

## CARACTERISTICAS GENERALES DEL SISTEMA NATURAL

Localizada en el Nor-Oriente de la ciudad de Santiago, Lo Barnechea se extiende sobre una superficie aproximada de 1.044,3 Km<sup>2</sup>, cifra que representa cerca del 50% del área total de la Provincia de Santiago. Un aspecto muy relevante para el desarrollo futuro de la comuna, es su emplazamiento en el sector de pie de monte de la Cordillera de Los Andes. La cota más baja corresponde a los 800 m.s.n.m. de altitud, encontrándose ésta en la intersección del Estero Las Hualtatas y del Río Mapocho (sector puente nuevo) Solamente el 4% de la superficie comunal (41,52 km<sup>2</sup>) se encuentra bajo la cota de los 1.000 m., considerada en términos generales como el límite natural de la expansión urbana. La superficie urbanizada, definida como el área cubierta por una red formal de calles representa sólo el 1,7% (17,75 km<sup>2</sup>) de la superficie comunal, mientras que el área denominada de expansión urbana o urbanizable el 2,4% (25,06 km<sup>2</sup>) de la superficie total. Los 1.002,78 km<sup>2</sup> restantes (96% de la superficie comunal) corresponden a áreas protegidas.

## EL CLIMA

Desde el punto de vista climático, en términos generales el territorio de Lo Barnechea participa del clima mediterráneo semiárido que afecta a la región metropolitana. Caracterizado fundamentalmente por la presencia de una estación seca prolongada y una estación invernal que concentra las lluvias anuales, las que en la parte central de la cuenca alcanzan a unos 360 mm. En efecto, alrededor del 75% de las lluvias que caen en este sector del valle central ocurren entre los meses de mayo y agosto. La temperatura media anual en la estación meteorológica de Quinta Normal (520 m.s.n.m.) es de aproximadamente 14°C, mientras que los promedios máximos y mínimos fluctúan alrededor de los 22°C y 7°C en enero y julio respectivamente.

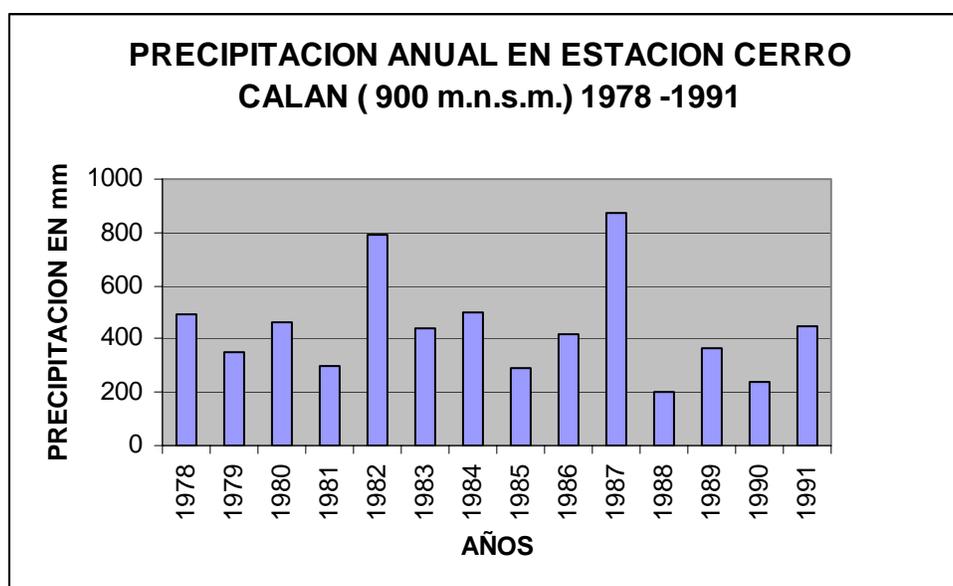
Sin embargo, los patrones climáticos generales descritos para el sector central de la cuenca de Santiago presentan variaciones muy importantes en las áreas de pie de monte debido, entre otras variables, al factor altitud. Se estima que en este tipo de ambiente montañoso las precipitaciones aumentan en unos 22 mm cada 100 metros de incremento altitudinal, mientras que las temperaturas disminuyen en 0,5 °C cada 100 metros. Aplicando este criterio, el pueblo de Barnechea, localizado a una altitud aproximada de 850 m.s.n.m., recibe en un año "normal" 65 mm más de precipitaciones que la comuna de Santiago.

Por otra parte, en el caso del extenso territorio ocupado por la comuna de lo Barnechea es muy importante tener presente que las estadísticas meteorológicas mencionadas corresponden a niveles promedio para periodos aproximados de 50 años. En consecuencia, estos datos meteorológicos "esconden" el comportamiento errático de las precipitaciones en este tipo de clima. Las variaciones en las precipitaciones anuales se encuentran reflejadas en el gráfico 1, donde se muestra la cantidad de lluvia registrada en la estación Cerro Calán, entre 1978 y 1991. es posible observar que durante el periodo

indicado, sólo en un lapso de 13 años, los niveles anuales de precipitación fluctúan entre 190,5 mm en 1988 y 869,1 mm en 1987.

En términos de distribución anual de las precipitaciones, no es extraño encontrar casos en que cerca de 1/3 o más de las precipitaciones anuales consideradas para un año "normal" ocurren en sólo 3 días, como sucedió en 1982, 1984 y 1987. como es sabido, las inundaciones ocurridas en los años señalados tuvieron un impacto lamentable (pérdidas de vidas humanas, interrupción de actividades, daños a la infraestructura y equipamiento) en las comunas del sector oriente de Santiago y muy especialmente en Lo Barnechea debido al elevado número de familias que reside en el lecho del Río Mapocho (poblaciones las lomas 1 y 2, Quinchamalí y San Antonio).

GRAFICO 1



Una información complementaria al gráfico sobre precipitaciones corresponde a los caudales medios mensuales y valores extremos del sistema hídrico. Al respecto, los cuadros 1 y 2 muestran los registros para las estaciones del estero Yerba Loca (antes de junta San Francisco) y del Estero Arrayán (en la montosa), emplazadas a 1300 y 880 m.s.n.m., respectivamente. En ambos casos es posible observar el elevado promedio anual alcanzado durante los años 1986 y 1987 (5.26 y 2.08 m<sup>3</sup>/seg.) en Yerba Loca y 4.07 y 4.13 m<sup>3</sup>/seg. en El Arrayán) periodo asociado a desbordes del Río Mapocho.

Al respecto, un evento natural que debiera ser motivo de reflexión para la planificación futura de la comuna, especialmente en lo que respecta a la elaboración del nuevo plan regulador, corresponde a las inundaciones de 1982. entre el 21 de junio y el 1 de julio de ese año, la incursión de frentes de mal tiempo asociados a altas temperaturas provocó un ascenso del límite inferior de las nieves, desde unos 2.000 m.s.n.m. a 2.400 m.s.n.m., generando un considerable incremento en los volúmenes de escurrimiento hídrico y de sedimentos, lo cual facilitó la saturación y posterior desborde de los sistemas naturales

## ESTUDIO DE RIESGOS COMUNA DE LO BARNECHEA

y artificiales de evacuación de aguas. La repetición de un evento similar en las condiciones actuales de ocupación y de expansión urbana que muestra Lo Barnechea, podría provocar situaciones aún más catastróficas, debido al alto grado de intervención y modificación de que ha sido objeto el sistema natural

### CUADRO 1

<b>LO BARNECHEA: CAUDALES MEDIOS MENSUALES Y VALORES EXTREMOS (M<sup>3</sup>/SEG).</b>													
<b>EN ESTACION ESTERO YERVA LOCA ANTES JUNTA SAN FRANCISCO</b>													
<b>AÑO</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>J</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>PROM. ANUAL</b>
<b>1986</b>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	2.04	8.48	<b>5.26</b>
<b>1987</b>	3.28	2.45	1.78	0.70	0.34	0.34	1.12	1.45	1.08	2.05	5.08	5.34	<b>2.08</b>
<b>1988</b>	5.37	2.70	1.41	0.72	0.33	0.29	0.26	0.28	0.30	0.41	0.98	1.46	<b>1.21</b>
<b>1989</b>	1.98	1.57	0.64	*	*	*	*	*	*	*	*	*	<b>1.4</b>
<b>PROM.</b>	<b>3.54</b>	<b>2.24</b>	<b>1.28</b>	<b>0.71</b>	<b>0.34</b>	<b>0.31</b>	<b>0.69</b>	<b>0.86</b>	<b>0.69</b>	<b>1.23</b>	<b>2.70</b>	<b>5.09</b>	<b>2.49</b>
<b>D.E.</b>	1.40	0.48	0.48	0.01	0.01	0.03	0.43	0.59	0.39	0.82	1.74	2.87	<b>1.63</b>

LATITUD: 33° 21"; LONGITUD 70° 22"; ALTITUD: 1300 m.n.s.m.  
 (\*) Sin información  
 FUENTE: Ministerio de Obras Publicas, Dirección General de Aguas, Departamento de Hidrologia

