



UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Geografía

**“Geomorfología y Paisaje: Aporte al Ordenamiento
Territorial del corredor occidental del Río Mapocho,
Comunas de Pudahuel y El Monte”**

Memoria para optar al título de Geógrafo

Profesor Guía: Francisco Ferrando
Alumno: Franco de Luca Navarro

Santiago, Noviembre 2010.

Agradecimientos

Muchas personas y seres queridos fueron los que me dieron su apoyo durante la realización del presente trabajo, esperando no dejar a alguno de lado, doy mis sinceros agradecimientos a las siguientes personas:

En primer lugar a mis padres, que siempre me alentaron y apoyaron en distintos sentidos, gracias por su apoyo.

A Francisco Ferrando, mi profesor guía, por toda la paciencia y conocimientos aportados, y darme la oportunidad de participar en el proyecto FONDECYT que permitió la realización de este documento.

A Gino Sandoval, Joselyn Arriagada por los conocimientos e información entregada que sirve en muchos aspectos como elementos base del presente estudio.

A Carolina Puga, Andrea Méndez, Cristóbal Leiva, Valentina Parga, y todos mis compañeros de la generación de ingreso 2004.

En especial a Isabella y Paulina, ambas me ayudan a enfrentar el día a día con ganas y felicidad.

Para ti bebe, Isabella.

Resumen:

La realización del presente estudio tiene como fin establecer las relaciones existentes entre los aspectos geomorfológicos en cuanto a procesos, origen y evolución de estos, en la zona del corredor occidental del río Mapocho, con el fin de vislumbrar los futuros usos de suelo que se pueden generar para aquel sector, esto debido a que ya existen por parte de los agentes planificadores, la determinación de transformar el área de estudio en futura zona de uso urbano. Por lo mismo, y debido a la falta de áreas verdes y los críticos periodos de contaminación ambiental que ocurren en Santiago, es que se ha pensado en el corredor fluvial como una futura zona ambiental, que permita generar cierta reducción y mitigación a estos problemas, priorizando la geomorfología y la relación de esta con el río, como el eje del presente análisis.

Capítulo	Índice	Páginas
1	Introducción	8
2	Planteamiento del Problema	9
3	Área de Estudio	13
4	Objetivos	17
5	Marco Teórico	18
6	Planteamiento Metodológico	32
7	Resultados	42
7.1	Unidades Geomorfológicas	43
7.2	Geomorfología y Medio Físico	52
7.2.1	Geología	52
7.2.2	Suelos	61
7.2.3	Procesos Hidrológicos	71
7.2.4	Precipitación y erosividad pluviométrica	79
7.2.5	La cobertura vegetal y su rol morfodinámico	81
7.2.6	Potencial Erosivo integrado	84
7.3	Calidad Paisajística e Impactos de la Intervención Humana	88
7.4	Integración de Criterios	101
8	Discusiones	114
9	Conclusiones	115
10	Bibliografía	116

Índice de tablas	Página
tabla N° 1	Clasificación de Movimientos en Masa 24
tabla N° 2	Comparación de rangos de pendiente y justificación geomorfológica 27
tabla N° 3	Rangos de puntaje total por erosividad pluviométrica 34
tabla N° 4	Erodabilidad de suelos según litología 34
tabla N° 5	Erosividad de la lluvia según la cobertura vegetacional 35
tabla N° 6	Erosividad según la pendiente 35
tabla N° 7	Erodabilidad según geología 36
tabla N° 8	Sumatoria Total de los parámetros de erosión 36
tabla N° 9	Parámetro Complejidad Topográfica y Relieve 37
tabla N° 10	Parámetro Desnivel según Altitud 38
tabla N° 11	Parámetro Vegetación y Usos 38
tabla N° 12	Parámetro Masas de Agua 38
tabla N° 13	Parámetro Acciones Humanas 38
tabla N° 14	Parámetro grado de accesibilidad 38
tabla N° 15	Parámetro Incidencia Visual 39
tabla N° 16	Pesos para cada parámetro 39
tabla N° 17	Ejemplo de llenado de tabla con parámetros, valores de calidad y fragilidad 40
tabla N° 18	Rangos de Calidad Paisajística 40
tabla N° 19	Geología del área de estudio 52
tabla N° 20	Erodabilidad según Formaciones Geológicas 56
tabla N° 21	Ordenes y las series de suelo que corresponden a estos 62
tabla N° 22	Series y características texturales y de drenaje 66
tabla N° 23	Erodabilidad de suelos según litología 70
tabla N° 24	Erosividad de la lluvia según la cobertura vegetacional 83
tabla N° 25	Rangos de pendientes en grados y superficie total 85
tabla N° 26	Parámetro Complejidad Topográfica y Relieve 88
tabla N° 27	Parámetro Desnivel según Altitud 89
tabla N° 28	Parámetro Vegetación y Usos 90
tabla N° 29	Parámetro Masas de Agua 90
tabla N° 30	Parámetro Acciones Humanas 90
tabla N° 31	Parámetro grado de accesibilidad 91
tabla N° 32	Parámetro Incidencia Visual 91
tabla N° 33	Matriz de Calidad Paisajística 93
tabla N° 34	Resumen de características de cada unidad geomorfológica subdividida 102

Índice de Mapas		Página
Mapa N° 1	Área de Estudio	10
Mapa N° 2	Límites y Topografía	14
Mapa N° 3	Unidades Geomorfológicas	51
Mapa N° 4	Geología Área de Estudio	57
Mapa N° 5	Movimienos en Masa	60
Mapa N° 6	Textura de Suelos	64
Mapa N° 7	Capacidad de Drenaje	69
Mapa N° 8	Riesgo de Inundación	74
Mapa N° 9	Isoyetas Área de Estudio	80
Mapa N° 10	Usos Vegetacional	82
Mapa N° 11	Pendientes	85
Mapa N° 12	Riesgo de Erosión	87
Mapa N° 13	Integración de Criterios	107
Mapa N° 14	Propuesta de Uso de Suelo	111
 Índice de Gráficos		 Página
Gráfico N° 1	Perfil topográfico de zona de El Monte	78

1- INTRODUCCIÓN

Muchas son las razones por las cuales las ciudades se sitúan o extienden en torno a ejes fluviales. Seguramente las necesidades de defensa y de abastecimiento del líquido elemento en un principio, y el medio ambiente urbano, el esparcimiento y el paisaje, entre otros aspectos, constituyen en la actualidad el motivo de ello.

Este cambio de rol y la percepción de los servicios ambientales han ido cambiando y cobrando mayor relevancia en función de la expansión urbana, del incremento de la población y del desarrollo tecnológico. En este escenario, el río Mapocho ha sido sometido a usos tales como: recreacional, industrial, minero, energético, suministrador de áridos, vial, ecológico, paisajístico, corredor de ventilación y otros (Castañeda et al, 1983)

Desde esa perspectiva es que resulta trascendental elaborar estudios que aporten a establecer la mejor opción de utilización de los territorios en torno a ejes fluviales intraurbanos, tanto actuales como potenciales, siendo el punto de vista geomorfológico y morfodinámico uno de los criterios para el establecimiento de usos adecuados, al permitir identificar zonas según sus aptitudes y definir actividades y usos del territorio de forma tal que puedan desarrollarse bajo condiciones que garanticen su resguardo, conservación y continuidad de explotación, acorde con las características de estos territorios, genética y evolutivamente conectados con los procesos fluviales y las formas derivadas de ellos.

Dada la tendencia de expansión de la ciudad de Santiago hacia el oeste y suroeste, en este estudio se analiza el aspecto geomorfológico y morfodinámico como componente que puede determinar condiciones, restricciones y facilidades para la extensión de la ciudad sobre ellos, en el contexto de un corredor fluvial que cumple funciones ecológico-ambientales que requieren ser preservadas por su relevancia a una escala mucho mayor que lo local o regional.

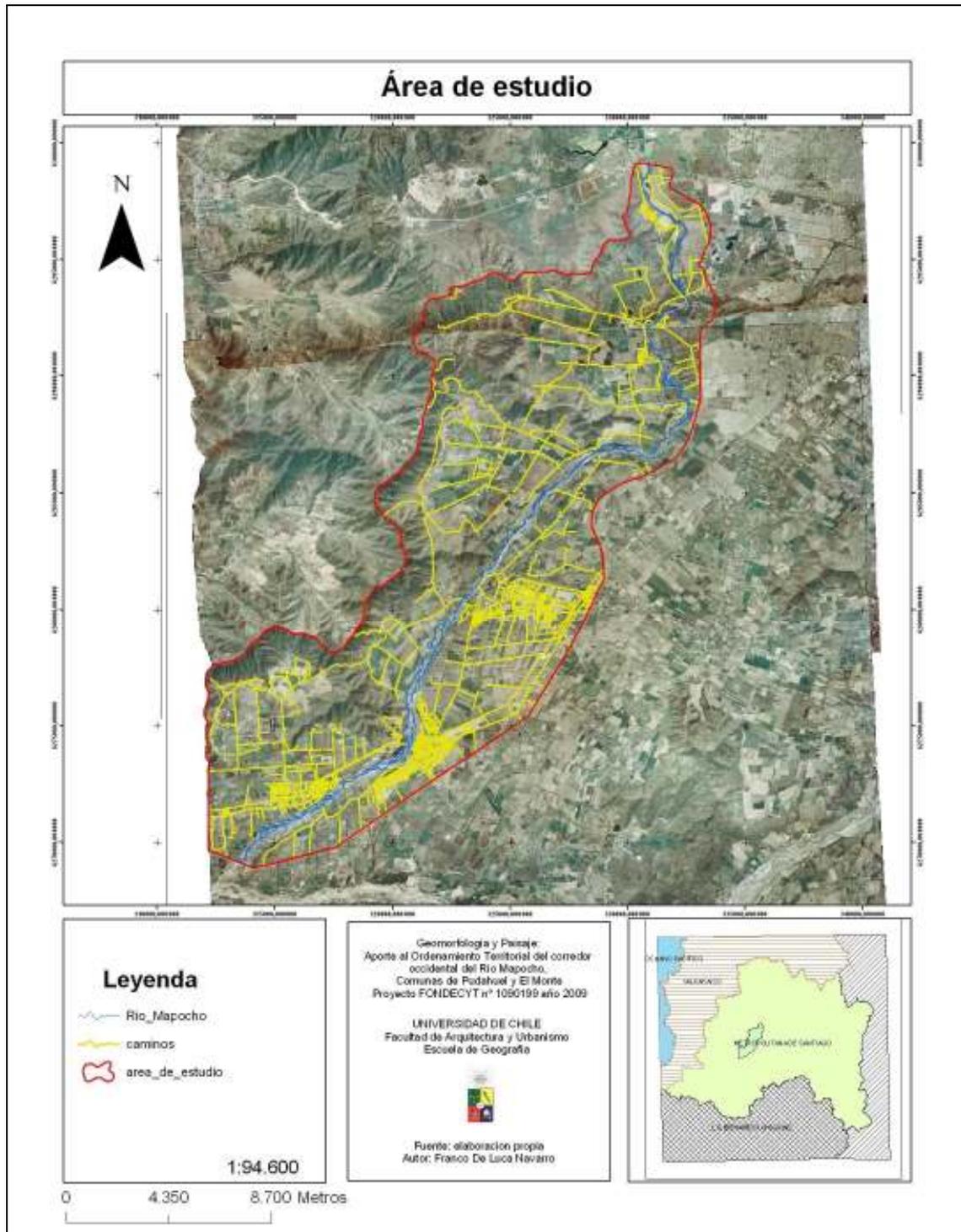
2- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

En el contexto de la evolución areal de la planta urbana de Santiago, y los cambios planteados en los PRIS y PRMS, se evidencia una tendencia a la utilización gradual de los terrenos aledaños al cauce del Río Mapocho entre Pudahuel y El Monte con este fin, poniendo en riesgo la función ecológico-ambiental del corredor fluvial.

En este sentido, uno de los principales motivos al momento de la elección del área de estudio es que los terrenos aledaños al Río Mapocho se visualizan como una futura área de expansión urbana, dentro de la cual ya existen zonas con este uso consolidado, y que corresponden por una parte, a la expansión de los límites de la ciudad de Santiago y, por otra, a las zonas urbanas de las comunas de Peñaflores y Talagante, así como también parte de los terrenos pertenecientes al Aeropuerto de Pudahuel. Otro fenómeno incipiente son las parcelaciones de agrado en áreas de uso agrícola. Sin embargo, aun la superficie dedicada a los cultivos agrícolas y frutícolas es la que posee mayor extensión, uso que se emplaza principalmente en las terrazas de ambas riberas del Río Mapocho (Mapa N° 1).

Existen, además, importantes sectores con vegetación de matorrales abiertos y matorrales arborescentes semidensos, con especies como el Litre (*Litrea caustica*), Quillay (*Quillaja saponaria*), Romerillo (*Fabiana imbricata*), ubicados en los sectores de umbría de los cordones de la Cordillera de la Costa. En el área de estudio se aprecian también Espinos (*Acacia caven*) y Tebos (*Treboia trinervis*) en las zonas de menores pendientes y mayor insolación.

Mapa N° 1:



En lo demográfico, según el último censo de población, el gran Santiago el año 2002 presentó una población de 5.428.590 habitantes, lo que la hace la ciudad con más habitantes del país, ya que contiene el 35,9% de la población (INE, 2002). Desde el punto de vista urbano, esto ha contribuido a forzar la expansión de los límites de la ciudad, la que cada día crece más hacia distintos sectores de la periferia, en detrimento de zonas de cultivos y zonas naturales de muy diferentes características.

Dentro de este proceso, en el área del corredor del río Mapocho inferior, desde la comuna de Pudahuel hasta El Monte (Región Metropolitana de Santiago), se aprecia un incipiente desarrollo urbano con presencia de parcelas de agrado, por ahora de escasa densidad, pero que posiblemente resulten en nuevas áreas urbanas. De hecho, el cambio de uso de suelo de agrícola a urbano ya ha sido establecido por el MINVU. Por lo mismo, es fundamental conocer las características naturales del corredor fluvial y los terrenos adyacentes para planificar de la mejor manera posible el uso de ellas, resguardando los espacios requeridos para asegurar las funciones hidrológicas y ambientales.

Geomorfológicamente, Araya-Vergara (1985) realiza la descripción de las formas que constituyen el fondo de la Depresión Central de Santiago, y en particular de *la terraza principal de llano aluvial* y *la terraza de cenizas volcánicas*, formas que se encuentran en el área de estudio y que presentan distintas características tanto naturales como de uso. En cuanto al uso de suelo a que se encuentran sometidas, en la terraza principal del Mapocho predominan los usos agrícolas, mientras que en la terraza de cineritas por sus pobres cualidades edáficas, carece de cultivos y presenta un tapiz vegetacional estepario, pero con excelentes cualidades para ser considerado como suelo de fundación, ya que el depósito de cineritas (pumicitas) presenta suelos bien compactados y gran capacidad de soporte (Valenzuela, 1978).

También es trascendental conocer las características del área de estudio en cuanto al riesgo geomorfológico, debido a que estos están en directa relación con las condiciones actuales del proceso evolutivo de la superficie y su interacción con los espacios habitados y por habitar (González, 2005). Un ejemplo de aquello es la terraza de cenizas volcánicas que existen en el sector norte del área de estudio, cuyo origen está asociado a la explosión del complejo volcánico de la Caldera del Diamante hace aproximadamente 450.000 años con una dispersión radial del material a más de 100 Km. de distancia desde el punto de emisión (González-Ferran, 1995).

Desde el punto de vista de la estabilidad morfológica de los terrenos cercanos al cauce actual del río, se contempla analizar los efectos de la hidrodinámica sobre el trazado y morfología del cauce, aspecto orientado a determinar el equilibrio de las riberas y los posibles problemas de derrumbes y ensanchamientos, fenómenos estos últimos que se relacionan con el socavamiento y la erosión lateral en tanto origen y causa de la sinuosidad del cauce, derivando ello en condicionamientos a un potencial uso urbano.

Se suma la existencia de los relieves de la Cordillera de la Costa, cuyas estribaciones orientales y algunos de los depósitos de las rinconadas desarrolladas entre ellas están en contacto directo con el cauce o con depósitos de terraplenamiento fluvial. Estos relieves y depósitos tienen su propia dinámica, a la que se suma el efecto lateral de la erosión hídrica.

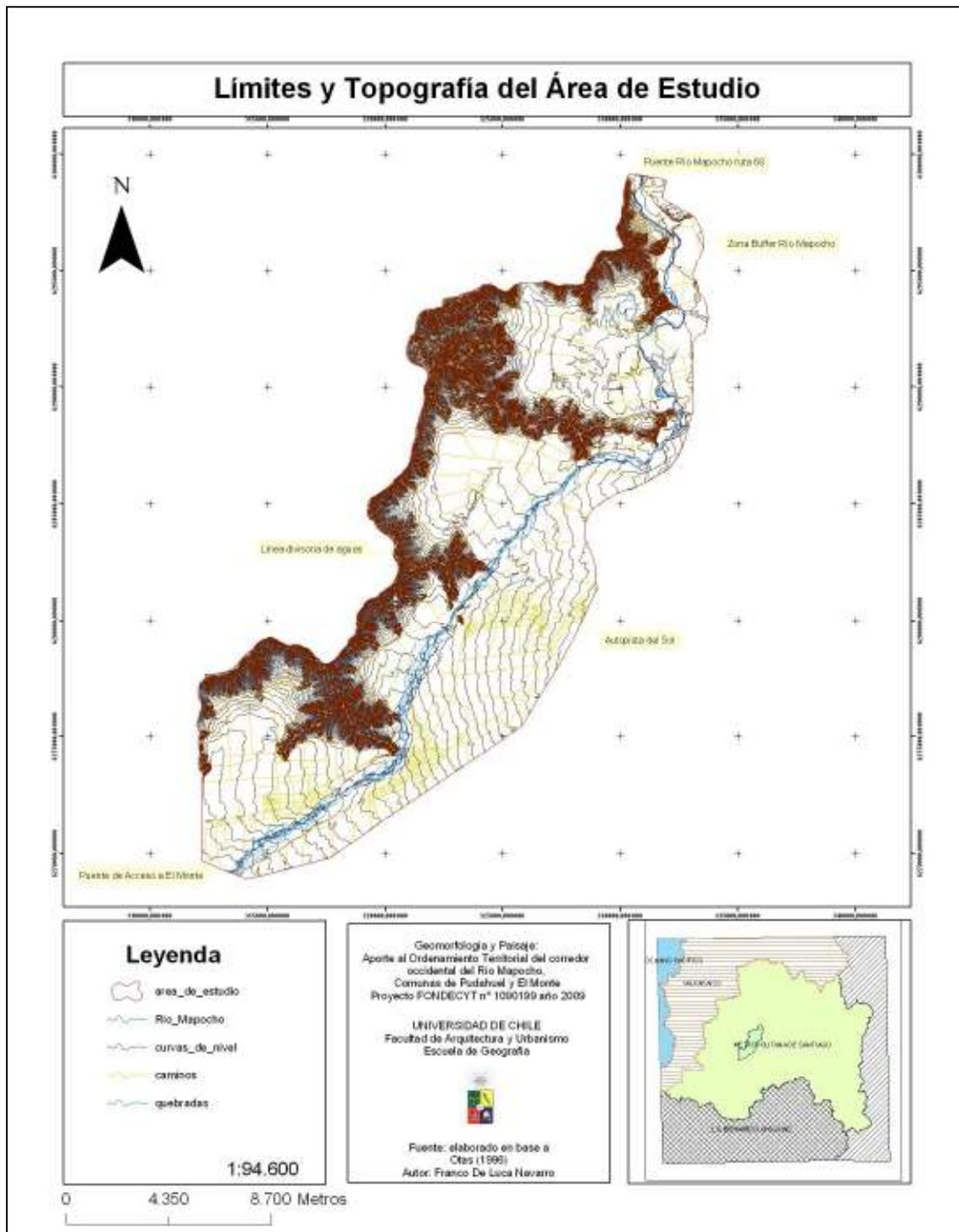
Es así que la importancia de los elementos geomorfológicos recae en que estos plantean limitaciones al desarrollo urbano, inclusive en áreas urbanas ya consolidadas. Por lo mismo, al establecer los usos recomendados en torno a corredores fluviales se debe considerar la variable morfodinámica, para reducir todo tipo de amenazas y los riesgos asociados.

3- ÁREA DE ESTUDIO

Para la delimitación del Área de Estudio en el contexto del corredor fluvial inferior del río Mapocho, se tomaron en consideración aspectos visuales y territoriales de acuerdo a las características y dinámica del sistema natural ligado directamente con el corredor fluvial del Río Mapocho y sus funciones tanto ecológicas como en lo referido a la estabilidad morfodinámica.

El Límite Norte, se toma en consideración desde el puente del Río Mapocho en la Ruta 68 (Camino a Valparaíso), esto debido a que desde este punto aún no se urbaniza con viviendas de alta densidad, ya que la zona que le antecede (desde el puente hacia aguas arriba), ya existen planes de loteos para la construcción de poblaciones; por otra parte, la presencia del aeropuerto de Pudahuel actúa como barrera para efectuar usos como el residencial, debido a las restricciones aéreas que se expresan a través de su cono de aproximación. Como límite Oeste se considera la línea de altas cumbres correspondiente a la divisoria de aguas del cordón cordillerano costero, el que a su vez corresponde al límite administrativo de las comunas correspondientes. Parte desde los Cerros de Lo Aguirre por el Norte hasta los cerros de la Comuna de El Monte por el Sur. El límite Suroeste se ve reflejado en una línea paralela al puente de ingreso a la ciudad de El Monte hasta el contacto con la Autopista del Sol, que actúa como límite oriente en la mayor parte del área. La elección de la Autopista como límite es para aprovechar su efecto de barrera a la expansión urbana espontánea. Además, si se toma un área más extensa hacia el oriente, se podrían generar ciertos problemas en cuanto a una segregación espacial entre los que viven a un lado y el otro. En el sector que la Autopista del Sol ingresa a la ciudad de Santiago, en la comuna de Maipú, se determinó seguir el cauce del Río Mapocho con un Buffer de 1 km desde su ribera hacia el oriente, hasta llegar al puente de la Ruta 68. (Mapa N° 2)

Mapa N° 2:



La zona escogida presenta diversas características físicas. En cuanto a los aspectos generales de la geomorfología del área de estudio, cabe señalar que ésta se encuentra emplazada en el límite occidental de la Depresión Central de Santiago,

donde se aprecia la existencia de 2 bloques estructurales: un bloque solevantado correspondiente a las comunas de Pudahuel, Maipú, Cerro Navia y Quinta Normal; y otro bloque deprimido que se ubica en el suroeste del área de estudio y que corresponde a las comunas de Peñaflores, Talagante y El Monte (Moreno et al, 2002).

En el área de estudio se aprecia principalmente la existencia de formas de acumulación, asociadas a la acción que ha ejercido el Río Maipo y su afluente el Río Mapocho a lo largo del tiempo, debido a las variaciones de los procesos glaciales e interglaciales del Cuaternario, donde el avance y retroceso de las masas de hielo provocaron la erosión y transporte de sedimentos dentro de la alta cordillera para ser depositados en la llanura central debido a la acción fluvial (Milovich, 2000). También se observan formas fluviales y terrazas de ceniza volcánica de acuerdo a lo planteado por Araya-Vergara (1985)

Con respecto al Río Mapocho, este recibe el nombre de tal en el sector de La Hermita, donde confluyen los Ríos Molina y San Francisco, cuyos orígenes se asocian a los cerros Del Plomo (4072m), Altar (5222m), Plomo (5430m), Cepo (4135m) y Manantial (4180m), en plena cordillera de los Andes (Barriga et al, 2002). De alimentación nivopluvial, el cauce atraviesa la zona urbana de Santiago, tramo que se encuentra canalizado hasta el puente Manuel Rodríguez, sector con tendencia a embancarse. En el tramo siguiente, hasta aproximadamente el puente Américo Vesputio, en Pudahuel, es un sector con obras de encauzamiento, parcialmente protegidas con diferentes tipos de obras de defensa fluvial. Seguidamente, el río se presenta en su cauce natural, con trazado sinuoso y, encajonado, situación que se mantiene hasta aguas abajo del puente de la Ruta 68. Finalmente el río presenta escurrimiento de tipo anastomosado, hasta su desembocadura en el río Maipo, en la localidad de El Monte (MIDEPLAN, 1998).

Las crecidas y desbordes del Río Mapocho son conocidas desde la época Colonial (de allí la construcción de tajamares), y son parte de su hidrodinámica natural en tanto torrente de montaña. Hasta principios de los 70's los sectores históricamente más afectados por las crecidas correspondían a las actuales comunas de Renca, Quinta Normal y Cerro Navia, donde se presentaban frecuentes desbordes, ocasionando importantes daños a la población ribereña. Esta problemática fue solucionada con trabajos de encauzamiento, complementados con algunas obras de defensa fluviales (MIDEPLAN, 1998)

Por otra parte, uno de los principales problemas y características de este curso fluvial era la contaminación que presentaba el río Mapocho, debido a la descarga de aguas servidas en este, ya que entre el Canal San Carlos y el aeropuerto Arturo Merino Benítez existían 23 ductos de descarga, donde el aporte de coliformes fecales y el balance de oxígeno en el río fueron los elementos que más afectan el normal comportamiento biológico - químico de sus aguas. Obras de ingeniería se han implementado e iniciado su funcionamiento para limpiar las aguas del río, así el ducto paralelo que recoge las descargas y las lleva hacia las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas El Trebal y La Farfana, (proyecto Mapocho Urbano Limpio), son acciones que están contribuyendo a la limpieza de las aguas del río, bajando sustantivamente su toxicidad y contribuyendo al desarrollo de biocenosis más sanas.

4- OBJETIVOS GENERALES Y ESPECIFICOS

Objetivo General

Establecer los criterios geomorfológicos y morfodinámicos necesarios a ser considerados dentro del Ordenamiento Territorial para lograr una zonificación que indique recomendaciones y restricciones al uso urbano del corredor fluvial del Río Mapocho entre las comunas de Quinta Normal y El Monte.

Objetivos Específicos:

1. Reconocer y caracterizar las unidades morfológicas que componen el paisaje del área de estudio, desde un punto de vista genético, estructural y evolutivo.

2. Reconocer las funciones de los elementos geomorfológicos, los procesos actuales y su interacción con los otros componentes del sistema físico, para establecer aptitudes y restricciones a posibles usos.

3. Establecer las características paisajísticas y la influencia derivada de las actividades humanas desarrolladas anterior y actualmente sobre el corredor fluvial desde el punto de vista geomorfológico.

4. Generar una selección justificada de parámetros y variables geomorfológicas y morfodinámicas claves que debieran ser incluidas como criterios para el Ordenamiento Territorial del área de estudio con vistas a su futuro uso urbano.

5- MARCO TEÓRICO

5.1 El Ordenamiento Territorial

- ***Qué es el Ordenamiento Territorial***

En el presente estudio se plantea vincular la Geomorfología asociada a un corredor fluvial determinado, con el Ordenamiento Territorial para establecer los criterios y fundamentos que desde este punto de vista deben considerarse para una adecuada planificación del uso de suelo en estos contextos. Dado este propósito resulta fundamental conocer lo que significa el Ordenamiento Territorial, sus objetivos y alcances como una forma de establecer los elementos y criterios necesarios para determinar los aportes que desde la Geomorfología se pueden hacer al Ordenamiento Territorial del área de estudio.

La Ordenación Territorial, cuyo origen responde a un intento de integrar la planificación socioeconómica con la física, procura la consecución de una estructura espacial adecuada para el desarrollo eficaz y equitativo de la política económica, social, cultural y ambiental de la sociedad (Gómez Orea, 1994).

