



Pontificia Universidad Católica de Chile
Facultad de Arquitectura, Diseño y
Estudios Urbanos, Escuela de Arquitectura
Magíster de Arquitectura del Paisaje

Crisis en Latencia:

Configuración del Paisaje como transición urbana-natural:

Proyecto de Reforestación y Contención ante riesgos de deslizamientos y aluviones en Laderas y Quebradas en el sector de Chigüayante

Cesia Verónica Campos Petron

Tesis para optar al grado académico de Arquitecto y Magíster en Arquitectura del Paisaje
Profs Guía: Osvaldo Moreno y Arturo Lyon

Marzo, 2019 | Santiago, Chile



Fuente: Google Earth. Cerro Manquicavida, vista hacia Chiguayante, desde el cerro.

© 2019, Cesia Campos Petron

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento

Índice		- Capítulo 3 Comprensión territorial: Región del Biobío, Provincia de Concepción		63	- Capítulo 5 Proyecto de Arquitectura del Paisaje		101	
- Abstract Resumen		5			5.1 Definición de la pieza, levantamiento y planteamiento de estrategias generales.		103	
- Formulación de Investigación		7	3.1 Definición de sitio de estudio Escala Regional		65	5.1.1. La pieza		103
0.1	Problemática	9	3.1.1 Levantamiento del lugar y análisis de puntos críticos		65	5.2 Formulación de estrategias proyectuales		111
0.2	Preguntas de Investigación	13	3.2 Análisis de dinámicas climáticas, sociales y ecológicas Escala comunal		67	5.2.1 Estrategia 1 Reforestación de Laderas y vegetación		111
0.3	Hipótesis	13	3.3 Problemáticas asociadas a la comuna Chigüayante		69	5.2.2 Estrategia 2 Diques de contención en quebradas y laderas		115
0.4	Objetivos	17	3.3.1 El desastre en la comuna		69	5.2.3 Estrategia 3 Accesibilidad, Programa y Recorrido		121
0.5	Metodología	19	3.3.2 Problemáticas mediambientales		71	a. Accesos		121
- Capítulo 1 Marco Conceptual: El rol de la Arquitectura del Paisaje frente a los ecosistemas cambiantes.		25	3.3.3 Problemas de Infraestructura y seguridad		73	b. Programa		123
		27				c. Recorridos		123
1.1	Planificación Territorial del paisaje como infraestructura verde para el crecimiento urbano.	31	- Capítulo 4 Levantamiento del sitio de estudio: Laderas y Quebradas de Chigüayante		75	5.3 Aproximación al Proyecto de Arquitectura del Paisaje.		125
1.2	Conceptos asociados al fenómeno del desastrtre Resiliencia, vulnerabilidad y desastres naturales.	35	4.1 Manifestación del desastre en el lugar; un paisaje en riesgo Levantamiento Cartográfico de capas críticas del paisaje.		77	- Conclusiones Finales		143
1.3	Conceptualización de la noción de Arquitectura del Paisaje Diferentes nociones de paisaje hacia una mirada crítica desde el desastre.	39	4.1.1 Dirección de Flujos		77	- Bibliografía		147
1.4	La experiencia de un parque de las Quebradas: una transición entre ciudad y geografía Contención topográfica como medida de adaptación para un desastre	43	4.1.2 Erosión de Suelos		79	Bibliografía mínima		149
- Capítulo 2 Fenomenología del Desastre: Aluvión y Remoción en masa en la configuración de un paisaje.		45	4.1.3 Escorrentías		81	Bibliografía complementaria		155
		47	4.1.4 Pendientes		85	- Fuentes Iconográficas		161
2.1	Estudio y análisis del desastre Procesos que se desarrollan	47	4.1.5 Susceptibilidad.		85	- Anexos documentales		173
2.1.1	Sobre aluviones y Remoción en Masa	53	4.2 Análisis y Problemáticas de componentes Paisajísticos		87			
2.2	“Estado del arte” del desastre Una mirada inter-nacion y nacional	53	4.2.1 Análisis de componentes urbanos – Ciudad, Infraestructura, Vialidad Crecimiento urbano por sobre el límite de restricción, desconexión entre cerro y ciudad.		87			
2.2.1	Una mirada Internacional	55	4.2.2 Análisis de componentes naturales – Vegetación, Hidrología, Topografía Las áreas verdes como componente importante, déficit dentro de la comuna.		91			
2.2.2	Una mirada nacional	57	4.2.3 Análisis de Normativas existentes – Plan Regulador Quebradas y Laderas como zonas de restricción.		95			
2.2.3	Catálogo de ocurrencias en Chile	61	4.2.4 Análisis de componentes ecológicos – Flora y Fauna Vegetación que compone la zona de estudio.		97			
2.2.4	Soluciones constructivas de mitigación							

Abstract | Resumen

Esta investigación se propone abordar eventos relacionados a los desastres naturales asociados al cambio climático, como aluviones, remoción en masa e inundaciones, que han afectado sistemáticamente a la comuna de Chigüayante, Región del Biobío. A su vez, del estudio del sitio, se desprenden otros factores críticos del lugar, como ausencia de áreas verdes, espacios residuales y desconexión entre cerro y ciudad, generando inaccesibilidad a los sitios de interés natural propios de la zona pese a tener un contexto geográfico importante con gran valor y belleza paisajística, entregando las pautas para abordar un proyecto desde la arquitectura del paisaje.

En primera instancia, hay que entender que existen determinados factores detonantes de estos eventos climáticos, los cuales, constituyen un peligro para la sociedad, que arriesga un alto grado de vulnerabilidad ante estos fenómenos.

Para determinar el caso de estudio de esta tesis, se realizó un análisis nacional de la ocurrencia de estos fenómenos. Por consiguiente, se escoge la comuna de Chigüayante debido a que presenta una condición de vulnerabilidad constante frente a estos desastres naturales. Al mismo tiempo, las problemáticas del lugar no sólo están determinadas por el desastre mismo, sino también por otros aspectos esenciales inherentes a este.

Del levantamiento del sitio, entendiendo los desastres naturales que la afectan y las problemáticas propias de una ciudad en crecimiento, surgen oportunidades proyectuales que toman gran relevancia para el cuidado, protección y creación de espacios para la recreación. De igual manera, posee un potencial paisajístico que radica en varios factores, uno de los cuales son sus límites geográficos, que determinan el crecimiento espacial de la ciudad. Por un parte, se

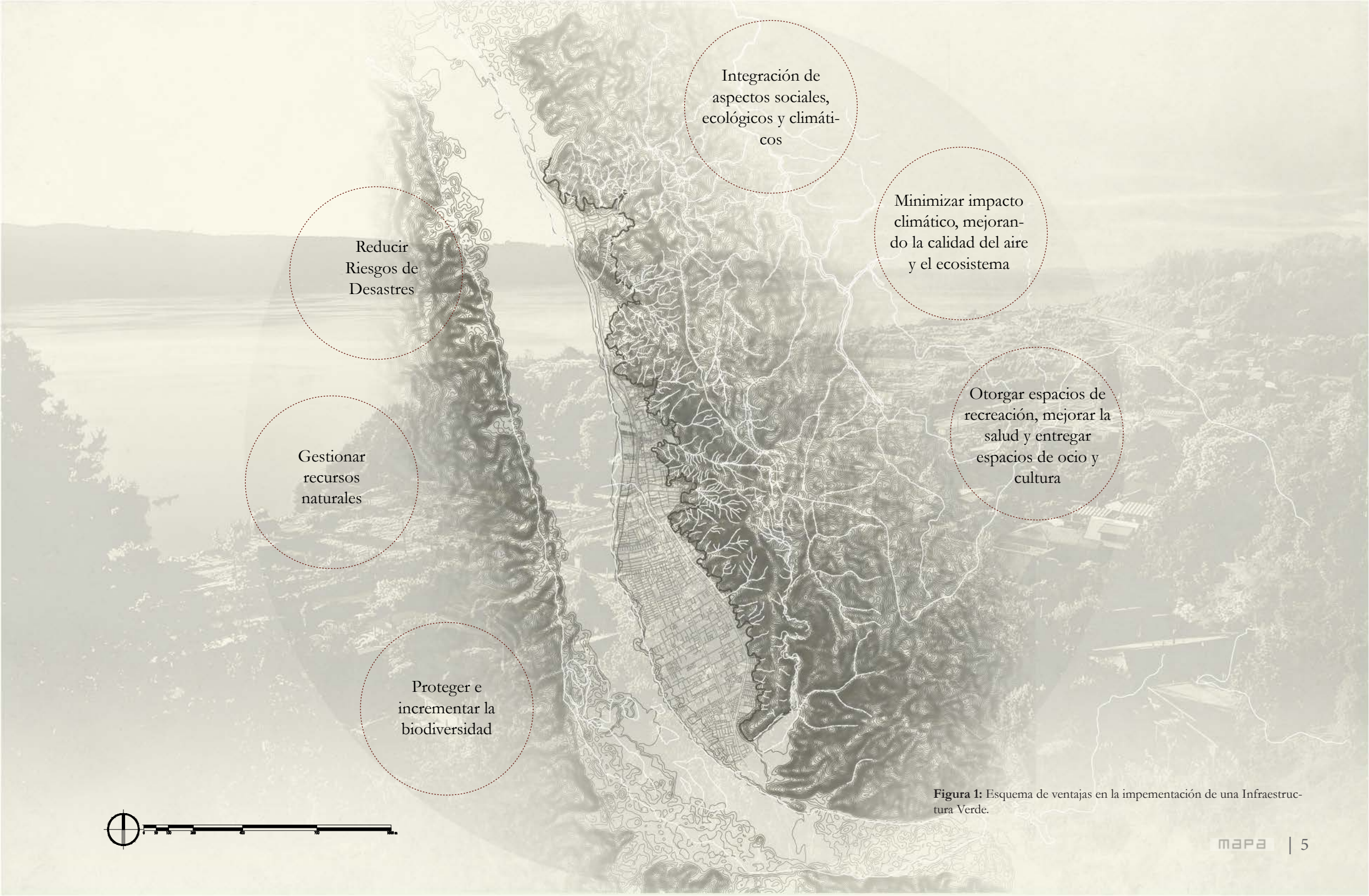
encuentra limitado hacia el este con la Cordillera de la Costa, la cual presenta una gran cantidad de quebradas con una fuerte pendiente en directa relación con la ciudad. Por otro lado, su límite oeste es el río Biobío, al cual la ciudad le da la espalda generando un borde no consolidado, restringiendo la relación de éste con la comuna, dejando a la ciudad a merced de sus dos hitos geográficos más importantes.

Estos dos sistemas territoriales significativos representan una mirada turística relevante, exhibiendo y mostrando su valor ecológico, social y natural de un ecosistema vivo que se encuentra en crisis. De esta manera, esta investigación, propone incorporar un sistema que pueda contribuir a la gestión de riesgo de remoción en masa en zonas urbanas a través del diseño y planificación del paisaje, mejorando la accesibilidad a los recursos naturales y la urbanización, con el fin de recuperar la biodiversidad existente, y así poder contribuir a la creación de un espacio público con atributos paisajísticos propios del lugar, permitiendo un equilibrio entre las relaciones del sistema natural y antrópico, de tal forma de relacionar el paisaje natural, el ser humano y el entorno construido.

Vincular los atributos ecológicos que este sistema natural entrega, posibilita revalorar este paisaje fragmentado. En consecuencia, las estrategias proyectuales son definidas mediante una infraestructura que sea capaz de configurar nuevas relaciones sociales, espaciales y perceptuales entre el ser humano y el entorno natural, entregando estabilidad, disminuyendo el impacto de un eventual fenómeno climático. Finalmente se espera dar paso a la conformación de un parque de quebradas que sea una transición entre ciudad y naturaleza, actuando desde las quebradas como nuevas vías de evacuación ante eventos naturales.

Palabras claves:

*Remoción en masa – Aluvión – Chigüayante – Sistema Natural – Transición urbana
- natural - Accedibilidad -*



Integración de
aspectos sociales,
ecológicos y climáti-
cos

Minimizar impacto
climático, mejoran-
do la calidad del aire
y el ecosistema

Otorgar espacios de
recreación, mejorar la
salud y entregar
espacios de ocio y
cultura

Reducir
Riesgos de
Desastres

Gestionar
recursos
naturales

Proteger e
incrementar la
biodiversidad

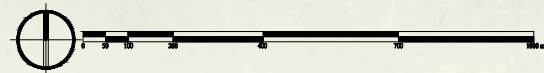


Figura 1: Esquema de ventajas en la implementación de una Infraestructura Verde.

“El Jardín de la metrópoli trata de resolver las crisis de los límites entre la ciudad dispersa actual y el territorio abandonado que lo soporta. La definición de los límites complejos entre la ciudad construida y el conjunto de espacios que configuran el jardín de la metrópoli puede ser el mecanismo que haga comprensible la nueva forma de la metrópoli”
(Batlle, 2011)

0.1. Problemática | La Morfología en el cambio climático frente a un desastre natural y sus consecuencias.

Dentro del marco de estudio del taller “Infraestructura Verde para la Reducción de Riesgo y Resiliencia Urbana”, esta investigación propone estudiar a fondo los fenómenos asociados a los desastres naturales relacionados a aluviones y remoción en masa, eventos que van en aumento debido al cambio climático, alterando notoriamente el ciclo natural de las condiciones meteorológicas, desarrollando un alto grado de ocurrencia. En Chile, los efectos del cambio climático son variados, destacando las altas temperaturas, las que presentan un alto aumento, proyectando hacia el 2030 un aumento de 0.5°C; las precipitaciones caracterizadas por sucesiones de años muy lluviosos y sequías multianuales; eventos climáticos extremos, ya que al ser un país altamente vulnerable al cambio climático, se pronostican pérdidas significativas ambientales, sociales y económicas; pérdida de la biodiversidad producto de la desconfiguración de algunos bioclimas, considerando que en la actualidad el bosque caducifolio ya se encuentra afectado en gran parte del país; recursos hídricos, estimando una reducción importante de los cursos de agua; infraestructura, pues los eventos climáticos relacionados a la remoción en masa o aluviones, entre otros, ponen en riesgo la infraestructura pública construida; salud, aumentando las enfermedades, entre otras problemáticas. (Farías & Jadrijevic, 2017)

Se realiza entonces, a partir de la construcción de un levantamiento del desastre en el país, elaborado por el Sernageomin¹ en el año 2017, una línea de tiempo a nivel nacional, donde es posible identificar los sitios con mayor frecuencia de eventos relacionados a la remoción en masa, aluviones e inundaciones, en el transcurso de 30 años. Dado el nivel de ocurrencia de los eventos, la investigación tomó como caso de estudio la comuna de Chigüayante, Región del Biobío, por presentar un alto grado de insidencia y exposición

a deslizamientos. Específicamente el área que está entre la cota 50², y el piedemonte³ del cerro que corresponde a la línea de restricción de laderas del plan regulador existente, pieza clave para el trabajo de este proyecto. Esta área de estudio, se caracteriza por presentar una serie de quebradas a lo largo del cordón montañoso de la Cordillera de la Costa, principal unidad geomorfológica que no supera los 230 msnm en la comuna. (Peña Cortes, 1995).

La presencia de estas quebradas, permite la infiltración de las aguas lluvias de manera natural, que posteriormente son canalizadas cuando descienden a la terraza fluvial, donde se encuentra emplazada la ciudad, para que finalmente desemboquen al curso de agua mayor. Pero esto no termina con el problema del desastre, pues existen una serie de riesgos asociados al escurrimiento superficial de aguas lluvias. Por lo mismo, se transforma en una zona crítica, por el alto grado de crecimiento urbano que presenta el piedemonte, potenciando el riesgo de remoción en masa o aluviones.

A lo largo de la historia de la comuna, se han registrado variados eventos asociados a los deslizamientos y aluviones. El primer registro con el que se cuenta, data del año 1999, donde se registraron flujos de detrito en el sector. Sin ir más lejos, el más recordado por los habitantes, es el ocurrido entre el 9 y 11 de julio de 2006, donde hubo deslizamientos de tierra y flujo detrítico en el sector Valle La Piedra, dejando a siete víctimas fatales. El último evento registrado es de julio de 2018, en donde las constantes lluvias provocaron deslizamientos de tierra en las faldas del cerro en la población René Schneider, teniendo que ser evacuadas las personas afectadas de sus viviendas. Estos eventos son suceso que ocurren repetidamente en la comuna. Por su parte, el sector inmobiliario aumenta continuamente, instalando nuevas viviendas en las laderas del cerro, lo que sigue amenazando a la población.

¹El SERNAGEOMIN (Servicio Nacional de Geología y Minería), es un servicio público, descentralizado cuyo objetivo es asesorar y contribuir con el Ministerio de Minería en el desarrollo de políticas mineras y geológicas.

²“La idea de curva de nivel se emplea en el ámbito de la topografía como referencia a la línea que se forma por aquellos puntos del terreno que se sitúan a la misma altura” Consultado en < <https://definicion.de/curva-de-nivel/>>. En Chigüayante, la cota 50 corresponde al límite oriente de la ciudad, que recorre el cordón montañoso de la Cordillera de la Costa.

³En términos técnicos, piedemonte se denomina al punto donde nace una montaña, como también a la llanura formada al pie de un macizo montañoso por los conos aluviales, entendida como la llanura en donde existe acumulación aluvial. Según Lugo (1989) define piedemonte como una “superficie marginal a las montañas de las que se distingue por una pendiente y alturas considerablemente menores” (citado en Venegas, 2006, pág. 75). De la misma manera, García y Lugo (2004) “dicen que el piedemonte se presenta como un cambio brusco de la pendiente de una ladera montañosa hacia su base y pasa a un plano inclinado constituido por los materiales arrancados de las laderas por la acción de la gravedad, el agua, el viento, el hielo y los depositan en el pie de la ladera” (citado en Venegas, 2006. Pág. 75).

Así mismo, las condiciones de vulnerabilidad a las que se ven enfrentadas las personas, son altamente fuertes cuando no existen las condiciones adecuadas para enfrentar un fenómeno de desastre o no existe una planificación apropiada para el territorio, ocupando zonas amenazadas por este crecimiento urbano acelerado, y que permita enfrentar de una mejor manera un evento de catástrofe. En palabras de Henríquez, Nicolle y Quense (2016), lo que sucede generalmente cuando se interrumpe el umbral natural de tolerancia del funcionamiento normal de un sistema socioecológico, sucede que los efectos pueden ser más intensos en una población más vulnerable, y si las condiciones de adaptación y recuperación son mínimas, presentan una baja resiliencia.

Por último, del análisis más acabado del territorio, permite dilucidar características propias de un espacio en crecimiento, como la ausencia de áreas verdes y la presencia de espacios residuales ⁴ dentro del contexto urbano. En este sentido y como indica Thompson, (2002); Skkop y Werner, (1991), las “aproximaciones clásicas para el estudio, diseño y planificación de los espacios verdes urbanos enfatizan casi exclusivamente los beneficios sociales ligados a la recreación, ocio y belleza escénica dejando fuera todos los muchos otros beneficios ecológicos y sociales que estos proveen” (citado en Vásquez, 2016, pág. 65)

Es por tanto, que las estrategias de proyecto, se enfocan en la construcción de una infraestructura que permita la adaptación del territorio a las condiciones de crecimiento de una ciudad en desarrollo. Así, la implementación de esta pieza de transición, aporta desde su ejecución al intento de “reconciliar crecimiento urbano, bienestar social y protección ambiental, enfatizando los servicios ecosistémicos y sociales provistos por los espacios verdes en y para las ciudades tales como, regulación climática, purificación del aire, reducción

del ruido, refugio de especies nativas, provisión de espacios para recreación, esparcimiento y contacto con la naturaleza” (Vásquez A. E., 2016, pág. 65).