### CUADRO 2

<b>LO BARNECHEA: CAUDALES MEDIOS MENSUALES Y VALORES EXTREMOS (M<sup>3</sup>/SEG).</b>													
<b>EN ESTACION ESTERO ARRAYAN EN LA MONTOSA. 1986 - 1989</b>													
<b>AÑO</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>J</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>PROM. ANUAL</b>
<b>1986</b>	0.56	0.46	0.43	0.44	0.54	7.40	21.90	3.71	1.46	2.72	4.33	4.95	<b>4.07</b>
<b>1987</b>	1.68	0.91	1.20	0.90	0.99	2.18	8.07	6.38	3.69	4.69	9.34	9.59	<b>4.13</b>
<b>1988</b>	5.72	2.84	1.93	1.57	1.40	1.21	1.13	1.18	1.00	1.24	1.32	0.91	<b>1.79</b>
<b>1989</b>	0.70	0.63	0.51	0.64	0.75	0.65	0.63	1.71	1.69	2.36	3.68	1.96	<b>1.33</b>
<b>1990</b>	1.04	0.91	0.68	0.67	0.57	0.52	0.52	0.48	0.80	1.20	1.22	0.72	<b>0.77</b>
<b>1991</b>	0.49	0.42	0.40	0.43	1.10	1.13	2.81	1.58	2.98	2.56	*	*	<b>1.39</b>
<b>PROM.</b>	<b>1.70</b>	<b>1.01</b>	<b>0.86</b>	<b>0.77</b>	<b>0.89</b>	<b>2.18</b>	<b>5.84</b>	<b>2.51</b>	<b>1.94</b>	<b>2.46</b>	<b>3.98</b>	<b>3.63</b>	<b>2.25</b>
<b>D.E.</b>	1.84	0.84	0.55	0.39	0.31	2.39	7.63	1.99	1.05	1.16	2.95	3.34	<b>1.35</b>

LATITUD: 33° 21"; LONGITUD 70° 29"; ALTITUD: 800 m.n.s.m.  
 FUENTE: Ministerio de Obras Publicas, Dirección General de Aguas, Departamento de Hidrologia

### EL RELIEVE Y LA GEOMORFOLOGÍA

Desde el punto de vista topográfico, el territorio de Lo Barnechea puede ser dividido en cuatro unidades principales de relieve: la cuenca del Río Mapocho; el valle de la dehesa; la cordillera de los andes; el cordón montañoso de los cerros manquehue, el peñón, los maitenes.

La cuenca del Río Mapocho presenta dos sectores diferentes: uno comprendido entre el extremo oriente del cerro Alvarado y san Enrique, caracterizado por su escasa profundidad y amplitud (2 kilómetros de largo y un ancho promedio de 200 metros), y el otro correspondiente a los cajones del arrayán y del Mapocho, los cuales constituyen cuencas más profundas con pendientes crecientes a partir de la cota 1.000.

Por otra parte, el valle de la Dehesa emplazado en la cuenca del Estero Las Hualtatas, constituye una planicie de aproximadamente 3.600 hectáreas situada a unos 850 m.s.n.m., que se extiende a los pies de los cerros Alvarado, Manquehue, el guindo, las águilas, la bandera, loma larga, loma los organillos, cerro alto Galindo, alto el durazno y el cerro dieciocho. La planicie presenta una pendiente norte-sur cercana al 3% interrumpida por elevaciones de cierta importancia como son el Cerro del Medio (1.011 m.s.n.m.) y el Cerro del Zorro (977 m.s.n.m.)

La tercera unidad de relieve corresponde a la cordillera de los andes, extendida sobre la cota 1.000 y donde las elevaciones máximas alcanzan los 5.000 m.s.n.m. esta unidad se encuentra cruzada por tres sistemas principales de quebradas, que dan origen a las cuencas de los esteros de las hualtatas y arrayán, y al río mapocho.

El cordón conformado por los cerros manquehue, peñón y los maitenes constituyen la cuarta unidad de relieve. Se trata de cadenas montañosas cuyas altitudes alcanzan los 1.100 msnm. Poseen pendientes relativamente suaves en sus cumbres y pendientes fuertes en las laderas que desembocan en el valle.

Geomorfológicamente, el territorio de Lo Barnechea puede ser dividido en tres unidades litológicas principales, cuyos límites se definen en términos estructurales y altitudinales: plano bajo sedimentario, plano medio de rocas estratificadas, plano alto de rocas intrusivas. La presencia y disposición de estas unidades reflejan el proceso de hundimiento que ha dado origen al valle central o depresión intermedia. Un análisis más detallado de las características geomorfológicas del territorio se realiza en la sección "el sistema natural y las condiciones de habitabilidad".

### LOS SUELOS DE FUNDACION

La topología de suelos de fundación que se encuentran en la comuna de Lo Barnechea es muy variada. A la escala de toda la comuna, dominan los suelos con mayor o menor aporte de rocas volcánicas. En la zona cordillerana, a las estructuras en bancos se unen, por acción erosiva y destructiva del clima, cubiertas de suelos rocosos, con un leve

manto de detritos volcánicos gruesos, los cuales se van engrosando hacia los sectores bajos del relieve.

El carácter cordillerano de la comuna implica una gran proporción de regosuelos, cercana al 80% un 15% de suelos detríticos finos fuertemente arcillosos y aproximadamente un 5% de suelos aluviales y coluviales.

Los regosuelos conforman un piso duro, con roca sana a un metro de profundidad, roca alterada en espesor de 70 a 80 cm. y 20 cm. Superficiales de manto coluvial pedregoso.

Prácticamente todos los cerros de la comuna participan de este tipo de estructura litológica. En aquellas áreas donde dominan intrusivos de tipo granítico, diorítico o granodiorítico, el manto residual es más espeso con dominio de arcillas, limos y maicillo de cuarzos y cuarcitas.

Los suelos detríticos finos fuertemente arcillosos, dominan los planos inclinados bajos y pequeñas lomas, en la zona de la dehesa, borde oriental del Cerro Manquehue, Cerro Dieciocho y confluencia de los ríos San Francisco y Estero Yerba Loca. Son suelos de mala calidad por su baja resistencia, por su estructura en planos de disyunción (esto último facilita la circulación de aguas lluvias en la parte intersticial del cuerpo del suelo) y finalmente, por heterometría granulométrica con arenas de diferente grosor. Estas variables los convierte en suelos peligrosos, donde la construcción de viviendas requiere de fuertes inversiones en barreras de contención, construcción de terrazas o rebajamiento del perfil gravitacional.

Los suelos aluviales y coluviales están constituidos por ripios, gravas y gravillas, envueltas en arenas medias y finas, con algo de arcilla y limo; en algunos casos hay ceniza volcánica del tipo "pumicita". También se encuentra esta ceniza en los suelos detríticos finos. Estos suelos de fundación están asociados a deslizamientos de materiales post glaciales y pueden ser identificados como "corrientes de barro" o "lahares frios".

Respecto de los suelos aluviales, éstos se presentan en dos épocas; una más antigua, vinculadas a los sedimentos post glaciales antes indicados y otra, más reciente, ligada a los acarreo modernos de ríos, arroyos y esteros locales. Es muy probable que estos sedimentos detríticos aluviales estén relacionados con la remoción de antiguos depósitos abandonados por ventisqueros locales en la última fase del avance de los hielos que habrían descendido hasta los 1.000 m. aproximadamente, en dirección a la cuenca de Santiago.

La situación es muy clara en corral quemado, aguas arriba de la ermita, donde potentes acumulaciones detríticas asfixian el valle del río Mapocho; lateralmente a dichos depósitos hay evidencias de acumulaciones traídas por los hielos desde la parte más alta de farellones y valle Nevado.

En la zona de la dehesa, hay un subsuelo rico en detritos gruesos antiguos, por encima de los cuales hay detritos más recientes, causados por las incursiones que el río

mapocho ha realizado al interior de esta rinconada, en los últimos miles de años. En la confluencia misma del Estero de Las Hualtatas con el río Mapocho, cubiertas de arenas gruesas sepultan tanto los detritos antiguos como los más modernos.

El anexo I incluye los resultados arrojados por a un análisis de los suelos de fundación de sectores específicos de la comuna de lo barnechea. Dicho análisis consideró exámenes en terreno y laboratorio.

### **EL SISTEMA NATURAL Y LAS CONDICIONES DE HABITABILIDAD**

Como se indicara con anterioridad, la comuna de lo barnechea se encuentra emplazada sobre la cota 800 m., situación que debido a su condición de comuna en franca expansión debiera ser considerada rigurosamente por los planificadores urbanos y autoridades responsables de su desarrollo. En efecto, las restricciones que presenta la comuna para la expansión urbana no sólo se encuentran vinculadas a la presencia del río mapocho y a la existencia de numerosas quebradas, sino que también a condiciones climáticas, topográficas, geomorfológicas y edáficas muy diferentes a las encontradas en otras comunas del gran Santiago.

La situación es may clara en corral quemado, aguas arriba de la ermita, donde potentes acumulaciones detríticas asfixian el valle del río Mapocho; lateralmente a dichos depósitos hay evidencias de acumulaciones traídas por los hielos desde la parte más alta de Farellones y Valle Nevado

En la zona de la dehesa, hay un subsuelo rico en detritos gruesos antiguos, por encima de los cuales hay detritos más recientes, causados por las incursiones que el río mapocho ha realizado al interior de esta rinconada, en los últimos miles de años. En la confluencia misma del estero de las hualtatas con el río mapocho, cubiertas de arenas gruesas sepultan tanto los detritos antiguos como los más modernos..

### **EL SISTEMA NATURAL Y LAS CONDICIONES DE HABITABILIDAD**

Como se indicara con anterioridad, la comuna de Lo Barnechea se encuentra emplazada sobre la cota 800 m., situación que debido a su condición de comuna en franca expansión debiera ser considerada rigurosamente por los planificadores urbanos y autoridades responsables de su desarrollo. En efecto, las restricciones que presenta la comuna para la expansión urbana no sólo se encuentran vinculadas a la presencia del río mapocho y a la existencia de numerosas quebradas, sino que también a condiciones climáticas, topográficas, geomorfológicas y edáficas muy diferentes a las encontradas en otras comunas del gran Santiago.

### **CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LO BARNECHEA**

El crecimiento y expansión experimentada por la ciudad de Santiago en las últimas décadas, ha incidido fuertemente en el incremento de los niveles de contaminación

atmosférica que presenta la comuna de Lo Barnechea. Los factores naturales y humanos que explican el fenómeno aludido son complejos y de carácter sistémico.

