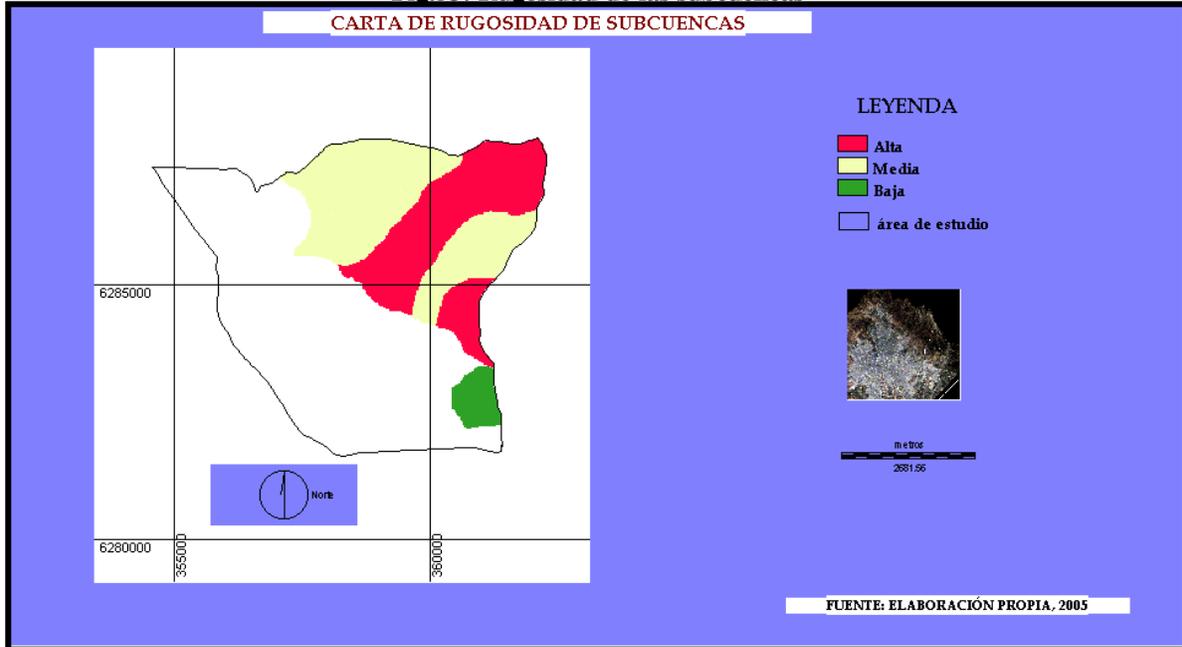
Este índice indica el grado de escabrosidad. Los rangos de variaciones van desde alta a baja escabrosidad. Las subcuencas que presentan alta escabrosidad son El Durazno y Las Vizcachas I. Reflejo de una densidad gruesa del drenaje por unidad de área, se puede inferir que existe concordancia entre un valor mayor del Índice de Rugosidad que se gráfica en una mayor escabrosidad del terreno derivado del mayor escurrimiento superficial (Fig.53 y Tabla 33).

**Tabla 33: Índice de Rugosidad de las subcuencas.**

RANGO	CATEGORÍA
0.00 – 0.6203	BAJA
0.6204 – 0.7353	MEDIA
0.7354 – 0.8504	ALTA

Fuente: Elaboración propia, según Ferrando (1994).

**Fig.53: Rugosidad de las subcuencas**



**c) Factor de Forma:**

- Indicador de Circularidad**

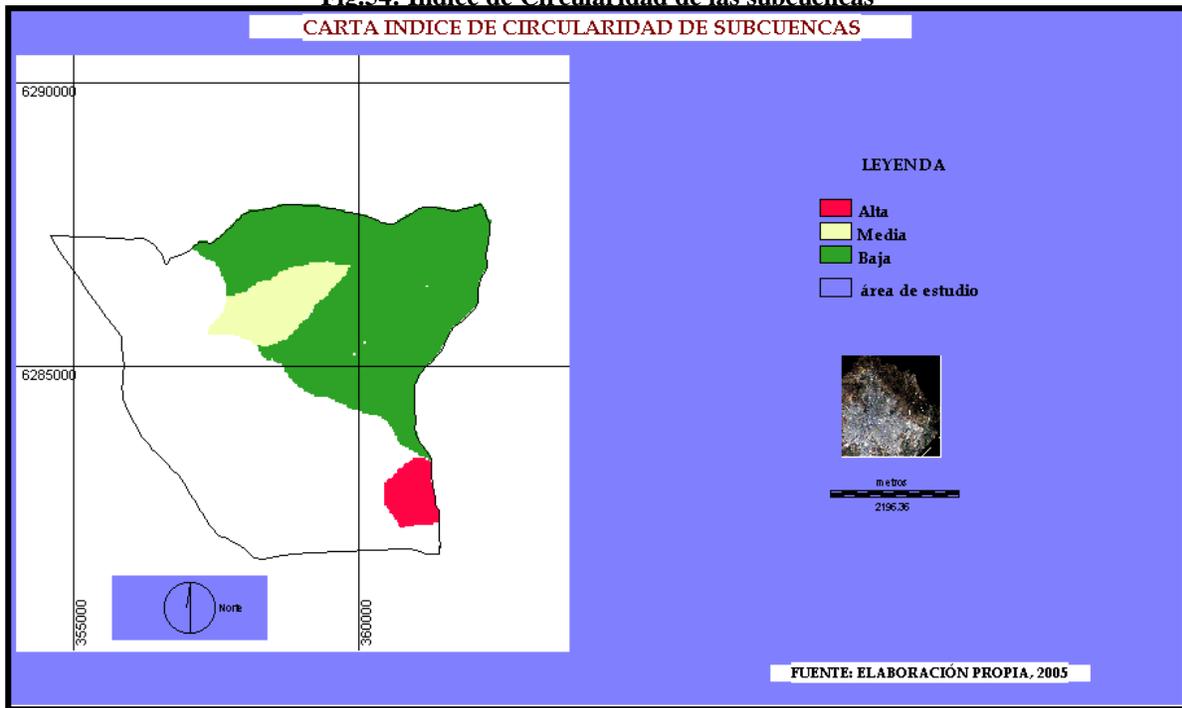
Establece una comparación de la superficie real de la subcuenca y la superficie teórica que esta tendría si se asemeja a una circunferencia. Los valores fluctúan entre 0 y 1. Los cercanos a uno indican una cuenca aproximadamente circular, con afluentes de igual longitud y confluencias próximas sobre un punto central, favorecen la llegada al mismo tiempo de los aportes elementales al centro de confluencia y ello se traduce en crecientes muy notables. Por el contrario, una cuenca alargada con afluentes cortos y confluencias alejadas entre sí, produce una sucesión en el tiempo de la llegada de las aguas y esa discordancia hidrológica conduce a crecidas pequeñas. Cercanas a cero son cuencas lentas, cercanas a uno cuencas rápidas. Las subcuencas que presentan una respuesta rápida a las precipitaciones son la quebrada Vizcachas II, que se caracteriza por ser una cuenca aproximadamente circular, con afluentes de igual longitud y confluencias próximas sobre un punto central, según lo que indica la Tabla 34 y la Fig.54.

**Tabla 34: Indicador de circularidad de las subcuencas**

RANGO	CATEGORÍA
0.00 – 0.36	BAJA
0.37 – 0.47	MEDIA
0.48 – 0.58	ALTA

Fuente: Elaboración propia, a partir de Ferrando (1994).

**Fig.54: Índice de Circularidad de las subcuencas**



**d) Factor de Forma:**

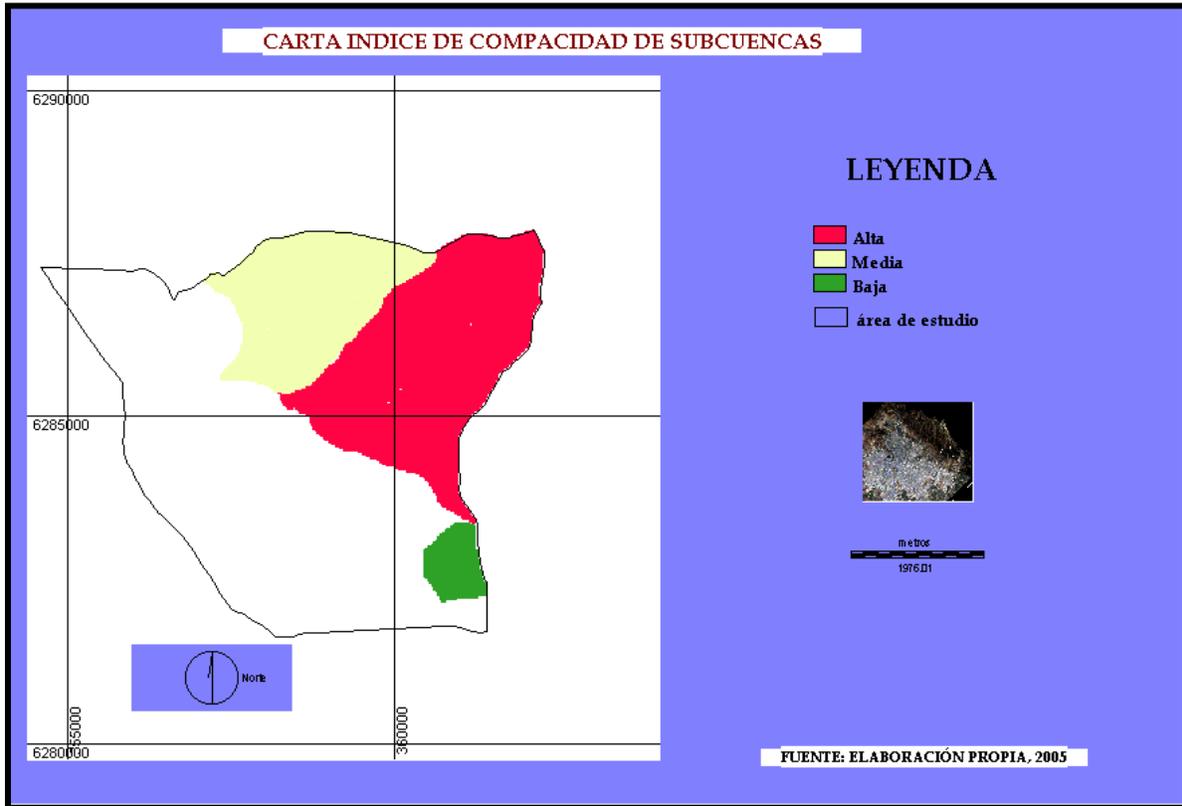
- **Índice de Compacidad de Gravelius**

Las subcuencas que presentan alta compacidad son El Durazno, El Maquí y Las Vizcachas I. Significa que si una cuenca es muy alargada, irregular tiene un perímetro muy grande, va tener un comportamiento diferente o distinto en la forma en que llegan las aguas al exhutorio. Se deduce que la forma influye en el comportamiento. Mientras más compacta más torrencial y tiene más capacidad erosiva, porque el recorrido es más largo, es la simultaneidad en la llegada de las aguas de los afluentes al punto de concentración y salida (Tabla 35 y Fig.55)

**Tabla 35: Índice de Compacidad de Gravelius de las subcuencas.**

RANGO	CATEGORÍA
0.00 – 1.5221	BAJA
1.5222 – 1.7287	MEDIA
1.7288 – 1.9361	ALTA

Fuente: Elaboración propia, a partir de Ferrando (2005).



**Fig.55: Índice de Compacidad**

- Tiempo de Concentración:**

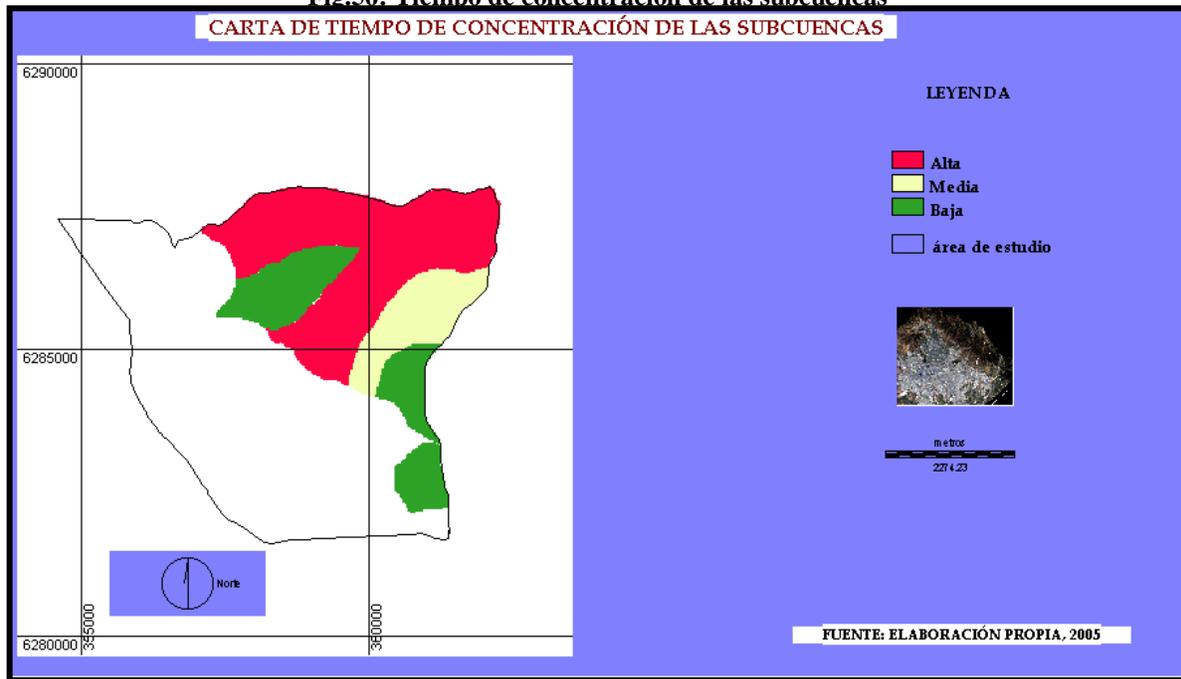
El tiempo de concentración es igual al tiempo que demora una partícula de agua en recorrer la distancia entre el punto más alto alejado del exhutorio y éste, por lo tanto las subcuencas que utilizan mayor tiempo son La Morfilana y El Durazno según lo que indica la Tabla 36 y la Fig.56.

**Tabla 36: Tiempo de Concentración de las subcuencas.**

RANGO	CATEGORÍA
0.00 – 2.4660	BAJA
2.4661 – 3.6605	MEDIA
3.6606 – 4.8551	ALTA

Fuente: Elaboración propia, a partir de Ferrando (1994).

**Fig.56: Tiempo de concentración de las subcuencas**



**e) Indicador de erosión y velocidad de la escorrentía:**

Indicador de pendiente del cauce y de las laderas de la cuenca: influye en el hidrograma debido a que el perfil longitudinal del cauce y la pendiente media de la cuenca son factores claves a la hora de determinar la velocidad y la erosividad del sistema. Un cauce con indicador de pendiente alto, tendrá efectos inmediatos en la velocidad de la escorrentía, al igual que la pendiente media de las cuencas desencadenará procesos erosivos mucho más acentuados.

- **Pendiente media del cauce**

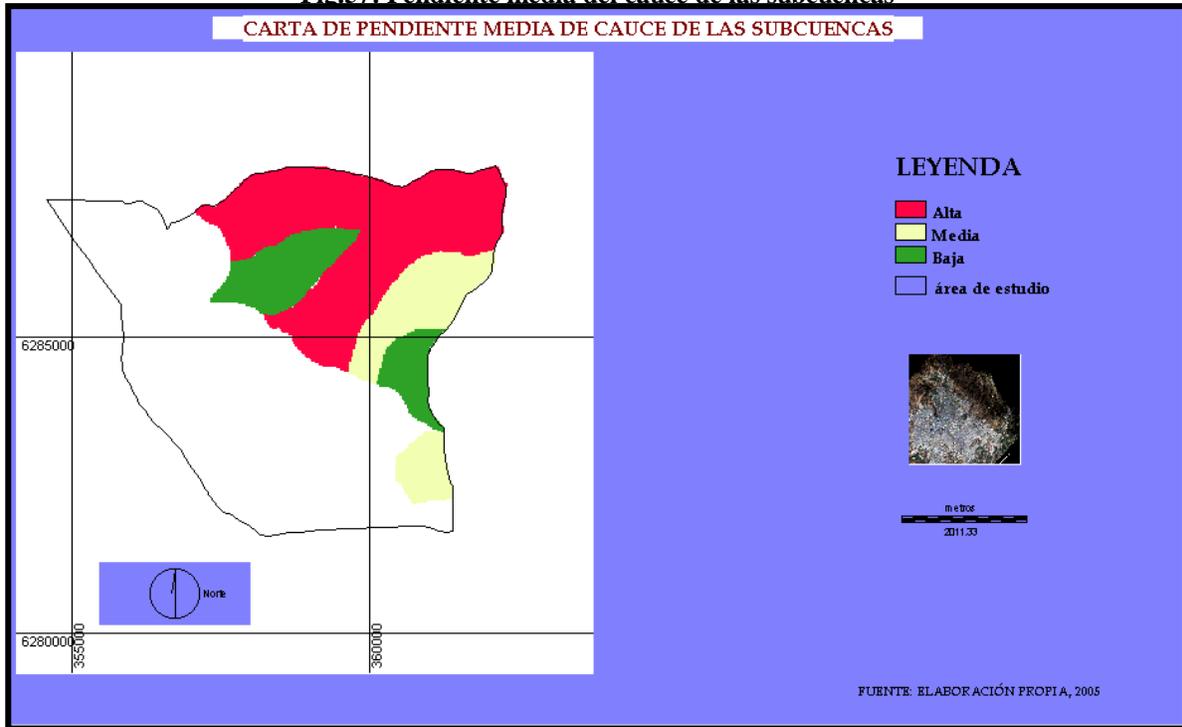
Las subcuencas que presentan un indicador alto de pendiente del cauce son La Morfilana y El Durazno significando efectos inmediatos en la velocidad de escorrentía (Tabla 37 y Fig.57).

**Tabla 37: Pendiente media del cauce de las subcuencas**

RANGO	CATEGORÍA
0.00 – 11° 31' 04''	BAJA
11° 31' 05'' – 12° 18' 10''	MEDIA
12° 18' 11'' – 13° 04' 38''	ALTA

Fuente: Elaboración propia, a partir de Ferrando (1994).

**Fig.57: Pendiente media del cauce de las subcuencas**



- **Pendiente media de la cuenca**

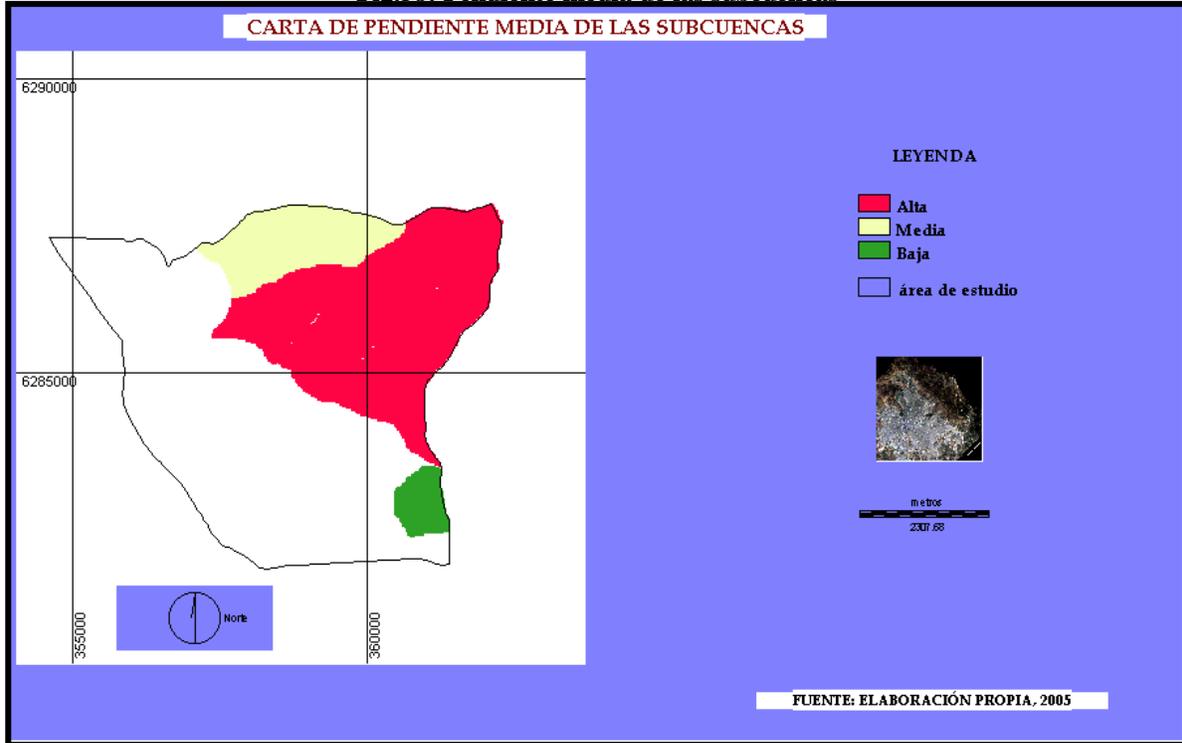
La subcuencas que presentan un indicador alto de pendiente media de las cuencas son la Sin Nombre, El Durazno, El Maquí y Las Vizcachas I, significando que tendrá procesos erosivos muchos más acentuados (Tabla 38 y Fig.58).

**Tabla 38: Pendiente media de las subcuencas**

<b>RANGO</b>	<b>CATEGORÍA</b>
0.00 – 15° 43' 06''	<b>BAJA</b>
15° 43' 07'' – 18° 04' 19''	<b>MEDIA</b>
18° 04' 20'' – 20° 39' 18''	<b>ALTA</b>

Fuente: Elaboración propia, a partir de Ferrando (1994).

**Fig.58: Pendiente media de las subcuencas**



- **Índice de Potencialidad Erosiva**

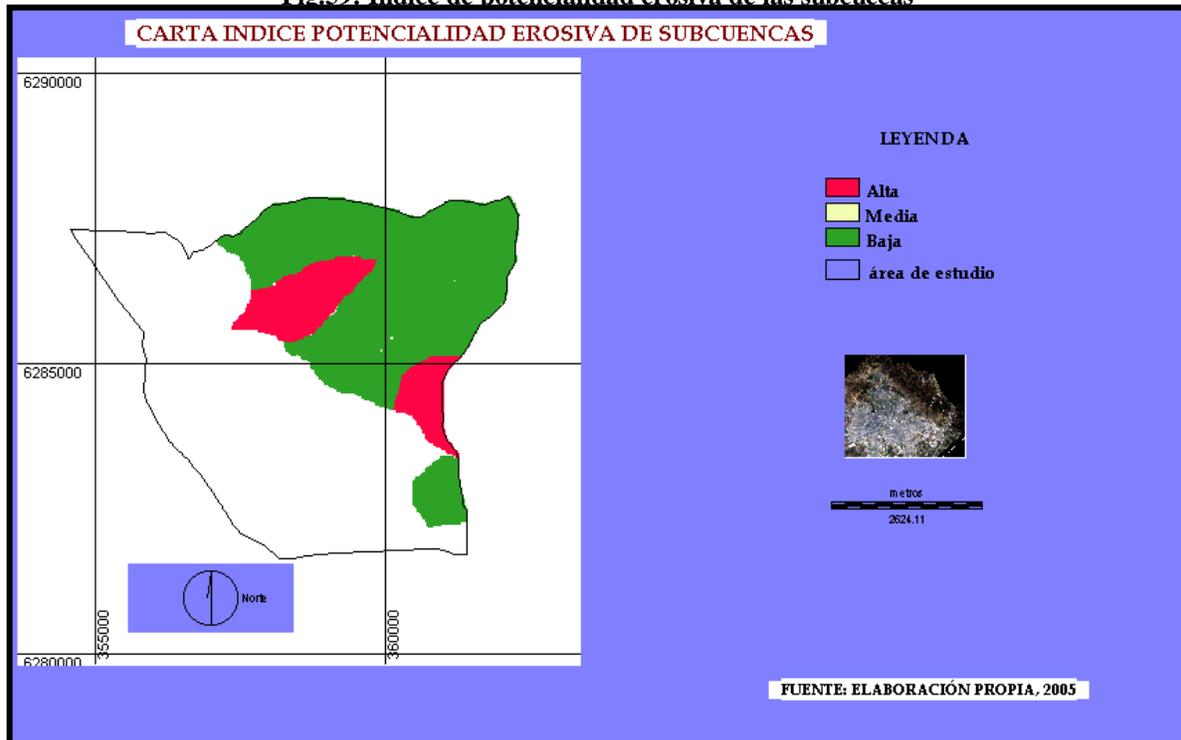
Según el potencial erosivo las cuencas presentan un comportamiento diferencial con valores extremos que fluctúan entre 48.1 y 371. Las subcuencas más críticas respecto a su potencial erosivo corresponden a la Sin Nombre y Vizcachas I (Fig.59 y Tabla 39).

**Tabla 39: Índice de Potencialidad erosiva de las subcuencas.**

<b>RANGO</b>	<b>CATEGORÍA</b>
0.00 – 156.03	<b>BAJA</b>
156.04 – 263.95	<b>MEDIA</b>
263.96 – 371.88	<b>ALTA</b>

Fuente: Elaboración propia, a partir de Ferrando (1994).

**Fig.59: Índice de potencialidad erosiva de las subcuencas**



A partir de los rangos anteriormente se clasificaron las cuencas obteniéndose los siguientes resultados (Tabla 40):

Tabla 40: Resultados finales

SUBCUENCA	TORRENCIALIDAD D	I. CIRCULARIDAD	PENDIENTE MEDIA CAUCE PRINCIPAL (°)	PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA FEINSTERWALD ER (°)	INDICE DE RUGOSIDAD	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (HORAS)
La Morfilana	4.86788	0.35217	13° 04' 38"	16° 31' 45"	0.66407	3.83360
Sin Nombre	24.58737	0.38152	10° 45' 13"	18° 19' 24"	0.71187	1.70040
El Durazno	11.01759	0.26284	12° 28' 21"	20° 21' 17"	0.74018	4.85500
El Maquí	10.52517	0.30833	11° 36' 39"	20° 07' 02"	0.63836	3.35990
Vizcachas I	32.36505	0.31243	11° 09' 36"	20° 25' 33"	0.85036	1.92960
Vizcachas II	10.98830	0.57328	11° 33' 15"	13° 21' 45"	0.50524	1.27160

SUBCUENCA	COMPACIDAD DE GRAVELIUS	IPE
La Morfilana	1.672590	48.10694
Sin Nombre	1.606957	280.36089
El Durazno	1.936068	115.83341
El Maquí	1.781948	118.82364
Vizcachas I	1.777707	371.87615
Vizcachas II	1.313934	111.75133

ALTA
MEDIA
BAJA

Fuente: Elaboración propia, 2005.

En términos comparativos se identificaron dos subcuencas que de acuerdo a la Tabla 40 y Fig.60 presentarían los indicadores más elevados en cuanto a su dinámica, por ende serían éstas las que presentarían mayor peligrosidad, para la población:

a) Subcuenca Sin Nombre:

Cuenca cuyo indicador de circularidad es medio; compacidad media, pero que posee baja pendiente de su cauce y alta pendiente de sus laderas, además presenta una respuesta rápida a las precipitaciones (alta torrencialidad) y un alto grado potencial erosivo.

b) Subcuenca Las Vizcachas I:

Cuenca cuyo indicador de circularidad es bajo; compacidad es alta, pero que posee baja pendiente de su cauce y alta pendiente de sus laderas, además presenta una respuesta rápida a las precipitaciones (alta torrencialidad) y un alto grado de potencial erosivo.

*Las demás subcuencas presentan las siguientes características:*

Subcuenca El Durazno:

Cuenca cuyo indicador de circularidad es bajo; compacidad alta, pero que posee alta pendiente de su cauce y sus laderas, además presenta una respuesta lenta a las precipitaciones y un bajo grado de potencial erosivo.

Subcuenca El Maqui:

Cuenca cuyo indicador de circularidad es bajo; compacidad alta, pero que posee media pendiente de su cauce y alta pendiente de sus laderas, además presenta una respuesta lenta a las precipitaciones y un bajo grado de potencial erosivo.

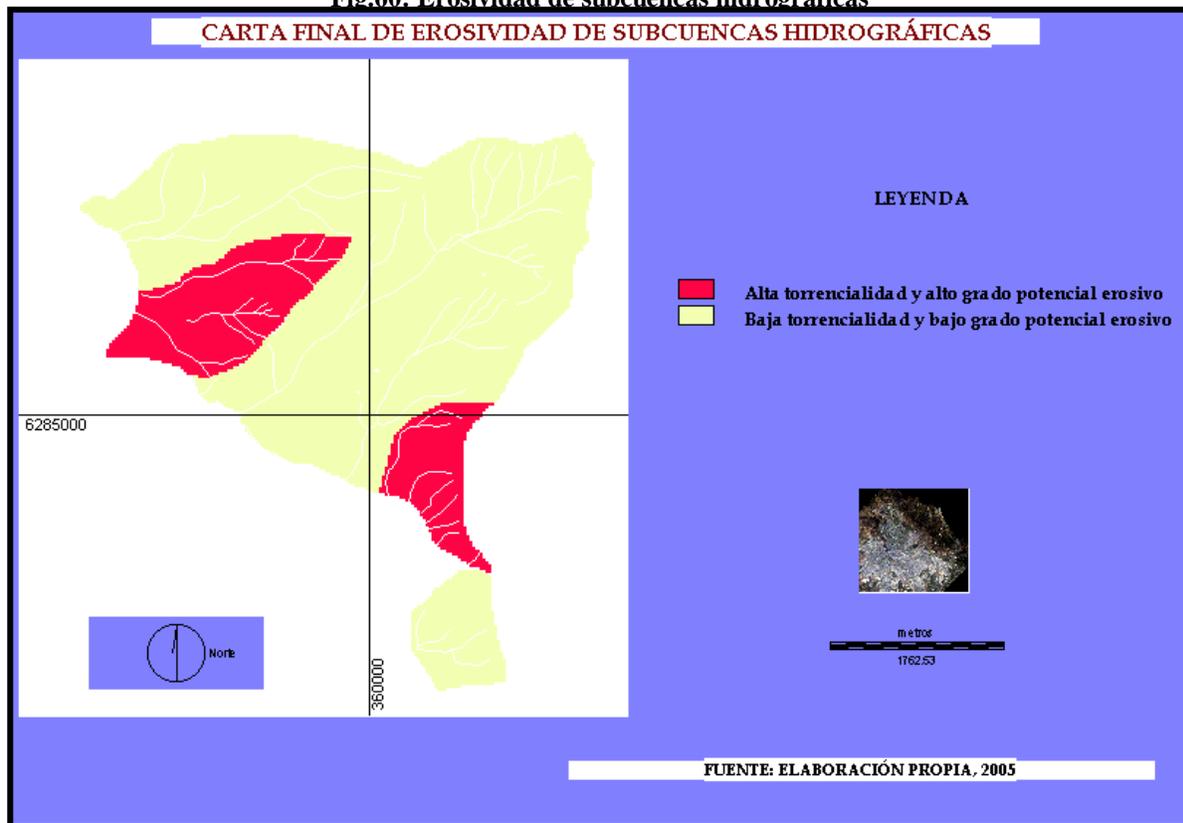
Subcuenca La Morfilana:

Cuenca cuyo indicador de circularidad es bajo; compacidad media, pero que posee alta pendiente de su cauce y pendiente media de sus laderas, además presenta una respuesta lenta a las precipitaciones y un bajo grado de potencial erosivo.

Subcuenca Las Vizcachas II:

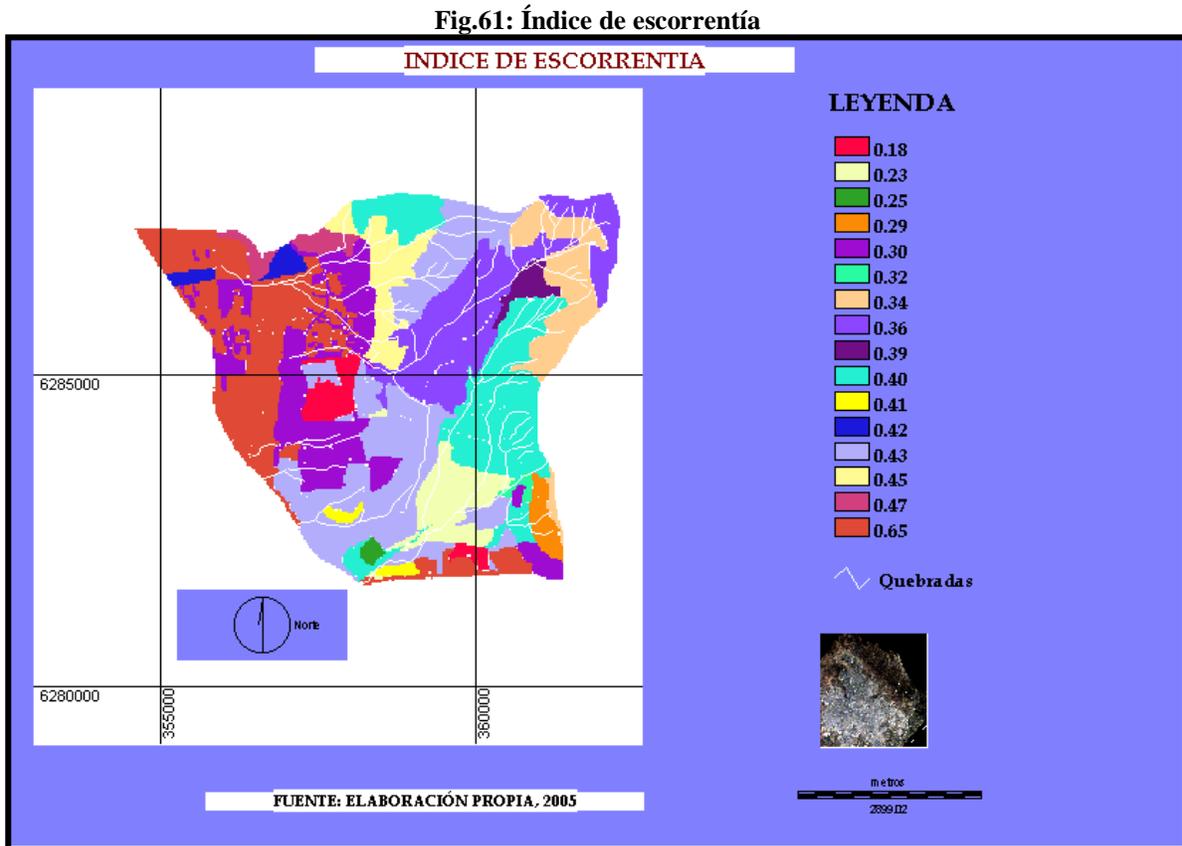
Cuenca cuyo indicador de circularidad es bajo; compacidad baja, pero que posee pendiente media de su cauce y baja pendiente de sus laderas, además presenta una respuesta lenta a las precipitaciones y un bajo grado de potencial erosivo.

**Fig.60: Erosividad de subcuencas hidrográficas**



## Índice de Escorrentía

En la Fig.61, se observa que existe un alto de índice de escorrentía en los sectores urbanizados con un valor de 0.65, mientras que el índice menor se presenta en los paños agrícolas y de vegetación densa, con suelos de textura francas, que permiten una mayor infiltración y una menor escorrentía, como queda demostrado en la carta.



### Caudales Máximos Instantáneos

Los métodos que se usan para estos efectos fueron el DGA – AC y el de Verni y King modificado, según lo que indica la Tabla 41, 42 y la Fig.62.

#### a) Cálculo caudal

**Tabla 41: Caudal máximo instantáneo según el método de DGA – AC y Verni y King Modificado.**

Subcuenca	Área (km <sup>2</sup> )	Precipitación en 24 hrs. con periodo de retorno de 10 años	Caudal DGA – AC m <sup>3</sup> /s	Caudal Verni y King modificado m <sup>3</sup> /s	Promedio
La Morfilana	3.0897	167.5	6.53	2.77	4.65
Sin Nombre	1.9044	167.5	4.2	1.81	3.01
El Durazno	5.1687	167.5	10.5	4.354	7.43
El Maquí	2.3040	167.5	5.0	2.14	3.57
Vizcachas I	1.0035	167.5	2.34	1.029	1.69
Vizcachas II	2.3040	167.5	2.05	0.908	1.48

Fuente: Elaboración propia, 2005.

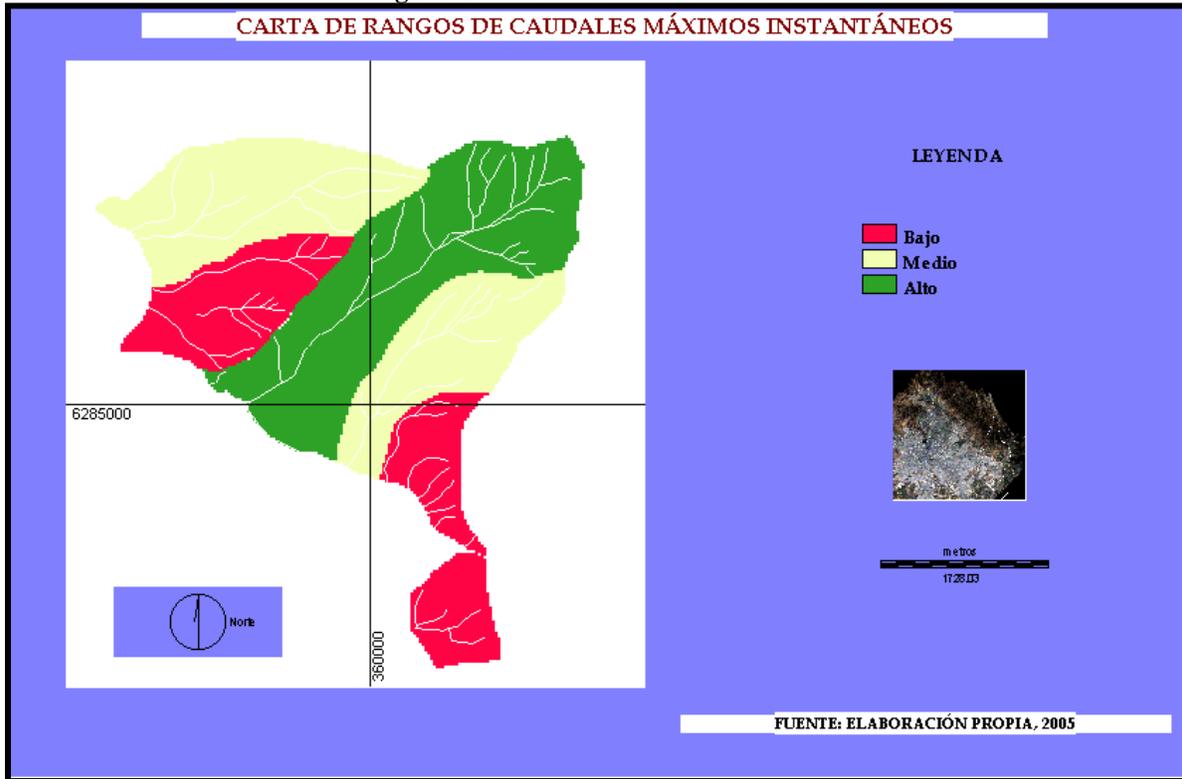
#### b) Rangos de caudales máximos instantáneos

**Tabla 42: Caudales máximos instantáneos**

RANGOS	CATEGORÍA
0.00 – 3.462	BAJA
3.462– 5.446	MEDIA
5.446 – 7.430	ALTA

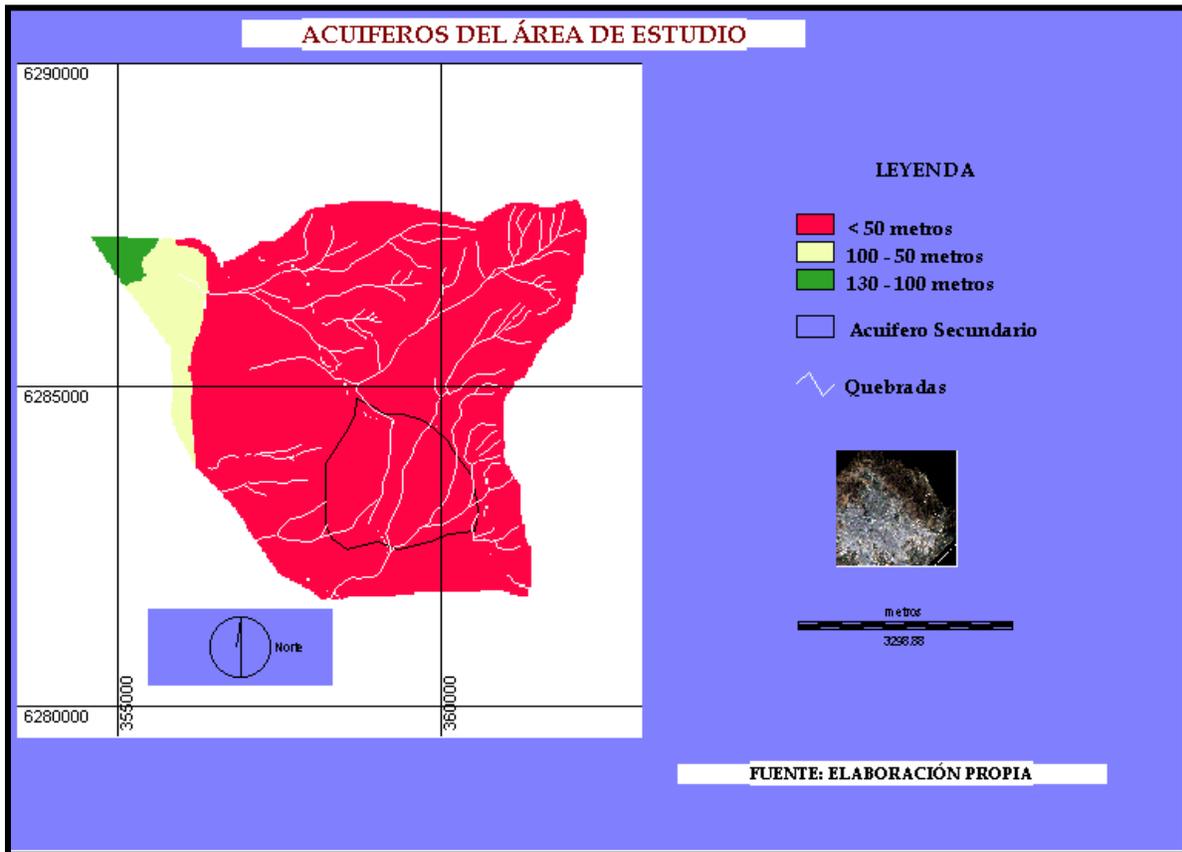
Fuente: Elaboración propia, 2005.

**Fig.62: Caudales máximos instantáneos.**



### **Acuífero o Napa Freática**

Las fluctuaciones poseen un carácter cíclico en la que los ascensos de nivel ocurren aproximadamente en el periodo comprendido entre diciembre y mayo, adelantándose dicho período, junto a las quebradas, por efecto de crecidas de invierno o verano que al recargar directamente la napa permiten una respuesta más rápida en los niveles. Dichas oscilaciones son mucho más notorias en las vecindades del río Maipo. En el área urbana la napa se ubica a profundidades entre 130 y 50 m., en que se mantiene una tendencia a disminuir hacia al este, llegando a profundidades menores de 50 m., según lo que indica la Fig.63. No obstante, en el sector el Llano de las Perdices, aunque se presenta el acuífero o napa principal, existe un acuífero superficial secundario conectado con los cursos superficiales.



**Fig.63: Acuífero o Napa Freática según su nivel de profundidad.**

**Canales:** La red de canales de regadío del área de estudio está formada por los canales: San Carlos, las Perdices y Maurino. El cuadro presenta los caudales máximos que pueden conducir estos canales (Tabla 43):

**Tabla 43: Caudales máximos de los canales.**

CANALES	CAUDALES MAXIMOS
SAN CARLOS	40 m <sup>3</sup> /seg
LAS PERDICES	35 m <sup>3</sup> /seg
MAURINO	4 m <sup>3</sup> /seg

**Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de Canalistas del Maipo. 2005.**

Estos canales, que tenían la finalidad de regar cultivos, chacras y frutales para mejorar la productividad de la zona central, hoy en día, son un problema para la zona urbana por los cuales atraviesan, ya que muchas veces se desbordan debido a la falta de mantenimiento o se convierten en receptores de aguas. *El canal San Carlos* con su orientación sur – norte, transporta aguas que abastecen a sectores de riesgo al norte y al poniente de la ciudad de Santiago, especialmente durante los meses de verano. Este cauce fue alcanzado en su orilla occidental por las nuevas construcciones de carácter residencial y comercial, lo cual genera problemas de seguridad para la

población que vive cerca y problemas de contaminación, para los usuarios que se localizan aguas abajo. *El canal las Perdices* atraviesa en dirección sur - norte por el área oriente de la comuna. El *canal Maurino*, riega el sector sur del piedmont, donde existen algunos cultivos anuales y frutales y corre en dirección suroriente a noroeste.

## **4.5 VARIABLE CLIMA**

### **Antecedentes generales**

El sistema de quebradas y piedmont, en términos generales, al igual que el resto de la Cuenca de Santiago está bajo el dominio de un clima templado cálido con lluvias invernales. Desde el punto de vista genético del clima, el área está bajo las influencias anticiclónicas cálidas y ciclónicas templadas alternadas, con el subclima de períodos secos en verano (ROMERO, 1985).

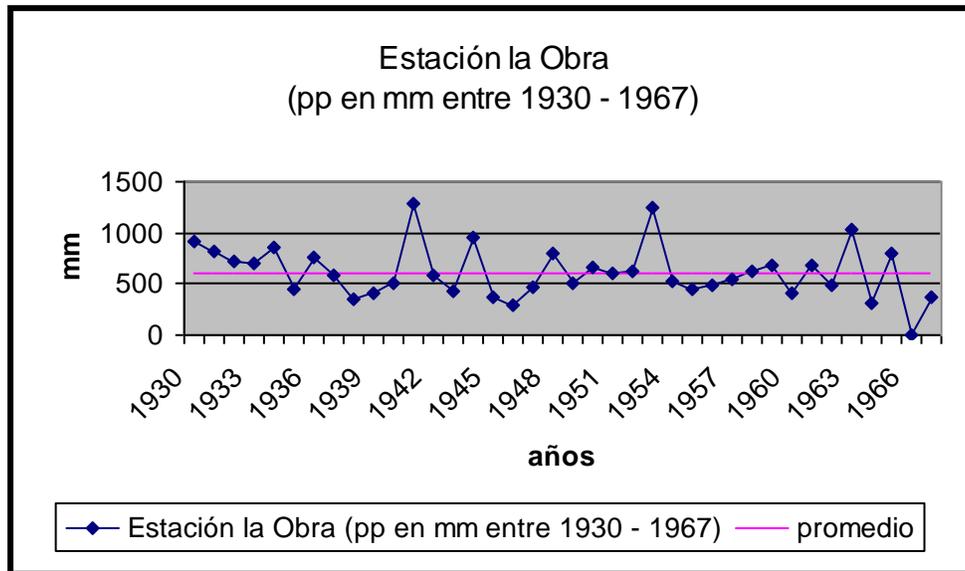
Por tanto, está afectada por condiciones de buen tiempo (estabilidad atmosférica, cielos despejados, alta temperatura durante el día) asociados a la presencia del Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur-oriental durante la mayor parte del año. Mientras que en el período invernal cuando el anticiclón se traslada hacia el norte, en general, se manifiestan los períodos de mal tiempo (inestabilidad atmosférica, precipitaciones, baja temperatura) asociados a la Circulación Ciclónica de Oeste y a las influencias del Anticiclón Frío Antártico.

La importancia del sistema de quebradas y piedmont, desde el punto de vista climático, se debe a su localización espacial en la vertiente de barlovento de la cordillera andina. Esta vertiente de la cuenca hace ascender las masas de aire que sufren una convención forzada provocando importantes gradientes, independientes de si estas masas sean componentes del flujo regional o de sistemas locales.

### **Precipitación**

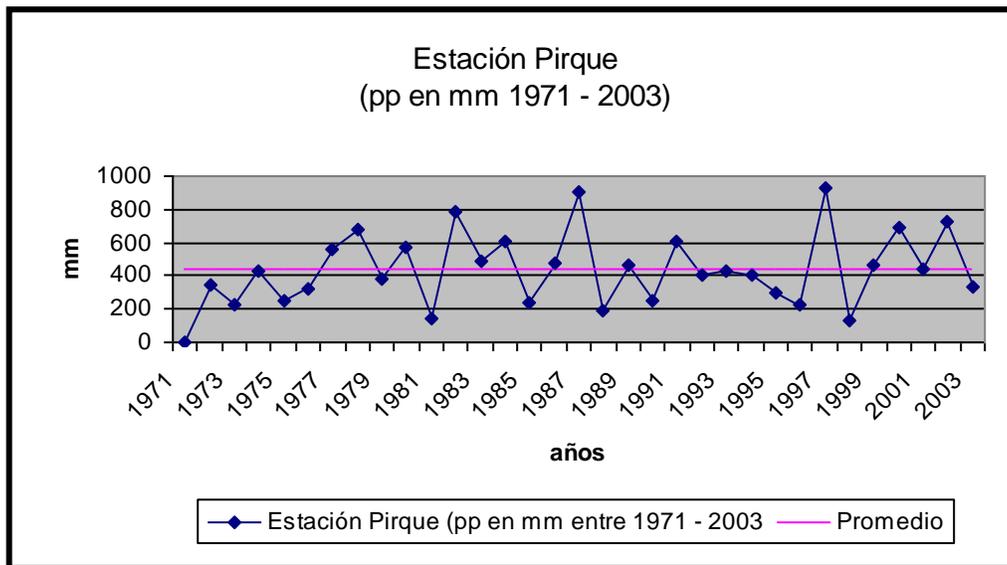
Las precipitaciones aumentan de 450 a 900 mm., entre los 850 y 2.000 m.s.n.m., pasado este límite las lluvias caen en forma sólida (Fig.64). Las subcuencas presentan un régimen nivo – pluvial, donde la isoterma 0°C define la superficie de cada cuenca que recibe el aporte de la nieve y el área que queda expuesta a la lluvia, por lo tanto, durante los días de precipitación de los meses de junio – septiembre presentan un nivel de nieves promedio relativamente bajo en relación al valor alcanzado durante el otoño. La altura del macizo permite un fuerte enfriamiento del aire que asciende por ella, efecto visible como una corona de nubes convectivas. Un fenómeno similar, pero originado en la relación del relieve con un sistema frontal, da lugar a una capa de nubes bastante densas responsables del aumento de las precipitaciones. De igual forma, son observables las turbonadas típicas de algunos veranos, de origen convectivo (ROMERO, 1985). La estación meteorológica de Pirque entre 1971 y 2003 (Anexo y Fig.65) presenta un promedio de precipitaciones de 436.55 mm., a una altura de 670 m.s.n.m. Mientras la estación meteorológica Obra del Maipo entre 1930 – 1967 presenta un promedio de 629.9 mm., a una altura de 1140 m.s.n.m (Anexo y Fig.66).