⁴En el texto “El tercer paisaje”, los espacios residuales son la base para entender este tercer paisaje que se define a partir del análisis de las piezas que lo componen. En este sentido “el residuo es el resultado del abandono de un terreno anteriormente explotado. Su origen es múltiple: agrícola, industrial, urbano, turístico, etc.” (Clément, 2004, pág. 6)

0.2. Preguntas de Investigación

Bajo la perspectiva de una ciudad que ya ha experimentado un fenómeno de catástrofe, en desmedro de la población, se establecen ciertas interrogantes de cómo actuar frente a estos fenómenos, en la base de un proyecto de paisaje que contemple la mitigación o las medidas necesarias para controlar futuros desastres. A partir de estos, se formulan las preguntas de investigación:

1. Luego de entender las problemáticas del desastre y las consecuencias que éstas generan en la población, se consideran factores sociales y ecológicos para la implementación de un sistema de paisaje, capaz de articular las dinámicas de cambio de un fenómeno y de la población, se plantea la pregunta: *¿Cuál es el rol del paisaje frente a este escenario en riesgo, abordando las problemáticas sociales y medioambientales de una comuna en crecimiento, que al mismo tiempo, articule las dinámicas de cambio socioecológicos y climáticos, frente a una catástrofe en la configuración de este sistema de transición en el paisaje para el territorio?*
2. *¿De qué manera es posible otorgarle a las quebradas y laderas del cordón montañoso, un carácter multifuncional en relación a su contexto inmediato (Chigüayante), entregando accesibilidad al cerro, protección contra deslizamientos, que, al mismo tiempo, permita reconocerlos en conjunto como una infraestructura de paisaje y pieza que estructure parte de la ciudad asumiendo las dinámicas de cambio?*
3. *¿Cuáles deberían ser las estrategias y operaciones que permitan establecer esta infraestructura que se establezca como un punto de acceso a este espacio natural, actuando como una transición entre su contexto urbano y geografía como un sólo componente de paisaje?*

0.3. Hipótesis

Un sistema de paisaje implica primero, trabajar con problemáticas a gran escala, por medio de la creación e inserción de diferentes usos que, a través de una buena planificación e implementación, se pueda modificar la configuración del territorio, y así poder integrar plazas, áreas recreativas y servicios programáticos articulados con los componentes climáticos, sociales y ecológicos, para el desarrollo integral de la comunidad de Chigüayante.

El desarrollo del paisaje como infraestructura ecológica para la gestión de riesgo, involucra el manejo de componentes y procesos relacionados con los suelos, como procesos de reforestación en zonas erosionadas producto de la infiltración de aguas, la vegetación asociada a la zona, recuperar y que sirva de buffer ante una eventual situación de desastre o acompañando diferentes maneras de recorrer esta infraestructura, el manejo adecuado de la geografía, para poder abordar un proyecto de contención de laderas que sirva de protección ante deslizamientos, etc., estableciendo e identificando espacios de oportunidades que tienen relación con unidades de paisaje del territorio.

Por lo tanto, el paisaje debe configurar estos aspectos para contribuir a la conformación de una mejor planificación del sistema frente a los desastres y que permita incorporar las quebradas y laderas al sistema urbano, determinados componentes en juego, y que funcionen en conjunto de manera que la trama urbana y el sistema natural se nutran entre sí, dando pie a una imagen de ciudad inexistente hasta hoy. De esta manera se ve la oportunidad que otorgan las quebradas y laderas del cordón montañoso, para elaborar estrategias que integren la reducción de riesgo, y que se relacionen de mejor manera con la ciudad, dándole a la pieza, un carácter de transición y funcionalidad para la recreación, mediante servicios programáticos, conservando la cualidad natural de estos sistemas vivos que se encuentran con la

ciudad, materializando la idea de imaginario programático de interés cultural y de recreación, con variados servicios ecosistémicos que aporta un espacio verde dentro de la ciudad y sus alrededores.

De esta manera es posible configurar el paisaje de las quebradas y laderas integrándolas a la trama urbana, permitiendo que estas puedan amortiguar el golpe frente a un desastre natural. Además, el paisaje necesita responder ante los eventos naturales, mediante ciertas estrategias de diseño, que puedan aportar a la disminución del riesgo de la población, en esta comuna que persiste antes los desastres, donde se incluyan y generen sitios de importancia ecológica en conjunto con un sistema de infraestructura programática.

Al considerar y articular este paisaje en constante cambio debido al clima, no sólo se busca controlar o mitigar estas interacciones del desastre con la ciudad, sino que se integre al territorio urbano haciéndose participe de él, considerando las dinámicas sociales, climáticas y paisajísticas, ante la vulnerabilidad de la población. Se pretende mantener las condiciones naturales de laderas y quebradas, reconociendo en esta geografía abrupta un valor ecológico asociado, que sea capaz de formar parte de esta imagen de ciudad, rescatando su valor social con servicios programáticos y recreativos para la comunidad, posibles de ser replicados a lo largo de la ciudad y de su topografía.

0.4. Obejtivos

Objetivo General

- Esta investigación tiene como objetivo general, proponer un sistema de transición de paisaje para la comuna de Chigüayante, que tome como temática de proyecto, la contención de laderas y quebradas, como medida de mitigación y control de fenómenos naturales. Al mismo tiempo que este sistema de paisaje, permita comprender una estrategia de espacio público poniendo en valor las quebradas, otorgándole a la población un espacio natural y de acceso, estableciendo una transición urbano-natural vinculando la ciudad con su geografía.

Objetivos Específicos

- Comprender los procesos del desastre en el contexto de la comuna de Chigüayante, en cuanto a su geografía, componentes sociales, estructura urbana y contexto en el cual se dan estos eventos y cómo hacer que estos fenómenos se vuelvan parte de la sociedad.
- Analizar las variables ecológicas, sociales y climáticas que se desarrollan en el lugar, y cómo éstos se ven afectados por las externalidades que presenta un desastre y las problemáticas de la ciudad.
- Reconocer y poner en evidencia la vulnerabilidad a la que se encuentra expuesta la población frente a los cambios climáticos y que determinan la ocurrencia de un desastre, y a su vez, evidenciar la fragilidad del paisaje en relación a su contexto local y los asentamientos humanos, entendiendo la relación social con la presencia de una geografía de alta pendiente y los riesgos asociados a esta.
- Proponer un proyecto de paisaje que logre configurar una imagen de ciudad, entendiendo los terrenos susceptibles del cerro, como parte o componente importante dentro de las dinámicas sociales y de cambios constantes de un lugar.
- Poner en valor mediante estrategias de diseño, las quebradas y laderas del cerro, recuperando sus atributos paisajísticos y ecológicos, generando a través de este sistema configurador, áreas de recreación y espacios de esparcimiento para la población circundante.

0.5. Metodología

La metodología a aplicar para el desarrollo de esta tesis, se define a partir de los capítulos y requerimientos de cada uno de ellos. La investigación de este trabajo proyectual, se desarrolló en el marco del Taller de Investigación y Proyecto, en donde en su etapa inicial, se estudiaron procesos de desastres asociados a los cambios climáticos, los que se presentan como desafío para entender estos cambios y abordarlos a partir de una propuesta de paisaje que se haga cargo de estos eventos.

Luego de un levantamiento de información por cada desastre propuesto por el taller, se elaboraron distintos mapas de análisis. En relación a esta investigación, se realizarán mapas para entender los procesos de remoción en masa y aluviones, elaborados a partir de información registrada como base en los Sistemas de Información Geográfica (SIG), y así, poder entender las diferentes capas de análisis, en el territorio nacional hasta llegar a un determinado caso de estudio, donde se pueda proponer este nuevo proyecto de paisaje que aborde las dinámicas de cambios de un territorio o ciudad. Luego, se determina el lugar o caso de estudio, la comuna de Chigüayante. Se hace un detallado reconocimiento y análisis de la zona, a partir del desastre como problemática fundamental, hasta definir otros aspectos relevantes para la elaboración de un proyecto.

Esta investigación corresponde, por tanto, a un escrito documental, de carácter conceptual y descriptivo, que aborda las problemáticas asociadas a los desastres ocurridos en la comuna de Chigüayante, zona en constante riesgo a procesos de catástrofes debido al mal manejo del crecimiento de la ciudad hacia zonas susceptibles de fenómenos climáticos constantes. En paralelo junto a la descripción del sitio y sus características urbanas frente a estos fenómenos, se desarrolla una tesis de carácter proyectual, en el cual, la investigación finaliza con el desarrollo de una temática de proyecto para

la zona, que logre configurar el rol de las unidades de paisaje, haciéndolos participe de la ciudad, abriendo nuevas oportunidades para la planificación de territorios, que hoy en día no se vinculan, activa y recreativamente este paisaje en potencia con relación a la ciudad. Los procedimientos a seguir para poder desarrollar este documento de estudio, comprende diferentes etapas:

1. Se estudian los desastres naturales asociados a los aluviones y remoción en masa, de manera de poder entender sus procesos y las consecuencias que trae un evento de estos.
2. Se realiza un levantamiento a nivel nacional e internacional del desastre para comprender la dimensión y nivel de ocurrencia del desastre. En consecuencia, se mapean a nivel nacional, los desastres, para así determinar un sitio específico que cumpla con las condiciones desfavorables del clima y el desastre para estudiar más en profundidad.
3. De este registro planimétrico, se selecciona un caso de estudio que cumpla con las condiciones desfavorables en relación a estos fenómenos y que represente una zona en constante riesgo de desastre.
4. Bajo esta perspectiva investigativa, se realiza un estudio exhaustivo de la zona escogida, que comprende desde entender los procesos de desastres que azotan el lugar, no solo desde los aluviones y remoción en masa, también entender qué otros procesos son los que se desarrollan. De igual manera, analizar sus diferentes capas de estudio, como la topografía, vegetación, usos de suelo, infraestructura vial, entre otras, y que permitan entender las posibilidades que entrega el sitio como oportunidad de proyecto que configura estos aspectos relevantes de la zona. Además del análisis del plan regulador comunal que restringe ciertas zonas para su construcción en laderas y quebradas, y que hoy en día están siendo ocupadas para el crecimiento de la población, en desmedro del peligro que presenta esta expansión para la

ciudad.

5. Finalmente, se estudian posibles estrategias que pretendan activar el rol de las quebradas y laderas, que amortigüen el golpe de un eventual desastre haciéndose cargo del mismo, pero que, a su vez, haya una relación directa entre la ciudad y esta geografía colindante, en donde se puedan definir ciertos puntos de interés para posteriormente desarrollar un proyecto de arquitectura del paisaje, que aborde las estrategias propuesta en una sola pieza de proyecto final.

La metodología utilizada propone estudiar las temáticas planteadas en el taller, desde lo general a lo particular, es decir, desde una investigación de los desastres en Chile, períodos de ocurrencia y el tipo de geografía en el que se dan estos eventos, para llegar a la elección de un caso que presente mayor inestabilidad en su sistema frente a estos fenómenos, y que permita la elaboración de un proyecto.

La formulación de este estudio se realiza mediante el levantamiento de información a partir de documentación recuperada desde sitios webs como el SERNAGEOMIN, el cual realizó un Catastro Nacional de Ocurrencia del Desastre, desde el cual, se elabora una línea de tiempo que comprende los eventos ocurridos en un período de 30 años y del que se desprende el caso de estudio. Se elabora desde la documentación recuperada en los sitios web, la planimetría necesaria para poder comprender y entender el sitio, desde la realización de planos topográficos y dibujar a partir del plan regulador, las zonas de restricción, infraestructura urbana, vialidad y aquellos componentes importantes para entender la ciudad. Se realiza este levantamiento a modo de elaboración propia, ya que no existen planimetrías asociadas al sitio de estudio, además de textos teóricos en relación al desastre y a la comuna de Chigüayante, que permitan poder elaborar de mejor manera, esta cartografía necesaria e inexistente.

La investigación, por lo tanto, se divide en 5 fases de desarrollo:

- **Fase 1, Configuración de un Marco Conceptual:**

Se elabora un marco teórico en base a referencias bibliográficas, que dé cuenta de los conceptos claves sobre desastres naturales y sus consecuencias, entendiendo estas dentro de la arquitectura del paisaje. Por lo tanto, se toma como referencias algunas nociones de planificación territorial para la implementación de una infraestructura verde, y la conceptualización de lo que es arquitectura del paisaje y sus diferentes aristas teóricas. Abordando también, las problemáticas sociales que generan los fenómenos, como la vulnerabilidad o resiliencia, comprendiendo las consecuencias.

- **Fase 2, Fenomenología del Desastre:**

Se elabora un marco teórico en base a referencias bibliográficas, que nos den indicios de cómo es un desastre y los procesos del mismo. Se presenta el desastre estudiado, a nivel internacional y nacional, sus ocurrencias y la vulnerabilidad a la que se encuentra cada población, dependiendo de las condiciones de cada sitio y así poder entender el “estado de arte” de un desastre en el mundo y en el país. Esto mediante la elaboración de una línea de tiempo nacional, para comprender el estado del desastre. Se presenta y se escoge un caso específico, donde se despliegan las problemáticas del sitio en cuestión.

- **Fase 3, Estudios territoriales sobre el desastre:**

Se realiza un análisis territorial desde el estudio de la línea de tiempo, que nos permite indagar en diferentes escalas, proporcionando finalmente la escala de sitio específico de estudio, donde se realizara el proyecto. En su primera escala, se analiza el desastre en el contexto regional,

para posteriormente llevar este análisis del territorio a la escala específica de la comuna de Chigüayante. Este estudio se realiza mediante las diferentes capas que están en juego y que proporcionan una visión más cercana de cómo se comportan los sistemas naturales y geográficos del lugar, aquí se estudian las variables sociales, ecológicas y climáticas de la comuna, en relación a la ocurrencia del desastre y la afección del mismo en la zona.

- **Fase 4, Construcción y levantamiento del sitio:**

Se lleva a cabo un levantamiento de información del sitio de estudio, donde se reconocen los elementos característicos del área y que proporcionan una mirada del lugar desde el desastre. Se conocen sus principales problemáticas vinculadas al desastre, a la ciudad y su estado actual para posteriormente determinar la pieza de estudio que permitirá elaborar un proyecto, comprendiendo las variables propias del lugar, espacios en desuso, vulnerabilidad asociada al desastre, áreas verdes inexistentes, borde de río no consolidados, quebradas, entre otros.

- **Fase 5, Estrategias Projectuales y Proyecto de Arquitectura del Paisaje:**

En esta etapa, se definen ciertas estrategias de diseño a elaborar proyectualmente, en relación a las problemáticas proporcionadas en la investigación, para un posterior desarrollo de proyecto en detalle, que reconozca las quebradas y laderas como parte de la ciudad, y así, lograr activar estas zonas mediante una conexión transversal de cerro a la ciudad, elaborando una pieza de proyecto que involucre estas dos zonas y proporcione múltiples funciones para la ciudad y el ecosistema vivo presente, generando una transición entre lo urbano y natural.



Figura 2: Ocean Parkway bicycle path (1894).

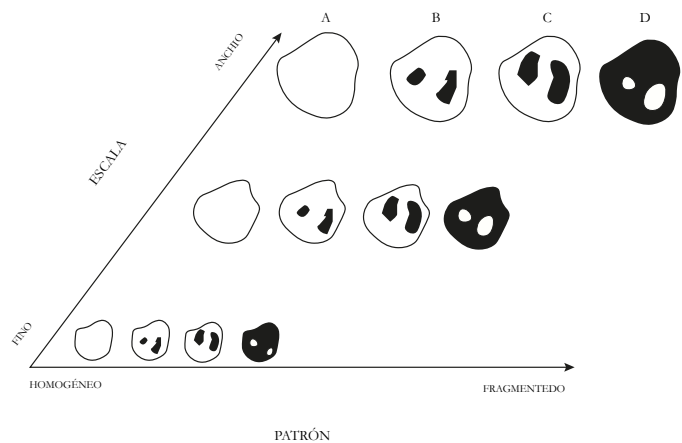
CAPITULO 1 |

Marco Conceptual : *El rol de la Arquitectura del Paisaje frente a las necesidades de los ecosistemas cambiantes.*

“La principal característica de un sistema de espacios libres es su diseño como una serie de parques, cada uno con su carácter paisajístico y con unas funciones recreativas espaciales, ligados por una cadena de paseo, caminos y avenidas, formando una gran “parkway” que se extienda desde el corazón de la ciudad hasta los escenarios rurales de los suburbios” Frederick Law Olmsted. (Batlle, 2011)



[3]



[4]

[5]

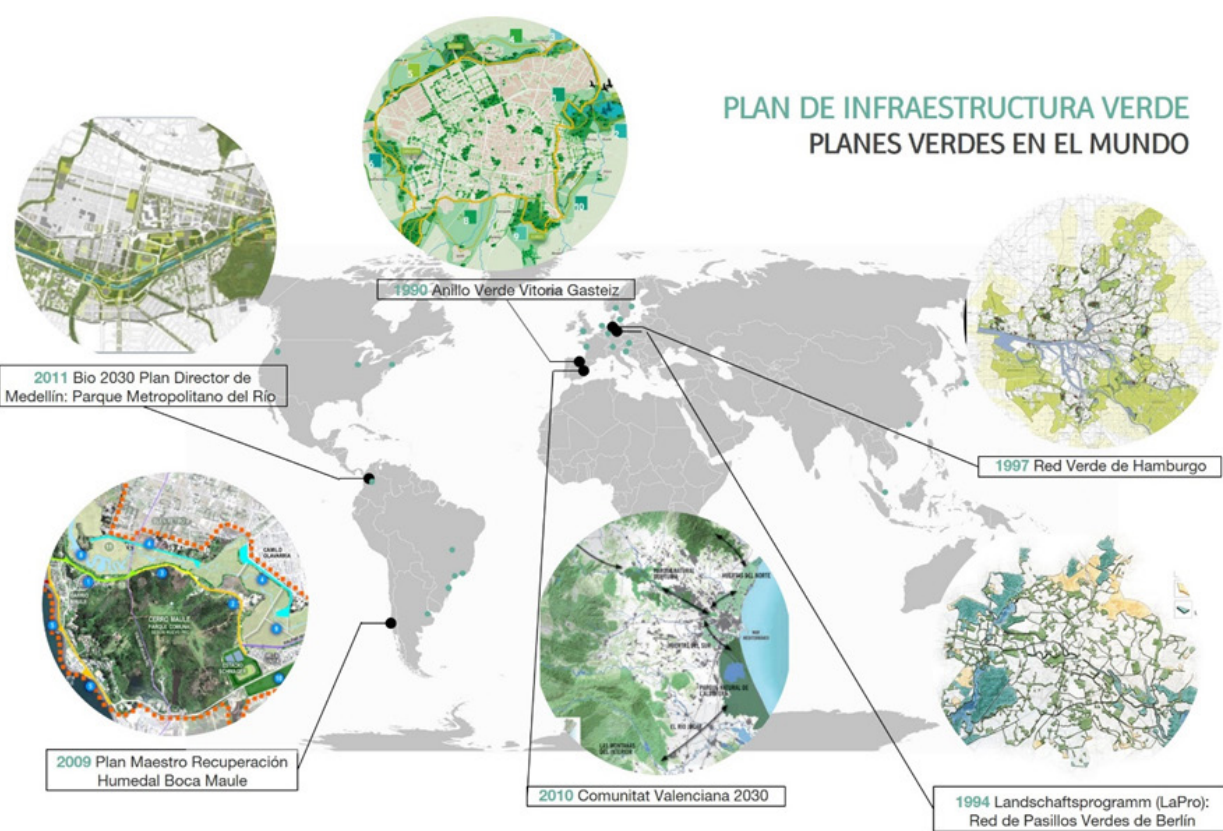


Figura 3: Portada del libro “Proyectar con la Naturaleza” (1969).
Figura 4: Patrón y escala desde lo homogéneo hasta lo fragmentado.
Figura 5: Planes de Infraestructura Verde en el Mundo

1.1 Planificación Territorial del paisaje como infraestructura verde para el crecimiento urbano.

Corría el año 1969 cuando se publica por primera vez la obra de Ian L. McHarg⁵ “Proyectar con la Naturaleza”, se hacía imposible visualizar que este texto, se transformaría en una de las obras más influyentes de la planificación territorial y urbana del siglo XX. Modelo que anticipaba una metodología en la elaboración proyectual, de planes basados en la elaboración de modelos urbanos a otro centrados en el estudio ecológico del territorio. (García García & Borobio Sanchiz, 2012) (Figura 3)

La planificación del paisaje⁶, se presenta como un nuevo desafío para el crecimiento de las ciudades, como una manera de entender el territorio, el cual plantea el conocimiento de la zona a partir del levantamiento de ciertas capas del paisaje considerando su formación geológica, analizando el clima, la hidrología de la superficie, los tipos de suelos, la vegetación, la fauna, y finalmente, los usos de suelo, los cuales darán las luces de las zonas aptas para la implementación de determinados usos, como aquellas que no serán adecuadas. (García García & Borobio Sanchiz, 2012)

De esta manera, la planificación ecológica pone en valor los elementos del paisaje, aquellos que nos permiten entender el territorio desde otra mirada. Muchas veces, los ecosistemas de un lugar, se encuentran fragmentados⁷ (Figura 4) debido a los constantes cambios en el territorio, derivado de los cambios climáticos que afectan a las ciudades. Por lo tanto, nos encontramos con ciudades en donde los espacios de recreación, parques, plazas o jardines, no están ligados a un gran sistema que permita entenderlos dentro de una infraestructura verde que sea parte del crecimiento de la ciudad a partir de una planificación adecuada del territorio. En este sentido, una infraestructura verde⁸ genera múltiples beneficios, fomentando a una mejor calidad de

vida; mejora la biodiversidad reconectando zonas naturales aisladas, permitiendo la migración de la fauna existente en un paisaje más extendido; da protección contra el cambio climático y otras catástrofes medioambientales, reduciendo las inundaciones o evitando la erosión de los suelos; y finalmente fomenta un enfoque más inteligente e integrado, que garantiza que los espacios limitados, sean utilizados de manera eficiente y coherente posible. (Europa, Unión, 2014) (Figura 5)

Desde los planteamientos de McHarg como indica García y Borobio (2012), la ecología en la planificación territorial y urbana, ha dado pie al estudio de los entornos naturales, incluso para el análisis de la ciudad, se enfoca precisamente en los aspectos naturales de la misma. En este sentido “la ecología del paisaje se centra en tres características del paisaje: a) en su estructura, entendida como las relaciones espaciales entre los ecosistemas que se distinguen en el sistema o “elementos” presentes, como la distribución de energía, la materialidad, las especies en relación a los tamaños, formas, números, clases y las configuraciones del ecosistema; b) Función, como las relaciones entre los elementos espaciales, es decir, los flujos de energía, materiales, y especies entre los sistemas que lo componen; c) Cambio, la alteración en la estructura y función del mosaico ecológico a través del tiempo”⁹.