Entre los factores naturales deben señalarse el relieve, vientos, humedad e inversión térmica.

Respecto al relieve, éste debería ser considerado el factor natural más importante, ya que, por la disposición geométrica y altura de los cordones de cerros que conforman la cuenca de Santiago, los vientos que logran llegar a esta depresión no tienen sino escasa desaparición en altura.

Otro rol importante en la explicación del fenómeno le cabe a la inversión térmica, que controla durante la estación fría invernal el almacenamiento de gases contaminantes en el nivel de la troposfera inferior, entre los 0 y 1.500 m s.n.m.. Como se dice en términos criollos, es "la tapa de la cacerola". La causa, originada en la corriente de Humboldt y las masas frías y húmedas que alcanzan hasta el piso precordillerano, no es solo atributo de Santiago, sino que abarca gran parte del territorio nacional. El fenómeno se ve agravado por la presencia de aproximadamente cinco millones de personas "al interior de la cacerola".

En relación a los vientos, éstos llegan a la ciudad de Santiago provenientes del suroeste, entrando por el valle inferior del río Maipú; En invierno dichos vientos llegan cargados de humedad atrayendo al interior de la cuenca masas de aire frío pesado. Este aire circula girando desde el SO hacia el NE, es decir, precisamente hacia los relieves encerrados por el Cerro Manquehue, Cordillera de Los Españoles y altas cumbres que cierran la cuenca del Mapocho por el N y Este. La morfología local de la comuna facilita un efecto de barrera que detiene y precipita en el lugar, la carga de contaminantes que lleva esta masa de aire en suspensión.

Los procesos antrópicos son conocidos y tienen que ver con un proceso educativo, dirigido a la población y tendiente a mitigar el efecto de los factores naturales, los cuales no son controlables por la tecnología actual. ni el relieve, ni el viento, ni la inversión térmica pueden ser evitados en la estación invernal, pero si la conducta de la población.

Evidentemente en la situación global de la ciudad de Santiago hay un fracaso educacional y con ello de la planificación urbana. Una ciudad que nunca debió haber crecido hacia sitios vulnerables, desde varios puntos de vista.

Para la comuna de Lo Barnechea, la situación es mala en cuanto calidad del aire en la estación invernal; a los factores naturales ya enunciados, debe agregarse que su posición geográfica de tipo precordillerano, la hace sensible al intercambio de masas de aire en el juego valle-montaña. Es precisamente en la noche, cuando el aire frío está más pesado, que se produce un descenso del mismo hacia los sectores bajos de la comuna, elevándose sólo en las horas tardías de la mañana cuando el relieve recalentado por los rayos del sol, crea un centro de baja presión que estimula a esta masa de aire a ascender. este proceso se repite diariamente durante toda la temporada invernal

De este modo, resumiendo el problema, la ciudad de Santiago en sus comunas centrales y meridionales genera la masa de contaminantes, siendo las comunas de Lo Barnechea, Las Condes, Vitacura y La Reina sus áreas receptoras más importantes.

De acuerdo con datos proporcionados por el servicio de salud del ambiente y a la elaboración de dichos datos realizada en el instituto de geografía de la universidad católica los contaminantes que llegan a la comuna son el monóxido de carbono (c), dióxido de nitrógeno (no), dióxido de azufre (so), hidrocarburos (hc) en la forma de compuestos orgánicos volátiles y partículas en suspensión (pts)

El monóxido de carbono (co) es un gas inodoro, incoloro y orgánico y proviene en alto porcentaje de la combustión incompleta de combustibles fósiles. Santiago emite 19,4% proveniente de fuentes fijas y 80,6% de fuentes móviles. Este gas afecta sensiblemente la salud de la población, ya que impide que la hemoglobina se combine con el oxígeno, lo que implica; una deficiente oxidación de las células provocando una disminución en la llegada de sangre a corazón, dolores de cabeza, vértigo, náuseas e incluso, la muerte.

el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) es un gas inorgánico y secundario que se origina por la oxidación de no (óxido nítrico) la fuente principal es la combustión de carburantes a alta temperatura. causa en los seres humanos, irritación de las mucosas y teóricamente, enfermedades pulmonares o agrava lesiones crónicas bronco pulmonares.

el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), es un gas soluble, incoloro y primario, de tipo orgánico, constituido principalmente por carbón e hidrógeno. Su emisión corresponde a 86,6% de fuentes fijas y 13,4% de fuentes móviles. Es un gas venenoso e irritante que afecta las vías respiratorias e interfiere en los mecanismos naturales de la inmunidad. Su peligrosidad aumenta en presencia de materias particuladas, ya que entra en proceso de absorción con aquellas.

Este gas se produce por la combustión de carbón o petróleo no refinado como así también de cobre, emitido por plantas de refinación de dicho metal.

Los hidrocarburos (Hc) son gases de tipo orgánico, resultantes de la combustión de productos fósiles. Produce irritación a la vista y son la fuente de sustancias cancerígenas y mutagénicas.

Las partículas en suspensión (Pts) se encuentran en la atmósfera en estado líquido o gaseoso como componente natural; su tamaño es sub. microscópico, superior en todo caso a dimensiones moleculares (2 a y 5,μ de diámetro) en la norma de las Pts entran polvos, humo, nieblas y aerosoles, los cuales afectan la salud humana en distintos niveles, según su tamaño y potencial tóxico. A este respecto, el tamaño afecta la inhalación y respiración provocando enfisema, bronquitis e irritación a la vista, entre otras.

Estos gases se originan en movimientos del aire agitado por tracción vehicular y procesos industriales vinculados a pulverización de sólidos y líquidos. El potencial tóxico

está agravado por la incorporación de partículas de plomo, las que, al ser inhaladas, producen intoxicación en el aparato digestivo y riñones.

No contando la comuna de Lo Barnechea con una serie histórica de datos sobre niveles de contaminación atmosférica, se considera válido utilizar como referencia la información general estimada para la zona oriente de Santiago, de acuerdo a la circulación de los vientos y a la posición precordillerana de estas comunas. En este sentido, la característica de esta zona oriente es poseer una mayor cantidad comparativa de emisiones de hidrocarburos (77,8 toneladas/año); el CO (30 toneladas/año); el contaminante menor corresponde a los Pts con 2,4 toneladas/año. No se observan emisiones de NO.

Un cuidado especial merece la contaminación por CO (monóxido de carbono), debido a que en los meses invernales este gas tiene concentraciones que superan la norma chilena de 100 mgr/m<sup>3</sup>. En este último caso, los niveles de contaminación atmosférica no sólo se ven aumentados por el uso de chimeneas sino que también por el carácter de "terminal de buses". que posee en la actualidad esta localidad. El mayor "aporte" de la locomoción colectiva a la contaminación de la atmósfera local es fácilmente perceptible durante los meses de invierno en las horas punta de tráfico, esto es entre las 7:00 y 9:00 a.m. y entre las 17:30 y 20:00, fenómeno que es exacerbado por las bajas temperaturas reinantes y la ausencia de vientos que permitan la dispersión de los contaminantes.

### LA GEOMORFOLOGIA V EL RELIEVE COMO CONDICIONANTES DE LA OCUPACIÓN

La comuna de Lo Barnechea se extiende sobre una superficie estimada de 1.044,3 Km<sup>2</sup>, y ocupa la totalidad de la cuenca superior del río Mapocho. Este río, dispuesto en eje esteoeste, tiene sus tributarios en posición n-s lo cual caracteriza un ordenamiento del relieve distinto al de otras comunas del gran Santiago. Así están los tributarios como Las Hualtatas, arrayán, san francisco, yerba loca y cepo; mientras que los tributarios de Potrerillos, Covarrubias, Recauguenes, El Risco y Tinajas poseen escurrimientos en dirección S-N (figura 1)

Esta disposición del relieve y de los sistemas de drenaje determina una fuerte oposición de laderas del tipo barlovento-sotavento en las escalas mayores de detalle: al contrario, en las escalas menores de tipo general la oposición es entre solana y umbría.

Las consideraciones generales sobre el relieve y la disposición del drenaje natural producen cambiantes marcos de paisaje en espacios reducidos, lo que otorga una base interesante para la explotación turística del territorio.

El conjunto de la cuenca superior del río Mapocho es disimétrica, en cuanto a que los afluentes de mayor longitud y de cuencas más amplias se ubican al N de dicho río, en cambio, al S del río Mapocho, los afluentes son de breve desarrollo longitudinal, encerrados en cuencas menores, de escaso desarrollo superficial. Como consecuencia de ello, el río Mapocho escurre de este a oeste, por la sección central sur de su macro cuenca.

Un segundo aspecto general de esta comuna es la alta proporción de área cordillerana, en oposición a valles y cuencas planas que estimulan la implantación de un hábitat concentrado; con la sola excepción de la dehesa, en la sub. cuenca inferior del estero de Las Hualtatas, el resto del territorio está constituido por cordones montañosos que ascienden en escalones, cada vez a mayor altura, en dirección al este de la comuna.