Fig.65: Precipitación Estación la Obra (1930 – 1967)



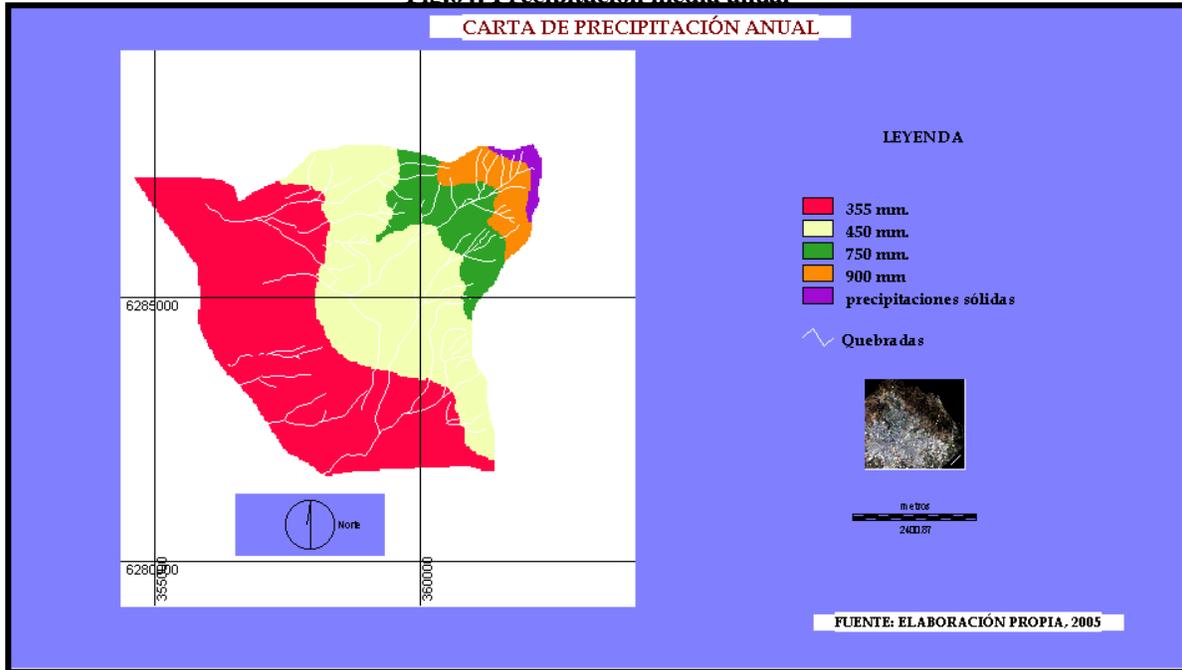
Fuente: Elaboración propia, a partir de base de datos DGA (1930 – 1967)

Fig.66: Precipitación Estación Pirque (1971 – 2003)



Fuente: Elaboración propia, a partir de base de datos DGA (1971 – 2003)

**Fig.64: Precipitación media anual**



## Temperatura

Romero (1985), se refiere respecto a las temperaturas medias anuales, que aumentan de 15 a 17 °C desde los 700 a los 1.000 m.s.n.m. (respectivamente), siendo esta última cota el límite de inversión térmica. Superando el límite de inversión las temperaturas disminuyen de 16 a 9 °C (Fig.67). Al respecto, se debe señalar que la gradiente positiva de temperatura es menor en las zonas próximas al río Maipo, como consecuencia de la influencia húmeda.

De acuerdo con lo anterior, es posible dividir esta unidad en dos ámbitos típicos: uno por debajo del nivel de inversión, caracterizado por gradientes térmicos positivos y otro por sobre dicho nivel, en el que las gradientes manifiestan signo negativo, posibilitando que las precipitaciones pasen a sólidas en la proximidad de los 2000 m.s.n.m.; esta situación tendrá efectos en la distribución de la humedad relativa y los vientos.

Las temperaturas mínimas medias del mes más frío, muestran también una fuerte gradiente negativo, con una disminución de 4° a 0°C en la zona próxima al Maipo y de 3° a 0°C en las zonas más alejadas; encontrándose, incluso gradientes de 1.5°C a 0°C en áreas enclaustradas, alejadas del efecto regulador del valle del río Maipo.

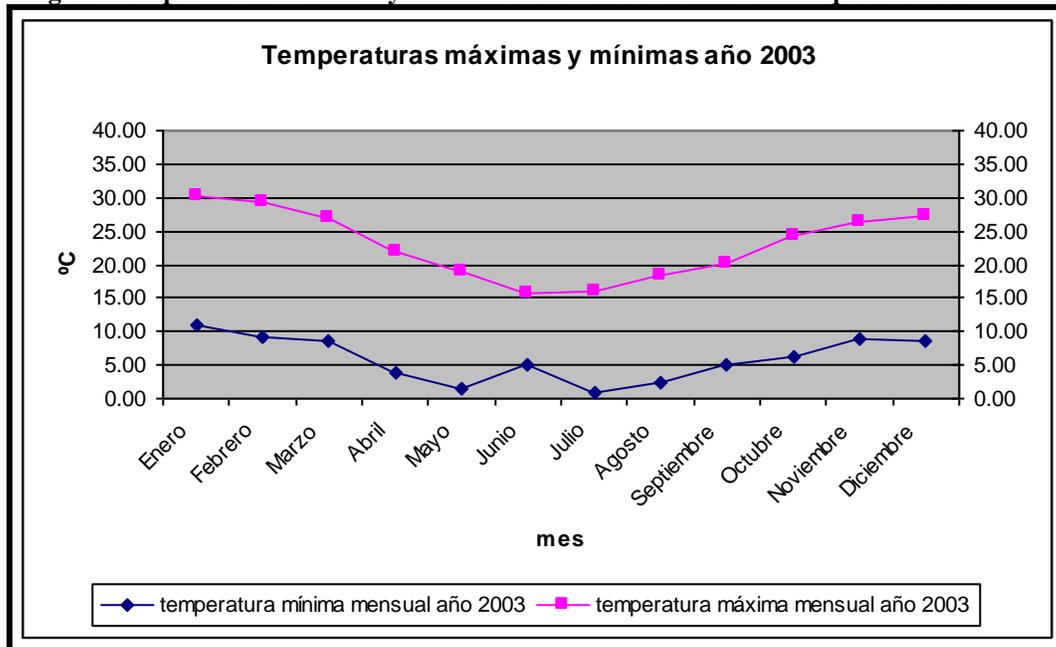
En la estación de Pirque (2003) se presentan las temperaturas máximas extremas en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, mientras que las temperaturas mínimas extremas se manifiestan en los meses de mayo, junio, julio y agosto (Tabla 44 y Fig.68).

**Tabla 44: Temperaturas máximas y mínimas extremas de la estación Pirque año 2003**

Mes	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)
Enero	30.11	10.89
Febrero	29.46	9.05
Marzo	27.08	8.53
Abril	22.01	3.73
Mayo	19.02	1.39
Junio	15.79	4.89
Julio	15.96	1.00
Agosto	18.36	2.35
Septiembre	20.27	4.94
Octubre	24.39	6.26
Noviembre	26.33	8.88
Diciembre	27.31	8.71

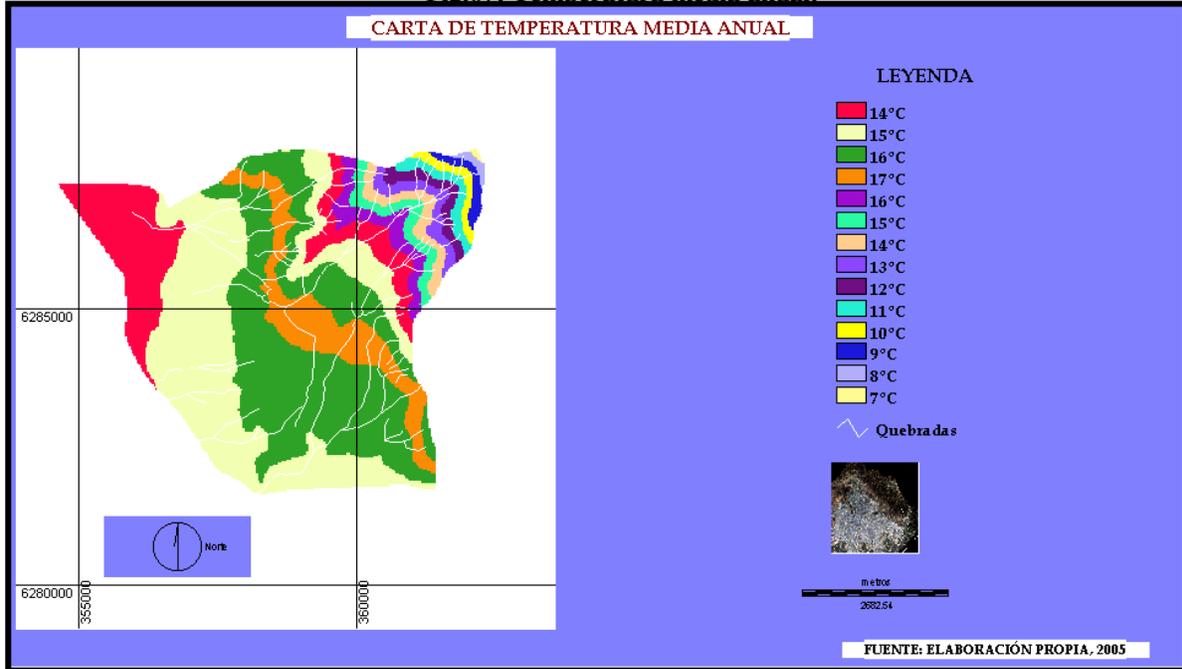
Fuente: Elaboración propia, a partir de base de datos de la DGA (2003).

**Fig.68: Temperaturas máximas y mínimas extremas de la estación Pirque año 2003**



Fuente: Elaboración propia, a partir de base de datos de la DGA (2003)

**Fig.67: Temperatura media anual.**



## Vientos

El comportamiento térmico de la unidad causa una serie de intercambios de aire entre las partes altas y bajas de la vertiente, pues el calentamiento diferencial del valle con relación a la vertiente genera un sistema de circulación de valle – montaña durante el día (anabáticos) y de montaña – valle durante la noche (catabáticos).

El cambio de temperatura por efecto de la altura permite que durante la noche descienda aire, que da lugar a franjas frías, típicas del piedmont andino. Este fenómeno se produce fundamentalmente en invierno, que es cuando la vertiente presenta una cubierta de nieve, que además de tener un alto albedo, enfría el aire circundante, que al ser más denso, desciende por la vertiente. Esta unidad es tanto receptora como generadora de masas de aire, por lo que se observan vientos que oscilan entre 3.5 y 7.5 nudos de sur a norte, bajo los 1000 m.s.n.m. Sobre esta cota la información es muy escasa (ROMERO, 1985). Se ha demostrado, sin embargo, que los vientos se aceleran y cambian de componente sur –oeste a sur, en la medida que aumenta la altura. De este modo, se tiene que en las partes altas de la vertiente, el viento posee componente sur y una velocidad media diaria superior a 10 nudos y una velocidad nocturna y matinal superior a 30 nudos, Debe considerarse también el hecho que durante los ascensos o descensos de masas de aire a través de los cajones

andinos, éstas sufrirán fuertes aceleraciones llamadas chorros, al toparse con secciones más angostas de dichos pasos.

### **Evapotranspiración potencial**

El calentamiento diferencial de las vertientes no sólo implica una mayor dinámica de los vientos sino también una mayor evapotranspiración potencial en comparación con las unidades climáticas del resto de la cuenca. Este fenómeno se ve favorecido con la altura y el gran número de exposiciones solares de la vertiente, especialmente las secciones que exponen hacia el oeste, además de la menor humedad producto de la mayor altura. Por todos los factores anteriores, la *evapotranspiración potencial fluctúa entre 120 y 150 mm., entre los ríos Maipo y Mapocho; y entre los 800 y 2.000 m.s.n.m. aumenta de 110 a 155 mm., (ROMERO, 1985).*

### **Humedad relativa**

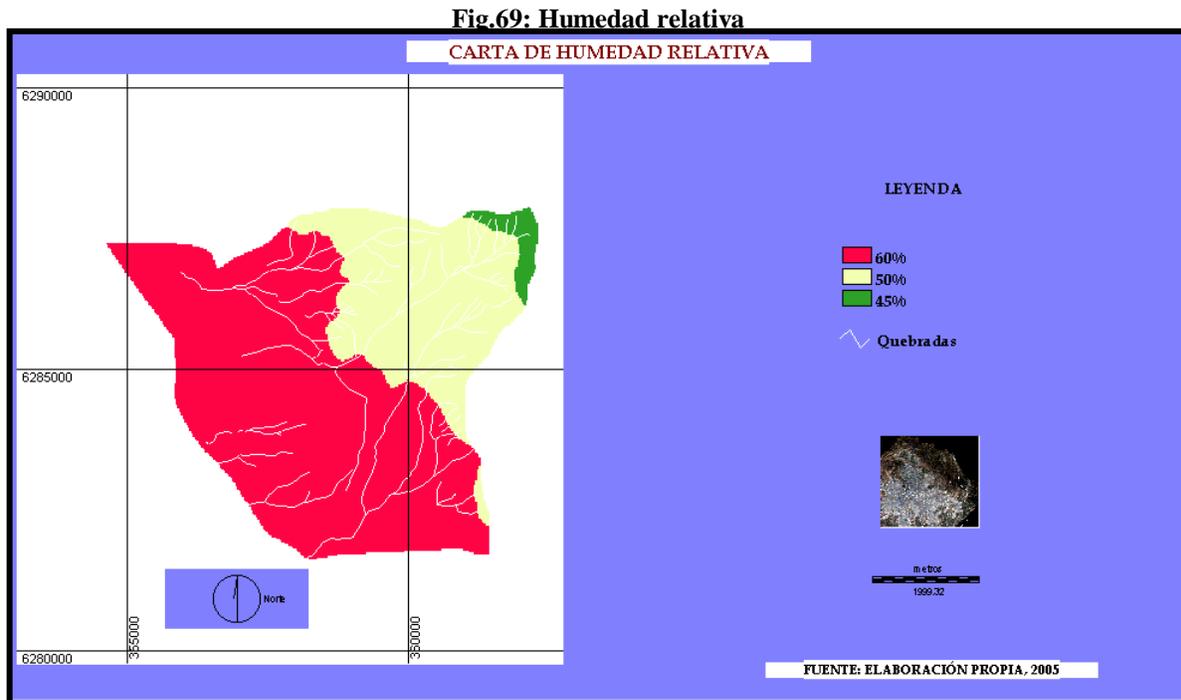
En cuanto a la humedad relativa, los mismos autores señalan que ésta no presenta grandes diferencias con las observadas en otras vertientes de la cuenca, por lo que a 1.000 m.s.n.m. el promedio anual es de 60% disminuyendo a 50% y a sólo 45% a los 1.900 y sobre los 2.000 m.s.n.m., respectivamente (Fig.69)

La humedad máxima se presenta en los meses de mayo, junio, julio y agosto, mientras la mínima se presenta de diciembre, enero y febrero (Tabla 45). No obstante, la media o promedio entre 1984 y 2003 es de un 67%.

**Tabla 45: Humedad relativa**

<b>Mes</b>	<b>media</b>	<b>máxima</b>	<b>Mínima</b>
<b>Enero</b>	<b>58.4</b>	<b>69</b>	<b>47</b>
<b>Febrero</b>	<b>60.4</b>	<b>70</b>	<b>43</b>
<b>Marzo</b>	<b>64.6</b>	<b>76</b>	<b>54</b>
<b>Abril</b>	<b>69.3</b>	<b>84</b>	<b>62</b>
<b>Mayo</b>	<b>73.7</b>	<b>88</b>	<b>63</b>
<b>Junio</b>	<b>74.2</b>	<b>81</b>	<b>60</b>
<b>Julio</b>	<b>74.2</b>	<b>82</b>	<b>60</b>
<b>Agosto</b>	<b>73.4</b>	<b>87</b>	<b>58</b>
<b>Septiembre</b>	<b>72.8</b>	<b>86</b>	<b>62</b>
<b>Octubre</b>	<b>67.3</b>	<b>80</b>	<b>58</b>
<b>Noviembre</b>	<b>62</b>	<b>71</b>	<b>51</b>
<b>Diciembre</b>	<b>58.8</b>	<b>70</b>	<b>49</b>

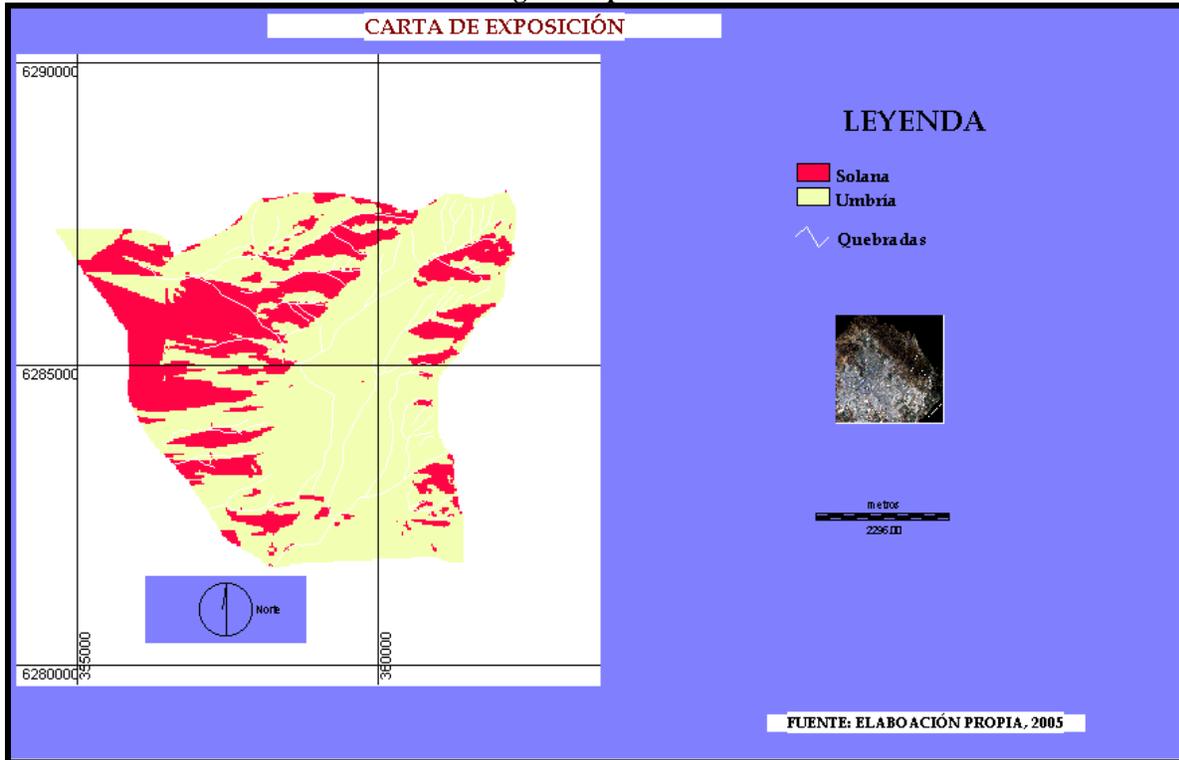
**Fuente:** Elaboración propia, a partir de base de datos de la D.G.A entre 1984 y 2003. Estación Pirque.



## Exposición

La exposición de las laderas del área de estudio es un factor condicionante para los procesos naturales, especialmente los movimientos en masa. Se observa que los talwegs orientados según eje este – oeste presentan perfiles asimétricos, de modo que los flancos sur poseen comparativamente pendientes menores y mayor desarrollo de la cobertura de suelos y vegetación. En cambio las laderas norte presentan fuertes pendientes y escaso desarrollo de suelos y vegetación, lo que se observa en la Fig.70.

**Fig.70: Exposición.**



### **Patrones térmicos entre 1989 - 2001**

Un fenómeno que es consecuencia de la generación del clima urbano es la isla de calor, producto de la modificación climática provocada por la urbanización. Este fenómeno consiste en la presencia de mayores temperaturas en las ciudades que en el medio que las rodea, especialmente de noche (YOKENS, 2001). Cabe hacer notar que el área urbana de la comuna de Puente Alto presenta altas temperaturas, asociada a los distintos usos de suelo. Se suma la mayor capacidad calórica de los materiales urbanos y el calor desprendido por las actividades urbanas, y los mismos habitantes de la comuna que contribuye al incremento térmico.

En 1989 las islas de calor presenta un 0.52% de superficie, mientras que en 1994 no se presenta y en el 2001 disminuye al 0.20% (Tabla 46, 47 y 48 y Fig.71, 72 y 73). En el 2001 este patrón se identifica territorialmente:

- En el sur poniente de la comuna de Puente Alto, perteneciente a un uso de suelo de carácter agrícola.
- En el centro de la comuna, perteneciente a un uso de suelo urbano consolidado.
- En el norte de la comuna en el sector los Toros, correspondiente a un uso de suelo urbano consolidado.
- En el nororiente del piedmont de la comuna de Puente Alto en los sectores Santa Rosa del Peral y el Open door, perteneciente a un uso de suelo de carácter agrícola.

En 1989 las islas de frío presenta un 2.48% de superficie, mientras que en 1994 presenta un 4.86% y en el 2001 un 5.53% (Tabla 46, 47, 48 y Fig.71, 72 y 73). En el 2001 este patrón se identifica territorialmente:

- En el nororiente de la comuna de Puente Alto, perteneciente al sistema de quebradas.

**Tabla 46: Patrón térmico año 1989 de la comuna de Puente Alto**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>ÁREA KM2</b>	<b>% ÁREA</b>
Islas frías	2.1897	2.48
Frío	9.1368	10.36
Medias	68.1129	77.20
Cálida	8.3322	9.44
Islas de Calor	0.459	0.52

Fuente: Elaboración propia, a través de imágenes satelitales Landsat TM (Banda Termal).

**Tabla 47: Patrón térmico año 1994 de la comuna de Puente Alto**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>ÁREA KM2</b>	<b>% ÁREA</b>
Islas frías	4.2912	4.86
Frío	15.0012	17.00
Medias	68.715	77.88
Cálida	0.2232	0.25
Islas de Calor	0	0.00

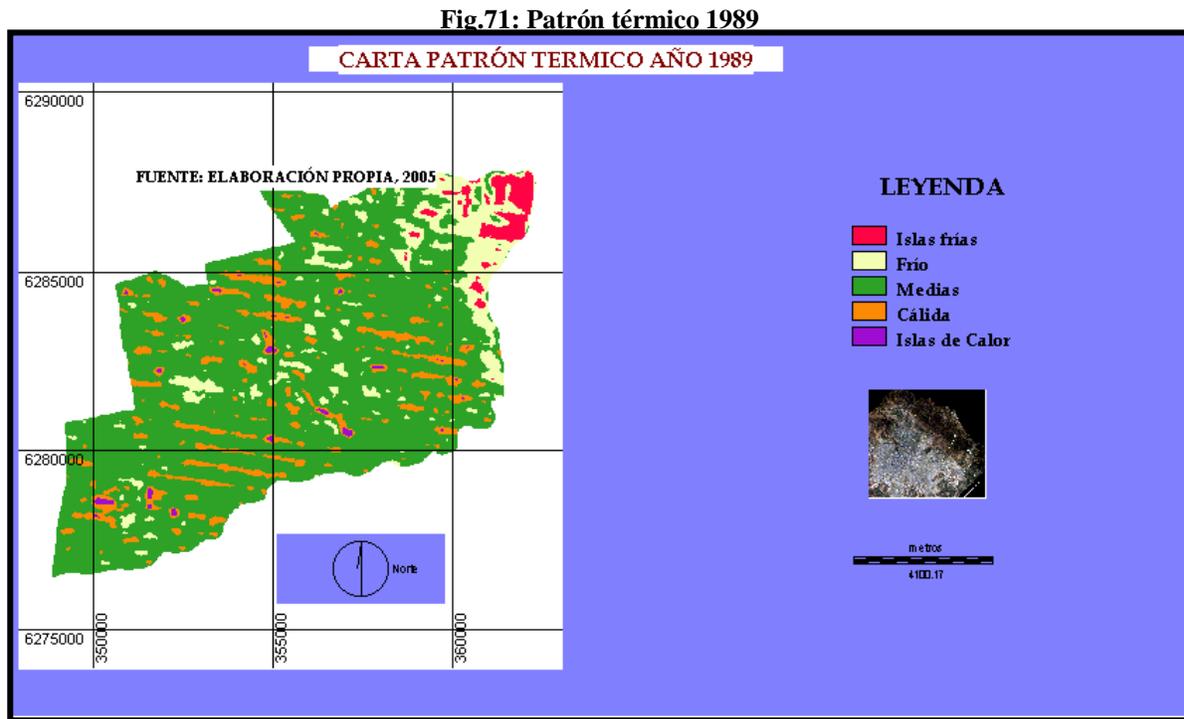
Fuente: Elaboración propia, a través de imágenes satelitales Landsat TM (Banda Termal).

**Tabla 48: Patrón térmico año 2001 de la comuna de Puente Alto**

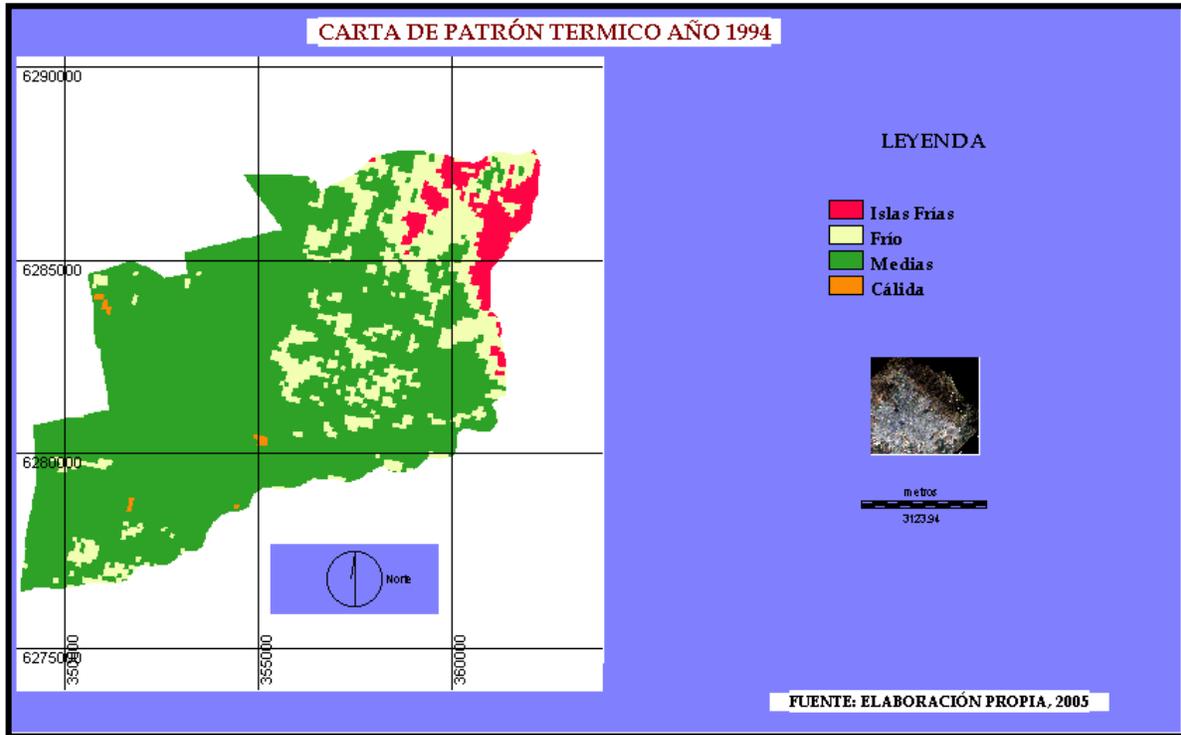
<b>CATEGORÍA</b>	<b>ÁREA KM2</b>	<b>% ÁREA</b>
Islas frías	4.8762	5.53
Frío	10.4238	11.81
Medias	66.8394	75.76
Cálida	5.9166	6.71
Islas de Calor	0.1746	0.20

Fuente: Elaboración propia, a través de imágenes satelitales Landsat TM (Banda Termal).

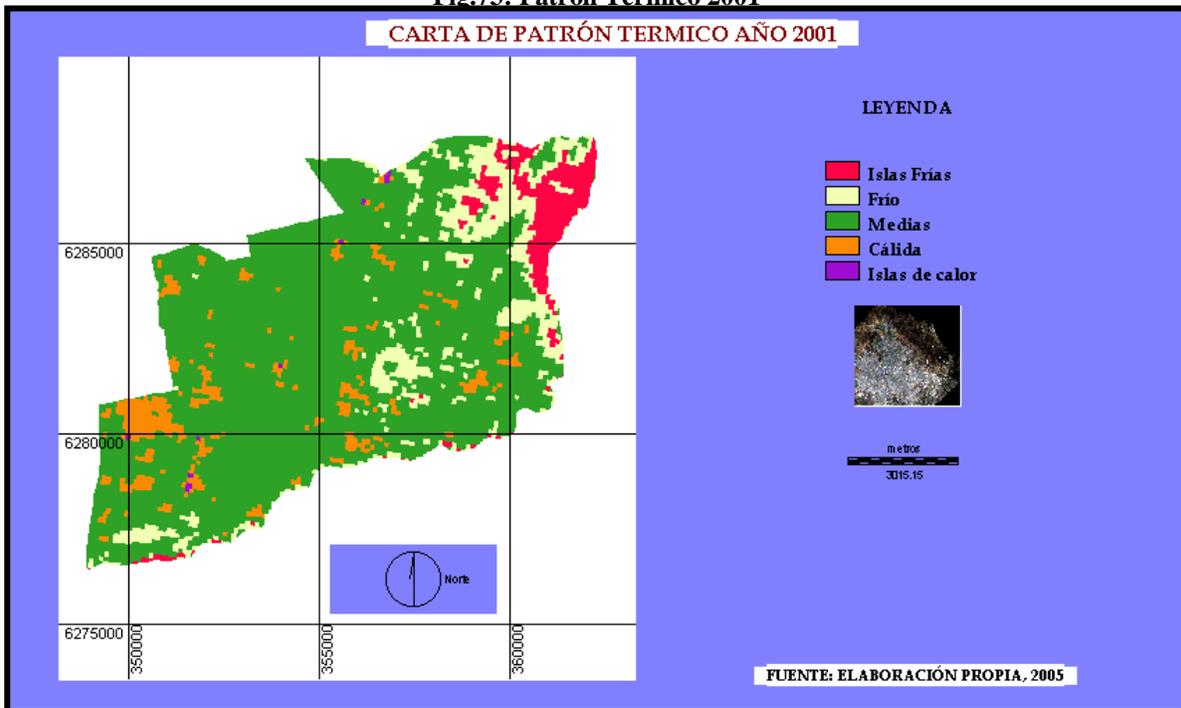
Mientras que el patrón térmico medio se ha mantenido estable y homogéneo territorialmente en la comuna de Puente Alto.



**Fig.72: Patrón Térmico 1994.**



**Fig.73: Patrón Térmico 2001**



## Condiciones de sequía

La sequía o marchitez contiene información sobre la reducción del vigor vegetal o condiciones de sequía contrastando la reflectancia de la cubierta.

Las categorías que presenta el sistema de quebradas y piedmont (Tabla 49 y Fig.74):

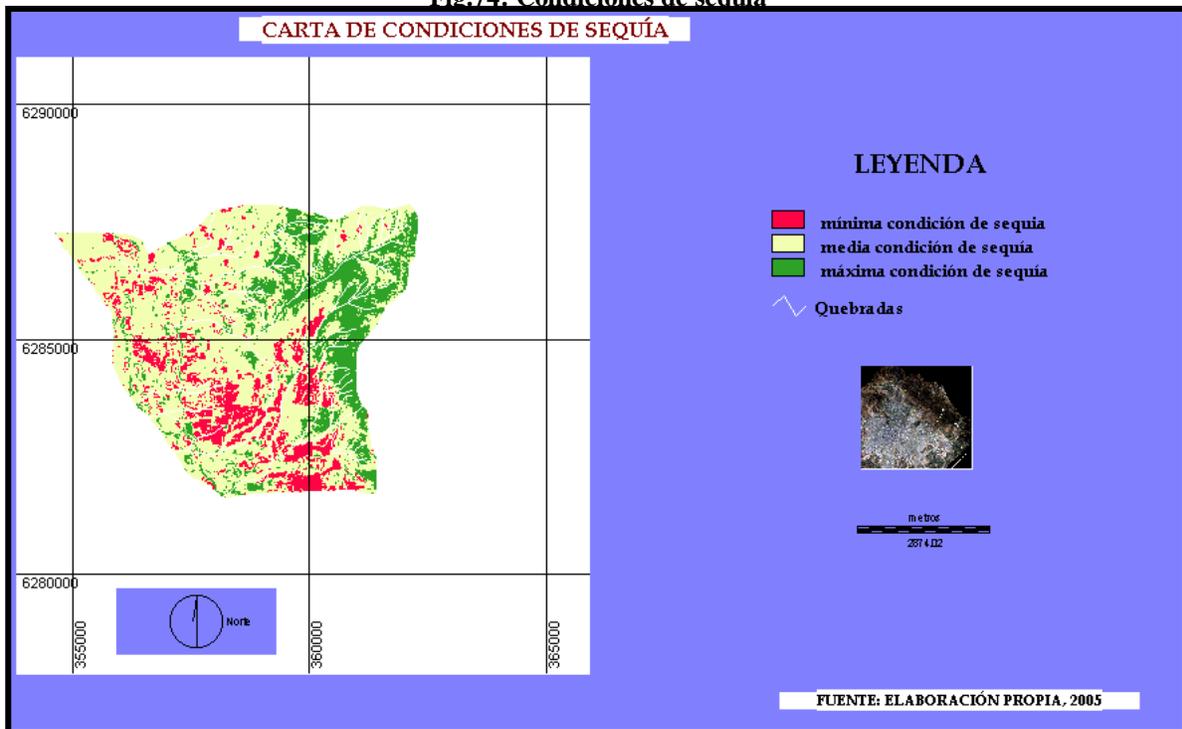
**Tabla 49: condiciones de sequía**

CATEGORÍAS	ÁREA	% ÁREAS
mínima condición de sequia	4.3803	13.96
media condición de sequía	20.3679	64.93
máxima condición de sequía	6.6222	21.11

**Fuente: Elaboración propia, a partir de imágenes satelitales Landsat TM (Banda índice Marchitez).**

La máxima condición de sequía se presenta con un 21.11% en el sistema de quebradas con una estructura concentrada a mayor altitud, a contrario, un patrón disperso se identifica en el piedmont de la comuna. No obstante, la mínima condición de sequía se presenta en el paño agrícola del piedmont.

**Fig.74: Condiciones de sequía**



## **Análisis de estadística de precipitaciones máximas anuales en 24 horas en la estación La Obra.**

a) Datos de la estación La Obra

**Tabla 50: Precipitaciones máximas en 24, 48 y 72 horas entre 1995 -2004**

<b>AÑO</b>	<b>Máxima Fecha</b>	<b>En 24 horas Precipitación (mm)</b>	<b>Máxima Fecha</b>	<b>en 48 horas Precipitación (mm)</b>	<b>Máxima Fecha</b>	<b>en 72 horas Precipitación (mm)</b>
1995	13/08	85.0	13/08	90.5	13/08	94.0
1996	13/06	52.5	13/06	55.0	03/04	60.0
1997	21/06	112.0	21/06	198.0	21/06	260.0
1998	10/05	36.0	10/05	38.0	09/04	40.0
1999	28/07	53.0	06/09	82.0	07/09	101.5
2000	13/06	167.5	12/06	244.5	13/06	290.5
2001	18/07	86.0	17/07	117.2	18/07	131.2
2002	03/06	137.2	02/06	215.6	03/06	292.2
2003	20/05	89.0	20/05	122.1	20/05	124.3
2004	12/11	148.3	12/11	168.3	12/11	168.5

**Fuente:** Elaboración propia, a partir de datos de MOP - DGA.

b) Lista de precipitaciones máximas anuales en 24 horas en orden decreciente, con su probabilidad de excedencia y periodo de retorno asociados según el método de Weibull.

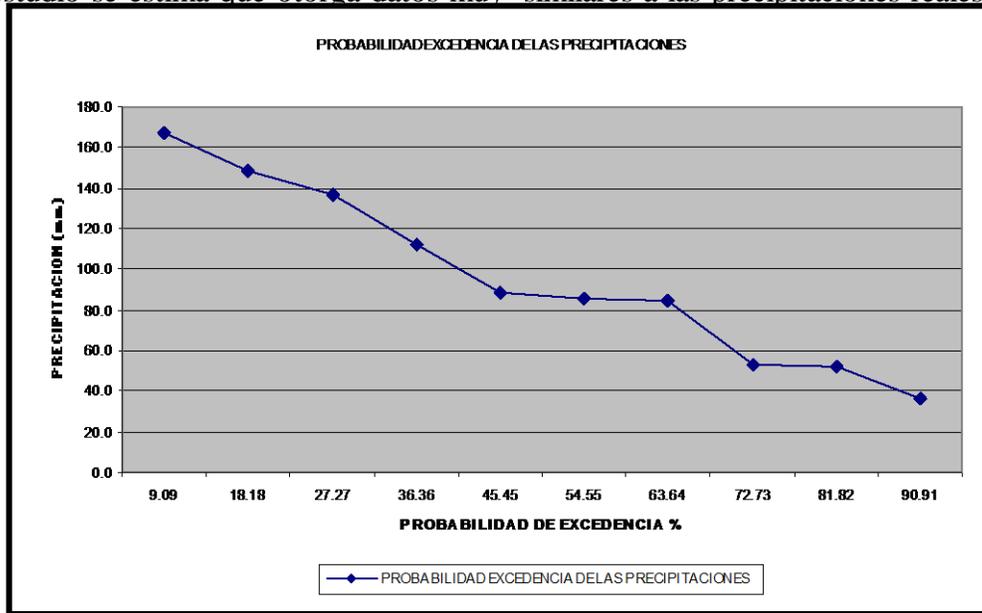
**Tabla 51: Período de retorno de 10 años y probabilidad de excedencia**

<b>Nº ORDEN</b>	<b>FECHA</b>	<b>PRECIPITACIÓN (mm)</b>	<b>PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA</b>	<b>PERIODO DE RETORNO</b>
<b>1</b>	<b>13-06-2000</b>	<b>167.5</b>	<b>9.09</b>	<b>11.00</b>
<b>2</b>	<b>12-11-2004</b>	<b>148.3</b>	<b>18.18</b>	<b>5.50</b>
<b>3</b>	<b>03-06-2002</b>	<b>137.2</b>	<b>27.27</b>	<b>3.67</b>
<b>4</b>	<b>21-06-1997</b>	<b>112.0</b>	<b>36.36</b>	<b>2.75</b>
<b>5</b>	<b>20-05-2003</b>	<b>89.0</b>	<b>45.45</b>	<b>2.20</b>
<b>6</b>	<b>18-07-2001</b>	<b>86.0</b>	<b>54.55</b>	<b>1.83</b>
<b>7</b>	<b>13-08-1995</b>	<b>85.0</b>	<b>63.64</b>	<b>1.57</b>
<b>8</b>	<b>28-07-1999</b>	<b>53.0</b>	<b>72.73</b>	<b>1.38</b>
<b>9</b>	<b>13-06-1996</b>	<b>52.5</b>	<b>81.82</b>	<b>1.22</b>
<b>10</b>	<b>10-05-1998</b>	<b>36.0</b>	<b>90.91</b>	<b>1.10</b>

**Fuente:** Elaboración propia, a partir de MOPT - DGA

Se analizaron datos de precipitaciones máximas en 24 horas para cada año entre 1995 y 2004 en la estación pluviométrica La Obra de la Dirección General de Aguas, la que por su cercanía con la

zona de estudio se estima que otorga datos muy similares a las precipitaciones reales de la zona de estudio, según lo indica la Tabla 50. De similar estudio



estudio, que Tabla 50 muestra de manera al

efectuado por HAUSER (1985 & GARRIDO, 1987), se calculó el monto de precipitaciones diarias asociado a ciertas probabilidades de excedencia y períodos de retorno, utilizando el método de Weibull.

El estudio de Hauser (1985) relacionado con la ocurrencia de flujos de detritos y de barro en el sector preandino de Santiago, se establece una relación genética entre el monto de las precipitaciones por día y el desencadenamiento de estos flujos, llegándose a configurar escenarios de alta probabilidad de ocurrencia de estos procesos si la lluvia supera los 60 mm., en 24 horas. Cabe anotar que en el período 2000 – 2004 se registraron sobre 60 mm., en 24 horas.

Según el análisis estadístico de los registros pluviométricos, se obtiene como resultado que el período de retorno de tal situación es de 1.57 años, con una probabilidad de excedencia del 63%. Respecto de las inundaciones este valor tiende a ser similar o inferior, ya que con cifras de 30 mm en 24 horas, los canales colectores tienden a colmatarse. El período de retorno de tal situación es de 1.10 años, con una probabilidad de excedencia de 90.91%, según lo que indica la Tabla 51 y Fig.75.

**Fig.75: Probabilidad de excedencia con un período de retorno**

### **Contenido de Humedad en el suelo**

Se presentan en el área de estudio los siguientes patrones de contenido de humedad en el suelo el año 2003, según lo que indica la Tabla 52 y la Fig.76.

**Contenido máximo de humedad:** se observa una estructura dispersa en la periferia poniente del piedmont.

**Contenido alto de humedad:** se presenta en forma heterogénea en el piedmont.

**Contenido medio de humedad:** se presenta en forma homogénea en el piedmont.

**Contenido bajo de humedad:** se observa en forma homogénea en el sistema de quebradas, mientras que en los sectores de Santa Rosa del Peral y Open door su forma es en parches.

**Contenido mínimo de humedad:** se presenta en forma concentrada en las quebradas el Durazno, el Maquí y las Vizcachas I y II.

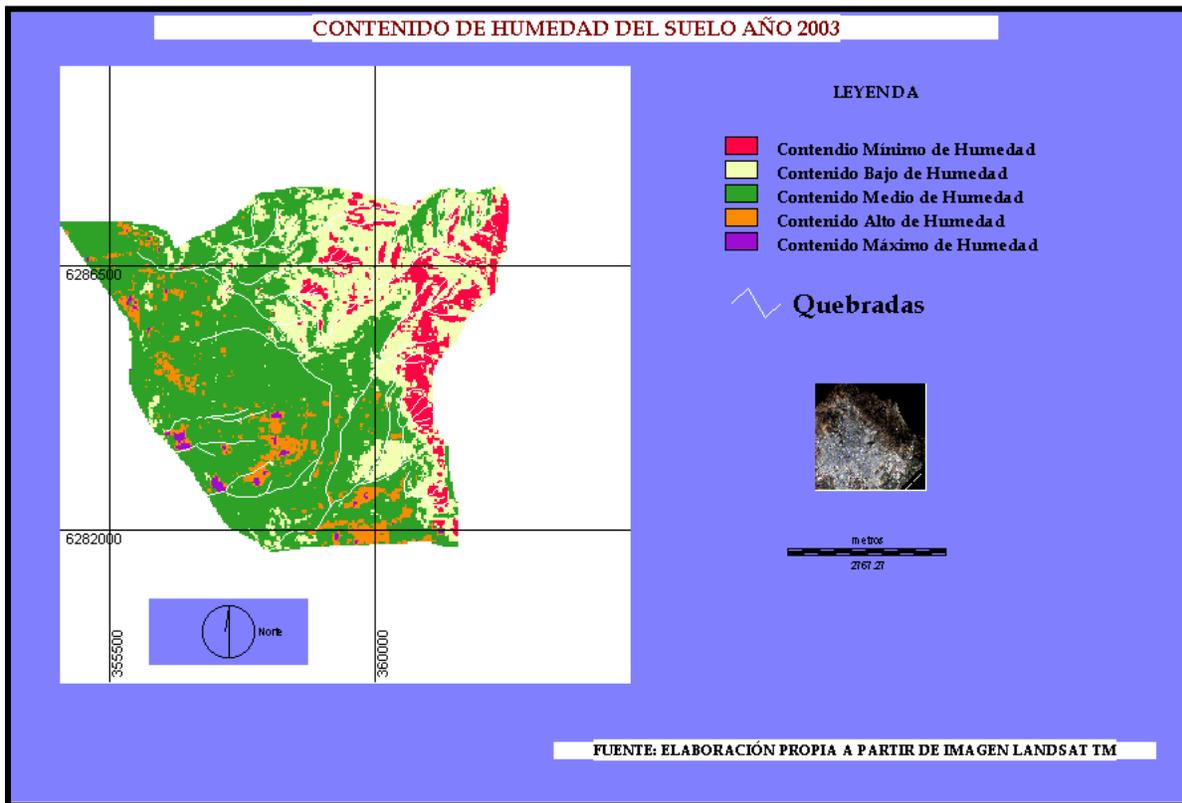
**Tabla 52: Áreas de suelos, según contenido de humedad año 2003.**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>ÁREA</b>	<b>% ÁREA</b>
Contenido Mínimo de Humedad	2.84	9.0

Contenido Bajo de Humedad	8.40	26.8
Contenido Medio de Humedad	18.10	57.6
Contenido Alto de Humedad	1.84	5.9
Contenido Máximo de Humedad	0.22	0.7

Fuente: Elaboración propia, a partir de imágenes satelitales Landsat TM (Banda Índice Brillo).

Fig.76: Contenido de Humedad del suelo año 2003.



#### 4.6 VARIABLE SUELO

**Tipología de suelos mediante la clasificación taxonómica por órdenes de suelo, según Soil Taxonomy y grupos principales de la FAO:** Esta clasificación considera las propiedades de los suelos no como una forma estática, sino como una expresión de procesos pedogenéticos. Los taxones representativos del área de estudio son lo que indica la Tabla 53 y Fig.77:

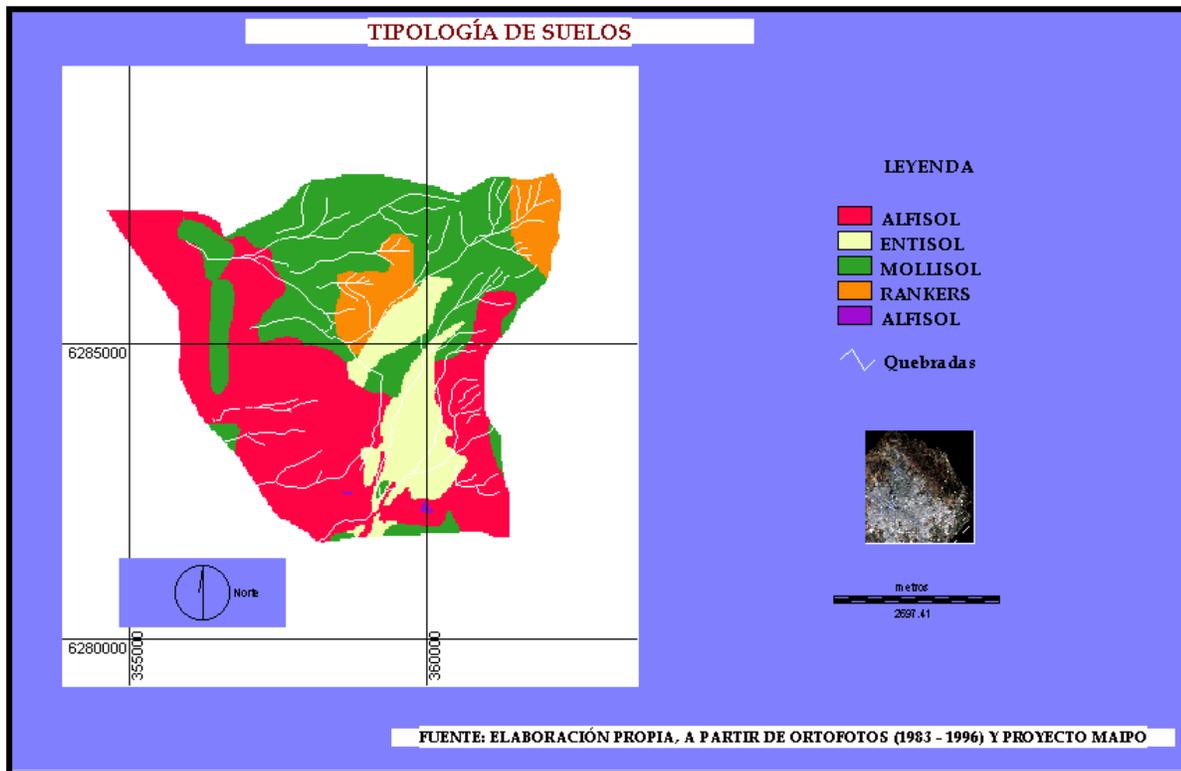
**Tabla 53: Tipología de suelos**

FAMILIA	HECTAREAS
ALFISOL	1397,617
ENTISOL	376,791
MOLLISOL	1104,184
RANKERS	259,215

**Fuente:** Clasificación taxonómica de suelos a partir de Ortofotos CIREN – CORFO 1983 y 1996.

**a) Alfisoles:** Estos suelos presentan un horizonte argílico, es decir, con presencia de arcilla translocada proveniente del horizonte más superficial. Tienen sobre un 35% de saturación de bases. Lo anterior implica que desde el punto de vista edáfico (relación suelo-planta), estos suelos son productivos, pero su fertilidad natural está limitada a los contenidos de materia orgánica que presenten y al manejo silvoagropecuario que se realice. Presentan un patrón espacial homogéneo en el piedmont y el cerro la Obra.

**Fig.77: Tipología de suelos**



izonte  
ánica,

oscuros, de buena estructura y un porcentaje de saturación de bases superior a un 50%. Predomina el calcio en el complejo de intercambio. Presentan un patrón espacial homogéneo en las subcuencas La Morfilana, Sin Nombre y El Durazno.

c) **Entisoles:** Son suelos jóvenes formados sobre abanicos aluviales recientes, sobre llanuras de inundación o en las montañas, carecen de horizontes desarrollados. El material que les da origen se encuentra poco alterado y generalmente han tenido, mayoritariamente, modificaciones físicas producto de la intemperización. El desarrollo de estos suelos está en equilibrio con la erosión geológica, es decir, a medida que se va formando nuevo suelo, éste va siendo extraído del sector por los agentes erosivos, en la escala de tiempo geológico. Su utilidad silvoagropecuaria es principalmente de vida silvestre, aún cuando algunos suelos de este orden pueden ser utilizados en ganadería extensiva o bien de uso forestal. Presentan un patrón espacial homogéneo en los conos de deyección, y los remanentes de piedmont El Durazno y El Maqui.

d) **Rankers:** son suelos pocos evolucionados de perfil A y C, que se ha desarrollado en la montaña en los sectores de la subcuenca y cabecera El Durazno y cabecera de la subcuenca El Maqui. A menudo son muy ácidos y con humus tipo Mor.

## Morfología de suelos

### Series de suelo

En este punto se presentan las diferentes series de suelo pertenecientes al sistema de quebradas y piedmont con su distribución espacial y el área correspondiente según lo que indica la Tabla 54.

**Tabla 54: Series de suelo y Misceláneos**

SERIE	HECTAREAS	PORCENTAJES
CHALLAY	999,526	31,85
LO PRADO	11,831	0,38
LO VASQUEZ	283,710	9,04
LOS MORROS	793,643	25,29
MAIPO	100,369	3,20
MISCELANEO COLUVIAL	364,960	11,63
MISCELANEO QUEBRADA	4,393	0,14
MISCELANEO RIO	19,005	0,61
SANTIAGO	4,289	0,14
SIN NOMBRE	112,312	3,58
TERRENOS ROCOSOS	146,902	4,68
TRANQUE	3,751	0,12
URBANO	293,115	9,34

Fuente: Elaboración propia, a partir de Ortofotos CIREN – CORFO 1983 y 1996.