Actualmente las disciplinas ligadas a la construcción de un paisaje, han otorgado una perspectiva diferente en la mirada en como los gobiernos y las comunidades perciben los espacios verdes y su planificación. Esta nueva manera de mirar las áreas verdes, significa dejar de verlos como pedazos de terrenos no consolidados, para comenzar a percibirlos como “una tipología de uso por sí misma que entrega múltiples beneficios sociales, económicos y ecológicos, y que por lo tanto son un eje estratégico en el desarrollo urbano” (Vásquez A. E., 2016, pág. 65).

⁵Ian McHarg (1920-2004), académico de la Universidad de Pennsylvania, revolucionó la enseñanza de la arquitectura del paisaje, integrando el trabajo de taller con el trabajo de laboratorio. Se considera el precursor del método de construcción geográfica mediante el cruce de capas para revelar potenciales y limitaciones en el paisaje, y antecesor directo de los Sistemas de Información Geográfica, hoy utilizadas en la construcción de planos de manera extensiva alrededor del mundo.

⁶“En la década de los setenta la planificación del paisaje fue introducida en Alemania como un instrumento de planificación que buscaba operacionalizar un precepto central de la Ley Federal de Protección de la Naturaleza de 1976 (Art. 1, inciso 1): un compromiso para proteger, reparar y/o desarrollar la naturaleza y el paisaje escénico en la totalidad del territorio, asegurando de manera perdurable: la capacidad de los ecosistemas, la disponibilidad de recursos naturales, las especies de vegetación y fauna; y la variedad, el carácter y la belleza del paisaje (escénico)” (Salas, 2002, pág. 15).

⁷ Cita original: “According to different perspectives, fragmentation can be considered as the “negative image” of connectivity. These processes have a strong influence on the dynamics and fate of material and energy moving across a landscape” (Farina, 2006, pág. 128)

⁸Según la Comisión Europea la Infraestructura verde puede definirse, como una red estratégicamente planificada en zonas de zonas naturales y seminaturales de alta calidad con otros elementos medioambientales, diseñada y gestionada para proporcionar un amplio abanico de servicios ecosistémicos y proteger la biodiversidad tanto de los asentamientos rurales y urbanos.

⁹Cita original: “Landscape ecology focuses on three characteristics of the landscape: 1. Structure, the spatial relationships among the distinctive ecosystems or “elements” present - more specifically, the distribution of energy, materials, and species in relation to the sizes, shapes, numbers, kinds, and configurations of the ecosystems. 2. Function, the interactions among the spatial elements, that is, the flows of energy, materials, and species among the component ecosystems. 3. Change, the alteration in the structure and function of the ecological mosaic over time.” Extraído del libro “Landscape Ecology”.

Componentes del Paisaje con potencial de Infraestructura Verde



Clasificación de Servicios Ecosistémicos potenciales para una infraestructura Verde



Figura 6: Componentes del paisaje con potencial de infraestructura verde. Elaboración propia. Clasificación de servicios ecosistémicos potenciales para una Infraestructura Verde.

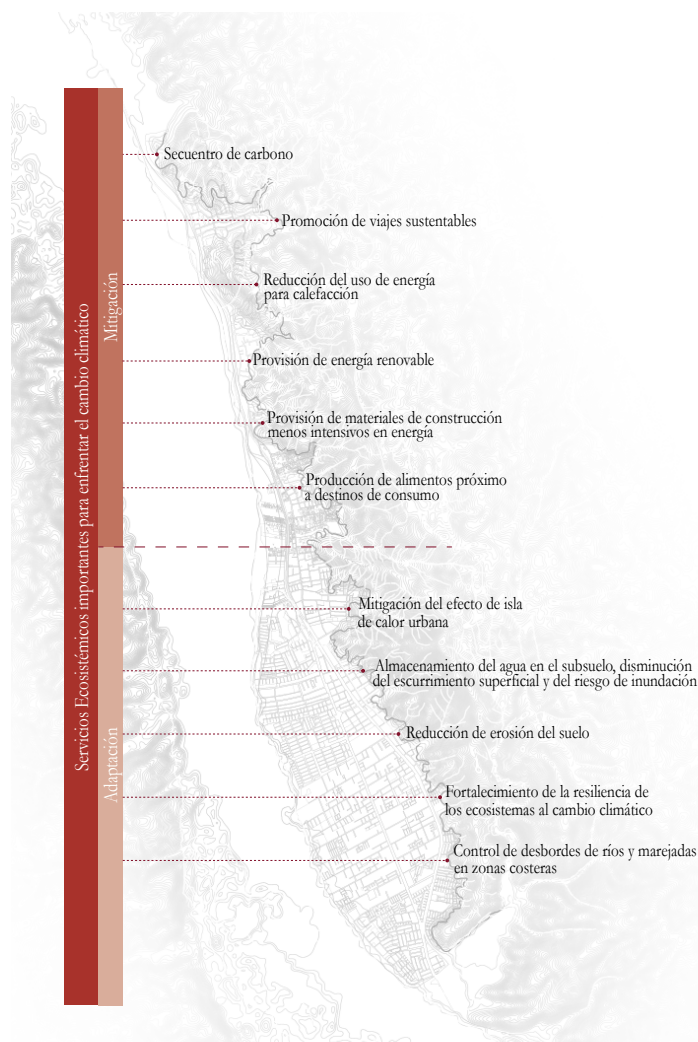


Figura 7: Mecanismos de mitigación y adaptación al cambio climático para una Infraestructura verde..

¹⁰Según el Ministerio de Medio Ambiente (MMA), el concepto de Servicios Ecosistémicos (SS.EE) ha suscitado gran interés en los últimos años, tanto en el ámbito de la investigación académica como en el de las políticas públicas ambientales. La contribución más importante de los SS.EE., es su propuesta de vínculo entre estructura y procesos ecosistémicos y cómo dicho vínculo genera cambios en el bienestar de la población.

Por esta misma razón, existen una diversidad de elementos que tienen potencial para formar parte de una infraestructura verde integral y funcional, los cuales están ligados muchas veces a entornos urbanos. Se presentan entonces variadas escalas que se consideran para una infraestructura verde, pasando desde una microescala que comprende techos verdes, jardines verticales y plazas, hasta la escala de paisaje y territorial, los que corresponden para este caso, a los humedales, bosques, parques intercomunales, corredores, entre otros. Como indica Hellmund & Smith (2006), es este tipo de escala la que nos interesa analizar para la conformación de una infraestructura verde que permita “mantener o restaurar procesos ecológicos clave para el funcionamiento a largo plazo de los territorios y maximizar los beneficios sociales que se obtienen de ellos” (Figura 6).

De esta manera, al implementar un sistema de paisaje que permita el ordenamiento territorial de las unidades de paisaje y se estructuren dentro de un sistema mayor, permite la incorporación además, de variados servicios ecosistémicos¹⁰ para las personas y el entorno construido (ver figura 6). Como señala Constanza et al., (1997); MEA, (2005), se entiende como servicios ecosistémicos “los beneficios obtenidos por las personas de los ecosistemas” (citado en Vásquez, 2016, pág. 68). De este mismo, se desprenden los beneficios que pueden otorgar los diferentes servicios ecosistémicos que varían desde los elementos tangibles, como agua potable y alimento, hasta lo de carácter sociológico o espiritual, como las sensaciones de paz y relajación experimentadas al contacto con la naturaleza. (Vásquez A. E., 2016)

El crecimiento urbano de las ciudades, naturalmente provoca la pérdida de los ecosistemas presentes de un territorio, por lo que la implementación de un sistema de planificación del paisaje y una infraestructura verde, buscan recuperar los ecosistemas y la biodiversidad degradada a causa de esto. Las acciones antrópicas que reemplazan las superficies vegetadas por edificaciones, repercuten en la

capacidad del territorio, pues estas superficies reemplazadas dejan de actuar como debiesen, perdiendo el entorno urbano, vegetación que purifique el aire al absorber dióxido de carbono por ejemplo; o ser el hábitat de especies de vida silvestre, alterando las zonas en donde se distribuyen; controlar el exceso de escurrimiento y como consecuencia de ello, los problemas de erosión o la capacidad que tienen estos sistemas verdes de mantener los ciclos ecológicos. (Vásquez A. E., 2016).

En este sentido, una infraestructura verde, además de entregar servicios ecosistémicos aptos para la sociedad que los disfruta, al mismo tiempo como sugiere Thompson (2002), Sukkop y Werner (1991) “permiten enfrentar aspectos específicos relacionados con el cambio climático”, desde mecanismos de mitigación o adaptación. (citado en Vásquez 2016) (Figura 7).

Por lo tanto, la implementación de la infraestructura verde, no sólo aporta a la buena planificación de la ciudad para la realización de nuevas áreas verdes y la conexión de estas, sino que también es un aporte al cambio climático y por lo tanto, a las consecuencias del mismo. Esta, se enfocan en disminuir las emisiones actuales y futuras de gases invernaderos. Tener en cuenta que los servicios ecosistémicos, que se adaptan al sistema, contribuyen a la disminución de los efectos de la Isla de Calor Urbana (ICU). Al mismo tiempo, la infraestructura verde, toma importancia para la adaptación de especies de fauna silvestre en las nuevas condiciones climáticas que proporciona, pues configura matrices urbanas viables en términos de hábitat y más permeables al movimiento. (Vásquez A. E., 2016).

Del estudio de las condiciones que presenta la ciudad de Chigüayante, se desprenden elementos importantes, los que son determinantes para poder elaborar un proyecto de paisaje y configurar un sistema que integre dinámicas beneficiosas para la población que subyace entorno a aspectos medioambientales, ecosistémicos y sociales.



Figura 8: La vulnerabilidad y el peligro definen el grado del riesgo ante el cambio climático. Tener un diagnóstico de vulnerabilidad, es primordial para proyectar próximos impactos, lo que es un paso fundamental, en el diseño de políticas públicas de adaptación.

Entendiendo ecosistema como “una unidad funcional de la naturaleza, el cual incluye tanto organismos o seres vivos y su entorno no vivo, cada uno de ellos interactuando con el otro e influenciándose entre ellos, siendo ambos necesarios para la mantención y desarrollo de los sistemas” (Valdovinos & Parra, La Cuenca del Río Biobío: Historia Natural de un Ecosistema de uso Múltiple, 2006, pág. 1).

De esta manera es posible entender que la implementación de una infraestructura verde, es capaz de adaptarse a las dinámicas de cambio, en donde los servicios ecosistémicos propuestos en este sistema, favorecen la adaptación al cambio climático y moderan sus impactos negativos potenciales, como podría ser la de un desastre natural.

1.2 Conceptos asociados al fenómeno del desastre | Resiliencia, vulnerabilidad y desastres naturales.

Los desastres naturales son fenómenos que responden a las dinámicas que presenta el cambio climático y que dejan en evidencia la vulnerabilidad a las cuales se encuentra expuesto el ser humano. Son eventos que exhiben la fragilidad de las ciudades, sus viviendas y la vida de las personas. Estos eventos climáticos modifican el paisaje, transformándolo en un paisaje del desastre. Esto, representa un desafío, pues desde una propuesta de paisaje se pueden dar soluciones a estos fenómenos, tomando el desastre como oportunidad para así avanzar en materia de proyectos de diseño o soluciones que puedan ser elaboradas a modo de enfrentar el cambio climático.

En primer lugar, es necesario entender que los desastres naturales son eventos extremos y repentinos, causados por cambios climáticos abruptos. Dependen de cada lugar, ciudad, geografía, clima, etc., y se encuentran ligados a factores antrópicos presentes al momento de la ocurrencia del fenómeno. Las urbes, ciudades o pueblos

son un receptor pasivo en relación al clima y los desastres naturales. Dicho esto, de mejor manera, “un desastre es aquella situación detonada por un evento que afecta a la sociedad, lo que se entiende como un fenómeno social que esta inducido por un evento” (Caputo & Herzer, 1987, pág. 246), y que afecta a las ciudades. Es decir, la situación urbana y su ubicación en el territorio, tiene una alta implicancia en el acontecer de un hecho de catástrofe.¹¹

Otro factor condicionante de una catástrofe tiene que ver con la perspectiva social de lo que es un desastre, entendiéndose “como aquel acontecimiento que supera la capacidad material de la población para absorber, amortiguar o evitar los efectos negativos del acontecimiento” (Caputo & Herzer, 1987: 245). En este sentido, la capacidad de la población para enfrentar los problemas derivados de las catástrofes, define el grado de vulnerabilidad que ésta tiene y, por ende, el grado de desastre posible. Dicho lo anterior, Ayala-Carcedo (1988) la define: “como la capacidad de respuesta de las construcciones humanas a la activación de una amenaza y la exposición, alude a la población medida en número de habitantes o de bienes por unidad de superficie, situados al interior de una zona de peligro” (cita en Mardones, M. & Vidal, C., 2011, pág. 98).

Dentro de la perspectiva social del desastre, la vulnerabilidad¹² a la que se ven enfrentadas las personas no solamente está asociada a las condiciones económicas de un individuo, sino que también se presenta por las condiciones del entorno en el que se inserta su vida cotidiana, el *grado de culturalidad*¹³ que tenga la sociedad y su capacidad de transmisión, dependiendo del desarrollo que tiene la región y el país en relación a sus políticas públicas de crecimiento, expansión urbana versus sociales. (Figura 8).

De esta manera se puede entender la vulnerabilidad como el “resultado de la actividad humana, del manejo incorrecto de los recursos naturales que produce una inadecuada artificialización del medio” (Caputo & Herzer,

¹¹La etimología de la palabra catástrofe, proviene del griego antiguo *catastrophē* que significa “destruir” o “abatir”, el término se refiere a un suceso fatídico que altera el orden regular de las cosas. La catástrofe puede ser natural o provocada por el hombre. Recuperado en <<https://definicion.de/catastrofe/>>. Según la OMS (Organización Mundial de la Salud) es “cualquier fenómeno que provoca daños, perjuicios económicos, pérdidas de vidas humanas y deterioro de la salud y de servicios sanitarios en medida suficiente para exigir una respuesta extraordinaria de sectores ajenos de la comunidad o zona afectada”. Consultado el 30/08/2018 en <<https://www.faeditorial.es/capitulos/catastrofes-sanitarias-y-atencion-a-multiples-victimas-organizacion-y-logistica.pdf>>.

¹²1. “La vulnerabilidad puede definirse como la capacidad disminuida de una persona o un grupo de personas para anticiparse, hacer frente y resistir a los efectos de un peligro natural o causado por la actividad humana, y para recuperarse de los mismos. Es un concepto relativo y dinámico. La vulnerabilidad casi siempre se asocia con la pobreza, pero también son vulnerables las personas que viven en aislamiento, inseguridad e indefensión ante riesgos, traumas o presiones” Consultado el 25/10/2018 en <<https://www.wifrc.org/es/introduccion/disaster-management/sobre-desastres/que-es-un-desastre/que-es-la-vulnerabilidad/>>

2. Según su origen etimológico, esta palabra emana del latín la que está conformada por tres partes: el sustantivo *vulnus*, que puede traducirse como “herida”; la partícula *-abilis*, que es equivalente a “que puede”; y finalmente el sufijo *-dad*, que es indicativo de “cualidad”. De ahí que vulnerabilidad pueda determinarse como “la cualidad que tiene alguien para poder ser herido”. Consultado el 25/10/2018 en <<https://definicion.de/vulnerabilidad/>>.

¹³Entenderé este concepto desde la definición de “Interculturalidad”, que apunta “a describir la interacción entre dos o más culturas de un modo horizontal y sinérgico. Esto supone que ninguno de los conjuntos se encuentra por encima de otro, una condición que favorece la integración y la convivencia armónica de todos los individuos” Consultado el 25/10/2018 en <<https://definicion.de/interculturalidad/>>



Figura 9: Vista aérea de la ciudad de Chaitén, 2008.

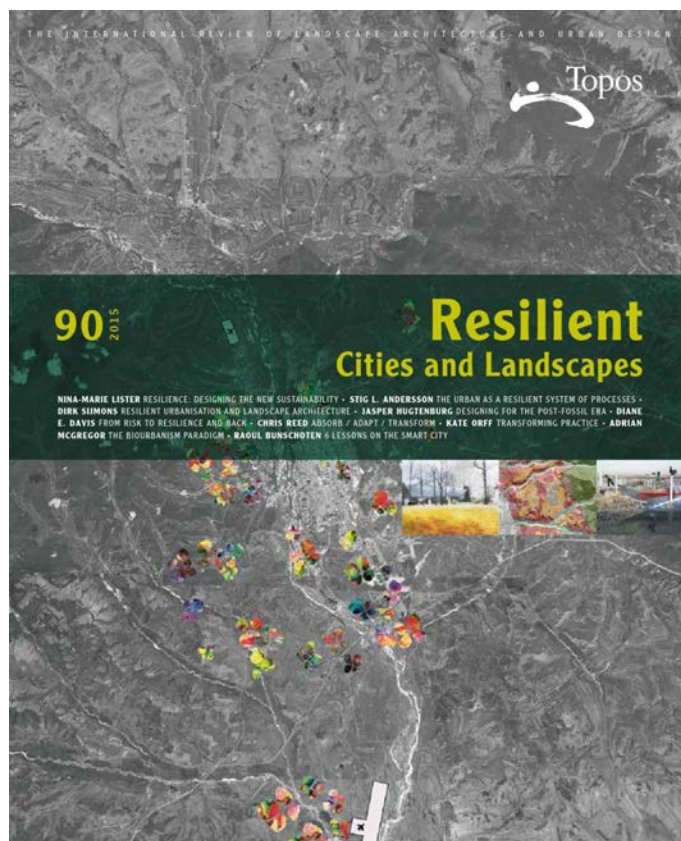


Figura 10: Revista Topos, sobre concepto de Resiliencia y Paisajes resilientes.

1987, pág. 246). Esto altera los ambientes locales y/o regionales, al igual que a los ecosistemas presentes del lugar, provocando la migración de la fauna de un lugar a otro, así como también la pérdida de la flora nativa producto de la erosión de los suelos. Estos factores acrecientan la vulnerabilidad y las posibilidades de un desastre en zonas donde no debiese haber asentamientos humanos. Se entiende entonces, como menciona Gómez (1994) en Mardones y Vidal (2011) que los peligros naturales condicionan la capacidad de acogida del territorio, ya que al activarse pueden producir efectos indeseados en las actividades humanas. Por esta misma razón, dichos eventos deberían ser clasificados, valorados y cartografiados con el fin de evitar el crecimiento urbano en zonas de riesgo o que se permita utilizar tecnologías adecuadas para soportarlos y así contribuir al ordenamiento sustentable del territorio.

Según Feito (2007), ser vulnerable implica un cierto grado de fragilidad, a una situación de amenaza o de mayor susceptibilidad a los daños (pág. 25). “Esto también se ha discutido en relación con los desastres naturales donde se han producido espacios de vulnerabilidad o de exposición de las personas a situaciones de amenazas, generando condiciones de desprotección” (Welz & Krellenberg, 2016, pág. 25).

A su vez, un desastre puede estar desencadenado por fenómenos naturales normales, es decir, que son riesgos naturales esperables, que tienen relación con eventos que generan situaciones que son perfectamente evitables, como las inundaciones en una ciudad o fenómenos extremos, los cuales pueden mitigarse, pero difícilmente evitarse. La capacidad de poder mitigar el evento y la magnitud del impacto podría ser menor en una sociedad menos vulnerable, pues los desastres “no están determinados por el evento físico, sino por la incapacidad de la sociedad para enfrentarlos”. (Caputo & Herzer, 1987, pág. 245).