Ordenar el territorio significa vincular las actividades humanas al territorio. En este sentido se hace ordenación territorial cuando se toma en cuenta el territorio en la definición de la estrategia de desarrollo y cuando se vinculan a él las actividades que configuran dicha estrategia (Gómez Orea, 1994).

- ***Importancia del Ordenamiento Territorial***

El crecimiento y desarrollo de las ciudades, la necesidad de recursos naturales para diferentes actividades productivas y la seguridad de las personas y comunidades, requieren de una correcta o adecuada planificación del uso del territorio (Clavero et al, 2008)

En este contexto, en el informe del Proyecto OTAS (GORE, 2002) se plantean 3 interrogantes básicas a la hora de realizar una propuesta de Ordenamiento Territorial estas son: ¿qué ordenar?, ¿para qué ordenar? y ¿cómo ordenar? En ese sentido, se establecen como justificaciones a estas interrogantes en un primer lugar, el entender que cada parte del territorio posee características físicas intrínsecas, por lo mismo no se puede desarrollar con la misma efectividad una misma actividad o uso para todo el territorio; en una segunda instancia, se ordena el territorio para la utilización eficaz y sustentable de este, y que las actividades que se desarrollen en este permitan una

participación democrática hacia la población; finalmente el cómo ordenar se basa en los criterios de ordenamiento que han de permitir alcanzar objetivos propuestos.

- **Como se hace**

En el informe del Proyecto OTAS (op. cit.) se señalan diversos criterios y lineamientos que se deben tomar en cuenta a la hora de establecer zonificaciones, de los cuales en este caso se toman en consideración los aspectos ambientales. Entre los lineamientos específicos con respecto a este ámbito, se encuentran los siguientes:

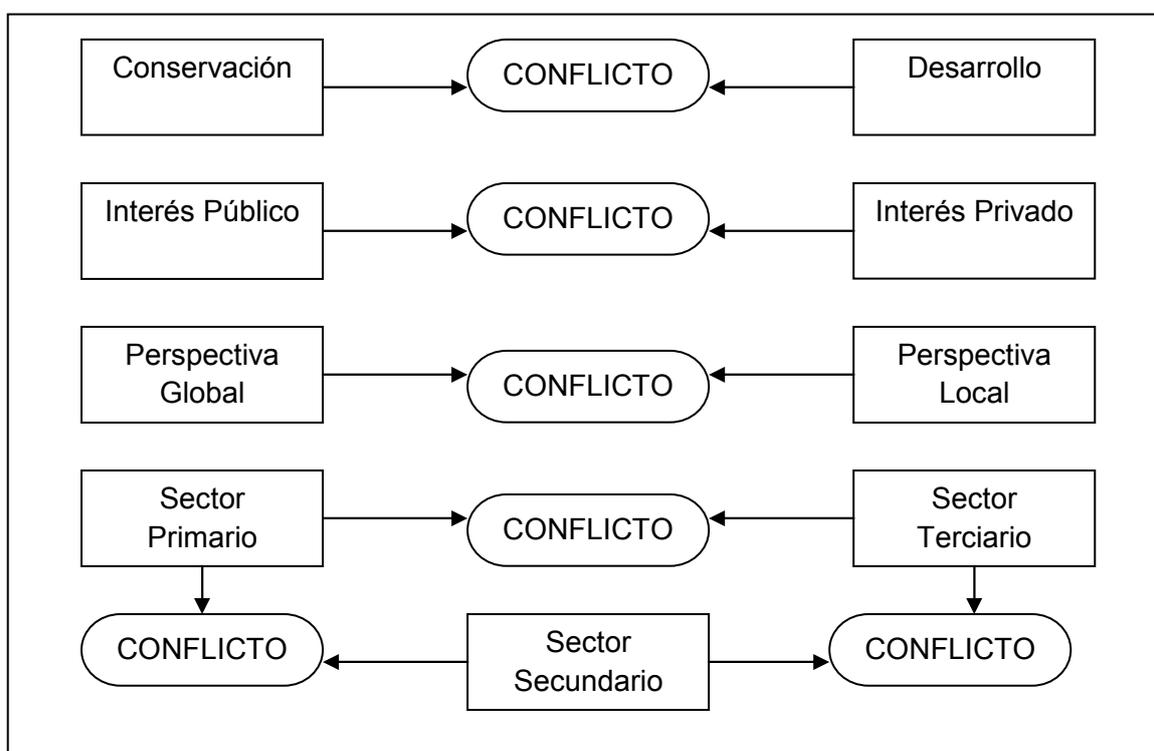
- **Condicionar los usos en las áreas de Riesgos Naturales:** Este lineamiento hace referencia al propósito de regular la localización de actividades y asentamientos con el fin de evitar consecuencias derivadas de posibles eventos tales como movimientos en masa e inundaciones.
- **Minimizar los riesgos asociados a los sitios de disposición de residuos:** hace alusión a la zonificación de áreas prioritarias para disposición de residuos domiciliarios, hospitalarios, industriales y de la construcción. Claramente este lineamiento no se aplica en todo su espectro, sino más bien hace referencia a los Residuos Industriales Líquidos (RILES) sobre el río Mapocho, debido a que el tramo comprendido desde la intersección del Zanjón de la Aguada y el encuentro con el río Maipo, sería la octava subcuenca más contaminada del país (Intendencia RM, 1999 en GORE, 2002)
- **Asegurar calidad ambiental a la población humana:** las actividades que se desarrollen deben asegurar la calidad ambiental para la población humana, de tal manera que las actividades deben ubicarse de modo que los efectos contaminantes sobre las personas sean minimizados, y a la vez, no afecten diferencialmente a la población en distintos sectores. También, este lineamiento hace referencia a lo esencial de los espacios para la recreación y el esparcimiento, donde la existencia de áreas verdes en el interior de las ciudades y los espacios libres no solo cumplen con el objetivo primario de recreación, sino que también mitigan los efectos de la contaminación atmosférica.

Aspectos a los cuales se debe incluir el criterio de la preservación de las funciones ecológicas y ambientales básicas, como las de los corredores ecológicos en el caso de los ejes fluviales

Respecto de los criterios expuestos anteriormente, los que tienen el fin de anticipar posibles conflictos cuando se realiza o, más bien, no se realiza una correcta selección de actividades o usos de suelo, Gómez Orea (op. cit) menciona cuatro conflictos paradigmáticos a la hora de efectuar la ordenación del territorio: (Figura N° 1)

- La existencia de una aparente contradicción entre desarrollo y conservación
- La existencia de sectores conflictivos entre si
- La pugna entre interés público y privado
- La diferencia entre visión local e intereses globales de ámbitos superiores

Figura N° 1: Conflictos recurrentes con incidencia territorial
(Competencia por los espacios)



Fuente: Gómez Orea, 1994

Estos conflictos son ejemplificados en base a fenómenos como:

- 1- **Desequilibrio Territorial:** mientras en unas áreas se concentra la población, en otras se producen desiertos poblacionales, lo que provoca problemas de distinta índole y consecuencias en el ámbito de lo urbano y lo rural. Las ciudades producen deterioro y depredación de sus áreas rurales circundantes a causa de una intensificación de usos de suelo, en cambio el medio rural se

deteriora a causa de la sobreexplotación debido a la falta de mano de obra que practique una conservación activa; en el medio rural se produce una pérdida de culturas y tradiciones por insuficiencia de sustento y densidad poblacional, principalmente la migración campo ciudad por parte de los jóvenes, en cambio en la ciudad se produce el mismo efecto de pérdida cultural, pero por un exceso de densidad. La inseguridad y anonimato en la ciudad tiene su paralelo en el campo por falta de vigilancia.

- 2- **Impactos Ecológicos y Paisajísticos** debidos a localización incompatible con el medio: al momento de efectuar un plan tendiente a la localización de ciertas actividades, es fundamental una evaluación de los ecosistemas y paisajes. Esta evaluación debe tener un amplio margen de maniobra en el que la compatibilidad de una actividad en el territorio puede conseguirse controlando la forma en que se ejerce: las materias primas utilizadas, los procesos de producción, el destino de los residuos, etc.
- 3- **Despilfarro de recursos naturales**, tanto por falta como exceso de actividad: la falta de población en el ámbito rural, condiciona una consecuencia respecto de quienes se dediquen o preocupen por cuidar los recursos naturales. Otro elemento a mencionar en este conflicto es el llamado *impacto de la pasividad*, esto es el abandono de situaciones ambientales indeseables, ya sean causadas naturalmente o por el ser humano, lo que implica dejar que un determinado terreno evolucione, sin ningún tipo de medidas preventivas o paliativas.
- 4- **Ignorancia de los Riesgos Naturales** en la localización de actividades: el caso de riesgo de inundación, movimientos de ladera, hundimientos, colapsos, sismicidad, volcanismo, etc. los cuales deben ser inventariados y cartografiados con el fin de evitar las zonas donde se producen o utilizar tecnologías adecuadas para soportarlos.
- 5- **Mezcla y superposición desordenada de usos**: causada principalmente por la ocupación espontánea, lo que redundará en paisajes con múltiples usos, falta de infraestructura adecuada e incompatibilidades entre distintos usos, por lo que se requiere una ordenación y gestión para corregir los desequilibrios existentes y para prevenir los futuros.

- 6- **Incoherencia entre localización de residencia y empleo**, déficit de estructuras y equipamientos colectivos: las distancias existentes en las ciudades causan problemas de tráfico, reducen las horas de ocio y el tiempo dedicado a la familia.

- 7- **Conflicto entre actividades y sectores**: estos conflictos no se derivan tan solo de la incompatibilidad o disfunción relativa a la localización espacial, sino también a la competencia por mano de obra y el capital.

- 8- **Descoordinación entre organismos públicos** del mismo rango y entre distintos niveles administrativos: la falta de voluntad y la inercia de los cargos públicos, el poco interés y beneficios que se pueden obtener en una planificación conjunta, por ejemplo entre dos comunas, suele ser fuentes de futuros conflictos por no actuar de manera coordinada.

5.2 Elementos Físicos como eje del Ordenamiento Territorial

Gómez Orea (op. cit.) nos señala al medio físico como una expresión sinónima a territorio, donde ocurren diversos procesos y es la fuente de los recursos naturales. Éste constituye, por lo tanto, el soporte de toda actividad, fuente de recursos y receptor de residuos o productos no deseados. Se enfatiza el que las formas del terreno son el resultado de la acción de procesos geodinámicos sobre los materiales de la corteza terrestre, por lo que el estudio de estas permite detectar y entender tales procesos, establecer hipótesis sobre la manera en que evolucionan y deducir las características de los componentes materiales. Por lo mismo, es de vital importancia a la hora de efectuar un análisis territorial.

Tricart (1969) da algunas pautas de la manera en que se debe estudiar el medio físico y los mapas, en que ambos deben expresar o informar al menos sobre lo siguiente:

- a) Las facies de las formaciones superficiales sean naturales, tales como rocas in situ, arcillas, arenas, guijarros, limos, morrenas, o artificiales, como terraplenes, escoriales, etc.
- b) Las condiciones Hidrológicas, tales como zonas permeables-impermeables, fuentes, y desagües, llanuras inundables (lechos menores y mayores, estacionarios y excepcionales), fenómenos kársticos.

- c) La naturaleza de las unidades geomorfológicas del área estudiada. Esto comprendería las diferentes capas aluviales que forman la llanura inundable y las terrazas, los depósitos de estuario, playas antiguas, acumulaciones eólicas, entre otras.
- d) La dinámica de los fenómenos morfogenéticos, y sus diferencias de intensidad en la zona a estudiar.

Lo fundamental de los mapas es asociar elementos descriptivos, como la naturaleza del suelo y las formas del terreno, y elementos dinámicos que muestren la evolución natural o antrópica (Tricart, op. cit.). Así, de las características mencionadas, se desprende que para una correcta determinación de usos de suelo, elementos físicos como las formas sedimentarias son de especial interés para los estudios de Ordenamiento Territorial, ya que corresponden a los de mayor demanda para la ocupación. Su caracterización geomorfológica revela tanto los mecanismos de depositación como los procesos que actualmente actúan en la zona (Milovic, 2000)

5.3 Riesgos por mecanismos naturales

Dentro de los mecanismos naturales que, por su magnitud, fuerza y destrucción, suelen configurar escenarios de riesgo se encuentran, entre otros, los procesos de movimientos en masa, las inundaciones y la erosión. Estos constituyen fenómenos naturales que ocurren debido a la dinámica evolutiva natural del relieve, y pueden generar grandes pérdidas materiales e incluso humanas. Por ello, la identificación de los sectores donde tienen cabida, así como los procesos por los cuales se originan, son de fundamental importancia a la hora de efectuar una correcta ordenación del territorio (Fernández et al, 2003)

5.3.1 Movimientos en Masa

Los fenómenos de movimientos en masa se generan principalmente por el transporte de materiales rocosos, suelo y agua, en todos sus estados (Hauser, 1993) pendiente abajo debido al efecto de la fuerza de gravedad. Los movimientos en masa se han clasificado debido a la velocidad del proceso, así como por las características litológicas y sedimentarias de los flujos, según el grado de asistencia hídrica. De esta manera tenemos flujos rápidos como los aluviones, así como otros movimientos rápidos por gravedad o mixtos como los desplomes o desprendimientos, los deslizamientos y los derrumbes. Entre los flujos lentos se encuentran la reptación y la solifluxión. (Tabla N° 1)

Tabla N°1: Clasificación de Movimientos en Masa

Movimientos en Masa	<i>Flujos</i>	Barro (mud flows)
		Detritos (detritic flows)
		Lahares
		Soliflucción y Reptación lenta (soil creep)
		Asociados al colapso de Tranques de relave
	<i>Deslizamientos</i>	Laminares traslacionales
		Rotacionales
		Multirrotacionales
		Bloques rocosos (rock bloq slide)
		Detritos (debris slide)
	Desprendimientos (rock falls)	
	Avalanchas (aludes)	
	"Jökul laups" (aluvión por colapso de lago glacial)	
	Subsidencias y Hundimientos	

Fuente: Hauser, 1993

Los flujos se caracterizan principalmente por ser movimientos de sedimentos con mayor o menor presencia de agua, donde existe deformación interna y continua del material. Las diferencias dentro de la clasificación de los flujos se determinan mediante el tipo de material implicado, contenido de agua y la velocidad de desplazamiento.

Los deslizamientos son movimientos de ladera donde el terreno o la masa desplazada se comportan como una unidad. Es un conjunto, el cual puede o no sufrir una deformación interna en su recorrido. La velocidad varía de caso en caso y generalmente implica grandes volúmenes de material arrastrado.

El desprendimiento es el movimiento rápido de una masa de cualquier tamaño de roca o suelo en forma de bloques aislado o material masivo. Se producen generalmente en movimiento sub-vertical de material de una ladera (Derrumbe) o caída libre (Desplome), por lo que se dan en topografías con escarpes o fuertes pendientes.

Movimientos complejos se denominan a la combinación de dos o más tipos de movimientos.

En el caso del área de estudio, existen situaciones de movimiento en masa que se asocian con la dinámica de las riberas y de las laderas. En el primer caso, se trata de movimientos en masa del tipo derrumbes y deslizamientos locales en los bordes del cauce en respuesta a la dinámica fluvial, lo que suele derivar en pérdidas de terreno en forma aleatoria. En el segundo caso, se debe tener presente que, el área de estudio (sección inferior del río Mapocho), transcurre por una zona de escasa pendiente conformada por una depresión de coalescencia entre las zonas distales de los conos aluviales de los ríos Mapocho y Maipo y la distal de los conos torrenciales, y movimientos en masa provenientes de la vertiente oriental del cordón de la Cordillera de la Costa. Dentro de este escenario, los movimientos en masa se asocian a derrumbes y deslizamientos de laderas.

5.3.2 Riesgo de Inundación

Una inundación ocurre cuando el nivel del cuerpo de agua se eleva hasta que sobrepasa su confinamiento natural o artificial y cubre temporalmente los terrenos aledaños. Estas producen daños principalmente en los sectores del lecho mayor, también llamada llanura de inundación (Chávez, 2005). Las causas más comunes corresponden a precipitaciones prolongadas y/o intensas, rápidas fusiones de nieve o la combinación de estas (Milovic, 2000). La frecuencia de inundaciones depende del clima, de la sección del cauce, del material de las riberas del río y la pendiente del canal.

La ocurrencia de precipitaciones intensas en una determinada estación o año, así como también una rápida fusión de nieves, configura situaciones en donde las llanuras y terrenos bajos pueden ser inundados casi todos los años, principalmente a lo largo de grandes ríos con cauces parcialmente definidos en términos de riberas.

En este estudio, este aspecto no es desarrollado ya que no forma parte de los objetivos.

5.3.3 Riesgo de Erosión

El proceso erosivo consta de tres fases, el desprendimiento de las partículas, su transporte (a través del agua o el viento), y la depositación de estas partículas cuando la energía no es la suficiente para continuar arrastrando estos sedimentos.

El proceso de desprendimiento puede ser causado por el efecto de salpicadura (golpeteo de gotas de lluvia sobre la superficie de suelo desnudo o rain splash), la mecánica de la meteorización y sus cambios de temperatura y el contenido de

humedad del suelo; a estos elementos hay que agregar el uso agrícola, el pisoteo del hombre y los animales, y los desechos humanos que afectan y expanden las riberas.

Para el transporte de estas partículas, este se efectúa por medio de la escorrentía superficial, en forma de flujos capaces de formar regueras, las que pueden derivar en cárcavas. Otro tipo de erosión y que eventualmente pueda afectar a zonas como las terrazas de cineritas o terrenos desprovistos de vegetación se efectúa a través del transporte de sedimentos por medio de la acción del viento o deflación, es de igual importancia al elemento anterior, donde el principal factor de este tipo de erosión, es la velocidad del viento (Morgan, 1997), y donde la rugosidad del terreno limita o permite, según el caso, que el proceso de transporte sea en una mayor o menor medida.

Respecto de la erosión del suelo Centeno et al (1994) muestra un método alternativo a la USLE (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo), donde los principales parámetros para efectuar un mapa de estado erosivo son la erosividad climática, los suelos, la pendiente, la vegetación y la litología, los cuales se detallan a continuación:

- Erosividad: Este factor está referido a la cantidad de lluvia que recibe una zona, principalmente en cuanto a la intensidad con que esta cae (Centeno et al, 1994).
- Suelos: Características como la permeabilidad, cohesión de partículas, tamaño de estas, etc., son fundamentales para determinar suelos que presenten condicionantes que faciliten algún tipo de erosión. Gómez Orea (1994) señala que la erosionabilidad o erodabilidad natural disminuye mientras el suelo presenta una mayor madurez.
- Pendiente: Influye en la energía del agua necesaria para poner en movimiento las partículas. Normalmente aumenta la erosión al aumentar la inclinación y longitud de la pendiente. También el nivel de rugosidad topográfica influye en la torrencialidad de las aguas, lo que afecta su energía erosiva. A lo anterior cabe señalar que mientras en un suelo plano, las gotas de lluvia salpican las partículas en forma aleatoria en todas direcciones, en terrenos inclinados más partículas son salpicadas pendiente abajo que pendiente arriba. Por lo tanto, debido a efectos gravitacionales, las partículas se acumulan pendiente abajo. Dentro de las características analizadas por diversos autores, se aprecian características en cuanto al rango de variación que poseen y su respectiva consecuencia en cuanto a los procesos erosivos que conlleva. (Ver tabla N° 2):

Tabla N° 2: Comparación de rangos de pendiente y justificación geomorfológica según Araya & Börgel (1972) y van Zuidam (1986)”

PENDIENTES		CONCEPTO	JUSTIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA
Grados	% Aprox.	Pendiente	
0 – 2	0 – 4,5	Horizontal (Plano a casi plano)	Erosión Nula a Leve (A & B) (Denudación no apreciable) – (V Z)
2 – 5 (2 – 4)	4,5 – 11 (4,5 – 9)	Suave o Leve (Ligeramente empinado)	Erosión débil, difusa, Sheet-wash, inicio de regueras, soliflucción fría. (A & B) (Movimientos de masa lentos de diferentes tipos, especialmente bajo condiciones periglaciales, de soliflucción y fluviales. Escurrimiento laminar e inicial en regueras. Peligro de erosión) – (V Z).
5 – 10 (4 – 8)	11 – 22 (9 – 18)	Moderada (Mod. Empinado)	Erosión moderada a fuerte; Inicio erosión lineal; Rill-wash o desarrollo de regueras. (A & B) (Idem anterior + Peligro severo de erosión de los suelos) – (V Z)
10 – 20 (8 – 16)	22 – 44,5 (18 – 36)	Fuerte (Empinado)	Erosión intensa; Erosión lineal frecuente; Cárcavas incipientes. (A & B) (Proclive a los movimientos de masa de todos los tipos, especialmente soliflucción periglacial, reptación, escurrimiento laminar y en regueras, ocasionalmente deslizamientos. Peligro de erosión de suelos y deslizamientos) – (V Z).
20 – 30 (16 – 35)	44,5 – 67 (36 – 78)	Muy fuerte a Moderadamente Escarpada (Notoriamente inclinado)	Cárcavas frecuentes; Movimientos en masa; Reptación. (A & B) (Procesos denudacionales intensos de todos tipos. Erosión bajo cubiertas forestales, reptación y deslizamientos. Peligro extremo de erosión de suelos) – (V Z)
30 – 45 (35 – 55)	67 – 100 (78 – 122)	Escarpada (Muy inclinado)	Coluvionamiento; Soliflucción intensa; Inicio de derrubiación. (A & B) (Dominio de superficies rocosas. Posibles desprendimientos de rocas, procesos denudacionales intensos. Formas depositacionales delgadas e incoherentes) – (V Z)
> de 45 (> de 55)	> de 100 (> de 122)	Muy escarpada a Acantilada (Extremadamente inclinado)	Desprendimientos y Derrumbes; Corredores de derrubios frecuentes. (A & B). (Dominio de superficies rocosas. Desplomes y rodadura de rocas. Fuertes procesos denudacionales, especialmente en las paredes rocosas y acantilados) – (V Z).

Nota: (A & B) = Araya & Börgel, 1972; Textos entre paréntesis y (VZ) = van Zuidam, 1986. Fuente: Ferrando, 2008.

- Vegetación: Su importancia radica en que actúa como una capa amortiguadora entre atmósfera y suelo, donde sus componentes como hojas y tallos, disminuyen la fuerza de las gotas de lluvia al caer, así como del agua en movimiento y el viento. También son de importancia sus componentes subterráneos, ya que su sistema radicular contribuye a la resistencia mecánica del suelo (Morgan, 1997), pero también a la tracción y la inestabilidad.
- Litología: En áreas de rocosidad considerable, este factor toma importancia como un elemento estabilizador según las características de permeabilidad y erosionabilidad que posean las rocas. Así bajo las condiciones climáticas del área de estudio se diferencian rocas menos susceptibles a la erosión, al contrario de otras menos resistentes. En cuanto a ciertos sedimentos, según el grado de consistencia o agregación (cementación) las arenas se caracterizan por ser más débiles a la erosión que los limos. En cuanto las arcillas, si bien son fracciones finas fáciles de transportar, una vez humectadas adquieren una alta estabilidad dadas sus características y reacción frente a la presencia de agua. Consecuentemente, generan una alta escorrentía superficial, lo que incrementa el potencial erosivo de las aguas.

En el área de estudio, dadas las características del contexto natural, este aspecto y lo propuesto por Centeno (op cit.) es considerado de forma relevante en el procedimiento metodológico y en el análisis conducente al establecimiento e integración de los criterios

5.3.4 Calidad Paisajística

Uno de los elementos más difíciles de calificar y más aún, cuantificar, se trata de lo correspondiente a los elementos naturales, ya sea por su belleza natural, particularidad o biodiversidad. El medio se hace paisaje cuando alguien lo percibe (Gomez Orea, 1994). Es la experiencia perceptiva la cual induce en el individuo los sentimientos determinantes de la clasificación y valoración del paisaje.

Entre los elementos positivos apreciados por los humanos encontramos: relieve variado, presencia de agua limpia y en movimiento, vegetación frondosa, elementos topográficos sobresalientes, sonidos y olores gratos, orden, presencia y observación de animales silvestres. Los negativos tienen que ver con la presencia de basurales clandestinos, botadero de escombros, agua sucia y estancada, malos olores,

monotonía, etc. (Gómez Orea, 1994). Así, los elementos geomorfológicos cobran gran relevancia a la hora de generar un análisis en cuanto a la calidad paisajística

Una de las formas de establecer pesos específicos y dar una cierta valoración, o más bien ponderación, se describe en Centeno et al (1994), y se basa en un método realizado en la Provincia de Valencia, llamado Mapa Neocientífico de Valencia, método que consiste en desglosar el paisaje visual en una serie de parámetros perceptuales, cuya valoración es relativamente simple. Aquellos valores son: Complejidad topográfica y relieve; desnivel; vegetación y usos del suelo; presencia de masas de agua; actuaciones humanas; accesibilidad; incidencia visual. Para cada uno de estos parámetros se desglosan 5 categorías con las principales características de cada uno y se generan rangos de 1 a 5 en cuanto a una menor o mayor calidad del paisaje.

5.3.5 Valoración Ecológica de los Corredores Fluviales

Un corredor fluvial es un espacio geográfico, una franja remanente de paisajes prístinos o poco alterados, que proporciona conectividad entre paisajes, ecosistemas y hábitat naturales o modificados y cuyo diseño permite el mantenimiento de la diversidad biológica mediante el intercambio genético de especies de flora y fauna, a la vez que permite que se cumplan los flujos biogeoquímicos que requieren de la continuidad del paisaje (Neiff et al, 2005).

Según estos autores, en cuanto a los servicios que prestan los corredores fluviales, las principales características por la que ameritan su regulación, destacan como:

- Fuente de energía.
- Sitios de recreación y turismo, pesca y caza.
- Transporte de residuos domésticos e industriales.
- Vías de navegación y medio de transporte.
- Fuentes de agua para consumo humano, para riego y para consumo industrial.
- Fuentes de insumo para la industrialización de otras materias primas.
- Para enfriamiento de sistemas mecánicos.
- Para producción de alimentos.
- Como contenedor y sustento de la productividad biológica.
- Como ambientes para la cría y engorde de ganado y para algunas formas de agricultura.

De acuerdo a la importancia de los corredores fluviales y las cuencas hidrográficas en general, es que resulta trascendente una correcta planificación de estos lugares, esto debido a los múltiples cambios que puedan afectar a los corredores fluviales por una mala urbanización, creando alteraciones ambientales como:

Alteración del ciclo hidrológico y pérdida de calidad del agua. El reemplazo significativo de la vegetación por superficies impermeables reduce los coeficientes de interceptación de las lluvias por parte de los follajes (el porcentaje de agua caída que es retenido por la copa de los árboles y que escurre lentamente a través de tallos y troncos hasta alcanzar el suelo, e infiltrarse con mayor facilidad que si cae directamente desde las nubes sellando los suelos y favoreciendo el escurrimiento), así como el promedio anual de evapotranspiración (suma de la evaporación del agua contenida en los suelos y cuerpos hídricos y de la evaporación a través de las hojas de las plantas), y provoca alteraciones en los tiempos, tasas y volúmenes de recarga y descarga de los acuíferos subterráneos. El aumento del escurrimiento superficial ocurre como consecuencia de la disminución de la infiltración superficial y subsuperficial de los flujos de agua y facilita las inundaciones y el desplazamiento de aguas contaminadas de fuentes puntuales (efluentes de aguas servidas) y no puntuales (jardines, cultivos agrícolas, calles) hacia lagos, arroyos y estuarios.