En razón, a la distribución y área de las diferentes series, se presenta:

La Asociación Challay con una superficie de un 31.85% del total. Esta se caracteriza por presentar un patrón homogéneo en las subcuencas La Morfilana, Sin Nombre y El Durazno. La serie Maipo presenta un 3.20% de la superficie total, localizada al poniente del canal Las Perdices en forma de franja en dirección norte – sur. La serie de suelo Los Morros con una superficie de un 25.29% representando la mayor de todas y localizándose en el sector del Llano Las Perdices y Las Vizcachas, y finalmente, la serie Santiago en el sector las Vizcachas con un 0.14%.

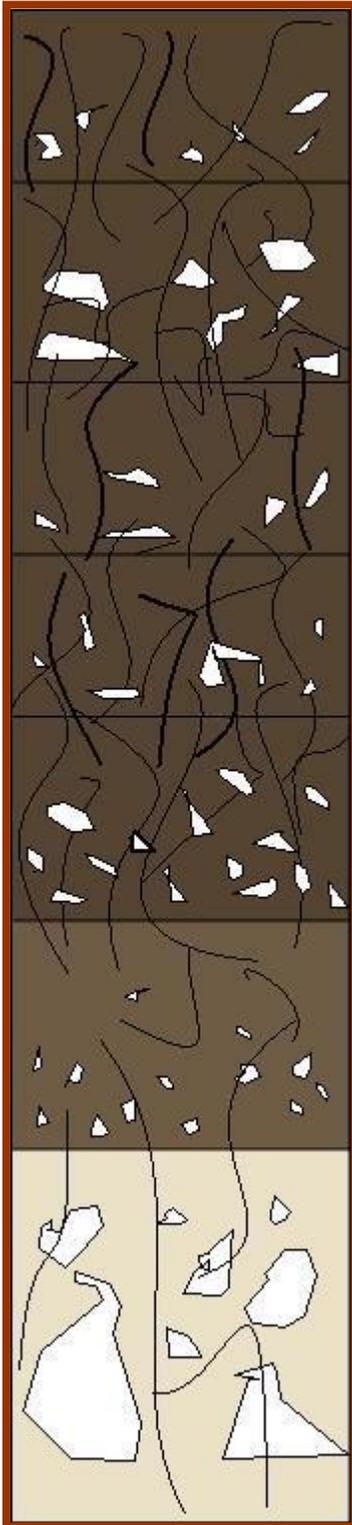
### **Serie Maipo:**

Según CIREN – CORFO (1996), son suelos de origen aluvial, profundos que se presentan en una topografía plana- con o sin relieve- en una posición de un gran cono aluvial que se extiende por decenas de kms., en ambos márgenes del río Maipo. El horizonte A es de color pardo muy oscuro en matices del 10 YR, textura franca y bien estructurada. El horizonte B cámbico presenta colores pardos oscuros en matices del 7,5 YR y del 10 YR, textura franca y estructura de bloques subangulares medios moderados. Los horizontes C1 y C2 son de colores pardo oscuros en matices del 7,5 YR, textura franco limosa con gravas finas y medias. En profundidad, el substratum se encuentra constituido por gravas y piedras con matriz franco arenosa que representa entre el 40 y 60% en volumen (Fig.78).

### **Serie Santiago:**

Según CIREN – CORFO (1996), son suelos de origen aluvial, moderadamente profundos o ligeramente profundos, que se presentan en una topografía plana- con o sin microrelieve- en una posición de un gran cono aluvial que se extiende por decenas de kilómetros en ambos márgenes del río Maipo. El horizonte Ap es de color pardo oscuro en matices del 10 YR o del 7,5 YR, textura franco arenosa fina y estructura de bloques subangulares finos débiles con una mezcla de granular fina débil en el 20%. El horizonte B es color pardo oscuro en matiz del 7,5 YR, textura franco arenosa y estructura de bloques subangulares finos débiles. El horizonte C1 es de color pardo oscuros en matices del 7,5 YR con 20 a 40% de pardo rojizo oscuro en matices del 5 YR, textura franco arenosa con 40 a 60% de gravas medias y finas y algunas piedras ocasionales, bloques subangulares medios y gruesos débiles. El horizonte C2, corresponde a un substratum de gravas y piedras con matriz franco arenosa, escasa (10-20%) donde penetran las raíces hasta los 100 cm. aproximadamente. El arraigamiento y la porosidad son buenos en los primeros 70 cm., (Fig.79).

**Fig. 78: Perfil de suelo Serie Maipo**



0 – 16 (Ap) pardo muy oscuro (10 YR 2/2); franca, bloques subangulares finos débiles con 15% de granular media débil; duro, friable, no plástico y ligeramente adhesivo; raíces finas y medias comunes; ph 8,0; límite claro lineal; 13 a 19 cm., de espesor

16 – 33 (A 12) pardo muy oscuro (10 YR 2,5/2); franca; bloques subangulares medios moderados; duro, friable, ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; raíces finas y medias abundantes; poros finos abundantes y medios comunes; ph 8,0; límite claro lineal; 9 a 21 cm., de espesor.

33 – 50 (B1) pardo muy oscuro a pardo oscuro (10 YR 2,5/2 – 7,5 YR 3/2); franco arcillosa; bloques subangulares medios moderados; duro, friable, ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; raíces finas y medias abundantes, poros finos abundantes y medios comunes; 5% de casquijos y gravas angulares; ph 7,8; límite claro lineal; 11 a 28 cm., de espesor.

50 – 74 (B2) pardo oscuro (7,5 YR 3/2) con 20% de pardo muy oscuro (10 YR 2,5/2); franco arcillosa; bloques subangulares medios débiles; duro, friable, ligeramente plástico y adhesivo; raíces finas y medias abundantes; poros finos abundantes y medios comunes; 10% de casquijos y gravas finas angulares; ph 7,7; límite claro lineal; 20 a 31 cm., de espesor.

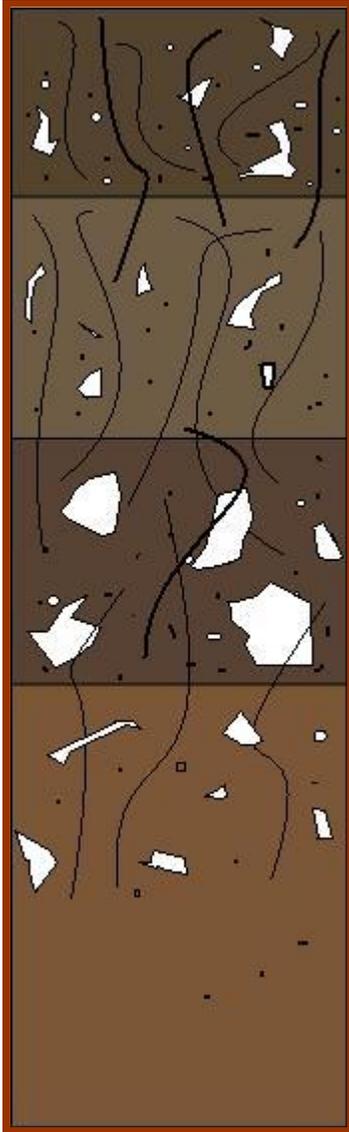
74 – 92 (C1) pardo oscuro (7,5 YR 3/2) con 20% de pardo oscuro (10 YR 3/3); franco arcillosa; bloques subangulares medios, débiles; duro, friable, ligeramente plástico y adhesivo; raíces finas abundantes y algunas raíces medias; poros finos abundantes; gravas frescas, muy finas, comunes y algunas gravas meteorizadas, aisladas; ph 7,7; límite gradual lineal; 12 a 26 cm., de espesor.

92 – 125 (C2) pardo oscuro (7,5 YR 4/2); franco limosa a franco arcillosa; masiva; duro, y friable, plástico y adhesivo; raíces finas comunes y algunas raíces medias; poros finos comunes a abundantes; 20% de gravas finas y medias principalmente frescas; algunas gravas meteorizadas, ph 7,6.

+ 170 substratum aluvial de gravas, piedras y matriz franco arenosa, materiales sueltos. Las raíces penetran con facilidad.

Fuente: Elaboración propia, a partir de Descripción de suelos (CIREN – CORFO, 1996)

Fig. 79: Perfil de suelo:  
Serie Santiago



0 – 15 (Ap) pardo oscuro (10 YR 3/3); franco arenosa fina; bloques subangulares finos débiles y 20% de granular fina débil; friable, no plástico y ligeramente adhesivo, raíces finas y medias abundantes; ph 7,8; límite claro lineal; 13 a 19 cm., de espesor.

15 – 35 (B) pardo oscuro (7,5 YR 3/2); franco arenosa, bloques subangulares finos débiles y algo de granular fina débil, muy friable, no plástico y ligeramente adhesivo; raíces finas abundantes; poros finos y medios abundantes; gravas finas aisladas de 1 a 2 cm. de diámetro; ph 8,1; límite abrupto ondulado; de 14 a 24 cm., de espesor.

35 – 70 (II C1) pardo oscuro (7,5 YR 3/2); con 20 a 40% de pardo rojizo oscuro (5 YR 3/3); franco arenoso con gravas medias y finas que representan entre 40 y 60% en volumen; bloques subangulares medios y gruesos débiles; muy friable, no plástico y no adhesivo; raíces finas y medias comunes; poros finos y medios abundantes; algunas piedras aisladas; ph 7,9; límite abrupto lineal; 18 a 42 cm., de espesor.

70 – 120 (y + II C2) substratum de gravas y piedras con 10 - 20% de matriz franco arenosa (7,5 YR 4/4), suelto, raíces penetran hasta 100 cm.

Fuente: Elaboración propia, a partir de Descripción de suelos (CIREN – CORFO, 1996)

## **Textura superficial**

Las texturas consideradas son aquellas dominantes en el suelo y subsuelo, donde la clase textural es definida por la limitante más fuerte del suelo o subsuelo o a la proporción relativa de los tamaños de las partículas del suelo, a saber: arcilla, limo y arena

De las diferentes clases texturales que se distribuyen en el área de estudio las que presentan mayor importancia es la clase textural “Franco – franco arcillo limosa y franco arenoso muy fino”.

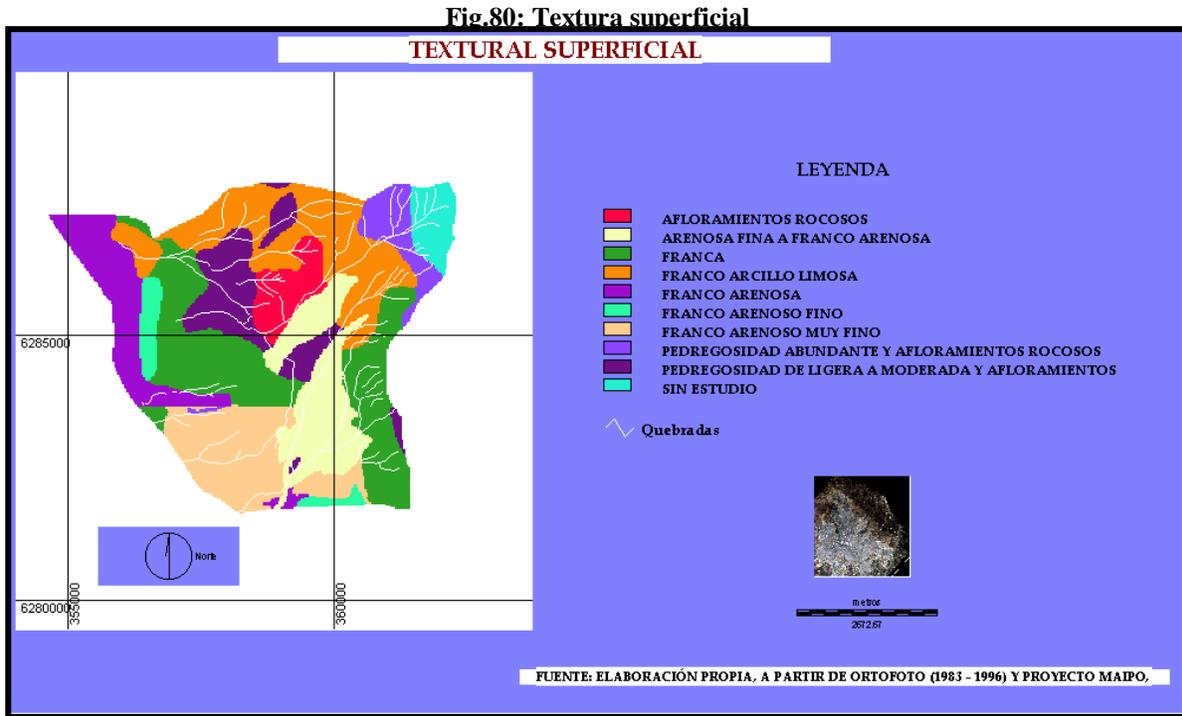
### **Características:**

- a) El triángulo textural del sistema U.S.D.A lo representa como Franco con un 40% de arena, 20% de arcilla y 40% de limo. Textura superficial moderadamente gruesa. Se presenta en el sector medio del piedmont y el cerro La Obra (Tabla 55 y Fig.80).
- b) El triángulo textural del sistema U.S.D.A lo representa como Franco arcillo limosa con un 10% de arena, 35% de arcilla y 55% de limo. Textura superficial moderadamente fina. Se presenta en los sectores de las subcuencas La Morfilana, Sin Nombre y El Durazno (Tabla 55 y Fig.80).
- c) El triángulo textural del sistema U.S.D.A lo representa como Franco arenoso muy fino con un 70% de arena, 10% de arcilla y 20% de limo. Textura superficial media. Se presenta en los sectores del Llano de las Perdices (Tabla 55 y Fig.80).

**Tabla 55: Textura superficial en hectáreas y porcentajes**

<b>TEXTURA</b>	<b>HECTAREAS</b>	<b>PORCENTAJE</b>
AFLORAMIENTOS ROCOSOS	146,90	4,68
ARENOSA FINA A FRANCO ARENOSA	383,96	12,24
FRANCA	691,77	22,05
FRANCO ARCILLO LIMOSA	554,19	17,66
FRANCO ARENOSA	304,95	9,72
FRANCO ARENOSO FINO	86,18	2,75
FRANCO ARENOSO MUY FINO	407,81	13,00
PEDREGOSIDAD ABUNDANTE Y AFLORAMIENTOS ROCOSOS	140,40	4,47
PEDREGOSIDAD DE LIGERA A MODERADA Y AFLORAMIENTOS	309,33	9,86
SIN ESTUDIO	112,31	3,58

**Fuente:** Elaboración propia, a partir de Descripción de suelos (CIREN – CORFO, 1983 y 1996).



## Grupos hidrológicos

Para la definición de los tipos de suelos, el USSCS distingue entre infiltración como el proceso por el cual el agua penetra el suelo y transmisión (transmisibilidad), que corresponde al movimiento gravitacional del agua en el suelo, el cual es controlado por las características de las distintas capas de suelo.

En el piedmont y en el sistema de quebradas se distinguen solamente dos grupos hidrológicos, la “A” y la “B”:

El Grupo “A” se caracteriza:

- bajo potencial de escorrentía.
- alta tasa de infiltración aún estando completamente húmedos.
- consisten principalmente de arenas y gravas profundas y de buen drenaje
- alta transmisibilidad.

El Grupo “B” se caracteriza:

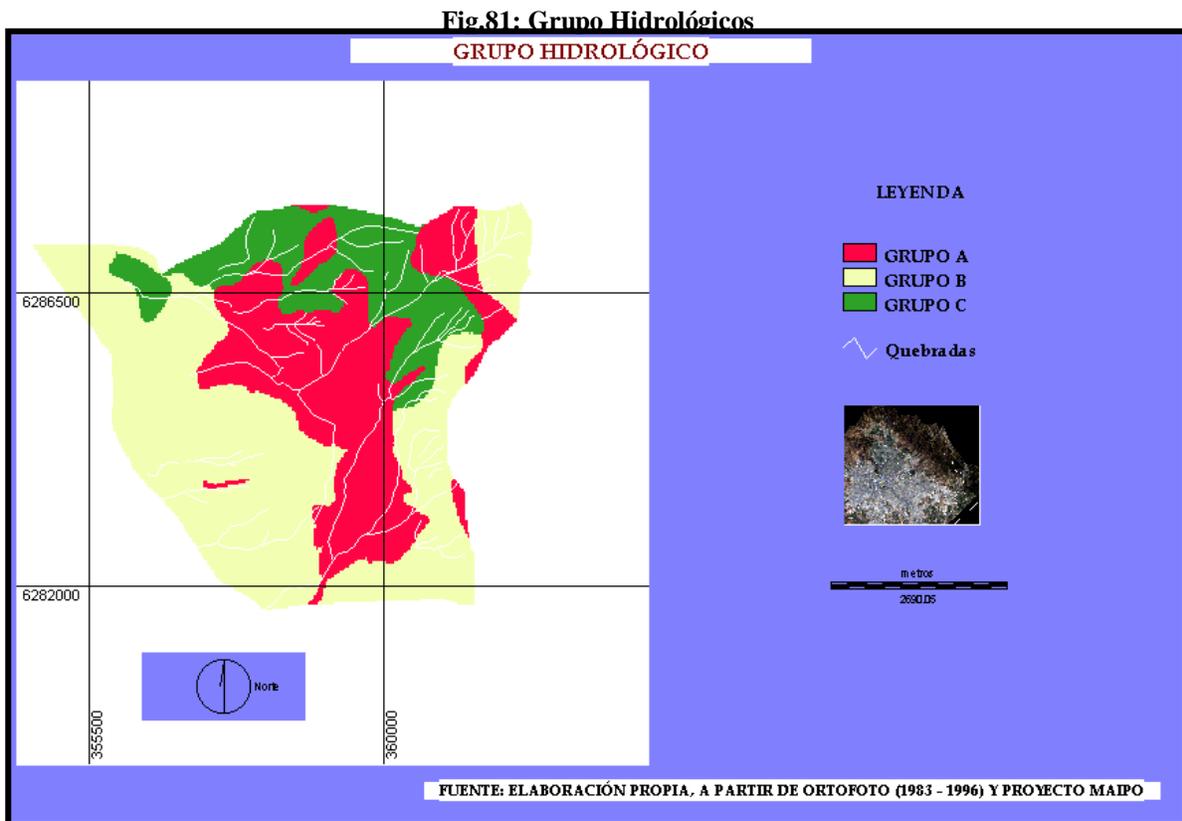
- tasas moderadas de infiltración cuando están totalmente húmedos.
- Moderada capacidad de drenaje.
- Textura moderadamente fina a moderadamente gruesa.

En el sistema de quebradas y piedmont el grupo “A” (Tabla 56 y Fig.81) representa un 31.25% de la superficie total y localizado en el piedmont en forma de franja en dirección norte – sur. El grupo B representa un 51.09% de la superficie total y localizada en los sectores Santa Rosa del Peral, El Peral y El Llano de las Perdices. El grupo C se presenta en los sectores de la subcuencas la Morfilana, Sin Nombre y El Durazno (Tabla 56 y Fig.81).

**Tabla 56: Grupo Hidrológico en Hectáreas y porcentajes**

GRUPO HIDROLOGICO	HECTAREAS	PORCENTAJE
A	980,59	31,25
B	1603,02	51,09
C	554,19	17,66

Fuente: Elaboración propia, a partir de Descripción de suelos (CIREN – CORFO, 1996)



### Capacidad de uso del suelo

En el área de estudio se presentan las siguientes capacidades de uso más representativas (Fig.82 y Tabla 57):

**Capacidad de Uso VII:** Tierras adaptadas sólo para empastadas y/o uso forestal, pero bajo un manejo cuidadoso, ya que las fuertes pendientes, mayor susceptibilidad a la erosión, severa alcalinidad, poca profundidad u otras, lo hacen requerir. Se presentan en las vertientes de las subcuencas. Representadas con un 42.65% del área total. Se caracteriza por un tipo de limitaciones de riesgo de erosión o efectos de antiguas erosiones.

**Capacidad de Uso VIII:** Terrenos aptos sólo para vida silvestre, recreación y/o protección de cuencas hidrográficas. Se presentan en las vertientes de las subcuencas Sin Nombre y El Durazno. Representadas con un 17.75% del área total.

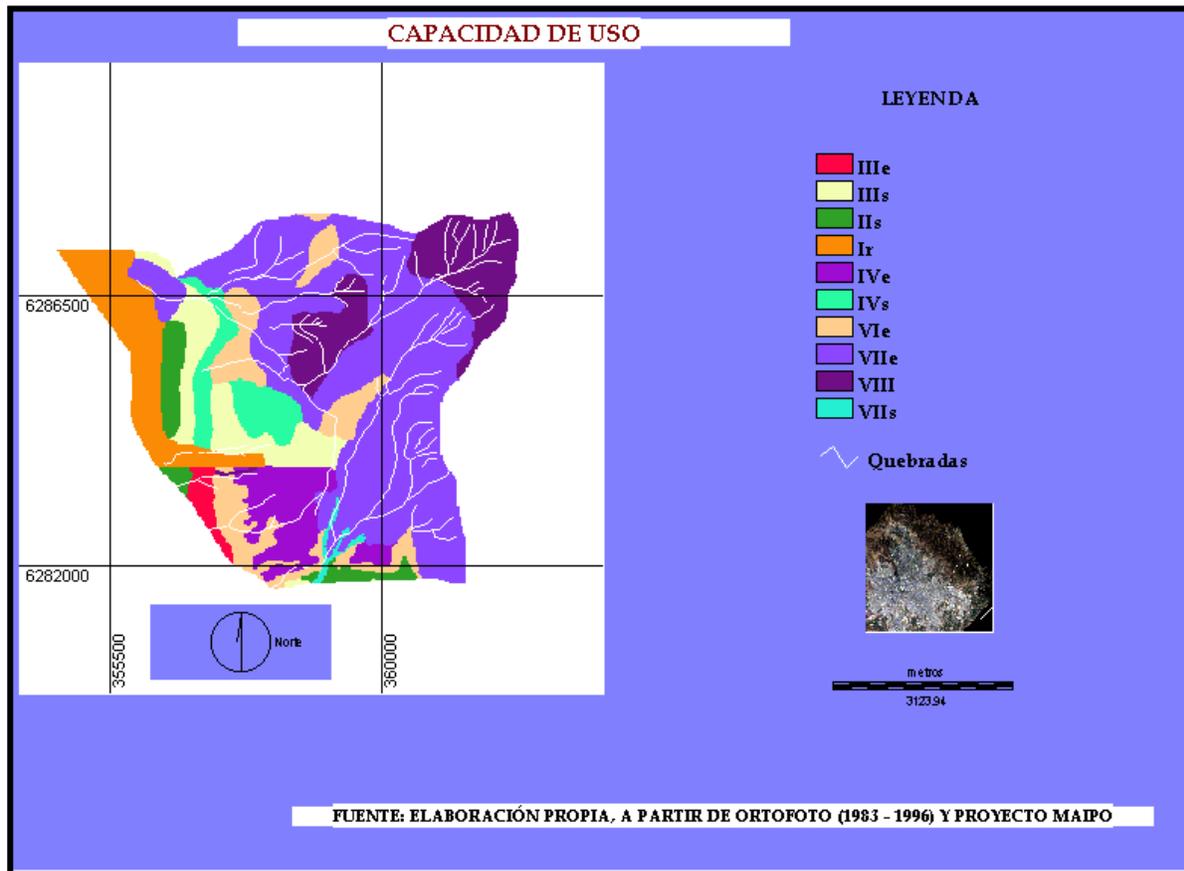
**Capacidad de Uso VI:** con un 10.31% de la superficie total, significa tierras buenas para pastoreo y/o forestales, y no arables debido a las fuertes pendientes, poca profundidad del suelo, alcalinidad, susceptibilidad a la erosión u otras. Se presenta en forma heterogénea en las subcuencas y el piedmont. Se caracteriza por un tipo de limitaciones de riesgo de erosión o efectos de antiguas erosiones.

**Tabla 57: Capacidad de uso en hectáreas y porcentajes.**

CAPACIDAD DE USO	HECTAREAS	PORCENTAJES
Ir	293,12	9,34
IIs	112,20	3,58
IIIe	43,95	1,40
IIIs	233,65	7,45
IVe	210,38	6,70
IVs	164,18	5,23
VIe	323,57	10,31
VIIs	19,01	0,61
VIIe	1338,15	42,65
VIII	399,61	12,74

Fuente: Elaboración propia, a partir de Descripción de suelos (CIREN – CORFO, 1996)

**Capacidad de Uso I:** Tierras muy buenas para todo tipo de cultivo y sin limitaciones, principalmente por sus excelentes cualidades se recomiendan para cultivos agrícolas. Representa un 9.34% de la superficie total. En la actual zona urbanizada.



**Fig.82: Capacidad de Uso del Suelo**

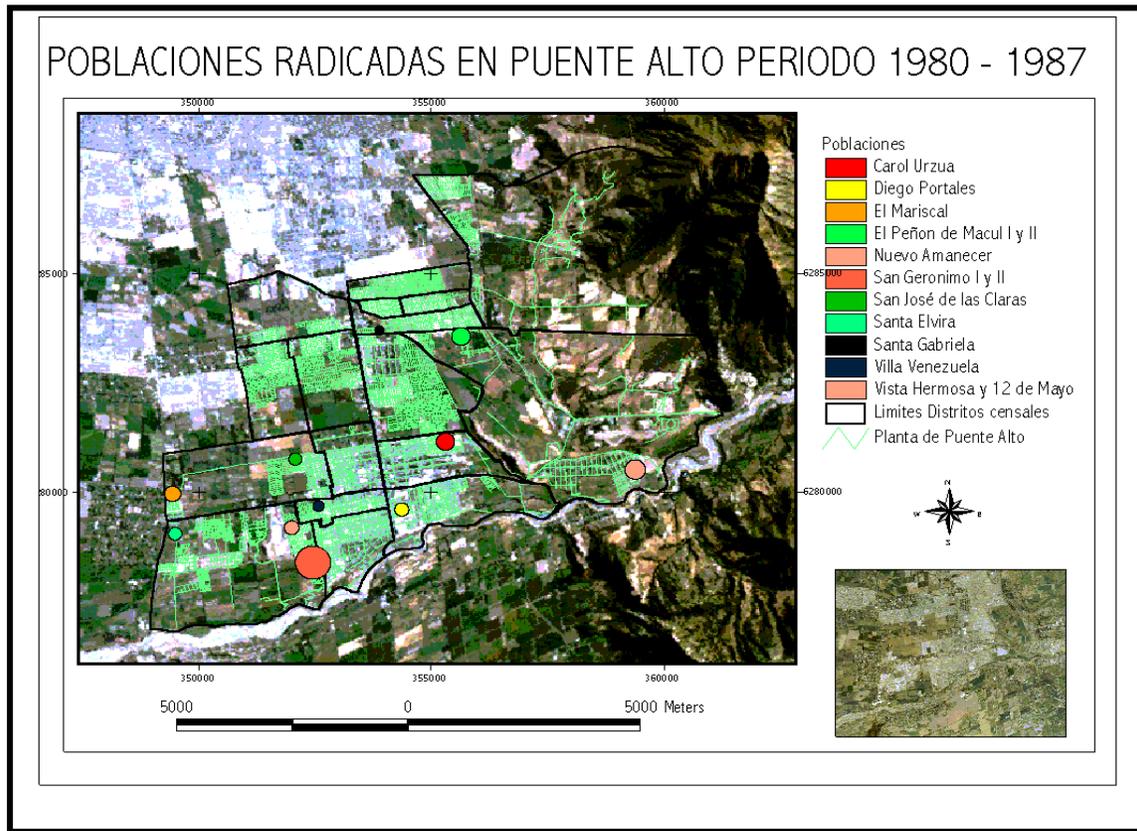
#### **4.7 EVOLUCIÓN Y CARACTERIZACIÓN SOCIOESPACIAL DE LA COMUNA**

Los resultados obtenidos de los censos del año 1982 hasta el último en el año 2002, muestran que la comuna de Puente Alto destaca por registrar un enorme crecimiento de población, expresado entre los años 1982 y 1992 por un 8.44 %, valor que la posiciona junto a La Pintana y Maipú como uno de los grandes polos de crecimiento de la capital (Tabla 58). Además, esto se puede contrastar con la tasa de crecimiento de la población del Gran Santiago (1.9 %) lo que indica que la tasa de la comuna de Puente Alto es muy superior al promedio en el período de tiempo señalado.

Entre los años 1992 y 2002 la comuna presentó una tasa de crecimiento de un 7%, mientras que el Gran Santiago registró una tasa de un 1.4%, lo cual indica el grado de diferencia que existe entre los resultados expresados por la dinámica en Puente Alto y el Gran Santiago, esto apoyado por una tendencia de crecimiento ascendente de 3.3 % (1970-1982), 8.44 % (1982-1992) y 7 % para el período 1992- 2002.

Al considerar los procesos históricos que dan paso a la manifestación de estas tendencias, se desprende que el crecimiento experimentado por la comuna en el período 1982 a 1992 como consecuencia del Programa de Erradicación y Radicación Forzada 1979 y 1985 (Fig.83), registrándose entre 1987 y 1992 que el 26.7% de la población había inmigrado producto del programa.

En cuanto al período entre los años 1992 y 2002, la tasa obedece a una migración de carácter intra urbano quedando demostrado así el carácter “nodal” de la comuna (ORTÍZ & SCHIAPPACASSE, 1997) actuando como polarizadora de movimientos intra urbanos. Ante esto último es conveniente agregar que entre los años 1987 y 1992, migraron a Puente Alto 70.754 personas, las que representan el 23.6% del total de las comunas tributarias - aledañas que son: San Joaquín, La Granja, La Pintana, San Ramón, San Miguel y Pedro Aguirre Cerda. Este fenómeno se repite para el período 1992 –2002, siendo así la causa explicativa del crecimiento que la comuna ha experimentado de manera tan notoria entre los últimos años. Dicho esto, un aspecto valioso de señalar es que el crecimiento de la población de la comuna demuestra que los movimientos intra urbanos se realizan preferentemente a corta distancia y a comunas de status socioeconómico similar.



**Fig.83: Poblaciones radicadas en Puente Alto período 1982 - 1987**

**Fuente: Elaboración propia, según PRC (2003) de la comuna de Puente Alto.**

Otro elemento importante de señalar es la Política de Vivienda Social que se ha aplicado en la comuna, esto ya que del total de viviendas básicas construidas en el Gran Santiago (Tabla 59) entre los años 1991 y 2000, el 25.8 % fue construido en la comuna de Puente Alto, seguida esta por San Bernardo con un 12.4%, es decir, en Puente Alto se construye más del doble de las viviendas sociales que en la comuna que le sigue, y lo que a su vez tiene una alta correlación con el grado de crecimiento que es el más alto según los resultados entregados de las viviendas censadas en Santiago en los años 1992 y 2002.

**Tabla 58: Tasas de crecimiento de las comunas del Gran Santiago y Población Total. (1992 – 2002).**

COMUNAS	1970-1982	1982- 1992	1992- 2002*	Población Total 1992	Población Total 2002**
SANTIAGO	-1.86	-0.33	-1.14	230977	206044
INDEPENDENCIA	-0.82	-1.08	-1.78	77794	65013
RECOLETA	1.24	0.03	-1.44	164767	142546
PROVIDENCIA	-0.42	-0.38	0.75	111182	119863
ÑUÑO A	1.05	0.21	-0.62	172575	162116
SAN JOAQUIN	0.62	-0.83	-1.48	114017	98193
SAN MIGUEL	-0.46	-0.68	-0.54	82869	78473
LO ESPEJO	2.8	-0.36	-0.67	120075	112244
ESTACION CENTRAL	1.01	-0.49	-0.72	140896	131083
QUINTA NORMAL	-0.27	-1.03	-1.09	116349	104289
RENCA	5.69	3.22	0.06	128972	129774
CONCHALI	2.5	-0.32	-1.33	152919	133785
VITACURA	4.54	1.45	-0.29	79375	77107
LAS CONDES	3.78	1.7	1.62	208063	244446
LA REINA	3.21	1.4	0.53	92410	97443
MACUL	3.7	0.65	-0.78	120708	111591
LA GRANJA	2.92	2.02	-1	133285	133110
SAN RAMON	4.44	0.14	-0.59	100817	95050
LA PINTANA	5.7	8.66	1.39	169640	194841
EL BOSQUE	4.07	1.86	-0.02	172854	172430
LA CISTERNA	1.46	-0.12	-1.07	94712	85017
PEDRO A.C	0.21	-1.07	-1.37	1304441	113639
CERRILLOS	5.59	0.81	-0.08	72649	72081
LO PRADO	5.68	0.69	-0.68	110933	103649
CERRO NAVIA	4.24	1.23	-0.43	155735	149143
HUECHURABA	8.06	0.93	1.83	617844	74063
LO BARNECHEA	6.67	7.51	4.02	50062	74233
PEÑALOLEN	9.61	2.73	1.87	179781	216367
LA FLORIDA	10.37	5.54	1.06	328881	365373
<b>PUENTE ALTO</b>	<b>3.3</b>	<b>8.444</b>	<b>7</b>	<b>254673</b>	<b>501042</b>
SAN BERNARDO	4.16	3.98	2.5	190857	244354
MAIPU	8.12	8.44	6.09	256550	463496
PUDAHUEL	5.52	3.52	3.49	137940	194417
QUILICURA	5.87	6.17	11.9	41121	126525

Fuente: Schiappacasse 1998, a partir información INE.

\* Cálculos realizados por el autor a partir de información INE (1997).

**Tabla 59: Viviendas básicas construidas en el Gran Santiago entre 1991 – 2000 y total de viviendas en los censos de 1992 y 2002.**

<b>Comunas</b>	<b>Viviendas básicas construidas*</b>	<b>Viviendas 1992**</b>	<b>Viviendas 2002**</b>
SANTIAGO	0	63.727	78.936
INDEPENDENCIA	0	20.099	18.367
RECOLETA	217	38.661	35.655
PROVIDENCIA	0	38.214	52.609
NUÑO A	0	47.215	55.728
SAN JOAQUIN	60	25.78	24.952
SAN MIGUEL	0	20.34	22.685
LO ESPEJO	867	25.637	24.77
ESTACIÓN CENTRAL	136	33.289	32.357
QUINTA NORMAL	0	28.63	25.631
RENCA	1.558	29.007	32.057
CONCHALI	462	34.445	32.427
VITACURA	0	19.084	24.248
LAS CONDES	537	55.791	82.511
LA REINA	0	22.589	26.05
MACUL	0	29.341	30.134
LA GRANJA	1.017	31.451	33.155
SAN RAMÓN	480	22.652	23.038
LA PINTANA	5.673	38.942	45.082
EL BOSQUE	2.897	39.882	43.413
LA CISTERNA	1.44	22.772	22.979
PEDRO A. C.	852	29.515	28.688
CERRILLOS	1.922	17.009	19.498
LO PRADO	1.641	26.563	26.223
CERRO NAVIA	506	34.487	33.769
HUECHURABA	279	13.237	16.551
LO BARNECHEA	582	11.887	17.659
PEÑALOLEN	4.297	42.768	52.339
LA FLORIDA	1.608	83.406	97.151
PUENTE ALTO	18.666	64.331	141.319
SAN BERNARDO	8.929	42.775	61.209
MAIPÚ	6.045	65.78	127.362
PUDAHUEL	4.929	34.207	49.422
QUILICURA	6.676	9.71	35.761

Fuente:

\* MORALES 2002. Censos 1992 – 2002. INE

Schiappacasse (1998), en su artículo “La diferenciación del espacio social intraurbano en el Gran Santiago. Un análisis Distrital, 1998”, el **factor socioeconómico**, al interior de la comuna presenta dos status: BAJO y MUY BAJO. En ambos predominan las mujeres dueñas de casa, operarios, artesanos en artes mecánicas y trabajadores de industrias manufactureras. Es mayoritaria la población de estudios básicos que se identifica con la etnia araucana y reconoce ser evangélica. En cuanto a los techos de las viviendas, se observa una predominancia de materiales como zinc o pizarreño.

Del **factor suburbanización**, se desprenden valores ALTOS y MEDIOS BAJOS, lo que refleja en el primer caso la existencia de trabajadores agrícolas y viviendas que carecen de servicios básicos, mientras que en el segundo hay presencia de viviendas con alcantarillados, cuyos materiales dominantes son las paredes de ladrillo o concreto.

El **factor ocupacional**, muestra una gran heterogeneidad en la comuna, abarcando desde empleados de oficina, población con estudios técnico y medios, hasta trabajadores no calificados que se ocupan en la construcción y servicios domésticos de hogares.

En relación con el **factor familiar**, se encuentran valores que representan status MEDIO ALTO y ALTO, es decir, con viviendas tipo casa, hogares numerosos compuestos por 5 a 6 personas, y mujeres con más de 5 hijos nacidos vivos, y población casada.

### **Red vial, transporte público y accesibilidad de la comuna**

La red vial de la comuna de Puente Alto presenta debilidades en su conexión norte/sur. En efecto, si se comparan las distancias de Puente Alto al centro de Santiago, se obtiene que ésta es la mayor de todas las comunas que forman parte de la conurbación metropolitana con 20,92 kms. (Tabla 60).

**Tabla 60: Distancia en Km al centro de Santiago**

<b>COMUNAS</b>	<b>DISTANCIA KM. (al centro de Santiago)</b>
<b>QUILICURA</b>	<b>0.66</b>
<b>HUECHURABA</b>	<b>7.24</b>
<b>LO BARNECHEA</b>	<b>15.75</b>
<b>LA REINA</b>	<b>8.68</b>
<b>PEÑALOEN</b>	<b>11.11</b>
<b>PUENTE ALTO</b>	<b>20.92</b>
<b>MAIPÚ</b>	<b>13.31</b>
<b>SAN BERNARDO</b>	<b>18.13</b>

Fuente: INE, Censo de 1992

La comuna presenta una conectividad física deficiente, dado que su extensión y tamaño no va acorde con la cantidad de vías estructurantes que la atraviesan. Las vías que atraviesan la comuna son: Concha y Toro, Santa Rosa; Camilo Henríquez y Nonato Co. Pese a lo anterior el 95% de la superficie total urbanizada de la comuna está cubierto por transporte público.

A la poca preparación del tramo vial para acoger el transporte de la comuna se le suman barreras naturales como cerros islas, pozos de extracción de áridos, el río Maipo, canales de riego y zonas agrícolas que generan discontinuidades urbanas.

La accesibilidad se determinó a través de la relación entre el número de vías estructurantes y superficie, que permitió establecer rangos y clasificar los distintos distritos de la comuna (Tabla 61 y Fig.84)

**Tabla 61: Categorías de accesibilidad a la comuna de Puente Alto**

RANGOS	CATEGORÍAS SEGÚN ACCESIBILIDAD	DISTRITOS
0.1 – 0.2	BUENA	1,8,9,10,11,12,13,15
0.2 – 0.5	REGULAR	4,7,14,16,17
0.5 - 1.3	MALA	5,6
1.3 – 6.0	MUY MALA	2,3

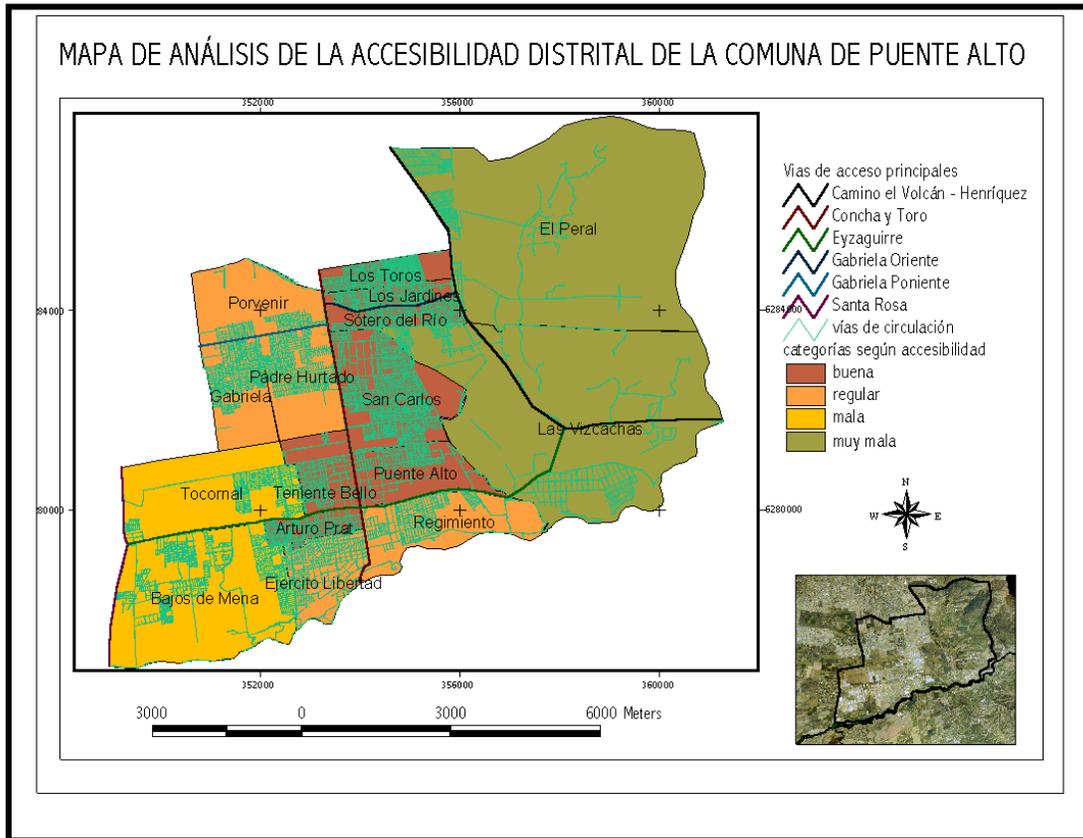
**Fuente: Elaboración propia, 2005.**

Se infiere que los distritos categorizados como buenos se encuentran en torno al eje principal de la comuna de Puente Alto (Concha y Toro, continuación de Vicuña Mackenna), el cual reúne una importante actividad comercial y de servicios en la comuna, debido a la localización de diferentes establecimientos, siendo además los distritos que representan a los sectores más poblados de la comuna.

A su vez los distritos con accesibilidad regular, corresponden a aquellos que no estén totalmente urbanizados, ya que corresponden principalmente a sectores de carácter agrícola y sin uso. Los distritos con una mala accesibilidad son aquellos que se encuentran más alejados de la zona central de la comuna, presentando una parte importante de su superficie, no urbanizada y con construcciones de viviendas sociales (sector sur poniente).

Los distritos con accesibilidad muy mala son aquellos que se encuentran hacia el piedmont de la comuna.

**Fig.84: Análisis de Accesibilidad a la comuna de Puente Alto**

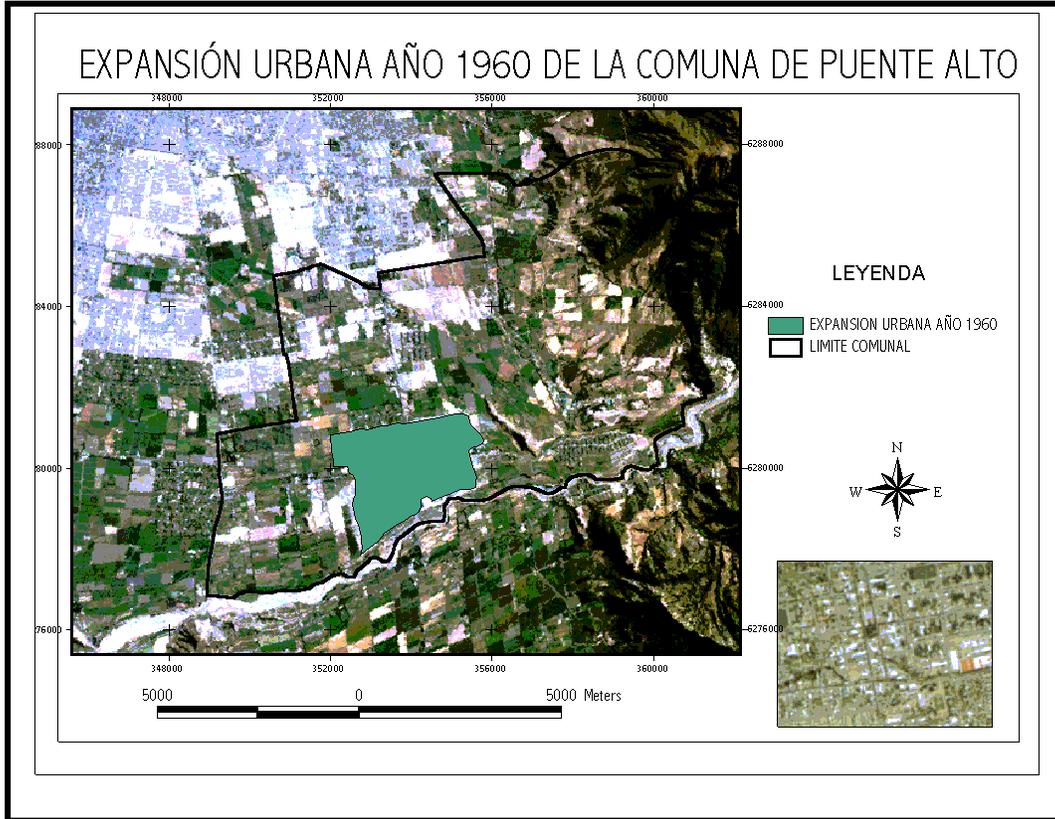


**Fuente: Elaboración propia, 2005.**



#### 4.8 CLASIFICACIÓN MULTITEMPORAL DE LA COMUNA DE PUENTE ALTO EN SU PROCESO DE EXPANSIÓN URBANA.

**Fig. 85: Expansión Urbana año 1960 comuna de Puente Alto**



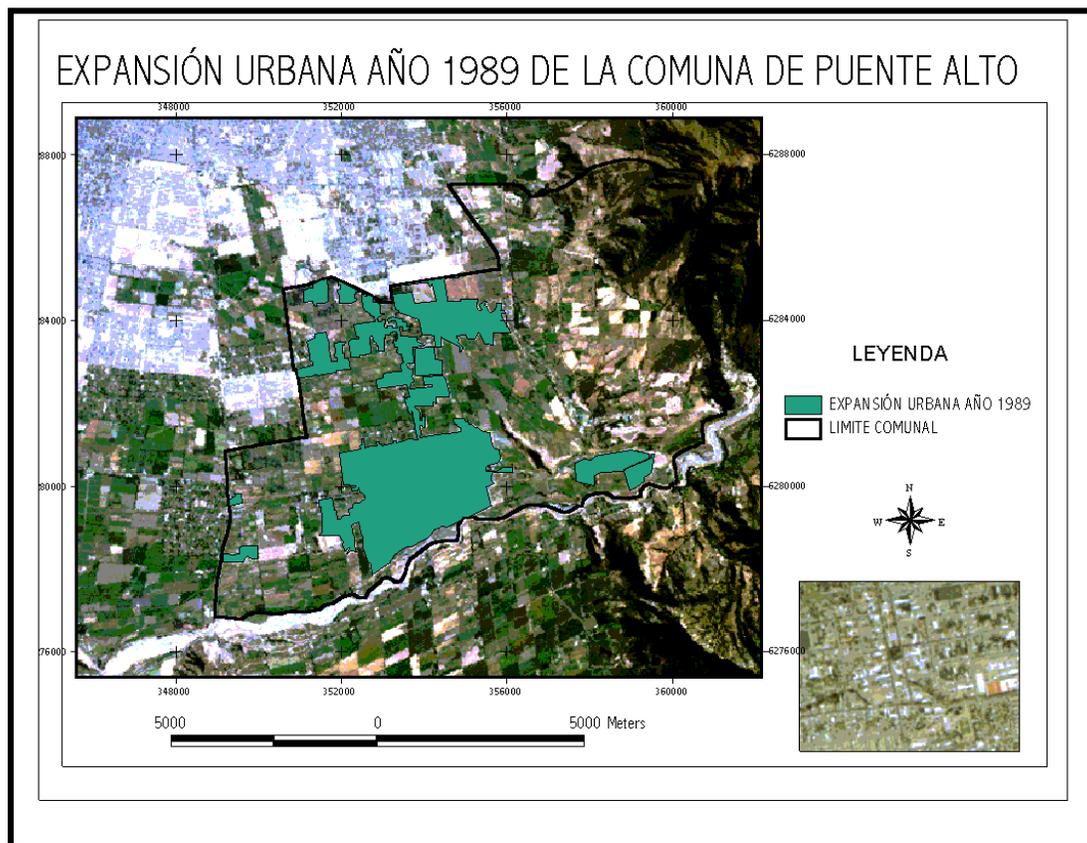
Fuente: Elaboración propia, 2005.

**Tabla 62: Superficie urbanizada año 1960**

<b>SUPERFICIE URBANIZADA AÑO 1960</b>	<b>7.36 km<sup>2</sup></b>
<b>PORCENTAJE</b>	<b>8.34%</b>
<b>SUPERFICIE COMUNAL</b>	<b>88.24 km<sup>2</sup></b>

Fuente: Elaboración propia, 2005.

Esta imagen fue elaborada a partir del Plan Intercomunal del año de 1960, en cual se muestra un patrón concentrado en el centro de la comuna de Puente Alto. Al relacionarlo con las características urbanas de la comuna del año 1960, se manifiesta un patrón concentrado de población y habitantes, según lo que indica la Fig.85 y Tabla 62.



**Fig.86: Expansión Urbana año 1989 de la comuna de Puente Alto**

Fuente: Elaboración propia, 2005.

**Tabla 63: Superficie urbanizada año 1989**

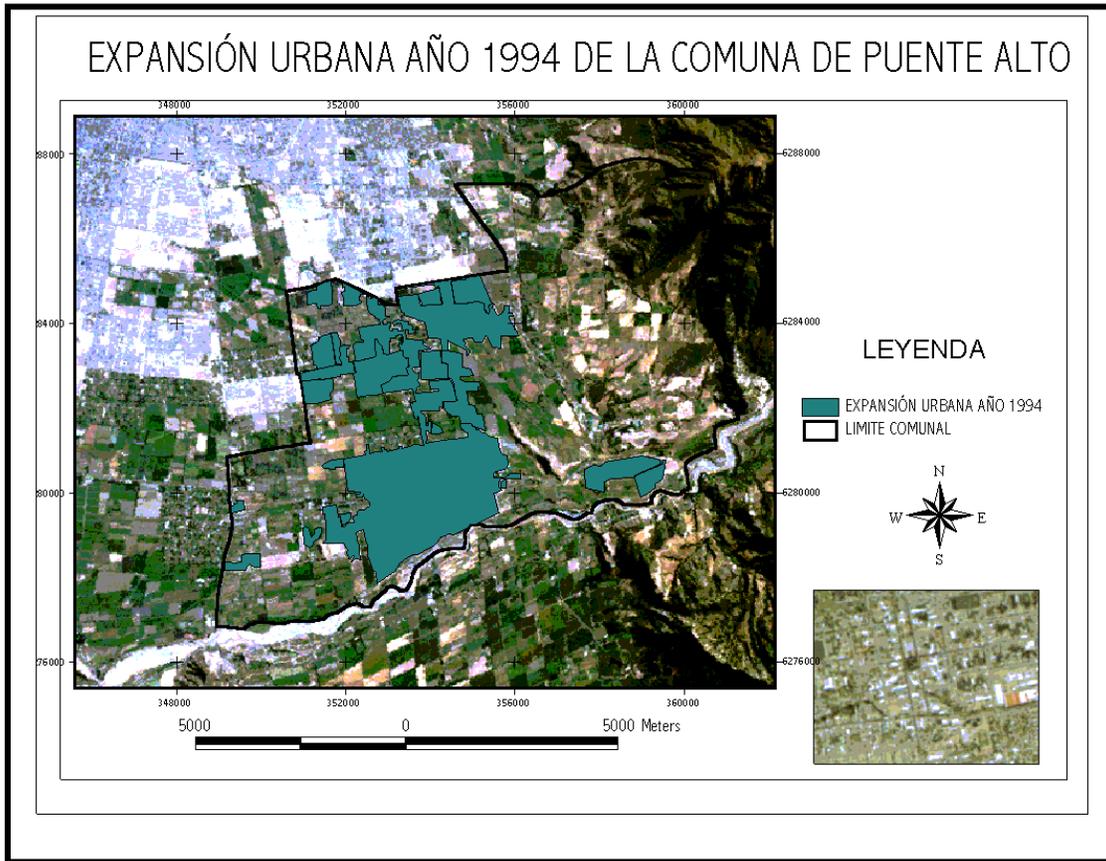
<b>SUPERFICIE URBANIZADA AÑO 1989</b>	<b>17.28 km<sup>2</sup></b>
<b>PORCENTAJE</b>	<b>19.58%</b>
<b>SUPERFICIE COMUNAL</b>	<b>88.24 km<sup>2</sup></b>

Fuente. Elaboración propia, 2005

Se presenta según la Fig.86 y Tabla 63 de expansión año 1989:

- Patrones de crecimiento hacia el norte de la Comuna (Población los Toros, El Futuro y Gabriela Oriente)
- Gran pérdida de suelos con capacidad de uso I y II en el sector urbanizado en 1989.