Dentro del contexto general de lo que es el desastre, surgen aspectos relevantes para el estudio del caso mismo. Se abre la posibilidad de descubrir paisajes existentes que al ser destruidos por un evento catastrófico presentan una oportunidad de proyecto, en donde desde la disciplina de la Arquitectura del Paisaje, se puede aportar una mirada diferente del lugar sin olvidar el problema, haciéndose cargo de este (Figura 9). De esta manera, se pretende que a partir de la gestión de riesgo de desastre se logre un aporte a la mitigación de un evento catastrófico, mediante la planificación del paisaje como una herramienta útil para enfrentar un acontecimiento. En ese sentido se entiende gestión de riesgo como “un proceso social cuyo fin es la reducción, la previsión y el control permanente de dicho riesgo en la sociedad, en consonancia con el logro de pautas sustentables de desarrollo humano, económico, ambiental y territorial” (Moreno, 2013, pág. 5). Así, la gestión de riesgo según Moreno (2013) está orientada a la reducción de la vulnerabilidad, lo cual es una inversión clave que apunta a la disminución de costos humanos y materiales en la ocurrencia de un desastre, pero que también vela por alcanzar un desarrollo sustentable del territorio.

Dicho lo anterior, entendiendo que existen lugares que se encuentran constantemente asechados por la posibilidad de un desastre natural, es necesario tener conciencia de ello y no dejarlos a la deriva. Así, se debe reconocer su capacidad de resiliencia que “desde lo social, posibilita la condición de convivencia de las comunidades con las condiciones de riesgo de un determinado territorio” (Moreno, 2013, pág. 6), frente a las perturbaciones constantes. Esto es una oportunidad para entregar una mejor calidad de vida a la población, recuperando aspectos paisajísticos que caracterizan el lugar. (Figura 10)

Según Moreno (2013) “el concepto de resiliencia¹⁴ refiere a la capacidad de un organismo o sistema de asumir

¹⁴ Según la RAE, resiliencia es “la capacidad de adaptación de un ser vivo frente a un agente perturbador o un estado o situación adversos” Consultado el 30/08/2018 en <http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=resiliencia>. Para algunos autores el termino puede definirse como “la capacidad para vivir, desarrollarse positivamente o superarse [...] frente al estrés o las adversidades que pueden normalmente ser causa de consecuencias negativas” (Oriol-Bosch, 2012) Consultado el 30/10/2018 en http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1575-18132012000200004&lng=en&nrm=iso&tlng=en.



Figura 11: Vista vuelo de pájaro de Versailles, (1668). Grabado obra de Pierre Patel..



Figura 12: “Der Wanderer über dem Nebelmeer” - *Caminante sobre el mar* (1818), obra de Caspar David Friedrich [Fuente: <https://historia-arte.com/obras/caminante-sobre-un-mar-de-nubes-de-friedrich>]

¹⁵Etimológicamente, el término paisaje proviene del latín *pagus*, que significa tierra (país); una porción de territorio habitada y apropiada por un grupo social determinado. El término paisaje o más bien “*Landscape*”, surgido del concepto holandés “*landschap*” a comienzos del siglo XVI, que designaba a un género pictórico del Renacimiento, el cual tuvo su apogeo con la pintura al aire libre en el siglo XIX, con la escuela de Barbizón y los impresionistas. Para muchos, la definición que se ha usado para definir el paisaje es aquella entendida como “la porción de tierra que el ojo puede reconocer de una mirada”, haciendo referencia a aquella porción de tierra que puede ser retratada en un solo plano. Consultado el 01/11/2018 en < <https://laderasur.com/articulo/la-palabra-paisaje/>>.

flexibilidad en situaciones límite y sobreponerse a ellas. Resiliencia es un término utilizado recientemente como estrategia por las Naciones Unidas para la reducción de riesgo en comunidades, tanto en su aspecto cultural y material, teniendo la premisa de resistir o adaptarse de tal forma que ésta siga teniendo un nivel aceptable de funcionamiento, determinado por el grado en que cada sistema social es capaz de organizarse a sí mismo y la habilidad de incrementar su capacidad de aprender y adaptarse, incluyendo la capacidad de recuperarse de un desastre”.

En cuanto a estos fenómenos naturales “cuya dinámica puede abordar sus umbrales más frecuentes de intensidad, magnitud y localización, pudiendo ocasionar daños a las personas y a sus bienes” (Mardones, M. & Vidal, C., 2011, pág. 98), el país no se encuentra preparado para enfrentar estos eventos. Existe una falta de conocimiento de la memoria del lugar y su historia, además de la inexistencia de una herramienta de planificación territorial que valore y responda a los cambios que se producen en el paisaje. Por lo tanto, un desastre puede ocurrir cuando la amenaza o peligro natural se convierte en un proceso que desestabiliza el sistema geográfico, en el cual los efectos del fenómeno se agravan usualmente por la falta de prevención y de la capacidad de gestión de los actores involucrados para prever el suceso. (Mardones, Echeverría & Jara, 2004)

Analizando las variables de un lugar expuesto a desastres naturales constantemente, se desarrolla un pensamiento crítico de qué se debe hacer para evitar que estos fenómenos, no afecten directamente a las personas, considerando la vulnerabilidad constante a la que se ven expuestos. Así como exponen Handmer, Dovers & Downing, 1999; Leichenko & O'Brien, 2002; Eriksen, Brown & Kelly, 2005; Thomas & Twyman, 2005; Eriksen & O'Brien, 2007 “sería necesario que las estrategias políticas de adaptación al cambio climático reconocieran los elementos contextuales de las vulnerabilidades, que varían entre individuos y grupos

sociales, así como entre territorios y a través del tiempo. Por ello, la vulnerabilidad al cambio climático no debería tratarse de forma estática, sino como una realidad dinámica que adopta diferentes formas y niveles” (citado en Welz & Krellenberg, 2016, pág. 226).

1.3 Conceptualización de la noción de Arquitectura del Paisaje | *Diferentes nociones de paisaje hacia una mirada crítica desde el desastre.*

La Arquitectura del Paisaje, naturalmente tiene su dimensión social y cultural “como expresión estética de las formas de vida de la sociedad en un determinado contexto espacial y temporal” (Moreno, 2009, pág. 7). Desde hace mucho, el paisaje ha tenido sus diferentes maneras de ser entendida, estudiada y comprendida, pues en una época anterior, se entendía el paisaje desde su cualidad estética, para dar belleza a un lugar o territorio, dando cabida a las formas en que se relaciona la sociedad con el paisaje. (Figura 11).

Desde sus inicios, la noción de paisaje¹⁵, surge con mayor fuerza en las representaciones pictóricas impresionistas del siglo XIX (Figura 12), como una manera de conocer y experimentar el paisaje para luego ser llevado a una representación que pudiese transmitir las diferentes cualidades que él mismo entregaba, como texturas, olores, aromas, colores, etc. En el contexto europeo, el paisaje es una parte fundamental de la planificación territorial, ya que deriva de un pensamiento más contemporáneo, la que va ligado al creciente interés y preocupación por los aspectos ambientales y ecológicos; el turismo interesado en dar a conocer zonas de mayor relevancia natural, de manera que pueda ser recorrido de una manera más experimental y por sobre todo, el fuerte impacto que genera el crecimiento disperso, alterando muchas veces el ecosistema de una sociedad y en áreas rurales donde estos espacios de crecimiento están a merced del desarrollo urbano.



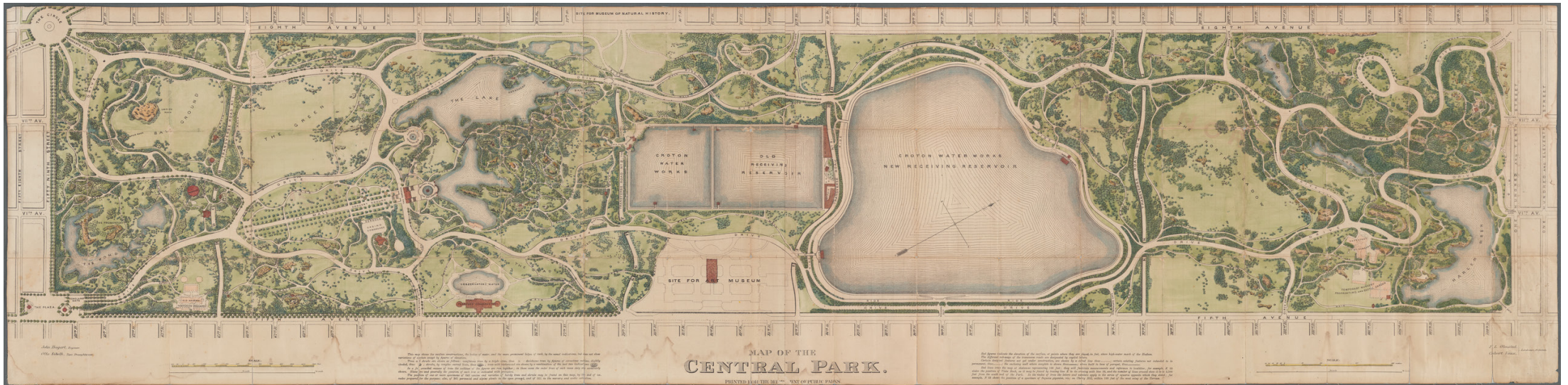
[13]



[14]



[15]



[16]

Figura 13: “Spiral Jetty” (1970), proyecto de landart de Robert Smithson.
 Figura 14: Plano del Prosperk Park (1850)
 Figura 15: Primer dibujo hecho en Yosemite, por Thomas A. Ayers (1855).
 Figura 16: Plano del Central Park (1858).

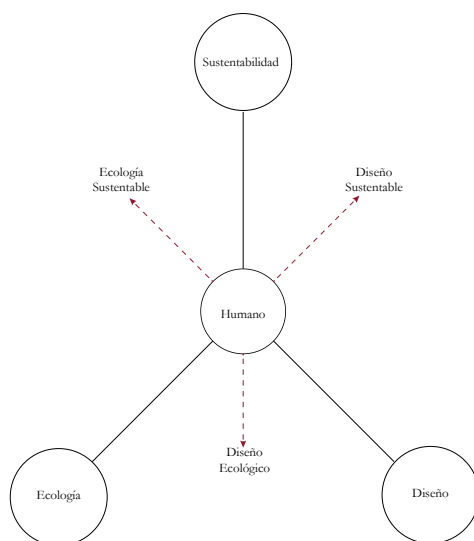


Figura 17: Esquema de relación entre ecología, sustentabilidad y diseño.

¹⁶El Land Art es un movimiento de arte contemporáneo que promueve la reflexión sobre la importancia de preservar el medio ambiente mediante majestuosas intervenciones que transforman el paisaje en obras de arte. Sus orígenes se remontan a 1968 en la exposición Earthworks en la Candace Dwan Gallery de Nueva York a través de uno de sus mayores exponentes, Roberto Smithson.

¹⁷Proceso de interpretación del territorio percibido a través de la sensibilidad artística, construyendo una mirada cultural que lo devuelve como paisaje. (Moreno, 2009)

¹⁸Es aquella disciplina científica en donde su principal objetivo es la relación que existe entre el ser humano consigo mismo y la naturaleza.

¹⁹Rama de la ciencia ambiental que se encarga de estudiar la interacción entre las matrices espaciales y los procesos ecológicos, la cual está orientada a la comprensión de las causas y consecuencias que generan la heterogeneidad espacial a lo largo de diversos rangos escalares. Richard Forman constituye un referente contemporáneo de la Ecología del Paisaje.

²⁰Frederick Law Olmsted (1822-1903) Fue arquitecto paisajista, periodista y botánico estadounidense. Famoso por diseñar grandes parques urbanos como el Emerald Necklace en Boston.

²¹Término del paisajista inglés Humphry Repton, que surge en Inglaterra a principios del siglo XVIII y se extendió por toda Europa, reemplazando el jardín formal y simétrico del jardín francés.

En la práctica, durante los últimos años, se ha entendido la disciplina del paisaje de una manera transversal e integradora. Este enfoque tiene tres polos distintos de mirar y entender el territorio paisajístico. En primer lugar, existe una perspectiva que define al paisaje desde su concepción estética ligada a las manifestaciones de arte, como la pintura, la fotografía y el *Land Art* ¹⁶ (Figura 13). Con indica Moreno (2009), “la pintura del paisaje representaba escenas de la naturaleza y del mundo rural, lo que permitía tener una relación cultural entre la sociedad y el territorio.” Mediante la representación del paisaje en la pintura y posteriormente con la fotografía, se podían obtener escenas de escenas lejanas y desconocidas para el resto de la sociedad, como las montañas, los bosques, lugares de máxima admiración que pronto se convertirían en atractivos turísticos.

En este sentido, se comienza a operar en el territorio desde una nueva perspectiva de entender el paisaje, bajo el concepto de artealización ¹⁷. De tal manera que es posible comenzar a comprenderlos desde otros enfoques artísticos hasta llegar a la arquitectura del paisaje. Estos paisajes pintorescos, siguen vigentes al día de hoy, cumpliendo su función de reproducción de huellas arquetípicas que potencian el territorio y redefinen su relación con el ser humano y el entorno habitado.

El segundo enfoque, tiene más que ver con la mirada que propone las ciencias ambientales ¹⁸ del paisaje, pues entendemos que este, constituye un modo de organización de los componentes bióticos y abióticos de un territorio, considerando la distribución de la flora y fauna de un espacio geográfico. De tal manera, que el paisaje, contribuye a la recuperación de los ecosistemas vivos del territorio, por lo tanto, es de suma importancia resguardar estos procesos geomorfológicos que se dan en el medio.

Bajo esta perspectiva científica y del cuidado del medio ambiente, surgen conceptos como la Ecología del

Paisaje. ¹⁹ Esta disciplina, busca mantener en buena relación con el territorio, las especies que se desenvuelven en él, poniendo menor énfasis en la parte estética. Es desde esta disciplina, en donde se han derivado variadas maneras de planificación y gestión territorial, aportando técnicas precisas para adaptarse a los procesos de cambio que sufre el territorio.

Es así, que desde estos diferentes procesos que explora la ecología del paisaje y el arte en el mismo, es que se hace posible conceptualizar la Arquitectura del Paisaje. Se atribuye los inicios de la disciplina a Frederick Law Olmsted ²⁰ en el siglo XIX, las que entre sus obras notables destacan el Central Park y Prospect Park en Nueva York, y con él surge la noción de Parque Nacional, aplicado a Yosemite National Park. (Figura 14 - 15 - 16).

El término *Landscape Architect* fue acuñado por Olmsted en reemplazo de *Landscape Gardener* ²¹. El nuevo término, ponía su atención en la construcción de espacios públicos modernos a través del concepto de parque, ya no desde su característica de un paisaje sublime por esencia que arrastraba desde el paisajismo de jardines. Hoy en día, el concepto de Arquitectura del Paisaje responde a los nuevos requerimientos que presenta el territorio, como el diseño y ordenamiento territorial, que muchas veces ponen en jaque a la población, convirtiéndose en escenarios complejos ligados a problemáticas sociales, económicas, ecológicas, culturales y estéticas del espacio que se habita.

En este sentido, la arquitectura del paisaje se transforma en una herramienta que permite integrar diferentes áreas, que, desde la disciplina, se preocupan de los aspectos antrópicos, los ecosistemas, la relación entre biodiversidad y el crecimiento urbano, además de preocuparse de embellecer estos espacios que presentan ciertas precariedades en cuanto a forma, usos y relaciones. La arquitectura del paisaje, dejó de preocuparse solamente



Figura 18: Según Farina (2006), los ecotonos son zonas de transición entre diferentes ecosistemas existentes en cualquier escala espacial. Se mantienen debido a una jerarquía de varios factores en tensión, como los cambios en la masa de aire, las mega topografías, la geomorfología local, entre otras. (Tergagliana Mt, norte de Apennines, Italia)



Figura 19: Se produce el ecotono, en la línea de árboles. El bosque termina bruscamente en las praderas de la montaña, en la conformación de este paisaje, hay una fuerte influencia humana, pero se mantuvo una línea de árboles viejos como límite. (Cavalbianco Mt, norte de Apennines).

²²Gille Clement (1943 -) Arquitecto paisajista, botánico, entomólogo y escritor francés. Autor de conceptos como el “jardín planetario” y de “jardín en movimiento”. Sus escritos y observaciones apuntan a un paisaje en movimiento.

²³Cita original: “The ecotones are transitional zones between different habitats, exist at all spatial and temporal scales and are created and maintained by a hierarchy of tension factors such as air mass dynamics, mega-topography, local geomorphology, disturbance, competition, plant growth and development.” (Farina, 2006, pág. 198)

de transformar espacios para darle armonía visual a los territorios o ciudades, sino que también, comienza a hacerse cargo de otros aspectos importantes que van de la mano con el crecimiento de las ciudades, considerando, además, los cambios a los cuales está sometido el paisaje producto de los cambios climáticos o las acciones del ser humano en la tierra.

Por otro lado, la Arquitectura del Paisaje, se encarga de recuperar sitios que han sido olvidados o que constituyen reductos de biodiversidad ecológica, potenciales escenarios para la intervención para nuevas tipologías de espacios verdes públicos. En este sentido, cuando se recuperan zonas que están degradadas o sin ser utilizadas, se da una nueva experiencia que, desde el proyecto de paisaje, permite mirar el territorio con mayor armonía, entendiendo que cada espacio, formará parte de un sistema de paisaje mayor que articule todas las dinámicas asociadas a los cambios que presenta un territorio.

De esta manera, es posible contar con la postura que introduce Gilles Clément²² y el concepto del Tercer Paisaje, “el cual designa una nueva forma de ver e interpretar los residuos urbanos: áreas degradadas, abandonadas, desechadas, olvidadas, perdidas o subutilizadas principalmente en las periferias urbanas, en el ecotono²³ entre el territorio antrópico planificado y el territorio natural aún no ocupado por el hombre” (citado de Moreno, 2009, pág. 9) (Figura 18). En este sentido, en el tercer paisaje, se consideran también como espacios residuales aquellos que “ocupan los relieves accidentados, incompatibles con la maquinaria de explotación, así como todos los restos directamente vinculados con la disposición: lindes de los campos, setos, riberas, bordes de las carreteras, etc” (Clément, 2004, pág. 12) (Figura 19)

En este sentido, es posible aportar desde la disciplina a la conservación de espacios, o adaptarse a los impactos que el cambio climático trae consigo, como los desastres

naturales. De esta manera, es necesario establecer la relación de un proyecto de arquitectura que permita convivir con estos cambios y al mismo tiempo, ser un aporte en la nueva concepción del territorio desde la implementación de este sistema de paisaje en sintonía con este tercer paisaje existente.

1.4 La experiencia de un parque de las Quebradas: una transición entre ciudad y geografía | *Contención topográfica como medida de adaptación para un desastre*

Como se ha comentado anteriormente, la implementación de un proyecto de paisaje comprende varias aristas, desde la protección de la biodiversidad, hasta la implementación de áreas para la contemplación de la belleza de un paisaje o disfrute de la misma. En este sentido, es importante poder incorporar en un proyecto de arquitectura, una manera de desarrollar modos integrados de comprensión y de análisis del paisaje que se está construyendo desde esta nueva mirada.

Desde esta perspectiva de recuperar los aspectos naturales y las unidades de paisaje existentes en un territorio, se plantea reordenar ante el inevitable proceso de crecimiento de una ciudad, los procesos de densificación que pudiesen existir en estas áreas naturales. Se plantea la noción de poder entender las quebradas “y su consecuente capacidad de estructurar un tejido urbano único, reconocible en su traza y modos de apropiación del lugar y arraigo al entorno” (Cañete, 2017, pág. 1), convirtiéndolo en una parte estructural de la ciudad como infraestructura que articule diferentes espacios y situaciones posibles.

Como se indica en Batlle (2011), en este nuevo espacio libre “ha de ser necesariamente complejo porque tiene que incluir los valores tradicionales de la utilización pública y la belleza y, al mismo tiempo, tiene que ser coherente con las leyes ecológicas y las problemáticas medioambientales”. Se intenta organizar una manera de recuperar estos espacios,



Figura 20: Las laderas sirven para el control de aguas desde obras ingenieriles.

mediante la lógica de las infraestructuras verdes, pensando en la ecología de estos sitios para conseguir que sean territorios sostenibles, al mismo tiempo que se pretende recuperar el carácter geográfico destacable de un territorio.

Sin desconocer las características morfológicas que presentan las quebradas y laderas del cerro, se hace necesario poder establecer los parámetros para comprender dichas características, entendiendo elementos y cualidades que la componen, que sirvan de instrumentos de acción para abordar en un posterior proyecto. En ese sentido, la topografía juega un rol importante, ya que al conocer las características físicas que la componen, se deberían considerar la materialidad, temporalidad y espacialidad, pues hay que entender que el desarrollo topográfico, es un proceso dinámico, influenciando lo otros subsistemas de paisaje, pues es una expresión de las interacciones entre otros sistemas y no funciona de manera independiente. (Murphy, 2016).²⁴

Por lo tanto, es importante el diseñar de manera inteligente sobre los terrenos topográficos más elevados, pues requiere una comprensión del potencial que tienen estos sistemas de cambiar a través del tiempo, influenciándose entre sí. Pues todos los cambios que se realizan en el terreno, tienen sus repercusiones en el tiempo, afectando los procesos ecológicos y climáticos.