Impactos en los balances de energía y en los microclimas. La transformación de las superficies permeables a impermeables altera localmente los balances de energía debido a que aumenta la reflexión de la radiación solar en desmedro de la absorción lenta, cambia la capacidad de calor específico y la conductividad termal de los materiales que componen la superficie de la ciudad y con ello, las tasas de calor sensible que es transferida a la atmósfera y de calor latente que es empleado en la evaporación y que regresa a la atmósfera una vez que se produce el proceso de condensación de la humedad atmosférica. Cabe esperar en consecuencia el desarrollo de áreas de mayor temperatura y la generación de islas de calor, que son características en las áreas de mayor densidad residencial, industrial o comercial de las ciudades.

Degradación, pérdida y fragmentación de hábitats acuáticos y terrestres, que se degradan y destruyen al impermeabilizar sus superficies. Algunas especies muestran signos de estrés y disminución de su población con un 10% de superficies impermeabilizadas.

Degradación de los arroyos. La impermeabilización de los cauces naturales y su reemplazo por alcantarillados, cursos de agua canalizados y obstruidos, además de la simplificación de la red de drenaje, aumentan la velocidad de los flujos de agua, causando un aumento de la potencia erosiva y mayor producción de sedimentos.

Efectos sobre los hábitats terrestres. La impermeabilización causa la destrucción y fragmentación de los hábitats terrestres, y un estrés inmediato en las plantas y vida silvestre, provocando la pérdida de biodiversidad a través de impactos acumulativos que se manifiestan en forma lenta.

Cambios en la estética de los arroyos y paisajes. Por cambio en la composición y/o densidad florística; por intervención de cauces y riberas, alteración de la calidad paisajística natural de determinadas áreas.

Fuente: Romero et al, 2005

6- PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

6.1. Metodología para establecer la Morfodinámica y la relación entre la Geomorfología y el medio físico

La metodología se basa, en una primera etapa, en un reconocimiento de los aspectos geomorfológicos y morfodinámicos necesarios para conocer las características del área de estudio, para lo cual se estudió los antecedentes que describen por separado las características constitutivas y dinámicas del medio físico. Los elementos del medio físico a considerar en su relación con la geomorfología son los siguientes:

6.1.1.- Características del sustrato geológico.

Geología: se muestra las características de los depósitos geológicos que se ubican dentro del área de estudio y que corresponden a los establecidos en SERNAGEOMIN (2002), la que indica periodo del depósito y las principales rocas a los cuales se les asocia. A su vez, se efectúa una revisión de las zonas especificadas en GORE (1996) como de Riesgo por Movimientos en Masa, así como determinadas laderas que por sus características, deba tomarse en consideración para restringir usos determinados.

6.1.2.- Aptitud de las unidades geomorfológicas.

Geomorfología: la descripción de este tema se desarrolla a partir de lo planteado por Araya-Vergara (1985), donde se aprecia la existencia de formas fluviales, acumulación, formas asociadas a la acción de los procesos de transporte y depositación de los materiales que se generaron en la Cordillera de Los Andes por los procesos glaciales y fluvio-glaciales ocurridos durante el cuaternario. Las descripciones fueron complementadas por lo planteado en Soto et al (2007). Se efectuó una revisión a través del análisis de las curvas de nivel, fotointerpretación y reconocimiento en terreno, para la identificación de elementos como paleocauces, meandros abandonados y procesos específicos de la inter-relación de las formas analizadas

6.1.3.- Características de los suelos.

Se efectúa una caracterización de acuerdo a los usos actuales, dentro de los cuales se aprecian el uso urbano y agrícola como los principales. Además se estudian los tipos y series de suelos (CIREN, 1996), las características texturales, la permeabilidad y el drenaje de cada serie ubicada en el área de estudio, esto con el fin de evaluar las posibles restricciones o aptitudes a determinados usos asociando estos elementos a las características geomorfológicas.

6.1.4.- Procesos imperantes en el corredor fluvial.

Respecto del cauce, se recogen diversos antecedentes del río Mapocho en cuanto al comportamiento de su cauce, efectos de y en su trazado, sinuosidad respecto de la estabilidad de riberas, y zonas con potencial de ser erosionadas. También se establecen los elementos antrópicos característicos de los sectores ribereños y la calidad paisajística que posee.

Respecto de las laderas y depósitos asociados directamente al corredor fluvial, la importancia de conocer las características de las zonas de riesgo geomorfológico, así como situaciones de erosión o dinámica de riberas, son fundamentales para establecer la relación con potenciales usos urbanos.

Los mapas de Riesgo para la zona estudiada se elaboran en base a estudios existentes, los que comprenden mapas de riesgo por movimientos en masa e inundación (GORE, 1996).

Para el **riesgo de erosión** se ha recurrido a la metodología planteada por Centeno et al (1994), mediante la cual se puede estimar, a través de la subdivisión y ponderación de diversos parámetros existentes en el área de estudio, aquellos lugares que presentan mayor tendencia a la erosión. Este proceso se realiza analizando y ponderando la erosividad pluviométrica, los suelos, la vegetación, las pendientes y la litología, cada una desglosada en 5 categorías, siendo 1 la de menor probabilidad de ser erosionada y 5 la que posee mayor potencial a ser erosionada. Cada característica analizada va a poseer un determinado valor de acuerdo a la respuesta potencial frente a los procesos erosivos imperantes.

En los casos que existan más de una categoría por elemento analizado, se asigna la valoración media (como en el caso de la erosividad, la cual se toma en cuenta la precipitación para los meses más lluviosos, esto es de Mayo a Septiembre). El resultado de la suma de cada elemento da como total la probabilidad de que una determinada zona pueda ser erosionada

6.1.4.1. Erosividad pluviométrica:

Los rangos estimados para la clasificación de la categoría correspondiente a erosividad pluviométrica se relacionan con la cantidad de precipitaciones recibidas en un determinado periodo de tiempo. Centeno et al (1994), aplica esta metodología para climas con características mediterráneas, donde la precipitación se concentra en unos meses (Ver tabla N° 3)

Tabla N° 3: Rangos de puntaje total por erosividad pluviométrica

Precipitación media meses más lluviosos	Erosividad pluviométrica
≥ 150 y < 178	1
≥ 178 y < 206	2
≥ 206 y < 234	3
≥ 234 y < 262	4
≥ 262 y < 290	5

Las precipitaciones para la zona fueron determinadas a través de la interpolación de las precipitaciones medias desde los meses de Mayo a Septiembre, tomando como muestra las estaciones incluidas en el área de estudio y las zonas adyacentes a esta. Las 5 categorías se establecieron tomando en consideración los rangos más bajos y altos de cantidad de precipitación, dividiendo entre estos rangos 5 categorías con intervalos de igual diferencia numérica, siendo 1 el valor que presenta menor probabilidad a ser erosionado y 5 el que puede ser erosionado con mayor facilidad.

6.1.4.2. Resistencia de los suelos a la erosión:

Para establecer la erodabilidad de los suelos ante agentes erosivos externos se toma en consideración los factores que inciden en una mayor o menor resistencia de este a la erosión, tales como la permeabilidad, cohesión o tamaño de partículas (Centeno et al, 1994) (Tabla N° 4).

Tabla N° 4: Erodabilidad de suelos según litología

Origen de Suelos	Erodabilidad
Altamente resistente	1
Medianamente resistente	2
resistente	3
frágil	4
Muy frágil	5

6.1.4.3. Erosividad de la lluvia según cobertura vegetal

Se ha estimado a la vegetación debido a la resistencia que esta presenta en cuanto a la caída de las gotas de agua en el suelo (salpicadura) y la absorción que esta ofrece al agua infiltrada.

Tabla N° 5: Erosividad de la lluvia según la cobertura vegetal

Formación Vegetacional	Erosividad
Muy Frondoso	1
Medianamente Frondoso	2
Frondoso	3
Poco frondoso	4
Muy poco frondoso o nulo	5

Respecto de los Rangos de erosividad de la lluvia según la cobertura vegetal, el valor 1 corresponde a las zonas en que la vegetación posee características que impiden que las gotas de agua por lluvia golpeen directamente el suelo, siendo las precipitaciones amortiguadas por el follaje de este tipo de vegetación. El rango 5 corresponde a las zonas que presentan mayores facilidades a que sus suelos sean erosionados debido al golpe de las gotas de lluvia sobre este.

6.1.4.4. Erosividad según rangos de Pendiente

Los rangos generados para el presente parámetro se estimaron según los umbrales de pendientes y el desencadenamiento de procesos erosivos en estos (Van Zuidam, 1986; actualizado en Ferrando, 2008). (Ver Tabla N° 6)

Tabla N° 6: Erosividad según la pendiente

Grados	Categoría de pendientes	Erosividad
< de 2	Plano a Casi Plano	1
2 - 4	Ligeramente Empinado	2
4 - 8	Moderadamente Empinado	3
8 - 16	Empinado	4
16 - 35	Notoriamente Inclinado	5
> de 35	Muy Inclinado	6

De esta manera, se entiende que por efectos gravitacionales, una pendiente horizontal o plana presenta características más favorables a poseer resistencia a la erosión, en cambio las pendientes que son inclinadas son más fácilmente erosionables.

6.1.4.5. Erodabilidad según geología

Para este criterio se han tomado en cuenta los factores de permeabilidad y erosionabilidad de las formaciones geológicas según la naturaleza litológica de las rocas y el grado de afectación tectónica por fallamiento, plegamiento y fracturamiento interno. (Tabla N° 7)

Tabla N° 7: Erodabilidad según geología

Formaciones geológicas	Erodabilidad
Bien seleccionado y sin fracturas compactado	1
Poco compactado	2
Poco compactado, mal seleccionado y presencia de fallas	3
Alteraciones hidrotermales, fracturamiento y callamiento en rocas y estructuras.	4
	5

6.1.5. Potencial erosivo

Para su determinación se realiza una superposición digital de la cartografía de cada parámetro y luego se suma el valor establecido en cada uno de ellos. Esto da como resultado la probabilidad de un terreno a ser erosionado y, por lo tanto, permite su clasificación. La sumatoria máxima que puede llegar a tener cada zonificación es de 26, esto si en cada elemento dentro de una unidad posee el valor 5 (a excepción del potencial erosivo de acuerdo a los rangos de pendiente, donde el máximo es de 6); y el mínimo de 5, si cada elemento posee un valor de 1. Así tenemos como total en cuanto a los rangos que mientras mayor es el puntaje obtenido por la sumatoria de los puntajes, más proclive a ser erosionada es esa unidad. Por el contrario, mientras menor sea el puntaje sumado, la unidad es más resistente a ser erosionada (ver Tabla N° 8).

Tabla N° 8: Sumatoria Total de los parámetros de erosión:

Clase	Valoración
Muy Elevada	26 - 22
Elevada	21 - 18
Moderada	17 - 14
Baja	13 - 10
Muy Baja	9 - 5

Estos rangos son inversamente proporcionales al equilibrio o estabilidad de las formas o superficies, lo cual quiere decir que el rango de menor valor representa unidades físicas del territorio altamente estables de acuerdo a los procesos erosivos presentes, y vice-versa.

6.2. METODOLOGÍA PARA ESTABLECER LA CALIDAD PAISAJÍSTICA

6.2.1 Estimación de Calidad y Fragilidad Paisajística

En una segunda etapa, se establecen las posibles zonas que por su valor ambiental, ameritan su conservación. Esto se efectúa mediante el proceso de generación de matrices, asignando a las distintas categorías que se revisaron en el desarrollo de la primera etapa, los valores que correspondan según su estimación e influencia para la calidad de conservación. Primeramente se considera la estimación del valor paisajístico de cada elemento, desglosando cada parámetro en valores de 1 a 5, para tener los elementos correspondientes a la calidad y fragilidad paisajística, siendo 1 un valor bajo de calidad y/o fragilidad, y 5 un alto valor de calidad y/o muy frágil.

Centeno et al (1994) señala como calidad al valor intrínseco de un paisaje desde el punto de vista visual, y como fragilidad el riesgo de deterioro del mismo como consecuencia de la implantación de actividades humanas. En el mismo estudio se mencionan parámetros tales como:

- Complejidad topográfica y relieve
- Desnivel
- Vegetación y usos de suelo
- Presencia de masas de agua
- Actuaciones humanas

A cada uno de estos parámetros se le asigna un peso fijo del parámetro respecto de los otros, y posteriormente se los desglosa indicando los valores que se les estima de acuerdo a la calidad y fragilidad antes mencionadas.

A continuación se dan a conocer los parámetros y sus divisiones o unidades interiores con que se analizó el paisaje. Más adelante, en la aplicación, se establece el valor de la Calidad y Fragilidad paisajística a cada parámetro desglosado según sus características:

Tabla N° 9: Parámetro Complejidad Topográfica y Relieve

Unidades Geomorfológicas de Paisaje:
Llanuras
Relieves alomados, laderas suaves
Barrancos
Montes de relieve moderado
Elevaciones y relieves moderadamente abarrancados

Tabla N° 10: Parámetro Desnivel según Altitud

Rangos de desnivel Respecto al eje fluvial
0 a 25 metros
25 a 75 metros
75 a 150 metros
150 a 300 metros
más de 300 metros

Tabla N° 11: Parámetro Vegetación y Usos

Vegetación y Usos Agro-Forestal
Paños Agrícolas, Pastizales y Praderas
Matorral y Matorral con Suculentas
Matorral Arborescente
Plantación Bosque
Bosque Nativo

Tabla N° 12: Parámetro Masas de Agua

Presencia de Masas de Agua
Unidad sin agua
Ríos, esteros y arroyos
Canales o acequias
Embalses y lagunas

Tabla N° 13: Parámetro Acciones Humanas

En cuanto a densidades de construcciones
Zonas industriales semiurbanas, canteras y vertederos
Zona rural con poblaciones y edificaciones abundantes
Zona rural con pueblos y edificaciones dispersas, urbanización de baja densidad
Zonas con construcciones dispersas, escasas o sin construcciones

Tabla N° 14: Parámetro grado de accesibilidad

Facilidad para llegar hasta el lugar*
Carretera Interprovincial, Autopista
Camino pavimentado de doble vía
Camino pavimentado de una vía
Camino sin pavimentar dos o más vías
Camino de tierra o local

* Sólo fragilidad en este parámetro no se mide la calidad

Tabla N° 15: Parámetro Incidencia Visual

En cuanto a las características orográficas*
Relieve positivo (Cerros, montes)
Relieve neutro (Llanuras y mesetas)
Relieve negativo (Valles)

* Sólo fragilidad en este parámetro no se mide la calidad

6.2.2. Determinación del peso absoluto entre parámetros

Estos parámetros, debido a su importancia sobre determinadas formas, no poseen el mismo peso para determinar la calidad global del paisaje. Por lo mismo se asignó a cada uno de estos el peso del parámetro en cuanto a la contribución de este con respecto al valor paisajístico propuesto por Centeno et al, (1994). El peso de cada parámetro con respecto a la calidad y la fragilidad son los siguientes (Tabla N° 16):

Tabla N° 16: Pesos para cada parámetro

	Parámetro
Calidad	Complejidad Topográfica
	Desnivel
	Vegetación y Usos
	Masas de Agua
	Actuaciones (*)

	Parámetro
Fragilidad	Complejidad Topográfica
	Desnivel
	Vegetación y Usos
	Masas de Agua
	Actuaciones (*)
	Accesibilidad
	Incidencia Visual

(*) Equivalente a acciones humanas.

Fuente: Elaboración Propia en base a Centeno et al (1994)

Así, se tiene en la columna principal los elementos geomorfológicos, y en la fila de la matriz los parámetros mencionados. Una vez obtenidos los valores de los parámetros y establecidos en la matriz, se procede al cálculo de los índices de calidad (Vc) y fragilidad (Vf) a partir de las siguientes expresiones:

$$Vc = \sum Pic \times Vic / \sum Pic$$

$$Vf = \sum Pif \times Vif / \sum Pif$$

Donde Pic es el peso del parámetro i para calidad y Vic el valor del parámetro para calidad. Por su parte, Pif es el peso del parámetro i para fragilidad y Vif el valor del parámetro para fragilidad.

Siguiendo con los valores obtenidos y en la misma matriz, ahora con los valores de calidad y fragilidad, se establece la Calidad Total del paisaje (Cp), mediante la combinación de los dos índices antes mencionados:

$$Cp = 2 Vc + Vf / 3$$

Tabla N° 17: Ejemplo de llenado de tabla con parámetros, valores de calidad y fragilidad

Unidades / Parámetros	Relieve y Complejidad	Desnivel	Vegetación y Usos	Masas de Agua	Actuaciones	Accesibilidad	Incidencia Visual	Calidad (Vc) / Fragilidad (Vf)	Calidad Total del Paisaje Cp
Cono Mapocho		3x1			5x2			$\frac{\sum Pic \times Vic}{\sum Pic}$	CP = 2Vc + Vf/3
Cono Maipo		2x3			2x2	2x3		$\frac{\sum Pif \times Vif}{\sum Pif}$	
Categoría 3		3x1			1x5				
Categoría 4		2x3			1x2				
		valor para calidad			peso para calidad				
		valor para fragilidad			peso para fragilidad				

Para el caso ejemplificado se toma como referencia los nombres de las unidades geomorfológicas aparecidas en el recuadro, las cuales cumplen solo la función para ilustrar la metodología, por lo mismo en lugar de tomar 4 unidades geomorfológicas solo se tomaron 2 quedando la categoría 3 y 4 libres. El número de las categorías que deben ser incluidas en la columna Unidades es definida en cuanto a las distintas unidades geomorfológicas que se utilicen. Fuente: Elaboración Propia en base a Centeno et al (1994)

El siguiente paso es convertir estos valores en cinco categorías, esta conversión se realiza en base a la media Cp (Cpm) y la desviación típica (Scp), para obtener el rango de Calidad Total (Cp). (Ver Tabla N° 18)

Tabla N° 18: estimación de rangos de Calidad Paisajística

Rango de valor de CP de la unidad	Categoría
$Cpm - 1,25 Scp < Cp \leq Cpm - 0,75 Scp$	1
$Cpm - 0,75 Scp < Cp \leq Cpm$	2
$Cpm < Cp \leq Cpm + 0,75 Scp$	3
$Cpm + 0,75 Scp < Cp \leq Cpm + 1,25 Scp$	4
$Cpm + 1,25 Scp \leq Cp$	5

Así se obtiene el valor y rango correspondiente a la calidad total del paisaje, donde 5 representa un alto valor de calidad y 1 un bajo valor de calidad.

Posteriormente se realiza una descripción de los principales elementos antrópicos presentes en el área de estudio, con el fin de estimar los impactos de la intervención humana en el paisaje, los cuales son relevantes para determinar un uso de suelo específico.

Finalmente se desarrolla un mapa integrado con propuesta de zonificación y determinación de los potenciales usos urbanos junto a las restricciones y recomendaciones pertinentes.

Las categorías a determinar son los criterios básicos para la elaboración de las normas generales relativas a los elementos y procesos del medio, actividades humanas; y particulares o por categorías de ordenación (Gómez Orea, 1994).

7- RESULTADOS

Estos consideran el análisis y revisión de los siguientes aspectos:

7.1 Caracterización de las Unidades Geomorfológicas del área de estudio.

7.2 Relación de influencia e interacción de la geomorfología con:

- 7.2.1. La Geología, su naturaleza y estado desde el punto de vista de la erodabilidad.
- 7.2.2. Los Suelos, su uso y la erodabilidad.
- 7.2.3. Los procesos hidrológicos imperantes.
- 7.2.4. La Precipitación y la erosividad pluviométrica.
- 7.2.5. La cobertura vegetal y su rol morfodinámico.
- 7.2.6 Riesgos Geomorfológicos
- 7.2.7. Potencial Erosivo integrado

7.3 Calidad Paisajística e impactos de la Intervención Humana.

7.4 Estimación de las variables descritas y su relación con las características geomorfológicas para su inclusión en el Ordenamiento Territorial.

7.1 Caracterización de las Unidades Geomorfológicas del Área de Estudio

Dentro de las unidades geomorfológicas que se diferencian en la cuenca de Santiago y que por sus características, antecedentes y proceso evolutivo, tienen una directa relación con el establecimiento de diversas restricciones y recomendaciones para un mejor aprovechamiento en un futuro uso urbano de este sector, destacan las mencionadas en Araya – Vergara (1985) y Soto et al (2007). Desde esta perspectiva, se reconocen en el área de estudio las siguientes unidades geomorfológicas: (Ver Mapa N° 3)

a) Conos de Deyección

Los sedimentos ubicados en la depresión central son aportes detríticos generados en edades glaciales en las vertientes extraglaciales de cordillera (Araya – Vergara, 1985), mediante proceso crioclástico, los cuales fueron transportados hacia la depresión intermontana en los periodos de deshielo, debido al aumento del caudal de los cursos fluviales proveniente de la fusión de la nieve.

La mayor parte de los sedimentos que rellenan la cuenca provienen de la hoya del Maipo superior, siendo el abanico de este río el de mayor tamaño dentro de la Depresión Intermedia. El cono del río Mapocho, segundo en tamaño, ha sido acotado en cierta medida por el cerro San Cristóbal y el mismo abanico del Maipo (Fernández, 2001), pero posee continuidad hasta el sector de Pudahuel. Ambos conos limitan entre sí en el cauce fluvial Zanjón de la Aguada, hoy en día canalizado. Araya-Vergara (1985) estima dividir al cono del Mapocho en 2 fracciones, la *proximal* (desde la zona de el Arrayán en su ápice, hasta el Cerro San Cristóbal), y la *distal* que se extiende unos 12 Km. desde los cerros San Cristóbal y Santa Lucía hasta los mantos de cenizas volcánicas de Pudahuel (Araya-Vergara, 1985), siendo este último sector el que se encuentra en el área de estudio. Se componen de ripios, gravas y cierto contenido de arena, sufriendo recurrentes episodios fluviales y diversos procesos de pedogénesis a lo largo de su formación.

El comportamiento de estas formas ante eventos que puedan causar algún tipo de riesgo natural se ve diferenciada de acuerdo a la ubicación en que se emplace los posibles componentes urbanos y que puedan ser afectados por estos eventos. En cuanto a las características de los materiales a lo largo de estas formas, en la zona proximal de los conos, y por una distribución hidráulica, los materiales son de mayor calibre, por lo que poseen un mayor drenaje que las zonas distales, donde los materiales son más finos; así, mientras mayor sea la distancia del material con

respecto al exutorio de la cuenca que aportó los materiales del cono, mayores problemas de drenaje poseerá, causando problemas hídricos asociados al mal escurrimiento del agua.

b) Cineritas de Pudahuel

Corresponden a depósitos de cenizas originadas por flujos piroclásticos que rellenaron la cuenca y posteriormente, fueron erosionados y redepositados por actividad fluvial, generándose secuencias con cenizas muy puras, así como también en casos con abundante mezcla de sedimentos en formas de suaves lomajes y terrazas (Fernández, 2001). Asociados principalmente a volcanismo del complejo volcánico Caldera del Diamante, son depósitos que temporalmente corresponden a un periodo anterior a la formación de los grandes conos de la depresión central (Araya – Vergara, 1985). En algunos casos estas lomas y terrazas pueden llegar hasta 30 metros de espesor, y litológicamente son similares a depósitos encontrados en localidades asociados a los valles del Tinguiririca y Cachapoal (González-Ferran, 1995). (Ver Foto N° 1)

Foto N° 1: depósito de pumicita sector Maipú



Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a su estructura, estos depósitos son altamente resistentes a la erosión, ya que poseen una gran compactación debido al tratamiento hídrico que sufrieron; sin embargo son depósitos altamente caóticos en profundidad (Araya – Vergara, 1985).

En la sección más occidental, esta terraza de cineritas se ve dividida en dos sectores, cercanos a la confluencia del estero Colina en el Mapocho, próximos Lomas de Lo Aguirre, hacia ambos costados de las riberas del río, y es la sección de la ribera oriental la que corresponde parte del área de estudio.

c) Sistema de Vertientes: Flanco de Valle Pasivo

En general, la presencia de este tipo de vertientes se da en ambientes de media y baja montaña, propias del secano costero interior, con relieves suavizados, poca pendiente, donde predomina la vegetación de tipo estepa arbustiva (Soto et al, 2007). En el área de estudio se ve reflejado principalmente por los cerros de Lo Aguirre y algunos cordones de la Cordillera de la Costa que se extienden hacia el sur y cuyas estribaciones orientales y depósitos alcanzan el área de estudio desde la línea de altas cumbres descendiendo hacia el oriente y sur oriente en una superficie regular y lisa (Araya - Vergara, 1985).

d) Sistema de Vertientes: Flanco de Valle Activo

Este tipo de unidad geomorfológica se ubica en las estribaciones cordilleranas en el sector de Cuesta Barriga. Es una forma con superficie rugosa, causada por una profunda disección; una erosión evidente, regolitos móviles o suelos remanentes y materiales en curso; son estas vertientes las que poseen una mayor relación con la dinámica reciente y actual de los talwegs (Araya - Vergara, 1985).

e) Glacís de Derrame

Este tipo de Glacís está asociado a la acción de lavado de materiales finos provenientes de los depósitos aportados por las laderas de las estribaciones de los cerros de la Cordillera de la Costa, además de poseer una menor pendiente con respecto a los conos y talud coluvio-deyeccionales.

f) Conos torrenciales de rinconadas

De menor tamaño que los Conos del Maipo y Mapocho, de características locales, su génesis se asocia de manera sincrónica con la formación de los grandes conos del piedmont en edades más húmedas que la actual. Hoy en día este tipo de conos son sistemas torrenciales desde el punto de vista hidrológico, pero que morfogenéticamente afectan sólo a los materiales finos, sustentando vegetación natural, cubiertos por suelo (Araya - Vergara, 1985).

g) Conos coluvio-deyeccionales

Conos y taludes cuyos sedimentos fueron acumulados en la base y laderas de los cerros asociados a los flancos de valle activos de las estribaciones de la Cordillera de la Costa, son depósitos altamente heterogéneos que han sido movilizados por acción gravitacional e hídrica (Fernández, 2001).

h) Terraza Fluvial

Para el área de estudio, se ha reconocido una la terraza aluvial de origen pleistocénico (Soto et al, 2007), la cual comienza a destacarse desde la comuna de Maipú hasta la confluencia del Mapocho con el río Maipo por el sector poniente del río, en diversos tramos de aquella ribera del corredor del río. En cuanto a las características de este depósito, los sedimentos corresponden básicamente a ripios y gravas, con matrices areno-arcillosas y en los cuales también se aprecia la existencia de bolones (Milovich, 2000).

i) Relleno Artificial

Corresponde a todo tipo de relleno y depósito efectuado por el hombre, los cuales corresponden a distintos tipos de materiales, desde escombros hasta basura orgánica e inorgánica, los cuales muchas veces son tratados para que formen terrazas y terraplenes. Por no poseer mayormente un grado de compactación, son suelos no recomendados por poseer serias posibilidades de estar asociados a riesgo por remoción, además poseen mal comportamiento ante eventos sísmicos y la permeabilidad es muy variable.