**Fig.87: Expansión Urbana año 1994 de la comuna de Puente Alto**



Fuente: Elaboración propia, 2005.

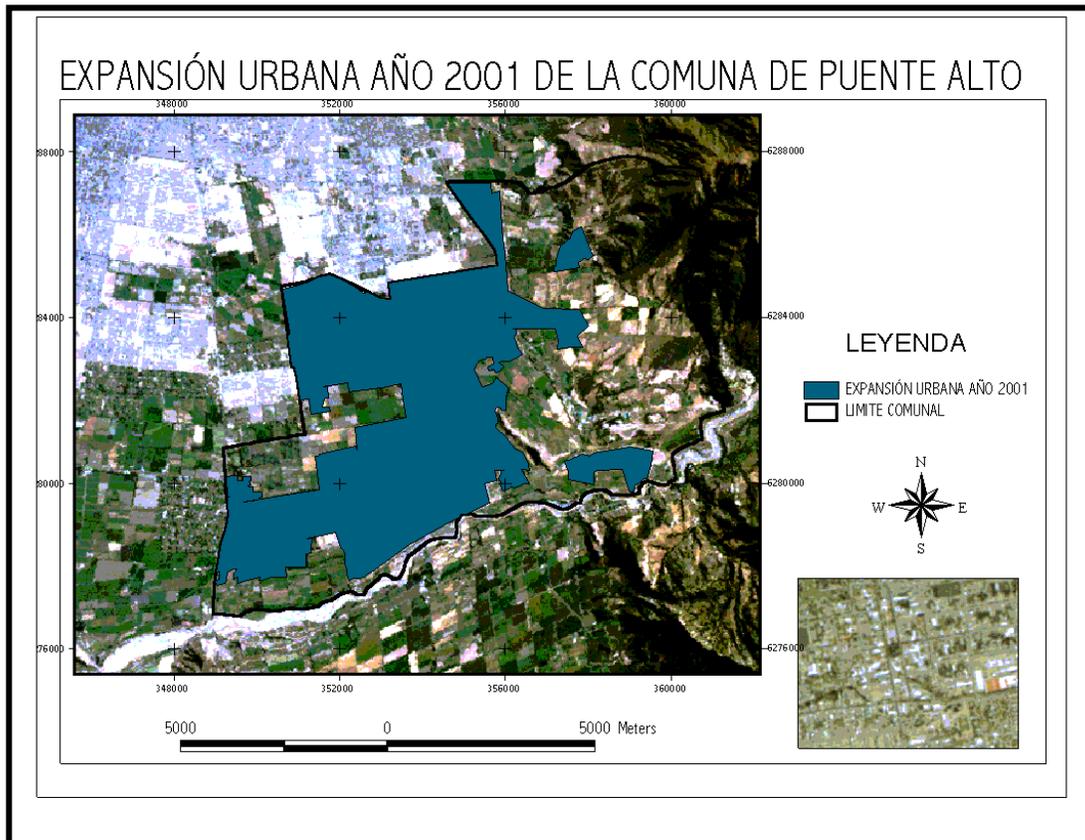
**Tabla 64: Superficie Urbanizada año 1994**

<b>SUPERFICIE URBANIZADA AÑO 1994</b>	<b>21.05 km<sup>2</sup></b>
PORCENTAJE	23.86%
SUPERFICIE COMUNAL	88.24 km <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia, 2005.

Según lo que indica la Fig.87 y Tabla 64:

- Se presentan grandes patrones de crecimiento hacia el norte de la Comuna (Población Gabriela Poniente, La Foresta y la presencia del nacimiento de grandes condominios como El Campanario).
- Se presentan espacios fragmentados hacia el Norte de la Plaza de Puente Alto y hacia el eje Concha y Toro (paraderos 37-36-35)



Fuente: Elaboración propia, 2005.

**Tabla 65: Superficie de Expansión urbana año 2001**

<b>SUPERFICIE URBANIZADA AÑO 2001</b>	<b>38.84 km<sup>2</sup></b>
<b>PORCENTAJE</b>	<b>44.01%</b>
<b>SUPERFICIE COMUNAL</b>	<b>88.24 km<sup>2</sup></b>

Fuente: Elaboración propia, 2005.

Según la Tabla 65 y Fig.88:

- Se presenta una gran pérdida de suelos agrícolas.
- Se produce un proceso de explosión o crecimiento urbano hacia el poniente de la comuna. Según antecedentes dados en respuesta a las Políticas de gobierno, con las llamadas viviendas sociales.
- Se produce un aumento del Comercio, especialmente hacia el centro y extremo de la comuna con la construcción de Plaza Independencia y el Mall Tobalaba, presentes en los ejes Concha y Toro, y La Florida.

#### **4.9 POBLACIÓN ACTUAL DEL PIEDMONT DE LA COMUNA DE PUENTE ALTO**

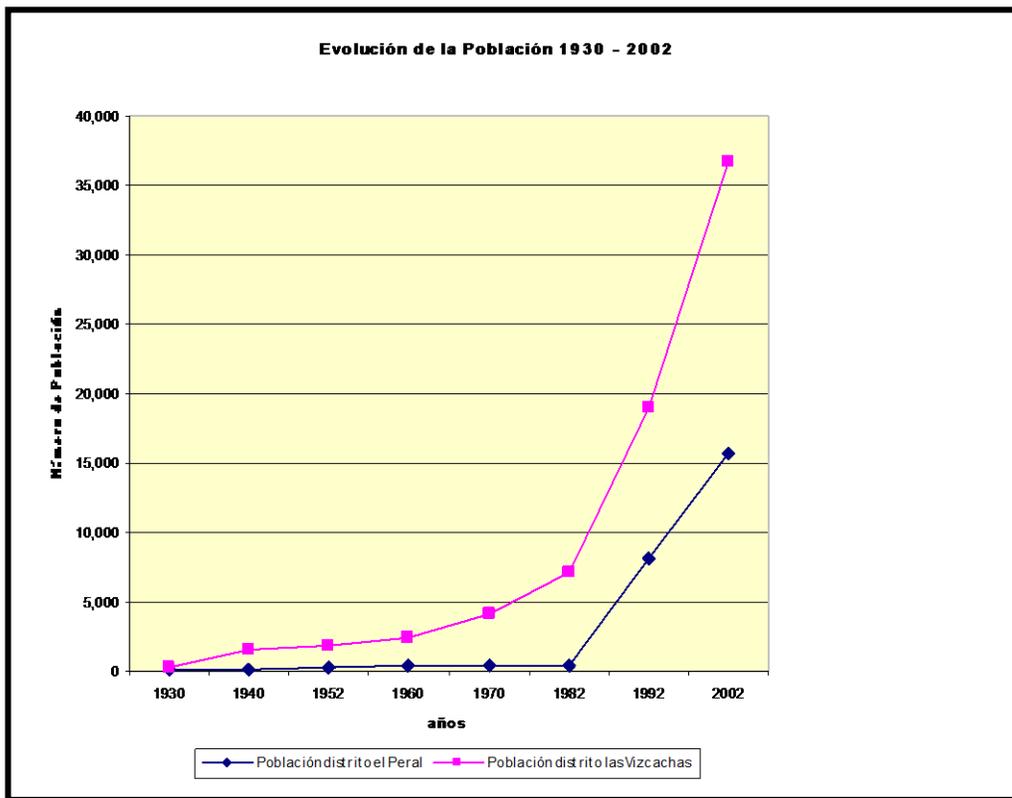
La población de los distritos El Peral y Las Vizcachas ha presentado la siguiente evolución de 1930 a 2002, según lo que indica la Tabla 66:

**Tabla 66: Evolución de la Población de los distritos el Peral y las Vizcachas 1930 – 2002**

<b>Nº</b>	<b>Distritos</b>	<b>1930</b>	<b>1940</b>	<b>1952</b>	<b>1960</b>	<b>1970</b>	<b>1982</b>	<b>1992</b>	<b>2002</b>
<b>2</b>	<b>El Peral</b>	<b>162</b>	<b>208</b>	<b>300</b>	<b>373</b>	<b>432</b>	<b>368</b>	<b>8,155</b>	<b>15,784</b>
<b>3</b>	<b>Las Vizcachas</b>	<b>171</b>	<b>1,306</b>	<b>1,574</b>	<b>2,093</b>	<b>3,685</b>	<b>6,829</b>	<b>10,802</b>	<b>20,907</b>

Fuente: Elaboración propia, a partir de información INE, 2005

**Fig.89: Evolución de la Población de los distritos el Peral y las Vizcachas 1930 - 2002**



La población distrito El Peral manifiesta un patrón de estabilidad entre 1930 – 1982, un umbral de ruptura en 1982, y de 1982, ascendiendo hasta el año 2002.

La población distrito Las Vizcachas presenta una curva ascendente desde 1930 – 2002, pero también con umbral de ruptura en 1982, según lo que indica el Fig.89.

No obstante, la población del distrito Las Vizcachas presenta una curva ascendente desde 1930 – 2002, pero también con umbral de ruptura en 1982, según lo que indica el Fig.89.

Según el análisis por manzanas (urbano) y unidades de empadronamiento (rural) la población y hogares asciende a 18.311 habitantes y 4962 hogares (Tabla 67). Se deduce que el Distrito El Peral urbano es el que posee mayor población, representando un 94.86% del total.

**Tabla 67: Población de los distritos el Peral y las Vizcachas (Urbano – Rural), según Población y hogares 2002**

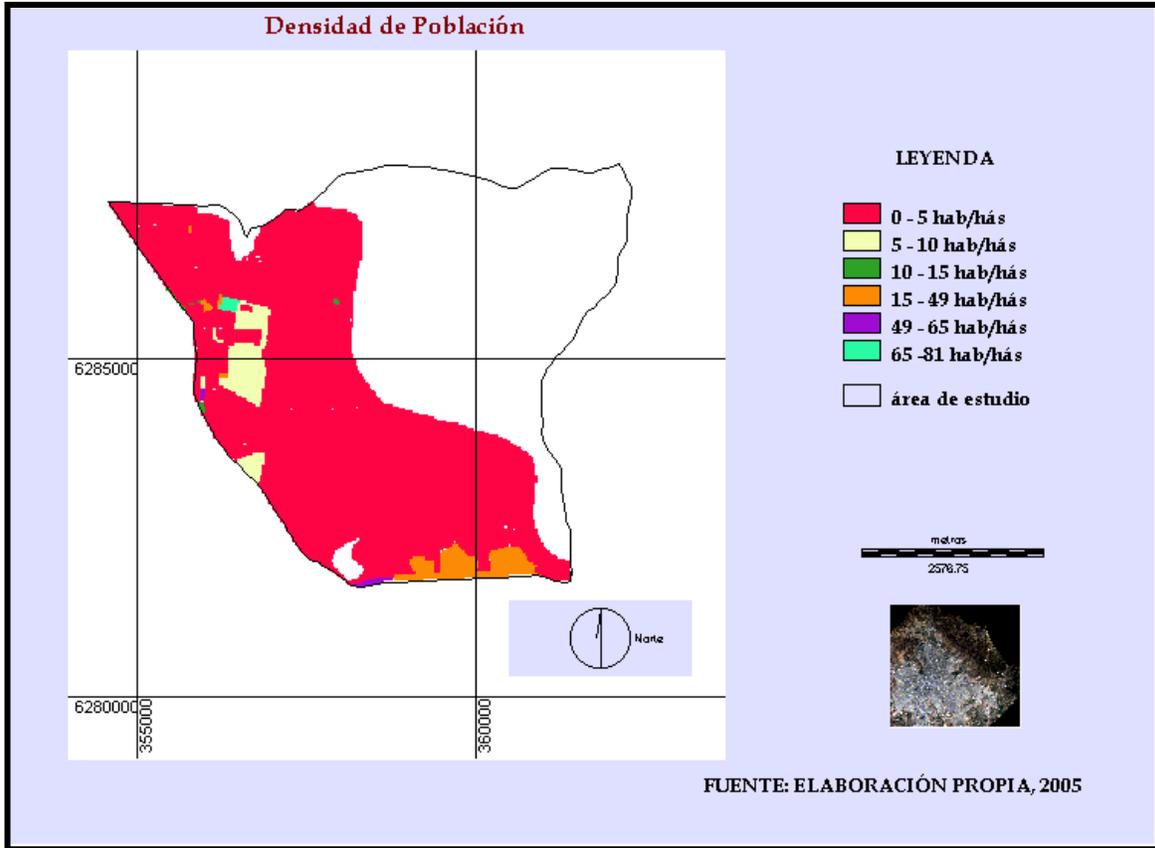
<b>Nombre Distrito</b>	<b>Población Total</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Número de Hogares</b>
<b>El Peral (Urbano)</b>	<b>17,370</b>	<b>94.86%</b>	<b>4594</b>
<b>El Peral (Rural)</b>	<b>255</b>	<b>1.39%</b>	<b>58</b>
<b>Las Vizcachas (Urbano)</b>	<b>629</b>	<b>3.44%</b>	<b>290</b>
<b>Las Vizcachas (Rural)</b>	<b>57</b>	<b>0.31%</b>	<b>20</b>
<b>Total</b>	<b>18,311</b>	<b>100%</b>	<b>4962</b>

**Fuente: Elaboración propia, a partir, del Censo de Población y Vivienda (2002).**

Respecto de las densidades de población por manzanas, estos datos de densidad neta, fueron clasificados de acuerdo a la densidad mínima del área urbanizable y su zonificación correspondiente, según lo que indica la Ordenanza del Plan Regulador Metropolitano de Santiago y Plan Regulador Comunal actual. Las categorías se caracterizan por (Fig.90):

- a) Densidad entre 0 y 5 hab./hás, presenta un patrón homogéneo en el área urbanizable.
- b) Densidad entre 5 y 10 hab./hás, presenta patrones concentrados en los sectores El Peñón, la Ciudad del Este, Lo Planella y los Altos de Manquecura.
- c) Densidad entre 10 y 15 hab./hás, presenta un patrón concentrado en los sectores los Industriales, la Frontera y Alto Lo Planella.
- d) Densidad entre 15 y 49 hab./hás, presenta un patrón concentrado en los sectores Lo Planella, Lomas de Tobalaba, Las Vizcachas y Almenar del Maipo.
- e) Densidad entre 49 y 65 hab./hás, presenta un patrón concentrado en los sectores del Cerro La Virgen y Santa Josefina.
- f) Densidad entre 65 y 81 hab./hás, presenta un patrón concentrado en el sector Alto de Manquecura.

**Fig.90: Densidad de población del piedmont de la comuna de Puente Alto**



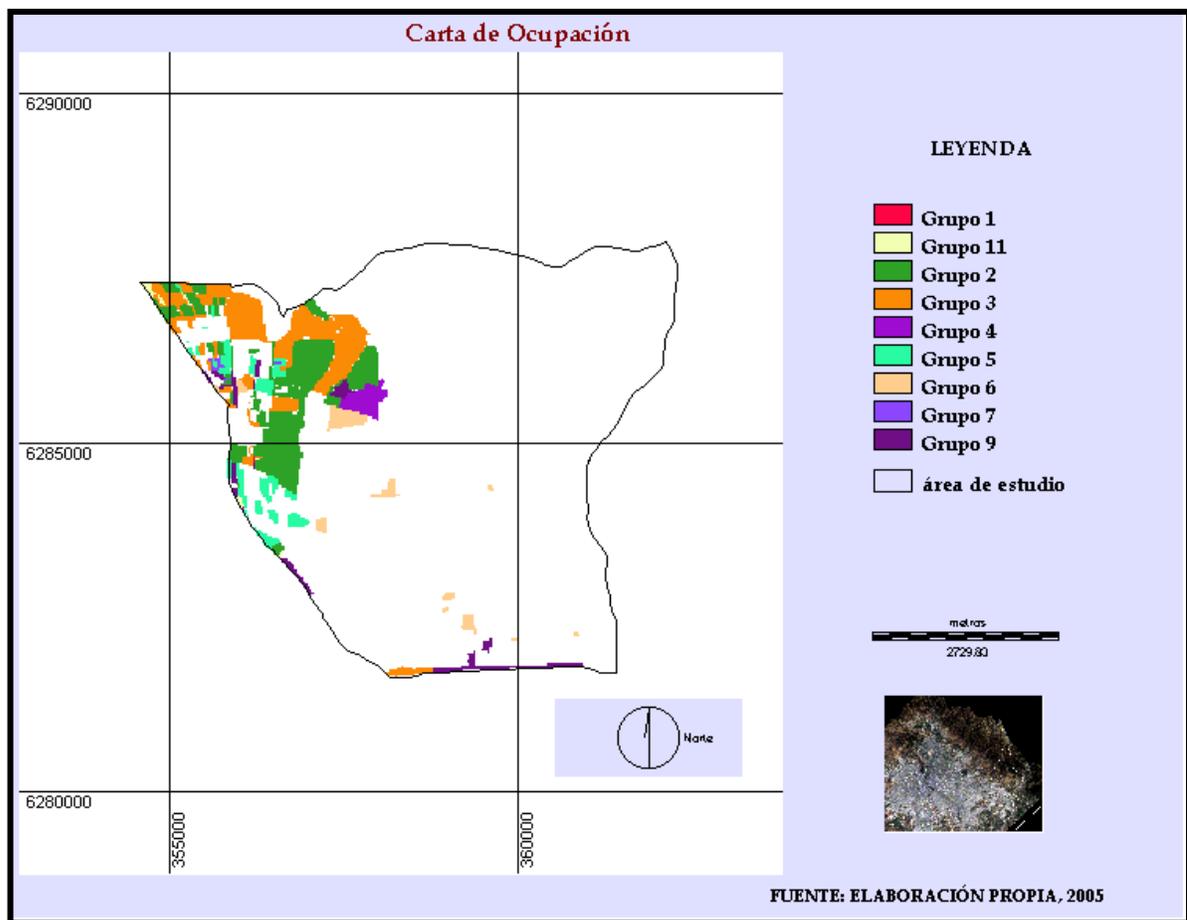
## Ocupación

Se entiende por la clase de trabajo que efectúa una persona ocupada (o que desempeñaba antes si está cesante) durante el período de referencia adoptado, cualquiera sea la rama de actividad económica de que forme parte o la categoría del empleo que tenga. Para facilitar la comparación internacional, los

datos se recolectaron de conformidad con la última versión disponible de la Clasificación Internacional Uniforme Ocupaciones (CIUO-88), publicada por la Oficina Internacional del Trabajo (OIT) (CENSO, 2002).

## **GRANDES GRUPOS**

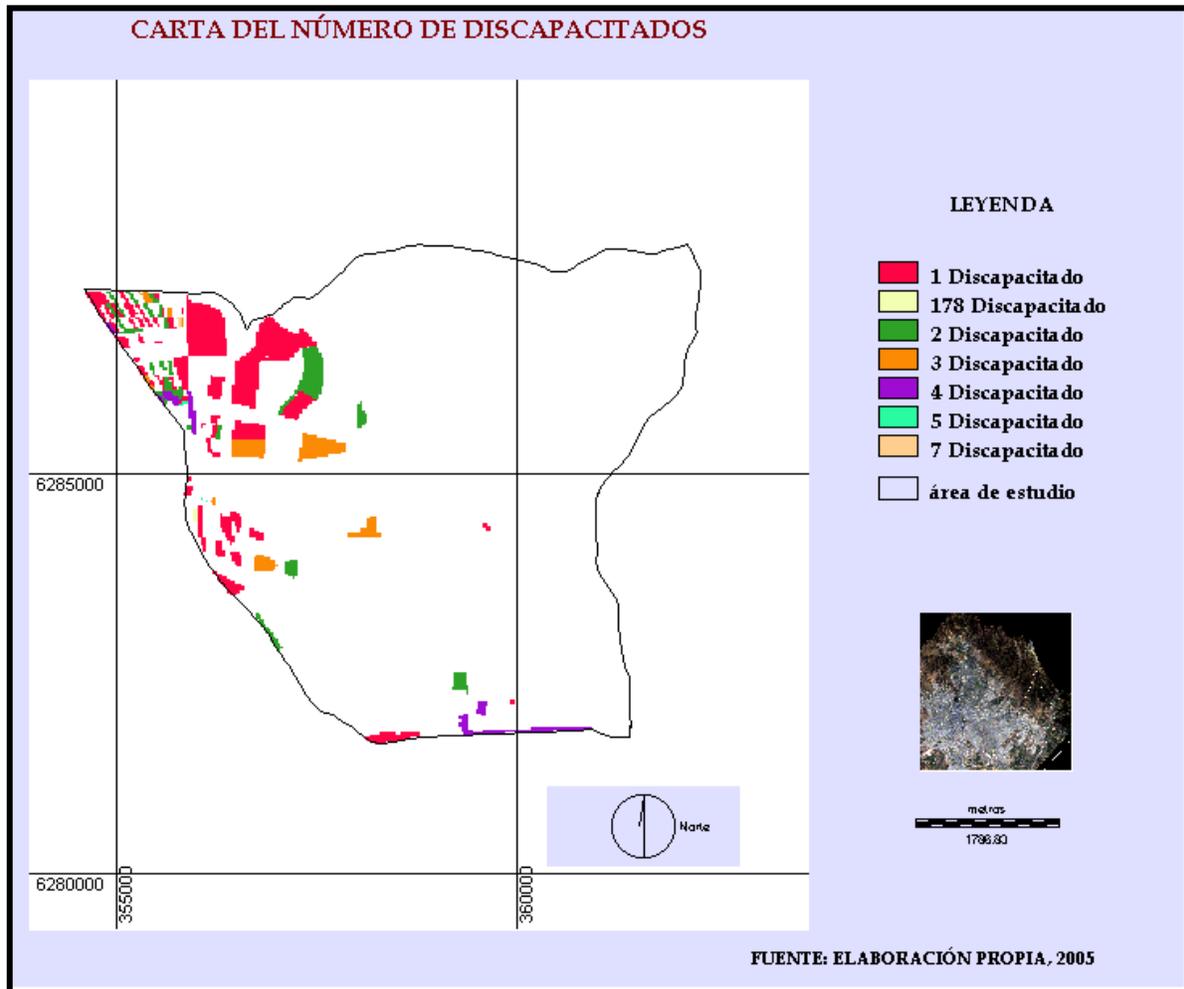
1. Miembro del poder ejecutivo y de los cuerpos legislativos y personal directivo de la administración pública y de empresas. Se presenta un patrón concentrado en el sector Portezuelo de Tobalaba.
2. Profesionales científicos o intelectuales. Se presenta un patrón concentrado en el sector nororiente del piedmont: El Alba, El cementerio el Prado II, Valle del Sol, Los Industriales, Lomas de Tobalaba, Altos de Manquecura, Faldeos de Viña, Lo Planella, Ciudad del Este y el Peñón.
3. Técnicos y profesionales de nivel medio. Se presenta un patrón concentrado en el sector El Alba, El cementerio el Prado II, Valle del Sol, Los Industriales, Lomas de Tobalaba, Lo Planella, Ciudad del Este, Portezuelo de Tobalaba y Cerro la Virgen.
4. Empleados de oficina. Se presenta un patrón concentrado en el sector Santa Rosa del Peral.
5. Trabajadores de los servicios y vendedores de comercio y mercado. Se presenta un patrón concentrado en el sector El Alba, Valle del Sol, Los Industriales, La Frontera, Juan Mackenna, Lomas de Tobalaba, Colonia el Peral, Ciudad del Este, Santa Josefina, Open Door y el Peñón.
6. Agricultores y trabajadores calificados agropecuarios y pesqueros. Se presenta un patrón concentrado en los sectores de Santa Rosa del Peral, Santa Josefina, Open Door, El Peral, Llano las Perdices, Las Vizcachas y Almenar del Maipo.
7. Oficiales, operarios y artesanos de artes mecánica y de otros oficios. Se presenta un patrón concentrado en el sector el Valle del Sol y los Industriales.
8. Operadores de instalaciones y máquinas y montadoras. No se presenta.
9. Trabajadores no calificados. Se presenta en los sectores de la periferia poniente del piedmont.
10. Fuerzas armadas. No se presenta.
11. Ignorado. Se presenta un patrón concentrado en los sectores el Alba, Lomas de Tobalaba y Colonia El Peral (Fig.91).



**Fig.91: Ocupación laboral en el piedmont de la Comuna de Puente Alto**

## Discapacidad

Una persona con discapacidad, de cualquier edad, es aquella que declara tener una o más de las siguientes deficiencias: ceguera total, sordera total, mudez, lisiado o parálisis, deficiencia mental. El patrón más alto se presenta en el sector con 178 personas en el Sanatorio El Peral. De igual forma se presentan patrones concentrados en los diferentes sectores según su número de discapacitados (Fig.92).

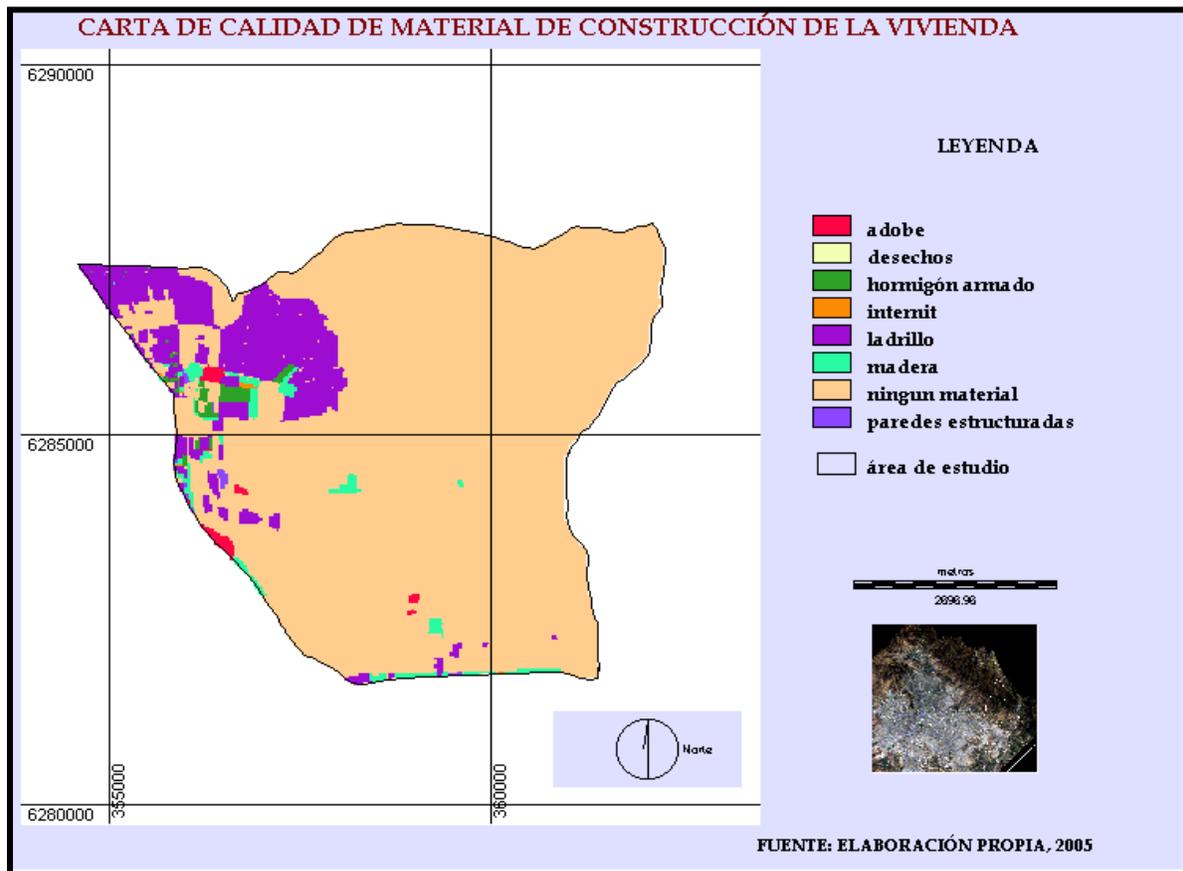


**Fig.92: Número de Discapacitados en el piedmont de la comuna de Puente Alto**

### **Materiales de construcción de las viviendas**

Sobre la base de la calidad de las construcciones de las viviendas según su materialidad se muestra su patrón espacial. Los materiales de construcción permanentes de las paredes exteriores se clasificaron en siete categorías: hormigón armado, piedra; ladrillo; paneles estructurales, bloque (prefabricado); madera o tabique forrado; Internit; adobe, barro empajado y desechos (lata, cartones, etc.) Se presenta los patrones espaciales en la Fig.93.

- a) Material de Construcción Adobe: se presenta con un patrón concentrado en los sectores Lo Planella, Portezuelo de Tobalaba, Santa Josefina, Colonia el Peral, el Open Door y Las Vizcachas.
- b) Material de Construcción desechos: se presenta con un patrón concentrado en el sector Valle del Sol.
- c) Material de Construcción Hormigón Armado: se presenta con un patrón concentrado en los sectores El Alba, Los Industriales, La Frontera, Ciudad del Este y Lo Planella.
- d) Material de Construcción Internit: se presenta con un patrón concentrado en los sectores la Frontera, Lomas de Tobalaba y Santa Rosa del Peral.
- e) Material de Construcción Ladrillo: se presenta en forma homogénea en el piedmont de la comuna en los sectores La Frontera, Ciudad del Este, Portezuelo de Tobalaba y el Cerro Las Vizcachas.

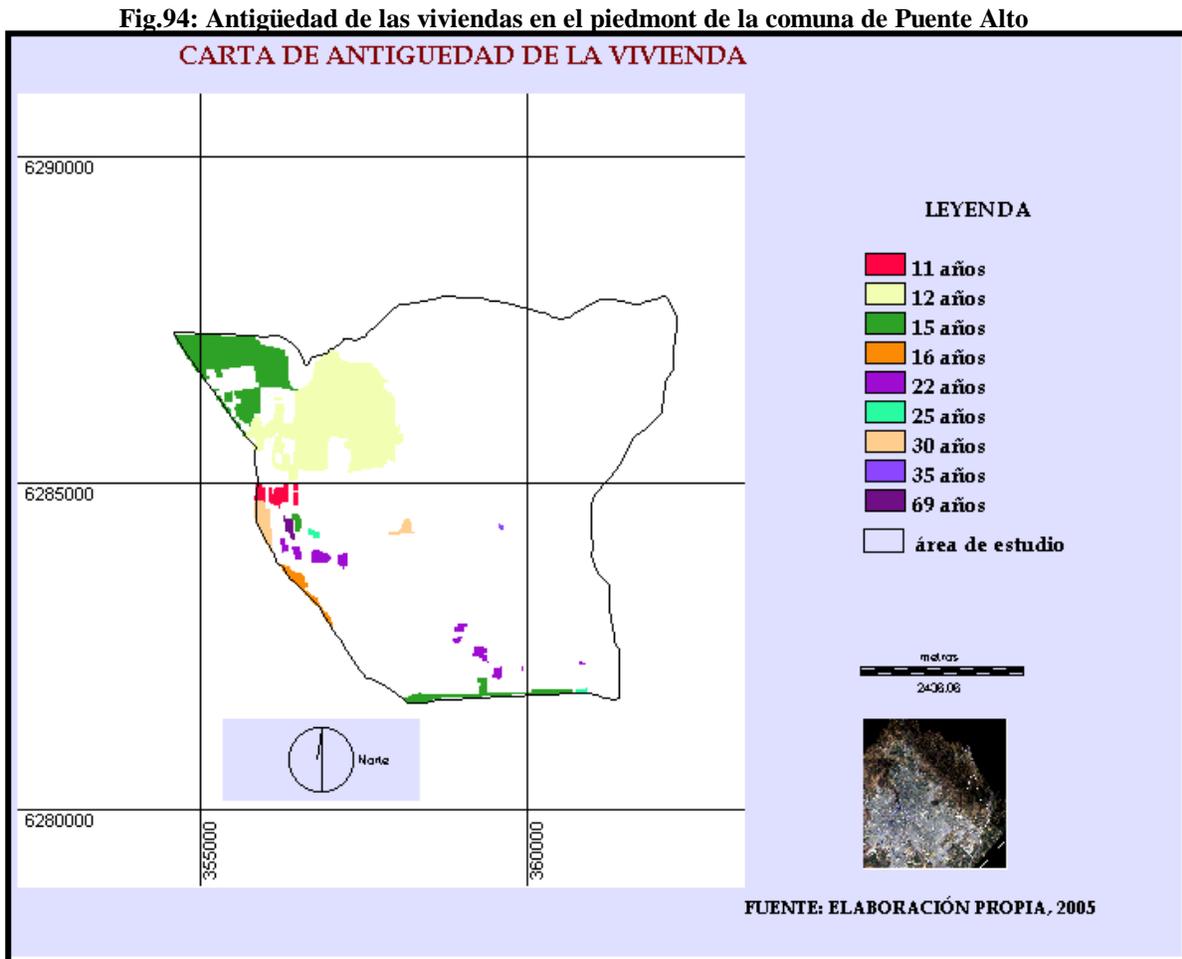


f) Material de Construcción Madera; se presenta con un patrón concentrado en los sectores Valle del Sol, Altos de Manquecura, Lo Planella, Santa Rosa del Peral, Open Door, Colonia el Peral, El Peñón y las Vizcachas.

g) Material de Construcción Paneles Estructurados: se presenta con un patrón concentrado en los sectores ciudad del Este, Santa Josefina.

### Antigüedad de las Propiedades

Las Viviendas más antiguas se presenta en el sector de Colonia El Peral y en el Sanatorio El Peral, con 68 años de antigüedad (Fig.94).



## Uso de suelo del área urbana

La finalidad es identificar los patrones de las tipologías funcionales de los uso de suelo, según la Tabla 68 y Fig.95:

**Tabla 68: Uso de suelo del piedmont de la comuna de Puente Alto, según superficie (hás) y porcentaje**

USO DE SUELO	SUPERFICIE (HAS)	PORCENTAJE
Equipamiento extractiva	128.52	7.23%
Áreas verdes o libres	52.20	2.94%
Cultivos	399.69	22.49%
Equipamiento cementerio	37.71	2.12%
Equipamiento comercio	4.05	0.23%
Equipamiento cultural y de entretenimiento	3.69	0.21%
Equipamiento Deportivo	48.96	2.75%
Equipamiento Educación	6.30	0.35%
Equipamiento Salud	22.32	1.26%
Frutales	21.06	1.18%
Plantaciones Forestales	10.89	0.61%
Praderas en terrenos semilimpios	75.78	4.26%
Residencial Mixto	6.66	0.37%
Residencial Unifamiliar	441.45	24.84%
Sitio de Eriazo	250.56	14.10%
Tranque	1.89	0.11%
Vegetación abierta	50.49	2.84%
Vegetación densa	150.48	8.47%
Vegetación muy abierta	11.97	0.67%
Vegetación semidensa	52.74	2.97%
TOTAL	1,777.41	100%

**Fuente: Elaboración propia, en base a fotografías aéreas 2003.**

a) **Equipamiento Extractivo:** se presenta dos canteras en que se extrae maicillo y granitoide (piedra Laja) para su comercialización, en los sectores de Santa Rosa del Peral y el cerro La Obra. Además, se suma la extracción de puzolana (cemento) y arcilla (ladrillos) en el sector del Open Door. Representa el 7.23% de la superficie correspondiente al área urbanizada.

b) **Áreas verdes o libres:** se presentan el cerro Chequén y el cerro Santa Rosa al nororiente del piedmont, representando un 2.94% de la superficie urbanizada.

c) **Cultivos:** se presenta en los sectores Santa Rosa del Peral, Open Door, El Peñón y El Llanos las Perdices, con hortalizas comercial es con riego: lechuga, repollo, apio, arvejas, porotos verdes;

Hortalizas domésticas de riego: de preferencia al consumo familiar. Representando el 22.49% de la superficie urbanizada.

d) **Equipamiento Cementerio:** se presenta en los sectores entre El Alba y el Valle del Sol, y el Cerro Chequén, denominados El Prado y El Prado II. Representando el 2.12% de la superficie urbanizada.

e) **Equipamiento Comercio:** se presenta en el sector de Las Vizcachas, camino El Volcán. Con la presencia de Pubs, Restaurantes y locales de venta de comida tradicional. Representando el 0.23% de la superficie urbanizada.

f) **Equipamiento Cultural y de entretenimiento:** se presenta en el sector de Las Vizcachas, camino al Volcán, denominado Mampato. Representando el 0.21% de la superficie urbanizada.

g) **Equipamiento Deportivo:** se presenta en los sectores Las Vizcachas denominado Geoexpediciones; y sector el Cerro Chequén, denominado complejo deportivo (estadios). Representando el 2.75% de la superficie urbanizada.

h) **Equipamiento Educación:** se presenta en el sector nororiente del piedmont y Las Vizcachas, representando un 0.35% de superficie urbanizada. Los Establecimientos son según la Tabla 69:

**Tabla 69: Establecimientos Educativos del piedmont de la comuna de Puente Alto**

NOMBRE ESTABLECIMIENTO	MATRICULA
COLEGIO NUEVA ERA SIGLO XXI	1104
COLEGIO MAYOR	645
COLEGIO INGENIERO MILITAR JUAN MACKENNA O'REILLY	1527
ESCUELA ESPECIAL OPEN DOOR	S/I
COLEGIO ENSENADA	458
ESCUELA ESPECIAL PARTICULAR ANTAL	S/I
ESCUELA ESPECIAL PARTICULAR SANTA TERESITA DE LOS ANDES	S/I
ESCUELA ESPECIAL PARTICULAR EDUCERE	S/I
COLEGIO LO PLANELLA	618
COLEGIO ALMENAR DEL MAIPO	513

Fuente: Elaboración propia, a partir de la base de datos de GORE RM. 2005.

i) **Equipamiento Salud:** se presenta en los sectores de Santa Josefina y El Peral (camino Camilo Henríquez). Representando un 1.26% de la superficie. Los Establecimientos de salud son los siguientes (Tabla 70):

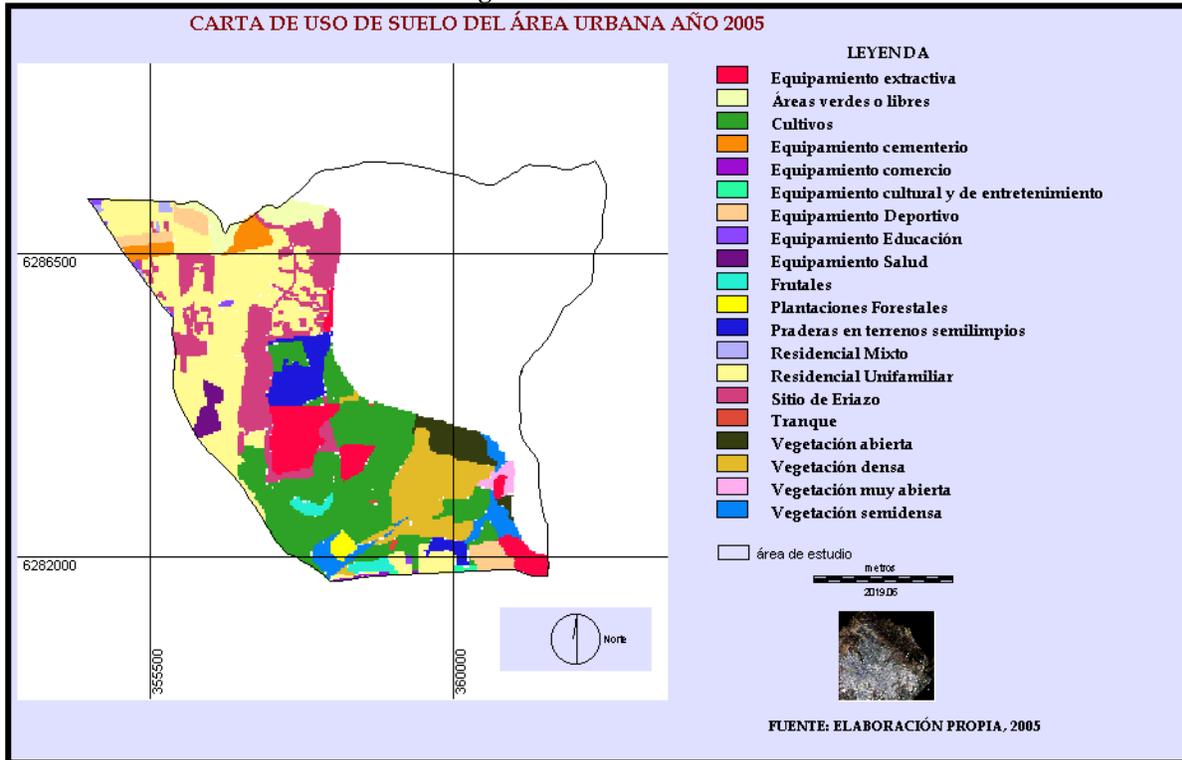
**Tabla 70: Equipamiento de salud en el piedmont de Puente Alto**

NOMBRE	DIRECCION	TELEFONO	SSM
CEDERI	3295 CAMILO HENRIQUEZ	2881502	SUR-ORIENTE
SANATORIO EL PERAL	2451 CAMILO HENRIQUEZ	8745792	SUR

Fuente: Elaboración propia, a partir de la base de datos de GORE RM. 2005.

- j) **Frutales:** se presenta en los sectores El Peral y Las Vizcachas. Son huertos frutales de riego: duraznos, naranjos, manzanos, nogales; y parronales para el cultivo de la vid para producir uva de mesa. Representa un 1.18% de la superficie urbanizada.
- k) **Plantaciones Forestales:** se presenta en el sector del cerro La Virgen con plantaciones de Eucaliptus y Pinos, y algunos Álamos. Representa un 0.61% de la superficie urbanizada.
- l) **Praderas en terrenos semilimpios:** se presenta en los sectores de Santa Rosa del Peral. Son praderas naturales donde la densidad del matorral indica que ha sido cultivada en alguna ocasión. Representa un 4.26% de la superficie urbanizada.
- m) **Residencial Mixto:** Se presenta en los sectores de El Alba, Valle del Sol y Cerro Chequén. Representando un 0.37% de la superficie urbanizada.
- n) **Residencial Unifamiliar:** se presenta en forma homogénea en sector urbano consolidado y propiedades rurales. Representando un 24.84% de la superficie urbanizada.
- ñ) **Sitio de Eriazo:** se presenta en los sectores Altos de Manquecura, Planella, Ciudad del Este, Portezuelo de Tobalaba, Santa Josefina, Los Faldeos de Viña y Alto Lo Planella. Representando un 14.10% de la superficie urbanizada.
- o) **Tranque:** se presenta en el sector del Llano de Las Perdices. Representando un 0.11% de superficie urbanizada.
- p) **Vegetación:**
- Abierta: se presenta en el sector del Llano Las Perdices. Representando un 2.84% de la superficie urbanizada.
  - Densa: se presenta en el sector del Llano Las Perdices. Representando un 8.47% de la superficie urbanizada.
  - Muy Abierta: corresponde al sector cerro La Obra. Representando un 0.67% de la superficie urbanizada.
  - Semidensa corresponde a los sectores el Llano Las Perdices y cerro La Virgen. Representando un 2.97% de la superficie urbanizada.

**Fig.95: Uso de suelo 2005**



### Tipo de Carpeta y Accesibilidad Topológica

Para la caracterización de la cobertura y cantidad de los caminos en la comuna la siguiente tabla y gráfico demuestran los valores absolutos, y en porcentaje (Tabla 71).

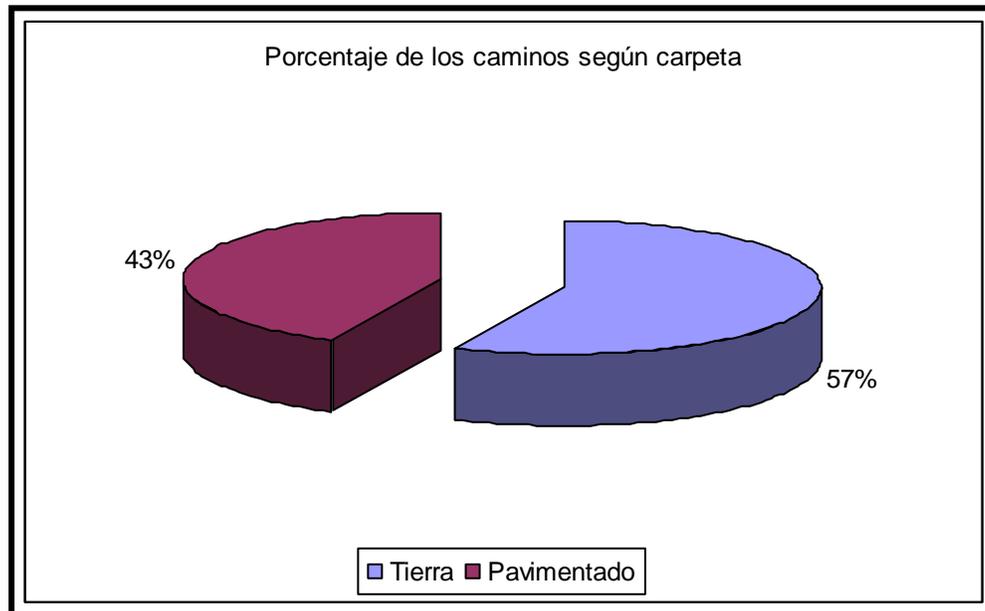
**Tabla 71: Total de la cobertura de las vías (longitud), según el tipo de carpeta.**

Tipo de Carpeta	Longitud en Kilómetros.	Porcentaje
Tierra	129.72	57%
Pavimentado	96.18	43%
Total	225.9	100%

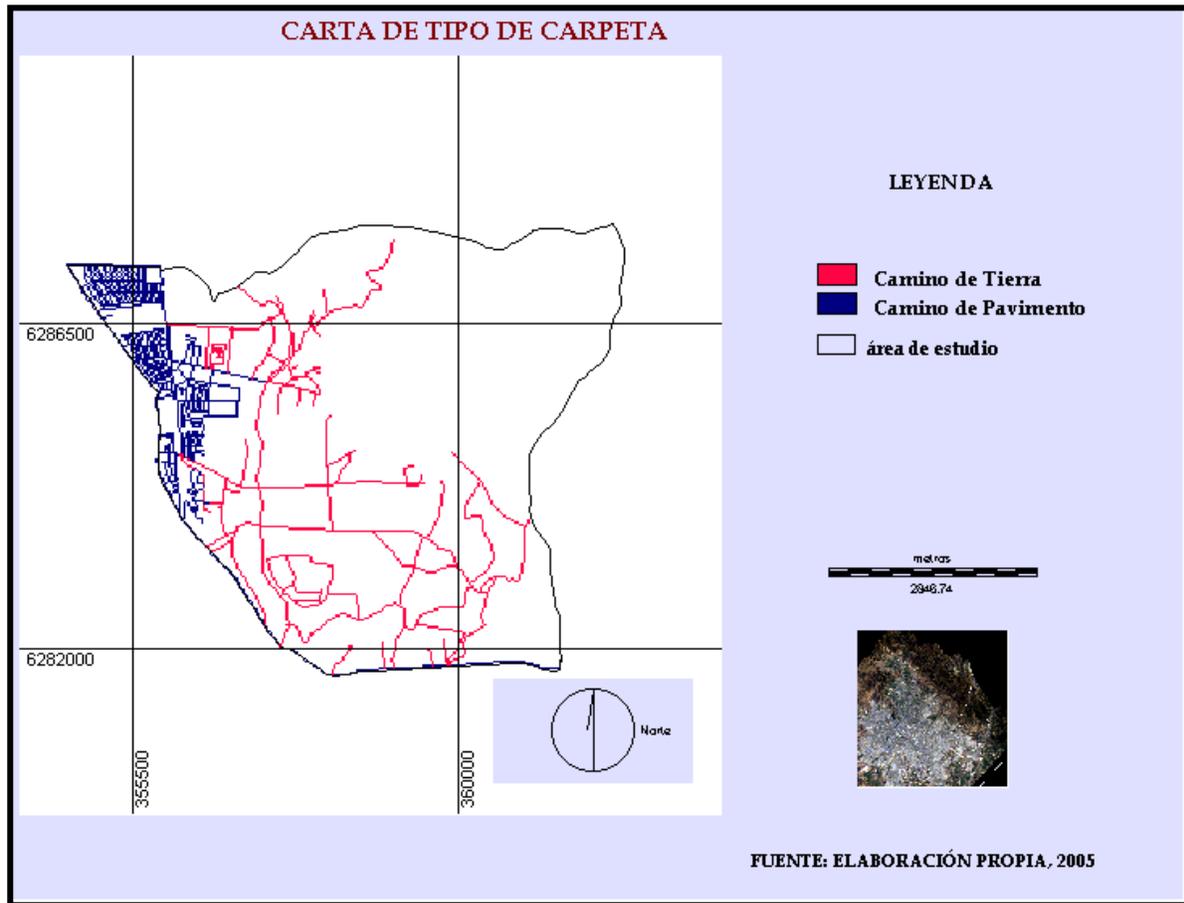
Fuente: Elaboración propia, 2005.

Con estos resultados (Fig.96), inmediatamente puede observarse las disparidades que existen en el piedmont, entendiéndose que hace falta una rápida y necesaria implementación de pavimentación en aquellos caminos que no lo tienen, ya que ésta sólo cubre un 43%. Los caminos con carpeta de tierra representan un 57% del total, mostrando una distribución hacia al este (todos aquellos lugares en laderas o pendientes abruptas), mientras que los caminos pavimentados sólo cubren a las vías principales de acceso, esto se puede apreciar en la Fig.97.

**Fig.96:**



**Distribución en porcentaje de los caminos (según carpeta) en el piedmont.**



**Fig.97: Distribución espacial de los caminos según tipo de carpeta**

La accesibilidad topológica entre los centros de gravedad de los distintas urbanizaciones del piedmont, para esto, la siguiente Tabla 72 y 73 nos indica cuales son las diferencias en términos de la accesibilidad que tiene cada uno de ellos.