Si se observa el valor de las cotas que enlazan las divisorias de aguas y que marcan el limite que encierra a la comuna de lo Barnechea, podrá notarse que, a partir del cerro Alvarado con 1.031 metros s.n.m. y siguiendo en dirección al norte y este, las alturas van aumentando paulatinamente a 1.650 m. en el Cerro Manquehue, El Chingolante con 1.820, Cerro Vizcachas con 2.898 m., el Cordón de los Españoles con alturas de 3.138 m., 3.686 en el portezuelo de los Ángeles; 3.905 en el cerro turquesa; 4.088 en el portezuelo la copa; 4.403 en el Observatorio El Infiernillo y 4.910 en el Cerro La Paloma. En la medida que el limite comunal toma dirección n-s se acentúan las mayores alturas, llegando éstas a valores del orden de 5.352; 5.218; 5.120; 5.370; 5.336 y 5.415; pero ya en las cabeceras del río el cepo descienden a 4.107 y 4.082 m.; al doblar la línea del limite comunal hacia el SO los valores de las alturas disminuyen a 3.841 m., 3.505, 2.975 y 2.703 m.; el limite s de la comuna desciende a cifras del orden de 2.446, aumentando levemente en la medida que se acerca al cerro las lagunas en el vértice SO del limite con 3.220 m.; el límite continúa hacia el n de este último punto en dirección al cerro de la provincia con 2.751 m. y desde ahí, en continuo descenso hacia el morro el naranjo con 1.808 m.; morro guayacán con 1.626 m. y en el extremo final de esta línea intercomunal con proximidad al río Mapocho en la comuna de Las Condes, con 1.202 m. y 1.009 m.s.n.m. (figura 2)

Por los valores anotados queda en evidencia que el carácter cordillerano de la comuna marca un notorio encierro respecto al espacio interior, haciendo difícil la accesibilidad de todos los sectores que podrían ser involucrados en el desarrollo económico comunal; esta accesibilidad es posible de lograr, pero al margen de los altos niveles de inversión requeridos, el relieve es causa de potenciales riesgos naturales por factores de vulnerabilidad inherentes a la variable orográfica.

El tercer aspecto físico fundamental de la comuna se refiere a los rasgos estructurales que se desprenden del análisis del relieve. En efecto, aunque ya ha sido señalado en algunos informes y cartas geológicas del área, este territorio está marcado por grandes e importantes líneas de falla tectónica. La información estructural aludida es importante, ya que estas líneas señalan zonas alledañas con rocas fragmentadas o muy debilitadas, constituyéndose en áreas de alimentación para futuros derrumbes o de material sólido arrastrado por las quebradas altas hacia los niveles de base fluviales. El ordenamiento del sistema de fallas se establece sobre la base de alineamientos principales y secundarios; los principales siguen una orientación N-S y los secundarios escurren en posición oblicua de se a no y de SO a NE. Las líneas principales están controlando el gran sistema hidrográfico constituido por los ríos afluentes principales del Mapocho, esto es, Hualtatas, Arrayán, San Francisco, Yerba Loca, Cepo, Covarrubias, etc. las líneas secundarias controlan quebradas y arroyos locales; sin embargo, son más importantes morfológicamente que los anteriores, ya que son los causantes de desplomes de tierras que

han ocasionado alteraciones profundas en el paisaje de la dehesa e influido en los cambios de lecho del río Mapocho (ver figura 1)

El río Mapocho sigue una línea de control tectónico, ensanchado en parte de su curso por la acción de glaciares cuaternarios. Sin embargo, la impronta glacial no es importante en la conformación final de los valles fluviales de esta comuna, no obstante que muchos autores erróneamente han atribuido a la morfología glacial una presencia casi decisiva en el modelado del paisaje. Mucho más evidente es la presencia de formaciones detríticas envueltas en corrientes de barro, lahares fríos y sistemas aluvionales vinculados a alteraciones meteorológicas súbitas. Todos los procesos geomorfológicos que han afectado en el pasado a esta comuna, como los presentes y los del futuro, están correlacionados por un factor común: la exposición de los grandes valles afluentes hacia el S, es decir en situación de umbría. La humedad en los procesos geomórficos, acentúa en los períodos fríos las acciones de solí fluxión periglacial con deslizamientos continuos y lentos de material. Esta situación que sería normal en Europa, no lo es en Chile por cuanto aquí interviene la tectónica y la sismicidad, perturbando estas acciones y provocando un cambio de flujos lentos a rápidos.

Desde el punto de vista del presente análisis, la importancia de los rasgos estructurales descritos, radica en que la correlación estructura-tiempo-proceso puede llevarse a una cartografía predictiva de riesgos, con el propósito de anticipar futuros desequilibrios ambientales. Entre estos desequilibrios ambientales debe considerarse la actividad erosiva y sedimentaria del río Mapocho, el cual, entre los años 1982 a 1987 causó estragos en la comuna de Las Condes, llegando sus consecuencias de competencia hidráulica hasta comunas tan alejadas como cerro navia y pudahuel.

Al poseer la comuna de Lo Barnechea autoridad administrativa sobre toda la cuenca superior de este río, le debiera caber la responsabilidad de resguardar el equilibrio natural con el objeto de mitigar los efectos que la tectónica, la sismicidad y la meteorología ocasionan en el comportamiento de los sistemas de drenaje natural. Entre los resguardos que cabe considerar para evitar o mitigar desastres como los indicados, destacan los siguientes: forestación en las áreas adyacentes a los lechos de los sistemas afluentes y del Mapocho mismo, en sitios previamente analizados con métodos hidrogeomorfológicos; evitar intervenciones de obras civiles destinadas a embalsar aguas o limitar la sección transversal de los sistemas afluentes; proteger las laderas, a fin de evitar la llegada al sistema de evacuación de aguas de carga sólida arrastrada por crecidas invernales; evitar que se instale redes de comunicación vial, telefónica, eléctrica u otras perturbe el equilibrio natural de las laderas (ejemplos: zona sur a preventivo marcial rivera, recientes obras en camino santa teresa de los andes en el sector la dehesa Lo Curro el establecimiento de normas específicas sobre la materia, hoy generalmente inexistentes u omitidas, tendrá efectos positivos en el futuro próximo. Debe anotarse que una autoridad centralizada sobre la cuenca superior del río Mapocho tendería a favorecer el comportamiento hidrológico del río hacia aguas abajo, beneficiando a las comunas emplazadas en el sector poniente de la unidad.

En relación con la tectónica y la sismicidad, eventos muy frecuentes en Chile, es importante considerar un sistema de vigilancia sobre el comportamiento del sistema hidrográfico de la cuenca superior del río Mapocho, después de un sismo importante. Un sistema que posee una jerarquía de drenaje submultiplicada, como es el caso de la comuna de lo Barnechea, crea condiciones favorables a represamientos que pueden disiparse, pasadas algunas horas, en avalanchas de barro y sólidos, hacia los sectores bajos de la cuenca. La mayor parte de los valles afluentes del Mapocho presentan espesos mantos detríticos en sus laderas y la mayor parte de taludes y conos coluviales aledaños a las orillas, están activos, en movimientos imperceptibles por procesos de reptación.

Así, los tres aspectos reseñados en esta introducción general, esto es, la relación relieve-drenaje, la condición cordillerana de la comuna y los rasgos estructurales, otorgan a esta comuna una vulnerabilidad potencial, en términos de riesgos naturales y el consiguiente peligro para las actividades humanas. En efecto, la activación de los procesos descritos compromete la seguridad de las personas, sus bienes materiales y el equipamiento e infraestructura pública emplazadas en Lo Barnechea y comunas vecinas.

El análisis realizado permite concluir que, el espacio indicado en la normativa como área de expansión urbana o urbanizable, hasta la cota 1.000 m.s.n.m., depende para su seguridad y estabilidad, de los controles que se ejerzan hacia los sectores cordilleranos, situados por encima de esta cota.

La planificación de la ocupación del territorio definido como área de expansión urbana requiere, en primer término, zonificar el relieve que caracteriza el sistema natural; en segundo término, establecer el funcionamiento de los procesos que caracterizan dicho sistema; en tercer término, localizar las zonas que desencadenan procesos que involucren riesgo para una futura planificación urbana o recreativa al interior de la comuna. Los riesgos que se prevén para esta comuna, de acuerdo a los tres aspectos ya señalados, se encuentran asociados al funcionamiento de los sistemas naturales fundamentales: nival, torrencial, de escurrimiento concentrado y de acumulación final.

El sistema natural nival se ha establecido espacialmente entre la cota 1.800 y las altas cumbres que delimitan la comuna. Dentro de este sistema natural operan en el invierno condiciones térmicas bajo cero grado de temperatura que inmovilizan las aguas de escorrentía en los lechos de quebradas y arroyos cordilleranos. Esta aparente inmovilidad del terreno no es tal, ya que la nieve se establece sobre rocas diaclasadas y en planos estructurales diversos, creando un tipo de escurrimiento difuso entre los niveles de estratificación que presentan los estratos volcánicos. Tal situación es particularmente riesgosa entre los Cerros Chingolante y Vizcachas de 1.820 y 2.898 m., respectivamente, situados en la divisoria límite N de la comuna, sobre la cuenca superior del estero Las Hualtatas; el riesgo deriva del hecho que este escurrimiento difuso afecta al segundo sistema natural ubicado entre la cota de 1.800 m. y la cota de 1.500 m., área que se caracteriza por su alta torrencialidad asociada a fuertes procesos gravitacionales. A este respecto, es necesario destacar que el conocimiento que se tiene de esta zona revela anteriores deslizamientos en masa que afectaron el modelado de paisaje de los valles de Las Hualtatas y Arrayán aunque hasta la fecha este fenómeno no ha sido motivo de exhaustivas

investigaciones, las formas que ahí quedaron materializando acumulaciones caóticas de materiales con topografía de cerros, lomas y depresiones, revela la magnitud de ese hecho acaecido en el post glacial. Como resultado de ese suceso, hay una zona situada por encima de los 1.500 m. muy inestable, que en la actualidad proporciona el material que caracteriza el arrastre sólido de los citados esteros. Cualquier acción interventora de este espacio, debe ser cuidadosamente analizada e investigada, ya que, por ejemplo, un plan de forestación puede inducir efectos contradictorios por el escurrimiento difuso que caracteriza dicho espacio geográfico.

Areas más pequeñas con similares caracteres morfogenéticos se ubican en las cabeceras del estero el Arrayán, en el curso medio del río San Francisco y en el curso medio del Estero de la Yerba loca.