Foto N° 2: Basural que rellena talud de Cono Aluvial



Fuente: Elaboración Propia

j) Diferencias Geomorfológicas a nivel de cauce:

j - 1) Canales Anastomosados

Este tipo de escurrimiento fluvial se aprecia a partir del paso del río por la comuna de Peñaflores hasta el límite del área de estudio en El Monte, donde el curso del río se divide en varios brazos dentro de una caja fluvial más amplia que en la zona de balance de disección negativo. Existe la aparición de diversos bancos caracterizados por ripios, rodados y gravas, donde en algunos casos, como se aprecia en la zona de Talagante, se efectúan actividades de extracción de áridos. Por lo tanto, se ve reflejado un pretérito aporte de sedimentos desde aguas arriba a esta zona. (Ver Foto N° 3)

Foto N° 3: extracción de áridos en Talagante



Fuente: Elaboración Propia

j - 2) Cauce con escurrimiento concentrado o unicanal

Este tipo de escurrimiento se aprecia principalmente en el norte del área de estudio, donde el río escurre en un solo cauce, casi encajonado por los escarpes de la terraza de cineritas y terraza fluvial. En esta zona el cauce del río se aprecia poco ancho y en algunos tramos se observa una gran profundidad relativa de éste en relación con el resto del tramo del río.

j - 3) Cauce meándrico

Este tipo de escurrimiento se da principalmente desde la zona de Lomas de Lo Aguirre hasta la zona de Rinconada de Maipú, la cual presenta en distintas amplitudes, zonas de meandros, generando erosión lateral en los escarpes de las riberas externas de estos, y depositación en las orillas internas o de sedimentación.

Foto N° 4: Sección de río con características meándricas



Fuente: Elaboración Propia

j - 4) Antiguos cauces o talvegs

Este aspecto se toma en consideración debido a la identificación de algunos antiguos cauces o quebradas en unidades geomorfológicas. La importancia de la identificación de estos elementos tiene relación con una posible utilización de estos cauces propiciados por determinados eventos climáticos, por lo mismo, se han de tomar en consideración por problemas asociados a inundaciones.

Principalmente se han detectado algunos sectores del Cono del Maipo, en donde se han identificado, a través del análisis detallado de las curvas de nivel, diversos lechos abandonados por donde puede volver a escurrir el agua, las que aparentemente desembocarían en el Río Mapocho, causando posibles inundaciones en las zonas asociadas a esta confluencia.

Otro sector en el cual se puede apreciar esta problemática, se encuentra en la comuna de El Monte, donde la actual trama urbana se vería afectada por posibles inundaciones, asociado a un antiguo cauce del Río Mapocho.

La existencia en algunas zonas de Terraplenamiento Fluvial, donde las curvas de nivel presentan inflexiones, da cuenta de un antiguo escurrimiento del Río Mapocho en esos

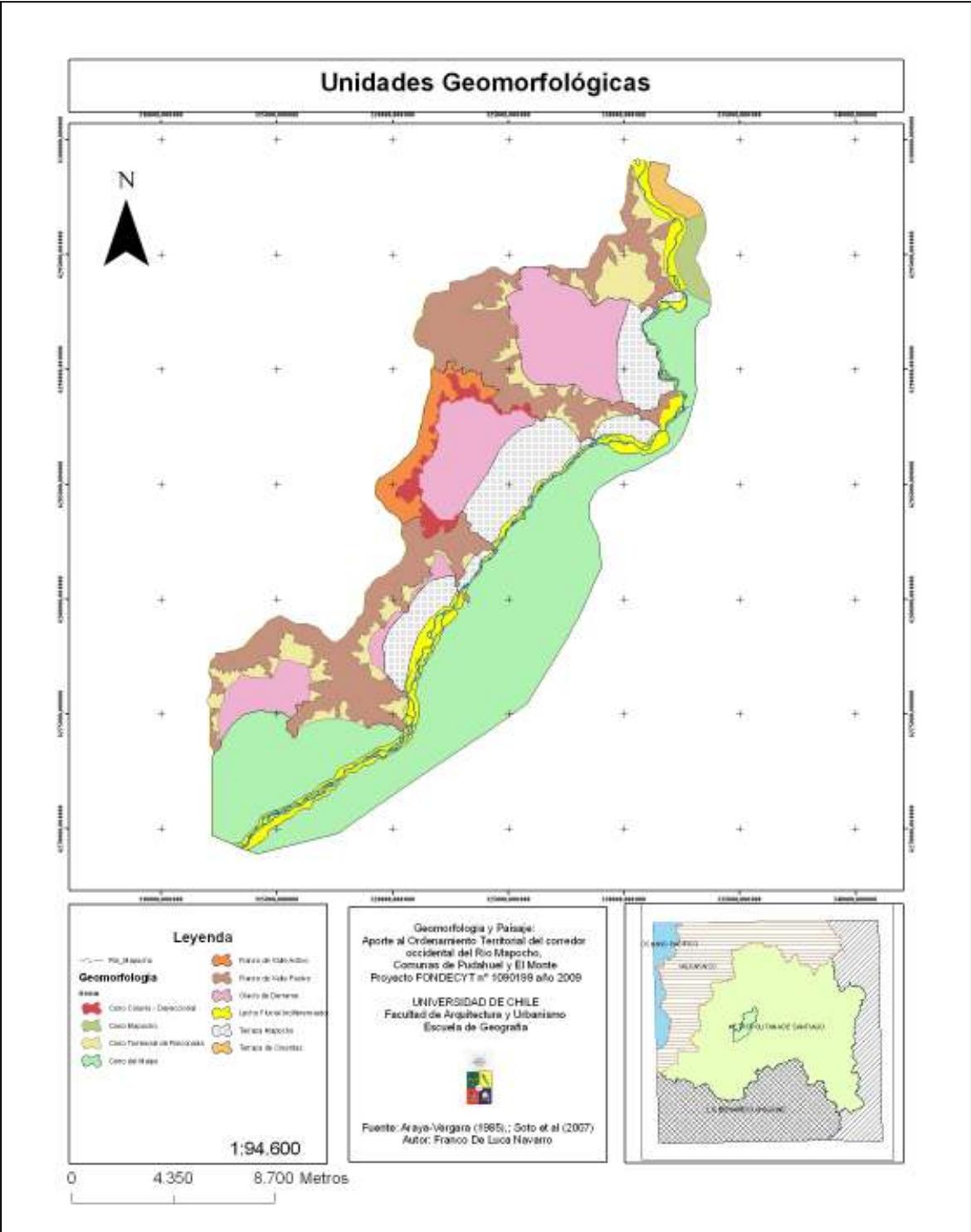
puntos, los cuales fueron parcialmente rellenados en el periodo que ocurrió el terraplenamiento. Estos mismos cauces son considerados como posibles vías en que los flujos de agua, tanto superficiales como de origen subterráneo, pueden acumularse generando pequeños humedales lineales o bien, según el aporte hídrico, escurrir y provocar inundaciones.

Foto N° 5: Zonas bajas donde se aprecia terrenos abandonados debido a su utilización episódica por el río.



Fuente: Elaboración Propia

Mapa N°3:



7.2 Relación de influencia e interacción de la Geomorfología con:

7.2.1 La geología, su naturaleza y estado desde el punto de vista de la Erodabilidad

7.2.1.1 Geología existente en el Área de estudio

Se describen las características de los depósitos y formaciones que se encuentran en el área de estudio, así como los aspectos relacionados con las zonas de inestabilidad de laderas. Dentro de los primeros, cabe mencionar la existencia principalmente de depósitos cuaternarios relacionados a una acción de tipo fluvial, para la cual se destacan aquellos cuyo transporte y sedimentación corresponden geomorfológicamente a los asociados a la terraza fluvial del río Mapocho, así como también a los depósitos generados por las variaciones glaciares e interglaciares.

Con respecto a las características de los depósitos de mayor antigüedad, éstos se ubican en los cordones y estribaciones montañosas correspondientes a la Cordillera de la Costa, en las zonas de flanco de valle pasivo y activo, teniendo especiales características en cuanto a sus componentes sedimentarios y elementos particulares como afloramientos hidrotermales; así las características correspondientes a cada depósito y formación geológica del área de estudio son los siguientes:

Tabla N° 19: Geología del área de estudio (Ver Mapa N° 4)

Qr (Holoceno)	Relleno artificial, son depósitos heterogéneos, macizos, constituidos por residuos urbanos, industrial o minero.
Qf (Holoceno)	Depósitos Fluviales, no consolidados, asociados al curso del Río Mapocho, donde predominan las gravas compuestas por fragmentos de rocas volcánicas e intrusitas, bien redondeadas y de baja esfericidad.
Qfa(1) (Pleistoceno - Holoceno)	Depósito fluvial antiguo, pobremente consolidado, aterrizados, con alturas entre 3 y 20 m sobre el curso fluvial actual; la cobertura del suelo bien desarrollada con vegetación silvestre o cultivos.
Qfa(2) (Pleistoceno - Holoceno)	A diferencia del anterior, son depósitos ubicados en cauces abandonados o esporádicamente inundados en épocas de crecidas. Se aprecia una delgada capa de suelo y el desarrollo vegetacional es incipiente
Q1 (Pleistoceno - Holoceno)	Son depósitos de origen aluvial, coluvial, y de movimientos en masa incluidos los de origen volcánico. En una menor medida son procedentes de procesos fluvioglaciales.
Qc (Holoceno)	Depósitos coluviales, sedimentos polimícticos mal seleccionados, ubicados en las faldas y a los pies de los cerros, en los costados de quebradas y en pequeños valles intermontanos. Están compuestos por clastos y bloques centimétricos a milimétricos, movilizados por gravedad. Escombros de faldas con pendientes de alrededor 10°

PI3t (Pleistoceno)	Depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso. En la Depresión Central y valles de la Cordillera Principal, regiones V a VII: Ignimbrita Pudahuel y Toba Loma Seca son los depósitos más característicos.
Qamo (Plioceno - Pleistoceno Superior)	Depósitos aluviales del Río Mapocho.
Ksg (Cretácico Superior)	Monzodioritas, granodioritas, gabros y dioritas de piroxeno, biotita y hornblenda; pórfidos andesíticos y dioríticos ubicados en la Cordillera de la Costa correspondiente a la Región Metropolitana.
Ki2c Cretácico Inferior-Cretácico Superior	Secuencias sedimentarias y volcánicas continentales, con escasas intercalaciones marinas: brechas sedimentarias y volcánicas, lavas andesíticas, ocoítas, conglomerados, areniscas, limolitas calcáreas lacustres con flora fósil; localmente calizas fosilíferas marinas en la base. En Cordillera de la Costa, regiones IV, V y Metropolitana: formaciones Quebrada Marquesa y Veta Negra.
Kia2 (Cretácico Inferior Alto - Cretácico Superior Bajo)	Secuencia de rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas asociadas a las formaciones Cerrillos, Viñita (occidental) y Las Chilcas.
Kiag (Cretácico Inferior Alto - Cretácico Superior Bajo)	Dioritas y monzodioritas de piroxeno y hornblenda, granodioritas, monzogranitos de hornblenda y biotita en la Cordillera de la Costa, regiones V a X
Kdm (Cretácico Inferior (Neocomiano))	Stocks dioríticos de anfíbola-piroxeno. Son rocas de grano medio a grueso, pertenecientes a las formaciones Lo Prado y Veta Negra
Ki2m Cretácico Inferior (Neocomiano)	Secuencias volcánicas y sedimentarias marinas: lavas andesíticas y basálticas, tobas y brechas volcánicas y sedimentarias, areniscas y calizas fosilíferas. En Región Metropolitana: Formación Lo Prado
CPg Carbonífero-Pérmico (328-235 Ma)	Granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas, de hornblenda y biotita, localmente de muscovita
DC4 Devónico-Carbonífero	Metaareniscas, filitas y, en menor proporción, mármoles, cherts, metabasaltos y metaconglomerados; metaturbiditas con facies de 'mélange'

Fuente: Elaboración Propia

- *Formación Las Chilcas (Aptiano - Albiano):*

Es una secuencia volcánica y sedimentaria de 1800m de espesor máximo. Está intruida por rocas plutónicas del cretácico superior. En su base, se compone principalmente de lavas andesíticas y dacíticas. La parte media de la formación se caracteriza por el predominio de productos volcánicos ácidos. Esta sección tiene un espesor variable, de entre 800 a 100 m en zonas como Linderos (Sellés et al, 2001).

Con respecto a las facies sedimentarias intercaladas de esta formación, dan cuenta de un ambiente depositacional de tipo lacustre esporádico y marino de cuenca somera restringida. Esta cuenca asociada a una subsidencia habría estado relacionada a una probable falla de crecimiento, las mismas que explicarían la variación en el espesor de la zona media.

- *Formación Lo Prado. Kilp (Berriasiano - Hauteriviano):*

Secuencia volcánica con intercalaciones sedimentarias marinas, de aproximadamente 1.500m de espesor, la cual subyace concordante a la Formación Veta Negra. Se presentan extensas aureolas de metamorfismo de contacto y alteración hidrotermal. Comprende tobas de lapillo compuesta por fragmentos dacíticos y andecíticos en una matriz cinerítica-vítrea con textura fluida. Las intercalaciones sedimentarias que presenta esta formación se concentran principalmente en el techo de esta, la cual se compone de calizas y areniscas calcáreas, lutitas y conglomerados, depósitos que alcanzan un espesor de unos 800m en el sector de Cuesta Barriga. La secuencia representa depósitos acumulados en un ambiente marino litoral, con actividad volcánica explosiva intermedia a ácida, y de carácter ignimbrítico (Sellés et al, 2001).

- *Formación Veta Negra (Barremiano - Aptiano):*

Esta formación se caracteriza por ser una secuencia lávica, subvolcánica y piroclástica, intermedia a ácida, con escasas intercalaciones sedimentarias. Posee un espesor estimado de 800m y está intruida por plutones de lavas porfídicas e intrusitos andesíticos con grandes fenocristales. En Cuesta Barriga, la secuencia volcánica puede alcanzar unos 500m de espesor, compuesto principalmente por lavas andesíticas de anfíbola y piroxeno, afaníticas y porfídicas macizas, y en menor medida, por tobas de lapillo andesítica a dacíticas de textura fluida.

- *Ignimbrita Pudahuel (Pleistoceno medio)*

Depósito de flujo piroclástico macizo, que afloran en la depresión Longitudinal, en la Cordillera de la Costa y en la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes, a lo largo de los valles de los ríos Maipo y Cachapoal. En Argentina, afloran en el margen oriental de la Precordillera, a lo largo del valle del río Papagayos. En el área de estudio se extienden desde Pudahuel y Maipú y limitan hacia el oeste con la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa. Cubre depósitos aluviales de los ríos Mapocho y Maipo y del estero Lampa, y está formada por tobas riolíticas de ceniza y pómez de hasta 15 cm. de diámetro, escasa biotita, líticos accidentales y restos de madera carbonizada

se encuentran suspendidos en la matriz. En ciertos sectores presenta retrabajo debido a acción fluvial.

- *Formación Toba Loma Seca (Pleistoceno medio)*

Asociado a la erupción de la caldera del Calabozo (Región del Maule) produjo los mayores flujos de cenizas que formaron depósitos de magma de alrededor de 150 a 300 kilómetros cúbicos.

- *Formación Quebrada Marquesa (Neocomiana superior – Albiana superior)*

En la sección inferior de la Formación Quebrada Marquesa es lenticular, sedimentario, compuesto por margas, calizas estromatolíticas, areniscas y conglomerados con niveles locales de yeso estratificado. Presenta un ambiente húmedo y cálido con alta evaporación en una zona costera, determinado por intercalaciones margosas-calcáreas con foraminíferos y niveles evaporíticos que indican un equilibrio entre un ambiente transicional y continental, en cambio, un color rojo de los sedimentos, una abundante cantidad de fósiles vegetales, por niveles de estromatolitos y de yeso nos indican un clima subtropical. Determinando todo este conjunto el ambiente ya nombrado.

En la sección superior de la Formación Quebrada Marquesa, compone un 95% de los afloramientos de esta. Formado por una alternancia de andesitas, brechas piroclásticas, volcarenitas y conglomerados, de color rojo, con niveles blanquecinos en las que se aprecia una buena estratificación. Presenta un ambiente de depositación continental dominado por una intensa actividad volcánica y otra de erosión, indicada por la alternancia de estratos volcánicos y sedimentarios. También existe la presencia de escasos niveles lenticulares de calizas que sugieren ocasionales y localizados episodios lacustres.

- *Formación Cerrillos*

Está constituido principalmente por rocas clásticas y volcánicas continentales. La sección inferior se compone casi en su totalidad de conglomerados volcánicos, con clastos de carácter porfídico, con buen redondeamiento y mala selección, en una matriz de arenisca tobácea. En la porción basal hay un predominio de areniscas tobáceas, mientras que hacia el techo se observan principalmente calcilutitas, lutitas y areniscas.

La sección superior sobreyace concordantemente a la sección inferior. Está constituida por lavas andesíticas, tobas y brechas, con predominio de las dos últimas, principalmente en la parte media de la sección. Hacia el techo del miembro, las facies varían a conglomerados, areniscas tobáceas y calizas lacustres.

- *Formación Viñita (Albiano superior – Coniaciano inferior)*

Es una unidad predominantemente continental con rocas sedimentarias y volcánicas andesíticas. Esta secuencia es discordante angularmente con la Formación La Marquesa.

7.2.1.2 Erodabilidad según características geológicas:

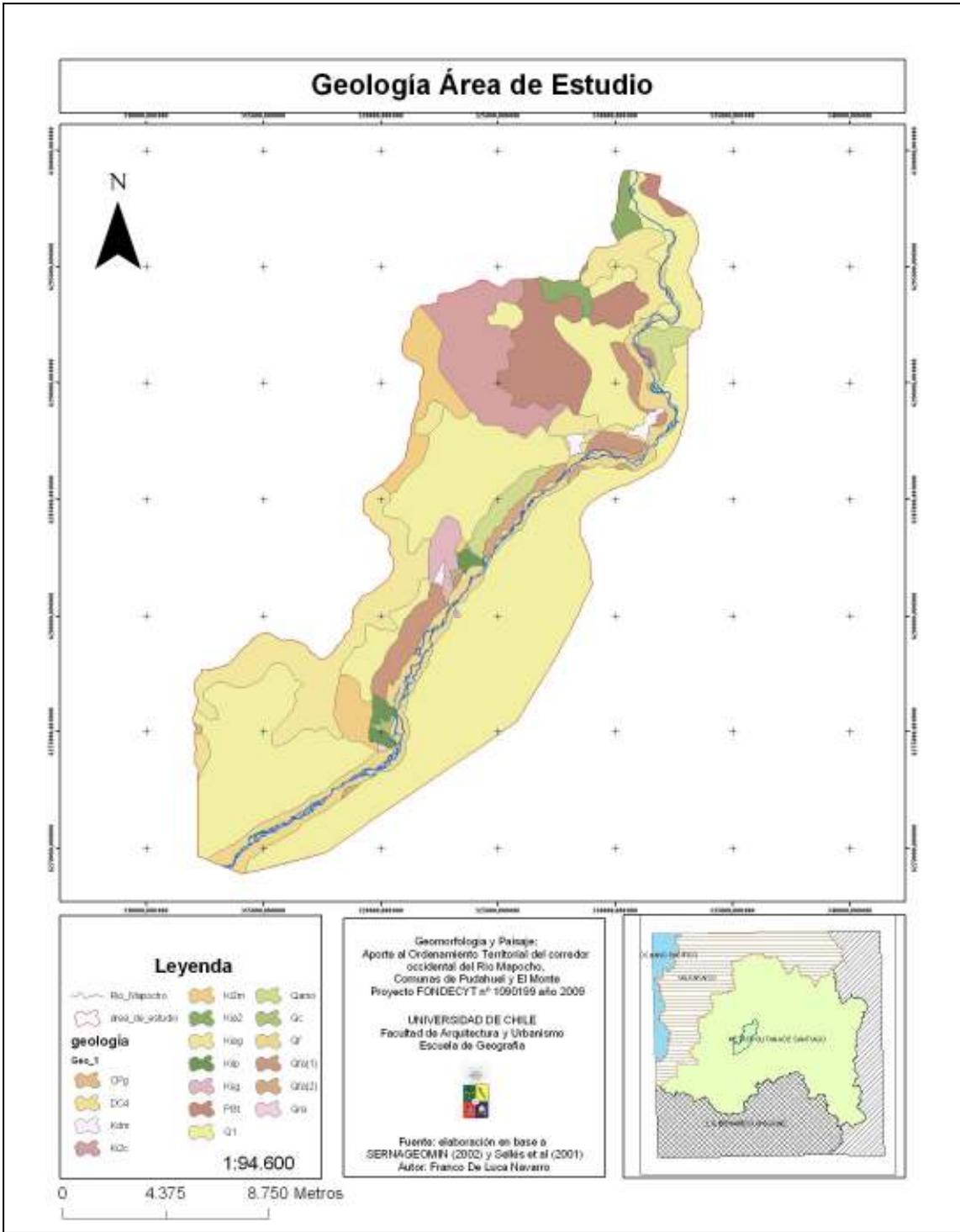
Las morfologías que se asocian a unidades geológicas correspondientes al Cretácico, pertenecientes a rocas ígneas de características intrusivas, poseen mayor homogeneidad y compactación, lo que aumenta su resistencia a ser erosionadas. Las formaciones como Lo Prado (Kilp) son mayormente erosionables debido a que muchas de estas formaciones presentan alteraciones hidrotermales y afectación tectónica, lo que facilita los desprendimientos de las laderas.

En cuanto a los depósitos fluviales cuaternarios, son clasificadas como fácilmente erosionables, debido a la heterogeneidad de sus depósitos, poca compactación y baja cementación, lo que permitiría una fácil erosión por parte de la escorrentía superficial; de esta manera, las formaciones geológicas que poseen mayor resistencia as erosionadas poseen rangos bajos (1 – 2) y las que presentan menor resistencia son las que se ubican en rangos mayores (4 ó 5). (Tabla N° 19).

Tabla N° 20: Erodabilidad según Formaciones Geológicas

Formaciones geológicas	Erodabilidad
Ksg, Ki2c, Kia2, Kiag, Kdm, Ki2m	1
Qf, Qfa(1)	2
Qfa(2), PI3t	3
Q1, Qc, Qamo	4
Kilp, F. Lo Prado, DC4	5

Mapa N° 4:



7.2.1.3 Movimientos de laderas

Los movimientos de laderas se dan generalmente por causas naturales, pero también están asociados a acciones humanas tales como: cortes en laderas para la construcción de carreteras, vías de tren, minería, etc., actividades las cuales pueden causar serios daños y pérdidas de tipo económico, paisajístico y humano. Entre las consecuencias se puede destacar cortes en vías de comunicación, ruinas de edificios y poblaciones, destrucción de parques y bosques.

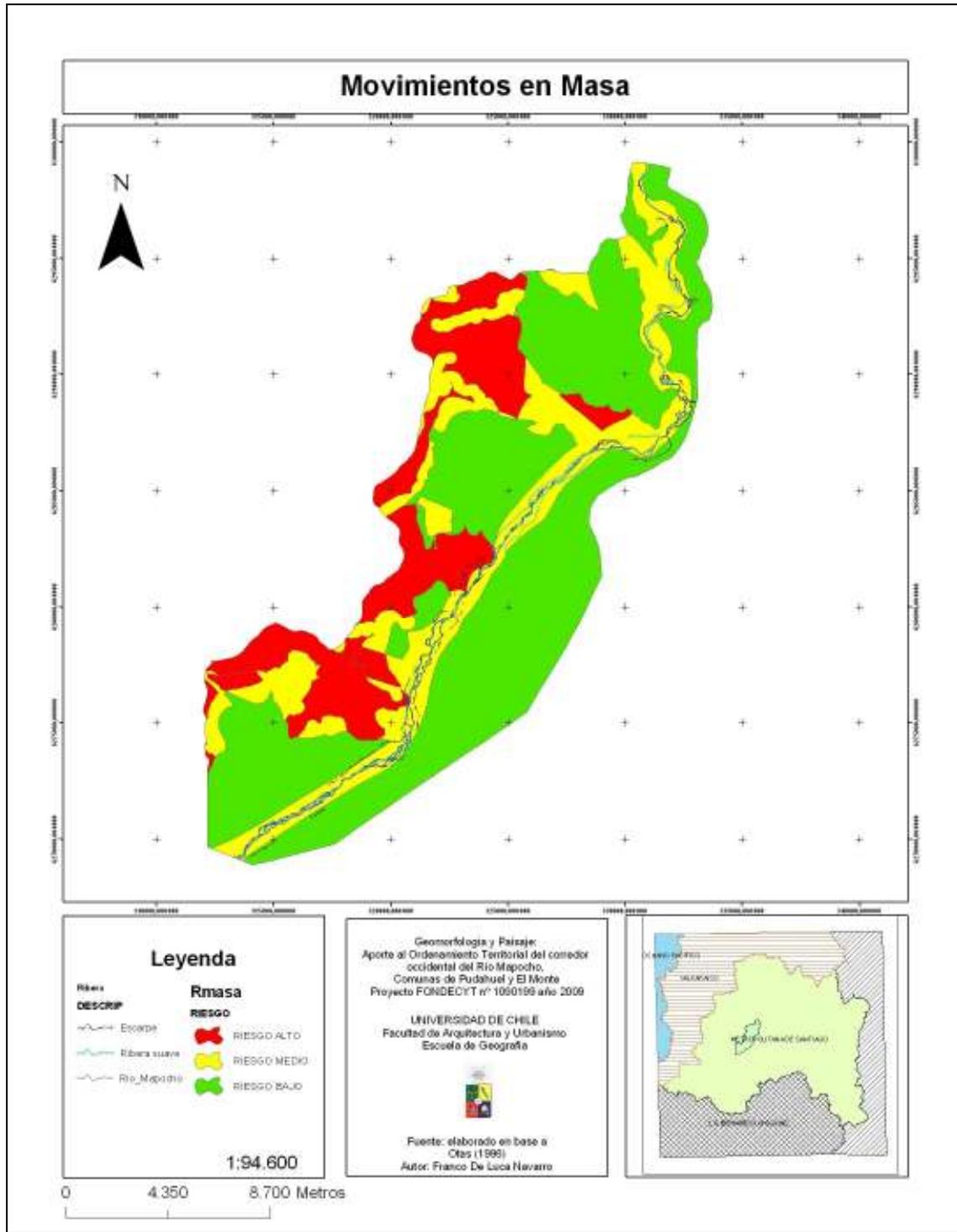
En el área de estudio se evidencia que gran parte de las zonas asociadas a riesgos por movimientos en masa se ubican principalmente en los sectores con mayores pendientes, correspondientes a estribaciones de los cordones de cerros de La Cordillera de la Costa, los cuales entran en contacto con el cauce (Ver Mapa N° 5). En estos sectores es donde se distingue un alto nivel de riesgo, determinado por las características particulares de estos cerros, constituido por rocas de orígenes terciarios, asociados a las Formaciones las Chilcas, Lo Prado y Veta Negra, formaciones que varían de acuerdo a la composición de estos, con características volcánicas, sedimentarias y a la cual se puede asociar también zonas de metamorfismo de contacto y alteración hidrotermal. Estas zonas, por su antigüedad y por las modificaciones que pueden experimentar como consecuencia de los efectos hidrotermales, principalmente en la Formación Lo Prado, son consideradas como laderas susceptibles a movimientos en masa, lo que se evidencia en la existencia de rastros de antiguos derrumbes. Asociado a estos cerros, en sus faldas se distingue un nivel medio de riesgo debido a la relación que existe entre la caída de los materiales desde las faldas y el socavamiento lateral que provoca el río Mapocho (Ver Foto N° 6).