**Tabla 72: Matriz de Accesibilidad para 24 centros de gravedad en el piedmont.**

C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	K	S
1	0	4	5	7	5	4	4	7	2	6	4	5	6	1	1	1	5	4	6	2	3	3	5	6	7	96
2	4	0	2	4	1	3	3	4	2	2	1	4	3	4	4	3	2	2	3	2	1	2	3	3	4	62
3	5	2	0	2	2	2	5	2	4	1	1	3	2	5	6	5	1	4	2	4	3	4	5	1	6	71
4	7	4	2	0	4	4	7	1	6	2	3	4	3	8	8	7	3	5	2	6	5	6	6	1	8	104
5	5	1	2	4	0	3	4	2	3	1	1	4	3	4	5	4	2	5	3	3	2	3	6	2	6	72
6	4	3	2	4	3	0	4	4	2	3	2	1	2	3	4	3	1	2	2	2	1	2	3	3	4	60
7	4	3	5	7	4	4	0	8	2	6	3	3	4	3	5	3	4	2	5	3	2	1	1	6	8	88
8	7	4	2	1	2	4	8	0	6	1	3	5	4	6	7	6	3	6	3	5	4	5	6	2	7	100
9	2	2	4	6	3	2	2	6	0	4	2	3	4	1	3	1	3	2	4	1	1	1	3	5	6	65
10	6	2	1	2	1	3	6	1	4	0	2	4	3	7	6	5	2	4	3	4	3	5	6	2	7	82
11	4	1	1	3	1	2	3	3	2	2	0	3	2	3	4	4	3	1	2	2	1	2	3	2	4	54
12	5	4	3	4	4	1	3	5	3	4	3	0	1	4	5	4	2	1	2	3	2	3	2	3	5	71
13	6	3	2	3	3	2	4	4	4	3	2	1	0	5	6	6	1	2	1	4	3	4	3	2	6	74
14	1	4	5	8	4	3	3	6	1	7	3	4	5	0	2	1	5	4	3	2	2	2	4	6	7	85
15	1	4	6	8	5	4	5	7	3	6	4	5	6	2	0	1	5	4	6	2	3	4	5	7	8	103
16	1	3	5	7	4	3	3	6	1	5	4	4	6	1	1	0	4	3	5	1	2	2	4	6	7	81
17	5	2	1	3	2	1	4	3	3	2	3	2	1	5	5	4	0	3	1	3	2	3	4	2	5	64
18	4	2	4	5	5	2	2	6	2	4	1	1	2	4	4	3	3	0	3	2	1	3	1	4	6	68
19	6	3	2	2	3	2	5	3	4	3	2	2	1	3	6	5	1	3	0	4	3	4	4	1	6	72
20	2	2	4	6	3	2	3	5	1	4	2	3	4	2	2	1	3	2	4	0	1	2	3	5	6	66
21	3	1	3	5	2	1	2	4	1	3	1	2	3	2	3	2	2	1	3	1	0	2	2	3	5	52
22	3	2	4	6	3	2	1	5	1	5	2	3	4	2	4	2	3	3	4	2	1	0	2	5	6	69
23	5	3	5	6	6	3	1	6	3	6	3	2	3	4	5	4	4	1	4	3	2	2	0	5	6	86
24	6	5	1	1	2	3	6	2	5	2	2	3	2	6	7	6	2	4	1	5	3	5	5	0	7	84

Fuente: Elaboración propia, en base al índice de Konig (K) y de Shimbel (S). 2005.

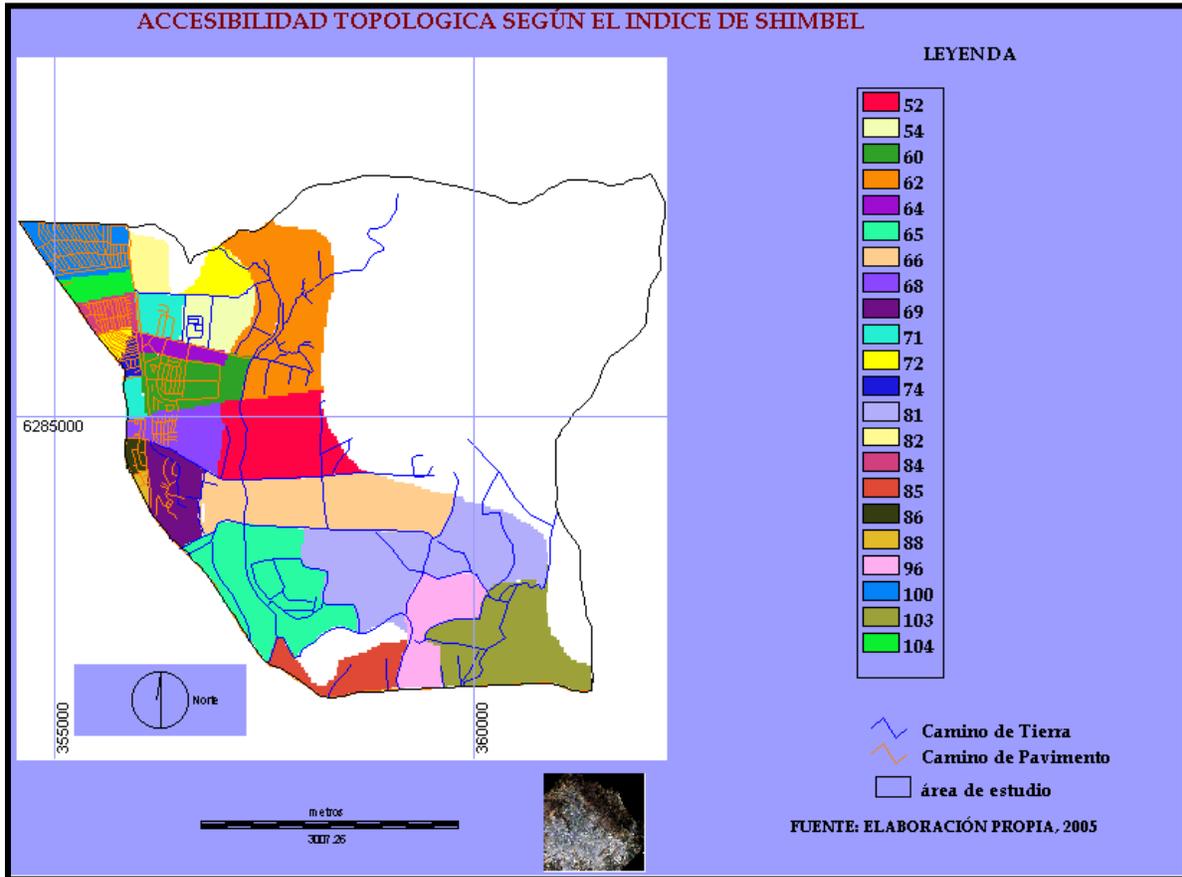
**Tabla 73: Descripción de cada nodo.**

<b>Centro de gravedad</b>	<b>nodo</b>
Almenar del Maipo	1
Alto Lo Planella	2
Altos de Manquecura	3
cementerio El Prado	4
cementerio El Prado II	5
Ciudad del Este	6
Colonia el Peral	7
El Alba	8
El Peral	9
Estadio Codelco	10
Faldeos de Viña	11
Juan Mackenna	12
La Frontera	13
La Virgen	14
Las Vizcachas	15
Llano las Perdices	16
Lo Planella	17
Lomas de Tobalaba	18
Los Industriales	19
Open Door	20
San Luis	21
Sanatorio El Peral	22
Santa Josefina	23
Valle del Sol	24

**Fuente: Elaboración propia, 2005.**

En la matriz de accesibilidad topológica (Tabla 72) se puede deducir: el índice de Konig o índice asociado, muestra que los centro de gravedad 2 (Alto Lo Planella), 6 (Ciudad del Este) y 11 (Faldeos de Viña) son los que están más conectados y son los más accesibles. En el caso del índice de Shimbel se presenta un centro de gravedad 21 (San Luis) con 52, ya que tiene el número asociado más abajo. Esta diferencia se produce debido a los caminos (arcos) internos que se presentan en el piedmont tienen una mejor accesibilidad topológica.

En la situación contraria, los centros de gravedad 4 (Cementerio el Prado), 7 (Colonia El Peral) y 15 (Las Vizcachas), son la que presenta los índice de “peor” accesibilidad respecto de los otros centros poblados según el índice de Konig, y el valor 104 para el centro Cementerio el Prado, según el índice de Shimbel. Debido a que los caminos internos aunque sean de tierra presentan mayor accesibilidad topológica.



Se utiliza el índice de Shimbel para realizar una clasificación ordinal de la accesibilidad topológica del piedmont de la comuna de Puente Alto. A continuación se presentan las urbanizaciones más accesibles a menos accesibles, en relación al número asociado (Fig.98):

**Fig.98: Accesibilidad topológica según índice de Shimbel.**

## **4.10 ESCENARIO DE PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE AMENAZAS O PELIGROS NATURALES**

### **4.10.1 MOVIMIENTOS EN MASA**

#### **Funciones de distribución de los criterios de la soliflucción y reptación**

En esta etapa se consideran en primer lugar las variables con sus respectivos criterios de evaluación que indiquen *la probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa por soliflucción y reptación*. A cada uno de estos criterios se aplica la teoría de los conjuntos difusos (fuzzy), ya que estos no tienen las fronteras nítidamente definidas y, por tanto, más que establecer si un determinado elemento pertenece o no al conjunto, se establece el grado de pertenencia a él en un rango continuo de valores que en este caso es entre 0 y 1. Es decir, a cada criterio le corresponde un determinado número de clasificaciones, y que posteriormente se les aplica las correspondientes funciones de distribución de acuerdo a su orden creciente, decreciente o simétrica, con sus respectivos quiebres de explicación y que finalmente se reducen todos a una misma escala continua de valores que indican el grado de amenaza (- a +). En la segunda etapa las cartografías son evaluadas a través del método de Saaty (1997).

Los criterios utilizados se presentan dentro de las características necesarias para que se produzca este tipo de movimiento. Como se señaló en el marco teórico, la reptación y la soliflucción corresponde a la inestabilidad en vertientes como en el piedmont, en que se presentan deformaciones superficiales (secuencia reptación – soliflucción), bajo la influencia del contenido de agua. Por lo tanto, *la inestabilidad se manifiesta según la teoría y la experiencia:*

- a) Pendiente: entre 2° y 45°
- b) Geología: compromete suelos residuales, rocas blandas pertenecientes a la unidad intrusiva La Obra, Formación volcánico El Abanico, conos coluviales y abanico aluvial.
- c) Geomorfología se presenta desde vertientes inversa con cara libre y talud hasta terraza fluvial.
- d) Textura superficial se caracteriza por suelos limo - arcillosos, de grano fino e impermeables,
- e) Y un alto grado de humedad; con variaciones de temperaturas y con alta presencia de vegetación.

Aquí la función tiene un grado de pertenencia de 0 a 1, es decir, las condiciones que propician esta condición de peligro son las que están más cercanas a 1, según el orden que tengan las categorías de explicación de cada cartografía que se reducen todos a una misma escala según lo que indica la tabla 74.

**Tabla 74: Criterio, tipo de función y parámetros característicos de los movimientos en masa por solifluxión y reptación. Aplicación de la Teoría de los conjuntos difusos de Zadeh (fuzzy).**

Número	Criterio	Tipo de Función	A	b	C	D
1	Pendiente	J – Shaped simétrica	0	2	6	7
2	Humedad del suelo	Lineal (creciente)	0	5		
3	Precipitaciones	Lineal (creciente)	0	5		
4	Índice Potencial Erosivo	Sigmoidal (decreciente)			0	3
5	Temperatura	J – Shaped (creciente)	0	5		
6	Cobertura Vegetacional	J – Shaped (creciente)	0	4		
7	Estructura Horizontal (abierto – cerrado)	J – Shaped (creciente)	0	2		
8	Geología	Sigmoidal (decreciente)			0	5
9	Geomorfología	Lineal (decreciente)			0	14
10	Grupo Hidrológico	Sigmoidal (creciente)	0	2		
11	Exposición	Sigmoidal (creciente)	0	2		
12	Napa Freática	J – Shaped (decreciente)			0	2
13	Textura Superficial	J – Shaped (decreciente)			0	4

Fuente: Elaboración propia, 2005.

### **Ponderación y valorización de los criterios de la solifluxión y reptación**

En la segunda etapa de evaluación se aplica la matriz de comparación entre los diferentes criterios de explicación la cual tuvo una razón de consistencia de 0.08, por consiguiente, es suficientemente consistente en su valorización. La pendiente representa un 18.06%; la humedad con un 15.50%; la geomorfología un 14.11% y textura superficial un 12.53%, indicando un alto grado de explicación para la probabilidad de ocurrencia de este tipo de movimiento. Su velocidad de movimiento es extremadamente lenta. Aunque Cruden y Varnes (1996) le dan una importancia destructiva

probable, pero que son posibles las construcciones con precaución. La zona de peligro alto y muy alto son los que presentan mayor probabilidad de ocurrencia. Los sectores de vertiente y conos de

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Pesos %
1	1													18.06
2	1/3	1												15.50
3	1/4	1/4	1											2.06
4	1/5	1/9	1/9	1										1.20
5	1/2	1/2	1/3	6	1									7.82
6	1/2	1/3	1/4	6	1/3	1								9.24
7	1/5	1/7	1/7	3	1/5	1/6	1							5.23
8	1/3	1/3	1/5	2	1/7	1/6	1/6	1						2.46
9	1/4	1/6	1/6	3	1/7	1/6	1/5	1/2	1					14.11
10	1/5	1/3	1/3	3	1/3	1/4	1/5	1/3	1/3	1				2.22
11	1/4	1/2	1/3	6	1/4	1/2	1/2	3	3	5	1			6.87
12	1/4	1/4	1/4	4	1/5	1/4	1/4	2	2	2	1/7	1		2.70
13	1/3	1/2	1/2	8	1/3	1/2	1/2	6	2	2	1/3	3	1	12.53

deyección El Durazno y El Maqui son los que presentan un muy alto grado de amenaza o peligro; mientras que el sector NW del área de estudio presenta grados desde bajo a alto. Pero lo más relevante es la secuencia reptación – soliflucción – deslizamiento que presenta la probabilidad de ocurrir en el sector de vertientes, según los criterios utilizados para su explicación, según lo que indica la Tabla 75 y su producto la Fig.99.

**Tabla 75: Matriz para establecer el peso de los criterios para la evaluación de movimientos en masa de soliflucción y reptación a través del MJA (c.r. = 0.08).**

**Fuente: Elaboración propia, 2005.**

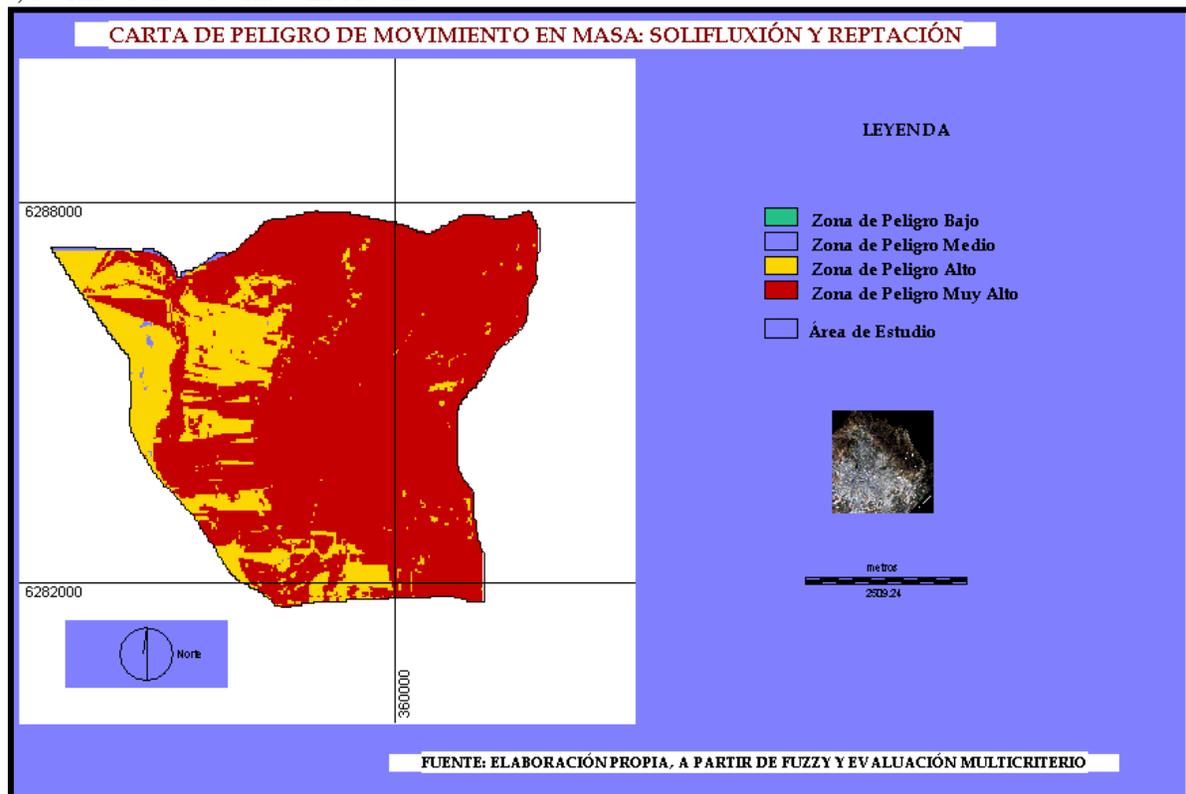
**Fig.99: Peligro de movimiento en masa: Solifluxión y reptación**

### **Funciones de distribución de los criterios de flujos o corrientes de tierra**

En esta etapa se consideran en primer lugar las variables con sus respectivos criterios de evaluación que indiquen *la probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa por corrientes de tierra.*

Los criterios utilizados se presentan dentro de las características necesarias para que se produzca este tipo de movimiento. Como se dijo en el marco teórico los flujos de tierra toma una infinidad de formas que se caracterizan por deformaciones superficiales, un alto grado de meteorización, baja permeabilidad, fracturamiento, textura fina, y con un variado contenido de agua.

- a) Pendiente: la inestabilidad se manifiesta según la teoría y la experiencia entre 20° y 45°
- b) Geología compromete suelos residuales, rocas blandas pertenecientes a la unidad intrusiva La Obra, Formación volcánico El Abanico.



- c) Geomorfología se presenta desde vertientes inversa con cara libre y talud hasta una vertiente conforme simple dentro de su relación estructura.
- d) Textura superficial se caracteriza por suelos limo - arcillosos de grano fino e impermeables

e) Un grado medio de humedad; con variaciones de temperaturas, ausencia de vegetación y un alto grado de erosividad de las cuencas de acuerdo a los índices de torrencialidad, rugosidad y compacidad que representan criterios de energía de posición.

Aquí la función tiene un grado de pertenencia de 0 a 1, es decir, las condiciones que propician esta condición de peligro son las que están más cercanas a 1, según el orden que tengan las categorías de explicación de cada cartografía según lo que indica la Tabla 76.

**Tabla 76: Criterio, tipo de función y parámetros característicos de los movimientos en masa por flujos o corrientes de tierra. Aplicación de la Teoría de los conjuntos difusos de Zadeh (fuzzy).**

Número	Criterio	Tipo de Función	A	b	C	D
1	Pendiente	J – Shaped (simétrica)	0	5	6	7
2	Torrencialidad	J – Shaped (decreciente)			0	3
3	Rugosidad	J – Shaped (decreciente)			0	3
4	Compacidad	Sigmoidal (decreciente)			0	3
5	Concentración	Sigmoidal (creciente)	0	3		
6	Humedad del suelo	Sigmoidal (simétrica)	0	2	3	5
7	Precipitación	Sigmoidal (decreciente)			3	5
8	Temperatura	Sigmoidal (simétrica)	0	5	7	14
9	Cobertura Vegetal	Sigmoidal (decreciente)			0	5
10	Estructura Horizontal	J – Shaped (decreciente)			0	3
11	Geología	Sigmoidal (decreciente)			0	3
12	Geomorfología	Sigmoidal (decreciente)			0	4
13	Exposición	Sigmoidal (decreciente)			0	2
14	Textura superficial	Sigmoidal (decreciente)			0	4
15	Sequía	J – Shaped (decreciente)	0	3		

Fuente: Elaboración propia, 2005.

En la segunda etapa de evaluación se aplica la matriz de comparación entre los diferentes criterios de explicación la cual tuvo una razón de consistencia de 0.07, por consiguiente, es suficientemente consistente en su valorización. La pendiente representa un 15.90%, la humedad con un 13.36%, y la geomorfología con un 12.33%, indicando un alto grado de explicación para la probabilidad de

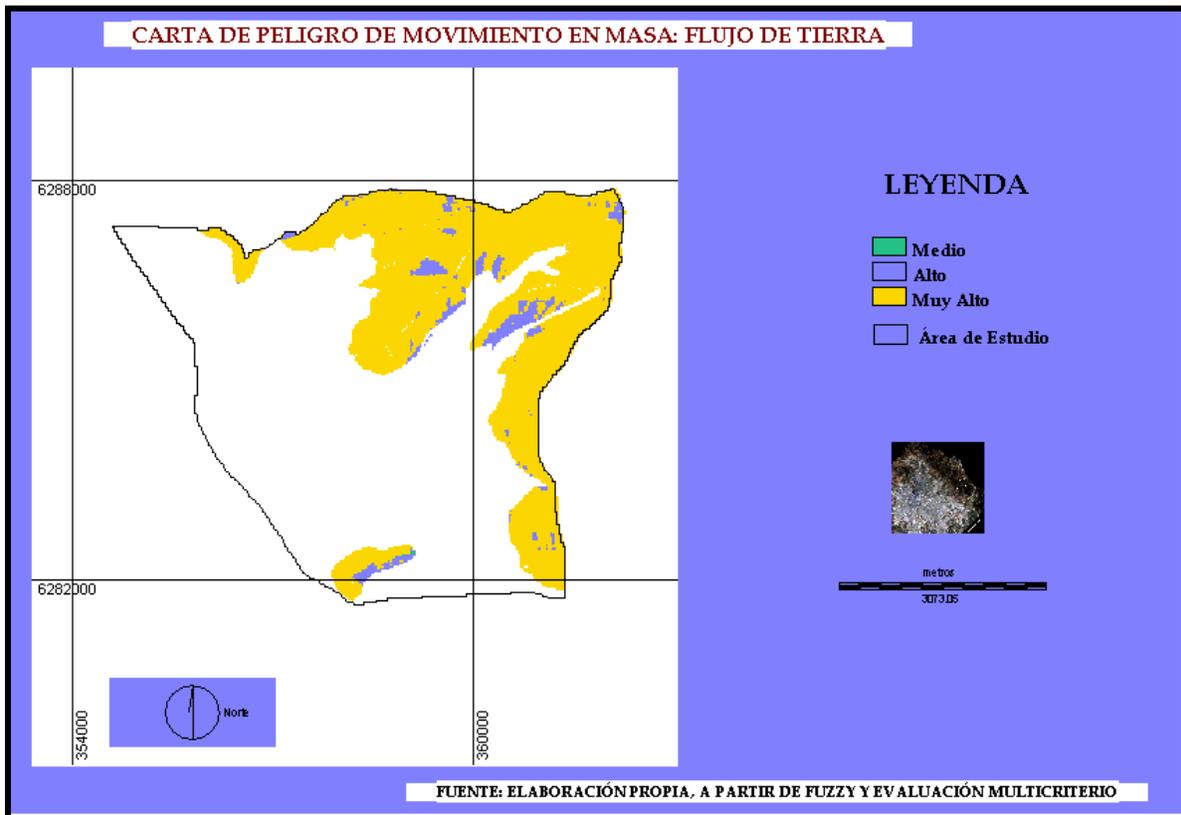
ocurrencia de este tipo de movimiento. Su velocidad de movimiento lento. Aunque Cruden y Varnes (1996) le dan una importancia destructiva probable, pueden realizarse estructuras preventivas durante el movimiento, estructuras resistentes pueden ser mantenidas con trabajo frecuente si el movimiento no es tan grande durante fases de aceleración. La zona de peligro muy alto se presenta en forma homogénea en todas las vertientes y son los que presentan mayor probabilidad de ocurrencia. Los sectores de vertiente El Durazno, El Maqui y La Virgen son los que presentan un muy alto grado de amenaza o peligro según los criterios utilizados para su explicación, según la Tabla 77 y Fig.100.

**Tabla 77: Matriz para establecer el peso de los criterios para la evaluación de movimientos en masa de flujos de tierra través del MJA (c.r. = 0.07)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Pesos %
1	1															15.90
2	1/4	1														3.28
3	1/5	1/2	1													3.34
4	1/6	1/3	1/4	1												1.91
5	1/8	1/2	1/4	1/2	1											1.70
6	1/2	4	4	5	5	1										13.36
7	1/3	2	4	3	3	1/4	1									4.74
8	1/4	2	2	3	2	1/3	1/2	1								3.75
9	1/2	4	3	4	4	1/2	2	2	1							7.41
10	1/3	4	3	3	4	1/2	2	2	1/2	1						6.84
11	1/2	4	2	2	4	1/2	3	3	2	1/2	1					8.58
12	1/2	5	3	4	4	1/2	3	3	3	2	3	1				12.33
13	1/4	1/2	2	4	2	1/3	2	2	2	2	1/3	1/4	1			5.26
14	1/3	2	2	4	4	1/3	2	4	1/2	3	1/2	1/3	3	1		7.92
15	1/5	2	1/2	2	2	1/5	1/2	1/2	1/2	1/3	1/3	1/2	3	1/4	1	3.69

Fuente: Elaboración propia, 2005.

**Fig.100: Peligro de movimiento en masa: flujo de tierra**



### **Funciones de distribución de los criterios de flujos de detritos**

En esta etapa se consideran en primer lugar las variables con sus respectivos criterios de evaluación que indiquen *la probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa por corrientes de detritos*.

Los criterios utilizados se presentan dentro de las características necesarias para que se produzca este tipo de movimiento. Como se dijo en el marco teórico los flujos de detritos que se caracterizan por deformaciones superficiales, un alto grado de meteorización, baja permeabilidad, fracturamiento, textura heterogénea, y con un alto contenido de agua.

Por lo tanto, *la inestabilidad se manifiesta según la teoría y la experiencia:*

- Pendiente y geología: la inestabilidad se manifiesta según la teoría y la experiencia entre 20° y 45°; comprometiendo suelos residuales, rocas blandas perteneciente a la unidad intrusiva La Obra, Formación volcánico El Abanico
- Geomorfología se caracteriza por vertientes inversa con cara libre y talud hasta una vertiente conforme simple dentro de su relación estructural.
- Textura superficial se caracteriza por suelos limo – arcillosos - arenas y granos grueso e impermeables.

d) Un alto grado de humedad; con variaciones de temperaturas, ausencia de vegetación y un alto grado de erosividad de las cuencas de acuerdo a los índices de torrencialidad, rugosidad y compacidad que representan criterios de energía de posición.

Aquí la función tiene un grado de pertenencia de 0 a 1, es decir, las condiciones que propician esta condición de peligro son las que están más cercanas a 1, según el orden que tengan las categorías de explicación de cada cartografía según lo que indica la Tabla 78.

**Tabla 78: Criterio, tipo de función y parámetros característicos de los movimientos en masa por flujos o corrientes de detritos. Aplicación de la Teoría de los conjuntos difusos de Zadeh (fuzzy).**

Número	Criterio	Tipo de Función	A	B	c	D
1	Pendiente	J – Shaped (simétrica)	0	5	6	7
2	Torrencialidad	J – Shaped (decreciente)			0	3
3	Rugosidad	J – Shaped (decreciente)			0	3
4	Pendiente media del cauce	J – Shaped (decreciente)			0	3
5	Concentración	Sigmoidal (creciente)	0	3		
6	Humedad del suelo	J – Shaped (creciente)	0	5		
7	Precipitación	Lineal (creciente)	0	5		
8	Temperatura	Lineal (creciente)	4	14		
9	Cobertura Vegetal	Sigmoidal (decreciente)			0	5
10	Estructura Horizontal	J – Shaped (decreciente)			0	3
11	Geología	Sigmoidal (decreciente)			0	3
12	Geomorfología	Sigmoidal (decreciente)			0	4
13	Exposición	Sigmoidal (decreciente)			0	2
14	Textura superficial	Sigmoidal (creciente)	6	10		
15	Sequía	J – Shaped (creciente)	0	3		

Fuente: Elaboración propia, 2005.

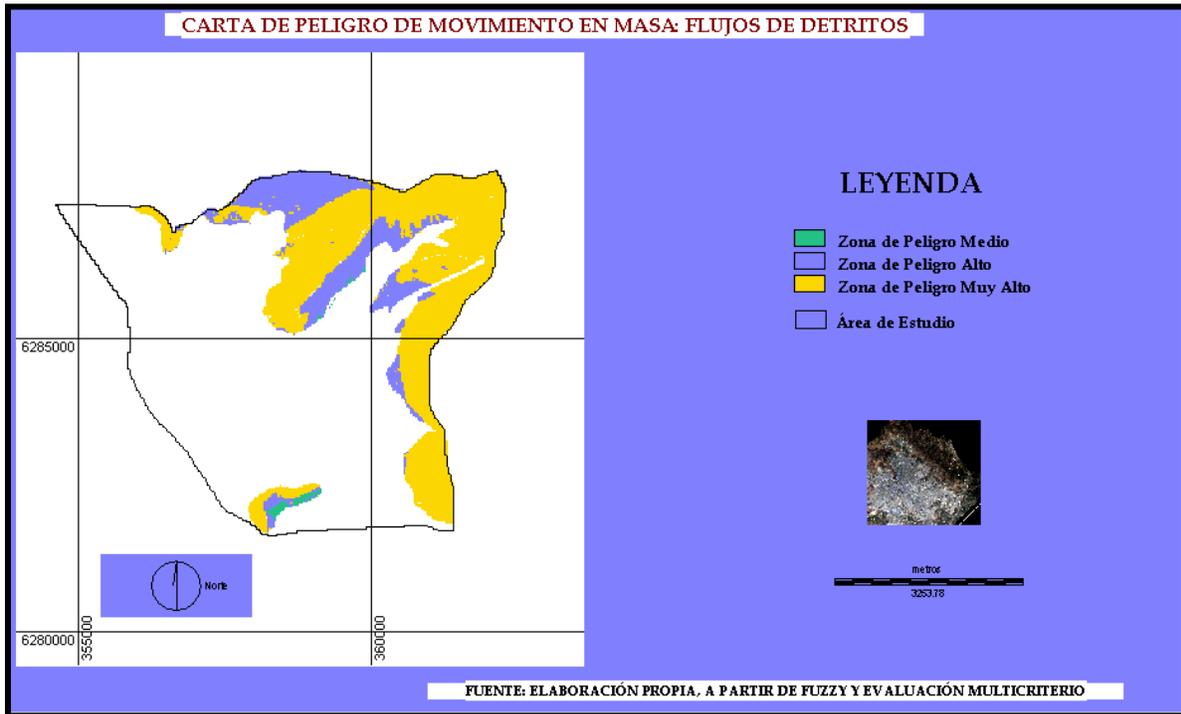
En la segunda etapa de evaluación se aplica la matriz de comparación entre los diferentes criterios de explicación la cual tuvo una razón de consistencia de 0.08, por consiguiente, es suficientemente consistente en su valorización. La pendiente representa un 14.82%, la humedad con un 10.08%, la geomorfología con un 16.213% y la geología con un 11.31%, indicando un alto grado de explicación para la probabilidad de ocurrencia de este tipo de movimiento. Su velocidad de movimiento rápido. Aunque Cruden y Varnes (1996) le dan una importancia destructiva probable, evacuación de escape posible, estructuras, posesiones y equipos destrozados La zona de peligro muy alto se presenta en forma homogénea en todas las vertientes, excepto en la vertiente de La Morfilana y La Virgen, que son los que presentan mayor probabilidad de ocurrencia. Los sectores de vertiente El Durazno, El Maqui presentan un alto grado de amenaza o peligro según los criterios utilizados para su explicación, según lo que indica la Tabla 79 y el producto la Fig.101.

**Tabla 79: Matriz para establecer el peso de los criterios para la evaluación de movimientos en masa de flujos de detritos través del MJA (c.r. = 0.08)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Pesos %
1	1															14.82
2	1/5	1														4.51
3	1/4	1/2	1													2.50
4	1/2	2	2	1												4.30
5	1/3	1/2	2	1/4	1											2.96
6	1/2	5	4	4	5	1										10.08
7	1/3	1/3	2	2	2	1/2	1									5.83
8	1/4	1/2	5	2	2	1/3	2	1								5.67
9	1/3	4	5	4	3	1/2	1/2	2	1							7.69
10	1/3	3	5	4	3	1/2	1/2	1/2	1/2	1						6.11
11	1/2	5	6	6	4	2	2	2	2	2	1					11.31
12	1/2	6	7	7	5	3	3	3	2	2	3	1				16.21
13	1/4	1/3	1/4	1/2	1/3	1/2	1/3	1/2	1/2	2	1/4	1/5	1			2.86
14	1/4	2	3	1/2	2	1/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/4	2	1		3.96
15	1/6	1/6	1/4	1/6	1/5	1/6	1/5	1/3	1/4	1/4	1/5	1/9	1/3	1/4	1	1.19

Fuente: Elaboración propia, 2005.

**Fig.101: Peligro de movimiento en masa: flujo de detritos**



### **Funciones de distribución de los criterios de flujos o corriente de barro**

En esta etapa se consideran en primer lugar las variables con sus respectivos criterios de evaluación que indiquen *la probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa por corriente de barro*.

Los criterios utilizados se presentan dentro de las características necesarias para que se produzca este tipo de movimiento. Como se dijo en el marco teórico los flujos de barro que se caracterizan por deformaciones superficiales, un alto grado de meteorización, baja permeabilidad, fracturamiento, textura fina, y con un alto contenido de agua.

- Pendiente: la inestabilidad se manifiesta según la teoría y la experiencia entre 20° y 45°.
- Geología: compromete suelos residuales, rocas blandas pertenecientes a la unidad intrusiva La Obra, Formación volcánica El Abanico.
- Geomorfología se presenta desde vertientes inversa con cara libre y talud hasta una vertiente conforme simple dentro de su relación estructural
- La textura superficial se caracteriza por suelos limo – arcillosos e impermeables
- Un grado alto de humedad; con variaciones de temperaturas, ausencia de vegetación y un alto grado de erosividad de las cuencas de acuerdo a los índices de torrencialidad, rugosidad y pendiente media que representan criterios de energía de posición.

Aquí la función tiene un grado de pertenencia de 0 a 1, es decir, las condiciones que propician esta condición de peligro son las que están más cercanas a 1, según el orden que tengan las categorías de explicación de cada cartografía según lo que indica la Tabla 80.

**Tabla 80: Criterio, tipo de función y parámetros característicos de los movimientos en masa por flujos o corrientes de barro. Aplicación de la Teoría de los conjuntos difusos de Zadeh (fuzzy).**

Número	Criterio	Tipo de Función	A	B	c	D
1	Pendiente	J – Shaped (simétrica)	0	5	6	7
2	Torrencialidad	J – Shaped (decreciente)			0	3
3	Rugosidad	J – Shaped (decreciente)			0	3
4	Pendiente media del cauce	J – Shaped (decreciente)			0	3
5	Concentración	Sigmoidal (creciente)	0	3		
6	Humedad del suelo	J – Shaped (creciente)	0	5		
7	Precipitación	Lineal (creciente)	0	5		
8	Temperatura	Lineal (creciente)	4	14		
9	Cobertura Vegetal	Sigmoidal (decreciente)			0	5
10	Estructura Horizontal	J – Shaped (decreciente)			0	3
11	Geología	Sigmoidal (decreciente)			0	3
12	Geomorfología	Sigmoidal (decreciente)			0	4
13	Exposición	Sigmoidal (decreciente)			0	2
14	Textura superficial	Sigmoidal (decreciente)			0	7
15	Sequía	J – Shaped (decreciente)			0	3

Fuente: Elaboración propia, 2005.

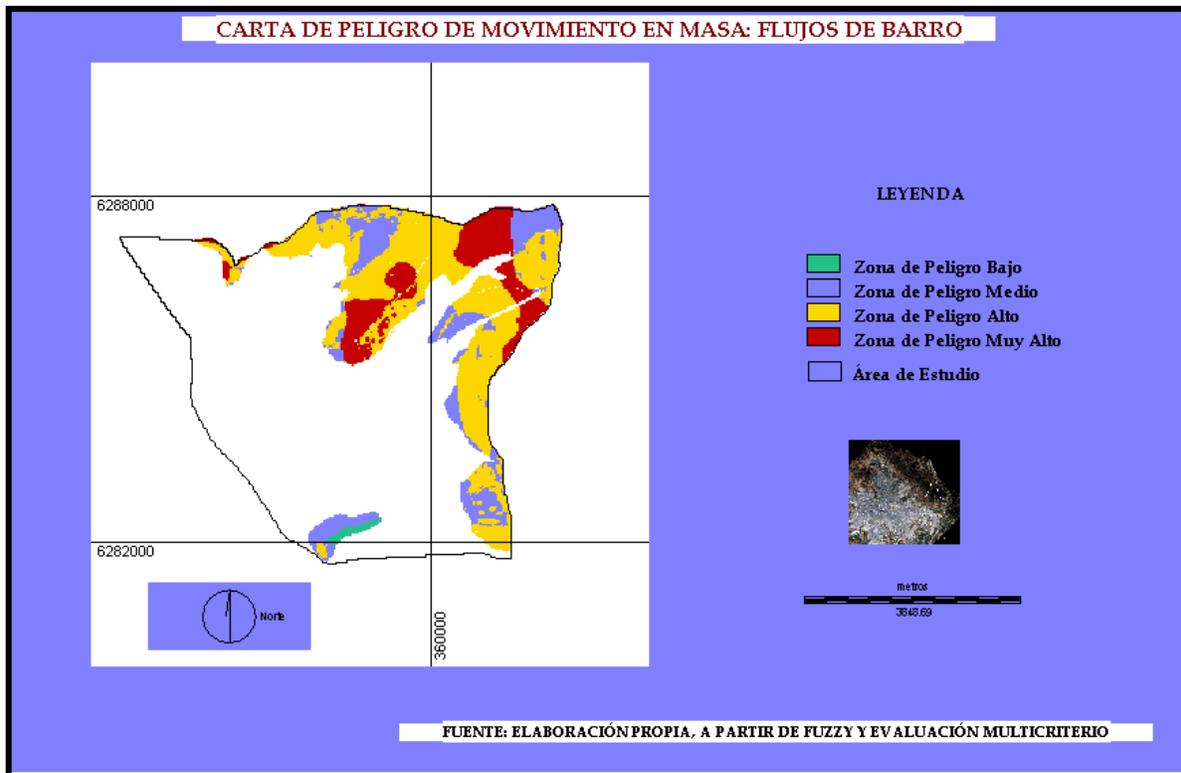
En la segunda etapa de evaluación se aplica la matriz de comparación entre los diferentes criterios de explicación la cual tuvo una razón de consistencia de 0.09, por consiguiente, es suficientemente consistente en su valorización. La pendiente representa un 14.19%, la humedad con un 6.31%, la geomorfología con un 19.28% y la geología con un 12.88%, indicando un alto grado de explicación para la probabilidad de ocurrencia de este tipo de movimiento. Su velocidad de movimiento moderado. Aunque Cruden y Varnes (1996) le dan una importancia destructiva probable, algunas estructuras resistentes pueden mantenerse temporalmente. La zona de peligro muy alto se presenta en las cabeceras de la cuencas La Morfilana, El Durazno y El Maqui, no obstante, en las vertientes de umbría de El Durazno y la de solana en la Sin Nombre en forma homogénea en todas las vertientes, excepto en la vertiente de La Morfilana y La Virgen, que son los que presentan mayor probabilidad de ocurrencia. Las Vertientes de las cuencas presentan un patrón homogéneo de un alto grado de amenaza o peligro según los criterios utilizados para su explicación, lo que indica la Tabla 81 y producto la Fig.102.

**Tabla 81: Matriz para establecer el peso de los criterios para la evaluación de movimientos en masa de flujos de barro través del MJA (c.r. = 0.09)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Pesos %
1	1															14.49
2	1/4	1														6.97
3	1/3	1/2	1													2.96
4	1/2	2	2	1												5.86
5	1/5	1/2	1/2	1/4	1											2.07
6	1/2	2	4	1/2	4	1										6.31
7	1/3	1/2	2	1/4	2	1/2	1									3.22
8	1/4	1/3	2	1/2	2	1/3	1/4	1								2.52
9	1/2	1/2	4	2	3	1/2	3	2	1							5.47
10	1/3	1/5	5	3	4	1/2	3	3	1/2	1						5.51
11	1/2	5	4	4	4	4	4	4	3	3	1					12.88
12	1/2	6	7	5	5	5	5	6	4	3	4	1				19.28
13	1/5	1/5	1/5	1/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/6	1/8	1			1.95
14	1/4	1/2	4	2	5	4	4	5	3	3	1/2	1/3	5	1		9.15
15	1/6	1/6	1/6	1/6	1/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/7	1/8	1/6	1/6	1	1.36

Fuente: Elaboración propia, 2005.

**Fig.102: Peligro de movimiento en masa: flujos de barro**



### **Funciones de distribución de los criterios de caída y desplome**

En esta etapa se consideran en primer lugar las variables con sus respectivos criterios de evaluación que indiquen *la probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa por caída y desplome*.

Por lo tanto, *la inestabilidad se manifiesta según la teoría y la experiencia*:

Los criterios utilizados se presentan dentro de las características necesarias para que se produzca este tipo de movimiento. Como se dijo en el marco teórico la caída y desplome que se caracterizan por deformaciones superficiales, un alto grado de meteorización, baja permeabilidad, fracturamiento, textura gruesa, y con un bajo contenido de agua.

- Pendiente: a inestabilidad se manifiesta entre  $20^\circ$  y  $+45^\circ$ .
- Geología: compromete suelos residuales, rocas blandas pertenecientes a la unidad intrusiva La Obra, Formación volcánico El Abanico
- Geomorfología se presenta desde vertientes inversa con cara libre y talud hasta una vertiente conforme simple dentro de su relación estructural

d) Textura superficial gruesa e impermeables.

e) Un grado bajo de humedad; con variaciones de temperaturas, ausencia de vegetación y un alto grado de erosividad de las cuencas de acuerdo a los índices de torrencialidad, rugosidad, compacidad y potencial erosivo que representan criterios de energía de posición.

Aquí la función tiene un grado de pertenencia de 0 a 1, es decir, las condiciones que propician esta condición de peligro son las que están más cercanas a 1, según el orden que tengan las categorías de explicación de cada cartografía según lo que indica la Tabla 82.

**Tabla 82: Criterio, tipo de función y parámetros característicos de los movimientos en masa por caída y desplome. Aplicación de la Teoría de los conjuntos difusos de Zadeh (fuzzy).**

Número	Criterio	Tipo de Función	A	b	C	D
1	Pendiente	J – Shaped (creciente)	5	7		
2	Torrencialidad	J – Shaped (decreciente)			0	3
3	Rugosidad	J – Shaped (decreciente)			0	3
4	Compacidad	Sigmoidal (decreciente)			0	3
5	Concentración	Sigmoidal (creciente)	0	3	0	3
6	Humedad del suelo	Sigmoidal (decreciente)			0	5
7	Temperatura	Lineal (creciente)	4	14		
8	Cobertura Vegetal	Sigmoidal (decreciente)			0	5
9	Estructura Horizontal	J – Shaped (decreciente)			0	3
10	Geología	Sigmoidal (decreciente)			0	3
11	Geomorfología	Sigmoidal (decreciente)			0	4
12	Exposición	Sigmoidal (decreciente)			0	2
13	Textura superficial	Sigmoidal (creciente)	0	7		
14	Sequía	Sigmoidal (creciente)	0	3		
15	Potencial erosivo	J – Shaped (decreciente)			0	3

Fuente: Elaboración propia, 2005.

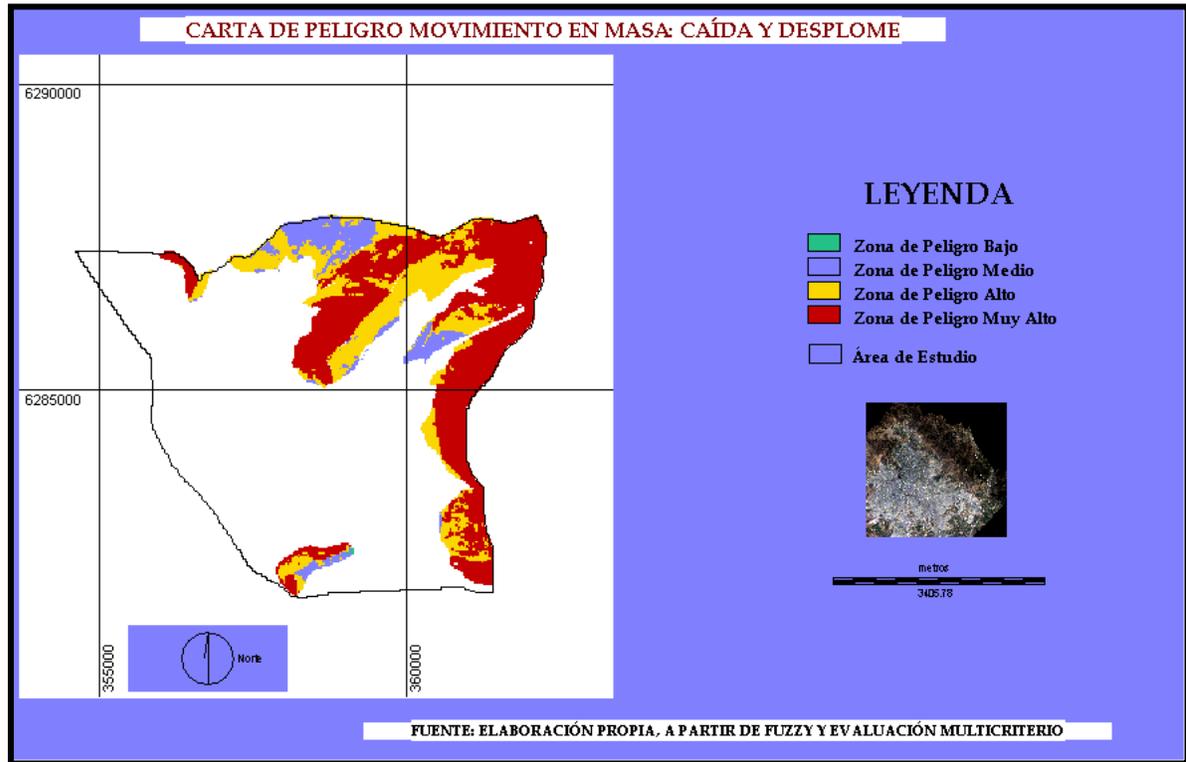
En la segunda etapa de evaluación se aplica la matriz de comparación entre los diferentes criterios de explicación la cual tuvo una razón de consistencia de 0.08, por consiguiente, es suficientemente consistente en su valorización. La pendiente representa un 15.13%, la humedad con un 8.19%, la

geomorfología con un 18.44%, la geología con un 11.56% y textura superficial con un 9.13%, indicando un alto grado de explicación para la probabilidad de ocurrencia de este tipo de movimiento. Su velocidad de movimiento extremadamente rápido. Aunque Cruden y Varnes (1996) le dan una importancia destructiva probable, catástrofe de gran violencia, construcciones destruidas por el impacto del material desplazado, muchos muertos. La zona de peligro muy alto y alto se presenta en las caras libres y taludes ubicados en la parte inferior de las vertientes de las cuencas la Sin Nombre, El Durazno, El Maquí y Las Vizcachas I y II, mientras que La Morfilana presenta un grado alto y medio de peligro según los criterios utilizados para su explicación, según lo que indica la Tablas 83 y Fig.103.

**Tabla 83: Matriz para establecer el peso de los criterios para la evaluación de movimientos en masa de caída y desplome a través del MJA (c.r. = 0.08)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Pesos %
1	1															15.13
2	1/3	1														2.68
3	1/3	1/2	1													2.05
4	1/4	1/4	2	1												1.93
5	1/5	1/3	1/2	1/3	1											1.76
6	1/2	5	4	5	4	1										8.19
7	1/6	2	2	3	2	1/3	1									3.60
8	1/3	6	5	4	3	1/2	4	1								7.52
9	1/3	6	5	5	4	1/2	5	1/2	1							7.12
10	1/2	7	6	6	6	2	6	2	2	1						11.56
11	1/2	8	7	8	7	3	7	4	3	4	1					18.44
12	1/5	3	2	2	2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/6	1				3.91
13	1/3	5	4	5	5	2	3	2	2	1/2	1/3	3	1			9.13
14	1/4	1/2	1/2	2	1/2	1/4	1/2	1/2	1/2	1/4	1/5	1/2	1/2	1		2.38
15	1/2	2	4	4	5	1/2	1/2	1/3	1/2	1/3	1/2	1/2	1/3	2	1	4.60

Fuente: Elaboración propia, 2005.



**Fig.103: Peligro de movimiento en masa: caída y desplome**

### **Funciones de distribución de los criterios de deslizamientos**

En esta etapa se consideran en primer lugar las variables con sus respectivos criterios de evaluación que indiquen *la probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa por deslizamientos*.

Los criterios utilizados se presentan dentro de las características necesarias para que se produzca este tipo de movimiento. Como se dijo en el marco teórico los deslizamientos se caracterizan por superficies de rotura, un alto grado de meteorización, baja permeabilidad, fracturamiento, textura fina desde margas hasta arenas, y con un término medio contenido de humedad.

Por lo tanto, *la inestabilidad se manifiesta según la teoría y la experiencia:*

- Pendiente: se manifiesta entre 5° y 30°.
- Geología compromete suelos residuales, rocas blandas pertenecientes a la unidad intrusiva La Obra, Volcánico el Abanico.

- c) Geomorfología se presenta desde vertientes inversa con cara libre y talud hasta una vertiente conforme simple dentro de su relación estructural;
- d) Textura superficial gruesa e impermeables.
- e) Un grado medio de humedad; con variaciones de temperaturas, ausencia de vegetación y un alto grado de erosividad de las cuencas de acuerdo a los índices de torrencialidad, rugosidad, y compacidad que representan criterios de energía de posición.

Aquí la función tiene un grado de pertenencia de 0 a 1, es decir, las condiciones que propician esta condición de peligro son las que están más cercanas a 1, según el orden que tengan las categorías de explicación de cada cartografía según lo que indica la Tabla 84.

**Tabla 84** Criterio, tipo de función y parámetros característicos de los movimientos en masa de deslizamientos. Aplicación de la Teoría de los conjuntos difusos de Zadeh (fuzzy).

Número	Criterio	Tipo de Función	A	b	C	D
1	Pendiente	J – Shaped (simétrica)	0	3	5	7
2	Torrencialidad	J – Shaped (decreciente)			0	3
3	Rugosidad	J – Shaped (decreciente)			0	3
4	Compacidad	Sigmoidal (decreciente)			0	3
5	Concentración	Sigmoidal (creciente)	0	3		
6	Humedad del suelo	J – Shaped (creciente)	0	5		
7	Precipitación	Lineal (creciente)	0	5		
8	Temperatura	Lineal (creciente)	4	14		
9	Cobertura Vegetal	Sigmoidal (decreciente)			0	5
10	Estructura Horizontal	J – Shaped (decreciente)			0	3
11	Geología	Sigmoidal (decreciente)			0	3
12	Geomorfología	Sigmoidal (decreciente)			0	5
13	Exposición	Sigmoidal (creciente)	0	2		
14	Textura superficial	Sigmoidal (decreciente)			0	6
15	Sequía	Sigmoidal (decreciente)			0	3

Fuente: Elaboración propia, 2005.

En la segunda etapa de evaluación se aplica la matriz de comparación entre los diferentes criterios de explicación la cual tuvo una razón de consistencia de 0.09, por consiguiente, es suficientemente consistente en su valorización. La pendiente representa un 13.76%, la humedad con un 8.75%, la geomorfología con un 21.05%, la geología con un 14.24% y textura superficial con un 7.44%, indicando un alto grado de explicación para la probabilidad de ocurrencia de este tipo de movimiento. Su velocidad de movimiento es rápido. Aunque Cruden y Varnes (1996) le dan una importancia destructiva probable, Evacuación de escape posible, estructuras, posesiones y equipos destrozados. La zona de peligro muy alto se presenta en forma homogéneo en las vertientes de las cuencas en estudio, según lo criterios utilizados para su explicación, según lo que indica la tabla 85 y producto la Fig.104.