En ese sentido, cuando se hace un enlace desde el diseño entre arquitectura y paisaje, se debiera tener una visión clara entre las técnicas empleadas para el diseño, desde el cultivo topográfico hasta la construcción, ya que las diferentes técnicas empleadas, deberán convivir para contrarrestar las necesidades que presenta el cambio climático, conteniendo los terrenos más desgastados, aquellos que han experimentado cambios en el tiempo, y actuar frente a un deslizamiento de tierra o aluvión. De manera que naturaleza y artefacto puedan coexistir y establecerse como espacios de oportunidad y recreación. (Leatherbarrow, 2004) (Figura 20).

En consecuencia, al trabajar en el territorio desde una propuesta en donde se establezcan las contenciones topográficas como un recurso articulador, como un artefacto de mitigación y de recreación, comprendiendo las dinámicas de cambio en los eventos ecológicos, geológicos y sociales, cuando la capacidad de resiliencia de un sitio se agota, permitirán que las actividades de estos ecosistemas, se multipliquen, potenciando la manera en que se experimenta, vive la ciudad y sus alrededores.

Al activar estos paisajes de las quebradas, se pretende que haya una mejor interacción y relación entre ciudad y naturaleza, entre población y biodiversidad, disfrutando de los valores ecológicos del lugar. Tomando en consideración que debe existir un especial cuidado con el sistema vivo, proveyendo a la conservación sin irrumpir en la vida silvestre o fauna que otorga un área natural como el cerro. En este sentido se incluyen “en forma espacial la recreación y el ecoturismo, pero también muchas otras actividades como los deportes en la naturaleza, la educación e interpretación ambiental, la investigación científica o la fotografía de la naturaleza” (Tacón & Firmani, 2004, pág. 3).

²⁴ Cita original: “Although topographic development is a dynamic process that influences the other landscape subsystems, it is best understood as an expression of the interactions of other systems rather than a landscape system operating independently.” (Murphy, 2016)



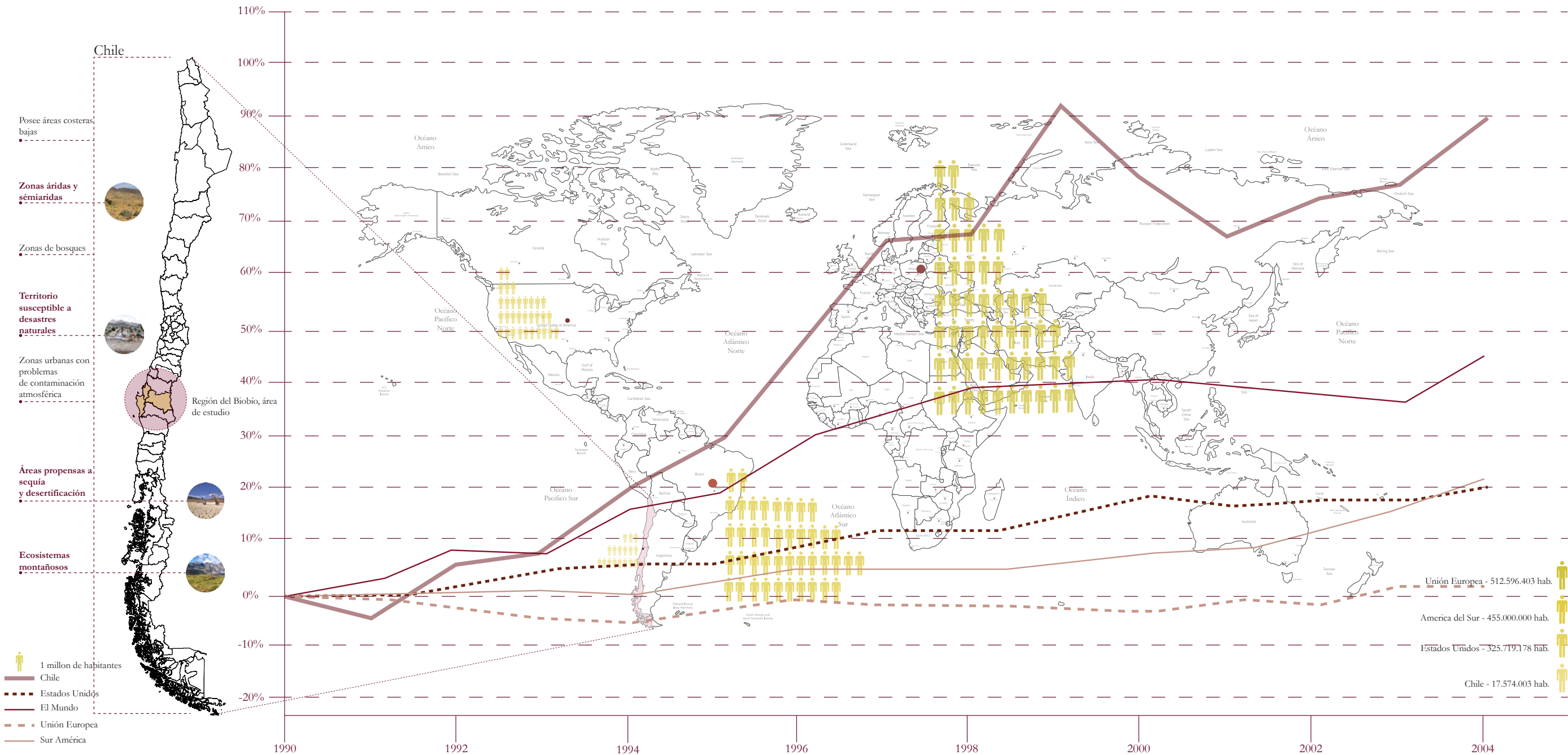
Figura 21: Aluvión ocurrido en Cajón del Maipo (2017)

CAPITULO 2 |

Fenomenología de los Desastres: Aluvión y Remoción en Masa para la configuración de un paisaje resiliente

“El paisaje constituye un nexo entre el ser humano y la naturaleza. Le confiere al hombre “sentido de lugar”, de pertenencia, identidad espacial. Las asociaciones culturales e históricas, así como la experiencia del entorno adquirida a través de los sentidos y el conocimiento, resultan determinantes para comprender la naturaleza de este concepto esencialmente dinámico, ya que la forma del paisaje continúa modificándose en formas constante como consecuencia de los diversos procesos naturales y de las acciones humanas.”
(Castelli, Spallasso & Aristarain, 2007)

Vulnerabilidad de Chile y el mundo ante el cambio climático



2.1 Estudio y análisis del desastre |

Procesos que se desarrollan

Figura 22: Las emisiones de GEI en el mundo, aumentan año a año, siendo Chile uno de los países que más gases de efecto invernadero emite hacia la atmósfera. Chile se presenta como uno de los países más vulnerables ante el cambio climático, pues de las nueve características de vulnerabilidad existentes, el país presenta siete, y cuatro de ellas, se vinculan directamente con los recursos vegetacionales.

²⁵La noción de fenómeno tiene su origen en el término latino phaenomenon, que a su vez deriva del concepto griego “aparición, manifestación”. Es el aspecto de cómo las cosas se manifiestan ante nuestros sentidos, “se manifiesta en la dimensión consciente de una persona como fruto de su percepción”. Consultado en <<https://definicion.de/fenomeno/>>.

²⁶En su raíz etimológica, la fenomenología se compone de (φαινόμενον) “fenómeno de lo que se manifiesta” y (λόγος) “estudio, tratado”. Es una “ciencia filosófica que estudia todo lo relacionado con los acontecimientos que rodean a un objeto, su relación con el medio ambiente en el que se desarrollan los hechos y el cómo influyen las cosas en el fenómeno.” Consultado en <<https://conceptodefinicion.de/fenomenologia/>>. Uno de sus mayores exponentes fue el filósofo moravo Edmund Husserl (1859 – 1938), y uno de sus estudios más importantes fue lo que él indicaba como fenómenos de la conciencia en cuanto a experiencia subjetiva, lo que se denomina psicología fenomenológica, lo que considera la explicación de las vivencias de un individuo basada en la consideración de sus experiencias concretas en el mundo.

²⁷Como indica el IPCC, Forzantes climáticos de vida corta: Indica compuesto cuyo impacto en el clima ocurre en primer lugar en el primer decenio tras su emisión. Este conjunto de compuesto está integrado principalmente por los periodos de vida cortos de la atmósfera, a diferencia de los gases de efecto invernadero homogéneamente mezclados. Entre este conjunto de compuestos cabe destacar el metano, también un gas de efecto invernadero homogéneamente mezclado, así como el ozono y los aerosoles, o sus precursores, y algunas sustancias halogenadas que no son gases de efecto invernadero homogéneamente mezclados.

²⁸“Es la degradación de tierras en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas resultantes de diversos factores, tales como las variantes climáticas y las actividades humanas”. Consultado en <http://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1447269900NotaInformativaN2.pdf>

En este primer capítulo, se estudia y analiza el fenómeno²⁵ del desastre y los procesos que se desarrollan en cada uno de ellos. De manera que se ponen sobre la mesa los conceptos claves para entender con mayor exactitud las consecuencias de un fenómeno de catástrofe que asecha a un territorio, dejándolo vulnerable y sin un resguardo aparente para un próximo evento climático.

Como se ha indicado, los desastres naturales son producto del creciente cambio climático que afecta el planeta tierra y cómo este, va alterando las formas de vida. Desde el punto de vista fenomenológico²⁶ del desastre, los efectos del cambio climático pueden ser determinantes en el contexto actual de desarrollo de las comunidades locales y poblaciones más vulnerables, pues constituyen un factor de preocupación en el desarrollo e inclusión social, ante los cambios que se producen con las variables climáticas naturales.

El cambio climático es un concepto que en la actualidad se ha convertido en el mayor desafío que ha tenido que enfrentar la humanidad. Según el Ministerio del Medio Ambiente es “un fenómeno causado por la acción del hombre, detonada a través de sus excesivas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y de otros forzantes climáticos de vida corta”.²⁷

En este sentido, frente a las consecuencias que puede traer el cambio climático, se advierte que Chile es un país altamente vulnerable a este, pues “posee áreas costeras de baja altura, zonas áridas y semiáridas, zonas de bosques, territorios susceptibles a desastres naturales, áreas propensas a sequía y desertificación²⁸, zonas urbanas con problemas de contaminación atmosférica y ecosistemas montañosos.” (Fariás & Jadrijevic, 2017, pág. 13) (*Figura 22*)

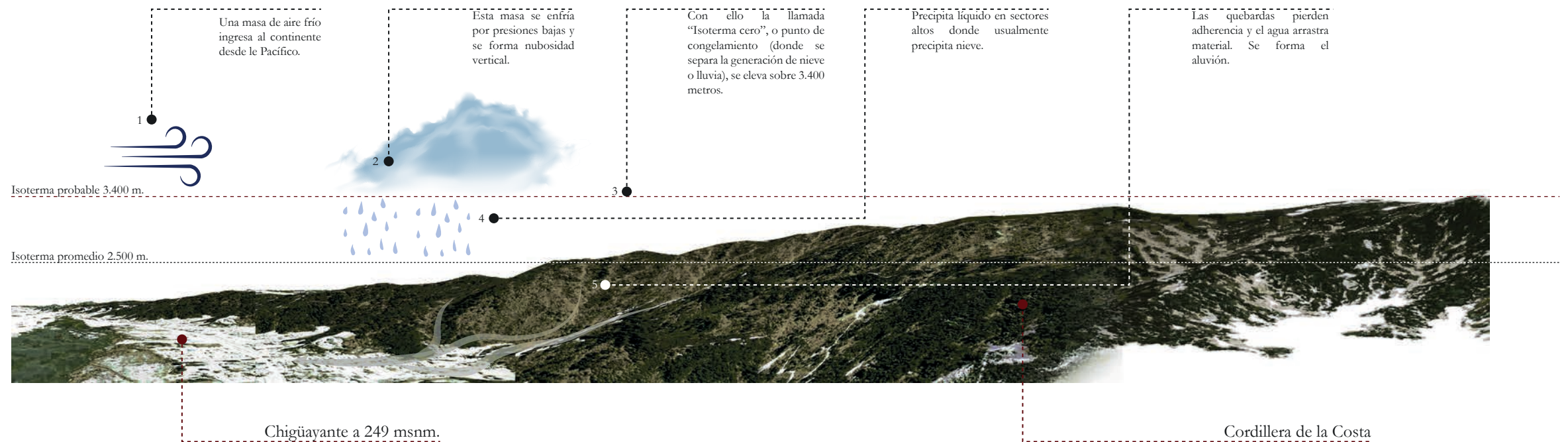


Figura 23: Esquema de los efectos de las precipitaciones y etapas del proceso.

2.1.1 Sobre Aluviones y Remoción en Masa

A partir de lo anterior, dentro de esta investigación se abordarán en específico aquellos desastres asociados a los aluviones²⁹ y remoción en masa³⁰, fenómenos ocurridos con frecuencia a lo largo de nuestro país. Los aluviones son fenómenos naturales provocados por grandes cantidades de precipitaciones a gran altura, sobre la Isoterma 0³¹ en la cordillera (*Figura 23*). La topografía es un factor condicionante de este fenómeno, pues “la generación de flujos se ve favorecida por la existencia de laderas de topografía abrupta que disminuyen la estabilidad de los depósitos, donde el escurrimiento de agua superficial actúa como agente desestabilizador” (Lara & Sepulveda, 2008, pág. 10). De igual manera, se advierte que laderas que presenten pendientes sobre los 25°, favorecen el desarrollo de flujos o aluviones. Por lo que se entiende, que los aluviones son flujos de barro que transportan gran cantidad de material (detritos). Según la Onemi, estos fenómenos “se originan principalmente por precipitaciones intensas en zonas de altas pendientes y quebrada”.³²

Mientras que, los procesos de remoción en masa son generados usualmente por sismos y otros factores detonantes, provocando deslizamientos en la corteza terrestre en zonas de alta peligrosidad, alta pendiente y excesiva explotación del suelo, ocasionando la erosión del

mismo. Según Hauser (1993) define la remoción en masa como “procesos de transporte de material definidos como procesos de ‘movilización lenta o rápida de determinado volumen de suelo, roca o ambos, en diversas proporciones, generados por una serie de factores’” (citado en Lara & Sepulveda, 2008) (*Figura 24*).

La principal característica de estos fenómenos, es su carácter descendiente, pues están fundamentalmente controlados por la gravedad. Existen cinco tipos de remoción en masa, clasificadas por diferentes autores, estas son: desprendimientos o caídas, deslizamientos (rotaciones o traslaciones), flujos (aluviones, término que se desarrollara independiente por la implicancia que este posee en la presente investigación), toppling o volcamientos y extensiones laterales. (*Figura 25*)

Existen tres características fundamentales desencadenantes de estos dos fenómenos. Como mencionaba anteriormente, las precipitaciones intensas en cortos periodos de tiempo o en periodos prolongados de poca intensidad, provocan que ocurran deslizamientos de material y causen aluviones; los sismos, son responsables principalmente de deslizamientos y caídas, pues producen cambios abruptos en la superficie de la tierra en escenarios geológico y topográficos, generando inestabilidad, sobre todo en superficies inclinadas, como en las laderas, provocando

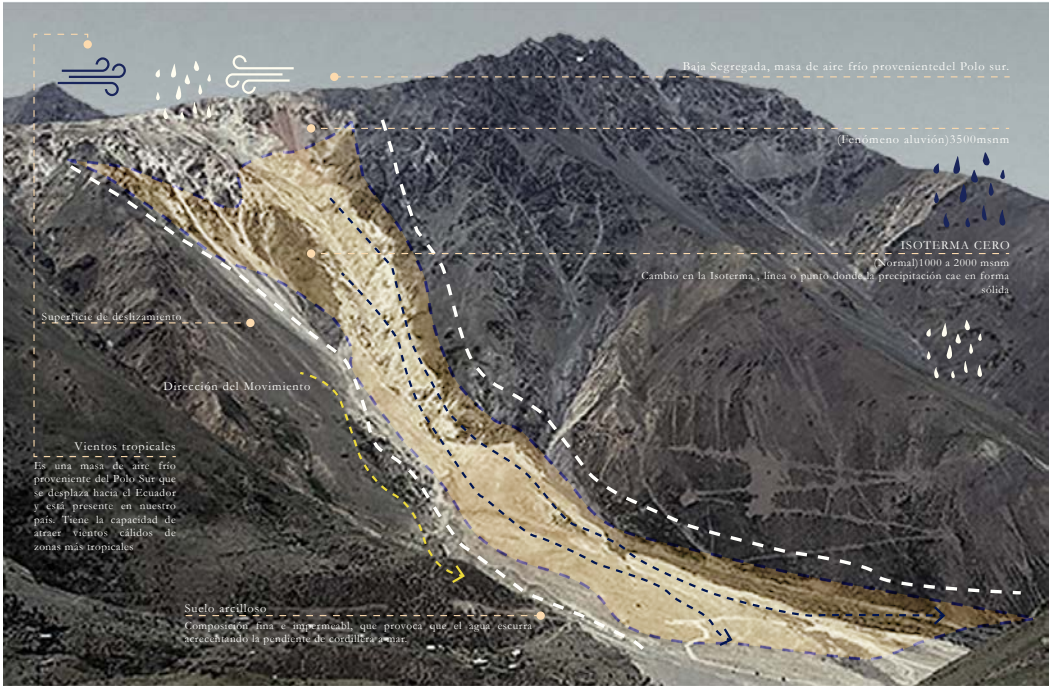
²⁹Según la ONEMI, un aluvión es un flujo de barro donde el agua arrastra el material suelto (detritos) por una ladera, quebrada o cauce. Puede viajar muchos kilómetros desde su origen, aumentando de tamaño a medida que avanza pendiente abajo transportando rocas, hojas, ramas, árboles y otros elementos, alcanzando gran velocidad”. Consultado en <<http://www.onemi.cl/aluviones/>>.

³⁰Según Hauser (1993) son fenómenos de transporte de material que se definen como “aquellos procesos de movilización lenta o rápida de determinado volumen de suelo, roca o ambos, en diversas proporciones, generados por una serie de factores” (Lara & Sepulveda, 2008)

³¹La isoterma 0 es una línea imaginaria que une puntos de temperatura igual a cero °, separando la precipitación líquida de la sólida, es decir sobre esa línea cae nieve y bajo esa misma línea llueve. Consultado en <<http://www.onemi.cl/aluviones/>>.

³²Consultado en <<http://www.onemi.cl/aluviones/>>.

Esquema proceso del Aluvión



Esquema proceso de la Remoción en Masa

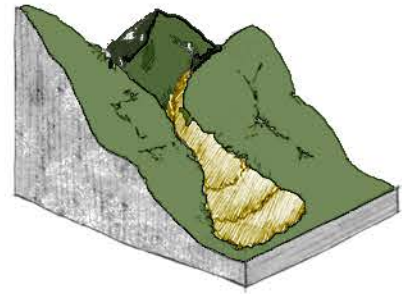


Figura 24: Procesos y desarrollo de un fenómeno aluvial y un fenómeno de remoción en masa.

1. Flujos



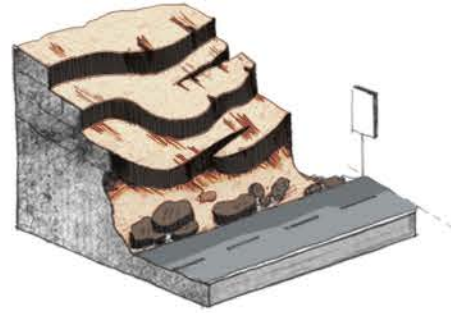
Corresponden a los procesos de material saturado en agua, el cual presenta una concentración grande de sólidos el cual se comporta mecánicamente con un desplazamiento lento, por una superficie menos resistente



2. Desprendimientos o caídas



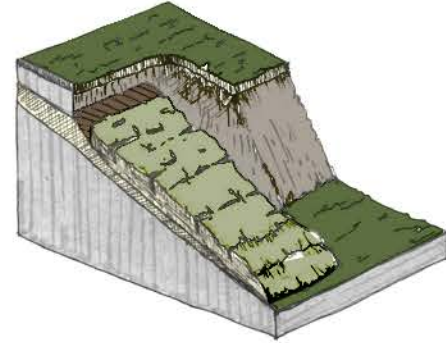
Proceso de movimiento que van de rápidos a extremadamente rápidos. Generados cuando el material rocoso o el suelo se desprende de una ladera de alta pendiente, deslizando a través de la superficie donde se genera cizalle.