Foto N° 6: Zonas de derrumbes en laderas producto de socavamiento lateral en situaciones de crecidas del Río Mapocho



Fuente: Elaboración Propia

Mapa N° 5:



7.2.2 Características de los suelos, su uso y erodabilidad.

7.2.2.1 Órdenes y Series de Suelos

Las propiedades físicas de los suelos ayudan a entender el comportamiento de las distintas unidades geomorfológicas frente a los fenómenos de movimientos en masa, inundaciones, contaminación de acuíferos o resistencia erosiva. Así las características de los suelos son importantes para el sostenimiento de las actividades humanas, ya sea por las actividades que lo utilizan como fuente de materia prima y proveedor de recursos, o como soporte para el uso residencial e industrial (Gonzalez, 2005). En el área de estudio se distinguen los siguientes órdenes de suelo:

- **Mollisols:** Son los suelos profundos, con un horizonte superficial negro, rico en materia orgánica, que se han formado en condiciones de estepa o de pradera. Son suelos fértiles que, con adecuado manejo, pueden producir rendimientos muy elevados
- **Alfisols:** Son suelos cuya característica esencial es poseer un horizonte B fuertemente expresado por un incremento de arcilla en relación con el horizonte A. Son suelos que, adecuadamente manejados, pueden llegar a ser muy productivos ya que presentan un buen nivel de elementos nutrientes
- **Inceptisols:** Son suelos con mayor grado de desarrollo que los Entisols, ya que presentan un horizonte B bien definido; incluso pueden tener un horizonte superficial negro con alto contenido de materia orgánica.

Asociados a estos Órdenes de suelos se señalan las siguientes Series de Suelos encontradas en el área de estudio (Tabla N° 21):

Tabla N° 21: Ordenes y las series de suelo que corresponden a estos.

Orden de Suelo	Nombre de Serie
Mollisols	Agua del Gato
	Challay
	Chifigue
	Codigua
	Cuesta Barriga
	La Higuera
	Lampa
	Lo Aguirre
	Lonquén
Mollisols	Maipo
	Mapocho
	Pahuilmo
	Peumo Lo Chacón
	Pudahuel
	San Diego
	Santiago
	Valdivia de Paine
Alfisols	Lo Vasquez
Inceptisols	Las Perdices
	Mansel
	Rinconada Lo Vial

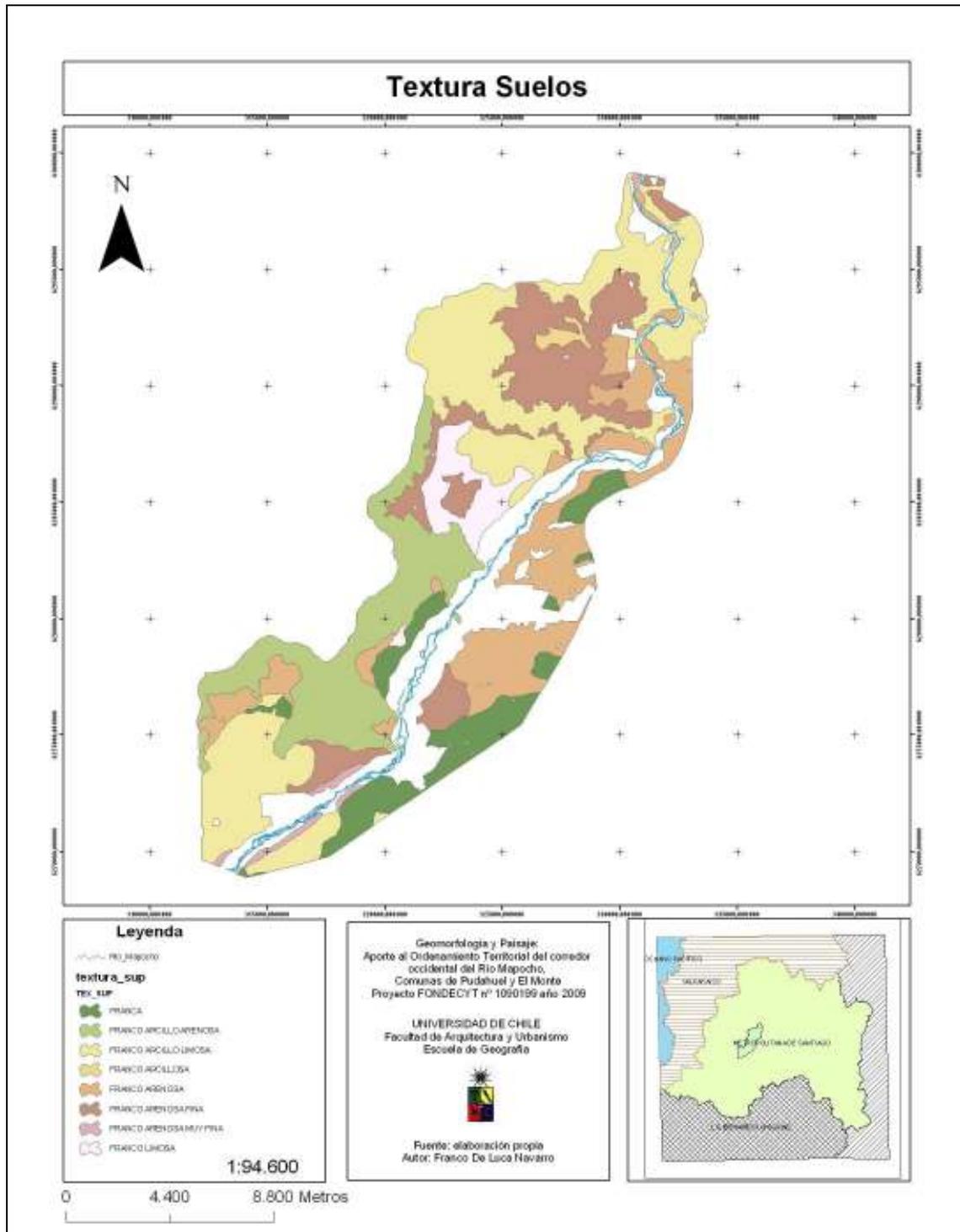
Fuente: Elaboración Propia en base a Ciren (1996)

7.2.2.2 Textura

Es el conocimiento de las características en cuanto a la distribución del tamaño de los granos o partículas sólidas que componen la cobertura del suelo (Fernández, 2001). La textura es un elemento que permite realizar algunas estimaciones en cuanto a la permeabilidad de los suelos.

- Suelo arcilloso: Como primer aspecto a subrayar, vale mencionar que este tipo de suelos presentan una textura fina, con un alto predominio de arcillas (45 % de arcillas, 30% de limo y 25% de arena). Esta composición le permite una elevada retención de agua y nutrientes. No obstante posee una baja porosidad y por lo tanto, la consecuencia lógica es que son suelos que carecen de buenas posibilidades de aireación.
- Suelo arenoso: Estos suelos presentan una textura gruesa, con predominio de arenas (75% arenas, 5% de arcillas y 20% de limo), lo cual les permite una gran aireación, y si bien absorben bien el agua, no tienen capacidad para retenerla, por tanto tampoco conservan los nutrientes, los cuales por lixiviación son arrastrados hacia el subsuelo
- Suelo Limoso: El limo es una clase de partículas minerales de tamaño comprendido entre 0.02 y 0.002 mm. El limo está constituido por partículas de tamaño medio a fino, como el talco. Su composición química es semejante a la de la arena. Al igual que esta, el limo no tiene capacidad de agregación. Sus partículas no forman estructura. No sufren expansión ni contracción.
- Suelo franco: Son aquellos que tienen una textura media (45% de arena, 40% de limo y 15% de arcilla). Estos suelos presentan las mejores condiciones tanto físicas como químicas, siendo los más aptos para el cultivo.

Mapa N° 6:



Desde esta perspectiva, el mapa adjunto muestra el emplazamiento espacial de las distintas series de suelo que se encuentran en el área estudiada. Una de las principales características que se observa es la asociación existente entre las zonas aledañas al cauce del río con los suelos de características arenosas, en los sectores de Lo Aguirre, Padre Hurtado, Peñaflor, y en los bordes del cauce del río en la zona de

Talagante y El Monte. Se aprecia una variación entre suelos franco arcilloso a franco arcilloso fino en gran parte de los sectores mencionados, y franco arcillosa muy fina en las zonas aledañas a los lugares donde el río presenta un escurrimiento mayormente anastomosado, esto debido principalmente a la reducción en la pendiente del eje hidráulico, teniendo como consecuencia ser una zona de depósito del material fino arrastrado por el río. Las zonas franco arenosas se aprecian no solo en el borde del río, sino que se extienden algunos kilómetros hacia los costados del río, por lo que se puede estimar al depósito efectuado por éste en su ribera se efectuó en distintos periodos de tiempo.

En cuanto a los suelos arcillosos, estos se ubican en las zonas asociadas a los cerros de la Cordillera de la Costa, a un material más compacto y duro, asociados a las zonas de vegetación nativa y las zonas de cultivos.

7.2.2.3 Drenaje

El drenaje dice relación con la facilidad con que el agua superficial se infiltra o percola en el suelo, fluye y se moviliza subterránea y gravitacionalmente. Las categorías de drenaje que se distinguen son:

- Muy pobremente Drenado: Son suelos en que el agua es removida de este lentamente, y que tiene como consecuencia que el nivel freático permanezca en o sobre la superficie la mayor parte del tiempo. Este tipo de suelo se caracteriza por ocupar generalmente planos o deprimidos y están frecuentemente inundados.
- Drenaje Imperfecto: El agua es removida del suelo lentamente, se mantiene húmedo por largos periodos. Se caracteriza por poseer capas dentro del pedón que dificultan la infiltración y niveles freáticos altos.
- Drenaje Moderado: El agua es removida lentamente aun así el pedón está húmedo por poca pero significativa parte del tiempo. Posee capas lentamente permeables dentro o inmediatamente bajo el suelo.
- Bien Drenado: suelos en que el agua es removida fácilmente pero no rápidamente. Son suelos que se caracterizan por poseer texturas intermedias, además estos suelos retienen cantidades óptimas de humedad para el crecimiento de las plantas después de lluvias o aporte de agua de riego.

- Excesivamente Drenado: son suelos en que el agua es removida rápidamente, generalmente inclinados, porosos, o ambas condiciones.

Aplicadas estas categorías a las características correspondientes a las series de suelo existentes en el área de estudio, se extraen los aspectos relevantes:

Tabla N° 22: Series y características texturales y de drenaje

Nombre de Serie	Características Generales y Texturales	Drenaje
Agua del Gato	Suelo de características franco arcillo limoso, son suelos de origen lacustre, ligeramente profundos. De topografía plana y con pendientes que no van más allá de 1%.	Drenaje Imperfecto
Challay	Suelo franco arcillo limoso, se caracteriza por ser un suelo delgado, que presenta una ligera pedregosidad en la superficie y ocasionalmente afloramientos rocosos.	Bien Drenado
Chiñigue	Suelo franco, es de origen aluvial, que se presenta ocupando terrazas fluviales, de pendiente plana y en el cual las raíces alcanzan los 80 cm de profundidad.	Bien Drenado
Codigua	Suelo franco arenoso muy fino es de origen aluvial, estratificado y pedregoso. Suelo de color pardo grisáceo muy oscuro puede alcanzar 123 cm. la pendiente no supera el 1%.	Drenaje Moderado
Cuesta Barriga	De características franco arenoso fino, es de origen aluvio coluvial, en un plano ligeramente inclinado con pendientes que llegan al 8% y una profundidad efectiva de 120 cm	Bien Drenado
La Higuera	Serie franco arcillo limosa, son suelos profundos, derivados de sedimentos aluviales mezclados, y donde se aprecia la presencia de conchas de caracol de agua dulce entre los 20 y 70 cm, las que producen una fuerte reacción al ácido clorhídrico.	Bien Drenado

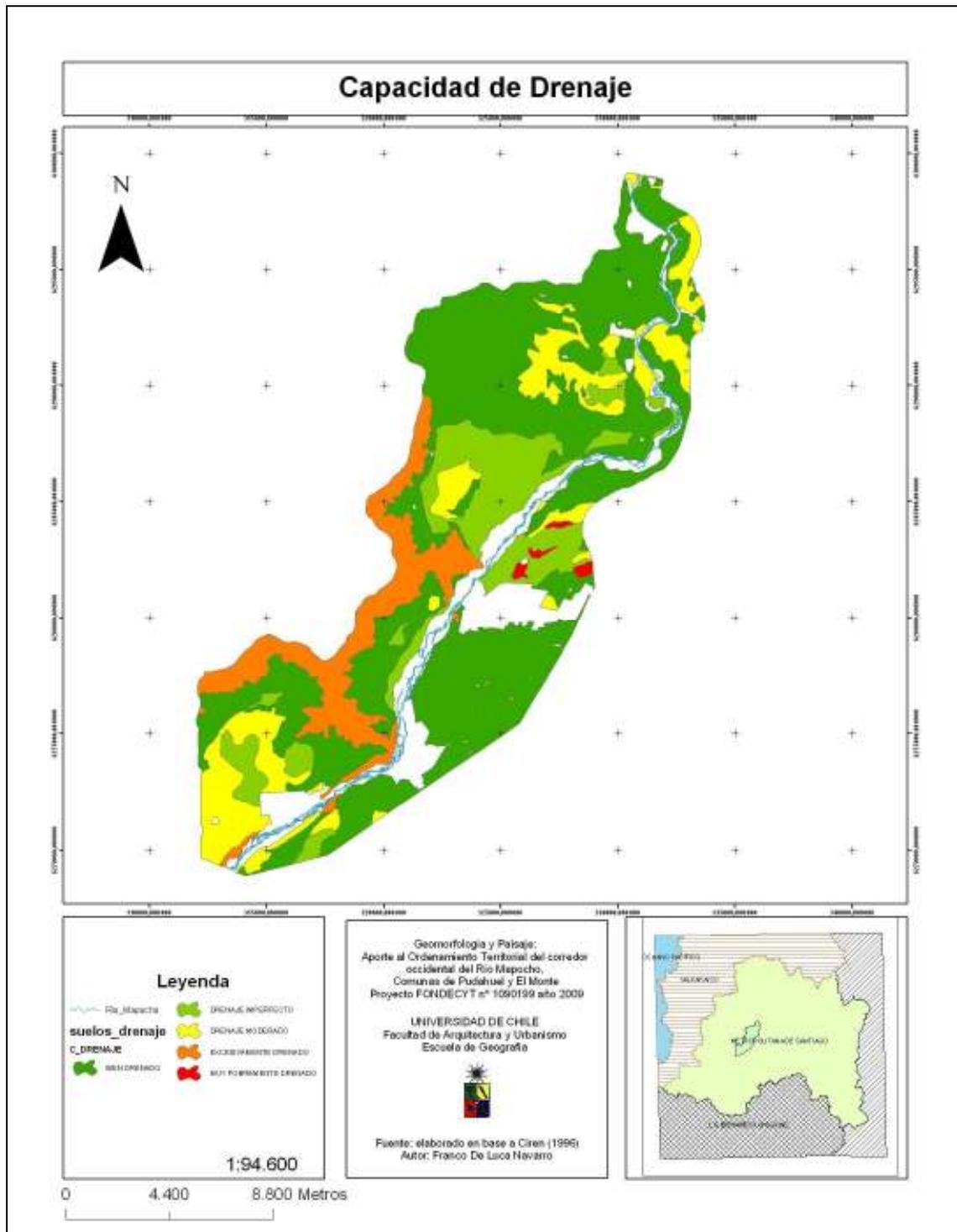
Lampa	Serie franco arenoso muy fino, es estratificado, de origen aluvio coluvial derivado de materiales graníticos con pendientes que alcanzan el 2%. Se caracteriza por poseer un buen drenaje y permeabilidad moderadamente rápida.	Drenaje Moderado
Lo Aguirre	Suelo franco arcilloso presenta una topografía plana con pendientes que no superan 1%. La penetración de las raíces se limita hacia los 75 cm, y poseen un drenaje moderado. Se aprecia en el la presencia de vegetación arbustiva solo de espinos (Acacia caven)	Drenaje Moderado
Lonquén	Suelo franco arenoso fino, derivado de sedimentos aluviales mezclados, moderadamente profundos, que se ubica en antiguas terrazas fluviales del Mapocho.	Bien Drenado
Maipo	Serie franco, de origen aluvial, profundo, de topografía plana con pendientes que no supera el 1%, ubicado en el cono aluvial correspondiente al río Maipo. Es un suelo con buen arraigamiento y buena porosidad y su profundidad efectiva es de 150cm.	Drenaje Moderado a Bien Drenado
Mapocho	Suelo franco arcillo limoso de origen aluvial, profundo y que ocupa terrazas del río Mapocho. La penetración de las raíces se limita hasta los 75 cm, y las pendientes no superan el 1%.	Drenaje Moderado a Bien Drenado
Pahuilmo	Serie franco arcillo limoso, es de origen lacustre, sus perfiles suelen ser negros y pardo grisáceo con una profundidad que puede llegar a los 150 cm y la pendiente no supera el 1%.	Drenaje Moderado
Peumo Lo Chacón	Suelo franco limoso y de origen aluvial, es de color pardo muy oscuro del tono 10YR, posee una profundidad efectiva de 130 cm y con pendientes entre 1 a 2%.	Drenaje Imperfecto
Pudahuel	Suelo franco areno fino, formado a partir de cenizas volcánicas, redepositadas por agua, de tipo pumicítico. Las pendientes pueden llegar al 3% y la profundidad efectiva varía entre 35 y 70 cm.	Drenaje Moderado a Bien Drenado

San Diego	Serie franco, derivado de sedimentos aluviales graníticos, profundos, de buen arraigamiento. La profundidad efectiva puede llegar a los 135 cm y las pendientes no superan el 1%.	Bien Drenado
Santiago	Suelo franco arenoso de origen aluvial, en una topografía plana, asociados al cono del Maipo	Bien Drenado
Valdivia de Paine	Suelo franco limoso, de origen aluvial, drenaje imperfecto y sujeto a inundaciones ocasionales, donde el nivel freático se presenta a 70 cm.	Drenaje Imperfecto
Lo Vasquez	Serie franco arcillo arenoso, son suelos evolucionados a partir de rocas graníticas, con una profundidad efectiva de 120 cm y las pendientes dominantes son de 20 a 50%.	Drenaje Moderado
Las Perdices	Serie franco arenoso, son suelos de origen coluvial, ligeramente profundos, donde las pendientes dominantes llegan al 8%.	Bien Drenado
Mansel	Asociación franco arcillo limoso, es moderadamente profundo, con topografía de cerros en sus bordes occidentales. Las rocas presentan un alto grado de meteorización y se fracturan con facilidad. Gran parte de la serie se aprecia vegetación nativa.	Bien Drenado
Rinconada Lo Vial	Serie franco arenoso, son suelos aluviales, estratificados y ligeramente profundos ubicados en la terraza del río Mapocho, y con pendientes que no supera el 2%.	Bien Drenado

Fuente: Elaboración Propia

Estos resultados se expresan en el siguiente mapa (Mapa N° 6):

Mapa N° 7:



En el caso del área de estudio, el drenaje se ve fuertemente relacionado con la pendiente de un área determinada. Se puede apreciar que en los sectores asociados a las estribaciones de la Cordillera de la Costa se asocia a sectores bien drenados a excesivamente drenados, debido a que en estos casos, el agua fluye gracias a la

acción gravitacional proporcionada por la inclinación que presentan los cerros de este sector.

7.2.2.4 Erodabilidad de suelos

En ese sentido, las categorías se determinan estimando la resistencia que poseen cada uno de los tipos genéticos de suelos a ser erosionados, en base al hecho que a mayor resistencia menor erodabilidad (rango 1), y que a mayor fragilidad o susceptibilidad mayor erodabilidad (rango 5).

Tabla N° 23: Erodabilidad de suelos según litología

Origen de Suelos	Erodabilidad
Graníticos	1
Volcánicos	2
Lacustre	3
Aluvial	4
Coluvial	5

7.2.3 Procesos Hidrológicos imperantes en el corredor fluvial

7.2.3.1 Inundaciones

Una de las principales características asociadas a cursos fluviales es la inundación por desborde. Estos procesos son el resultado del desequilibrio existente entre el volumen de aguas a evacuar en un determinado lapso de tiempo, y la capacidad de evacuar que posee la red de drenaje y el cauce.

Los efectos de la permeabilidad se reflejan en procesos de anegamiento o acumulación de agua sobre el paisaje, lo que evidencia la dificultad que enfrentan las aguas para ser evacuadas de la superficie del suelo, lo cual se relaciona con la contaminación de aguas subterráneas.

Uno de los efectos desencadenantes de las inundaciones son las crecidas, las cuales son causadas principalmente por una violenta fusión de nieves o fuertes precipitaciones. Este tipo de riesgo se ve potenciado según las características físicas del área donde ocurre, específicamente las características morfológicas del cauce; así como en nivel y tipo de elementos e intervención humana en el entorno.

Así se puede determinar para el área de estudio la existencia de inundaciones provocada por la crecida y desborde de los ríos y de anegamientos por niveles freáticos someros y por mal drenaje del suelo.

El primero de ellos, la inundación por desborde de ríos, las aguas superan las alturas de los bancos laterales, donde se cubren con aguas y sedimentos zonas aledañas al cauce que suelen ser terrazas bajas, las cuales se inundan parcial o totalmente en los periodos de fuertes lluvias o fusión nival (Fernández, 2001).

En la Foto N° 5 se puede apreciar para la misma zona, los niveles que ha alcanzado el río en sus últimas crecidas. Por una parte, indicados en el banco de arena, se aprecian posiblemente los niveles de las crecidas del pasado invierno; y por otra, la basura en los árboles nos indica las alturas que puede llegar a tener la crecida del río. En la foto 7b, se aprecia un enramado encontrado en la superficie del mismo banco, que se estima fue arrastrado por la fuerza fluvial del Mapocho en aquel nivel de crecida.

Foto N° 7: Banco Lateral con niveles de últimas crecidas (7a) y depósitos sobre este (7b).

7a

7b



Fuente: Elaboración Propia

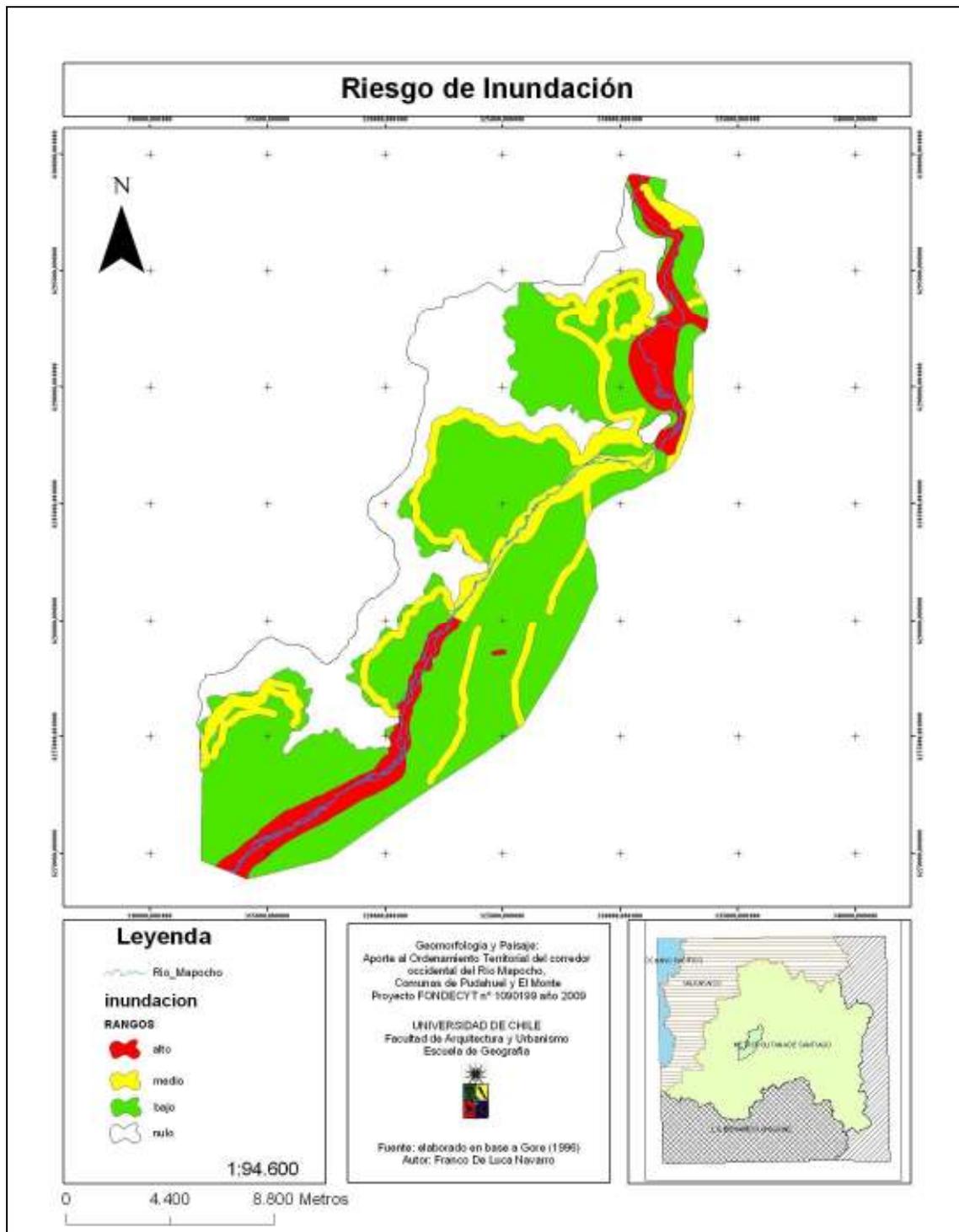
Un especial cuidado ha de señalar la presencia de salientes de cerro con respecto al río, las cuales, debido a la antigüedad del material, puede ocurrir un derrumbe, teniendo como consecuencia que cause un represamiento o un dique en el curso del río, desviando el curso de este hacia sectores donde se den usos urbanos. Esta situación, la posibilidad que ocurra esta crecida accidental, se aprecia en la zona de Peñaflor, en el cerro La Buitrera. Este cerro presenta una saliente llamada Puntilla Peñaflor, donde una de sus laderas presenta condiciones proclives a desmoronarse sobre el cauce, lo cual formaría un pequeño embalse e inundar sectores urbanos de la ciudad de Peñaflor. Una situación similar se puede apreciar en la localidad de Talagante y el cerro del mismo nombre, ubicado en el sector oriental del Río Mapocho, al cual el río bordea. En ambos casos, presentan zonas de metamorfismo de contacto y de alteraciones hidrotermales, los cuales ejercen una menor resistencia a procesos erosivos.

En cuanto a la situación de anegamiento, esta se produce por el afloramiento de niveles freáticos someros, causado principalmente por el aumento de la alimentación del acuífero subterráneo, y su necesidad de evacuar el agua sobrante. Así Fernández

(2001) señala como zona de nivel freático poco profundo las áreas distales de los conos aluviales del Maipo y Mapocho. Estos sectores poseen la característica de ser la zona de descarga del acuífero principal de la cuenca de Santiago, por lo que el nivel estático de los pozos suele alcanzar la superficie.