**Tabla 85 Matriz para establecer el peso de los criterios para la evaluación de peligro de ocurrencia de movimiento en masa de deslizamientos través del MJA (c.r. = 0.09)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Pesos %
1	1															13.76
2	1/3	1														4.39
3	1/2	1/4	1													2.65
4	1/3	1/3	1/2	1												2.53
5	1/4	1/2	1/4	1/4	1											1.87
6	1/2	4	3	5	4	1										8.75
7	1/4	1/4	2	2	2	1/3	1									2.55
8	1/4	1/2	2	2	2	1/2	2	1								2.79
9	1/2	4	4	3	3	1/2	3	3	1							6.95
10	1/3	3	4	3	3	1/2	4	4	1/2	1						7.05
11	1/2	9	6	6	6	3	5	6	4	2	1					14.24
12	1/2	9	7	7	7	4	6	7	5	4	4	1				21.05
13	1/5	1/4	2	1/2	2	1/5	2	2	1/5	1/3	1/5	1/8	1			2.57
14	1/3	4	4	4	3	1/2	4	4	2	1/2	1/2	1/3	3	1		7.44
15	1/5	1/4	1/3	1/3	1/3	1/6	1/3	1/2	1/3	1/5	1/6	1/6	1/2	1/4	1	1.42

Fuente: Elaboración propia, 2005.

Fig.104: Peligro de movimiento en masa: deslizamiento

#### 4.10.2 INUNDACIONES

##### Funciones de distribución de los criterios de inundación

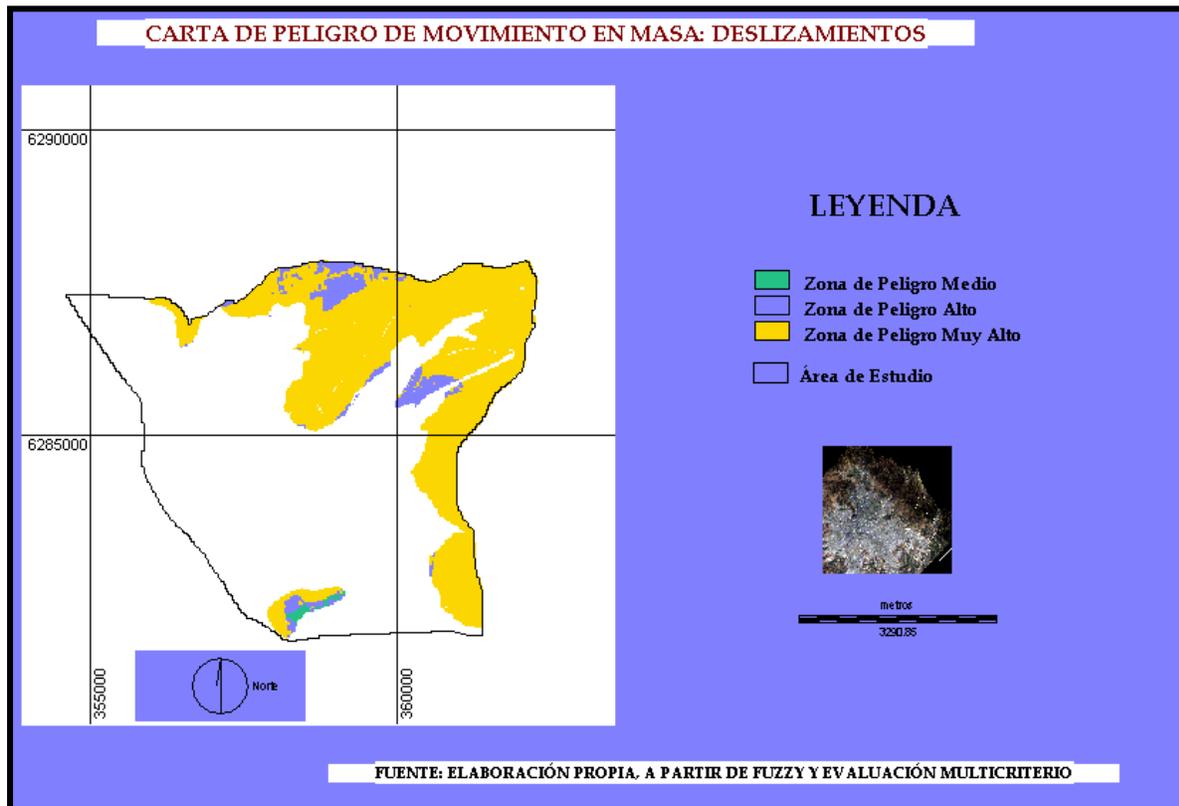
En esta etapa se consideran en primer lugar las variables con sus respectivos criterios de evaluación que indiquen *la probabilidad de ocurrencia de inundación*.

Los criterios utilizados se presentan dentro de las características necesarias para que se produzca este tipo de amenaza. Se presentan los criterios de erosividad basada en la energía posición que esta enmarcado en el grado de torrencialidad, rugosidad, circularidad, compacidad, pendiente media de la cuenca y el cauce, y el potencial erosivo, que nos permite indicar cuales son las áreas que presentan mayor probabilidad concurrencia de crecidas productos de fenómenos detonantes.

a) El índice de escorrentía la circulación por gravedad sobre el suelo de parte de las aguas meteóricas que han escapado a la infiltración y a la evapotranspiración que presentan alteraciones cuando existen factores como la pendiente, textura del suelo, cobertura vegetal y superficie urbana impermeable que presenta un índice de explicación, que cuando es más alto su escorrentía es mayor y directamente proporcional al peligro de inundación.

b) Los caudales máximos instantáneos representa el caudal probable que puede presentar estas cuencas de acuerdo a las precipitaciones en 24 horas y la superficie de está.

c) La Napa Freática en relación a su profundidad y la saturación de los suelos.



- d) La Geología y Grupo hidrológico en relación al grado de permeabilidad y escurrimiento.
- e) La Geomorfología en relación a su forma y permeabilidad.
- f) Vegetación en su intercepción en la pérdida de agua como escorrentía.

Aquí la función tiene un grado de pertenencia de 0 a 1, es decir, las condiciones que propician esta condición de peligro son las que están más cercanas a 1, según el orden que tengan las categorías de explicación de cada cartografía según lo que indica la tabla 86.

**Tabla 86: Criterio, tipo de función y parámetros característicos de la inundación. Aplicación de la Teoría de los conjuntos difusos de Zadeh (fuzzy).**

Número	Criterio	Tipo de Función	a	b	c	d
1	Torrencialidad	Sigmoidal (decreciente)			0	3
2	Rugosidad	Sigmoidal (decreciente)			0	3
3	Circularidad	J – Shaped (decreciente)			0	3
4	Compacidad	J – Shaped (decreciente)			0	3
5	Pendiente Media de la cuenca	Sigmoidal (decreciente)			0	3
6	Pendiente Media del cauce	Sigmoidal (decreciente)			0	3
7	Potencial erosivo	Lineal (decreciente)			0	3
8	Índice de escorrentía	Lineal (creciente)	0	16		
9	Caudales máximos	Sigmoidal (creciente)	0	3		
10	Napa Freática	J – Shaped (decreciente)			0	3
11	Geología	J – Shaped (decreciente)			4	6

12	Geomorfología	Sigmoidal (decreciente)			0	6
13	Grupo Hidrológico	Lineal (creciente)	0	3		
14	Precipitación	Sigmoidal (creciente)	0	5		
15	Cobertura Vegetal	Sigmoidal (decreciente)			0	5

Fuente: Elaboración propia, 2005.

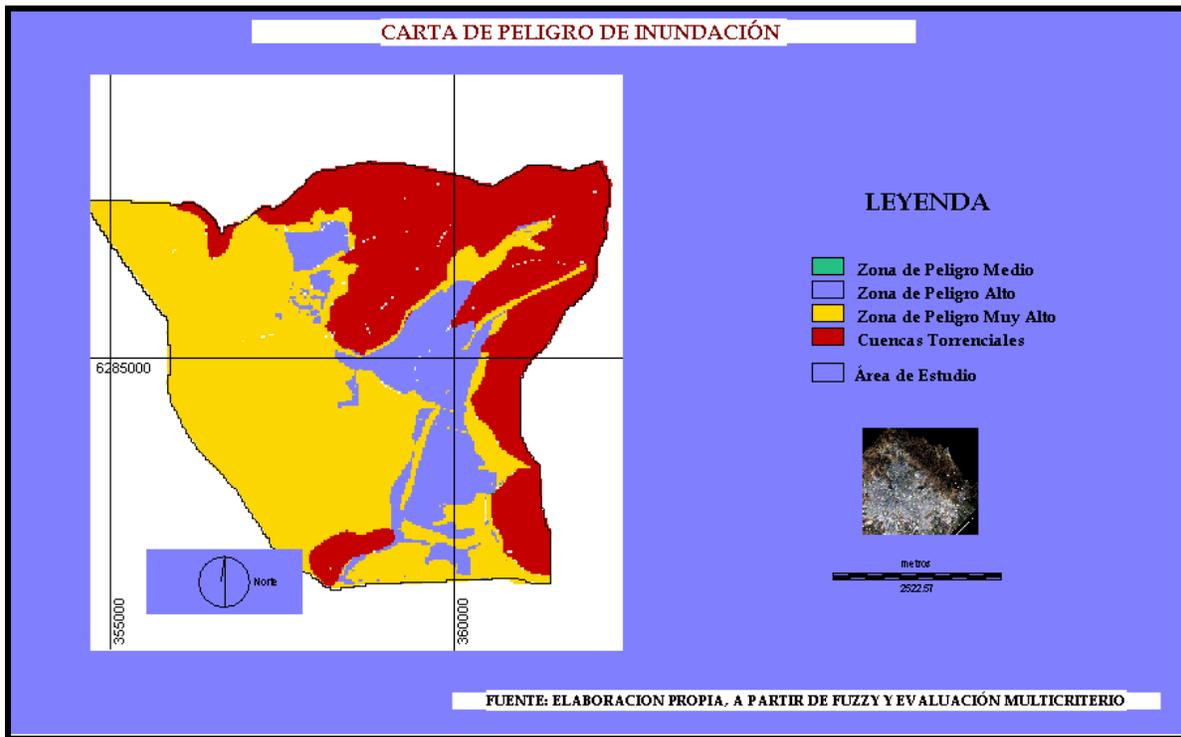
La segunda etapa de evaluación se aplica la matriz de comparación entre los diferentes criterios de explicación la cual tuvo una razón de consistencia de 0.09, por consiguiente, es suficientemente consistente en su valorización. La torrencialidad representa un 6.33%, el índice de escorrentía un 8.55%; la geomorfología con un 18.05% con las unidades remanente de piedmont, conos de deyección caótico y glacis de derrame; la geología con un 17.39% con las unidades conos de deyección y depósito de cineritas; y Grupo Hidrológico con un 8.14%. La zona de peligro muy alto se presenta en los conos de deyección; excepto en El Maquí; glacis y terraza fluvial. Mientras que la zona de peligro alto se presenta en los remanentes de piedmont; cono de deyección El Maquí y depósito de cineritas, según lo criterios utilizados para su explicación, según lo que indica la Tabla 87 y producto la Fig.105.

**Tabla 87: Matriz para establecer el peso de los criterios para la evaluación de peligro de ocurrencia de inundación a través del MJA (c.r. = 0.09)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Pesos
1	1															6.33
2	1/2	1														2.45
3	1/2	2	1													4.00
4	1/2	2	2	1												4.64
5	1/2	3	1/2	1/2	1											2.99
6	1/2	2	1/2	1/2	1/2	1										2.94
7	1/2	4	3	2	2	3	1									4.98
8	3	4	3	3	3	4	2	1								8.55
9	1/4	2	2	1/2	5	2	3	1/3	1							5.89
10	1/6	1/3	1/2	1/4	1/3	1/3	1/3	1/6	1/5	1						1.86
11	4	6	5	5	7	4	5	5	3	4	1					17.39
12	5	7	7	5	6	4	4	4	2	4	2	1				18.05
13	3	2	1/2	2	3	3	3	3	2	3	1/4	1/3	1			8.14
14	1/3	1/3	1/4	1/5	1/3	1/4	1/4	1/5	1/4	1/3	1/6	1/5	1/3	1		1.51
15	2	3	4	3	4	3	4	2	2	2	1/2	1/2	2	3	1	10.28

Fuente: Elaboración propia, 2005.

**Fig.105: Peligro de inundación**



### 4.10.3 SÍSMICIDAD

Los criterios utilizados en relación al grado de peligro o amenaza son:

a) La geología en relación a su mala calidad geotécnica se caracteriza por su baja capacidad de soporte dada por su alto grado de meteorización, baja compacidad, gravas poco compactas, arcillas y limos orgánicos; y rocas sanas, duras, con escaso fracturamiento en macizos estables, gravas y gravas arenosas consolidadas de alta compacidad, respecto a las siguientes unidades en un grado decreciente de peligro: roca Intrusiva La Obra, escombros de falda hasta depósitos de cenizas, conos de deyección, rocas volcánicas y abanico aluvial del Maipo.

b) La geomorfología presenta la misma relación decreciente desde la Vertiente inversa con cara libre y talud; vertiente con cara libre rugosa y talud; vertiente con cara libre y talud, lecho rocoso (gravas y bloques); Cono coluvial; Glacis de derrame; Cono de deyección; depresión interconsecuente; remanente de piedmont; terraza fluvial uno y finalmente la vertiente conforme por su pasividad. Las cuales se relacionan en su grado de aporte de material y compacidad como aporte de respuesta ante un sismo y con un grado decreciente de peligro.

c) La pendiente se relaciona directamente con los umbrales de procesos de movimiento en masa, con una función creciente de peligro en relación a su pendiente 0° a +45°.

d) La Napa freática presenta mayor probabilidad como factor acumulador de la respuesta sísmica cuando está se presenta a menor profundidad, en este caso, no se presenta según el criterio de Mendeleev, pero según comunicación personal con los lugareños estos sectores presentan pozos de profundidad 15 a 7 metros de profundidad, aunque la información de Iriarte (2002) está se presenta a menos de 50 y 130 metros, por lo tanto, el grado de peligro es decreciente.

Aquí la función tiene un grado de pertenencia de 0 a 1, es decir, las condiciones que propician está condición de peligro son las que están más cercanas a 1, según el orden que tengan las categorías de explicación de cada cartografía según lo que indica la Tabla 88. En la segunda etapa de evaluación se aplica la matriz de comparación entre los diferentes criterios de explicación la cual tuvo una razón de consistencia de 0.04, por consiguiente, es suficientemente consistente en su valorización.

**Tabla 88: Criterio, tipo de función y parámetros característicos a la respuesta sísmica. Aplicación de la Teoría de los conjuntos difusos de Zadeh (fuzzy).**

Número	Criterio	Tipo de Función	a	b	c	D
1	Geología	Sigmoidal (decreciente)			0	6
2	Geomorfología	Sigmoidal (decreciente)			0	11
3	Pendiente	Lineal (creciente)	0	7		
4	Napa Freática	J – Shaped (decreciente)			0	3
5	Textura Superficial	Sigmoidal (decreciente)			0	10

Fuente: Elaboración propia, 2005.

La geología representa un 40.87% y la geomorfología un 28.44% las cuales son las más representativas en su explicación. La zona de peligro muy alto se presenta en las vertientes por su alto grado de inestabilidad; la zona alto peligro se presenta en la parte distal de los conos, glaciares de derrame y depósito de cineritas; la zona de peligro medio se presenta en el remanente de

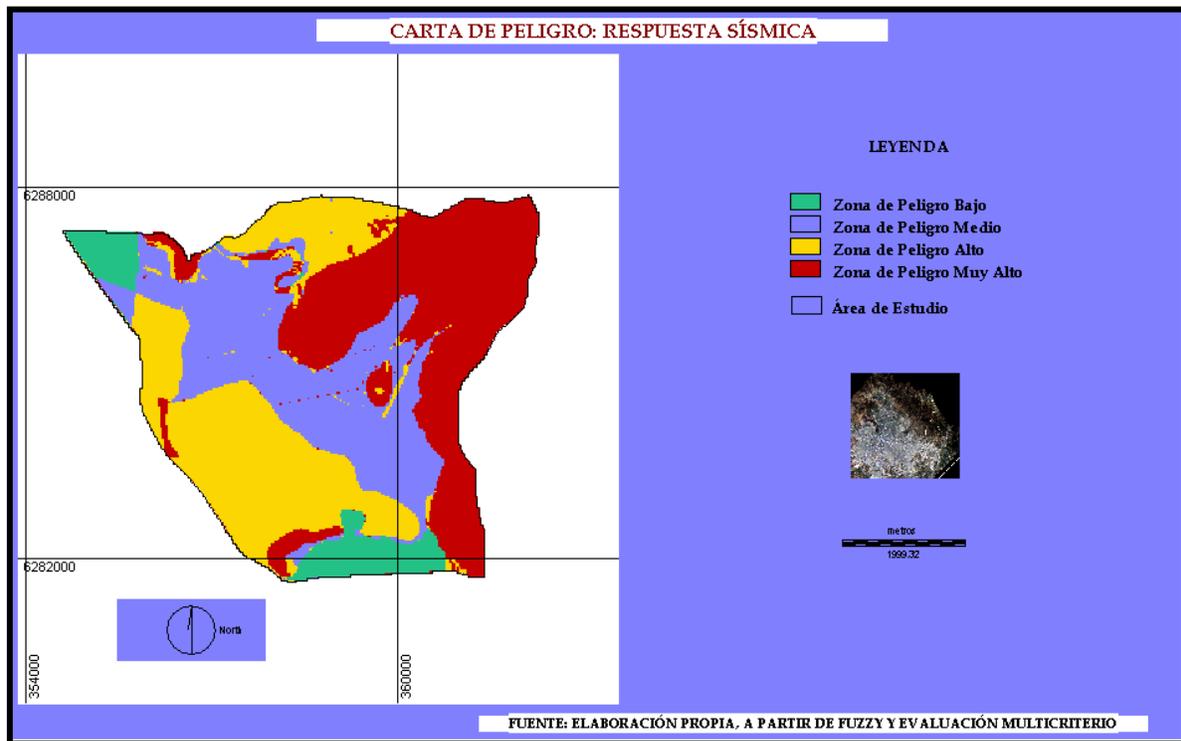
piedmont y la parte superior o apical de los conos de deyección; mientras que la zona de bajo peligro se presenta en la terraza fluvial, según lo criterios utilizados para su explicación, según lo que indica la Tabla 89 y producto la Fig.106.

**Tabla 89: Matriz para establecer el peso de los criterios para la evaluación de peligro a la respuesta sísmica a través del MJA (c.r. = 0.04)**

	1	2	3	4	5	Pesos
1	1					40.87
2	1/2	1				28.44
3	1/3	1/3	1			15.12
4	1/5	1/4	1/2	1		6.54
5	1/4	1/3	1/3	2	1	9.03

Fuente: Elaboración propia, 2005.

**Fig.106: Peligro sísmico**



#### **4.11 VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA**

Los criterios considerados corresponden a características que podrían significar sufrir un determinado nivel de pérdidas y por lo tanto indican un cierto grado de vulnerabilidad.

a) Criterio densidad de población permite evaluar la cantidad de población expuesta a los peligros naturales estudiados, se presentan categorías desde 0 -5 hab/hás hasta 65 – 81 hab/hás en orden creciente en relación a su grado de vulnerabilidad.

b) Criterio de ocupación, los profesionales junto con los del poder ejecutivo son los que presentan mayor cantidad de recursos para enfrentar la condición de peligro, como se refiere Sarricolea (2004). Por lo tanto, se presenta el grado de vulnerabilidad más bajo el Grupo I (miembros del Poder Ejecutivo) hasta el mayor grado de vulnerabilidad en el Grupo 11 (ignorados), con un orden creciente (0-1).

c) Criterio discapacidad tanto física como mental, presentan un grado de vulnerabilidad que esta presente antes, durante y después en caso de algún tipo de peligro. El grado de Vulnerabilidad se caracteriza de acuerdo al número de discapacitados en el territorio desde 1 hasta 178 habitantes en orden creciente.

Aquí la función tiene un grado de pertenencia de 0 a 1, es decir, las condiciones que propician esta condición de vulnerabilidad son las que están más cercanas a 1, según el orden que tengan las categorías de explicación de cada cartografía según lo que indica la Tabla 90.

**Tabla 90: Criterio, tipo de función y parámetros característicos a la vulnerabilidad socioeconómica. Aplicación de la Teoría de los conjuntos difusos de Zadeh (fuzzy).**

Número	Criterio	Tipo de Función	A	b	c	D
1	Densidad	Sigmoidal (creciente)	0	6		
2	Ocupación	Sigmoidal (creciente)	0	9		
3	Discapacidad	J – Shaped (creciente)	0	7		

Fuente: Elaboración propia, 2005.

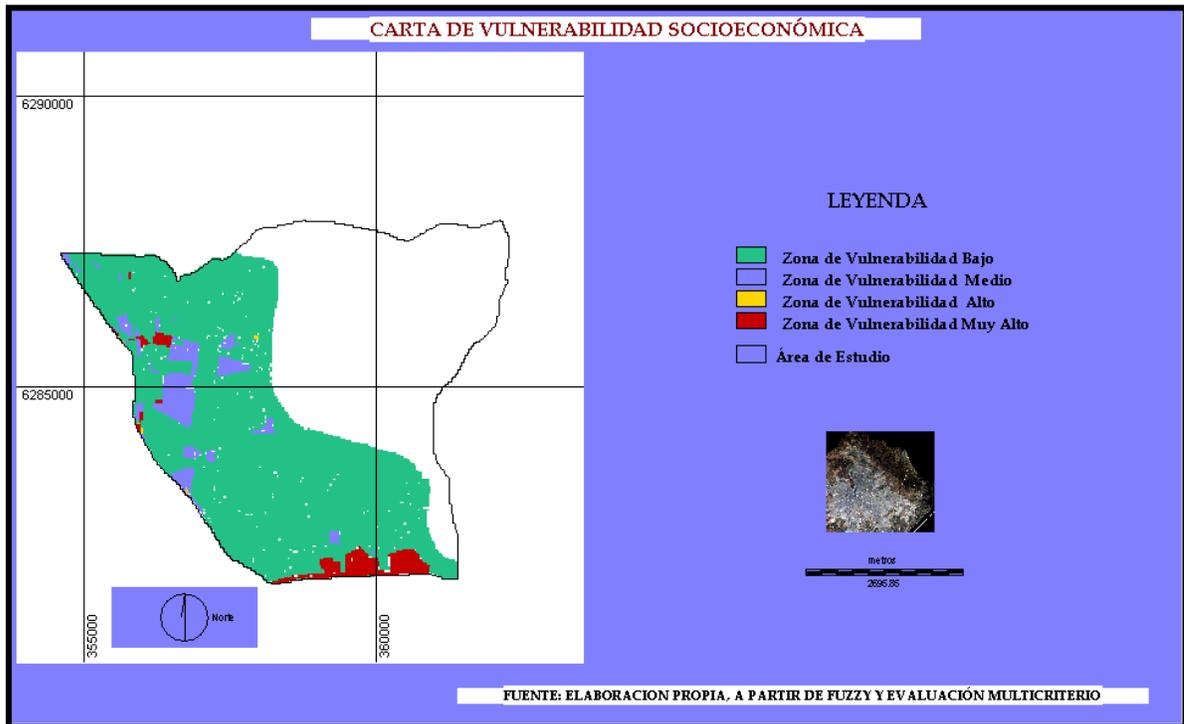
En la segunda etapa de evaluación se aplica la matriz de comparación entre los diferentes criterios de explicación la cual tuvo una razón de consistencia de 0.02, por consiguiente, es suficientemente consistente en su valorización. La que representa mayor peso es el criterio de densidad con un 68%. Las zonas de vulnerabilidad muy alta se presentan en el sector de los Almenares del Maipo (Las Vizcachas) y los Altos de Manquecura. Las zonas de vulnerabilidad alta se presentan en el sector de Alto Lo Planella, Los Industriales, Colonia El Peral, Sanatorio El Peral, y El Peñon. Las zonas de vulnerabilidad media se presentan en los sectores de ciudad del Este, Portezuelo de Tobalaba, Juan Mackenna, Valle del Sol y El Alba. La zona de vulnerabilidad baja se presenta en gran parte del piedmont en forma homogénea en los espacios de los sectores ya nombrados, como el área cultivada y de vegetación, según lo criterios utilizados para su explicación (Tablas 91 y Fig.107).

**Tabla 91: Matriz para establecer el peso de los criterios para la evaluación de la vulnerabilidad socioeconómica a través del MJA (c.r. = 0.02)**

	1	2	3	Pesos
1	1			0.6833
2	1/5	1		0.1168
3	1/4	2	1	0.1998

Fuente: Elaboración propia, 2005.

**Fig.1  
07:  
Vulnerabilidad socioeconómica**



#### **4.12 VULNERABILIDAD TECNOLÓGICA**

Los criterios considerados corresponden a características que podrían significar sufrir un determinado nivel de pérdidas y por lo tanto indican un cierto grado de vulnerabilidad.

a) Material de Construcción se refiere a la calidad de la vivienda en relación a su materialidad presentando un orden creciente en relación a su vulnerabilidad: hormigón armado, ladrillo, paneles estructurados, madera o tabique forrado, internit, adobe y desechos (lata, cartones y otros), de acuerdo a la clasificación del INE, (2002) y Méndez, (2004).

b) La antigüedad de la propiedad indica la temporalidad de la viviendas de acuerdo a los grupos de población que se asentaron (comunicación personal y Quintana, 1996), que se presenta en orden creciente desde 11 años a 69 años. En relación al tipo de carpeta son los caminos de tierra los que presentan mayor vulnerabilidad, ya que estos en períodos de lluvias prolongadas se caracterizan por ser pequeños cauces.

c) La accesibilidad topológica se presenta desde los sectores que presentan menor vulnerabilidad (mayor accesibilidad) a mayor vulnerabilidad de acuerdo al índice Shimbél en orden creciente desde 52 a 104 (0-1).

d) El uso del suelo (instalaciones críticas) basado en Jacoby (2001), y valores asociados de acuerdo a la literatura y conversaciones con académicos, y alumnos de la Universidad:

**Servicios de Urgencia:** Los sitios destinados a esta clasificación corresponden a servicios de urgencia médica como postas, hospitales, clínicas y consultorios públicos. Además caen dentro de este rango, dependencias de Carabineros de Chile, Policía de Investigaciones, el Ejército y Bomberos. Dado la importancia de estos lugares e instituciones en caso de una catástrofe, como son la atención médica a posibles accidentados, operaciones de rescate y traslado de personas afectadas, como transporte de productos necesarios en el lugar para los afectados, tendrán el rango de vulnerabilidad mayor, pues su disponibilidad inmediata para las operaciones anteriormente nombradas y otras, requiere su total funcionamiento. Esto es en definitiva que estos lugares deben ser en lo posible ajenos a las amenazas o peligros en estudio (Tabla 92).

**Tabla 92: Servicios de urgencia**

<b>Grado de Pertenencia</b>	<b>Lugar destinado a:</b>	<b>Observaciones</b>
<b>1.0</b>	<b>Postas y servicios médicos de urgencia</b>	<b>Disponibilidad para atención de accidentados y pacientes anteriores a la catástrofe</b>
<b>0.95</b>	<b>Hospitales y clínicas</b>	<b>Atención de pacientes ajenos a la catástrofe, como de los derivados del acontecimiento</b>
<b>0.9</b>	<b>Consultorios Públicos</b>	<b>Disponibilidad de stocks medicamentos para atención, como también sus dependencias pueden ser usadas para atención de emergencia para casos de menor gravedad</b>
<b>0.9</b>	<b>Carabineros</b>	<b>Rescate de personas y traslado de accidentados. Además, se pueden producir desmanes y saqueos al no estar presentes en las cercanías</b>
<b>0.85</b>	<b>Bomberos</b>	<b>Rescate y evacuación de accidentados</b>
<b>0.80</b>	<b>Ejército</b>	<b>Rescate y evacuación de accidentados</b>
<b>0.70</b>	<b>Policía de Investigaciones</b>	<b>Prevenir desmanes y saqueos</b>

**Fuente:** Elaboración propia, basado en Jacoby (2001).

**Instituciones de Administración Pública:** el uso de suelo de estos lugares corresponde principalmente a instituciones de gobierno, como Municipalidades, Ministerios, Intendencias, etc. Estas instituciones se han caracterizado en anteriores catástrofes por coordinar los trabajos de ayuda a las zonas afectadas, como también por proporcionar en forma más inmediata el envío de insumos y materiales a los afectados. Ejemplo de esto fueron los acontecimientos de 1985, 1993 y 2005. No hay que perder de vista la importancia que tiene estas instituciones, y que dejarían de realizar al estar inhabilitadas, afectando a lugares y personas que no necesariamente puedan estar en la zona de la catástrofe (Tabla 93).

**Tabla 93: Instituciones de Administración Pública**

Grado de Pertenencia	Compañías:	Observaciones
0.75	Agua Potable	El no funcionamiento de este servicio puede incidir en una propagación de enfermedades relacionadas a aguas servidas
0.72	Electricidad	Empeoramiento de rescates y atención de accidentados en hospitales

**Industria de**

**Servicios Públicos:** En este rango se deben mencionar las compañías de agua potable, electricidad y gas que tengan sus instalaciones en los lugares de posible amenaza y catástrofe. El no funcionamiento de estos servicios recae en un mayor agravamiento de la situación de los lugares afectados. Al no contar con agua potable, el peligro de propagación de enfermedades infecciosas aumenta, la falta de energía eléctrica dificulta los trabajos nocturnos de rescate y atención de accidentados (Tabla 94).

**Tabla 94: Industrias de servicios públicos.**

Grado de Pertenencia	Dependencias:	Observaciones
0.70	Intendencia Regional o Ministerios	Pueden tomar medidas inmediatas y organizar ayuda. Contando con recursos mayores destinados a zonas de catástrofes.
0.60	Municipalidades	Su capacidad es considerablemente menor. Más bien sus instalaciones son usadas para la ayuda inmediata y entrega de bienes proporcionados por una institución de más jerarquía y punto de recolección de diversa ayuda por parte de la comunidad en general

Fuente:  
Elabora

ción propia, basado en Jacoby (2001).

**Instituciones de Educación:** Aquí cabe clasificar a todo aquel Establecimiento Educacional como colegios públicos y privados, Universidades e Institutos de Educación Superior. En pasadas catástrofes, estos lugares, especialmente escuelas públicas han sido ocupados como albergue para familias damnificadas, y lugar de recolección y organización de ayuda a estas personas.

Además, está en peligro el patrimonio de alto costo de una institución de educación superior como son las bibliotecas y laboratorios, como también la inhabilidad de poder continuar con sus funciones normales. Por último, es necesario recordar que muchas de estas instituciones dan en forma gratuita alimentación para sus alumnos. Dada las argumentaciones anteriores todos aquellos lugares destinados a esta clasificación son designados con un grado de pertenencia de 0.65.

**Domicilios Particulares:** Estos son los sectores que de acuerdo a su densidad y coeficiente de construcción reciben el mayor impacto o daño humano y material. Se presenta en este tipo de uso, el residencial unifamiliar y multifamiliar. El grado de pertenencia es de 0.55.

**Industria, sector insumos y comercio:** Los lugares destinados a estos, acarrear la posible paralización de sus actividades con la siguiente pérdida de una fuente laboral e ingresos para sus trabajadores o empleados, lo que, al igual que en algunos de los casos anteriores no necesariamente involucra a personas que habitan en el sector de la posible amenaza. Se presentan usos de suelo como el Residencial Mixto, con un grado de pertenencia de 0.45

**Sector Silvoagropecuario:** Estos comprenden campos de agricultura y ganadería. La agricultura y en especial la horticultura, son afectadas en forma inmediata como por ejemplo una inundación mayor con una pérdida que ha sido en muchos casos completa. Por otra parte, está la ganadería y el sector forestal en los que a pesar de ser menos sensibles que la agricultura, puede traer la muerte de los animales y pérdidas de maquinarias. Lo anterior da cuenta principalmente de pérdidas económicas, de ahí su clasificación y el rango dado, ya que no involucra generalmente a una gran población y su influencia está relacionada con el insumo de alimentos que producen, que en caso de catástrofe pueden ser suplidos por alimentos alternativos o provenientes de otros lugares. El grado de pertenencia es 0.40.

**Cultura, recreación y religión:** Comprenden bibliotecas públicas, galerías de arte, teatros, cines, discotecas, pubs, Iglesias, Estadios, canchas de deportes, plazas, juegos de entretenimiento, áreas verdes y cementerios. Dada la diversidad de estos lugares como los anteriormente nombrados, es necesario hacer una subdivisión para su mejor grado de pertenencia, en razón de la cantidad de público que asiste a estos lugares durante los eventos estudiados. En esta cantidad se toma en cuenta el número de personas por el espacio que ocupa, como también el tiempo de ocupación del mismo. La clasificación es la siguiente:

**Sectores con alta cantidad o afluencia de público:** estos comprenden cines, teatros, discotecas, pubs y juegos de entretenimiento (Tabla 95).

**Tabla 95: Sectores de cultura, recreación y religión de alta densidad de público.**

<b>Grado de Pertenencia</b>	<b>Lugar destinado a:</b>	<b>Observaciones</b>
<b>0.60</b>	<b>Cines</b>	<b>Gran asistencia de público y número de funciones, pero de alta vulnerabilidad en caso de terremoto</b>
<b>0.55</b>	<b>Discotecas, Pubs y juegos de entretenimientos</b>	<b>Gran asistencia de público y la larga jornada que permanece en el lugar. alta vulnerabilidad en caso de terremoto</b>
<b>0.45</b>	<b>Teatros</b>	<b>Menor número de funciones</b>

Fuente: Elaboración propia, basado en Jacoby (2001).

*Sectores con cantidad o afluencia media de público:* estadios, iglesias y galerías de arte están dentro de ésta categoría. Los estadios son los que presentan una mayor vulnerabilidad, ya que a pesar que los eventos desarrollados en estos lugares raramente pasan de dos por semana, el volumen de personas que abarcan es considerablemente mayor a comparación de iglesias o galerías de arte. Sin embargo, hay que recordar que las instituciones religiosas son importantes a la hora de realizar esfuerzos para recolectar alimentos, medicamentos y otros insumos de urgencia para los afectados (tabla 96).

**Tabla 96: Sectores de cultura, recreación y religión de densidad media de público**

<b>Grado de Pertenencia</b>	<b>Lugar destinado a:</b>	<b>Observaciones</b>
<b>0.40</b>	<b>Iglesias</b>	<b>Mediana concurrencia de público y gran solidaridad para afectados, organizando en sus dependencias campañas de ayuda</b>
<b>0.30</b>	<b>Estadios</b>	<b>Gran concurrencia de público, pero su estadía y periodicidad no representa alto compromiso. Además, en general corresponden a recintos al aire libre, lo que representa un menor peligro y generalmente no hay alta asistencia en días lluviosos, a diferencia de un terremoto</b>
<b>0.27</b>	<b>Galerías de Arte</b>	<b>Baja asistencia de público, sin</b>

		<b>embargo puede tener un alto valor económico.</b>
--	--	---

Fuente: Elaboración propia, basado en Jacoby (2001).

**Sectores con baja cantidad o afluencia de público:** corresponden a plazas y multicanchas para deportes (públicas) u otros lugares similares. No comprometen un peligro para un gran número de personas y su inhabilidad no perjudica mayormente otras actividades (Tabla 97).

**Tabla 97: Sectores de cultura, recreación y religión de baja densidad de público**

Grado de Pertenencia	Lugar destinado a:	Observaciones
0.25	Plazas	Generalmente con tormentas no hay público, pero sí en un terremoto
0.23	Áreas de Verdes y cementerios	Solo hay público durante el día y pendular
0.20	Cancha de deportes	Solo acuden aquellos individuos que realizan deportes

Fuente: Elaboración propia, basado en Jacoby (2001).

**Sectores Extractivos, terrenos semilimpios, vegetación y sitios de eriazo:** poseen la menor vulnerabilidad, ya que son sectores en que la población pasa esporádicamente por estos lugares. Se le asigna un grado de pertenencia de 0 a 0.1.

Aquí la función tiene un grado de pertenencia de 0 a 1, es decir, las condiciones que propician esta condición de vulnerabilidad son las que están más cercanas a 1, según el orden que tengan las categorías de explicación de cada cartografía según lo que indica la Tabla 98.

**Tabla 98: Criterio, tipo de función y parámetros característicos de la vulnerabilidad tecnológica. Aplicación de la Teoría de los conjuntos difusos (fuzzy).**

Número	Criterio	Tipo de Función	a	b	C	d
1	Material de Construcción	Lineal (creciente)	0	7		
2	Antigüedad de la Propiedad	J - Shaped (creciente)	0	9		
3	Tipo de Carpeta	Signoidal (creciente)	0	2		
4	Accesibilidad Topológica	Lineal (creciente)	0	22		
5	Uso de Suelo	J - Shaped (creciente)	0	19		

**Fuente: Elaboración propia, 2005.**

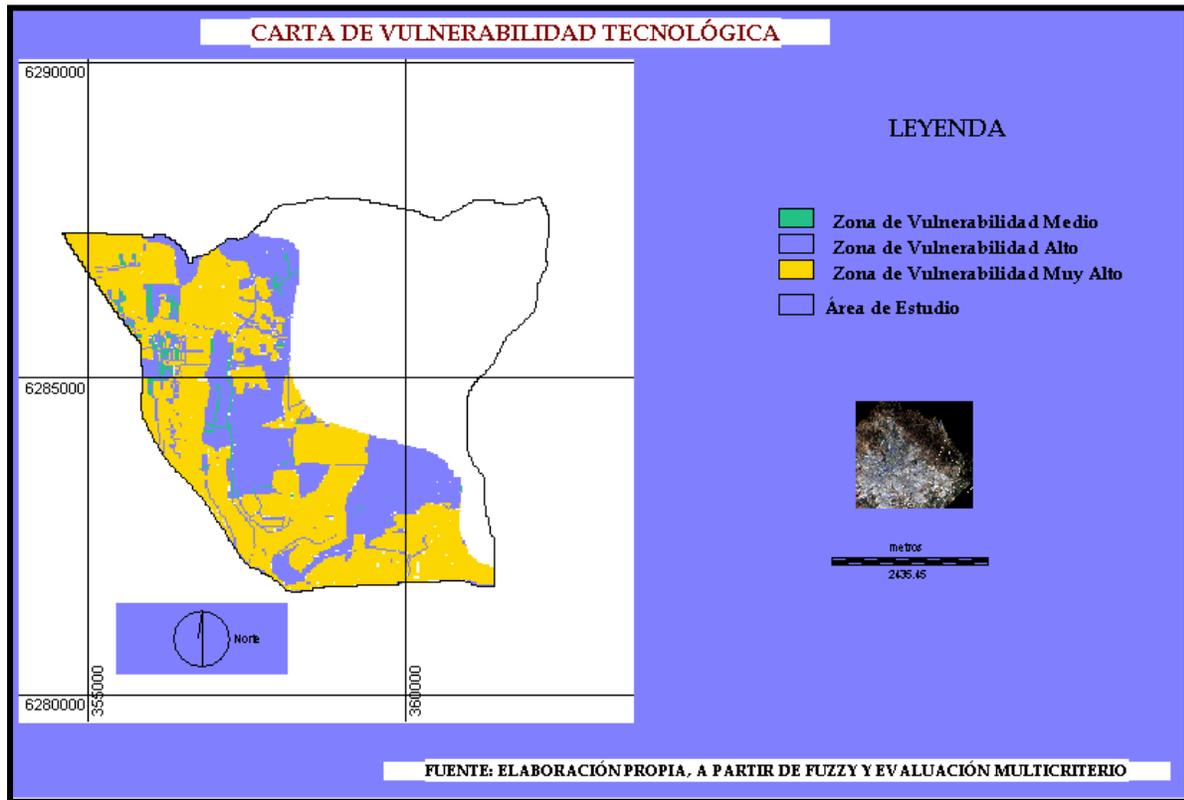
En la segunda etapa de evaluación se aplica la matriz de comparación entre los diferentes criterios de explicación la cual tuvo una razón de consistencia de 0.06, por consiguiente, es suficientemente consistente en su valorización. La que representa mayor peso es el criterio de uso de suelo con un 43.40%. Las zonas de vulnerabilidad muy alta se presentan en forma concentrada en los sectores El Alba, Estadio Codelco, Cementerio El Prado, el Valle del sol, Lo Planella, La Frontera, Faldeos de Viña , Ciudad del Este, Lomas de Tobalaba, Santa Josefina, Colonia El Peral, Sanatorio El Peral, El Peral, la Virgen, Almenar del Maipo y Las Vizcachas. Las zonas de vulnerabilidad alta se presentan en los sectores de San Luis, Alto Lo Planella, el Llano Las Perdices. Mientras las zonas de vulnerabilidad media se presenta en los caminos de tierra, según lo criterios utilizados para su explicación (Tablas 99 Fig.108).

**Tabla 99: Matriz para establecer el peso de los criterios para la evaluación de la vulnerabilidad tecnológica a través del MJA (c.r. = 0.06)**

	1	2	3	4	5	Pesos
1	1					0.2409
2	1/2	1				0.0661
3	1/3	4	1			0.1607
4	1/2	2	1/2	1		0.0984
5	2	6	3	5	1	0.4340

**Fuente: Elaboración propia, 2005.**

**Fig.108: Vulnerabilidad Tecnológica**



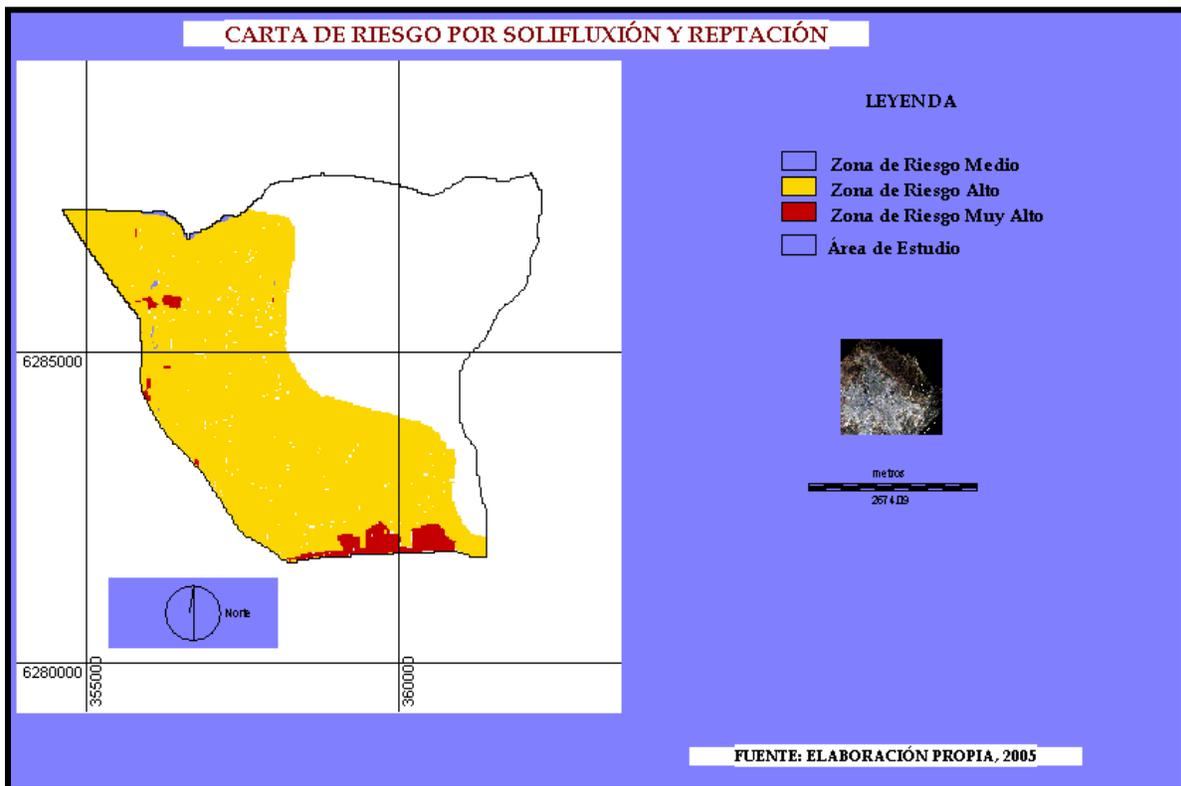
#### 4.13 RIESGOS NATURALES

Según el axioma: si la amenaza o peligro no existe  $P = (0)$  y/o no hay vulnerabilidad  $V = (0)$ , el riesgo natural no existe, ya que este se presenta en función de  $P$  y  $V$  (CASTRO, et al., 1995). Así, existe un mayor riesgo mientras mayor sea la ocurrencia de fenómenos naturales peligrosos ( $P$ ) en áreas de mayor vulnerabilidad ( $V$ ). No obstante, la aplicación booleana de las cartografías resultantes de peligro y vulnerabilidad da como producto las cartografías finales de riesgos naturales con sus respectivas categorías de datos (escala real 0 – 1), que se clasifican de acuerdo al campo de variación de estos.

#### Riesgos por movimiento en masa de soliflucción y reptación

Las zonas de riesgos de este tipo, serían lo que indica la Fig.109. Los riesgos de soliflucción y reptación muy alto se presentan en el sector de Almenar del Maipo, Las Vizcachas, Lomas de Tobaraba y Altos de Manquecura. No obstante la zona de riesgo alto se presenta en forma homogénea tanto en el piedmont y parte de las vertientes (límite se presenta en la cota 900 metros).

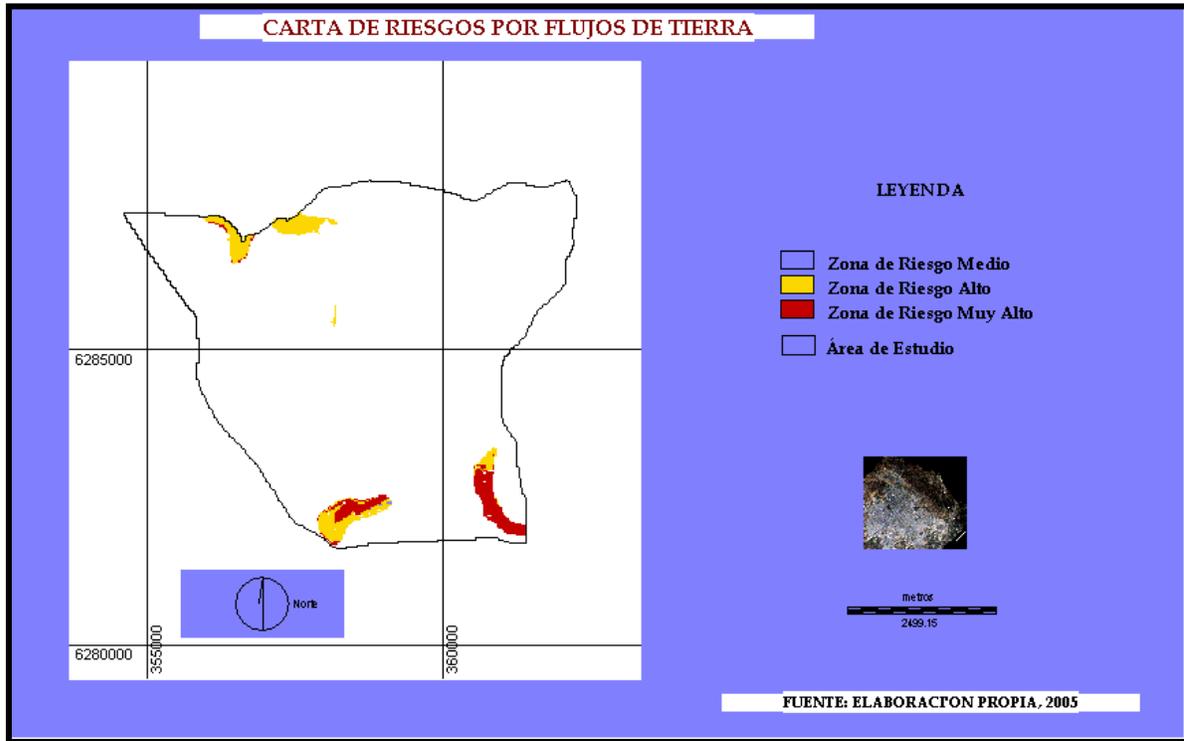
Fig.109: Riesgos por Soliflucción y reptación



### Riesgos por movimiento en masa de flujos o corrientes de tierra

Las zonas de riesgos de este tipo, serían lo que indica la Fig.110. Los riesgos de flujos de tierra muy alto se presentan en el sector La Obra y el cerro La Virgen. No obstante, la zona de riesgo alto se presenta en el cerro Chequén, sector El Estadio, El Alba y Altos de Manquecura; como Alto Lo Planella.

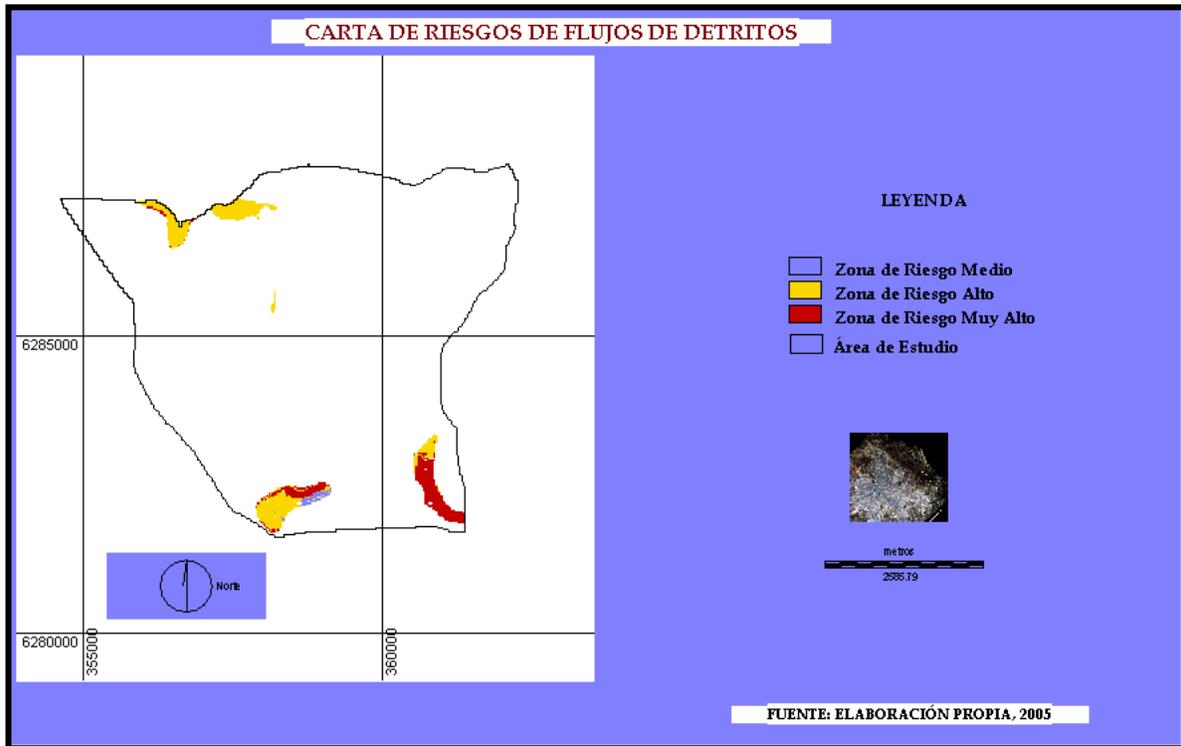
**Fig.110: Riesgos por flujos de tierra**



### Riesgos por movimiento en masa de flujos o corrientes de detritos

Las zonas de riesgos de este tipo, serían lo que indica la Fig.111. Los riesgos de flujos de detritos presentan los mismos patrones que el anterior, no obstante, se presenta una zona de riesgo medio en el sector de umbría del cerro La Virgen.