3. Deslizamiento traslacionales



Se genera una superficie cizalle, la masa en este caso, se deslizará por una superficie menos resistente, corresponde a discontinuidades presentes en el suelo o racas, como fallas, diaclasas, superficies de estratificación o superficies de contacto entre roca y suelo. Es un tipo de deslizamiento más superficial que los deslizamientos rotacionales, pues este, puede continuar si la superficie de ruptura se mantiene lo suficientemente inclinada.



4. Topplings o volcamientos



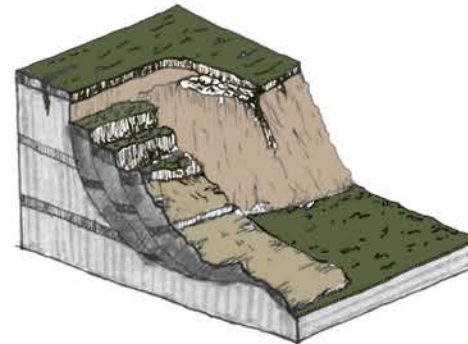
Este es un evento variable en velocidad entre extremadamente lentos o extremadamente rápidos, lo que corresponde al desprendimiento de uno o varios fragmentos de rocas o suelo mediante el volcamiento de éstos en torno a un punto o un eje bajo el centro de gravedad de la masa desplazada. Se distingue de una caída, pues en su superficie de ruptura se genera cizalle, característica que lo hace ser catalogado como deslizamiento. (Goodman, 1989)



5. Deslizamiento rotacionales



Estos desprendimientos ocurren a lo largo de superficies curvas y cóncavas. Ocurren con materiales homogéneos, por lo cual tienen gran incidencia sobre rellenos. Los deslizamientos, asociados a este tipo de remoción, están presentes en pendientes que varían entre 20° y 40°.



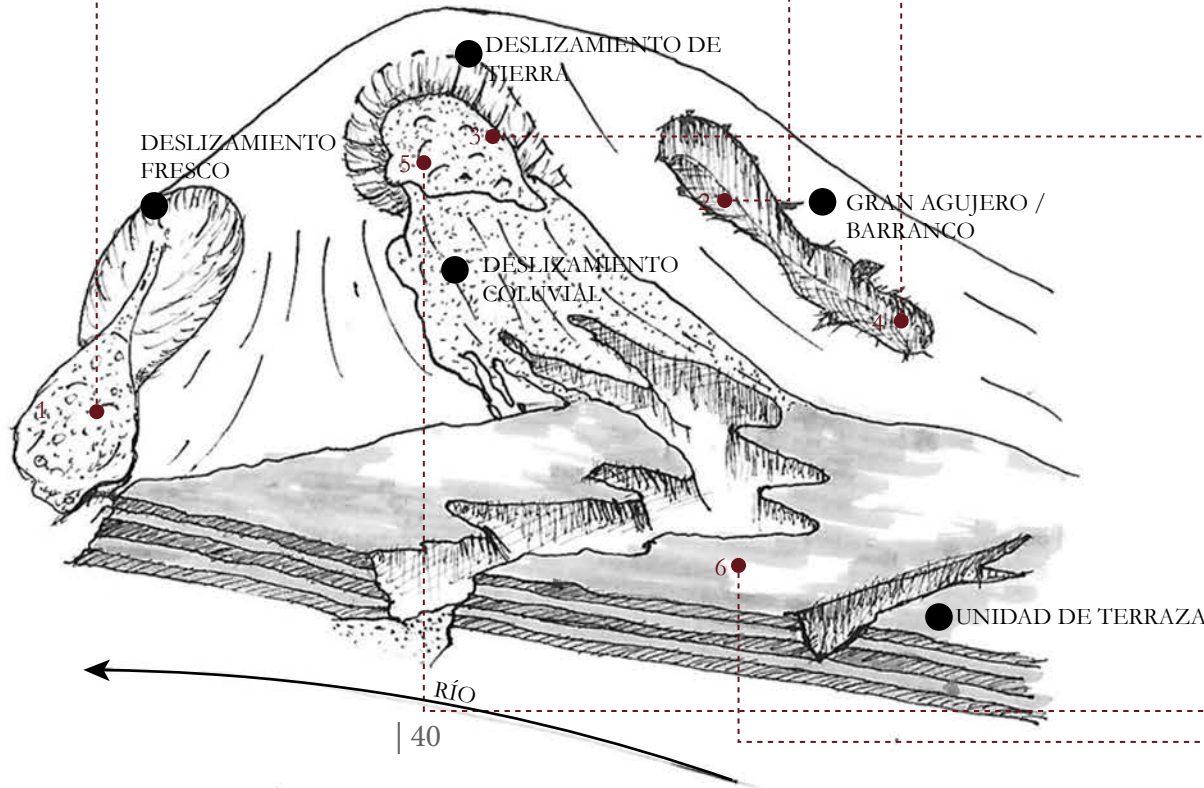
6. Extensiones laterales



Este tipo de movimiento se define como extensiones de suelos cohesivos o masas de rocas combinadas con una subsidencia general de la masa fracturada de material cohesivo en partículas subyacentes más blando. La superficie de ruptura que se genera presenta poco cizalle, y los límites del movimiento en superficie se presentan difusos y difíciles de distinguir.



Figura 25: Tipos de remoción de tierra asociados a los eventos del ciclo de la sensibilidad de la tierra, los cuales, luego de un deslizamiento de tierra, los sedimentos coluviales se erosionan a lo largo de la orilla del río.



CAUSAS PRINCIPALES

01 LLUVIAS INTENSAS
VARIACIONES EN PPT NORMALES

02 SISMOS
MOVIMIENTO DE PLACAS TECTÓNICAS
TECTÓNICAS TECTÓNICAS

03 ERUPCIONES VOLCÁNICAS
MOVIMIENTO DE TIERRA

04 INTERVENCIÓN ANTRÓPICA
ACCIONES HUMANAS

05 CAMBIO CLIMÁTICO
DERRETIMIENTO DE
GLACIARES

FACTORES CONTRIBUYENTES

01.1 OSCILACIONES CLIMÁTICAS
Fenomenos como el Niño, tienden a aumentar la frecuencia de bandas nubosas frontales y las intensifica, generando una mayor cantidad de precipitaciones.

01.1.2 SISTEMAS FRONTALES
Anticiclón del Pacífico; es uno de los factores que modifica nuestro clima, debido a las masas de aire seco que genera.

01.2 HIDROLOGÍA-HIDROGEOLOGIA
La red de drenaje, caudales, coeficientes de escorrentía y coeficientes de infiltración, son factores que están directamente relacionados a la incorporación de agua en los suelos.

02.1 GEOLOGÍA
La composición del material involucrado, su densidad, plasticidad, humedad, permeabilidad; condiciona ciertas características en su comportamiento a determinado evento

02.1.2 GEOTECNIA
Estudio de la composición y propiedades de la zona superficial de la corteza terrestre.

03.1 GEOMORFOLOGÍA
La topografía del lugar, pendiente y altura de las laderas, inciden en la velocidad, energía y volumen de las remociones que puedan originarse.

03.1.2 EROSIÓN DEL SUELO
Teritorios erosionadas por la accion humana o por el paso del tiempo, oponen menor resistencia ante estos eventos.

04.1 URBANIZACIÓN DE ZONAS DE RIESGO
Urbanizacion en laderas o quebradas, tienen mayor riego de afectación.

05.1 PRECIPITACIOES EN LA ISOTERMA CERO
Son lluvias cálidas, precipitaciones con altas temperaturas, y bastantes intensas, las que generan escurrimientos ladera abajo.

TIPOS DE DAÑOS POR REMOCIONES EN MASA

DAÑO VIVIENDAS



DAÑO INFRAESTRUCTURA VIAL



DAÑO INTEGRIDAD HUMANA



DAÑO SECTORES ECONÓMICOS



DAÑO SISTEMA VEGETACIONAL



[26]

[27]

Figura 26: Cuadro explicativo de las causas principales que provocan los aluviones y los procesos de remoción en masa. .

Figura 27: Principales consecuencias de estos fenomenos de desastres. Se muestra, cómo se ven afectados los asentamientos humanos y la fragilidad del paisaje frente a estos eventos.

el desprendimiento de rocas o material; finalmente otros factores son las erupciones volcánicas, que pueden gatillar eventos de deslizamientos, producto de la fusión de nieve acumulada en las laderas de los volcanes, pues, “actúan por sí solas o en conjunto con precipitaciones intensas pudiendo generar flujos de gran magnitud al arrastra el material depositado en las laderas durante la erupción volcánica” (Lara & Sepulveda, 2008, pág. 17)

En el plano de los procesos de un deslizamiento de tierra, podemos encontrar diferentes factores condicionantes generadores de estos eventos, los que corresponden a aquellos que generan una situación potencialmente inestable. Estos factores desencadenantes, corresponden a la geomorfología, geología, geotecnia y vegetación, los que constituyen factores de susceptibilidad frente a un eventual deslizamiento, donde aquello radica, como indica Sepúlveda (1998) en “la capacidad o potencialidad de una unidad geológica o geomorfológica de ser afectada por un proceso geológico determinado”(Figura 26).

Entre tanto que la geología y geotecnia³³ influyen en mayor o menor medida, y los factores que encarnan esta categoría se encuentran los depósitos y el material que lo compone, su densidad, plasticidad, humedad, permeabilidad, a su vez, que la litología³⁴ corresponde a las rocas, su estructura, alteración y meteorización. Por su parte, la geomorfología, es la condición que tiene que ver con la topografía, pendientes de las laderas, cambios fuertes de pendientes de las mismas. Estas características morfológicas de la superficie terrestre, inciden directamente en la velocidad, energía y volumen de los eventuales deslizamientos que puedan ocurrir.

Por otro lado, la hidrología e hidrogeología, que tiene relación con la red de drenaje, las posiciones y variaciones del nivel freático, caudales, coeficientes de escorrentías y coeficientes de infiltración, son factores que condicionan los deslizamientos de tierra, “ya que están

directamente relacionados a la incorporación de agua en los suelos o macizos rocosos” (Lara & Sepulveda, 2008, pág. 11). Otro de los factores desencadenantes, es la vegetación. Si bien, es considerada como un factor condicionante para la estabilidad de laderas, los eventos de remoción en masa ocurridos en Chile, en zonas climáticas lluviosas con poca vegetación, demuestran que no siempre es buena para la disminución de erosión sobre laderas.

En tanto el clima, toma un rol fundamental, pues las precipitaciones, temperaturas, viento y radiación solar son los principales factores que generan erosión de laderas. Finalmente, se encuentra la acción antrópica sobre la estabilidad de laderas, siendo alguno de los ejemplos más representativos de esto, las excavaciones, rellenos, construcción de estructuras, urbanización, cambios en el uso del suelo, extracción de áridos y acumulación de escombros.

Por lo tanto, se advierte, que si bien existe un factor desencadenante fundamental que son las precipitaciones, existen variables importantes, que influyen notoriamente al momento de un deslizamiento de tierra, afectando, dependiendo de las condiciones geográficas y climáticas de un sitio (Figura 27).

³³ Parte de la geología, que estudia la composición y propiedades de la zona más superficial de la corteza terrestre, para el asentamiento de todo tipo de obras de construcción

³⁴ En su etimología del griego litos (piedra) y logos (estudio), es la parte de la geología que se encarga del estudio de las rocas, el tamaño de grano, de las partículas y sus características físicas y químicas. “La litología es fundamental para entender cómo es el relieve, ya que dependiendo de la naturaleza de las rocas se comportarán de una manera concreta ante los empujes tectónicos, los agentes de erosión y transporte, y los diferentes climas de la tierra”. Consultado en < <https://geografia.laguia2000.com/relieve/la-litologia> >

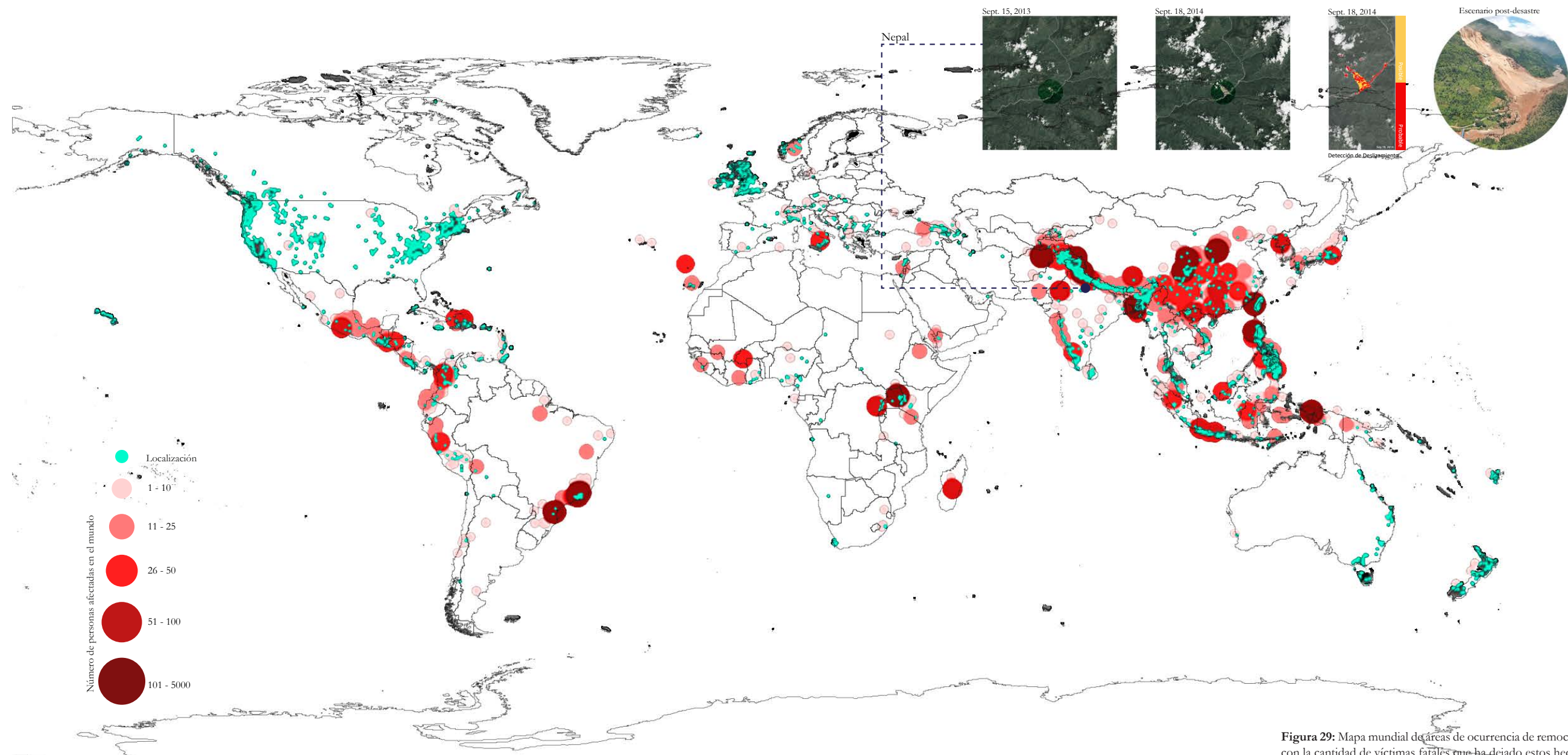


Figura 29: Mapa mundial de áreas de ocurrencia de remoción en masa, en conjunto con la cantidad de víctimas fatales que ha dejado estos hechos.

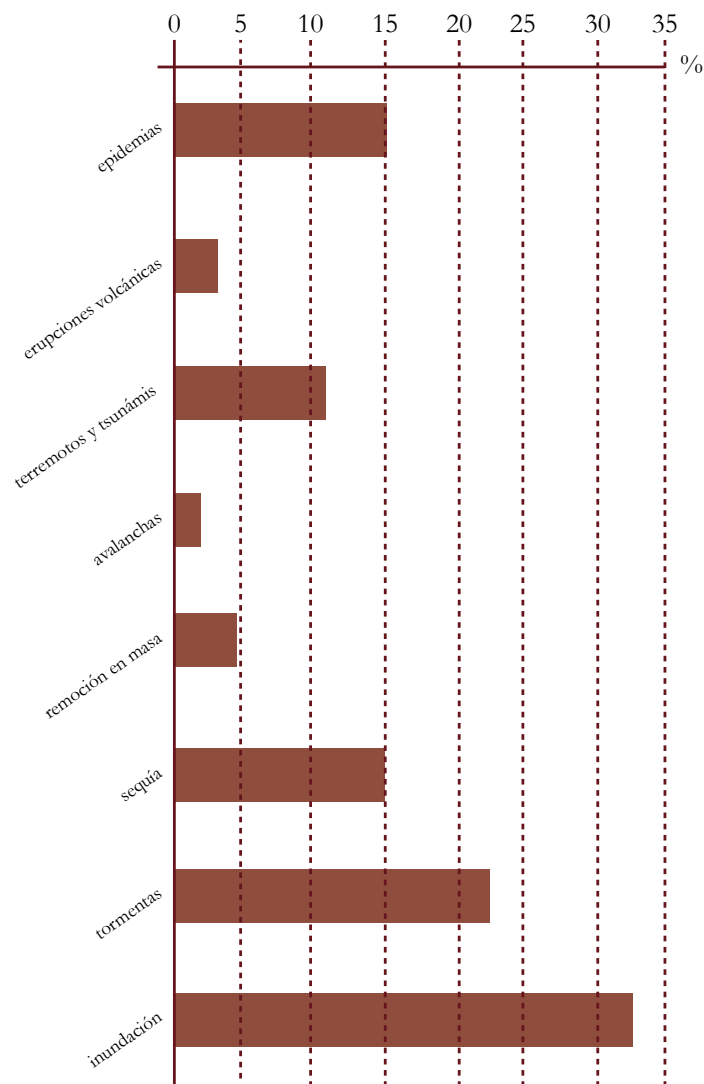


Figura 28: Desastres naturales registrados en el mundo según tipo de amenaza, 1994 - 2003

2.2 Estado del arte del desastre | Una mirada internacional y nacional

2.2.1 Una mirada Internacional

Entendemos el *estado del arte*³⁵ como una modalidad orientada a la investigación documental que reúne un determinado estudio para el conocimiento de cierta área. En este sentido, nos enfocaremos en el estado del arte del desastre a nivel mundial y nacional, ya que, es importante precisar cómo se dan estos fenómenos en el mundo, pues el cambio climático es un problema de todas las personas que habitamos la tierra.

La frecuencia de ocurrencia de desastres naturales, aumenta notoriamente, considerando al menos “100 eventos por década en 1940, a cerca de 2800 por década en 1990.” (Mardones, Echeverría, & Jara, 2004, pág. 2). De los cuales, el 75% tienen relación con eventos derivados del clima, entre los que se destacan notoriamente los procesos de remoción en masa e inundaciones fluviales. Para el año 2003, la pérdida de vidas humanas alcanzaba un total de 76.000 personas y 254 millones de personas damnificadas. Durante la segunda mitad del siglo XX, los desastres naturales provocaron la muerte de 2.8 millones de personas, incrementando la tasa anual en un 6%, desde 1960. (Mardones, Echeverría, & Jara, 2004) (Figura 28)

Frente a estos acontecimientos, la NASA elaboró un levantamiento del desastre en base a dos planos de información. El primero muestra la localización de ocurrencias de remoción en masa a nivel mundial, la que asciende a 5.741 deslizamientos producidos desde el 2007 al 2013; asociado a esto, el número de víctimas fatales por deslizamientos de tierra provocados por las lluvias en el mismo rango de años, los que aproximadamente ascienden a 4.600 personas cada año. (Figura 29 - 30). A partir de los estudios generados por la NASA, y para anticipar posibles eventos futuros, y evitar desastres que atenten contra la vida de las personas, esta organización, realizó un estudio en base a los sucesos de deslizamientos ocurridos en Jure, Nepal el 2014. De este estudio se pueden desprender ciertos factores que indiquen que es un terreno susceptible a deslizamientos, en donde a partir del análisis de imágenes Landsat 8, se identifican las áreas inclinadas con cambios en la humedad del suelo y así poder determinar, posibles eventos futuros y así, estar preparados.

³⁵ Consultado en < <http://normasapa.net/que-es-el-estado-del-arte/> >.