Características detalladas de los suelos de fundación que identifican el material aportado desde el nivel de los 1.500 m. hacia la sección urbanizada de la dehesa, se encuentra en el Cerro Dieciocho. Al diaclasamiento de las rocas se une, en la parte superior, una acumulación detrítica constituida por ripios, gravas y gravillas alteradas, fundidas en una masa arcillosa y limosa infiltrada por aguas de régimen hipodérmico. Esta formación, que denominaremos "La Dehesa", adquiere plasticidad luego de un periodo de lluvias, cuando las temperaturas se mueven entre más cero grado y menos cero grado Celsius. Cualquier obra civil o construcción ejecutada sobre este tipo de material debería estar sujeta a características estructurales y de diseño específicas, dado que los procesos de reptación son concomitantes a la textura del suelo. Similares condiciones pueden ser observadas en el Cerro Calán, inmediatamente al S del río Mapocho, donde los desplazamientos de material han llegado en el pasado post glacial hasta el pie del Cerro Apoquindo.

Los antecedentes topoclimáticos más arriba indicados y con particular referencia al movimiento de la isoterma de 0°, tienen especial relevancia para calificar como zona de alto riesgo el territorio comprendido entre los 1.500 y la línea de cumbres, situada en las cabeceras del arroyo Las Hualtatas y Estero El Arrayán.

Una tercera zona corresponde a la zona de escurrimiento concentrado, que se sitúa entre las cotas 1.500 y 1.000. es zona de riesgo moderado y puede perfectamente disminuir tal condición si se la protege de intervención humana. Se trata de lechos bien constituidos con moderada tendencia a la meandrización. Esto último debido a que después del estiaje, las aguas lluvias tienden a circular entre los diques de arenas instalados en el centro o en orillas opuestas del lecho. Una oportuna declaración de zona protegida, de hasta 10 metros, a ambos lados de las orillas, mantendría en equilibrio el sistema de escurrimiento con geometría lineal y rectilínea. Cuidadosa inspección requiere el tendido de puentes sobre ríos y arroyos dentro de los niveles y cotas considerados, ya que estos sistemas que tienen fuerte pendiente son muy sensibles a generar represamientos y cambiar de lecho abruptamente. La protección vegetal debe hacerse con especies de tipo radicular abierto a fin de mantener la cohesión del suelo y evitar desprendimientos en paquetes por procesos de sufusión o cavitación, en las orillas.

En la medida que la comuna se hace más cordillerana, en dirección al este, desde el río San Francisco hasta el Cepo, pasando por el Yerba Loca, resulta imprescindible controlar las pequeñas quebradas que bajan a dichos ríos, desde las laderas vecinas. Una política de control del material sólido, que demore y gradúe la llegada de bloques y ripios a los lechos mayores, disminuirá la carga sólida del río Mapocho y con ello, el solevantamiento del nivel de base de este río aguas abajo de la cota 1.000; un sistema preventivo de crecidas invernales que, históricamente han afectado el sector de lo curro y lo castillo, aguas abajo de puente nuevo, sería efectivo si se implementan los controles arriba indicados.

Por otra parte, es muy importante vigilar las labores extractivas que se realizan en el lecho del río Mapocho en el sector bajo de esta comuna, debido a que las alteraciones que estas faenas producen en la micro topografía del escurrimiento afectan en los períodos de crecida de las aguas, las obras civiles ribereñas. No menos de 100 metros aguas arriba y abajo de los puentes, debe evitarse toda labor que, de algún modo, modifique esta micro topografía del lecho de escurrimiento. Estas modificaciones del nivel de base principal, modifican a su vez, el comportamiento de los sistemas afluentes (figura 3) en este sentido, la normativa aprobada en 1992 por el concejo de Lo Bamechea, respecto a la explotación de áridos en el lecho del río mapocho, constituye un avance importante, que debido a la inexistencia de información rigurosa y localizada respecto del problema, deberá ser evaluada de acuerdo al desarrollo de la mencionada actividad.

Según es posible observar se encuentran modificaciones en el nivel de base pueden presentarse en dos direcciones. Si el nivel de base principal, esto es, el río Mapocho, desciende su cota por extracción abusiva de materiales, los afluentes tienden a corregir su perfil de equilibrio erosionando activamente sus cursos superiores y medios, a fin de rellenar el desnivel ocasionado por las citadas faenas (situación B 1 ) Si por el contrario, el lecho se ha levantado por un acarreo invernal de gran cantidad de material sólido (situación B.2), los afluentes se encontrarán en su confluencia con el río Mapocho, con una barrera que provocará inundaciones aguas arriba de dicha confluencia.

En consecuencia, mantener el equilibrio de los sistemas de drenaje natural en la comuna, requiere de un programa amplio de planificación, que cubra no solo las cuencas hidrográficas comprometidas, sino también, los niveles de base de los cuales depende dicho equilibrio. En este sentido, la información proporcionada por el presente análisis debiera ser incorporada la implementación de la ordenanza sobre extracción de áridos actualmente vigente en la comuna.

La cuarta sección se ubica entre la cota 1.000 y el nivel de base en el río Mapocho; corresponde a la zona de sedimentación o acumulación de todos los materiales acarreados por ríos, arroyos, esteros y quebradas afluentes es una zona de riesgo moderado a mayor, pero no por factores naturales únicamente, sino que principalmente por intervención humana. Es el grado de intervención humana el que determina la intensidad del riesgo; en este sentido, la orientación vial de calles, caminos y avenidas, la disposición de los conjuntos habitacionales, la arborización en relación al tendido de cables, las aducciones de aguas lluvias, entre otros, son factores de acuerdo a las características estructurales y de

diseño de los proyectos respectivos, pueden agravar o minimizar, el impacto de los agentes naturales. Esta cuarta sección se inscribe al interior de la cota 1.000, siendo un área urbana que presenta una creciente actividad de intervención humana.

Considerando solamente los riesgos naturales de esta sección geomorfológica, la sedimentación es el proceso más activo en la zona. Por lo tanto, el riesgo natural consiste en la llegada a este sector de materiales, producto de avenidas invernales, derrumbes sísmicos localizados o deslizamientos de laderas por pérdida de equilibrio.

Riesgosa es la construcción en sectores donde dominan como suelos de fundación, corrientes de barro o acumulaciones de ripios desordenados con matriz de arcilla. En el caso de ciertos sectores del cerro dieciocho, se está en presencia de una situación de alta fragilidad, ya que a una roca basal en mal estado, sigue un horizonte superior de ripios poco consolidados con arenas muy alteradas y un lubricante limo-arcilloso. Esta estructura de suelo de fundación implica la presencia de planos de disyunción que se mueven gravitacionalmente debido al factor pendiente, aunque pueden detonarse repentinamente por fluctuaciones de la isoterma de 0°, con posterioridad a las lluvias prolongadas.

## ZONIFICACION DE RIESGOS

Como se indicara con anterioridad, las características y funcionamiento del sistema natural constituyen dos aspectos prácticamente omitidos por la planificación urbana chilena. En la práctica, una de las pocas excepciones corresponde al desarrollo de la construcción antisísmica, que se remonta a la dictación de la primera Ley General de Construcciones y Urbanismo, implementada a partir del terremoto que afectó a la ciudad de Talca en 1928.

Sin embargo, en el último tiempo se han implementado acciones importantes orientadas a corregir la falencia descrita. Una de estas acciones corresponde a la promulgación en 1985 de la política nacional de desarrollo urbano, que junto con reivindicar en rol del estado en la planificación de las ciudades, reconoce al suelo como un recurso escaso. En la misma dirección, otro paso importante corresponde a la reciente puesta en marcha de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, vigente a partir del 16 de septiembre de 1992, la cual postula que los instrumentos de planificación territorial (planes reguladores) deben considerar la realización de estudios de riesgos naturales. Precisamente, la zonificación de riesgos que se presenta a continuación pretende cubrir lo solicitado por la nueva ordenanza y de esta forma contribuir a la formulación del plan regulador de Lo Barnechea, actualmente en elaboración.

### ZONIFICACIÓN A NIVEL COMUNAL

En la introducción a la presente sección, fueron identificados los diferentes niveles de riesgos que presenta la comuna. Estos niveles han sido zonificados de acuerdo al criterio topológico, basado en la identidad de determinadas cotas y curvas de nivel donde se detectan umbrales de procesos geomorfológicos característicos.

De este modo, se reconocen zonas de nivación, torrencialidad, escurrimiento concentrado y acumulación. Las cotas que establecen los umbrales críticos para delimitar cada una de estas zonas son respectivamente: 1.800; 1.500 y 1.000 m.s.n.m.

Una vez determinadas las zonas y los umbrales de altura indicados, se obtuvo, por medio del sistema de información geográfica, las superficies correspondientes a cada zona de riesgo, obteniéndose los valores que se indican en el cuadro 3. posteriormente se procedió a zonificar el territorio comunal en función de los principales sistemas morfogénicos existentes (figura 4)

CUADRO 3

LO BARNECHEA: ZONAS Y UMBRALES DE RIESGO POTENCIAL		
ZONA DE RIEGO POTENCIAL	AREA Km <sup>2</sup>	COTA
Nivación	773.5	sobre cota 1.800
Torrencialidad	92.8	entre cotas 1.800 - 1.500
Escurrimiento concentrado	134.9	entre cotas 1.500 - 1.000
Acumulación	43.1	bajo cota 1.000
FUENTE: Cálculo de los consultores a través del S.I.G.		

#### ZONIFICACIÓN EN CUENCA LAS HUALTATAS.

La cuenca del Estero Las Hualtatas constituye el área mas poblada de la comuna y a la vez concentra la mayor cantidad de superficie urbanizable. En efecto, de los 43,1 km<sup>2</sup> que posee la comuna bajo la cota 1.000 m.s.n.m., el 83.1% (35,8 km<sup>2</sup>) se ubican en esta cuenca. En consecuencia, se estimó relevante realizar un análisis de riesgos naturales más riguroso de esta área.