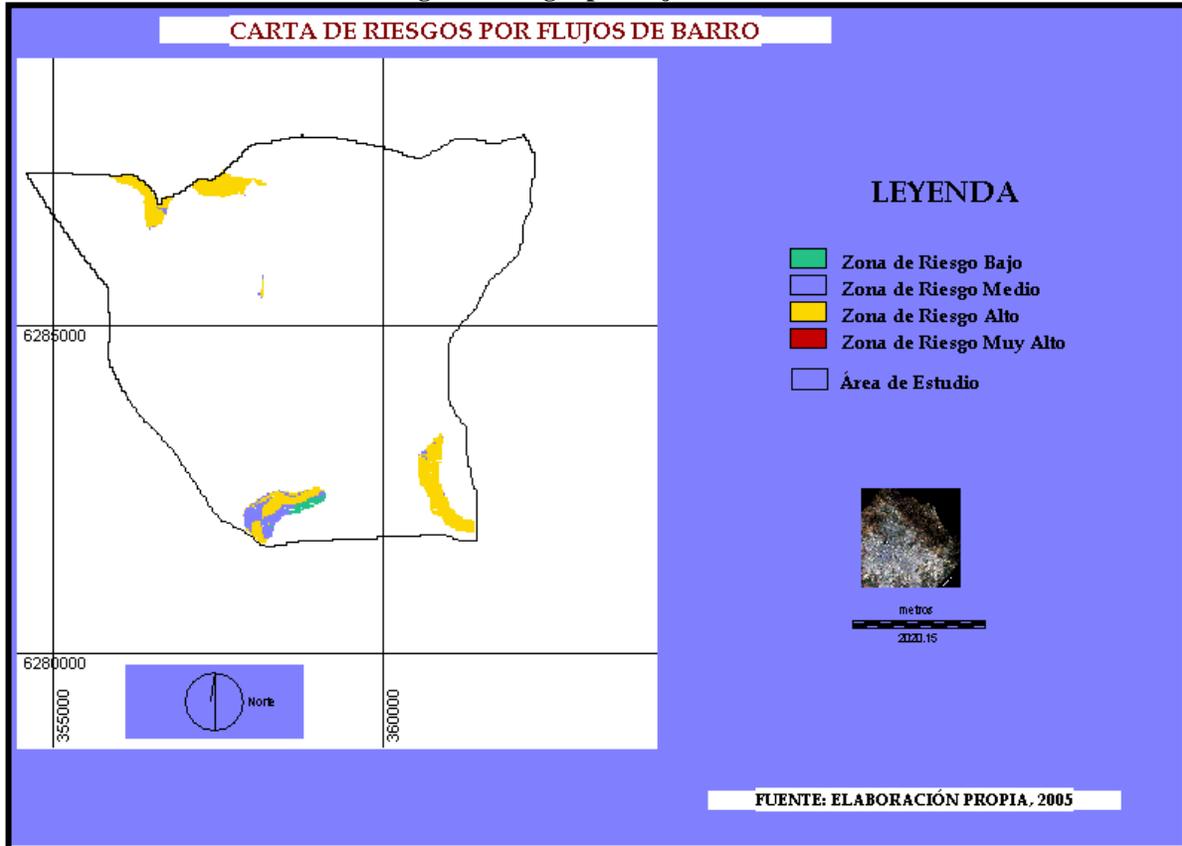
**Fig.111: Riesgos de flujos de detritos**



### Riesgos por movimiento en masa de flujos o corrientes de barro

Las zonas de riesgos de este tipo, serían lo que indica la Fig.112. Los riesgos de flujos de barro no presentan los mismos patrones en relación al nivel de riesgo, pero si en cuanto a su localización. Por lo tanto, los patrones de nivel de riesgo son altos en el sector La Obra, el cerro La Virgen, cerro Chequén, el Estadio, El Alba y Altos de Manquecura; como Alto Lo Planella.

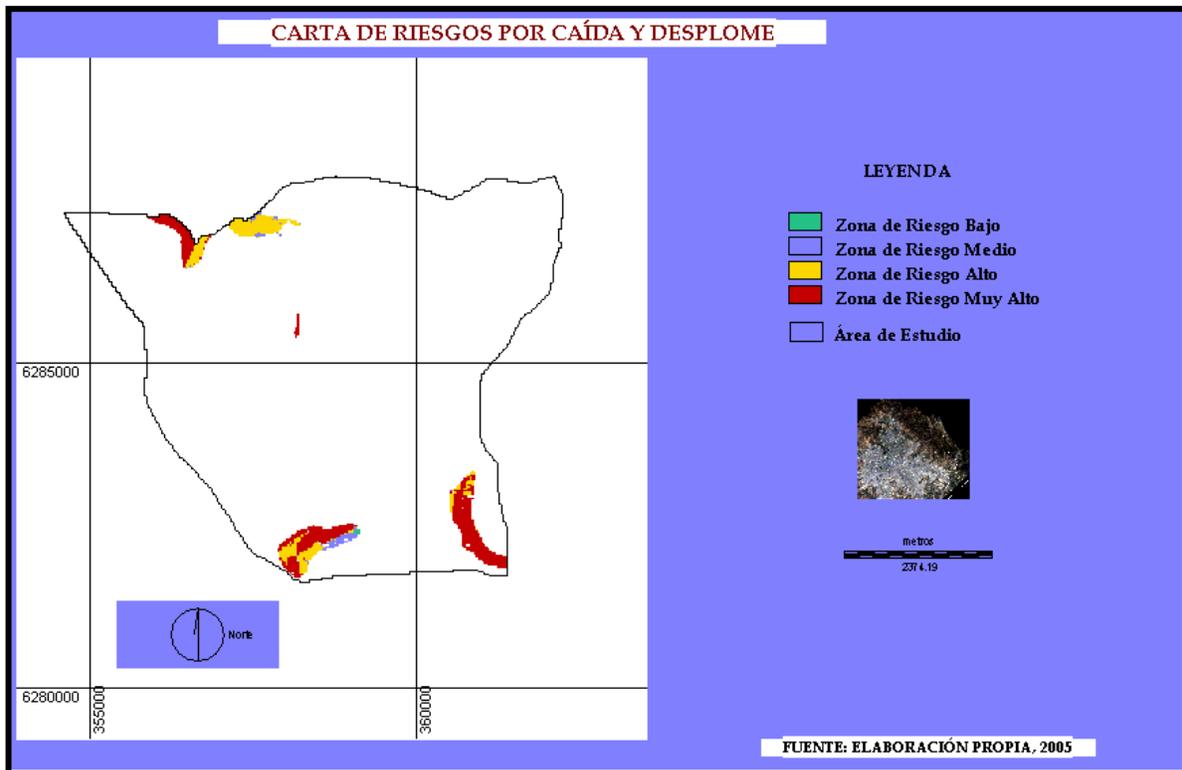
**Fig.112: Riesgos por flujos de barro**



## Riesgos por movimiento en masa de caída y desplome

Las zonas de riesgos de este tipo, serían lo que indica la Fig.113. Los riesgos de caída y desplome presentan patrones de nivel de riesgo muy altos en el sector La Obra, el cerro La Virgen, cerro Chequén, el estadio, El Alba y Altos de Manquecura; excepto en el Alto Lo Planella, con un nivel de riesgo alto.

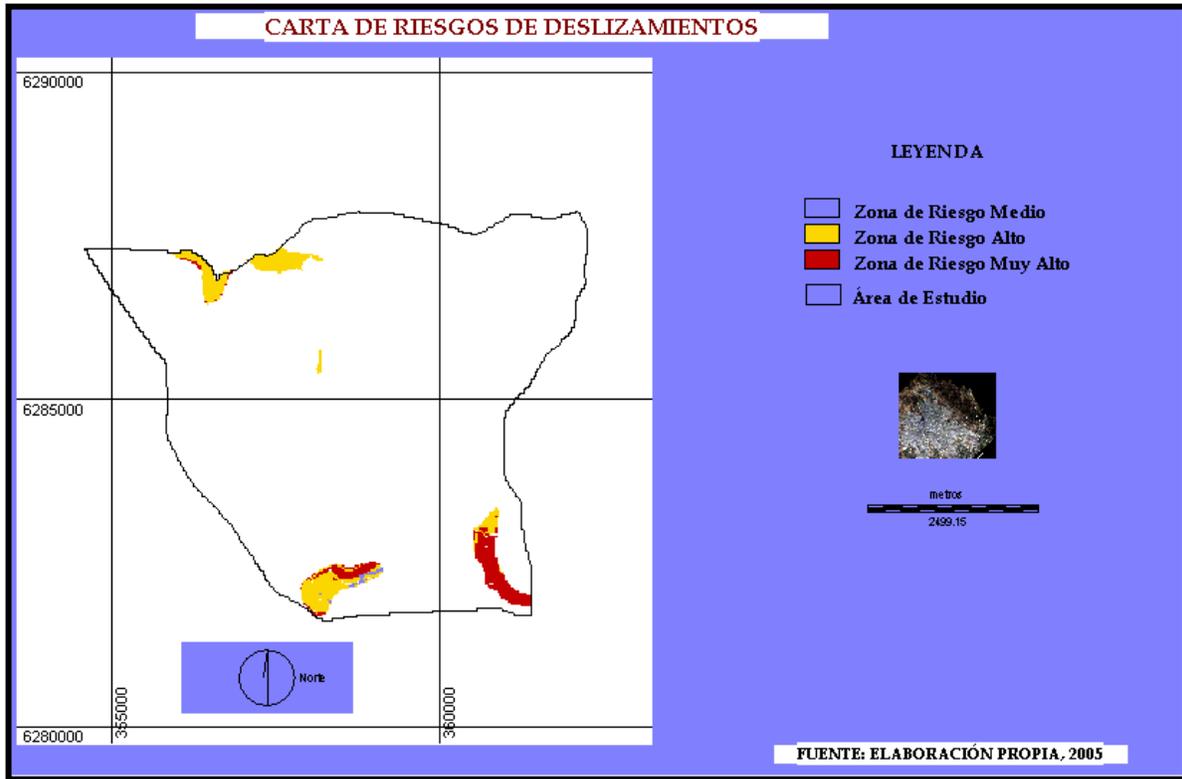
**Fig.113: Riesgos por caída y desplome**



## Riesgos por movimiento en masa de deslizamientos

Las zonas de riesgos de este tipo, serían lo que indica la Fig.114. Los riesgos de deslizamientos presentan niveles de riesgo muy altos en el sector La Obra y un nivel de riesgo alto en el cerro La Virgen, cerro Chequén, el Estadio, El Alba y Altos de Manquecura y el Alto Lo Planella.

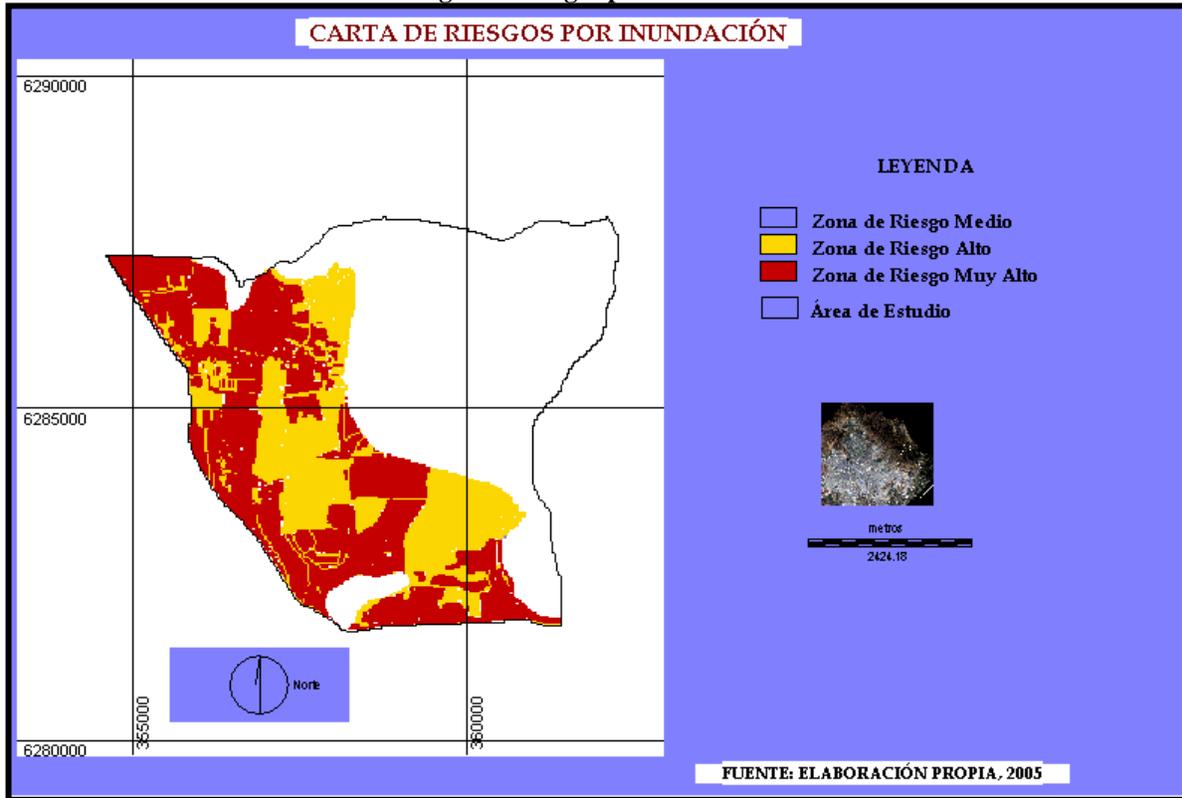
**Fig.114: Riesgos de deslizamientos**



## Riesgos de Inundación

Las zonas de riesgos de este tipo, son las que indica la Fig.115. Los riesgos de inundación presentan niveles muy altos en los sectores: al exterior del piedmont especialmente El Alba, cementerio El Prado, Valle del Sol, los Industriales, La Frontera, Juan Mackenna, Colonia El Peral, Portezuelo de Tobalaba, Lo Alto Planella, Faldeos de Viña, El Peral, Las Vizcachas, La Virgen y Almenar del Maipo. Mientras las zonas de nivel alto se presentan al interior del piedmont como San Luis, Ciudad del Este, Llano las Perdices.

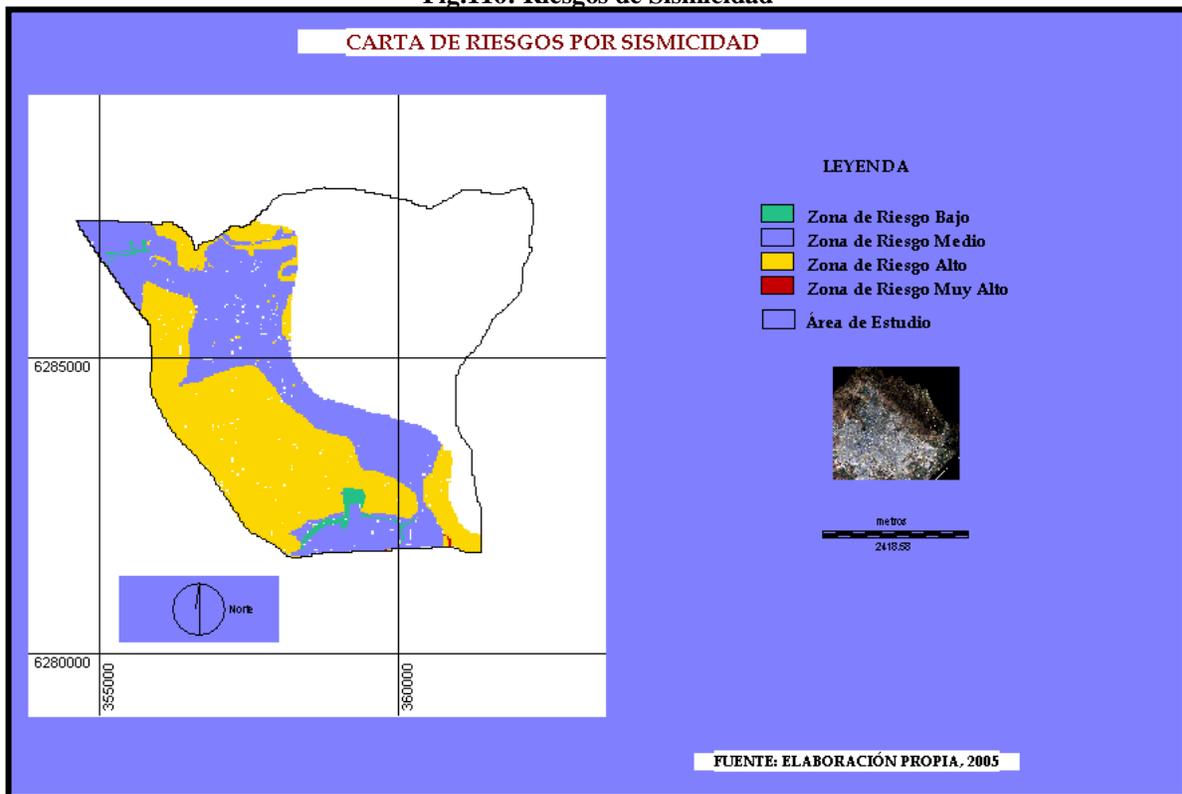
**Fig.115: Riesgos por inundación**



## Riesgos de Sismicidad

Las zonas riesgos de este tipo, son las que indica la Fig.116. Los riesgos de sismicidad presentan niveles muy altos en el sector La Obra. El nivel de riesgos altos se presentan en Los Industriales, La Frontera, Juan Mackenna, Colonia El Peral, Portezuelo de Tobalaba, Lo Alto Planella, El Peral, y La Obra. Mientras las zonas de nivel medio se presentan en San Luis, Ciudad del Este, Llano Las Perdices, Las Vizcachas; Almenar del Maipo, Altos de Manquecura, El Alba, Valle del Sol. El nivel de riesgo bajo se presenta en parte del Almenar del Maipo.

**Fig.116: Riesgos de Sismicidad**



#### **4.14 LA PERCEPCIÓN DEL RIESGO Y LOS FACTORES SOCIOCULTURALES DE VULNERABILIDAD EN EL CASO DEL PIEDMONT DE LA COMUNA DE PUENTE ALTO**

Se analizaron las variables cuya influencia sobre la vulnerabilidad es de difícil medición, y que se llaman factores "socioculturales". Agrupan principalmente a los factores implicados en el *conocimiento, la percepción y el comportamiento*. En el contexto de la exposición al riesgo, estos factores están vinculados esencialmente a los individuos, a la sociedad civil y a su organización, tanto en la vida cotidiana como en situaciones excepcionales, de crisis o emergencia. Se distinguen dos tipos de actores en la gestión de los riesgos: (1) El individuo o un grupo de individuos y (2) las instituciones. En la investigación llevada a cabo en el piedmont de la comuna de Puente Alto, se consideró solamente a la población como actor principal en la gestión de los riesgos.

##### **La encuesta de percepción**

Se trató de determinar cuál es *el grado de conocimiento del riesgo, qué percepción del riesgo tiene la población, cuál sería el comportamiento que adoptaría* en caso de un movimiento en masa, inundación y sismo. Se realizó un diagnóstico sobre las relaciones que mantiene la población con su entorno más o menos expuesto a los riesgos "naturales".

La encuesta fue aplicada a 354 personas. Las preguntas de la encuesta se reagruparon en temas ordenados en relación al grado de información, percepción y comportamiento frente a los riesgos naturales. En total, se encuestaron a 354 habitantes, mujeres y hombres repartidos, tal como se aprecia en la Tabla 100:

**Tabla 100: Distribución territorial y sexo del encuestado**

<b>Sexo</b>	<b>Peral Urbano</b>	<b>Vizcachas Urbano</b>	<b>Peral Rural</b>	<b>Vizcachas</b>
<b>Hombres</b>	<b>173</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
<b>Mujeres</b>	<b>155</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>Total</b>	<b>328</b>	<b>21</b>	<b>4</b>	<b>1</b>

Fuente: Elaboración propia, a partir de encuesta 2005.

##### **El análisis de la encuesta**

##### **Caracterización de la Población y de la Vivienda**

Se realizó una descripción general de la población y vivienda en relación a su: edad, grado de escolaridad, ingreso, tipo de propiedad, material de construcción, estado de conservación y finalmente, información que el comprador necesita para comprar su vivienda.

**a) Edad**

**Tabla 101: Rangos de edad y sexo**

Rangos de edades	Hombres	%	Mujeres	%	Total	%
a) 15 – 19	10	2.82	8	2.28	18	5.1
b) 20 – 29	58	16.4	36	10.2	94	26.6
c) 30 – 49	56	15.8	62	17.5	118	33.3
d) 50 -64	38	10.7	30	8.5	68	19.2
e) 65 y más	22	6.2	34	6.9	56	13.1

Fuente: Elaboración propia, a partir de encuesta 2005.

Según lo que indica la Tabla 101, la población más representativa en la encuesta según edad y sexo es el rango C) entre 30 – 49 años, perteneciente al sexo femenino, mientras que en el sexo masculino el más representativo con un 17.5% es el rango de edad B) entre 20 – 29 años con un 16.4%. Esta diferencia está dada, ya que ésta no se realizó los fines de semana, el cual, se puede encontrar al grupo familiar y al jefe de hogar, ya que en el caso de las mujeres muchas eran empleadas puertas afuera.

**b) Grado de Escolaridad**

**Tabla 102: Grado de escolaridad**

Grado	Peral Urb.	%	Vizcachas Urb.	%	Peral Rur.	%	Vizcachas Rur.	%	Total	%
Básico	53	14.9	2	0.57	2	0.63	0	0	57	16.1
Medio	133	37.6	14	0.85	1	1.825	1	1.825	149	42.1
Superior	54	15.3	2	0.50	0	0	0	0	56	15.8
Técnica	88	24.8	3	1.2	1	0	0	0	92	26.0

Fuente: Elaboración propia, a partir de encuesta 2005.

Según lo que indica la Tabla 102, el grado de escolaridad más representativo en la encuesta corresponde al grado medio con 42.1%, y la formación Técnica con un 26%, correspondiendo al Peral Urbano la más representativa.

**c) Ingreso**

**Tabla 103: Rangos de Ingreso**

Ingreso (\$)	Peral Urb.	%	Vizcachas Urb.	%	Peral Rur.	%	Vizcachas Rur.	%	Total	%
Menos de 120	18	5.1	2	0.56	1	0.24	0	0	21	5.9
120 – 220	65	18.4	8	2.26	2	0.78	1	0.06	76	21.5
220 – 400	81	22.8	6	1.7	1	0.4	0	0	88	24.9
400 – 600	37	10.5	2	0.5	0	0	0	0	39	11.0
600 y más	56	15.8	1	0.3	0	0	0	0	57	16.1
No	71	20.0	2	0.6	0	0	0	0	73	20.6

Fuente: Elaboración propia, a partir de encuesta 2005.

Según lo que indica la Tabla 103, el rango de ingreso (220 – 400) es el más representativo con un 24.9%, significando una población de grupo o clase social medio. No obstante, no hay que dejar de lado la respuesta negativa a esta pregunta, ya que según el encuestado vulneraba la seguridad del hogar.

**d) Tipo de Propiedad**

**Tabla 104: Tipo de propiedad**

Tipo	Peral Urb.	%	Vizcachas Urb.	%	Peral Rur.	%	Vizcachas Rur.	%	Total	%
Casa	322	91	20	5.7	2	0.3	0	0	344	97
Departamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mejora	4	1.13	1	0.27	0	0	0	0	5	1.4
Rancho	0	0	0	0	2	0.56	1	0.29	3	0.85
Vivienda Colectiva	2	0.75	0	0	0	0	0	0	2	0.75

Fuente: Elaboración propia, a partir de encuesta 2005.

Según lo que indica la Tabla 104, el tipo de propiedad más representativo corresponde a la vivienda tipo casa en El Peral y Vizcachas Urbano, mientras que la mejora con 1.4% y 0.85% en El Peral Rural y Vizcachas Rural. Esta diferencia esta relacionado principalmente con el modo de vida y su grado de urbanización.

### e) Material de Construcción

**Tabla 105: Material de construcción**

Material	Peral Urb.	%	Vizcachas Urb.	%	Peral Rur.	%	Vizcachas Rur.	%	Total	%
Hormigón Armado	118	33.3	4	1.2	0	0	0	0	122	34.5
Ladrillo	193	54.0	16	4.5	1	0.5	0	0	210	59.26
Madera	17	4.8	1	0.3	1	0.3	0	0	19	5.4
Adobe	0	0	0	0	2	0.55	1	0.29	3	0.84
Otros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0

Fuente: Elaboración propia, a partir de encuesta 2005.

Según lo que indica la Tabla 105, el material de construcción más representativo corresponde al ladrillo con un 59.26 y hormigón armado con un 34.5% en El Peral y Vizcachas Urbano. Mientras que la madera con un 5.4% y adobe con un 0.84, es el más representativo El Peral y Vizcachas rural.

### f) Estado de conservación

**Tabla 106: Estado de conservación**

Estado	Peral Urb.	%	Vizcachas Urb.	%	Peral Rur.	%	Vizcachas Rur.	%	Total	%
Bueno	320	90.0	20	5.6	2	1.1	0	0	342	96.7
Regular	8	2.26	1	0.28	2	0.56	0	0	11	3.1
Deteriorado	0	0	0	0	0	0	1	0.2	1	0.2

Fuente: Elaboración propia, a partir de encuesta 2005.

Según lo que indica la tabla 106, el 96.7% de la población dice que su vivienda presenta un estado de conservación bueno, mientras que un 3.1% presenta un estado regular y un 0.2% malo. Estas dos últimas representaciones corresponden a las viviendas de madera y adobe principalmente.

### g) Información que usted que necesito para comprar su vivienda

**Tabla 107: información de la vivienda necesaria para su compra**

Tipo de Información	Porcentaje de la Población
Precio	24%
Lugar o sitio	18%
Seguridad	9%
Tranquilidad	8%
Paisaje o entorno	12%
Tradición	10%
El Barrio	7%
Los metros construidos	12%

Fuente: Elaboración propia, a partir de encuesta 2005.

Según lo que indica la Tabla 107, la información que requirió la población para la compra de su propiedad se basa principalmente en el precio con un 24%, lugar 18%, el paisaje y entorno con un 12% y los metros cuadrados con un 12%. Para los consultados, esta pregunta fue de gran interés, ya que responde a las aspiraciones como personas. La tradición es la respuesta representativa del sector más antiguo – rural del área de estudio.

### **Información y conocimiento sobre el tema:**

El estudio de la calidad de la información y del conocimiento sobre el tema de los riesgos es determinante, ya que no solamente permite saber en qué medida el tema es conocido por la población, sino también revela las actividades llevadas a cabo en este campo por las autoridades locales o nacionales. A menudo, las campañas de información se realizan sin que se verifique la buena asimilación de los mensajes y por consiguiente, ningún seguimiento permitirá asegurar una verdadera progresión del proceso informativo. Esto puede influir en dos direcciones; la primera en aumentar indirectamente la vulnerabilidad, y la segunda, en distorsionar su evaluación, ya que las autoridades encargadas de la prevención y de la preparación de las poblaciones piensan haber asumido su responsabilidad, sin embargo, las poblaciones mal preparadas estarían consideradas equivocadamente como un grupo avisado y listo para enfrentar la eventualidad de un siniestro. Gracias al análisis de las respuestas obtenidas, se estableció un diagnóstico de esta situación, y luego las eventuales obstáculos del éxito del sistema de información, o por lo menos, del modo de emitir tal información.

#### **1).- ¿La población ha recibido información sobre el tema de Riesgos Naturales?**

**Tabla 108: Recibió información de Riesgos naturales**

<b>Respuesta</b>	<b>Porcentaje de la Población</b>
Si	30%
No	70%

Fuente: Elaboración propia, a partir de encuesta 2005.

**Tabla 109: Medios de comunicación que recibió información**

<b>Medios de comunicación</b>	<b>Porcentaje de la Población</b>
Diarios	20%
Radio	24%
Televisión	28%
Volantes	0%
Afiches	5%
Reuniones Vecinales	0%
Internet	23%

Fuente: Elaboración propia, a partir de encuesta 2005.

Según lo que indican las Tablas 108 y 109, un 30% de la población ha recibido información, pero solamente acorde del fenómeno de sismicidad a través de los medios de comunicación. De los medios que han recibido más información según la Tabla 109, ésta proviene del emisor televisión, radio e internet, con los acontecimientos que han ocurrido este año en curso como el tsunami de

Indonesia y el terremoto de Arica. La población ha manifestado que los demás riesgos no los afectan, ya que han ocurrido en lugares ajenos a los suyos. Sin embargo, con el temporal acaecido el 27 de agosto de este año, se han presentado cierta preocupación con el desborde del canal Las Perdices y la inundación del sector oriente (Reina) emitidas por la TV y radio.

## 2).- ¿Cuál ha sido la Institución de la que usted ha recibido información?

**Tabla 110: Institución que ha recibido información**

<b>Institución</b>	<b>Porcentaje de la Población</b>	<b>Confianza</b>
<b>Establecimiento Educacional</b>	<b>13%</b>	<b>13%</b>
<b>Municipalidad de Puente Alto</b>	<b>2%</b>	<b>2%</b>
<b>Ministerios</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
<b>ONEMI</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>
<b>Organismo No Gubernamental</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>

Fuente: Elaboración propia, a partir de encuesta 2005.

La Institución que le ha entregado mayor información ha sido la ONEMI con un 85%, cuyo receptor ha sido la población adulta, en segundo lugar, con un 15% los establecimiento educacionales como Institutos, Colegios y Universidades cuyo receptor es la población joven. No obstante, un 2% de la población adulta como joven ha recibido información del Municipio, pero solamente sobre el tema de aguas lluvias. Y en relación al organismo que le inspira más confianza es la ONEMI, según lo que indica la Tabla 110.

## 3).- ¿Por qué razón piensa usted que se originan los movimientos en masa?

A continuación se presentan las distintas respuestas:

**Tabla 111 Origen de los movimientos en masa**

<b>Orígenes</b>	<b>Porcentajes de la población</b>
Naturaleza	12%
Lluvia	18%
Nieve	7%
Condiciones ambientales	12%
Barro	16%
Superficie Construida	20%
Razón Divina	4%
Correcta	11%

Fuente: Elaboración propia, a partir de encuesta 2005.

Por el solo hecho de ser recurrentes, solo se tiene la idea de lo que son por la población los movimientos en masa, y su relación solamente es con lo sucedido en Macul el año 1993, pero ya olvidado por muchos, ya que muchas son familias jóvenes recién llegados a estos sectores, especialmente los condominios. Así, un 11% de las personas encuestadas conoce el origen de estos, mientras que otros le dan un significado de aproximación al origen de estos, destacándose la lluvias con un 18%. Sin embargo, se menciona factores antrópicos como la superficie construida.

No obstante, la población rural de las Vizcachas que le dan una connotación Divina. Según lo que indica la Tabla 111

#### 4).- ¿Por qué razón piensa usted que se originan las inundaciones?

**Tabla 112: Orígenes de las inundaciones**

<b>Orígenes</b>	<b>Porcentajes de la población</b>
Lluvias	15%
Superficie construida	16%
Pendiente	3%
Falta de vegetación	8%
No sabe	26%
Canales	27%
Correcta	5%

Fuente: Elaboración propia, a partir de encuesta 2005.

Según la población, el origen de las inundaciones se relaciona principalmente con la falta de preocupación en la mantención los canales, principalmente la limpieza de estos, ya que son focos de basurales como el canal San Carlos. Pero al contrario, un 26% no sabe, y no tiene ni un acercamiento a una respuesta probable, aunque sea una pregunta abierta. Las otras respuestas no están alejadas del verdadero origen de las inundaciones (Tabla 112).

#### 5).- ¿Por qué razón piensa usted que los sismos se originan?

**Tabla 113: Origen de los sismos**

<b>Orígenes</b>	<b>Porcentajes de la población</b>
Condiciones climáticas	6%
Razón divina	4%
Planetario	12%
Volcánico	11%
No sabe	22%
Correcto	45%

Fuente: Elaboración propia, a partir de encuesta 2005.

El mayor porcentaje de la población tiene una respuesta correcta, representando el 45%. Mientras que la población mayor a 50 años y más, le da una explicación divina al origen de los sismos. El grupo de edad 15 y 19 años, le da una respuesta planetaria y condiciones climáticas. Mientras que el grupo que da una respuesta correcta (movimientos de placas) es la población entre los 20 y 49 años (Tabla 113).

**6).- ¿En relación a si la población ha recibido información de ¿cómo actuar en el caso de estos Eventos?**

**Tabla 114: Información de cómo actuar en algunos de estos casos**

<b>Actuar</b>	<b>Porcentajes de la población</b>
<b>Si</b>	<b>49%</b>
<b>No</b>	<b>51%</b>

**Fuente:** Elaboración propia, a partir de encuesta 2005.

El 51% de la población no ha recibido información de ningún tipo, mientras que el 49% ha recibido información principalmente de la ONEMI, a través de informativos y documentales de TV, según lo que indica la Tabla 114.

**7).- ¿A Usted le gustaría recibir información sobre estos fenómenos y otros?**

**Tabla 115: Le gustaría recibir información sobre este tema**

<b>Actuar</b>	<b>Porcentajes de la población</b>
<b>Si</b>	<b>90%</b>
<b>No</b>	<b>10%</b>

**Fuente:** Elaboración propia, a partir de encuesta 2005.

Al 90% de la población le gustaría recibir información sobre este tema, ya que es de interés para familias. Mientras que un 10% no tiene ningún interés, ya que nunca le va ocurrir nada y se sienten seguros, según lo que indica la Tabla 115.

**8).- ¿Usted tendría las mismas reacciones que en el año 1993 y 1985 y que haría?**

**Tabla 116: Porcentaje de población, si tendría la misma reacción a 1993 y 1985**

<b>Reacciones</b>	<b>Porcentajes de la población</b>
<b>Si</b>	<b>15%</b>
<b>No</b>	<b>25%</b>
<b>No sé</b>	<b>37%</b>
<b>No lo viví</b>	<b>23%</b>

**Fuente:** Elaboración propia, a partir de encuesta 2005.

El mayor porcentaje de la población con un 37% no sabe si tendría las mismas reacciones, ya que no se acuerda de la actitud que tuvo en ese momento, pero sí recuerda las cosas que se destruyeron al interior de la casa, aunque muchos de los encuestados vivían en otra comuna de Santiago. Un 25% dijo que No, ya que sabe lo que tendría que hacer en caso de un terremoto, no obstante su respuesta indica que no supo que hacer cuando ocurrió el terremoto de 1985, mientras desconoce lo que sucedió en 1993, ya que vivían en otras comunas. Un 15% dice que tendría la misma reacción, ya que, dicen que los terremotos inciden mucho en su actitud de accionar, y según lo que indica la Tabla 116.

**9).- ¿Cuándo ocurrió el terremoto de 1985 y las inundaciones y movimientos en masa de 1993 hubo?**

**Tabla 117: Consecuencias de daños producto de los acontecimientos de 1985 y 1993**

Consecuencias	Si	No
Heridos	0%	100%
Damnificados	0%	100%
Casas Dañadas	4%	96%
No sabe	0%	0%
No recuerda	0%	0%

Fuente: Elaboración propia, a partir de encuesta 2005.

La población del sector dice que no hubo heridos, damnificados, pero sí casas dañadas productos del terremoto, especialmente en el área más antigua, perteneciente al área rural de El Peral (Tabla 117), ejemplo el derrumbe de un ala del Sanatorio el Peral.

**10).- ¿Como encuentra la accesibilidad a servicios de Urgencia?**

**Tabla 118: calidad de la accesibilidad ha servicios de Urgencia**

Accesibilidad	Porcentajes de la población
Buena	44%
Mala	56%

Fuente: Elaboración propia, a partir de encuesta 2005.

El 56% de la población dice que existen problemas de accesibilidad tanto a servicios de urgencias, producto de las inundaciones que se producen en los caminos de tierra, que según la población parecen verdaderos ríos, según lo que indica la Tabla 118 y Fig.117.



**Fig.117: Caminos de tierra (Avenida El Peral) inundados (temporal 27 de Agosto 2005)**

## **Percepción sobre el Tema de Riesgos Naturales**

El objetivo de las siguientes preguntas fue estimar cómo la población percibe la amenaza. Se estudiaron los temas vinculados a la percepción de la amenaza y la vulnerabilidad a diferentes escalas en el espacio y en el tiempo. En el ámbito espacial, fueron considerados el piedmont y la casa. En el campo temporal, se contempló lo vivido y la experiencia con respecto a estos, como por las consecuencias de un peligro potencial futuro imaginado por los habitantes del piedmont. Se trata de estimar si la distancia temporal y espacial entre el peligro y la persona tiene una influencia sobre su percepción de la amenaza y la importancia que le da.

### **1).- ¿Usted cree que su vivienda está situada en un lugar de Riesgos Naturales?**

**Tabla 119: Porcentaje de Población cree estar localizado en un área de riesgos**

<b>Respuesta</b>	<b>Porcentajes de la población</b>
<b>Sí</b>	<b>52%</b>
<b>No</b>	<b>24%</b>
<b>No sabe</b>	<b>24%</b>

**Fuente: Elaboración propia, a partir de encuesta 2005.**

Un 66% de la población considera que el piedmont está amenazado por los Terremotos (sismos) y aluviones (movimientos en masa), no obstante, desconoce la amenaza de las inundaciones producto de las quebradas y canales. Cuando ocurrió el temporal del 27 de agosto, la población entrevistada presento una gran preocupación por las inundaciones de los canales, especialmente el de Las Perdices, según lo que indica la Tabla 119.

### **2).- ¿Cuál de estos fenómenos naturales es el considerado más riesgoso por Usted?**

**Tabla 120: Porcentaje de población, según fenómeno natural más riesgoso**

<b>Fenómeno</b>	<b>Porcentaje de la población</b>
<b>Movimientos en masa</b>	<b>24%</b>
<b>Inundaciones</b>	<b>16%</b>
<b>Sismos</b>	<b>60%</b>

**Fuente: Elaboración propia, a partir de encuesta 2005.**

Para la mayoría de la población el fenómeno más riesgoso son los sismos, tanto para las zonas urbanas como rurales con un 52%. No obstante, le ha dado mayor importancia a las inundaciones la población de la zona rural, producto de la cercanía a las quebradas, ya que han vivido el potencial ataque de las aguas en los caminos, según lo que indica la Tabla 120.

**3).- ¿Usted habla con su familia y vecinos sobre la posibilidad de que ocurra alguno de estos fenómenos?**

**Tabla 121: Porcentaje de población que habla o conversa de estos temas con la familia y vecinos**

<b>Respuesta</b>	<b>Porcentaje de la población</b>
<b>Sí</b>	<b>94%</b>
<b>No</b>	<b>6%</b>

**Fuente:** Elaboración propia, a partir de encuesta 2005.

La mayoría de la población (94%) responde que Sí, pero solamente hablan con la familia, aunque no muy seguido, solamente cuando ocurren fenómenos en Chile o en el mundo. Los que responden que No, significa que manifiestan desinterés sobre el tema con su familia y vecinos en forma absoluta, según lo que indica la Tabla 121.

**4).- ¿Cuáles son las ventajas de vivir en este sector?**

**Tabla 122: Porcentaje de la Población, según ventajas de vivir en el piedmont**

<b>Ventajas</b>	<b>Porcentaje de la población</b>
<b>Económico</b>	<b>5%</b>
<b>Ecológico</b>	<b>55%</b>
<b>Paisajísticas</b>	<b>40%</b>

**Fuente:** Elaboración propia, a partir de encuesta 2005.

El mayor porcentaje de los encuestados viven en este sector por tener ventajas ecológicas y paisajísticas representando el mayor porcentaje de las respuestas. No obstante, la respuesta ecológica está dada por el contacto con el medio ambiente y los deportes que realiza la población. El paisajístico, esta dado por la tranquilidad y belleza del lugar, lo que significa el escape del medio construido y ruidoso del poniente de la comuna. Ese 5% se fe reflejado por la población rural, que vive por las ventajas que tiene la tierra para la agricultura y la crianza de los animales, y la producción que indica la Tabla



respectiva, según lo 122 y Fig.118.

**Fig.118: Paisaje del piedmont**

### **La actitud y las medidas en caso de exposición a los Riesgos Naturales**

**1).- ¿Qué haría usted para protegerse durante el desarrollo de algunos de estos fenómenos?**

**2).- ¿Usted daría una solución respecto a los problemas causados por estos fenómenos?**

La respuesta (Sí) está enfocada únicamente en la actitud ante un sismo de acuerdo a la pregunta anteriormente desarrollada en el comportamiento ante un fenómeno natural, donde un 45% de la población daría solución o medidas. Por consiguiente el 35% (No) dice que se siente ignorante en la toma de medidas, para eso está el gobierno local o municipal para su enseñanza en las medidas que se deben tomar, según lo que indica la Tabla 123.

**Tabla 123: Porcentaje de población, de acuerdo en la toma de decisiones ante los riesgos**

<b>Respuesta</b>	<b>Porcentaje de la población</b>
<b>Sí</b>	<b>45%</b>
<b>No</b>	<b>35%</b>
<b>No sabe</b>	<b>20%</b>

**Fuente: Elaboración propia, a partir de encuesta 2005.**

### **Prevención en el Tema de Riesgos Naturales**

**3).- ¿Usted haría algo donde vive para proteger a la población contra estos fenómenos?**

**Tabla 124: Porcentaje de población si hay prevención sobre el tema en estudio**

<b>Respuesta</b>	<b>Porcentaje de la población</b>
<b>Sí</b>	<b>12%</b>
<b>No</b>	<b>80%</b>
<b>No sabe</b>	<b>8%</b>

**Fuente: Elaboración propia, a partir de encuesta 2005.**

El porcentaje más alto dice que No (80%), ya que la unidad entre los vecinos es nula y sus preocupaciones son momentáneas, que se ejemplifica con la probable salida del canal Las Perdices en Agosto del 2005. Los que responden Sí (20%), es la población preferentemente que vive en el camino Camilo Henríquez y que dan como solución que el municipio presente políticas de prevención y mitigación ante estas amenazas, según lo que indica la Tabla 125.

**4).- ¿Con qué vecino está de acuerdo?**

**Tabla 125. Porcentaje de población de acuerdo al vecino que esta de acuerdo**

<b>Respuesta</b>	<b>Porcentaje de la población</b>
<b>Vecino 1</b>	<b>28%</b>
<b>Vecino 2</b>	<b>22.5</b>
<b>Vecino 3</b>	<b>49.5</b>

**Fuente:** Elaboración propia, a partir de encuesta 2005.

- a) El primero dice: Quiero quedarme en este lugar tratando de mejorar el entorno donde vivo, para que no sea tan peligroso por producto de fenómenos naturales.
- b) El segundo dice: Quiero quedarme en este lugar, sin hacer nada.
- c) El tercero dice: Quiero quedar reubicado.

Al mayor porcentaje le gustaría quedar reubicado, especialmente la población entre los 15 y 40 años, mientras que la población mayor mejoraría el entorno donde vive. La preocupación de la población se radica especialmente por la venta y seguridad que le ofrecieron las inmobiliarias. Por lo tanto, las relaciones con los vecinos no son tan importantes a pesar que viven muchos de estos en condominios, según lo que indica la Tabla 125.

## 5.1 DISCUSIONES

El estudio del piedmont como unidad, está ligado a la acción de cauces con un régimen torrencial, debido tanto a las fuertes pendientes como a una elevada capacidad de producción y transferencia de sedimentos y su relación alométrica, en donde el crecimiento de las partes es igual al crecimiento del todo, es decir, que existe una vinculación directa entre las subcuencas y el piedmont, por lo tanto, no se puede referir a una unidad sin aludir y conocer la dinámica que presentan las otras, según RACHOCKI & CHURCH, (1990) y ARAYA – VERGARA, (2002).

Se identificaron tres grandes momentos glaciales según KARZULOVIC (1958), BÖRGEL (1966) y FERRANDO (2002), correspondientes al Mindel, Riss y Würm, que se relacionan con los supuestos depósitos morrenicos de forma acolinada, producto de tres conos de ruptura y descarga durante esas épocas glaciales, cuyos depósitos se presentan de forma discordante en el sector apical de los conos de deyección La Morfilana y Sin Nombre, y la zona distal de el cono El Durazno. Enteramente frescos aparecen en esta altitud de los 800 - 900 m., bloques erráticos. Se presenta unidades de gran interés como las rocas intrusivas del batolito La Obra, con un alto grado de meteorización, fracturamiento y rocas volcánicas con un grado menor que son altamente dinámicas a los procesos exógenos según THIELE (1980) y GARRIDO (1987).

La falla observada e inferida que es identificada por GANA (2001), se presenta en la zona altamente dinámica de las vertientes de las subcuencas La Morfilana y Sin Nombre, como asimismo en el ápice del cono de deyección El Durazno. En relación a las vertientes, se distinguen vertientes compuestas con secuencias desde monosecuenciales en las vertientes de las subcuencas la Morfilana y Sin Nombre a Multisecuenciales en El Maqui, El Durazno y las Vizcachas. Esto indicaría convexidad con las caras libres y concavidad con los taludes en que se manifiestan los movimientos en masa a que se refiere BÖRGEL (1967). Se resalta las influencias estructurales de los afloramientos rocosos y formas coluviales, especialmente en El Durazno, y la influencia del ambiente periglacial (frío) con precipitaciones entre 450 y 900 mm., entre los 850 y 2000 m., de altitud en forma líquida y en forma sólida sobre esta altitud cuando la isoterma es 0° y temperaturas medias anuales aumentan de 15 °C a 17 °C desde los 700 a 1000 m., de altitud, siendo esta última el límite de inversión térmica según ROMERO (1985). Condiciones de sequía se presentan en las vertientes de Las Vizcachas, Maquí – Durazno, Sin Nombre, La Morfilana, principalmente en la parte superior de éstas, representando mínimas condiciones de humedad del suelo. En el caso de las islas de frío, según los patrones térmicos, éstas se presentan principalmente en la cabecera de las subcuena El Durazno – Maqui, aumentando desde 1989 – 2001.

La erosividad de las subcuencas que presentan mayor peligrosidad en relación a su alta torrencialidad y potencial erosivo son las subcuencas Sin Nombre y Las Vizcachas I. El mayor caudal máximo instantáneo es la subcuena El Durazno con 7 m<sup>3</sup>/seg. Los registros pluviométricos

con un período de retorno de 10 años que superan los 60 mm., es de 1.57 años con una probabilidad de excedencia del 63%, semejante al calculado por GARRIDO (1987).

La evolución de la vegetación entre 1989 – 2003, basado en el Índice Normalizado de Diferencias Vegetacionales (CHUVIECO, 2002) presenta cambios en los patrones espacio – temporales en relación al vigor vegetal, y cuya causa principal es la expansión urbana.

Los suelos se caracterizan por presentar textura franca, tasas moderadas de infiltración, y capacidad de drenaje. La capacidad de uso del suelo más representativa en el piedmont corresponde a I, VI, y VII en las subcuencas.

La pérdida de la vegetación alta y muy alta, que representa vegetación arbórea y arbórea densa, es reemplazada por una vegetación de tipo arbustivo y cuya máxima alteración se observa en un 54.19% del área, principalmente en el piedmont, según GALLARDO (1983). Las principales especies dominantes son la *Quillaja saponaria*, *Lithrea caústica* y la *Cryptocarya alba*. El tipo de vegetación es diversa en relación a su cobertura, estructura horizontal y vertical, como en su vitalidad, presentándose patrones positivos hacia las subcuencas, mientras que es contrario hacia el piedmont.

El sistema basal corresponde a depósitos con una suave inclinación en forma de abanico, que es el principal depósito correlativo a las formas de erosión de montaña y regulador actual del valle del Maipo al cual pertenece la comuna de Puente Alto. Los conos de deyección están ligados a la acción de los cauces con un régimen torrencial producto de las fuertes pendientes con su elevada producción y transferencia de sedimentos (RACHOCKI & CHURCH, 1990). Las características de los sedimentos están dadas por los cantos rodados a través del tamaño y el desgaste que representa la variabilidad de la dinámica espacial de piedmont.

El cono de deyección El Durazno presenta en su cauce un alto grado de atrincheramiento producto de la pendiente desde el ápice a la parte distal que manifiesta marcados umbrales y un gran dinamismo, a contrario de El Maqui. El tamaño de los sedimentos tiende a disminuir desde el ápice a la zona distal, cualquiera sea el sector de los conos aluviales El Durazno y El Maqui.

Esta reducción se explica tanto en el tamaño medio como el máximo, producto del alejamiento del área fuente del sedimento. Lo cierto es que se produce una clasificación de materiales gruesos que se organizan de manera relativamente ordenada correspondiendo a conos de deyección caóticos. El índice de desgaste aumenta desde el ápice a la base, como consecuencia de la mayor distancia recorrida por estos. La diferencia más elemental entre los conos reside en el tamaño de los sedimentos. Los valores del tamaño medio son más elevados en El Durazno que en El Maqui, en ambos sectores. En relación al tamaño máximo sigue el mismo patrón que el anterior, excepto en la parte media de El Maqui que es más elevado.

El sector funcional del cono de deyección El Durazno, el desgaste es mayor en el cono de deyección El Maqui, especialmente en el sector distal, producto de la mayor distancia recorrida

por el torrente y debido al mayor tamaño del cono que propicia un mayor rodamiento. En el cono de deyección El Durazno, en el sector antiguo, el desgaste es menor que en el cono de deyección El Maqui, lo que indica que el cauce anterior presentó en el pasado un gran dinamismo, por consiguiente, desde el punto de vista del principio de territorialidad, el cono de deyección El Maqui está perdiendo competencia por el espacio producto del tamaño del cono El Durazno. Los patrones explicativos que fueron elaborados a partir de la metodología de GÓMEZ et al. (1999) son similares en relación a sus procesos deposicionales y variabilidad espacial de los conos aluviales del Pirineo Central Español.

Los movimientos en masa actuales de flujos de detritos se presentan en las vertientes de las subcuencas en estudio, cuyo predominio areal y de exposición solana corresponde a las subcuencas La Morfilana y Sin Nombre. No obstante, este fenómeno representa el mismo patrón espacial en el modelo de probabilidad de ocurrencia potencial a través de la teoría de los conjuntos difusos (ZADEH, 1965) y evaluación multicriterio (BARREDO, 1996), cuyos criterios de mayor explicación son la pendiente, geomorfología y geología.

La caída y desplome actuales se presentan en las vertientes de solana del cerro La Virgen y la subcuenca Las Vizcachas, al contrario del modelo, que se presenta en la sección superior de las vertientes de las subcuencas Sin Nombre, El Durazno, El Maqui y Las Vizcachas I y II, con aporte de material de las caras libres, cuyos criterios de mayor peso son los mismos que el anterior. El *continuum* deslizamiento – flujo de tierra – barro, actuales se presentan en la cabecera de las subcuencas El Durazno, El Maqui, mientras que en el modelo de probabilidad de ocurrencia potencial de estos fenómenos presentan un patrón espacial similar en las cabeceras de las subcuencas Sin Nombre, El Durazno y El Maqui y las Vizcachas. Los movimientos en masa de solifluxión y reptación se puede espacializar a través del modelo, cuyo patrón se identifica en las vertientes de las subcuencas y en el Llano Las Perdices.

El peligro de inundación potencial se presenta en las zonas de mayor peligro, principalmente en los conos de deyección y remanente de piedmont en la cual se asienta la población consolidada. El peligro de sismicidad está en la zona distal del cono de deyección El Durazno y depósito de cineritas, como en las vertientes de las subcuencas Sin Nombre, El Durazno, El Maqui, Vizcachas I y II.