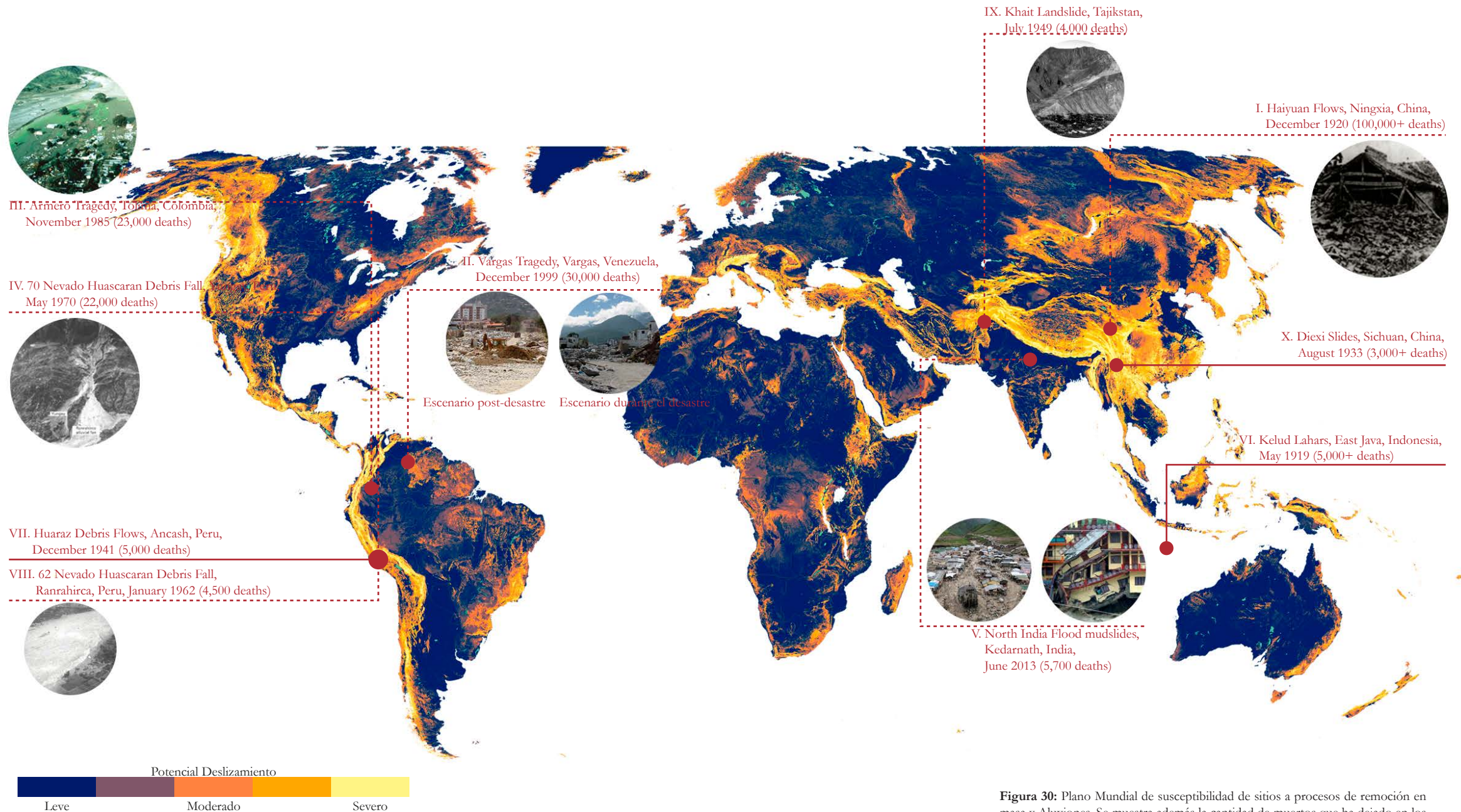


Figura 30: Plano Mundial de susceptibilidad de sitios a procesos de remoción en masa y Aluviones. Se muestra además la cantidad de muertos que ha dejado en los casos más catastrofios del mucho.

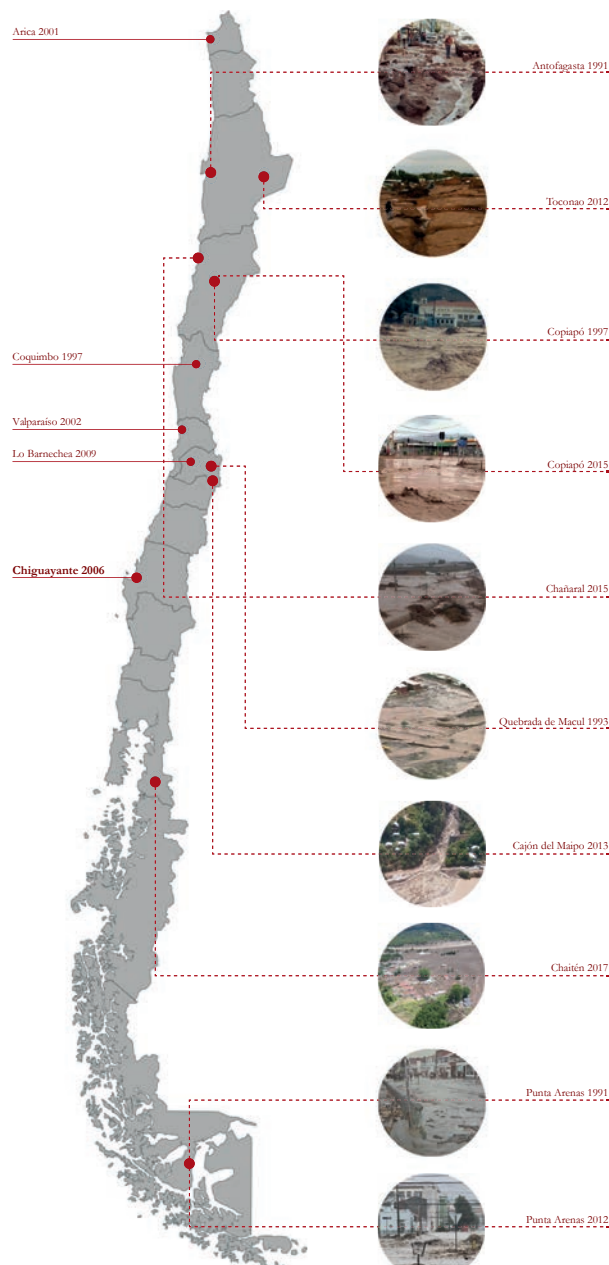


Figura 31: Primer acercamiento hacia el desastre. Registro de aluviones ocurridos a lo largo de Chile desde 1990 hasta el 2017. Se muestran los escenarios post-desastres luego de ocurrido el fenómeno.

2.2.2 Una mirada nacional.

Desde el punto de vista territorial del desastre, es posible poder comprender la magnitud e impacto que éste genera y cómo se ven afectadas las comunidades. (Figura 31). En este sentido, se realiza un levantamiento de información a través del análisis de capas territoriales que nos permitan entender cuáles son las características del territorio en el cual se dan estos eventos, comprendiendo los diferentes territorios y climas que se dan a lo largo de Chile, y las características morfológicas que posee este gran sistema geográfico.

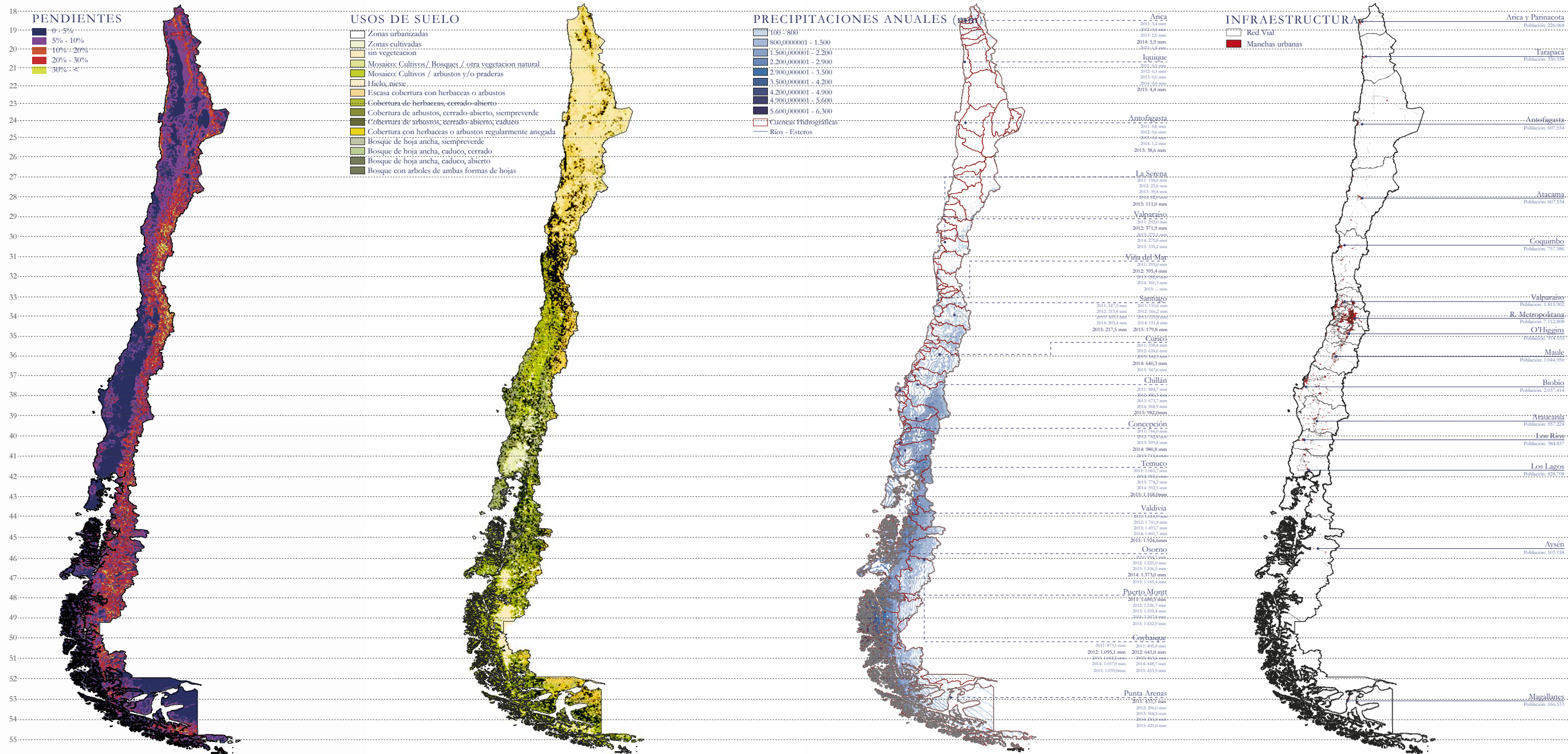
Estas capas de análisis, son fundamentales para comprender y visualizar dónde se dan las áreas con mayor susceptibilidad a estos fenómenos, lo que, al mismo tiempo, se consideran como componentes que optimizan las condiciones geográficas para que se produzcan estos eventos de desastre. Del levantamiento de cuatro capas críticas del paisaje en el territorio nacional: usos de suelo, pendientes, precipitaciones e hidrología; y red vial e infraestructura, componentes claves en este proceso se, se desprenden los siguientes análisis.

I. En primera instancia, se elaboró un mapa de pendientes, que nos permite entender de mejor manera la morfología que presenta el territorio nacional, entendiendo que las zonas de mayor pendiente se encuentran en estrecha relación con la Cordillera de los Andes y de la Costa, sobre todo hacia el centro-sur del país, donde la topografía es más abrupta, siendo un mayor factor de vulnerabilidad frente a remoción en masa y deslizamientos de tierra (ver figura 32).

II. En segundo lugar, se elabora un plano de usos de suelo, asociado a la vegetación y al estado de esta a lo largo de todo Chile. Por lo cual es fácil dar cuenta de la evidente condición geográfica y climática del país, desde las zonas más áridas en el norte hasta las

zonas más vegetadas en el centro sur. La condición del suelo, también es un factor condicionante para la ocurrencia del desastre, pues del tipo de suelo depende de la susceptibilidad que este tenga a un eventual desastre. La cantidad de superficies vegetadas como indica Prieto (1985) “establece que la estabilidad dada por la vegetación está fuertemente condicionada por el efecto del clima y topografía, pues, por ejemplo, en zonas que sufren de fuertes vientos, si la pendiente es fuerte, los arboles remueven el terreno provocando su desestabilización.” (citado en Lara & Sepulveda, 2008, pág. 12). Al mismo tiempo que en zonas de climas húmedos y lluviosos, con abundante vegetación, “puede ocurrir que la evapotranspiración no alcance a compensar la alta infiltración, por lo que el nivel freático asciende saturando el material” (Lara & Sepulveda, 2008, pág. 12). Dependiendo también de la orientación de la ladera y el tipo de vegetación que ésta posee, será el tipo de resistencia que tenga, pues, siendo solana o umbría presentan una vegetación diferente, considerando el factor radiación que reciban. (ver figura 32).

III. Luego, se presenta un plano de precipitaciones e hidrología. Lo que podemos observar de este mapa, es el claro aumento de las precipitaciones que se dan hacia el sur del país, algo más bien obvio, considerando las condiciones climáticas que caracterizan a esta parte del territorio nacional. Las precipitaciones es uno de los factores condicionantes más importantes para la ocurrencia de eventos, pero como es un mapa de análisis de precipitaciones anuales, no se registran en él, los últimos eventos de precipitaciones extremas, y que usualmente tienen una duración máxima de dos días y que son claves en un evento catastrófico (ver figura 32).



IV. Finalmente, se elaboró un plano de infraestructura vial y zonas urbanas. Lo que es fundamental en esta parte analítica, es entender el factor antrópico, como pieza clave para reconocer el riesgo que corren las personas. Comprender el crecimiento de las ciudades en zonas de mayor desprotección, facilita una mejor lectura del territorio para así, tomar como herramienta base la planificación de las ciudades frente a áreas susceptibles, pues debido a la mala implementación de áreas urbanas expuestas a inseguridad, se transforman en zonas de riesgo. (*ver figura 32*).

2.2.3 Catálogo de ocurrencias en Chile

Para entender el estado nacional del desastre, se realizará a partir del “Primer Catastro Nacional de Desastres Naturales”, elaborado por el Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin), un catálogo de ocurrencias de los principales desastres en un transcurso de 30 años, a partir de 1987 al 2017, relacionados con peligros geológicos, como son las remoción en masa, sismos, maremotos, inundaciones, aluviones, etc., con el fin de tener una dimensión mayor de cuáles son las zonas con alta susceptibilidad a los procesos ya mencionados.

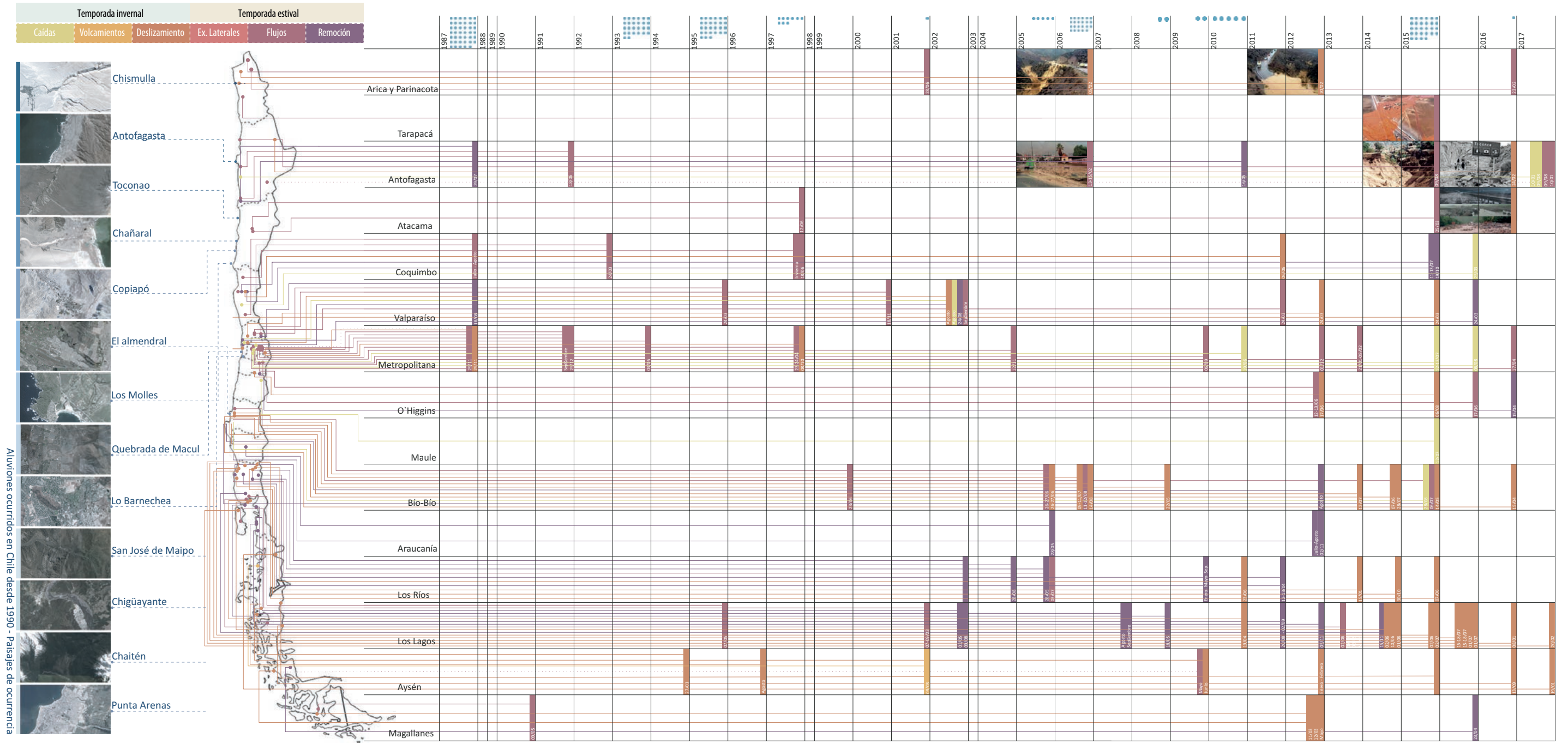
Se elabora una línea de tiempo de los eventos que han ocurrido a lo largo de la historia en cada región del país. El fin de esta construcción lineal de las ocurrencias del desastre, es develar el panorama de los eventos en nuestro país. En base a esta construcción, se pudo determinar que la mayor cantidad de aluviones se daban en el Norte del país, pues las características climáticas en esta zona, donde las precipitaciones

son mínimas, el tipo de suelo con características más arcillosa, con ausencia de vegetación que permita evitar la erosión de los suelos, son factores determinantes para la ocurrencia de aluviones, siendo más frecuentes en estas zonas más cálidas (*ver figura 33*). Un ejemplo de ello es el 25 de marzo de 2015, donde ocurrió el mayor desastre aluvional en la Región de Atacama, como consecuencia de las fuertes lluvias en una ciudad que no está acostumbrada a estos procesos, resultando afectadas las poblaciones de Copiapó, Tierra Amarilla, Diego de Almagro y Chañaral. (*ver figura 34*)

Mientras que los procesos de remoción en masa, se dan mayoritariamente en el centro sur del país, pues las pendientes en esta parte del Chile tienen mayor inclinación, siendo superiores al 20%, lo que genera mayores probabilidades de una ocurrencia de este tipo. De igual manera, en que la vegetación se hace necesaria en zonas del norte del país, para evitar procesos erosivos en el suelo que puedan controlar deslizamientos y aluviones, la vegetación existente en esta zona, no siempre ayuda a disminuir la erosión del suelo, ya que al ser zonas climáticas muy lluviosas y húmedas, potencian el riesgo de un desastre. Además de la intervención del hombre en laderas y cerros, incorporando infraestructura vial y viviendas, que dan paso a la vulnerabilidad y por ende al desastre.

Figura 32: Despliegue de capas del territorio nacional, que se ven afectadas frente a un fenómeno climático aluvial.