Según se observa en la figura 4, la microzona de Las Hualtatas se encuentra conformada por cuatro áreas bien delimitadas. La primera corresponde a una zona de nivación comprendida entre los 1.800 m.s.n.m. y la línea de cumbres establecida sobre los 2.400 y 2.800 m.s.n.m. en el cordón del Cerro Vizcachas (2.898 m.s.n.m.) La segunda es una zona de alta torrencialidad con fuertes procesos gravitacionales, situada por debajo de los 1.800 m.s.n.m., encerrando las cuencas de recepción de todos los sistemas de drenaje locales, incluidos los arroyos y quebradas. El límite inferior de esta zona se ubica aproximadamente en los 1.500 m.s.n.m. la tercera zona morfológica corresponde a un área de escurrimiento concentrado, comprendida entre las cotas 1.500 y 1.000. por último, la cuarta sección se ubica entre la cota 1.000 y el nivel de base local, esto es, el río Mapocho y el curso inferior de los arroyos Las Hualtatas y El Arrayán, correspondiendo a una zona de sedimentación y de acumulación de materiales llegados desde la parte alta del cordón del cerro las Vizcachas.

La zonificación propuesta se vincula a la historia geomorfológica del área de estudio. En efecto, toda la zona comprendida entre el Cerro del Medio y el Cerro Dieciocho fue afectada hacia el final de la edad última del hielo, por un gran desprendimiento de rocas envueltas por una masa de material fino. Esta masa de sedimentos generó la topografía que en forma de escalones sucesivos asciende desde el cerro dieciocho hasta el cerro las vizcachas. Así, en una línea no superior a los 15 Km habría un desnivel de mas de 2.000

m., considerando al río Mapocho situado aproximadamente en la cota de 800 m. y el cerro vizcachas en la cota de los 2.898 m. este desnivel origina una pendiente de dirección N-S estimada en mas de un 13%, inclinación suficiente para la ocurrencia de numerosas actividades de laderas asociadas a la búsqueda de equilibrio de sus materiales. En consecuencia, se concluye que la situación actual está marcada por un constante, aunque en muchos casos imperceptible movimiento de materiales.

Al proceso recién descrito debe agregarse la naturaleza del material que constituye el suelo de fundación local. Se identifica una roca basal en buen estado de conservación hasta la cota 900 a 950 m.s.n.m. sin embargo, sobre los 950 m., la roca está cubierta por un material muy alterado, compuesto de ripios y bloques angulosos y redondeados. Este material ha llegado a instalarse sobre la roca "in situ", a través de un gran desprendimiento ocurrido hacia el fin de la última edad glacial. Con el paso de los años, este gran derrumbe ha ido buscando su perfil de equilibrio mediante el mecanismo de pequeños y grandes asentamientos del suelo y subsuelo. Una conclusión preliminar importante en una comuna como Lo Barnechea, sujeta por una parte a una fuerte presión inmobiliaria y, por otra, a fuertes presiones sociales vinculadas al déficit habitacional que afecta a familias de escasos recursos, es que en este nivel de observación, todo lo construido o por construirse deberá considerar las características de estos suelos de fundación.

Los mecanismos geomorfológicos que funcionan actualmente en la zona pueden resumirse de la siguiente manera: la alta permeabilidad de los suelos de fundación por encima de la cota 840 m.s.n.m. concentra aguas de escurrimiento hipodérmico o subsuperficial en un material llamado "corriente de barro" (ver glosario de términos físicos) por encima de este material se ubican los sedimentos muy alterados de ripios angulosos y redondeados, apoyados en forma de bolsón por encima y en los costados de la roca basal. De este modo, los materiales del subsuelo más profundo en la cota indicada, actúan como lubricante, generando un movimiento generalizado de los suelos de fundación que conforman el Cerro Dieciocho.

Un simple recorrido por el sector permite observar un impacto natural que se agrava con las obras civiles que generan taludes de corte vertical en los cerros inmediatos, situación particularmente visible en el Cerro Dieciocho. Otro antecedente importante se refiere al fuerte diaclasamiento y agrietamiento que presenta la roca basal sobre los 950 m.s.n.m., lo que se traduce en un fuerte debilitamiento de los suelos de fundación.

Por otra parte, la presencia de alteraciones hidrotermales en los sedimentos finos, representa un agravante para la estabilidad de las laderas y de los suelos de fundación. Esta característica se encuentra en el Cerro Dieciocho y en varios lugares en los alrededores del Cerro del Medio, además de las elevaciones que penetran al interior de la cuenca del Estero Las Hualtatas.

En lo que respecta a la vertiente oriental del Cerro Manquehue, se observan tres quebradas relativamente importantes que bajan desde dicho cerro hasta la depresión de Las Hualtatas en el curso inferior de ésta. Dichas quebradas representan problemas debido a su alta torrencialidad, situación que al parecer no ha sido considerada debidamente ya que en

la desembocadura de estas quebradas existen construcciones en edificación casi consolidada, lo cual representa un riesgo futuro.

Otra área examinada corresponde al curso del estero del Medio, por el borde NO del cerro homónimo. Aquí se observan corrientes de barro de dimensiones pequeñas, las cuales se van acentuando hacia el interior, hasta llegar a una altura de aproximadamente 950 m.s.n.m. donde aparecen bloques en posición característica que identifican dicho proceso. En la actualidad, sobre esta superficie también se levantan construcciones recientes, cuyo grado de riesgo futuro habría que precisar.

El Cerro Manquehue presenta hacia el NE planos estructurales constituidos por lavas inclinadas en dicha dirección y que aparecen topográficamente como planos altos. El cerro del Medio, por su parte, en su ladera con exposición al NE, presenta materiales de rocas fragmentadas, sin "corrientes de barro", pero sí con abundantes coluvios, muy desagregados, que forman parte de los suelos locales de fundación.

En síntesis, el análisis preliminar realizado en el área de la cuenca de Las Hualtatas permite concluir que la zona presenta fuertes desequilibrios motivados por la actividad de la fachada montañosa situada hacia el N del área urbanizada de Lo Barnechea. Asimismo, se concluye que los suelos de fundación del sector requieren de un cuidadoso estudio granulométrico y petrográfico, que permita determinar la procedencia y estado de conservación del material. Finalmente, se observa que la zona situada hacia el poniente del Cerro del Medio se encuentra en mejor equilibrio que la zona del Cerro Dieciocho, aunque debe cuidarse la actividad de las quebradas que bajan desde el Cerro Manquehue hacia dicho sector.

Previo a la realización de una zonificación de riesgos naturales en la cuenca de las Hualtatas se procedió a establecer una zonificación de las principales unidades de relieve. se han considerado dentro de esta zonificación los siguientes tipos de modelado, de acuerdo a la geometría de las curvas de nivel y a la posición zonal que tienen estas unidades en la cuenca, cuyas superficies se encuentran representadas en cuadro 4:

**Ca** = cordones cordilleranos altos

**Cb** = cordones cordilleranos bajos

**Plia** = planos inclinados altos

**Plim** = planos inclinados medios

**Plib** = planos inclinados bajos

La zonificación en unidades de relieve incluida en la figura 5 indica que la cuenca del estero de las Hualtatas tiene un alto porcentaje de topografía alta (121,9 km<sup>2</sup>) en oposición a la zona baja, (19.9 km<sup>2</sup>) sin embargo, áreas de recreación en zonas protegidas pueden instalarse en los planos inclinados medios (Plim), los cuales cubren una superficie importante de esta cuenca (41,6760 km<sup>2</sup>) además, esta unidad tiene una buena respuesta topográfica para programas de reforestación; por la ubicación que tienen las cuatro zonas que comprende esta unidad, la implantación de vegetación constituirá una barrera física ante derrumbas o avenidas provenientes de las unidades geomórficas más altas.

## ESTUDIO DE RIESGOS COMUNA DE LO BARNECHEA

La figura 6 resume la zonificación de riesgos efectuada para la cuenca de la Hualtatas, información que se complementa con los valores arrojados por el análisis planimétrico, incluidos en el cuadro 5. Como se observa en la misma figura, y a diferencia del resto del territorio comunal, la cuenca de las Hualtatas muestra un área muy sensible a eventuales riesgos naturales de escurrimiento concentrado y en un grado menor, a riesgos por sedimentación.

En consecuencia, visto que la zona de escurrimiento concentrado se ubica en la unidad de relieve que hemos denominado planos inclinados medios, se hace recomendable la implantación de un plan de mitigación basado en la forestación de dicho relieve, como una forma de proteger la zona baja residencial de La Dehesa y sus vecindades.

La figura 7 sintetiza el objetivo final del presente análisis, cual es elaborar una carta de riesgos en función de las variables naturales más relevantes de la comuna de Lo Barnechea y en particular del sector de La Dehesa. El cuadro 6 resume las unidades naturales consideradas de acuerdo a los grados de vulnerabilidad, además de las superficies involucradas en cada unidad y la descripción de los riesgos correspondientes.

CUADRO 4

<b>LO BARNECHEA: SUPERFICIES DE UNIDADES MORFOLOGICAS EN LA CUENCA DE LAS HUALTATAS</b>		
<b>UNIDAD MORFOLOGICA</b>	<b>N° DE UNIDADES</b>	<b>SUPERFICIE (Km<sup>2</sup>)</b>
<b>Ca</b>	4	27.3
<b>Cb</b>	3	22.3
<b>Plia</b>	4	30.6
<b>Plim</b>	4	41.7
<b>Plib</b>	1	19.9
<b>Total</b>	16	141.9

FUENTE: Elaborado por los consultores a través del S.I.G.