El proceso de expansión urbana se identifica desde 1989 en el sector nororiente de la comuna, donde la población de los distritos El Peral manifiesta un patrón de estabilidad entre 1930 – 1982, y un umbral de ruptura en 1982, ascendiendo hasta el año 2002, a diferencia de Las Vizcachas que presenta una curva ascendente de 1930 – 2002, pero con un umbral de ruptura en 1982, consecuencia del Programa de Erradicación y Radicación Forzada (1979 y 1985) especialmente en el distrito Las Vizcachas y producto de la movilidad intraurbana según ORTÍZ & SCHIAPPACASSE (1997) en el distrito El Peral, consecuencia de las políticas socioeconómicas instauradas por el Municipio.

La población asciende a 18.310 habitantes y 4962 hogares, el Peral Urbano es el que posee mayor población, representando un 94.86% del total, con una densidad en el piedmont entre 0 a 81 hab/hás, con los mayores patrones de densidad en los sectores del Cerro la Virgen, Santa Josefina y Altos de Manquecura. La ocupación laboral corresponde a los grupos más representativos, correspondiendo a profesionales científicos o intelectuales, y técnicos o profesionales de nivel medio que corresponde a clases medias y supraordinarias, semejante a la clasificación de SARRICOLEA (2004) en la Serena, representando un alto grado de segregación. La discapacidad en mayor número de habitantes está representada en el Sanatorio El Peral. La vulnerabilidad socioeconómica se presenta en el sector El Almenar del Maipo y los Altos de Manquecura.

El material de construcción de las viviendas es principalmente ladrillo en la zona urbana y adobe en la zona rural que presenta características similares al trabajo de MÉNDEZ (2004). La antigüedad de las viviendas es diversa, siendo el sector más antiguo Colonia del Peral, con 69 años. Los usos de suelo más representativos en superficie son el residencial unifamiliar con un 24.84% y de cultivos con un 22.49%.

El tipo de carpeta existe un 57% de camino de tierra y un 43% de camino pavimentado. La accesibilidad topológica, caracterizada por una mayor conectividad y accesibilidad, se encuentra en los sectores que están al interior del piedmont como el sector de San Luis. La vulnerabilidad tecnológica se presenta en forma concentrada en los sectores el Alba, Cementerio el Prado, Valle del Sol, Lo Planella, La Frontera, Faldeos de Viña, Ciudad del Este, Lomas de Tobalaba, Santa Josefina, Colonia del Peral, La Virgen, Almenar del Maipo y Las Vizcachas.

La aplicación booleana de la ecuación de riesgos naturales (CASTRO et al., 1995), se caracteriza por presentar movimientos en masa por soliflucción y reptación en los sectores de Almenar del Maipo, Las Vizcachas, Lomas de Tobalaba y Altos de Manquecura. Los flujos de tierra en los sectores de La Obra y cerro La Virgen y los flujos de detritos presentan el mismo patrón que el anterior. Los flujos de barro muestran el mismo patrón, pero su intensidad es menor. La caída y desplome se presenta en La Obra, La Virgen, Cerro Chequén y Alto Lo Planella. Los deslizamientos presentan un patrón similar a los flujos de tierra y detritos. Finalmente, los riesgos por inundación y sismicidad se identifican en los sectores exteriores del piedmont correspondiendo al eje vial Camilo Henríquez y algunas zonas interiores como Alto Lo Planella, San Luis y Llano Las Perdices.

Un 30% de personas encuestadas ha recibido información sobre el tema riesgos naturales lo que representa un porcentaje muy bajo respecto a las informaciones proporcionadas por los medios de comunicación sobre todo después de cada siniestro (especialmente los sismos), por medio de la televisión y la radio, similar a la experiencia de CHARDON (2002) en el cual se infiere que esto se debe a la cantidad, calidad y contexto de entrega de la información y el nivel educativo que influye en el sentido de una mejor comprensión, por lo tanto, entre más elevado es su nivel educacional, la persona comprende y recibe más información, pero no es así a pesar del nivel profesional y técnico medio de los encuestados.

Además, el conocimiento sobre el origen de estos temas no presenta correlación entre el grado de escolaridad e ingreso, en relación al conocimiento de los orígenes de los movimientos en masa e inundaciones, a diferencia de la sismicidad, mejor tratada y entregada (información) a menores en edad escolar en los respectivos establecimientos educacionales.

Sin embargo, los encuestados presentaron mayor conocimiento sobre las inundaciones tras el temporal del 27 de agosto de 2005. En el sector rural, mientras tanto, los encuestados señalaron que la causa de las inundaciones es de origen divino. La información de cómo actuar está dada principalmente por los medios de televisión cerrada y abierta y la ONEMI. En relación a los antecedentes de lo que ocurrió en 1985 y 1993, un gran porcentaje de la población no vivía todavía en este sector, así que no sabe lo que podría ocurrir.

En relación a la percepción sobre el tema de riesgos, los encuestados se refirieron a que el área en que viven urbano – rural está proclive a sismos, desconociendo los demás peligros. No obstante, lo que llamó la atención es la poca importancia que tienen las inundaciones para los habitantes de modo de vida rural que habitan cercanas a las quebradas, preocupándose sólo de las actividades agrícolas que se desarrollan en este sector. Las ventajas de vivir en este lugar para los habitantes urbanos es el sentir ecológico y paisajístico, mientras que el menor porcentaje con modo de vida rural su objetivo de vivir es económico, es decir, el desarrollo de las actividades agrícolas de especialización de cultivo de hortalizas y frutales.

Un 45% de la población daría medidas de solución que giran entorno a la intervención local del Municipio en relación al tema de sismicidad, a contrario de los temas de movimientos en masa e inundación en que la población se siente ignorante.

Finalmente, la población del piedmont de modos de vida urbano y rural, responde a las condiciones que le ha dado sus perspectivas de vida materiales y espirituales, por lo tanto, presentan una retroalimentación negativa con el grado de escolaridad e ingreso, influyendo las perspectivas de vida en el conocimiento, percepción y comportamiento ante los riesgos naturales. Por eso CHARDON (2002), se refiere a que una de las características del poblamiento mundial y la persistencia con que numerosos grupos humanos se aferran a un determinado espacio pese a la frecuencia con que se producen determinadas catástrofes naturales, por eso en tales lugares tiene un papel fundamental la inercia, como fruto a menudo de una tradición secular y una comprensión espacio – temporal, que se fundamenta por LARRAÍN y SIMPSON-HOUSLEY, (1994), CHARDON, (2002) y MÉNDEZ (2004) en cuanto a que los problemas sociales son más importantes, especialmente la satisfacción de residencia, que los problemas ambientales, incluidos los riesgos.

El método de trabajo estuvo inmerso en la denominada teoría de la decisión, que se fundamenta en la lógica según la cual una decisión es la elección entre varias alternativas (BARREDO, 1996), de acuerdo a la teoría de las dinámicas de las variables físico naturales y humanas. No obstante, en el mundo real existe mucho conocimiento no-perfecto, es decir, conocimiento vago, impreciso, incierto, ambiguo, inexacto, o probabilístico por naturaleza, pudiéndose aplicar la lógica difusa en

el estudio de los movimientos en masa, inundaciones y sismicidad, basada en una lógica alternativa a la lógica clásica que pretende introducir un grado de vaguedad en las cosas que califica.

En los conjuntos difusos se relaja la restricción de que la función de pertenencia valga 0 ó 1, y se permite que tome valores en el intervalo [0,1]. La necesidad de trabajar con conjuntos difusos surge de un hecho: hay conceptos que no tienen límites claros como los que se presentan dentro de la geografía física y humana. Por eso, se admite que las variables temáticas son continuas, que el establecimiento de clases con límites absolutamente definidos resulta problemático y parece más lógico pensar que la transición entre una clase y la siguiente debería ser gradual.

El problema que se presentó fue la elección adecuada de los criterios de análisis para evaluar los riesgos naturales, ya que las variables que influyen dentro de estos procesos son amplias. ¿Cómo conciliar probabilidad y determinismo en el estudio de estos fenómenos?, la respuesta depende de la precisión con la que se preparan las condiciones iniciales. Si se puede efectivamente imponer condiciones iniciales suficientemente exactas para predecir este tipo de fenómenos, es dable concluir que el resultado es determinista, y que el recurso probabilidad tendría su origen en la ignorancia relativa a las condiciones iniciales. ¿Pero es acaso la ignorancia la única fuente de sorpresa y probabilidad? Por eso no existen sistemas dinámicos con conocimiento finito de las condiciones iniciales que permita prever los fenómenos naturales por movimiento en masa, inundación y sismicidad.

Por eso estos sistemas dinámicos solamente basta que se cambien infinitesimalmente las condiciones iniciales para que se produzca otro resultado. “En la predicción del comportamiento de los fenómenos inestables no es la insuficiencia de nuestro conocimiento la que está en juego, sino la naturaleza dinámica del sistema” (PRIGOGINE, 1998), es decir, la inestabilidad dinámica la que estará en el origen de las nociones de probabilidad y de irreversibilidad. Por eso la concepción clásica donde el determinismo era fundamental, y la probabilidad era una aproximación a la descripción determinista, debido a nuestra información imperfecta. Hoy la situación es la inversa, según PRIGOGINE (1998), las estructuras de la naturaleza nos constriñen a introducir la probabilidad independientemente de la información que poseemos. La descripción determinista no se aplica de hecho más que a situaciones sencillas, idealizadas, que no son representativas de la realidad física que nos rodea.

Las condiciones iniciales que se manifiestan en el piedmont para cada fenómeno, no resultan sencillos, ya que la realidad física es incierta y probabilística por naturaleza. Por eso, un cambio infinitesimalmente trae consigo un grado de incertidumbre, que se representa espacialmente a través de la teoría de conjuntos difusos y método de evaluación multicriterio.

## **5.2 CONCLUSIONES**

El área de estudio presenta sistemas de vertientes compuestos por secuencias desde monosecuenciales en las vertientes de las subcuencas La Morfilana y Sin Nombre, como multisequenciales o complejas en las vertientes de las subcuencas El Maqui, El Durazno y Las Vizcachas cuyas convexidades y concavidades y influencias estructurales explican los movimientos en masa en las vertientes y cuyas unidades geológicas son las rocas intrusiva del batolito La Obra, con un alto grado de meteorización, fracturamiento, y las rocas volcánicas Formación El Abanico caracterizado por rocas sanas y ligeramente meteorizados que son altamente dinámicas a los procesos exógenos.

La falla observada e inferida, se observa un desnivel de fuerte pendiente y significando una zona altamente dinámica en las subcuencas La Morfilana y Sin Nombre, como asimismo en el ápice del cono de deyección El Durazno.

Los conos aluviales están ligados a la acción de cauces con un régimen torrencial, debido tanto a las fuertes pendientes, y elevada capacidad de producción y transferencia de sedimentos heterométricos. La organización está relacionada con características morfométricas (superficie y pendiente), pero además con los rasgos geomorfológicos de la cuenca (tamaño y volumen de sedimentos transportados hacia el cono) y con la historia del propio cono.

Debido a la intervención antrópica, los conos de deyección El Durazno y El Maqui, muestran en superficie diferentes sectores, algunos muy activos, pero otros inactivos, correspondientes a distintos estadios de la evolución y construcción del cono, por lo tanto, el tamaño y el desgaste de los sedimentos, así como la organización espacial de los grandes modelos de estructuras sedimentarias muestran, en general, tendencias similares en los dos conos.

El tamaño de los sedimentos tiende a disminuir desde el ápice a la zona distal, cualquiera sea el sector de los conos aluviales El Durazno y El Maqui. Esta tendencia es muy fuerte al principio para suavizarse en la parte más externa de los conos El Durazno y El Maqui. La reducción se explica, tanto en el tamaño medio como en el máximo, por el alejamiento del área fuente de sedimento, la diferencia de umbrales en la pendiente de los cauces de los respectivos conos y por la sustitución del canal confinado dominante aguas arriba del cauce por un canal abierto que reduce bruscamente la energía del torrente. Lo cierto es que se produce una clasificación de materiales gruesos que se organizan de manera relativamente ordenada, cuyas características

corresponden a conos de deyección caótica. Los índices de desgaste aumentan desde el ápice a la base, como consecuencia de la mayor distancia.

La erosividad de las subcuencas que presentan mayor peligrosidad en relación a su alta torrencialidad y potencial erosivo son las subcuencas Sin Nombre y las Vizcachas I. El mayor caudal máximo instantáneo es la subcuenca El Durazno con  $7 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

Los cambios en los patrones espacio – temporales en relación al vigor vegetal se caracterizan por la pérdida de la vegetación alta y muy alta, que representa vegetación arbórea y arbórea densa, siendo reemplazada por una vegetación de tipo arbustivo y cuya máxima alteración se observa en el piedmont.

El mayor grado de vulnerabilidad socioeconómica se manifiesta en los sectores de Almenar del Maipo y Altos de Manquecura, que representan espacios disímiles en relación a su ocupación laboral, pero similares en su densidad poblacional.

La vulnerabilidad tecnológica se manifiesta un patrón espacial concentrado, y cuyo contexto de explicación esta dado por su dinámica territorial, político y funcional de los uso de suelo.

Los movimientos en masa actual y potencial son similares en relación a sus patrones espaciales en las subcuencas en estudio. No obstante, son distintas en relación a sus dinámicas temporales, a través de la interpretación de las fotografías aéreas.

El peligro de inundación potencial se explica principalmente por el criterio geomorfológico basada en la elevada capacidad de transferencia y organización de los conos.

El grado de peligro de sismicidad potencial se explica por la respuesta sísmica de las características geotectónicas, influencias estructurales de los afloramientos rocosos, napa freática y pendiente

La población del piedmont de modos de vida urbano y rural, responde a las condiciones que le ha dado sus perspectivas de vida materiales y espirituales, que se aferran a un determinado espacio producto de una tradición secular y una comprensión espacio – temporal.

En cuanto a la hipótesis, esto es, *la identificación de unidades territoriales complejas que presentan relaciones alométricas expresado en grados diferenciales de peligro natural y vulnerabilidad socioeconómica, sociocultural y tecnológica, asociados a una ocupación humana poco acorde con los rasgos del medio donde tiene lugar*, ésta ha sido aceptada por presentar áreas de riesgos naturales por movimientos en masa en los sectores La Obra, cerro La Virgen, cerro Chequén, Alto Lo Planella, Almenar del Maipo, Lomas de Tobalaba, Altos de Manquecura y los riesgos naturales por inundación y sismicidad se identifican en los sectores exteriores del piedmont correspondiendo al eje vial Camilo Henríquez, algunas zonas interiores como Alto Lo

Planella, San Luis y Llano Las Perdices a través de la teoría de conjuntos difusos y el método de evaluación multicriterio.

Se recomienda que la normativa del PRMS, que clasifica zonas de desarrollo urbano condicionado y áreas urbanizadas y que presentan zonas de mayor probabilidad de riesgos, debiera disminuir la densidad y el grado de ocupación, ya que la vulnerabilidad aumenta en directa proporción con los riesgos. El límite urbano según el PRMS, se encuentra a los 900 metros de altitud, correspondiente a sectores de vertientes altamente dinámicas. El argumento principal que tiene que tomar en consideración la actual normativa es el deber ético que se fundamenta en la explicación teórica de Araya – Vergara (2002), el cual no puede estar referido a una unidad sin referirse a la otra, es decir el crecimiento de las partes es igual al crecimiento del todo, esto como premisa jurídica insoslayable.

Se recomienda la utilización de la teoría de la evidencia al estudio de riesgos, que es una generalización de la teoría bayesiana, que fue desarrollada por Dempster y Shafer (2002) cuyo fundamento es detectar la fusión adecuada de la información de las cartas que representa la credibilidad para cada clase de riesgo.

## BIBLIOGRAFIA

- ✚ ACEVEDO, C. 2002. Estudio de la Vulnerabilidad sísmica de los edificios de departamentos de la comuna de Pudahuel, parte 1. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Santiago.
- ✚ ANGUITA, ET AL 1994. *Procesos Geológicos Externos y Geología Ambiental*, Madrid: Editorial Rueda.
- ✚ APARICIO, J. 1999. Fundamentos de hidrología de superficie. Editorial Limusa. México. 303p.
- ✚ ARAYA VERGARA, J. 1985. Análisis de la carta Geomorfológica de la cuenca del Mapocho. *Informaciones Geográficas* N°32. Pág: 31 –47. Santiago de Chile.
- ✚ ARAYA VERGARA, J. 2002. Apuntes de Cátedra de Geomorfología. Escuela de Geografía. Universidad de Chile. Santiago de Chile.
- ✚ ARCE, P. 2001. Evaluación cualitativa de riesgo de contaminación del agua subterránea del área Metropolitana de Santiago utilizada para agua potable. Tesis para optar la título de Geógrafo. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile. Universidad de Chile.
- ✚ ASTROZA, M.; MONGE, J.; VARELA, J. 1993. Intensidades del sismo del 3 de marzo en la Región Metropolitana y el Litoral Central. In *Ingeniería Sísmica, el caso del sismo del 3 de marzo de 1985*. Instituto de Ingenieros de Chile. Ediciones Pedagógicas Chilenas S.A., Ediciones Dolmen (ex Hachette), pp. 103 – 117.
- ✚ AYALA – CARCEDO, F. 1993. Estrategias para la reducción de desastres naturales. *Investigación y Ciencia 2000*. pág: 6-13. España.

- # AYALA – CARCEDO, F. 2002. Riesgos Naturales. Editorial Ariel. 1512p. Barcelona.
- # AZÓCAR, P. 1997. Evolución de la cubierta superficial del Piedmont Andino de Santiago: impacto en el escurrimiento superficial de aguas y sus efectos asociados décadas 1960 90. Tesis para optar al grado de Magister en Geografía. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile. 147 p.
- # BARREDO, J. 1996. Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la Ordenación del Territorio. Editorial Ra – Ma. Madrid. 264p.
- # BARRIENTOS, S.; KAUSEL, E. 1993. Principales características sísmicas del terremoto de marzo de 1985. In Ingeniería Sísmica, el caso del sismo del 3 de marzo de 1985. Instituto de Ingenieros de Chile. Ediciones Pedagógicas Chilenas S.A., Ediciones Dolmen (ex Hachette), pp. 41 – 63.
- # BARRIENTOS, S.; KAUSEL, E. 1994. Sismicidad andina superficial en la zona central de Chile. Congreso Geológico Chileno, No. 7, Actas, Vol. I, pp. 581-584, Concepción.
- # BLIKRA, H., ET AL. 1998. Postglacial colluvium in western Norway depositional processe, facies and paleoclimatic record. *Sedimentology*. 45, 909 -959. Geological Institute of Bergen, Norway.
- # BORDE, J. 1966. Les Andes de Santiago et leur avant pays. Etude de geomorphologie. Bordeaux: Unión Francaise d´ Impresion.
- # BÖRGEL, R. 1966. Cuaternario en la cuenca de Santiago. Evidencias geomorfológicos para un intento de datación relativa. *Informaciones Geográficas* Número único. Pág: 43 – 50. Santiago de Chile.
- # BÖRGEL, R. 1967. Evolución de las laderas del río Maipo. Universidad de Chile. Facultad de Filosofía y Humanidades. 9 pág.. Santiago de Chile.
- # BOSQUE, J ET AL. 2003. Un procedimiento para elaborar mapas de riesgos naturales aplicado a Honduras. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense de Madrid*. Número 23. p. 55 – 73. España
- # BRAUN – BLANKET, J. 1928. Pflanzensoziologie, Springer – Verlag. Viena.
- # BRAUN – BLANKET, J. 1932. Plant sociology; the study of plant communities. McGraw – Hill, New York.
- # BRÜGGEN, J., 1946. La cronología de las épocas glaciales en Chile. *Revista Universitaria* 1: 27-39.

- # BRUNIARD, E. 1992. Hidrografía: procesos y tipos de escurrimiento superficial. Editorial CEYNE. Argentina.
- # BRUNSDEN, D (1979). "Process in geomorphology". Mass Movements. Londres, Inglaterra.
- # CARRASCO, N. 2000. Peligros de remoción en masa en el sector de San José de Maipo, Región Metropolitana. Memoria para optar al título de Geólogo. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile.
- # CARRERA, C., ET AL. 1998. Trabajos Prácticos de Geografía Humana. Editorial Síntesis. España. 440p.
- # CASALIGGI, A. 1987. Estudio de los efectos del sismo del 3 de marzo de 1985 en la Región Metropolitana, comuna de Puente Alto. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. 240 p.
- # CASTRO, C., BRIGNARDELO, L., CERECEDA, P. 1995. Determinación del riesgo morfodinámico en San Juan Bautista, isla Robinson Crusoe, comuna de Juan Fernández, V Región. *Revista Geográfica Terra Australis*, N°40.pág: 43 –61. Santiago de Chile.
- # CEOTMA, 1991. Guía para la Evaluación de Estudios del Medio Físico: Contenido y Metodología. Centro de Estudios de Ordenación del territorio y Medio Ambiente. Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Tercera Edición, 225p
- # CIREN – CORFO. 1989. Descripciones de suelos: estudio agrológico, Proyecto Maipo: Región Metropolitana. 2 volúmenes. Santiago de Chile.
- # CIREN – CORFO. 1996. Descripciones de suelos: estudio agrológico: Región Metropolitana. 2 volúmenes. Santiago de Chile
- # CLARK UNIVERSITY. 2002. Idrisi Release 2, Users Guide and Tutorial. Clark Labs. USA.
- # COLSON, G ET AL. 1989. Models and Methods in Multiple Objective Decision Making, en G. Golson y C. De Bruin (Eds). Models and Methods in Multiple Criteria Decision Making. Londres: Pergamon. 205 p.
- # COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO, 1984. Proyecto Maipo: estudio hidrológico e hidrogeológico. 8 volúmenes. Santiago de Chile.
- # COQUE, ROGER (1984). *Geomorfología*, París: Editorial Armand Collin

- # COMTE, D.; EISENBERG, A.; LORCA, E.; PARDO, M.; PONCE, L.; SARAGONI, R.; SINGH, S.K.; SUÁREZ, G. 1986. The great 1985 Central Chile earthquake: A repeat of previous great earthquake in the region? Science, No. 233, pp.449-453.
- # CRUDEN ET AL, 1996. Landslides types and Process. In Landslides; Investigation and Mitigation. Transportation Research Board, National Research Council, Special Report N°247. Washington, D.C.
- # CHALINE, CL. y J. DUBOIS- MAURY(1994) La ville et ses dangers Masson
- # CHARDON, A. 1998 . Crecimiento urbano y riesgos “ naturales”: evaluación final de la vulnerabilidad global en Manizales, Andes de Colombia. Desastres y Sociedad. La Red, N°9. Pág: 2 –32. Lima.
- # CHARDON, A. 1998a. La percepción del riesgo y los factores socioculturales de la vulnerabilidad. Desastres y Sociedad. La Red, N°8. Pág: 11 –34. Lima.
- # CHARDON, A. 2002. Un enfoque geográfico de la vulnerabilidad en zonas urbanas expuestas amenazas naturales: El ejemplo andino de Manizales, Colombia. Ed. Centro de Publicaciones de la Universidad Nacional de Colombia, Manizales. 174p.
- # CHOLAKY, J. 1987. Estudio de los efectos del sismo del 3 de marzo de 1985 en la Región Metropolitana de Santiago, comuna de Ñuñoa. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. 199 p.
- # CHUVIECO, E. 2002. Teledetección ambiental: la observación de la tierra desde el espacio. Editorial Ariel. 586 p. Barcelona.
- # CHRISTOFOLETTI, A (1981). “La noción de equilibrio en geomorfología fluvial”. Revista Norte Grande N°8, Pág. 69 – 86. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile.
- # DANSEREAU, P.1999. Ecología Humana, Ética e Educacao. Ediciones Palloti Florianópolis: APED, 704p.
- # DEL MORAL, F ET AL. 2000. Sistemas de Información geográfica y métodos de toma de decisiones aplicadas a la Ordenación del Territorio: Caso de Cupillos. Edafología. Volumen 7 – 2. p. 17 – 28. Departamento de Edafología y Química agrícola. Universidad de Almera. España.
- # DERRUAU, M (1977). Geomorfología, Barcelona. Editorial Ariel.
- # EASTMAN, J. 1993. Gis and Decisión making”. UNITAR European Office. 111p. Suiza.

- # ESPINOZA, G 1985. “Los desastres naturales y su relación con el manejo de los recursos naturales en Chile”. Revista Ambiente y Desarrollo N°3, volumen I, Pág. 159 -172, Cipma. Santiago de Chile.
- # FELICÍSIMO, A. 1999. La utilización de los Modelos Digitales de Terreno en los estudios del medio físico. Universidad de Oviedo. España. Documento web: [www.uniovi.es](http://www.uniovi.es)
- # FERNÁNDEZ, J.C. 2003. Respuesta sísmica de la cuenca de Santiago, Región Metropolitana de Santiago. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Ambiental, No. 1, 1 mapa escala 1 : 100.000. Santiago.
- # FERRANDO, F, 1993. Reflexiones en torno a la Urbanización del Piedmont Andino de la Cuenca de Santiago. *Revista de Obras Públicas*, 3 (8): 21, jul/sept. Santiago de Chile
- # FERRANDO, F. 1994. Métodos hidromorfométricos para determinar la erosividad en cuencas hidrográficas. *Ingeniería Hidráulica en México* Vol. IX, núm. 3, pág: 5 –14. México.
- # FERRANDO, F. 1998. Carta Geológica – Geomorfológica de la Región Metropolitana de Santiago. (Inédito) Proyecto Bases para el Ordenamiento Territorial Ambientalmente Sustentable (OTAS), Gobierno Regional de la Región Metropolitana., 1 mapa escala 1 : 250.000.
- # FERRANDO, F. 2001. “Apuntes de Cátedra de Hidrología”. Escuela de Geografía: Universidad de Chile. Santiago de Chile.
- # FERRANDO, F. 2002. Las Glaciaciones Cuaternarias en Chile: Visión General. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, 47: 129-165.
- # FLAGEOLLET, J.C., 1996. The time dimension in the study of mass movements. *Geomorphology*, 15: 185-190.
- # GAJARDO, R. 1983. Sistema básico de clasificación de la vegetación nativa chilena. CONAF – Universidad de Chile., Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Santiago. 297p.
- # GANA, P ET AL. 2001. Geología del área Talagante – San Francisco Mostazal. Carta Geológica de Chile. Serie Geología Básica. Servicio Nacional de Geología y Minería. 29p. Carta Escala 1:100.000.
- # GARRIDO, X. 1987. Riesgos naturales en el sector Santiago Oriente. Editorial Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de

- Geología. 33 p. Santiago de Chile.
- # GEOLOGICAL SOCIETY ENGINEERING GROUP WORKING PARTY REPORT. 1995. The description and classification of weathered rocks for engineering purposes. Quaterly Journal of Engineering Geology, Vol.28, N°2., p. 207 – 242.
  - # GÓMEZ OREA, D. 1994. Ordenación del Territorio, una Aproximación desde el Medio Físico. Editorial Agrícola Española, S.A. 233 p. Madrid
  - # GÓMEZ, A & GARCIA, J. 1999. Organización espacial de los sedimentos en conos aluviales del Pirineo Central Español. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, sección Geología*. Facultades de Biología y Geología.. Pág: 5 – 22. Madrid
  - # GORE METROPOLITANO. 1997. Proyecto bases para un ordenamiento ambientalmente sustentable para la región Metropolitana (OTAS). Informe técnico. 205 p. Santiago de Chile.
  - # HARENETT, D ET AL. 1987. Introducción al Análisis Estadístico. Nueva Cork: Adisson – wesley Iberoamericana. Primera edición. 512 p.
  - # HAUSER, A. 1985. Flujos de Barro de la Zona Preandina de R.M. Características, causas, efectos, riesgos y medidas preventivas. *Revista Servicio Nacional de Geología y Minería – Chile*. Boletín N° 24. pág. 75 – 92.
  - # HAUSER, A. 1991. "Aluviones que afectaron a la ciudad de Antofagasta, II Región, el día 18 de junio de 1991", Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minas, Informe inédito.
  - # HAUSER, A. 1993. Remociones en masa en Chile. *Servicio Nacional de Geología y Minería – Chile*. 75 p. Santiago de Chile.
  - # HAUSER, A. 1997. Los aluviones del 18 de junio de 1991 en Antofagasta: un análisis crítico, a 5 años del desastre. *Revista Servicio Nacional de Geología y Minería – Chile*. Boletín N° 49. 47 p.
  - # HOLMES, A (1966). "Geología Física". Editorial Omega. Barcelona, España
  - # I.N.E. 1982. Censo Nacional de Población y Vivienda. Santiago de Chile.
  - # I.N.E. 1992. Censo Nacional de Población y Vivienda. Santiago de Chile.
  - # I.N.E. 2002. Censo Nacional de Población y Vivienda. Santiago de Chile.
  - # IRIARTE, S. 2002. Proyecto Manejo sustentable del acuífero de Santiago: minuta de actividades hasta abril 2002. Servicio Nacional de Geología y Minería, 16 p. Santiago.

- # JACOBY, D. 2001. Vulnerabilidad del sector urbano de la Reina frente a desbordes de la Quebrada San Ramón. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile.
- # JAQUE, E, 1995. Los factores geográficos en los procesos de derrumbe y deslizamiento. Discusión bibliográfica. *Revista Geográfica Terras Australis* N°40. pág. 31 – 42.
- # KARZULOVIC, J. 1958. Sedimentos Cuaternarios y aguas subterráneas en la Cuenca de Santiago. Apartado del volumen 14 – 15 de los “Anales de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas”. Instituto de Geología. Universidad de Chile. Santiago de Chile.
- # KAUSEL, E. 1986. Proceso sísmico, parámetros focales y réplicas del sismo del 3 de marzo, 1985. Acero Comercial. Santiago de Chile. 12p.
- # LARRAÍN, P. 1992. "El sistema natural en la planificación urbana chilena", *Revista Geografía Norte Grande*, 19:58-68.
- # LARRAIN, P & SIMPSON – HOUSLEY, P. 1994. Percepción y prevención de catástrofes naturales en Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile. 140 p. Santiago de Chile.
- # LATORRE, P. 1986. Evaluación del impacto ambiental de las inundaciones en la comuna de San Bernardo. Tesis para optar al Título de Geógrafo. Escuela de Geografía. Universidad de Chile. 147p.
- # LEPOINTE E., (1984), Essai sur la réponse sociale á une catastrophe, la Soufrière de Guadeloupe en 1976, Doctorat es-Lettres, Université Paris X, 970 p.
- # LIRA, P. 1986. Diagnóstico de riesgo de erosión en la reserva Nacional río Clarillo. Memoria para optar al título de Geógrafo. Escuela de Geografía. Universidad de Chile. 77 p.
- # LLONA, M. 2000. Relación entre morfogénesis y pedogénesis en la cuenca del río Clarillo. Tesis para optar al Título de Geógrafo. Escuela de Geografía. Universidad de Chile. 84p.
- # MARDONES, M & VIDAL, C. 2001. La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación en la ciudad de Concepción. *Revista Eure* v.27 N°81. Santiago de Chile. 25p.
- # MARIANGEL, W. 1990. Aplicación al Pie de Monte de la comuna de La Reina, un parámetro primordial para la expansión Urbana: El Riesgo Físico. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*. N°32. Instituto Geográfico Militar. Santiago de Chile.

- ✚ McCraw, J. 1968. The Soil Pattern of some New Zealand Alluvial Fans, in: Transactions of the 9 th International Congress of Soli Science, 4, S. 631 – 640.
- ✚ Mc CULLAGH, P 1983. Modern Concepts in geomorphology. Oxford. Reino Unido. 128p.
- ✚ MÉNDEZ, M. 2004. Análisis y jerarquización de la vulnerabilidad al riesgo sísmico de la ciudad de Arica. Memoria para optar al Título de Geógrafo. Escuela de Geografía. Universidad de Chile. 110 p.
- ✚ MENÉNDEZ, P. 1991. Atenuaciones de las intensidades del sismo del 3 de marzo de 1985 en función de la distancia a la zona de ruptura y del tipo de se suelo. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Santiago de Chile.
- ✚ MIDEPLAN, 1997. Estudio Piedemonte y Cordillera Andina de Santiago: Etapa Diagnóstico”. Informe Técnico SGA limitada. Santiago de Chile.
- ✚ MINVU, 1993. Memoria Explicativa del Plan Regulador Metropolitano de Santiago. Departamento de Desarrollo Urbano e Infraestructura. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Santiago de Chile.
- ✚ MINVU, 1993. Ordenanza actualizada febrero 2005 del Plan Regulador Metropolitano de Santiago. Departamento de Desarrollo Urbano e Infraestructura. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Santiago de Chile.
- ✚ MORALES, S. 2002. Migraciones intraurbanas y nuevas periferias: impacto del ciclo de vida de la región Metropolitana de Santiago. Tesis para optar al titulo de Geógrafo. Universidad de Chile.
- ✚ MUNICIPALIDAD DE PUENTE ALTO, 2002. Plan Regulador Comunal de Puente Alto, memoria explicativa. Santiago de Chile.
- ✚ MUÑOZ, O. 1990. Quebrada de Macul: un factor de Desequilibrio Físico en la Comuna de la Florida. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*. N°32. Instituto Geográfico Militar. Santiago de Chile.
- ✚ NARANJO, J. Y J. VARELA (1996). "Flujos de detritos y barro que afectaron al sector oriente de Santiago el 3 de mayo de 1993", *Boletín del Servicio Nacional de Geología y Minas*, 47: 5-42.

- # ODEPLAN (1985). *Plan de reconstrucción sismo de marzo de 1985*, Santiago: Editorial Oficina de Planificación Nacional, Tomo I.
- # ORDOÑEZ, C & MARTÍNEZ – ALEGRIA, R. 2003. *Sistemas de Información Geográfica. Aplicaciones prácticas con Idrisi 32 al análisis de riesgos naturales y problemáticas medioambientales*. Editorial Ra – Ma. 226p. Madrid.
- # ORTIZ, J & P. SCHIAPPACASSE. 1997. *Las Migraciones intraurbanas y su impacto en la Diferenciación Socioespacial del Gran Santiago*. *Revista Geográfica de Chile, Terra Australis*, 42: 121 – 138, Santiago.
- # OTEÍZA, E. 2000. *Riesgos y Vulnerabilidad del Piedemonte Puentealtino: tres hipótesis de trabajo*. *Revista de Urbanismo N°2*. 11p. Santiago de Chile.
- # OTTMANN, L & TRICART, J. 1964. *Application de la cartographie géomorphologique détaillée a l'étude des versants*. *Zeitschrift für Geomorphologie. Separata*, Band 5. 16p
- # PASKOFF, R. 1970. *Recherches geomorphologiques don le Chili semi –aride*. Bordeaux: Biscaye Freres. Francia
- # PEDRAZA, J. 1996. *Geomorfología: Principios, Métodos y Aplicaciones*. Editorial Rueda. 414 p. Madrid
- # PINO, F. 2001. “*Apuntes de Cátedra de Análisis de Datos*”. Escuela de Geografía: Universidad de Chile. Santiago de Chile.
- # PRIGOGINE, I. 1998. *El nacimiento del tiempo*. Tusquets Editores. Roma – Nápoles. Italia. 98p.
- # PUY, A. 1995. *Percepción social de los riesgos*. Editorial MAPFRE. 382 p. Madrid.
- # QUINTANA, A. 1996. *Provincia Cordillera, Historia (1874 – 1996)*. Impresos la Nación S.A. 150 p.
- # QUINTANILLA, V. 2003. *Apuntes de Cátedra de Biogeografía*. Escuela de Geografía: Universidad de Chile. Santiago de Chile.
- # RACHOCKI, A & CHURCH, M. 1990. *Alluvial fans: a field approach*. Wiley Chichester. 161p.
- # RAULD, R. 2002. *Análisis morfoestructural del frente cordillerano Santiago Oriente entre el río Mapocho y la quebrada de Macul Memoria para optar al título de Geólogo*.

Universidad de Chile. 57 p.

- ✚ RIBAS, ANNA; ROSET, DOLORS Y MONTSERRAT PUJADAS (1995). "Planeamiento urbanístico y zonificación de espacios inundables. Una aplicación a la ciudad de Girona", *Ciudad y Territorio*, III, 106: 841-859.
- ✚ ROMERO, C. 1993. Teoría de la Decisión Multicriterio: conceptos, técnicas y aplicaciones. Editorial Alianza. Primera Edición. 193 p. Madrid. España.
- ✚ ROMERO, H & VINAGRE, J. 1985. Topoclimatología de la cuenca del río Mapocho. *Informaciones geográficas* N°32. Pág: 3 –30. Santiago de Chile.
- ✚ ROMERO, H & ORDENES, F. 2002. Pérdida de servicios ambientales y crecimiento de la ciudad de Santiago: criterios para la evaluación ambiental estratégica. Texto de ponencia presentada en el VII Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra, 21-25 de octubre de 2002 (distribuida en cd). Santiago de Chile.
- ✚ SAATY, T. 1997. Toma de decisiones para líderes: El proceso analítico jerárquico en la toma de decisiones en un mundo complejo. Traducción de M. Escudey, E. Martínez y L. Vargas. RWS publications, Pittsburg.
- ✚ SARAGONI, R.; SAEZ, A.; HOLMBERG, A. 1993. Análisis de los acelerogramas del sismo de marzo de 1985. *In Ingeniería Sísmica, el caso del sismo del 3 de marzo de 1985.* Instituto de Ingenieros de Chile. Ediciones Pedagógicas Chilenas S.A., Ediciones Dolmen (ex Hachette), pp. 103 – 117.
- ✚ SARRICOLEA, P. 2004. Niveles de vulnerabilidad amenazas naturales en una ciudad intermedia y sus áreas de expansión: el caso de La Serena, IV Región de Coquimbo. Memoria para optar al Título de Geógrafo. Escuela de Geografía. Universidad de Chile. 110 p.
- ✚ SCHIAPPACASSE, P. 1998. Diferenciación del espacio social intraurbano en el Gran Santiago. Un análisis a nivel distrital. Tesis para optar al grado de Magíster. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile. 153 p.
- ✚ SCHIMIDT – TOMÉ, P, 1996. Korrelation von Reliefformen und der Vergesellschaftung von Bodentypen im südlichen Teil des Längstal von Santiago de Chile. Rheinischen Frierich – Wilhelms Universiäi. Bonn. 76p
- ✚ SCHUMM, S. 1977. The Fluvial System. New York. 338 p.
- ✚ SERNAGEOMIN, 2002. Mapa Geológico de Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica, No. 75, 1 mapa en 3 hojas, escala 1:1.000.000.

- # SPUHR, S. 1979. Un estudio de los factores de amplificación sísmica de los suelos. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. 133p.
- # STRAHLER, A. 1977. Geografía Física. Editorial Omega. Barcelona. España.
- # THIELE, R. 1980. Carta geológica de Chile, hoja Santiago, RM. Instituto de Investigaciones Geológicas de Chile, N°39.
- # URIBE, S. 2001. Estudio de los efectos del sismo del 3 de Marzo de 1985 en la zona de Olmué, Limache, Villa Alemana y Quilpué. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. 232 p.
- # WATANABE, T & KARZULOVIC, J. 1960. Los movimientos sísmicos del mes de mayo en Chile. *Anales de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas*, 17: 43 – 87.
- # WEINBERG A., (1995), Philosophie de la perception. En: *Sciences Humaines* n 0 49, Abril 1995, p. 18-19
- # VALENZUELA, G. 1978. Suelos de Fundación del Gran Santiago. *Instituto de Investigaciones Geológicas de Chile*, N°33.
- # VON IGEL, B 2004. Zonificación de la respuesta sísmica para la Región Metropolitana de Santiago. Informe de Práctica. OTAS. Gobierno Regional de Santiago.
- # VOOGD, H. 1983. multicriteria Evaluation for urban and regional planning. Londres Pion. Primera edición. 355p.
- # YOKENS, C. 2001. Evolución espacial del patrón térmico superficial y su relación con las coberturas espaciales de uso de suelo y cobertura vegetal. Memoria para optar al Título de Geógrafo. Escuela de Geografía. Universidad de Chile.
- # YOUNG, A. 1972. Slopes. Editorial Longman. New York. 286p.





**Código BIP N°30003454 – 0**

**FORMULARIO ENCUESTA RIESGOS NATURALES EN EL  
PIEDMONT DE LA COMUNA DE PUENTE ALTO**

**INVESTIGADOR: MAX EDUARDO ELMES ANGULO**

**IDENTIDAD Y CARACTERISTICAS DE LA PERSONA ENCUESTADA**

Nombre del encuestado :

Domicilio :  urbano  rural

1. - Sexo : Masculino  Femenino

2. - Edad:  
a) 10 – 19                      b) 20 – 29                      c) 30 – 49                      d) 50 – 64                      e) Más de 65

3. - ¿Cuál es su grado de Escolaridad?:  
a) Sin escolaridad              b) Básica                      c) Media                      d) Superior                      e) Técnica

4. - ¿Cuál es su ingreso, su sueldo?  
a) Menos de 120              b) 120 – 220                      c) 220 – 400                      d) 400 – 600                      e) más de 600

Observaciones :

**CARACTERIZACION DE LA VIVIENDA**

5. - Tipo de Propiedad  
a) Casa                      b) Departamento Edificio              c) Mejora                      d) Rancho                      e) Vivienda Colectiva

6. - Material de Construcción:  
a) Hormigón              b) ladrillo                      c) madera                      d) Adobe                      e) otros

7. - Estado de conservación:              a) Bueno                      b) Regular                      c) Deteriorado

¿Cuál es la información que usted necesito para comprar su vivienda?:

Observaciones :

**LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN DE RIESGOS NATURALES:**

8.- ¿Usted ha recibido información de Riesgos Naturales, como movimientos en masa (deslizamientos, aluviones y otros), inundaciones por cauce y aguas lluvias, y finalmente los de sismicidad (temblores, terremotos)?

- a) Si                      b) No

9.-¿Entonces, desde que medio de comunicación ha recibido información?

- a) Diarios                      b) Radio                      c) T.V                      d) Volantes                      e) Afiches  
f) Reuniones Vecinales                      g) Internet

10.- ¿Desde que Institución ha recibido información?

- a) Establecimiento Educativo                      b) Municipalidad de Puente Alto                      c) Ministerio  
d) ONEMI                      e) Organismo No Gubernamental

Cuál de estos organismos le inspira más confianza para darle información sobre riesgos naturales

\_\_\_\_\_

11.- ¿Sabe usted si sus hijos reciben información de riesgos naturales?

- a) Si                      b) No

12.- ¿Usted ha recibido información de cómo actuar en un caso de movimiento en masa, inundaciones y sismicidad?

- a) Si                      b) No

Cuál (es) de estos? \_\_\_\_\_

13.- ¿Le gustaría recibir información sobre este tema o saber más sobre estos riesgos naturales?.

- a) Si                      b) No

Qué propone usted (tema): \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

14.-¿Sí un movimiento en masa, inundación y sismo, tendría usted las mismas reacciones que durante 1993 y 1985?

- a) Si                      b) No                      c) No se                      d) No lo viví

Cuales fueron sus reacciones o serían? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

15.-¿ La accesibilidad ha servicios de urgencia es?:

- a) Bueno                      b) Malo

16.- ¿Por que razón piensa usted que los?:

Movimientos en masa ocurren: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Inundación ocurre: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Sismicidad ocurre: \_\_\_\_\_

---

---

17.- ¿Cuándo ocurrió el Terremoto de 1985 y las inundaciones y movimientos en masa en 1993 hubo?:

- a) Heridos Si \_\_\_ No \_\_\_ b) damnificados Si \_\_\_ No \_\_\_  
c) Casas dañadas Si \_\_\_ No \_\_\_ d) No sabe e) No recuerda

Observaciones

### PERCEPCION

18.- ¿Usted cree que su vivienda y sus alrededores esta situado en un lugar de riesgos naturales?

- a) Si b) No c) No sabe

19.- ¿Cual de estos fenómenos naturales es el mas riesgoso?

- a) Movimientos en masa b) Inundaciones c) Sísmicidad

20.- ¿Le preocupa estar amenazada por alguno de estos fenómenos naturales?

- a) Si b) No

21.- ¿Usted habla con su familia y vecinos sobre la posibilidad que ocurra alguno de estos fenómenos?

- a) Si b) No

y, con que frecuencia? \_\_\_\_\_

22.- ¿Cuales son las ventajas de vivir en este sector?

- a) Económico (recurso productivo)  
b) Ecológico  
c) Espirituales (belleza, paz, alegría...)

Observaciones

**LAS ACTITUD Y LAS MEDIDAS EN CASO DE EXPOSICIÓN A LOS RIESGOS NATURALES.**

23.-¿Qué haría usted para protegerse durante un movimiento en masa, inundación o sismo?

---

24.- ¿Usted podría dar una solución a los problemas causados por estos fenómenos?

- a) Si                      b) No                      c) No sabe

Observaciones

**PREVENCIÓN.**

25.- ¿Piensa Usted que se haría algo donde vive para proteger a la población contra los riesgos naturales?

- a) Si                      b) No                      c) No sabe

26.- ¿Imagínese la opinión de 3 de sus vecinos. Con cual vecino estaría de acuerdo y porque?

- a) El primero dice: Quiero quedarme en este lugar tratando de mejorar el entorno donde vivo, para que no sea tan peligroso por producto de fenómenos naturales.
- b) El segundo dice: Quiero quedarme en este lugar, sin hacer nada.
- c) El tercero dice: Quiero quedar reubicado.

¿Por qué usted esta de acuerdo con este vecino? \_\_\_\_\_

---

¿Por qué no esta de acuerdo con los 2 otros vecinos? \_\_\_\_\_

---

27.- ¿Usted desearía ser reubicado?

- a) Si                      b) No

Porque: \_\_\_\_\_

---

Observaciones

28.- Opinión del Encuestador:

Al principio de la encuesta la persona fue:

- a) Hostil
- b) Colaboradora
- c) Muy Colaboradora

Al final de la encuesta la persona fue:

- a) Hostil
- b) Colaboradora
- c) Muy Colaboradora

**FICHA DE TERRENO N°1**  
**MORFOLOGIA DE VERTIENTES Y PROCESOS DE MOVIMIENTOS EN MASA**

<b>FECHA DE EJECUCION</b>
<b>HORA DE SALIDA</b>
<b>HORA DE LLEGADA</b>
<b>ÁREA</b>
<b>OBJETIVOS</b>

IDENTIDAD DEL SITIO	
LINEAMIENTO DE LAS CUMBRES	
PENDIENTE	
AZIMUT	
ALTITUD	
EXPOSICION	
GRADO DE ESTABILIDAD	
ROCA PARENTAL	
SUELOS	
METEORIZACION	
MATERIAL	
VEGETACION	
ESTRUCTURA CONCORDANTE	
ESTRUCTURA MONOCLINAL	
TENDENCIA EROSIVA	
GRADO DE DESGASTE DE LAS DIVISORIAS	
ELEMENTO	
SIMPLE	
COMPUESTA	

SECUENCIA	
DIACLASAMIENTO	
SOLIFLUXION	
REPTACION	
FLUJO DETRITOS	
FLUJO TIERRA	
FLUJO BARRO	
CAIDA O DESPRENDIMIENTO	
DESPLOME	
DESLIZAMIENTO ROTACIONAL	
DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL	
ESCURRIMIENTO CONCENTRADO	
ESCURRIMIENTO DIFUSO	
GLACIS COLUVIAL	
TEXTURA DEL MATERIAL	
CONTENIDO DE AGUA	
CONTENIDO DE HIELO	

**FICHA DE TERRENO N°2**

PUNTO DE MUESTREO Y SECTOR			DISTANCIA AL APICE	
			FECHA DE TERRENO	
CANTOS	EJE A	EJE B	ESPESOR C	RADIO MENOR R
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				

36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				
48				
49				
50				
51				
52				
53				
54				
55				
56				
57				
58				
59				
60				
61				
62				
63				
64				
65				
66				
67				
68				
69				
70				
71				
72				
73				
74				

75				
76				
77				
78				
79				
80				
81				
82				
83				
84				
85				
86				
87				
88				
89				
90				
91				
92				
93				
94				
95				
96				
97				
98				
99				
100				

**FICHA DE TERRENO N°3: RELEVAMIENTO  
FITOGEOGRÁFICO**

Antecedentes básicos

<b>1- N° relevamiento</b> <span style="float: right;"><b>superficie (m2)</b></span> <b>2. Fecha</b> <b>3. Nombre del lugar</b> <b>4. Altura</b> <b>5. Orientación</b> <b>6. Exposición de ladera</b>							
<b>7. Características del suelo</b> <b>a) Erosionado</b> <span style="float: right;"><b>c) Desnudo</b></span> <b>b) Pedregoso</b> <span style="float: right;"><b>d) Otro caso</b></span>							
<b>8. Características de la vegetación</b> <b>a) Alterado por fuego</b> <b>b) Extracción de leña</b> <b>c) Tránsito de animales</b> <b>d) sin intervención</b> <b>e) Tipo de agrupación</b> <b>f) Otro caso</b>							
lista de especies	abundancia (n° de individuos)	cobertura (%)	sociabilidad	vitalidad	fisionomia	E Vertical	E horizontal

Escala de abundancia	Escala de cobertura	Escala de Sociabilidad
<p>r= para la especie rara  1=para la especie simplemente presente  2=para la especie poco abundante  3=para la especie abundante  4=para la especie muy abundante  5=para la especie dominante</p>	<p>r=individuos raros o únicos con pequeña cobertura  (+)=pocos individuos y pequeña cobertura  1=menos 5% superficie  2= 5 - 25% superficie  3= 25 - 50% superficie  4=50 - 75% superficie  5=75 - 100% superficie</p>	<p>1= cada individuo crece aislado  2= crecimiento en grupos o matas  3= crecimiento en manchas o cojines  4= crecimiento en colonias  5= crecimiento en grandes colonias o generalmente puras</p>
<p><b>Estructura Vertical</b>  25=árboles altos=Aa  10=árboles medios=Am  8=árboles bajos=Ab  2.5=matorral alto=Ma  1=matorral medio=Mm  (-1)=matorral bajos Mb</p> <p><i>BRAUN BLANQUET 1928 Y 1932</i>  <i>DANSERAU, 1999</i></p>	<p><b>Estructura horizontal</b>  Cuando los diferentes individuos tienen contactos unos con otros = vegetación densa  Cuando existe espacio entre los individuos = vegetación semidensa</p> <p><b>Vitalidad</b>  Muy débil, no llega a fructificar=1  Débil=2  Normal=3  Excepcionalmente vigoroso=4</p>	

**ESTACIÓN LA OBRA DEL MAIPO  
(1930 - 1967)**

<b>Años</b>	<b>Precipitaciones en Mm.</b>
1930	918
1931	810
1932	719
1933	700
1934	852
1935	445
1936	755
1937	589
1938	360
1939	400
1940	507
1941	1283
1942	587
1943	428
1944	949
1945	377.4
1946	293.1
1947	473.6
1948	791
1949	499.6
1950	655.5
1951	597.9
1952	618.4
1953	1243.6
1954	522.4
1955	454.0
1956	487.0
1957	552.5
1958	619.5
1959	680.0
1960	410.6
1961	677.0
1962	495.1
1963	1039.7
1964	310.1
1965	807.7
1966	0.0
1967	363.1

**ESTACION PIRQUE  
(1971 – 2003)**

<b>Año</b>	<b>Precipitación en Mm.</b>
1971	0
1972	339.9
1973	230
1974	425.8
1975	253
1976	317.6
1977	564.7
1978	674.2
1979	377.6
1980	565.7
1981	147.9
1982	789
1983	482.2
1984	606.9
1985	236.3
1986	480
1987	904.7
1988	193.4
1989	463.1
1990	250.1
1991	611.4
1992	410.3
1993	429.8
1994	409
1995	303.5
1996	225.3
1997	926
1998	131.6
1999	463.3
2000	687.7
2001	443.3
2002	726.7
2003	336.3