La tercera causa tanto de inundaciones como anegamientos es provocada por suelos poco permeables que actúan como barreras e impiden la absorción de agua hacia los horizontes más profundos. Estos procesos se hacen más frecuentes en zonas deprimidas, asociados a zonas distales de conos, conformados por materiales finos, arcillas y limos principalmente, los cuales se encuentran saturados por una parte, y por otra, poseen muy baja permeabilidad en los horizontes más superficiales. (Mapa N° 8)

Mapa N° 8



7.2.3.2 Erosión de Riberas

Se producen principalmente en las zonas en que el balance de disección del río es positivo. Estas zonas pueden ser identificadas y asociadas a su vez con la forma de escurrimiento que presenta el río, ya que estas zonas de erosión de las riberas se

aprecia principalmente en las que el río presenta tendencia meándrica, por lo cual se ve por un lado del río una ribera de erosión, donde golpea el agua con mayor fuerza y sobre los escarpes que bordean al río, derrumbando parte de estas riberas y transportando el material que pertenecía (foto N° 6). Por otro lado, en la ribera opuesta del río se observa la existencia de zonas de depositación de materiales. Cabe señalar, que dependiendo de la variación y el tipo de unidad geomorfológica relacionada en las distintas zonas por las cuales el río fluye, se aprecia indistintamente hacia cada lado del río riberas inestables. Esto debido a que las unidades geomorfológicas presentan diferencias de altura, composición y forma, así mientras se aprecian zonas en que el cono coluvial culmina en un talud hacia la ribera poniente del río en la zona de Lomas de Lo Aguirre, en la ribera oriente la terraza de cineritas culmina su borde hacia el río en forma de escarpe. Por el contrario, existen otras zonas en que la terraza fluvial ubicada en la ribera poniente del río es la erosionada mientras que la ribera oriente, en el borde del cono del Mapocho se aprecia un talud estabilizado por vegetación y que no presenta indicios de ser erosionado. Así, podemos destacar que las zonas que se aprecian riberas escarpadas existe un balance de disección positivo por parte del río, lo que implica que para estas riberas existe riesgo de derrumbe por socavamiento lateral; y por el contrario, las riberas suaves están asociadas a zonas de sedimentación e inundación, producto del balance de disección negativo en esas zonas. Aun así, para ambas riberas del Río Mapocho se determina como posiblemente afectada por movimientos en masa con un nivel medio de riesgo, debido a la posibilidad de transporte y la misma erosión causada por las aguas del río en sus riberas que, como se mencionó con anterioridad, varía de ribera en ribera.

Foto N° 8: Erosión de ribera escarpada, se aprecia socavamiento en la parte baja del escarpe.



Fuente: Elaboración Propia

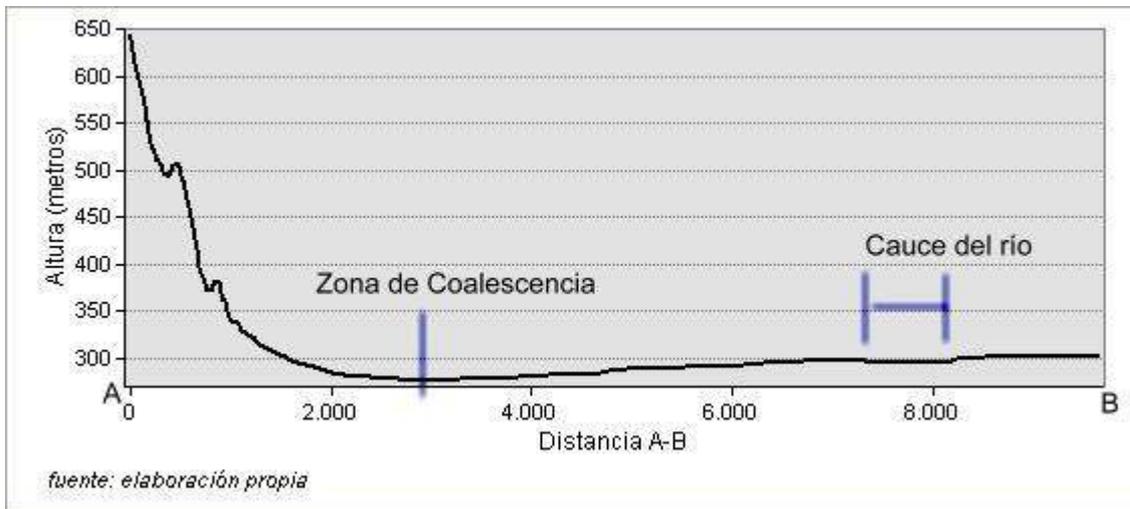
7.2.3.3 Inundaciones en zonas de coalescencia de unidades geomorfológicas

Este aspecto está referido al análisis de algunas situaciones en sectores medios de las rinconadas, en las que se observa que el escurrimiento del Río Mapocho no se produce por el punto más bajo del terreno, sino más bien escurre en una zona donde la altura es levemente superior y que no corresponde a la depresión de coalescencia entre las distintas formas, la cual sería por donde debiera escurrir, su talweg natural. Por lo mismo, este aspecto da forma de terraplenamientos fluviales bajas y cauces abandonados, las cuales podrían ser susceptibles de inundación ante cualquier elemento gatillante de esta posible amenaza causada por el desborde de las aguas debido al desnivel existente.

Así en el área de estudio, se ha logrado identificar estos sectores como propicios para sufrir inundaciones debido a este desfase del río con respecto a la coalescencia de las unidades geomorfológicas (Ver Gráfico N° 1).

Aguas debajo de la interacción de la última estribación del cordón costero con el Río Mapocho, y antes de llegar a la confluencia con el Río Maipo, este río transita por el Cono del Maipo, disectándolo en 2 secciones. Una que es parte de la zona distal sur del cono, y otra que se encuentra al norte de la confluencia de ambos ríos (Sector de El Monte), esto debido a las etapas propias del proceso formativo del Cono del Maipo. Aquella ubicada en la parte norte corresponde a una primera fase del proceso formativo (Pleistoceno); luego en una segunda etapa (Holoceno), la continuación del proceso lleva al engrane de su parte distal con los materiales de la primera etapa, en un mecanismo de reacomodo de los materiales (Soto et al, 2007). Sin embargo, el Río Mapocho no escurre por la depresión de coalescencia que debieron formar estos procesos, sino más bien fluye en un eje que corta al cono del Maipo.

Gráfico N° 1: Perfil topográfico de zona de El Monte. Punto A: Línea de altas cumbres. Punto B: Límite correspondiente a Autopista del Sol.



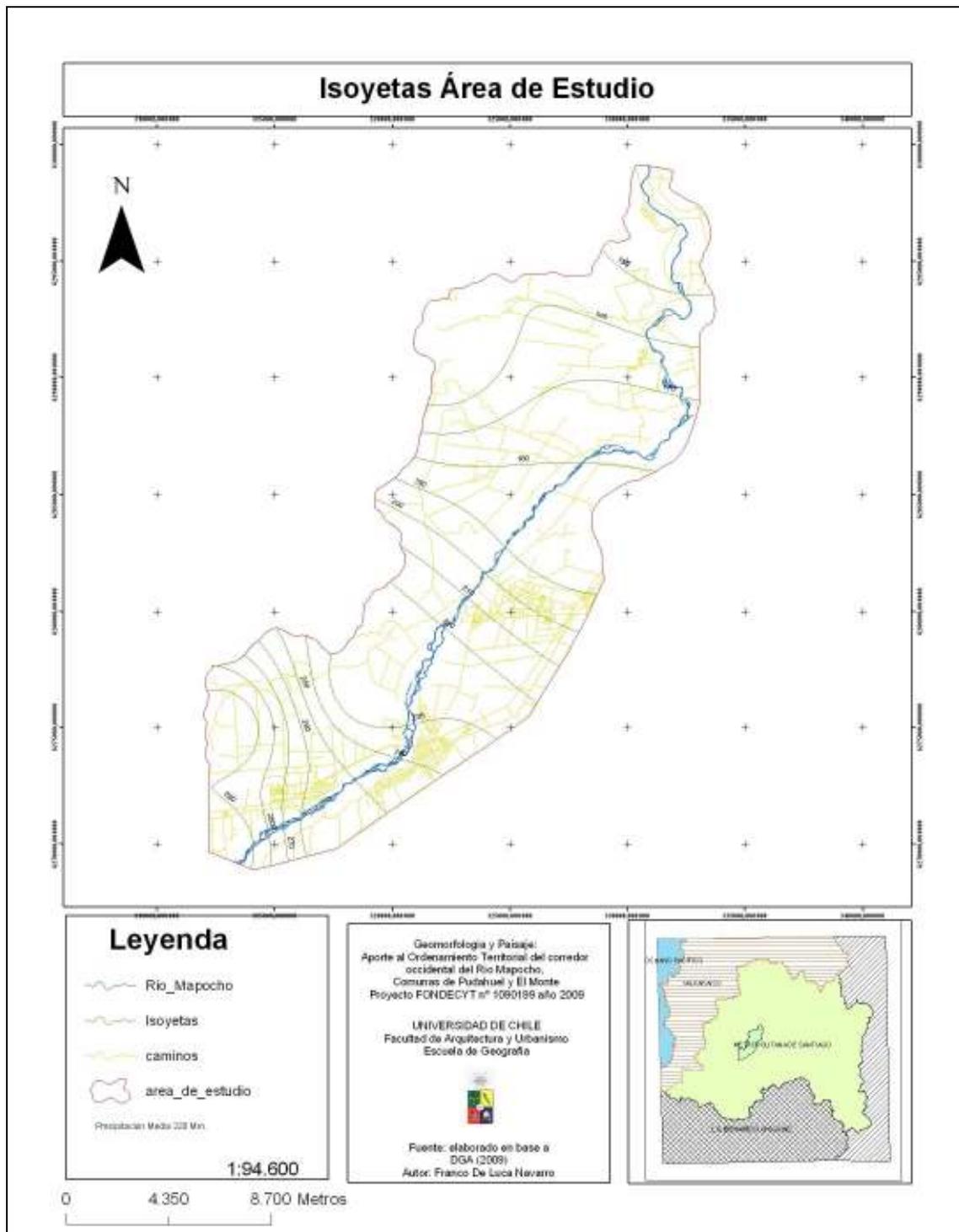
7.2.3.4 Nivel freático alto en fondo de conos locales

Debido a la pendiente natural que poseen los conos torrenciales y coluviales, producto de su evolución, se identifican posibles zonas en que su parte distal puede ser considerada como propensas a ser inundadas, esto a causa de la consecuente disminución en profundidad del nivel freático en estas zonas y el afloramiento de aguas subterráneas provenientes desde las partes con mayor pendiente de esta unidad. A las zonas de contacto de estos conos locales, se asocia una mayor escorrentía superficial y subterránea de agua proveniente de cada una de las formas, lo que lleva a que en la franja de coalescencia exista una mayor posibilidad de inundación debido a estas características.

7.2.4. Las Precipitaciones y la erosividad pluviométrica

Dentro de los procesos actuales que ocurren en el corredor, desde el punto de vista geomorfológico, el elemento desencadenante de mayor relevancia es la precipitación, debido principalmente a que es este elemento el que con mayor frecuencia genera problemas en los meses en que precipita con mayor regularidad y cantidad. Así, dentro de las estaciones climáticas encontradas en el área de estudio, se interpolaron los valores de los meses en los cuales se concentra la precipitación, generando las siguientes isoyetas (Mapa N° 9):

Mapa N° 9:

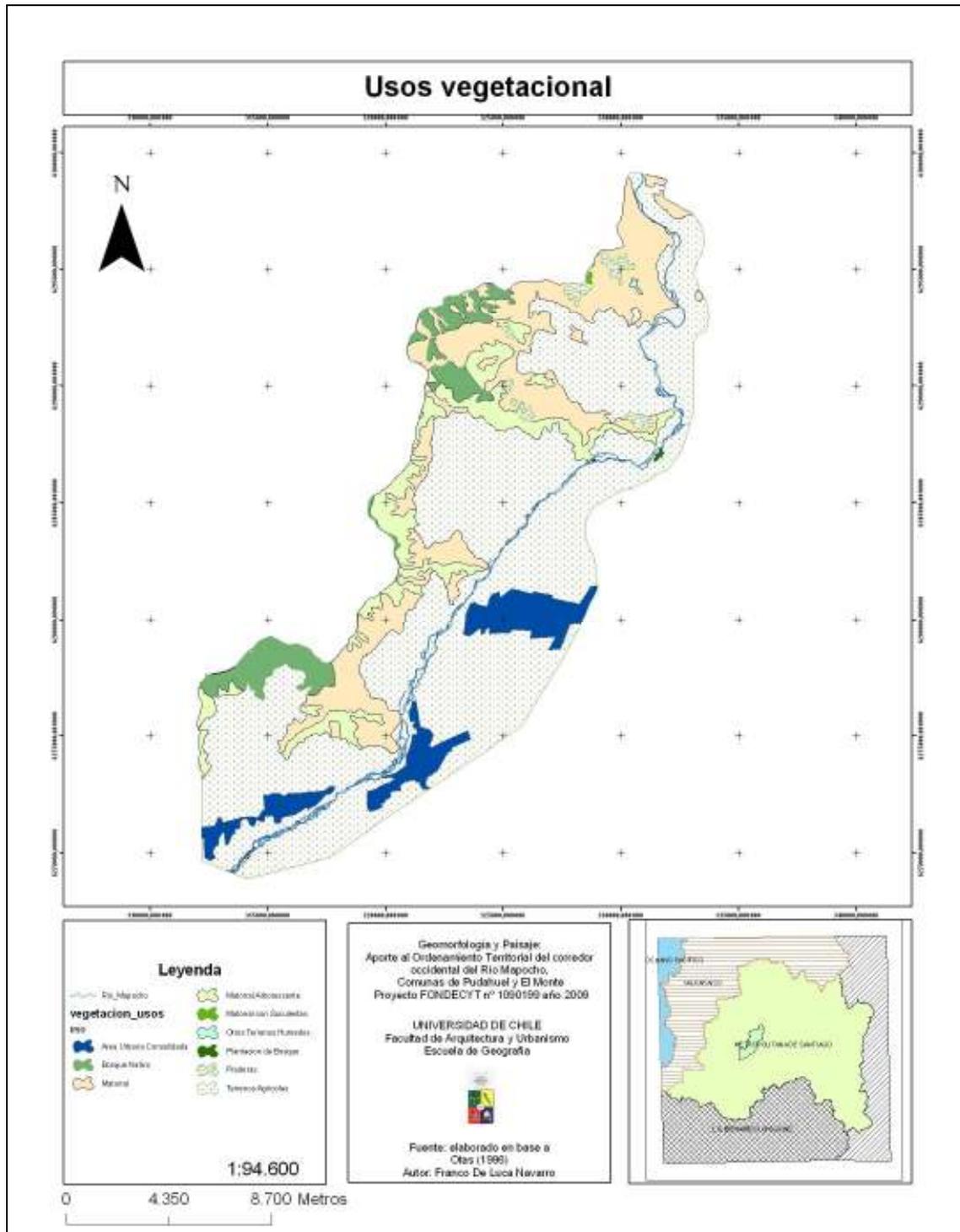


Se aprecia una cierta regularidad en el incremento paulatino de las precipitaciones si se observa el área de estudio de sur a noreste, las zonas que reciben menores montos de precipitaciones se localizan en la zona suroeste del área de estudio, por lo que el efecto erosivo en esta zona con respecto a este factor es menor que el que se da en la zona noreste en los cerros de Lo Aguirre.

7.2.5. La Cobertura vegetal y su rol morfodinámico

En cuanto a la flora existente en el área de estudio, se distinguen las principales especies arbustivas y arbóreas correspondientes a la zona mediterránea central de Chile. Así cabe mencionar que el bosque esclerófilo se concentra en las laderas de los cerros correspondientes a umbría, encontrando especies como Quillaja saponaria y Litrea Caustica. En cuanto a las especies señaladas como matorral arborescente y matorral se encuentran la Acacia caven y Seratonia siliqua. A esto se suma la existencia de zonas con plantaciones forestales, en las cuales existe un predominio de Eucalyptus camaldulensis (Ver Mapa N° 10).

Mapa N° 10:



Así, la vegetación de bosque nativo, al poseer un follaje más frondoso hace más resistente al suelo ya que la fuerza y cantidad con que caen las gotas de agua se ven disminuidas gracias a las hojas de estos. En cuanto a la plantaciones de bosque son estimadas en la cuarta categoría debido a que muchos de estos (como lo es el caso de los eucaliptos) presentan raíces de poca profundidad, siendo fácilmente arrastrados

por aludes y movimientos de laderas en general, o volteados por el viento arrastrando el suelo consigo (Ver Tabla N° 24).

Tabla N° 24: Erosividad de la lluvia según la cobertura vegetal

Formación Vegetacional	Erosividad
Bosque Nativo	1
Matorral Arborescente	2
Matorral, praderas y pastizales	3
Plantaciones Forestales	4
Áreas Agrícolas	5

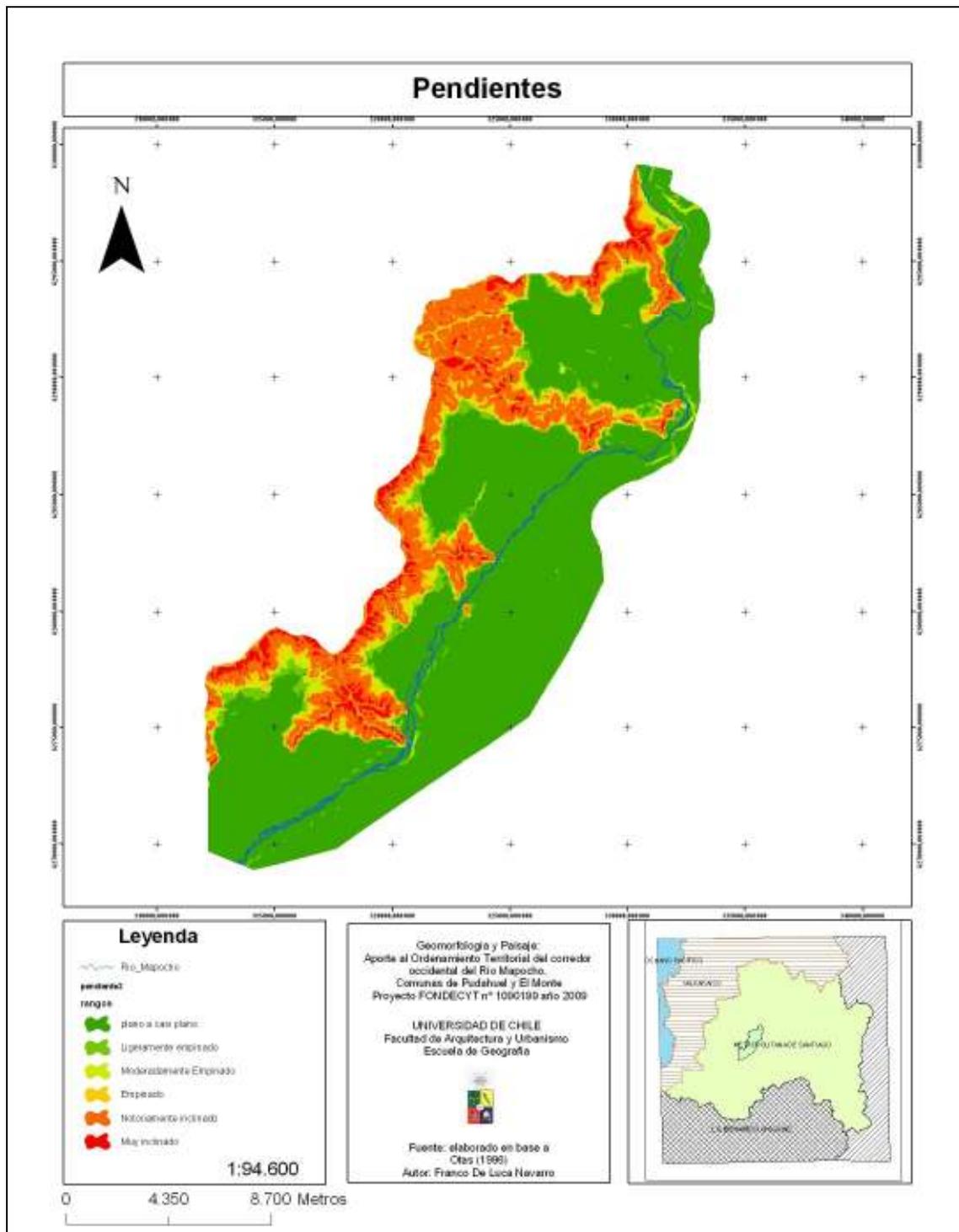
7.2.6. Potencial Erosivo Integrado

Dentro de los elementos considerados por Centeno et al, (1994) para la generación de un mapa de riesgo erosivo en cuanto a las componentes geomorfológicas, destacan 2 variables, una de ellas es el mapa de pendientes correspondiente al área de estudio, y el otro los representados por los tipos de vegetación existentes. En cuanto la primera, se realizó la clasificación establecida en Ferrando (2008), en la cual se establece una actualización a lo planteado por Araya – Vergara (1972) y Van Zuidam (1986) mencionada en el capítulo correspondiente a la metodología. Las máximas variaciones de pendientes se dan en las estribaciones de los cordones de la Cordillera de la Costa, en las pendientes de flanco de valle pasivo y activo, en esta última encontrando pendientes que se aproximan hasta los 55°; mientras en las formaciones como conos y terrazas las variaciones de pendiente no superan el 2°, siendo aquel rango, entre 0° y 2° el que más superficie abarca (Tabla N° 25). Los rangos de pendientes se aprecian en el mapa N° 11:

Tabla N° 25: Rangos de pendientes en grados y superficie total que abarca cada rango en el área de estudio

Rangos de Pendiente	Porcentaje de Superficie Total
0° - 2° (Plana a casi plana)	65,8%
2° - 4° (Ligeramente empinado)	4,13%
4° - 8° (Moderadamente empinado)	3,82%
8° - 16° (Empinado)	5,41%
16° - 35° (Notoriamente inclinado)	17,58%
35° - 55° (Muy Inclinado)	3,26%

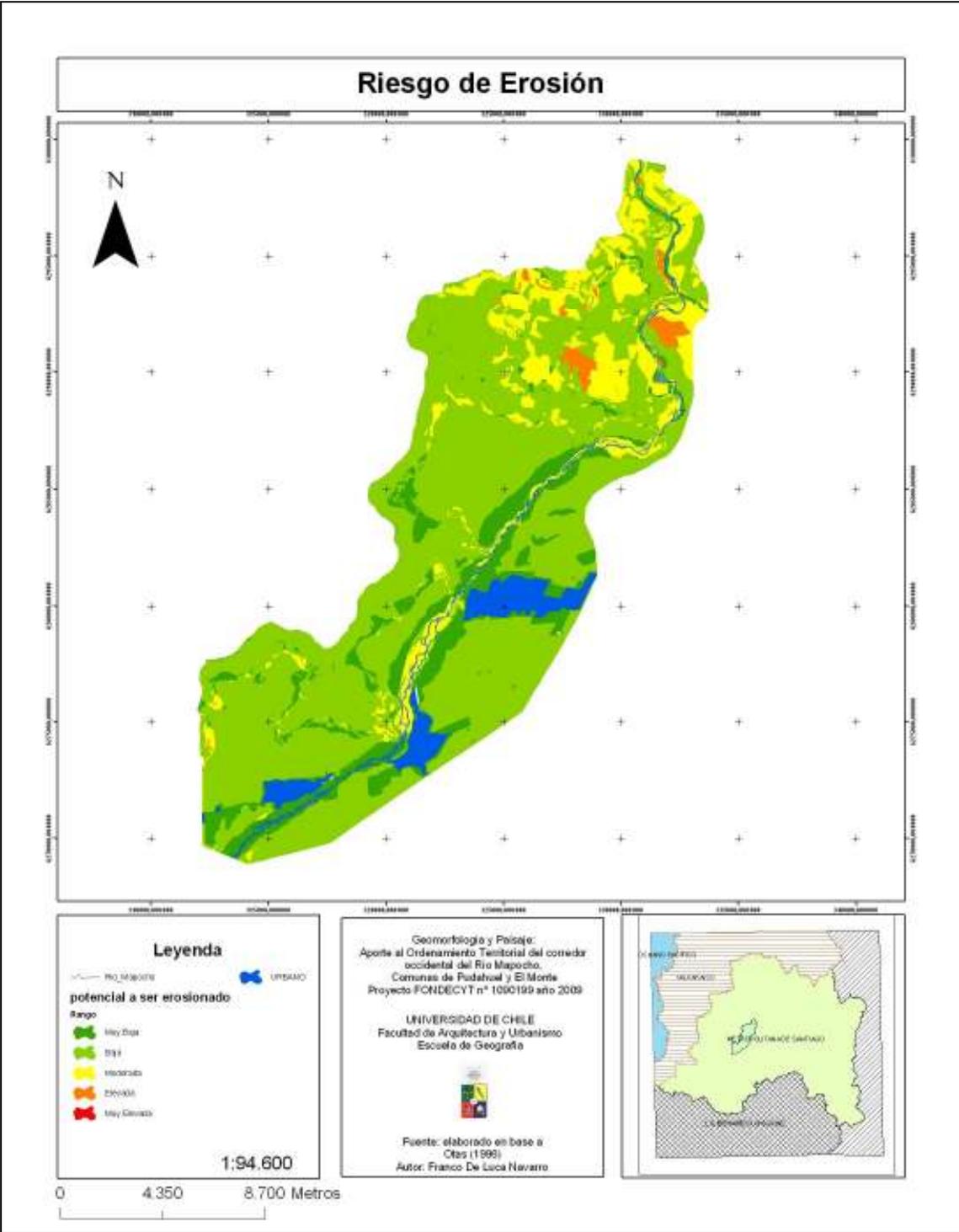
Mapa N° 11:



El resultado de la combinación de las distintas variables y la sumatoria de los pesos asignados a cada característica dio como resultado que principalmente para el área de estudio la posibilidad o tendencia a ser erosionado varía de baja a moderada,

principalmente relacionada con los rangos de pendientes, que como ya se apreció, muchas zonas corresponden a pendientes planas, asociados a terrazas y conos. Las zonas que se puede apreciar con rangos moderados y elevados son zonas con mayor pendiente que las formaciones anteriores, asociados principalmente a las zonas de conos coluvio - deyeccionales, en conjunto con la presencia de conos torrenciales de las rinconadas entre el cauce y los cerros de la Cordillera de la Costa, así como las laderas de las estribaciones de los cerros que están en contacto con el cauce del río. La presencia de vegetación de bosque nativo se aprecia principalmente en algunos sectores asociados a las laderas de flanco de valle pasivo y activo, que en general presentan rangos moderados de erosividad, pero que en los sectores en que se ubica este tipo de vegetación dentro de aquellas zonas se ve reducido este rango a la categoría baja (Mapa N° 12)

Mapa N° 12



7.3 Calidad Paisajística e impactos de la intervención humana.

Para la caracterización de este criterio se ha decidido utilizar la metodología planteada por Centeno et al (1994), ya expresada en el capítulo correspondiente a los pasos metodológicos del presente estudio y que consiste en desglosar el paisaje visual en una serie de parámetros perceptuales simples, cuya valoración es relativamente sencilla. Para cada parámetro se estableció la Calidad, esto es en cuanto a un valor estético, lo perceptual desde el punto de vista visual. A su vez también se estableció el valor de Fragilidad, esto es el impacto que pueda tener sobre el elemento analizado una determinada actividad humana.