CUADRO 5

### LO BARNECHEA: AREAS Y COTAS DE ZONAS DE RIESGO POTENCIAL

**ESTUDIO DE RIESGOS COMUNA DE LO BARNECHEA**

**EN LA CUENCA DE LAS HUALTATAS**

<b>ZONA DE RIESGO POTENCIAL</b>	<b>AREA</b>	<b>COTA</b>
<b>Nivación</b>	25.7	sobre cota 1.800
<b>Torrencialidad</b>	20.1	entre cotas 1.800 - 1.500
<b>Escurrimiento</b>	60.1	entre cotas 1.500 - 1.100
<b>Acumulación</b>	35.8	bajo cota 1.000

FUENTE: Elaborado por los consultores a través del S.I.G.

**CUADRO 6**

**LO BARNECHEA: SUPERFICIE DE LAS UNIDADES NATURALES DE LA CUENCA DE LAS HUALTATAS, SEGÚN GRADOS DE VULNERABILIDAD**

<b>UNIDAD</b>	<b>AREA (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>RA</b> RIESGO ALTO	56.6	El riesgo se refiere a desprendimientos de rocas y deslizamientos de barro con piedras que cubren las áreas más elevadas de este territorio.
<b>RM</b> RIESGO MEDIO	23.1	Es una zona de relieves medios que dan protección a las zonas más bajas porque se interponen en el camino de derrumbes y deslizamientos. Debe ser protegida manteniendo la cubierta vegetal natural, sin ningún tipo de intervención humana.
<b>RR</b> AREA DE RESTRICCIÓN EN ZONA DE EXPANSIÓN URBANA	3.2	Es la zona bajo los 1.000 m.n.s.m. que debe observar restricciones por mala calidad de los suelos y/o peligro de inundación.
<b>RT</b> AREA DE RESTRICCIÓN TEMPORAL EN ZONA URBANA	5.5	Es la zona periférica al casco antiguo, urbanizable con restricciones temporales, a la espera de crear y desarrollar un cinturón verde aguas arriba de la periferia urbana.
<b>Rm</b> AREA DE RIESGO MINIMO	11.8	Corresponde a la zona más densamente poblada en terrenos planos o ligeramente ondulados, con suelos de fundación estables.
<b>F</b> ZONA APTA PARA FORESTACION	41.5	Cubre gran parte del arco montañoso aguas arriba de la zona urbana.
<b>FUENTE:</b> Elaborado por los Consultores		

**ANEXO I**

**Resultados obtenidos en el examen de terreno y laboratorio sobre los suelos de fundación en la comuna de Lo Barnechea con especial énfasis en el área urbanizada y de expansión urbana. -**

**1.- Cerro Dieciocho con calle Quincho, a la altura de 850 m.**

En corte natural aparente de 3 metros sobre el nivel de la calle hay un conjunto de materiales desordenados, muy heterométrico, con mezclas de detritos redondeados y angulosos, siendo más dominantes en número estos últimos. Todo envuelto en una matriz fina, arenosa, con abundante gravilla,

Se observan restos de ceniza volcánica, del tipo pumicita, con núcleos arcillosos, pero todo envuelto en masa arenosa.

El material redondeado se presenta fuertemente alterado, al grado que los basaltos están prácticamente descompuestos hasta el núcleo; se trata de una formación muy antigua con transporte lejano, siendo su dirección de procedencia Norte.

El color de conjunto es rubio con tonalidades gris clara; presentando numerosas grietas verticales, testimonio de un periodo paleoclimático seco, posterior al abandono de estos sedimentos; las grietas llegan muy cerca de la superficie lo que permite datar al reciente esta sequedad ambiente; la capa superior es suelo orgánico, aunque pobre en dicha materia, de color negro y con un espesor no mayor a 5 cms.

Al interior del depósito se observan planos de disyunción, entrecruzados por grietas; los planos están rellenos con arcillas bastante puras, con algo proporcional de arenas y limos. Estos planos son el factor causante de los deslizamientos en este tipo de cerros o topografía en La Dehesa.

En las grietas hay abundante carbonato de calcio, el cual sufre los efectos de la circulación de aguas lluvias, favoreciendo desplazamientos oblicuos del depósito.

Por encima de planos y grietas hay depósitos de pumicita, con inclusiones de clastos angulosos provenientes de la Formación Farellones.

Planos y grietas son los factores de vulnerabilidad que afectan las construcciones del cerro Dieciocho.

En el análisis al boyuco, la muestra de sedimento tratada en el Laboratorio de Geomorfología Aplicada del Instituto de Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Chile, ha dado las siguientes proporciones de fino: 49.55%, de arenas; 21.75% de arcillas; 28.7% de limos.

También se analizó el material inserto en los planos de disyunción, dada la importancia aplicada que tiene, ya que es causa de los movimientos de reptación y en masa que caracterizan el cerro Dieciocho. La muestra tratada dio los siguientes valores de fino:

35.9% de arenas; 27.4% de arcillas y 36.7% de limos. es una muestra de gran plasticidad y peligrosa cuando las temperaturas invernales oscilan en torno del 0° c.

**2.- En la base del cerro del medio, altura 890 m. en esquina con calle Cerro Punta Damas.**

En la superficie una capa terrosa, endurecida con intersticios limosos pulverulentos; enterrados en la capa terrosa, abundantes clastos de tipo coluvial angulosos en espesor de un metro, hasta llegar a la roca basal fragmentada en gran parte. La cubierta del cerro es delgada, del orden de 10 a 15 cms. y sobre ella, se realizan activas construcciones particulares. La vulnerabilidad de este material es que, hay sectores del cerro en que los materiales rocosos tienen buzamiento hacia abajo; esta condición estructural es favorable a deslizamientos locales; además hay metamorfismo que presenta desagregación tectónica que es otro factor riesgoso a la construcción.

Finalmente, esta formación en proporción hasta un 90%, presenta abruptas pendientes hacia el SE y SW.

3.- El Cerro Manquehue a una altura de 890 m. fue examinado para detectar la consistencia de las rocas; se trata de intrusivos, cruzados por lavas basálticas y algunas traquitas. Es muy estable en la ladera que mira hacia La Dehesa, pero las pendientes topográficas son muy fuertes y habría que observar si ellas no son paralelas a buzamientos conforme la ladera.

4.- En el sector oriental del Cerro Manquehue, al costado de la Av. Los Trapenses, a una altura de 850 m. hay un depósito en corte de profundidad aparente de 1.5 metros. Se trata de un material transportado desde la parte más alta de La Dehesa, (ver mapa adjunto) color café, material ordenado, con horizonte superficial de 7 cms. y discordancia de sedimentación en la parte más profunda, con material de matriz arcillosa envolviendo cantos rodados pequeños, ripios, gravas y gravillas muy desordenadas en su disposición.

El material más pequeño está descompuesto por improntas climáticas, lo que evidencia que este material fue removido de anteriores depósitos situados a mayor altura. Probablemente se trataría de antiguos depósitos de glaciares o ventisqueros antiguos. La concomitancia de material redondeado con material anguloso en la parte más profunda del corte, nos indica que este depósito se ha desplazado a gran velocidad englobando a su paso material coluvial, aportado por las laderas de los cerros. El horizonte superior, correspondía a una superficie de erosión con un pavimento de tipo fluvial, correspondiente al antiguo lecho de escurrimiento del Estero de Las Hualtatas.

El análisis de boyuco dio los siguientes resultados: 30.6% de arenas; 49.4% de arcillas y 20% de limos. Se trata de un material de mala calidad para construcciones en pendientes superiores a 7 grados de inclinación.

## ANEXO II

### **Resultados de los índices de potencialidad y rugosidad en el territorio de las cuenca hidrográfica de la comuna de Lo Barnechea.**

El índice de potencialidad mide la energía de erosión y acumulación que puede alcanzar una cuenca hidrográfica. Este valor tiene importancia para detectar y prevenir represamientos en zonas de confluencia, avalanchas de material sólido con ocasión de

## ESTUDIO DE RIESGOS COMUNA DE LO BARNECHEA

lluvias fuertes prolongadas, localización a resguardo de inundaciones o sepultación por sedimentos de obras civiles, construcciones industriales y habitacionales.

Este índice se obtiene mediante una fórmula que considera como variables otros índices tales como: índice de densidad del drenaje, índice de frecuencia y jerarquía de los sistemas drenaje. Todo esto sumado y dividido por la superficie de la cuenca hidrográfica considerada.

Para ello se dividió la cuenca del río Mapocho en las sub cuencas que se indican en figura 5. además, para construir la base de datos pertinente, fue necesario hacer medición múltiples al interior de cada cuenca, extrayendo innumerables superficies sobre cotas, longitud del drenaje, número de arroyos y quebradas afluentes, entre otros.

De los valores incluidos en cuadro a II-1 se concluye que el Estero El Manzanito es sistema de drenaje que posee mayor potencialidad de arrastre y rápida respuesta a las crecidas las siguen en menor grado el estero de la Yerba Loca, el río Cepo y el Estero de las Hualtatas El valor obtenido por el sistema Molina-Mapocho es inocuo, ya que la potencialidad de es sistema no es válido por si, debido a que al colectar todos los sistemas afluentes y sumar estas potencialidades, el río Mapocho en su salida de la precordillera al valle de Santiago tiene u potencialidad comparable con la de grandes sistemas hidrográficos de Chile Central.

CUADRO II – 1

### LO BARNECHEA: INDICE DE POTENCIALIDAD POR CUENCAS

CUENCA	INDICE DE POTENCIALIDAD (P= D+F+J)
Las Hualtatas	0.0457
El Arrayán	0.0297
Río San Francisco	0.0440
Esteros Yerba Loca	0.0512
Río El Cepo	0.0484
Esteros El Manzanito	0.2107
Ríos Molina-Mapocho y tributarios del sector sur (Covarrubias, Recauquenes, entre otros)	0.0293
FUENTE: Elaborado por el equipo consultor	

El índice de Rugosidad determina los grados de accesibilidad que presenta un territorio; como su nombre lo indica, señala el grado de arrugamiento que tiene un relieve. Se calcula mediante una fórmula que se obtiene a partir de un banco de datos, ordenados y jerarquizados por el computador.

Los índices que se manejan son los siguientes:

IRb = Índice de rugosidad bajo

IRM= Índice de rugosidad medio

IRA= Índice de rugosidad alto

Siguiendo el método de tratamiento de la información por cuencas identificadas al interior de la comuna, se llega a los siguientes resultados contenidos en Cuadro A II- 2.

**CUADRO A II- 2**

**LO BARNECHEA: INDICE DE RUGOSIDAD POR CUENCAS**

NOMBRE DE LA CUENCA HIDROGRAFICA	INDICE	INTERVALOS
Estero Las Hualtatas	IRb	689.66-1034
	IRM	1034.5-2068
	IRA	2069-2885
Estero El Arrayán	Irb	934.3-1400
	IRM	1401-2802
	IRA	2803-3814
Río San Francisco	IRb	966.66-1449
	IRM	1450-2899
	IRA	2900-4474
Estero Yerba Loca	IRb	1228.8-1842
	IRM	1842.5-3684
	IRA	3685-5335
Río El Cepo	IRb	1021.66-1531
	IRM	1532-3064
	IRA	3065-5415
Estero El Manzanito	IRb	674.66-1011
	IRM	1012-2023
	IRA	2024-3607
FUENTE: Elaborado por el equipo consultor		

Finalmente, a partir de la base de datos contenida en el Cuadro A II-3, es posible concluir lo siguiente:

a.- La rugosidad del territorio va en aumento desde los sectores bajos hacia las líneas de cumbres, divisorias de la comuna.

b.- Algunas cuencas son parecidas en cuanto grado de rugosidad; es así que Las Hualtatas y el Manzanito son muy semejantes; igual situación se presenta entre el río San Francisco y el sistema Molina-Mapocho.

c.- El valor mas alto de rugosidad se ubica en el río cepo y el estero de la Yerba Loca. En consecuencia, habría que considerar a estos dos sistemas como los más peligrosos de la comuna, en cuanto que la rugosidad implica rupturas de pendiente en una relación directa, esto es, a mayor rugosidad mayor capacidad de arrastre sólido con una incisión más poderosa de los ríos y quebradas en la roca. Estas cuencas hidrográficas deberían estar bajo un sistema de protección muy estricto, ya que el desequilibrio que las afecta puede afectar a todo el sistema del río Mapocho e **IMPACTAR AGUAS ABAJO.**

## GLOSARIO

- Aluvial:** El material transportado o depositado por el agua corriente.
- Afluente:** Tributario, un curso de agua que desemboca en otro mayor.
- Altitud:** Es la altura de un lugar, tomando como base el nivel del mar.
- Anticiclón:** Area o espacio de máxima presión barométrica, en la que predomina buen tiempo.
- Barlovento:** Lado de donde sopla el viento con respecto a un lugar determinado.

- Basalto:** Roca volcánica, comúnmente negra o verdosa, de estructura prismática, muy dura.
- Cavitacion:** Proceso cuya evidencia física corresponde a un hundimiento del terreno, el cual se produce por un lavado del material fino por corrientes de aguas subterráneas.
- Clima:** Es el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan al estado medio de la atmósfera en un punto de la superficie terrestre durante un largo periodo de tiempo (30 años)
- Cono:** Forma transicional entre el cerro y el valle que se asemeja a un abanico en forma invertida.
- Cono Coluvial:** Cono conformado por material detrítico cuyo proceso de arrastre ha sido originado por la gravedad.
- Cono de Deyección:** Geofonma también denominada cono aluvial, que se refiere a aquellos conos en que los materiales detríticos han sido arrastrados a través de un curso fluvial.
- Cordón:** Encadenamiento de cerros.
- Corriente de Barro:** Proceso geomorfológico asociado a grandes desprendimientos de rocas envuelto por una masa de material fino.
- Cota:** Altura de un plano sobre el nivel del mar u otro punto de referencia.
- Cuenca:** Depresión.
- Desastre Natural:** Se define como la correlación entre fenómenos naturales peligrosos (como terremotos e inundaciones) y determinadas condiciones socioeconómicas y físicas vulnerables.
- Detríticos:** Restos de rocas fragmentadas.
- Diaclasa:** Hendiduras o grietas que presentan las rocas por acción de algún agente erosivo.
- Divisoria de Aguas:** Alturas que dividen aguas.
- Drenaje:** Esguerrimiento de aguas que estructuran una red hidrográfica.
- Edafología:** Ciencia que tiene por objeto el estudio del suelo.

- Emisario:** Afluente.
- Erosión:** Actividad removedora de un agente móvil sobre el fondo y las paredes de un lecho determinado. La intensidad y el efecto de la erosión dependen de la resistencia de las rocas atacadas y de la energía viva del agente erosivo; es decir, de su masa y su velocidad. Se distinguen erosión fluvial, glacial y eólica, entre otras.
- Esguerrimiento:** Desplazamiento de las aguas superficiales o de una napa subterránea.
- Estiaje:** Es la época de menor nivel de las aguas de un río.
- Estructura:** Es la disposición que adquieren los materiales (rocas) que constituyen la corteza terrestre. Implica también las características litológicas de la corteza (tipos de rocas existentes)
- Falla:** Son superficies de fracturas presentes en la corteza terrestre y con respecto a las cuales se han producido desplazamiento de bloques. El sentido del desplazamiento es paralelo a la superficie de la fractura.
- Fluvial:** Concepto referido a la acción de los ríos.
- Fluvioglacial:** Término relacionado con procesos mixtos, asociados a la acción glacial y fluvial.
- Geología:** Ciencia que estudia la estructura interna de la tierra.
- Geomorfología:** Rama de la fisiografía que se ocupa de los procesos y las formas exógenas o externas y el desarrollo del relieve terrestre.
- Glaciación:** Proceso de enfriamiento máximo de la atmósfera que origina el recubrimiento de partes de la superficie terrestre con hielo.
- Glacial:** Adjetivo relacionado con la acción del hielo o los glaciares.
- Glaciar:** Masa de hielo.
- Granito:** Roca de origen volcánico, también llamada piedra laja. Tiene un color claro y está formada por feldespato, cuarzo y mica.
- Granulometría:** Clases de diámetro de un material determinado.
- Gravas:** Fragmentación de rocas en tamaños de 3 a 6 cm.
- Isotermia:** Línea que une puntos de igual temperatura.

- Ladera:** Flanco de una montaña.
- Lahar:** Acumulación de barro, ceniza volcánica y bloques desprendidos de una montada, por fusión del hielo, debido a una erupción volcánica.
- Lecho:** Sección húmeda de un río.
- Manto Detrítico:** Capa de material detrítico que se encuentra sobre la roca madre.
- Meandro:** Forma de origen fluvial asociada a las corrientes de agua con carga gruesa (arenas, gravas) que van modelando y suavizando el trazado del lecho del un río, formando curvas y sinuosidades en su curso.
- Morfogénesis:** Generación de formas topográficas vinculadas con procesos de origen glacial, fluvial, eólico o gravitacional.
- Morrena:** Acumulación final de sedimentos arrastrados por un glaciar de montada.
- Orografía:** Estudio del relieve.
- Peligro Natural:** Se define como la probabilidad que se produzca en un periodo y lugar determinado, un fenómeno natural potencialmente dañino para el hombre y sus actividades.
- Periglacial:** Ambiente de formas y clima en las márgenes externas de un glaciar.
- Petrografía:** Parte o sección de la historia natural, dedicada al estudio de las rocas.
- Piedemont o Piedemonte:** Plano inclinado en zonas húmedas.
- Plano de Disyunción:** Zona en la cual existe una discordancia de los estratos componentes.
- Pluvial:** Término referido a la precipitación en forma líquida (lluvia)
- Posglacial:** Después de un periodo frío o glacial.
- Regosuelo:** Son suelos jóvenes formados a partir de materiales pétreos o detríticos in situ.
- Reptación:** Movimiento de una capa delgada de material (1 cm.), en presencia de agua, por acción de la fuerza de gravedad.
- Riesgo Natural:** Se define como un evento natural de carácter potencial, que está en

función de la magnitud de un peligro natural y de la vulnerabilidad de todos los elementos expuestos, en un momento determinado.

- Sedimentación:** Relleno de sedimentos acarreados por los ríos.
- Suelo Coluvial:** Son suelos formados a partir de materiales pétreos o detriticos transportados.
- Solevantamiento:** Energía interna capaz de levantar una porción de corteza terrestre.
- Solífluación:** . Movimiento de laderas conformadas por material arcilloso, que por acción del agua se empapan y luego por fuerza de gravedad se produce la migración del material.
- Subcuenca:** Cuenca incluida en una cuenca hidrográfica mayor o principal.
- Talud:** Plano fuertemente inclinado constituyendo forma transicional al pie de un cerro.
- Talweg:** Línea que une puntos de máxima profundidad en el lecho de un río o canal marino.
- Tectónica:** Estudio de los movimientos de la corteza terrestre. Son movimientos verticales y horizontales.
- Umbría:** Ladera de una valle en la cual da la sombra; es una ladera más húmeda.
- Vulnerabilidad:** Es la probabilidad que tiene un elemento estructural físico o socioeconómico de ser dañado o destruido a partir de un peligro natural.
- Valle Fluvial:** Es un valle de un río. Tiene perfil con forma de "v".
- Valle Glacial:** Valle que fue ocupado por un glaciar y que tiene un perfil típico con forma de "u".