7.3.1. Complejidad Topográfica y Relieve:

Los parámetros escogidos según los rangos de calidad se deben a la presencia y particularidad de los paisajes relacionados con estas características del relieve, así las llanuras y relieves alomados son rasgos más comunes que los barrancos. La fragilidad se debe a la relación que se tiene con la presencia de actividades humanas en cada rasgo, así mientras más uso se realiza de las zonas de llanura, son más frágiles a diversos problemas que puedan existir derivados de las actividades antrópicas, por lo mismo, pocas actividades pueden desarrollarse en zonas como relieves moderados y barrancos, así presenta una calidad moderada y la dificultad de acceso lo conlleva a la categoría 5 en fragilidad. (Ver tabla N° 26)

Tabla N° 26: Parámetro Complejidad Topográfica y Relieve

Topografía y Relieve:		Unidades Geomorfológicas de Paisaje
Calidad	Fragilidad	
1	3	Llanuras
3	2	Relieves alomados, laderas suaves
3	5	Barrancos
5	4	Montes de relieve moderado
5	5	Elevaciones y relieves moderadamente abarrancados

7.3.2. Desnivel

En cuanto a las curvas de nivel, los rangos de calidad responden a los aspectos visuales que ofrecen los distintos rangos de altitud, teniendo en consideración que mientras más altura presente un relieve determinado, se destacará una mayor calidad para ese paisaje, esto exceptuando el primer rango que incluye al río, sus riberas y terrazas, las cuales se destacan debido a las características visuales que presentan en

cuanto a vegetación y fauna, además de tener un alto potencial para la generación de actividades turísticas en las zonas asociadas al río. La fragilidad a su vez, da cuenta de que ambientes ubicados en las zonas de menor rango altitudinal generalmente presentan un mayor acceso, lo que implica un mayor número de personas transitando por estos, aumentando el riesgo de sufrir distintas eventualidades causadas por la mano del hombre; así se determina que la altitud, en el caso de la fragilidad, cuando es poca con respecto al río, se asocia una mayor accesibilidad, la cual tiene como consecuencia una mayor fragilidad, debido a que se está más expuesto al hombre, por lo que las probabilidades de que ocurra algún tipo de perjuicio provocado por él sería mucho mayor, mientras que los rangos superiores a 300 metros desde el nivel del eje hidráulico son menos accesibles, implica que ante la ocurrencia de algún evento que atente su fragilidad, una reacción lenta o dificultosa debido a esta falta de acceso a esos rangos de altitud. A lo anterior, cabe mencionar que el río en el área de estudio presenta un desnivel total de más de 200 metros, partiendo en la zona del puente de Ruta 68 con 460 metros en su eje fluvial, y en la zona de El Monte con poco menos de 250 metros de altitud. Dada la distribución de las altitudes a nivel del área de estudio se establecieron los siguientes rangos: (Tabla N° 27)

Tabla N° 27: Parámetro Desnivel según Altitud

Altitud:		Rangos de desnivel
Calidad	Fragilidad	Respecto al eje fluvial
5	5	0 a 25 metros
2	3	25 a 75 metros
3	3	75 a 150 metros
4	4	150 a 300 metros
5	5	más de 300 metros

7.3.3. Vegetación y Usos de Suelo

La calidad en este rango se estima debido a las características estéticas, así las zonas que presentan bosque nativo y plantaciones forestales poseen un gran atractivo turístico, las zonas de matorrales y praderas son zonas que estéticamente no poseen gran interés. Por su parte, la fragilidad se toma en consideración debido a las características de origen de la flora, así el bosque nativo se ve como uno de los más frágiles debido a su singularidad, y a la dificultad en recuperar debido a eventos adversos (como incendios forestales). (Ver tabla N° 28)

Tabla N° 28: Parámetro Vegetación y Usos

Calidad	Fragilidad	Vegetación y Usos Agro-Forestal
1	1	Paños Agrícolas, Pastizales y Praderas
2	2	Matorral y Matorral con Suculentas
3	4	Matorral Arborescente
4	3	Plantación Bosque
5	5	Bosque Nativo

7.3.4. Masas de Agua

En este aspecto ambos criterios son determinados debido a la importancia que presentan en cada unidad geomorfológica. La mayor calidad de embalses y lagunas es debido a su impacto visual e incidencia en el turismo; la fragilidad de estos se deriva de los impactos que tanto la agricultura como el mismo turismo pueden provocar en ellas, en este caso las unidades hídricas que presentan una mayor calidad, son a la vez las más delicadas y frágiles. (Ver Tabla N° 29)

Tabla N° 29: Parámetro Masas de Agua

Masas de Agua		Presencia de Masas de Agua
Calidad	Fragilidad	
1	1	Unidad sin agua
5	4	Ríos, esteros y arroyos,
1	3	Canales o acequias
5	5	Embalses y lagunas

7.3.5. Acciones Humanas

Respecto de las acciones humanas, la calidad del paisaje se considera en función de la densidad como una relación inversamente proporcional, y la relación de la singularidad de las construcciones en zonas rurales con la fragilidad se estableció como directamente proporcional. Así, zonas con construcciones dispersas y sin actividades industriales poseen un alto valor paisajístico en cuanto a calidad, a su vez, estas son más frágiles por la misma singularidad, que es muy difícil mantenerla en el tiempo (Valor patrimonial). (Ver Tabla N° 30)

Tabla N° 30: Parámetro Acciones Humanas

Actuaciones:		En cuanto a densidades de construcciones
Calidad	Fragilidad	
2	2	Zonas industriales semiurbanas, canteras y vertederos
3	3	Zona rural con poblaciones y edificaciones abundantes
4	4	Zona rural con pueblos y edificaciones dispersas, urbanización de baja densidad
5	5	Zonas con construcciones dispersas, escasas o sin construcciones

7.3.6. Grado de Accesibilidad

En este criterio es tomada en consideración solo la fragilidad, y lo es desde el punto de vista de la facilidad para llegar hasta el lugar, así mientras mayor accesibilidad, el ambiente es más frágil que uno que presente diversas dificultades para llegar. (Ver Tabla N° 31)

Tabla N° 31: Parámetro grado de accesibilidad

Accesibilidad:	Solo fragilidad desde el punto de vista de la facilidad para llegar hasta el lugar
Fragilidad	
5	Carretera Interprovincial, Autopista
4	Camino pavimentado de doble vía
3	Camino pavimentado de una vía
2	Camino sin pavimentar dos o más vías
1	Camino de tierra o local

7.3.7 Incidencia Visual

En este caso la incidencia visual de determinados elementos del relieve se entiende debido a los impedimentos de reestablecer o reconstruir cada una de estas características. Así los relieves positivos son los que presentan una mayor dificultad para recuperar un ambiente que los negativos debido a las dificultades de accesos, diversidad vegetacional y animal, y los desperdicios humanos que puedan ser arrojados en estas zonas; mientras que los valles se toma en consideración una mínima fragilidad debido a que el acceso a estos se puede realizar con mayor facilidad. Sin embargo, un mayor acceso implica a su vez mayores probabilidades de degradación, ya que existiría una mayor circulación por estas zonas, en las cuales ya existen variados tipos de problemas ambientales, por lo mismo, es preciso mantener ambientes que no hayan sufrido mayores trastornos por parte de la mano del hombre en su estado natural, reducir para estas zonas (como la de montaña) la intervención antrópica, así el grado de intervención indica la fragilidad, mientras menor sea, más frágil se vuelve un área determinada. (Ver Tabla N° 32)

Tabla N° 32: Parámetro Incidencia Visual

Incidencia Visual:	En cuanto a las características orográficas
Fragilidad	
5	Relieve positivo (Cerros, montes)
3	Relieve neutro (Llanuras y mesetas)
1	Relieve negativo (Valles)

7.3.9. Calidad Paisajística Integrada

Obtenidos los resultados de acuerdo a los elementos citados en los puntos anteriores, se genera la ponderación de los rangos de valor de Calidad Total del Paisaje mediante la conversión realizada a través de los cálculos de la Calidad Media y la Desviación Standard del conjunto de resultados correspondiente a las unidades geomorfológicas existentes en el área de estudio, obteniendo la siguiente matriz (Tabla N° 33):

Tabla N° 33: Matriz de Calidad Paisajística

Unidades / Parámetros	Relieve y Complejidad	Desnivel	Vegetación y Usos	Masas de Agua	Actuaciones	Accesibilidad	Incidencia Visual	Calidad (Vc) / Fragilidad d (Vf)	Calidad Total del Paisaje Cp	Categoría
Cono Mapocho	1x3 3x5	1x1 1x5	1x2 2x1	3x1 2x3	5x2 1x5	2x3	3x3	2,11 3,42	2,5466667	2
Cono Maipo	1x3 3x5	4x1 1x2	1x2 2x1	3x1 2x3	2x2 1x2	2x5	3x3	1,77 3,28	2,2733333	1
Fianco de Valle Activo	4x3 3x2	5x1 1x1	3x2 2x4	1x1 2x1	5x2 1x5	2x4	3x5	3,77 3,21	3,5633333	5
Fianco de Valle Pasivo	4x3 3x2	5x1 1x1	5x2 2x5	1x1 2x1	2x2 1x2	2x2	3x5	3,55 2,85	3,3166667	4
Cono Torrenciale de Rinconada	5x3 3x4	3x1 1x3	3x2 2x4	1x1 2x3	5x2 1x5	2x1	3x5	3,88 3,64	3,8	5
Cono Coluvio - Deyeccional	2x3 3x4	3x1 1x3	2x2 2x2	3x1 2x3	4x2 1x4	2x1	3x1	2,66 2,42	2,58	2
Terraza Mapocho	1x3 3x5	1x1 1x5	1x2 2x1	3x1 2x3	5x2 1x5	2x1	3x3	2,11 3,14	2,4533333	1
Terraza Cineritas	2x3 3x4	1x1 1x5	2x2 2x2	3x1 2x3	5x2 1x5	2x5	3x3	2,66 2,92	2,7466667	2
Glacis	2x3 3x4	3x1 1x3	2x2 2x2	3x1 2x3	4x2 1x4	2x1	3x1	2,66 2,42	2,58	2

	Calidad Total del Paisaje	Categoría
Si 2,23132966	< Cp ≤	1
Si 2,48902002	< Cp ≤	2
Si 2,87555556	< Cp ≤	3
Si 3,26209109	< Cp ≤	4
Si 3,51978145	< Cp	5

Desv. Standard	0,5153807
Cp Media	2,8755556

Los valores reflejados en la columna categoría, corresponde a la calidad paisajística correspondiente a cada unidad geomorfológica, donde 1 corresponde a las unidades de menor valor en cuanto a las características del paisaje visual, y 5 a los que poseen un alto valor paisajístico, y que son el resultado de la combinación de los distintos pesos de los parámetros analizados en conjunto de los valores específicos para cada característica del parámetro. Es así que las categorías más altas corresponden a las estribaciones de los cordones de la Cordillera de la Costa, los cuales se caracterizan principalmente por poseer vegetación perteneciente al bosque esclerófilo, ser zonas atractivas perceptualmente debido a la vista panorámica que se puede apreciar desde las cumbres y miradores naturales, y en algunos casos, por ser poco accesibles, lo que incrementa el valor de estos por cuanto significan una menor intervención antrópica.

Las unidades geomorfológicas que poseen menor valor paisajístico se explican debido a su fácil accesibilidad, su constante intervención por parte del ser humano y por ocupar bastos espacios, por lo que pierde valor ya que no son unidades singulares, ni específicas, se puede apreciar en diferentes lugares tanto del área de estudio como de la Región Metropolitana. Es el caso del Cono del Maipo, ya que es la unidad que más territorio ocupa entre las formas estudiadas en el área de estudio, además de que sobre el pasa la Autopista del Sol y los diversos caminos que posee debido a las localidades y pueblos que se ubican sobre este.

Por otra parte, la intervención antrópica en la zona de estudio se ve reflejada no solo a la infraestructura urbana, pueblos y edificaciones asociadas a estas, sino también a los tipos de actividades económicas que se aprecian en el área de estudio. Una de las principales se trata de la actividad agrícola, diversificado desde Viñedos hasta hortalizas, como acelgas, alfalfa, cebollas y habas, las cuales ocupan principalmente los terrenos de menor pendiente, asociados a los Conos del río Maipo y Mapocho y a la Terraza del Río Mapocho.

Foto N° 9: Zonas de Trabajo de Maquinaria Pesada.



Fuente: Elaboración Propia

A su vez, y en relación a la actividad agrícola en la zona, es que se puede apreciar la intervención antrópica en diversas zonas del cauce, para la extracción de aguas para riego. Existen 2 puntos principales en donde se efectúa esta actividad, la primera y más notoria corresponde al represamiento efectuado en la zona de Rinconada de Maipú por la Central Carena, perteneciente a Colbún. Este represamiento se realiza para alimentar con agua de riego una vasta zona agrícola, donde se eleva el nivel de las aguas del río con el fin de producir un embancamiento y ampliar la sección mojada, y de esta manera alimentar el canal Las Mercedes a través de la bocatoma. La segunda bocatoma de importancia en el río se aprecia al norte de la zona urbana de Peñaflor, en la ribera poniente del río.

Foto N° 10: Bocatomas de Canales de Regadío



Fuente: Elaboración Propia

Otro tipo de infraestructura que se aprecia en el área de estudio, tiene relación con la infraestructura sanitaria existente, son las plantas de tratamiento de aguas servidas La Farfana y El Trebal. La primera, emplazada en la comuna de Maipú, se caracteriza por la depuración de las aguas de aproximadamente 3.200.000 habitantes de las comunas más céntricas de Santiago y puede llegar a tratar 15 m³/s en su máximo funcionamiento ([Chapple, 2008](#)). La planta supuestamente no debiera emanar olores, sin embargo existen antecedentes de demandas hacia la empresa Aguas Andinas, como la efectuada por parte de la comunidad de la Villa Alto Jahuel, que reclaman problemas de salud asociados a los malos olores emanados por la planta desde el año 2004 (año que empezó su funcionamiento). Además de los olores emanados en la zona poblada, se comprobó empíricamente los malos olores que se sienten al pasar por la zona en que la planta bota las aguas ya tratadas al Río Mapocho, olor que como se aprecia en la Foto N° va acompañado con espuma, resultado de variados procesos de depuración, con fuertes emanaciones a elementos químicos. A se vez, los lodos generados por la depuración de esta agua, son llevados al vertedero Lomas El Colorado, ubicado en la comuna de Til-Til. Por su parte, la planta de tratamiento El Trebal presenta problemas similares en cuanto a los reclamos efectuados por la población en cuanto a emanaciones de olores, además que se pretende construir una

nueva planta contigua a esta y que trataría las aguas de la zona norte de la Región Metropolitana. En el caso de esta planta, los desechos sólidos son depositados en las inmediaciones de la misma planta y la captación de esta agua se realiza a través de un acueducto que atraviesa el Río Mapocho en la zona norte de la Comuna de Padre Hurtado.

Foto N° 11: Aguas tratadas de planta La Farfana



Fuente: Elaboración Propia

Foto N° 12: Elementos asociados a planta El Trebal. Izquierda: Tubo de transporte de aguas servidas hacia la planta. Derecha: Lodos depositados.



Fuente: Elaboración Propia

La Mina La Africana y su relave ubicado en la zona sur este de los cerros de Lo Aguirre, estuvo en funcionamiento entre los años 1957 hasta 1978, año en que se paralizaron las faenas extractivas debido al agotamiento del mineral (www.e-seia.cl, 2009). Los depósitos consisten en sulfuros de cobre, que poseen un alto potencial de generación de aguas ácidas. A pesar de esto, los depósitos de relaves se mantienen en la actualidad en el sector, por lo mismo se encuentra en modo de calificación la Declaración de Impacto Ambiental el proyecto “Remediación Ambiental Depósitos de Relaves La Africana, Proyecto Congo” presentada por los actuales dueños de la empresa minera para poder efectuar obras de removimiento y traslado de estos depósitos a través de un tubo que transportaría todo este material a la zona de la Mina Lo Aguirre, ubicada al noroeste de este relave.

Otra importante actividad económica realizada en diversos sectores del corredor y asociados al río, es la extracción de áridos, la cual se efectúa a distintas escalas, ya sean empresas o personas que solitariamente sacan materiales de los bordes del río. Existen zonas como en Rinconada de Maipú en las cuales se aprecia la existencia de

pozos de áridos abandonados, verdaderas lagunas que son aprovechados por diversas aves para habitar.

Foto N° 13: Pozos de Extracción de Áridos abandonados



Fuente: Elaboración Propia

Finalmente y uno de los mayores impactos visuales y de contaminantes que rodea el cauce del Río Mapocho, se trata de la basura al borde y en el mismo río. Esta situación se puede apreciar en diversos sectores pero principalmente se da con mayor notoriedad en las zonas donde el río es cercano a caminos, en estas zonas es donde se aprecia una mayor concentración de la basura arrojada al río, la cual va desde bolsas, ropa, hasta electrodomésticos y chatarra de automóviles. También se aprecia que se ha utilizado el borde del río como vertedero ilegal, en numerosos puntos se pudo apreciar desechos y escombros de diversa índole amontonados, en algunos casos, formando pequeñas terrazas de desechos o sobre los escarpes, tanto de la terraza fluvial como de los conos que alcanzan aquella zona.

Foto N° 14: Basurales y desperdicios en distintas zonas del cauce y la ribera



Fuente: Elaboración Propia

8. Integración de Criterios

Las características expresadas en cada uno de los criterios previamente señalados dan la información necesaria requerida para efectuar una determinada selección de actividades a desarrollar en el área de estudio. Para la generación de esta propuesta expresada a través de los diversos criterios analizados para la componente geomorfológica, se ha decidido tomar como principal horizonte una planificación que colabore en la descontaminación y generación de nuevas zonas de recreación, protección y de bajo impacto antrópico en los usos de suelo, con el fin de generar un corredor que sufra pocas repercusiones debido a posibles usos urbanos y que a su vez, sea un beneficio para Santiago. Es a partir de estas características, por los antecedentes recopilados mediante la revisión bibliográfica y el tratamiento de la distinta información del presente estudio, y lo observado en las diversas salidas a terreno, es que se apreció el potencial ecológico del área de estudio. Desde esta perspectiva, se procede a una subdivisión de las unidades geomorfológicas, generando clasificaciones para cada una de las unidades que contemple características homogéneas. Así se obtendrán unidades geomorfológicas más definidas y detalladas, teniendo un resultado que especifique las diferencias existentes en la zona estudiada, se resumen en la siguiente (tabla N° 34 y Mapa N° 13):

Tabla N° 34: resumen de características de cada unidad geomorfológica subdividida

Unidades Geomorfológicas-Paisajísticas	Estado del Sustrato Geológico		Morfología y Pendientes	Suelos		Movimiento en Masa en Riberas	Procesos Erosivos	Permeabilidad	Calidad Paisajística	Intervención Humana
	Materiales Finos			Drenaje: Moderado						
Cono Mapocho	Depósitos Aluviales Holoceno – Pleistoceno		Materiales Finos	Textura: Franco Arcillo Limoso		Si	Baja	Inundación: Baja	Baja	Suelos Agrícolas
	R.Masa: Bajo			Drenaje: Moderado						
Cono Maipo	Depósitos Aluviales Holoceno – Pleistoceno		Materiales Finos, presencia de Paleocauces	Textura: Franco Arenosa a Franco Arcillo Arenosa		No	Muy Baja a Baja	Inundación: Alta a Media en zonas aledañas a cauces. Baja en resto de la zona	Muy Baja	Planta La Farfana, Extracción de Áridos, zona urbana Peñaflor, Talagante y El Monte
	R.Masa: Bajo			Drenaje: Bien Drenado a zonas puntuales Muy Pobremente Drenado						
Terraza Cineras 1 (Tc1)	Depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso		Pumicitas y Hidropumicitas	Textura: Franco Arenosa		Si	Baja a Elevada	Inundación: Medio a Baja	Moderada	Suelos Industriales, Agrícola
	R.Masa: Bajo			Drenaje: Bien Drenado						
Terraza Cineras 2 (Tc2)	Depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso		Pumicitas y Hidropumicitas	Textura: Franco Arcillo Limoso		Si	Moderada	Inundación: Medio a Baja	Moderada	Plantación Forestal, Trabajo de maquinarias (Frente a Lo Aguirre)
	R.Masa: Bajo			Drenaje: Bien Drenado a Drenaje Moderado						
Terraza Mapocho 1 (Tm1)	Depósitos fluviales aterrazados. Pleistoceno - Holoceno y Rocas Piroclásticas pertenecientes al Cretácico		Ripios y Gravas	Textura: Franco Arenosa Muy Fina a Franco Arcillo Limosa		Si	Moderada	Inundación: Alto	Muy Baja	Usos Urbanos
	R.Masa: Medio			Drenaje: Moderado						
Terraza Mapocho 2 (Tm2)	Depósitos fluviales aterrazados. Pleistoceno – Holoceno		Ripios y Gravas	Textura: Franco Arenosa a Franco Arenosa muy Fina		Si	Moderada a Baja	Inundación: Alta	Muy Baja	Agrícola y Urbano (Rinconada de Maipú)
	R.Masa: Bajo a Medio			Drenaje: Bien Drenado a Moderado						

Unidades Geomorfológicas- Paisajísticas	Estado del Sustrato Geológico	Morfo-Sedimentología y Pendientes	Suelos	Movimiento en Masa en Riberas	Procesos Erosivos	Permeabilidad	Calidad Paisajística	Intervención Humana
Terraza Mapocho 3 (Tm3)	Depósitos fluviales aterrazados. Pleistoceno - Holoceno	Ripios y Gravas	Textura: Franco Arcilloso	Si	Baja	Inundación: Media a Baja	Muy Baja	Planta de Tratamiento El Trebal
	R.Masa: Medio		Drenaje: Bien Drenado a Drenaje Imperfecto					
Terraza Mapocho 4 (Tm4)	Depósitos fluviales aterrazados. Pleistoceno - Holoceno	Ripios y Gravas	Textura: Franco Arcillo Limosa	Si	Muy Baja a Baja	Inundación: Media	Muy Baja	Suelos Agrícolas
	R.Masa: Medio		Drenaje: Bien Drenado a Imperfecto					
Terraza Mapocho 5 (Tm5)	Depósitos fluviales aterrazados. Pleistoceno - Holoceno	Ripios y Gravas, presencia de cauces abandonados	Textura: Franco Limosa a Franco Arcillo Limosa	Si	Baja a Muy Baja	Inundación: Baja a Media	Muy Baja	Suelos Agrícola
	R.Masa: Bajo a Medio		Drenaje: Drenaje Imperfecto					
Terraza Mapocho 6 (Tm6)	Depósitos fluviales aterrazados. Pleistoceno - Holoceno	Ripios y Gravas	Textura: Franco Arenosa	Si	Muy Baja a Baja	Inundación: Media	Muy Baja	Suelos Agrícolas
	R.Masa: Alto		Drenaje: Excesivamente Drenado					
Terraza Mapocho 7 (Tm7)	Depósitos fluviales aterrazados. Pleistoceno - Holoceno	Ripios y Gravas, presencia de cauces abandonados	Textura: Franco	Si	Muy Baja a Baja	Inundación: Media	Muy Baja	Suelos Agrícolas
	R.Masa: Medio a Alto		Drenaje: Bien Drenado					
Flanco de Valle Pasivo 1 (Fvp1)	Lavas andesíticas, piroclásticas y basálticas	Relieve suavizado	Textura: Franco Arcillo Limoso	-	Moderado	Inundación: Nulo	Elevada	Canteras
	R.Masa: Bajo a Medio		Drenaje: Bien Drenado					
Flanco de Valle Pasivo 2 (Fvp2)	Dioritas, monzodioritas, granodioritas. Cretácico Inferior alto - Cretácico superior bajo	Relieve suavizado	Textura: Franco Arcillo Limoso	-	Moderado	Inundación: Nulo	Elevada	Matorral y Bosque Esclerófilo
	R.Masa: Bajo a Medio		Drenaje: Bien Drenado					

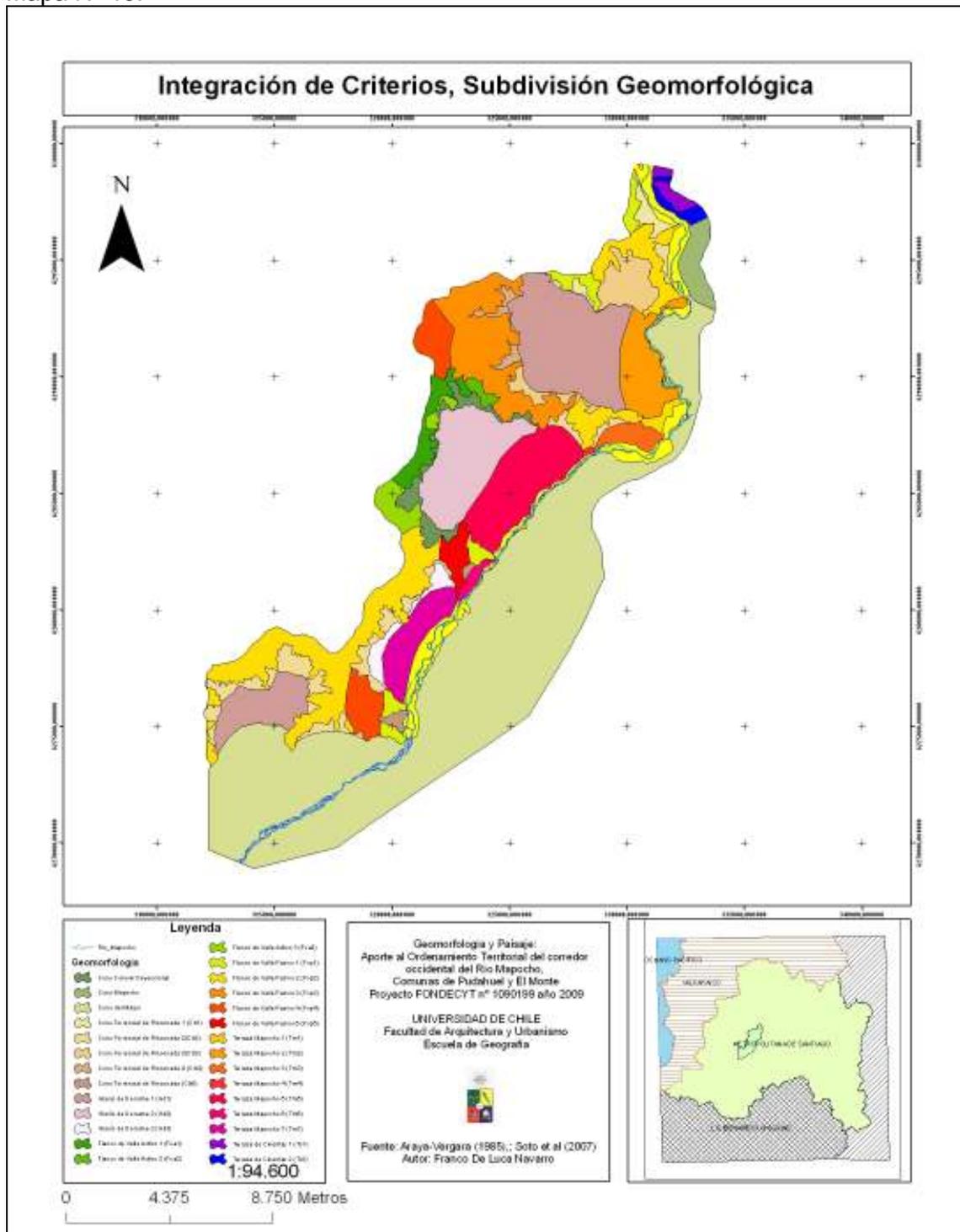
Unidades Geomorfológicas-Paisajísticas	Estado del Sustrato Geológico	Morfo-Sedimentología y Pendientes	Suelos	Movimiento en Masa en Riberas	Procesos Erosivos	Permeabilidad	Calidad Paisajística	Intervención Humana
Flanco de Valle Pasivo 3 (Fvp3)	Intercalación sedimentaria y volcánica Brechas sedimentarias y volcánicas, labas andesíticas y limolitas calcáreas. Cretácico Inferior - Cretácico superior	Relieve suavizado	Textura: Franco Arcillo Limoso	-	Baja	Inundación: Nulo	Elevada	Matorral y Bosque Esclerófilo
	R.Masa: Alto		Drenaje: Bien Drenado					
Flanco de Valle Pasivo 4 (Fvp4)	Secuencias volcánicas y sedimentarias marinas asociados a la Formación Lo Prado. Cretácico Inferior	Relieve suavizado	Textura: Franco Arcillo Arenoso	-	Baja	Inundación: Nulo	Elevada	Matorral y Bosque Esclerófilo
	R.Masa: Alto		Drenaje: Bien Drenado a Excesivamente Drenado					
Flanco de Valle Pasivo 5 (Fvp5)	Pórfidos andesíticos y dioríticos ubicados en la Cordillera de la Costa. Cretácico Superior	Relieve suavizado	Textura: Franco Arcillo Arenoso	-	Baja	Inundación: Nulo	Elevada	Matorral y Bosque Esclerófilo
	R.Masa: Alto		Drenaje: Excesivamente Drenado					
Flanco de Valle Activo 1 (Fva1)	Secuencias volcánicas y sedimentarias marinas asociados a la Formación Lo Prado. Cretácico Inferior	Superficie Rugosa	Textura: Franco Arcillo Arenoso	-	Baja	Inundación: Nulo	Muy Elevada	Matorral y Bosque Esclerófilo
	R.Masa: Alto		Drenaje: Excesivamente Drenado					
Flanco de Valle Activo 2 (Fva2)	Secuencias sedimentarias y volcánicas continentales asociado a la Formación Quebrada Marquesa y Veta Negra	Superficie Rugosa	Textura: Franco Arcillo Arenoso	-	Baja	Inundación: Nulo	Muy Elevada	Matorral y Bosque Esclerófilo
	R.Masa: Medio		Drenaje: Excesivamente Drenado					

Unidades Geomorfológicas- Paisajísticas	Estado del Sustrato Geológico	Unidades Geomorfológicas	Suelos	Movimiento en Masa en Riberas	Procesos Erosivos	Permeabilidad	Calidad Paisajística	Intervención Humana
Unidades Geomorfológicas- Paisajísticas Flanco de Valle Activo 3 (Fv3)	Dioritas y monzodioritas de piroxeno y hornblenda, granodioritas, monzogranitos de hornblenda y biotita en la Cordillera de la Costa. Cretácico Inferior Alto a Cretácico Superior Bajo	Superficie Rugosa	Textura: Franco Arcillo Arenoso	-	Baja	Inundación: Nulo	Muy Elevada	Matorral y Bosque Esclerófilo
	R.Masa: Alto		Drenaje: Excesivamente Drenado					
Glacis de Derrame 1 (Gd1)	Depósitos aluviales y coluviales. Holoceno - Pleistoceno	Materiales Finos, superficie con pendientes que no superan los 5°	Textura: Franco Arenosa Fina	no	Moderada a Elevada	Inundación: Media, asociado a desborde de canales	Baja	Suelos Agrícolas
	R.Masa: Bajo		Drenaje: Bien Drenado a Drenaje Moderado					
Glacis de Derrame 2 (Gd2)	Son depósitos de origen aluvial, coluvial, y de movimientos en masa incluidos los de origen volcánico	Materiales Finos, superficie con pendientes que no superan los 5°	Textura: Franco Arenosa a Franco Arenosa Fina	no	Baja	Inundación: Media, asociado a desborde de canales	Baja	Suelos Agrícolas, algunos asentamientos rurales
	R.Masa: Bajo a Medio		Drenaje: Bien Drenado a Drenaje Imperfecto					
Glacis de Derrame 3 (Gd3)	Depósitos aluviales y coluviales. Holoceno - Pleistoceno	Materiales Finos, superficie con pendientes que no superan los 5°	Textura: Franco Arenosa a Franco Arcillo Arenoso	no	Baja a Moderada	Inundación: Media, asociado a desborde de canales	Baja	Suelos Agrícolas
	R.Masa: Medio a Alto		Drenaje: Bien Drenado					

Unidades Geomorfológicas-Paisajísticas	Estado del Sustrato Geológico	Unidades Geomorfológicas	Suelos	Movimiento en Masa en Riberas	Procesos Erosivos	Permeabilidad	Calidad Paisajística	Intervención Humana
Cono Coluvial Deycional 1 (Ctr1)	Son depósitos de origen aluvial, coluvial, y de movimientos en masa R.Masa: Medio	Depósitos heterogéneos, pendientes entre los 2° a 30° y más	Textura: Franco Arenosa Fina Drenaje: Bien Drenado	no	Baja a Moderada	Inundación: Media	Muy Elevada	Matorrales, agricultura en zonas de menos pendiente
Cono Torrencial de Rinconada 1 (Ctr1)	Secuencia de rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas asociadas a las formaciones Cerrillos R.Masa: Medio	Depósitos heterogéneos, pendientes entre los 2° a 30° y más	Textura: Franco Limosa a Franco Arcillo Limosa Drenaje: Bien Drenado	no	Moderada	Inundación: Media	Muy Elevada	Matorrales, urbanización Lomas de Lo Aguirre y relave La Africana
Cono Torrencial de Rinconada 2 (Ctr2)	Son depósitos de origen aluvial, coluvial, y de movimientos en masa incluidos los de origen volcánico R.Masa: Medio	Depósitos heterogéneos, pendientes entre los 2° a 30° y más	Textura: Franco Arenosa Fina Drenaje: Bien Drenado	no	Baja a Moderada	Inundación: Media	Muy Elevada	Matorrales, agricultura en zonas de menos pendiente
Cono Torrencial de Rinconada 3 (Ctr3)	Son depósitos de origen aluvial, coluvial, y de movimientos en masa incluidos los de origen volcánico R.Masa: Medio	Depósitos heterogéneos, pendientes entre los 2° a 30° y más	Textura: Franco Arenosa Fina Drenaje: Bien Drenado	no	Moderada	Inundación: Media	Muy Elevada	Matorrales, agricultura en zonas de menos pendiente
Cono Torrencial de Rinconada 4 (Ctr4)	Secuencias sedimentarias y volcánicas continentales asociado a la Formación Quebrada Marquesa y Veta Negra R.Masa: Medio a Alto	Depósitos heterogéneos, pendientes entre los 2° a 30° y más	Textura: Franco Arenosa Fina Drenaje: Bien Drenado	no	Moderada	Inundación: Baja	Muy Elevada	Matorrales y Bosque Esclerófilo
Cono Torrencial de Rinconada 5 (Ctr5)	Depósitos coluviales, sedimentos polimícticos mal seleccionados R.Masa: Medio a Alto	Depósitos heterogéneos, pendientes entre los 2° a 20°	Textura: Franco Arcillosa Drenaje: Bien Drenado	no	Baja	Inundación: Media	Muy Elevada	Matorrales, agricultura en zonas de menos pendiente

Fuente: Elaboración Propia

Mapa N° 13:



8.1. Propuestas de Uso de Suelo

La Integración de los criterios permite la generación de una propuesta de usos adecuado a categorías en las cuales se aprecia la actividad a realizar y los requerimientos necesarios para la realización de estas. Con este propósito es que se han generado los siguientes cuadros, los cuales indican las referencias que deben considerarse para la utilización de las zonas estudiadas:

Categoría 1
Zona Ecoturismo, Turismo Aventura
Actividades
Trekking, Canopy, Observación de Naturaleza
Requerimientos
Zonas especiales donde se pueda apreciar una determinada especie animal, zonas de cerros y paisaje elevado a muy elevado.

Categoría 2
Zona Deportes Aéreos
Actividades
Alas Delta, Parapente
Requerimientos
Áreas con cumbres y cerros, pendientes moderadas y que en los alrededores no exista ningún tipo de tendido eléctrico.

Categoría 3
Zona urbanización de Baja Densidad
Actividades
Parcelas de Agrado, condominios con variadas áreas verdes
Requerimientos
Principalmente las zonas de pendientes bajas, donde no existan problemas asociados a riesgos de movimientos en masa y afloramiento de aguas subterráneas

Categoría 4
Zona Parque Inundable
Actividades
Zona de recepción de aguas
Requerimientos
Zonas asociadas al borde del cauce y las terrazas, que según sea el caso, presenten riesgo alto de inundación, ya sea por presencia de cauces abandonados, crecidas del río o afloramiento de aguas subterráneas.

Categoría 5
Zona Parque
Actividades
Recreación, Picnic
Requerimientos
Principalmente accesibilidad

Categoría 6
Zona Recreación Ribereña
Actividades
Playas y marinas que permitan el desplazamiento de pequeños botes o juegos acuáticos
Requerimientos
Aquellas secciones en que el río presenta mayores profundidades en su cauce. Las embarcaciones deben ser capaces de movilizarse en aguas poco profundas.

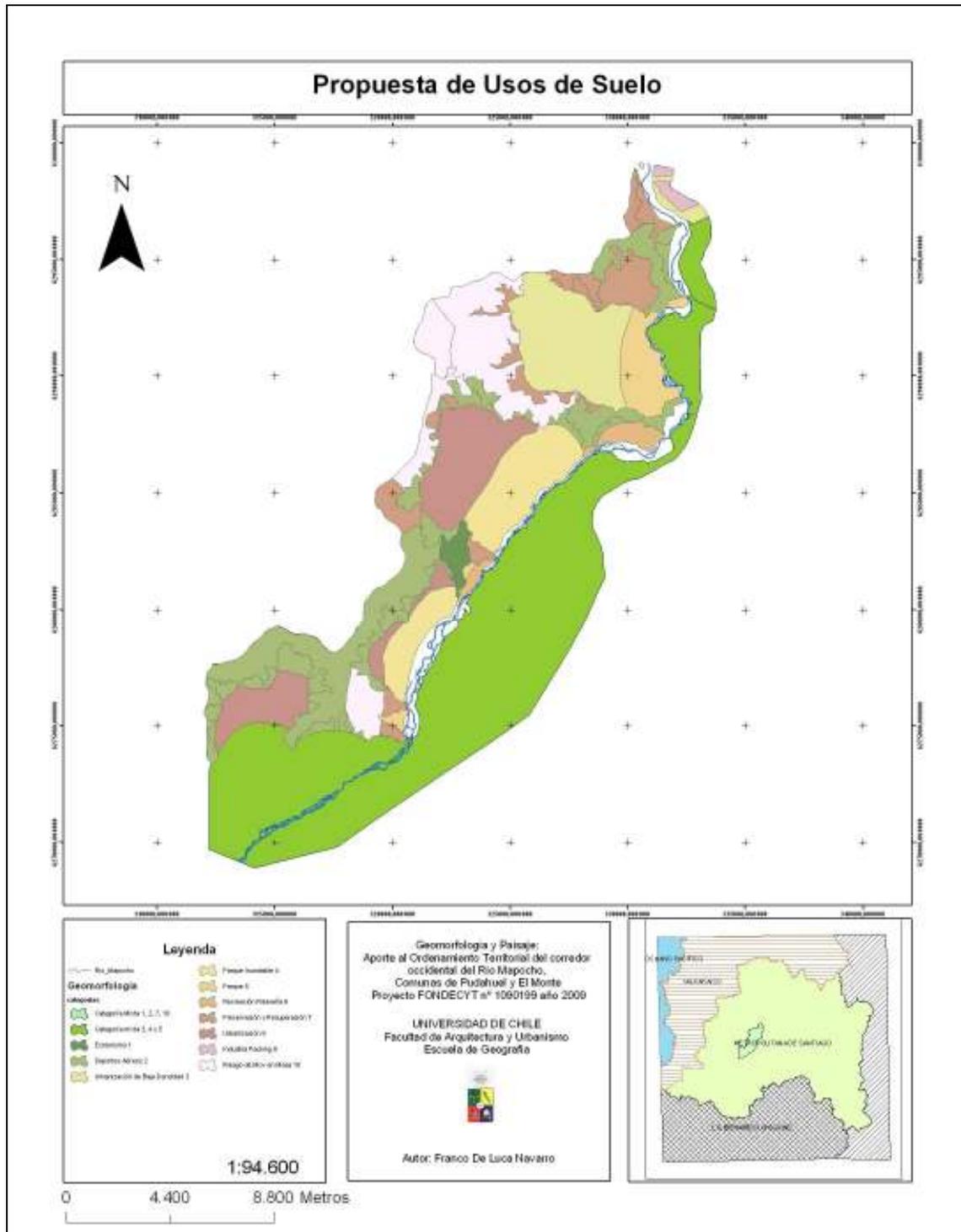
Categoría 7
Zona Preservación y Recuperación
Actividades
Cuidados especiales, recuperación de vegetación nativa
Requerimientos
Zonas de ecosistemas frágiles o de reducida espacialidad o con destacada autenticidad, que amerite la reducción al mínimo de los impactos antrópicos. Recuperación de zonas erosionadas a través de la forestación.

Categoría 8
Zona Urbanización (Peineta)
Actividades
Urbanización de baja densidad
Requerimientos
Estructura de "Peineta", paralela al cauce del río, donde las calles perpendiculares permitan cierto acercamiento al río.

Categoría 9
Zona Industria Packing
Actividades
Industrias que utilicen tecnología que no genere efluentes contaminantes
Requerimientos
Terrenos planos y accesibles.

Categoría 10
Zona Restricciones Riesgo R. Masa, Inundación
Actividades
Construcción de obras de mitigación
Requerimientos
Todas aquellas zonas que presenten altos rangos de riesgo geomorfológico y contaminación.

Mapa N° 14



Finalmente, para las unidades geomorfológicas descritas en el presente estudio, se desprenden las siguientes consideraciones:

La Terraza de Cineritas presenta, dentro de las unidades analizadas, las mejores condiciones para el establecimiento de un uso que se asocie a la industria de Parking, esto debido a la poca vegetación existente, la pobre calidad edáfica de sus suelos y la gran accesibilidad que presenta. En cuanto a otro tipo de uso, debe pensarse en aquellos que no generen contaminación de sus suelos ni de las aguas subterráneas.

En cuanto a un uso residencial, debe tomarse en consideración la respuesta sísmica de esta unidad geomorfológica ante estos eventos, la cual no fue incluida en el presente estudio; y a su vez, la cercanía con el aeropuerto genera restricciones para esta zona en cuanto a aquel uso de suelo.

Las zonas conformadas por los flancos de valle pasivo y activo se destacan principalmente por poseer altos rangos en cuanto al riesgo de movimientos en masa de laderas, por lo mismo, la principal categoría de uso para la presente categoría es la de restricción por Riesgo Geomorfológico. Sin embargo, aquella condición puede ser complementada por aquellas actividades en las cuales no sea necesario el establecimiento de grandes estructuras, de esta manera, un complemento para esta categoría en cuanto al uso son los deportes extremos como los deportes aéreos como parapente y alas deltas. En general, en esta categoría existen vastas zonas con presencia de bosque nativo, por lo cual las actividades que contemplen el cuidado de estos así como la observación, pueden complementarse.

Las zonas donde existen conos coluvio – deyeccionales y conos torrenciales de rinconadas y glacís de derrame se puede dar un uso urbano siempre y cuando no se vean afectadas por los movimientos en masa provenientes de las laderas de los cerros. A su vez, la poca pero constante pendiente que los caracteriza colabora para que no se inunden aquellos terrenos y las aguas escurran hacia las zonas más bajas, por lo que la urbanización de tipo “peineta” se adecuaría a estos usos.

Los conos aluviales, que según sea las características en cuanto a drenaje y niveles freáticos, se asocian a las categorías 3 y 5. Si las condiciones de drenaje son malas, puede ser adecuados para generar diversos parques inundables que ayuden a contener agua de precipitación y a su vez, las crecidas del río, para que éstas no afecten o inunden otras zonas. Esta última consideración también se incluye aquellas zonas donde el río no fluye en la zona de contacto por coalescencia de las unidades geomorfológicas,

La terraza fluvial del río Mapocho debe considerarse como una zona propensa a ser inundada por crecidas esporádicas, por lo que su condición de uso se ve sesgada por

la existencia de cauces abandonados y su uso residencial se debe efectuar generando medidas de mitigación ante estas posibles inundaciones; por lo mismo, esta zona debe aprovecharse asociado a los distintos tipos de escurrimientos que presenta el río en el área de estudio, por lo que un uso óptimo para esta unidad geomorfológica debe pensarse siempre en relación al río. La categoría expresada como uso recreacional ribereña se adecua a estas condiciones.

9. Discusiones

Los planes de Ordenamiento Territorial indudablemente se deben generar a partir de un múltiple espectro de variables tanto físicas como sociales, teniendo siempre como horizonte los usos más aptos de acuerdo a las características locales, y reduciendo el impacto a los elementos naturales. Por lo mismo, cabe señalar que de los elementos analizados en el presente estudio, se efectúa desde un espectro específico del área física componente del territorio, lo que implica ser parte del Ordenamiento Territorial, en ningún caso se debe considerar solo las variables descritas en el presente estudio a la hora de efectuar este tipo de planes. Aun así, los elementos geomorfológicos existentes pueden ser determinantes y generar un gran nivel de riesgo si no se toma en consideración a la hora de efectuar la ordenación del territorio.

La multiplicidad de variables posibles a tomar en consideración puede dificultar la manera en que es tratada la información y a su vez, la toma de decisión, ya que se debe buscar una simplicidad dentro de lo complejo del medio natural, esto con el fin de que otras personas que no estén ligadas a las ciencias de la tierra o a la misma planificación en sí, puedan comprender a cabalidad las razones por las cuales se escoge un determinado uso de suelo para cierta zona. Por lo mismo, se piensa como trascendental el buen entendimiento y simplicidad de las variables señaladas.

El acceso o recopilación de antecedentes que permitan cuantificar las variables descritas es bastante limitado, por lo que se requirió, en algunos casos, extraer información general de las zonas, como el caso de las cartografías del Proyecto Otas (Gore, 1996), lo que dificulta el detalle del análisis de las características del medio físico en 2 aspectos trascendentales, el primero, la escala de trabajo, ya que esta no es la ideal para estipular aspectos específicos de zonas que lo ameriten por sus cualidades o singularidades. En segundo lugar, el transcurso de tiempo entre la información y la actualidad, ya que muchas de las zonas en que el Proyecto Otas son especificadas como agrícolas, ya se encuentran plenamente loteadas y son parte de la trama urbana de las distintas comunas.

La utilización de la metodología planteada por Centeno et al (1994) para la definición de los parámetros y criterios necesarios para la determinación de la variable calidad paisajística resultó ser una gran forma de simplificar los aspectos perceptivos, y ser una herramienta metodológica bastante fácil de aplicar de acuerdo a las variables básicas analizadas.

10. Conclusiones

El área de estudio, a pesar de ser parte de un dominio climático sin mucha variación y con determinados meses de lluvia y sequía, se observan diversas formas, procesos, y usos de suelo.

En cuanto al desarrollo de los resultados, cabe señalar que se seleccionaron de acuerdo a la relación existente entre estos y la geomorfología del área. A medida en que se desarrollaron cada uno de los criterios adoptados, se daba una estrecha relación entre unos y otros criterios, por lo que no existe un solo criterio aislado, la mayoría se relacionan entre sí.

Se desarrolla una clasificación de usos estimados según categorías en las cuales se enmarcan, a pesar de esto, pueden generarse un sinnúmero de otros tipos de usos y actividades que pueden haber quedado afuera, siempre cuando cumplan con los requisitos necesarios, pueden detallarse y enriquecer aun más el presente estudio.

Así, para el área de estudio se tiene como horizonte un plan de Ordenamiento Territorial que plantee consideraciones ecológicas a la hora de generar usos de suelo, esto debido a que el área estudiada posee potenciales suficientes para ser transformada no en la extensión o apéndice del Gran Santiago, sino como una zona que le de respiro, ventilación y recreación a esta ciudad y a bastos sectores de la Región Metropolitana.

Un elemento a considerar que no se encuentra presente en el presente estudio, es la referencia a experiencias extranjeras en torno al ejercicio del Ordenamiento Territorial, la cual es claramente necesaria para ejemplificar y dar a conocer criterios para efectuar estas políticas. Así, a pesar de encontrar algunas referencias bibliográficas, el autor no logró dar con alguno que se dedique exclusivamente a los criterios geomorfológicos como experiencias empíricas y no solo teóricas.

Los criterios básicos expresados en el presente estudio, y las categorías de las unidades geomorfológicas, se aportarán a la elaboración de las normas generales para plantear un modelo de uso del territorio que contemple el corredor fluvial y todas sus funciones como parte del desarrollo urbano. Por lo mismo, se piensa que los organismos públicos, tanto gobiernos regionales, provincias y municipios deben aunar fuerzas para generar planes de manejo y horizontes de futuros proyectos en conjunto, ya que el sistema río y sus asociaciones geomorfológicas no reconocen límites administrativos ni menos diferencias políticas.

BIBLIOGRAFIA UTILIZADA

- Araya-Vergara, J. 1985 "Análisis de la Carta Geomorfológica de la cuenca del Mapocho" Informaciones Geográficas, N° 32, p. 31-44 Universidad de Chile.
- Araya-Vergara, J; Borgel, R.1972 "El uso de la carta 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar en la confección del Mapa de Unidades Geográficas Físicas". En Actas Primer Symposium Cartográfico Nacional.
- Barriga, D; Michelseen, R; Marín, L. 2002 "Memoria Explicativa Plano Regulador Comunal". Ilustre Municipalidad de Pudahuel, Septiembre, 2002.
- Castañeda, V; Fernández, R; Palomero, C. 1983 "El Mapocho río origen de Santiago" Seminario de Investigación. Departamento de Construcción; Departamento de Urbanismo, Universidad de Chile. Santiago de Chile, Enero 1983.
- Centeno, J; Fraile, M; Otero, M; Pividal, A. 1994 "Geomorfología Práctica: ejercicios de fotointerpretación y planificación geoambiental" Editorial Rueda, Madrid España.
- Chapple, P. 2008 "Huele a Nuevo, Planta de Tratamiento de Aguas La Farfana". Revista BID N°62 p. 30-35. Disponible en la web <http://www.cchc.cl/kwldg/databank/21155.pdf>
- Chávez, C. 2005 "Amenazas de media y baja montaña asociados al corredor de comercio Las Leñas, VI Región del Libertados Bernardo O'Higgins". Memoria para Optar al título de Geógrafo. Escuela de Geografía, Universidad de Chile.
- CIREN, 1996 "Estudio Agroecológico de La Región Metropolitana". Centro de información de recursos naturales. Santiago, Chile.
- Claverio, J; Arenas, M; Troncoso, R; 2008 "Acercando el conocimiento geológico a la comunidad" SERNAGEOMIN. Disponible en la web http://www.faceaucentral.cl/pdf/acercando_conocimiento.pdf
- CONAMA, 2007 "Resumen Diagnóstico Ambiental. Recursos Hídricos de La Región Metropolitana de Santiago". Disponible en la web http://www.sinia.cl/1292/articles-39509_pdf_agua.pdf
- Cortéz, N; García, R; Rabello, J. 2003 "Región Metropolitana de Santiago y Recreación Masiva. El corredor del río Mapocho como recurso del siglo XXI". Seminario de Investigación. Departamento de Urbanismo, Universidad de Chile.

- DGA, 2009: Estadística de Estaciones Hidrológicas, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas. Disponible en la web <http://www.dga.cl/index.php?option=content&task=section&id=16&Itemid=161>
- www.e-seia.cl, 2009 “Remediación Ambiental Depósito de Relaves La Africana, Proyecto Congo” Disponible en la web https://www.e-seia.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?id_expediente=3985782&idExpediente=3985782&modo=ficha
- Fernández, J C. 2001 “Estudio Geológico-Ambiental para la Planificación Territorial del Sector TilTil-Santiago”. Tesis y Memoria para optar al grado de Magíster en ciencias mención Geología y al título de Geólogo. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología. Universidad de Chile. Santiago de Chile, Enero 2001.
- Fernández, D; Lutz, M. 2003 “Procesos de remoción en masa y erosión fluvial en la quebrada del río Los Sosa, provincia de Tucumán”. Revista de la Asociación Geológica Argentina N^o 58. Argentina, Abril, 2003 disponible en la web http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0004-48222003000200011&script=sci_arttext
- Ferrando, F. 2004 “Apuntes de Hidrología”. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile.
- Ferrando, F., 2008. “Amenazas naturales en el sector oriente de la Región Metropolitana de Santiago de Chile: Los Movimientos en Masa”. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza, España
- Gómez Orea, D. 1994 “Ordenación del Territorio. Una Aproximación desde el Medio Físico”. Instituto Tecnológico Geominero de España. Editorial Agrícola Española. Madrid, España.
- González, C. 2005 “Estudio de Áreas de Riesgo Geomorfológico de la zona Urbana y de Expansión de la comuna de San Antonio, V Región”. Memoria para Optar al título de Geógrafo. Escuela de Geografía, Universidad de Chile.
- González. Ferran, O. 1995 “Volcanes de Chile”. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile
- GORE. 2002 “Criterios de Ordenamiento Territorial Ambientalmente Sustentable para la Región Metropolitana de Santiago: Propuesta” Gobierno Regional Metropolitano. Departamento de Ordenación Territorial y Medio Ambiente, Proyecto OTAS. Universidad de Chile. Instituto de Asuntos Públicos. Octubre 2002

- Hauser, A. 1993 “Remociones en Masa en Chile” Servicio Nacional de Geología y Minería. SERNAGEOMIN, boletín N° 45. Santiago, Chile.
- Instituto Nacional de Estadística (INE) 2002 “Estadísticas Demográficas y Vitales. Censo 2002” Visitado el día Martes 5 de Agosto de 2008. Disponible en la Web. http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/demografia_y_vitales/demo_y_vita_hp
- MIDEPLAN. 1998 “Cuencas Hidrográficas en Chile: Diagnósticos y Proyectos”. Ministerio de Planificación y Cooperación. Santiago, Chile.
- Milovic, J. 2000 “Estudio Geológico-Ambiental para el Ordenamiento Territorial de la mitad sur de la cuenca de Santiago” Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Concepción.
- Neiff, J.J., A. Poi de Neiff y S.L. Casco 2005 “Importancia ecológica del corredor fluvial Paraguay-Paraná como contexto del manejo sostenible”. Disponible en la web <http://www.neiff.com.ar/documentacion/03.%20Capitulos%20de%20libro/ARCHIVO%2042.%20%20Neiff%20et%20al.,%202005b.pdf>.
- Moreno, J; Valenzuela, L; Rivas, A; Sanchez, C. 2002 “Atlas Comunal”. Ilustre Municipalidad de Cerro Navia, Dirección de Obras, Departamento de Catastro. 2002
- Morgan, R. 1997 “Erosión y conservación del suelo” Editorial Mundi-Prensa Libros. Madrid, España.
- Padilla, R. 2007 “Dinámica Geomorfológica actual del paisaje de Montaña, correspondiente al bloque sur-oeste de la Región Metropolitana” Memoria para Optar al título de Geógrafo. Escuela de Geografía, Universidad de Chile.
- Romero, H. Vásquez, A. 2005 “Evaluación ambiental del proceso de urbanización de las cuencas del piedemonte andino de Santiago de Chile”. Revista eure Vol. XXXI, N° 94; pp. 97-117, Santiago de Chile, diciembre 2005. Disponible en la web http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0250-71612005009400006&script=sci_arttext#z
- Sellés D; Gana, P. 2001 “Geología del Área Talagante – San Francisco de Mostazal”. Carta Geología de Chile. Serie Geología Básica N° 74. SERNAGEOMIN, Santiago, Chile.
- SERNAGEOMIN, 2002.”Mapa Geológico de Chile 1:1.000.000. Santiago”. Servicio Nacional de Geología y Minería, Chile. Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica N° 75

- Soto, M; Castro, C; Rodolfo, G; Mäker, M; Fernández, R; Padilla, R; Rugiero, V. 2007 "Carta geomorfológica de la sección central y occidental de la Región Metropolitana de Santiago". Proyecto FONDECYT 1050726. Investigaciones Geográficas, N° 39, pp 91-99, Universidad de Chile.

- Thiele, R. 1980 "Hoja de Santiago. Carta Geológica de Chile 1:250.000" Instituto de Informaciones Geológicas N° 39, Santiago, Chile

- Tricart, J. 1969 "La Epidermis de la Tierra" Editorial Labor, Barcelona, España.

- Valenzuela, G. 1978 "Suelo de Fundación del Gran Santiago" Boletín N° 33 Instituto de Investigaciones Geológicas. Santiago, Chile.