Figura 33: Línea de Tiempo de las catastrofes ocurridas en Chile desde 1987 hasta 2017. (*Ver siguiente pág.*)



Aluviones ocurridos en Chile desde 1990 - Paisajes de ocurrencia



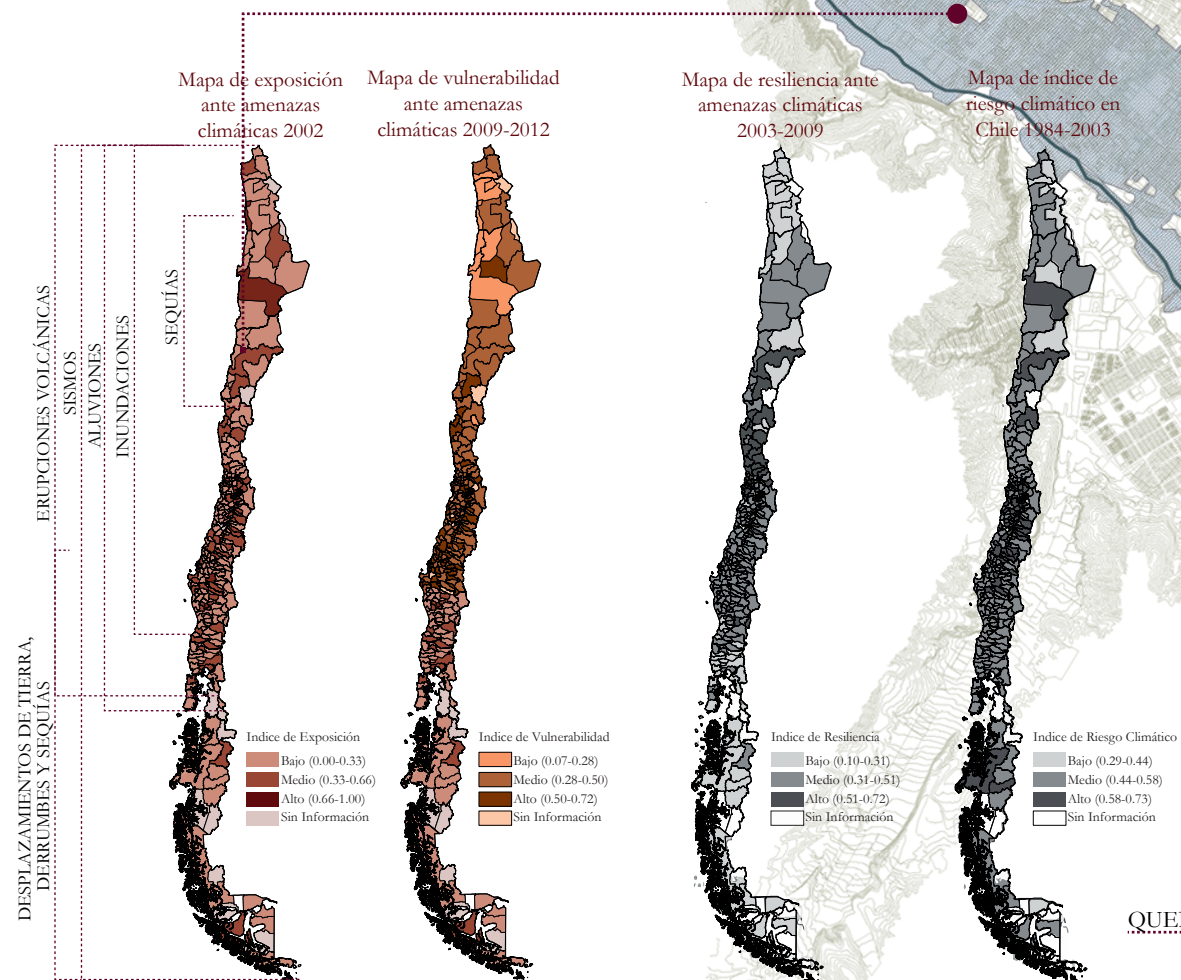
Tierra Amarilla



Diego de Almagro



Chañaral - Vista aérea



Río Copiapó antes del desastre

Proceso de crecidas del río y desarrollo del aluvión

Escenarios post-desastre

Arriba: Imagen de aluvión ocurrido en Tierra Amarilla el 20 de Marzo de 2015.
Figura 34: Representación del desastre en Copiapó. Se elaboran mapas de análisis de vulnerabilidad, riesgo, resiliencia y de exposición a riesgos por amenazas climáticas de Chile, para determinar aquellas zonas más expuestas.

OPERACIONES DE DISEÑO

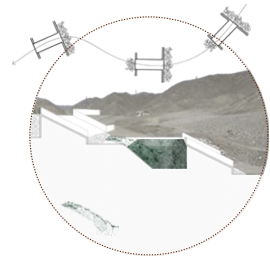
SOLUCIONES PROYECTUALES

01 RETENER
DETENER O RALENTIZAR LA FUERZA DEL
EVENTO MEDIANTE UNA O UNA SERIE DE
INFRAESTRUCTURAS

01.1 PISCINAS DE RETENCIÓN
Se construyen en la base de las pendientes donde los flujos de escombros son frecuentes. Se usan en áreas donde los desechos deben estar contenidos para evitar que el suelo y los desechos fluyan hacia áreas vulnerables.

01.2 ATERRAZAMIENTO
Se ralentiza el flujo de escombros, generando pequeñas paradas en el camino, reduciendo la velocidad que viene con la pendiente de la cuesta.

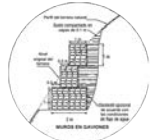
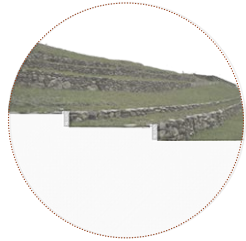
01.3 REVESTIMIENTO CANALES
Los revestimientos de canales son otra forma de estabilizar una corriente o canal de arroyo, esto para disipar la energía del flujo de agua.



02 INFILTRAR
TRASPASAR EL AGUA A OTRO LUGAR PARA
QUE EL SUELO NO SE VEA AFECTADO POR
ÉSTA

02.1 ZANJAS Y DESAGÜES
El drenaje de la superficie es importante en la parte superior de la cuesta, un sistema de zanjales en el cabezal de esta y drenajes laterales para conducir el escurrimiento alrededor del borde de ésta son efectivos.

02.2 TUBERÍAS DE DRENAJE
Las tuberías de drenaje son un dispositivo ampliamente utilizado para prevenir derrumbes en la construcción de carreteras para prevenir desbordes de agua.



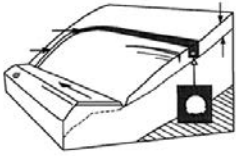
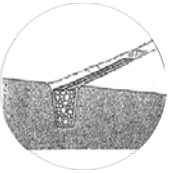
03 CONTENER
ABSORCIÓN INMEDIATA DEL EVENTO
MEDIANTE IMPACTO EN UN LIMITE FISICO

03.1 SOIL-NAILING
Técnica de construcción para tratar pendientes inestables del suelo que permite la sobre elevación segura de estas. Esta implica la inserción de elementos de refuerzo en la pendiente.

03.2 REFUERZOS DE ROCA
Se construyen para proteger el área de desprendimientos de roca y avalanchas de roca desviando la caída de rocas lejos de la carretera, el ferrocarril o la estructura a la cual esten protegiendo.

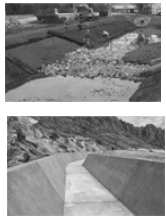
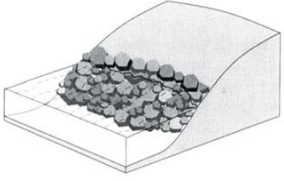
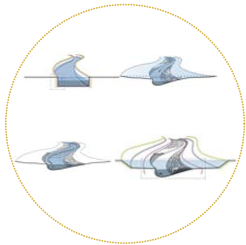
03.3 MUROS DE CONTENCIÓN
Infraestructuras sólidas que se utilizan para bloquear la fuerza de un evento, es de vital importancia generar un drenaje adecuado para estas para evitar su falla.

03.4 CONTRAFUERTE DE ROCA
Un método simple para aumentar la estabilidad de una pendiente es aumentar el peso del material al pie de esta, lo que crea una fuerza contraria que resiste la falla.



04 CONDUCIR
GUIAR O ENCAUSAR EL FLUJO DE LAS
AGUAS

04.1 CANALIZACIÓN O NATURALIZACIÓN DE CAUCES
En el caso de la canalización, por lo general, se le agrega concreto preferiblemente reforzado con una malla de fibra de acero que resista la abrasión. Sirve para disipar la energía del flujo. Para la renaturalización de los cauces se les da un espacio mayor para permitir contener ciertas crecidas del río, a su vez cuentan con otros elementos constructivos que ayudan a disminuir su velocidad, la erosión y el material transportado.





09/03/2015



25/03/2015

2.2.4. Soluciones constructivas de mitigación

Cuando ya se han hecho los levantamientos requeridos para poder entender las dinámicas del desastre dentro del paisaje, se estudian entonces las estrategias de diseño que cumplen el rol de mitigar ciertos sucesos provocados por los desastres y que contribuyan al resguardo del lugar afectado. En ese sentido, se proponen ciertas operaciones de diseño, que nacen desde el estudio de propuestas de ingeniería que permitan vincularse con el paisaje. Estas operaciones son retener, infiltrar, contener y almacenar, dentro de las cuales, existen variadas soluciones proyectuales ligadas a cada operación de diseño (ver figura 35).

Al entender estas diferentes soluciones y comprender la tarea que cada una de ellas cumple o aporta a la ciudad, surge la necesidad de estudiar más en profundidad aquellas que podrían tener una mejor interacción con el lugar propuesto, adaptándose al sitio, sin ser dos cosas distintas, paisaje y prototipo. Se estudian las propuestas ingenieriles y cómo estas se podrían adaptar al contexto urbano desde el paisaje. Diferentes han sido las soluciones que se han generado a partir del desastre, en varias partes del mundo y en Chile, aportando desde el diseño, al resguardo y control de estos fenómenos. Por lo tanto, el desafío está en tomar estas soluciones de diseño y adaptarlas al territorio frágil, siendo una herramienta apta para la arquitectura del paisaje, aportando beneficios socioecológicos para la población.

Figura 35: Operaciones de diseño que cumplen la función de amortiguar o mitigar un eventual desastre. Soluciones constructivas en base a cuatro operaciones de diseño.

Figura 35.1: Copiapó antes y después del desastre del 25M.

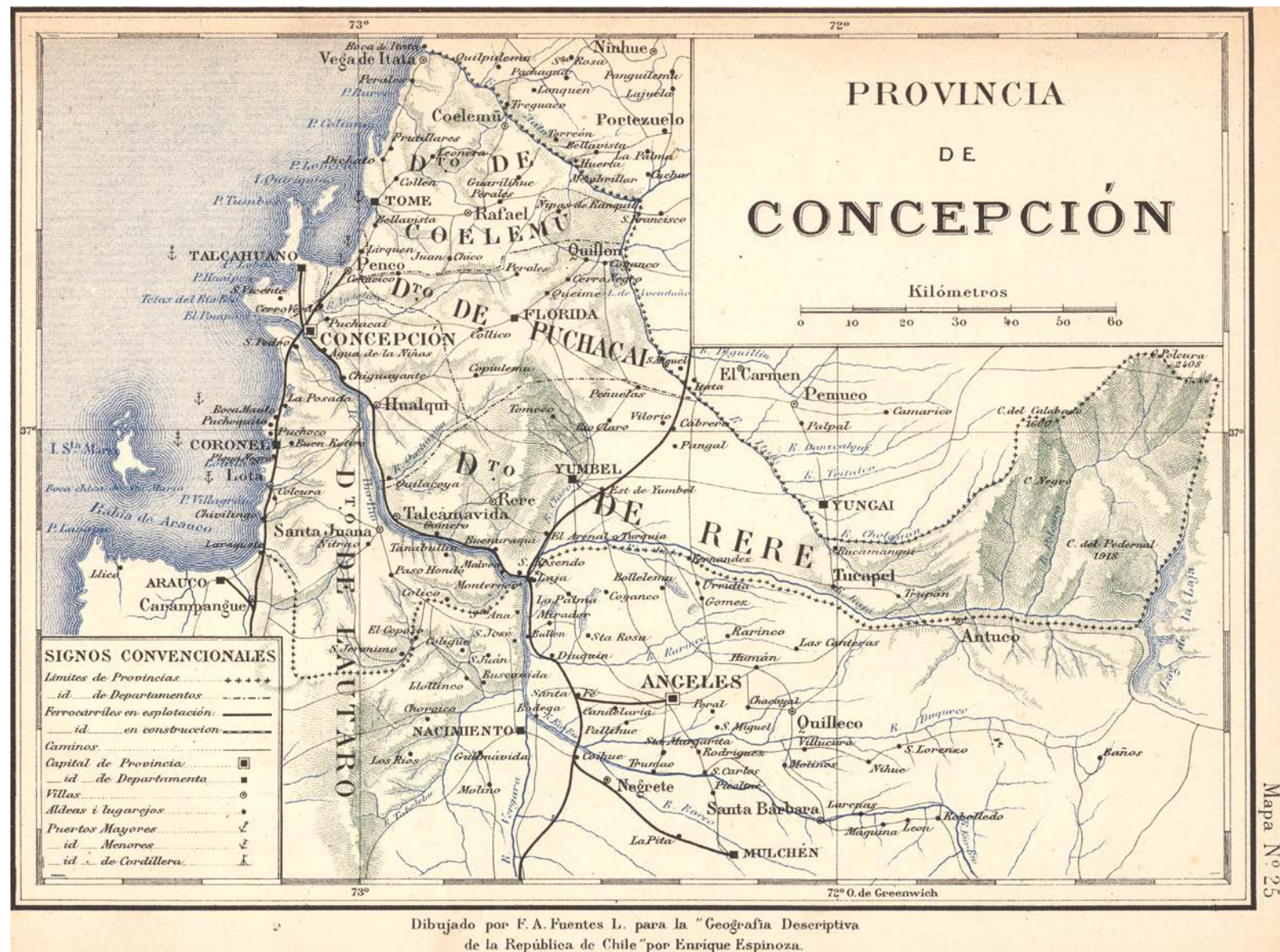
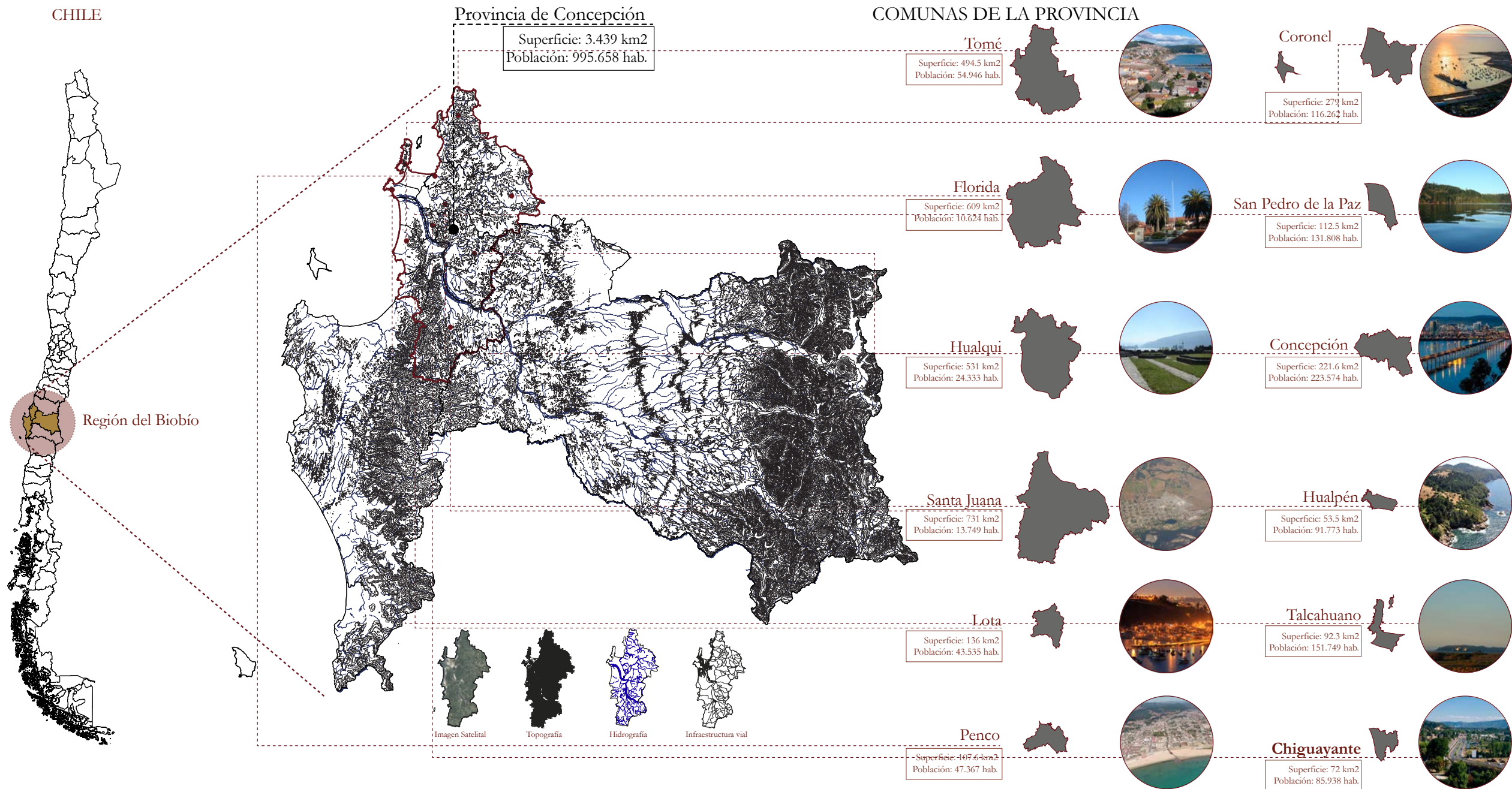


Figura 36: Plano histórico de la Provincia de Concepción (1895)

CAPITULO 3 |

Comprensión territorial: Región del Biobío, Provincia de Concepción

“La localización de las actividades humanas compete a las personas y a sus formas de organización, por lo tanto, que se produzca un desastre no depende sólo de la naturaleza sino también de la decisión de instalar un asentamiento o actividad humana sin tomar en consideración las amenazas existentes y las vulnerabilidades que se desarrollan, variables que constituyen una situación de riesgo potencial” (Cepal (2003) citado en Moreno, 2012)



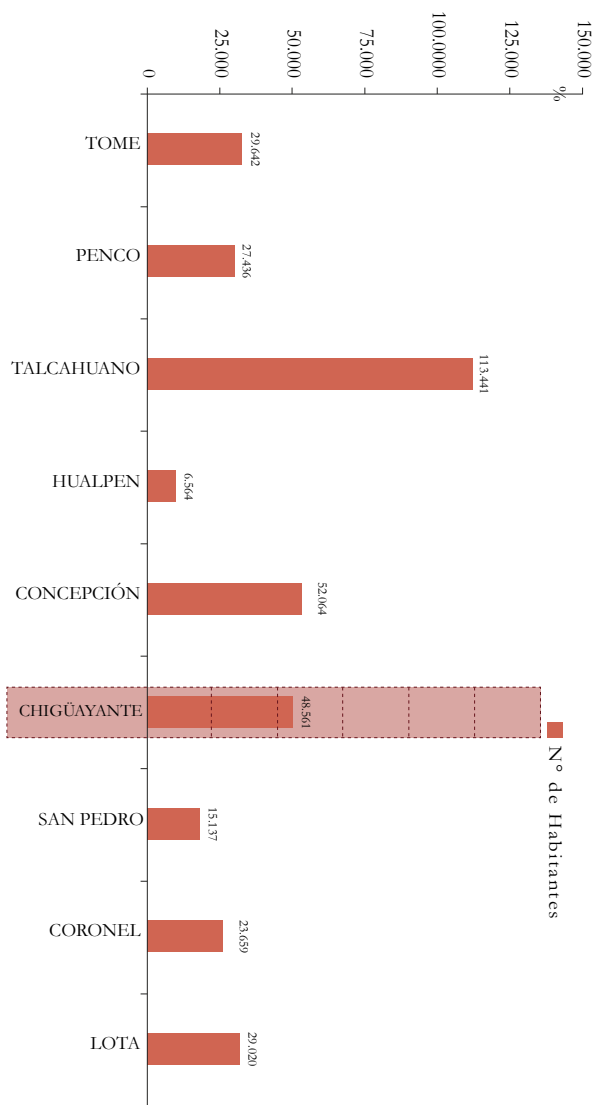


Figura 37: Se muestra en la figura, las comunas que conforman la Provincia de Concepción.

Figura 38 [Arriba]: Número de habitantes expuestos que residen en áreas expuestas a las amenazas de posibles riesgos de tsunami, remoción en masa o inundación fluvial.

3.1 Definición de sitio de estudio | *Escala Regional*

3.1.1 Levantamiento del lugar y análisis de puntos críticos

Luego de este análisis nacional del desastre, se reconoció a partir de la construcción de la línea de tiempo de estos fenómenos, las zonas más susceptibles a estos hechos, los cuales son posibles escenarios de intervención para elaborar un proyecto de paisaje.

En esta etapa, se hace elección del sitio o caso de estudio desde una escala regional, como un encuadre mayor a la elección del sitio específico. Dentro de este marco de análisis, se toma como área de estudio la Provincia de Concepción, Región del Biobío. La provincia de Concepción es la que alberga la mayor cantidad de población de la región, alcanzando una superficie de 3.439 km², con 971.285 habitantes, según el censo 2017³⁶.

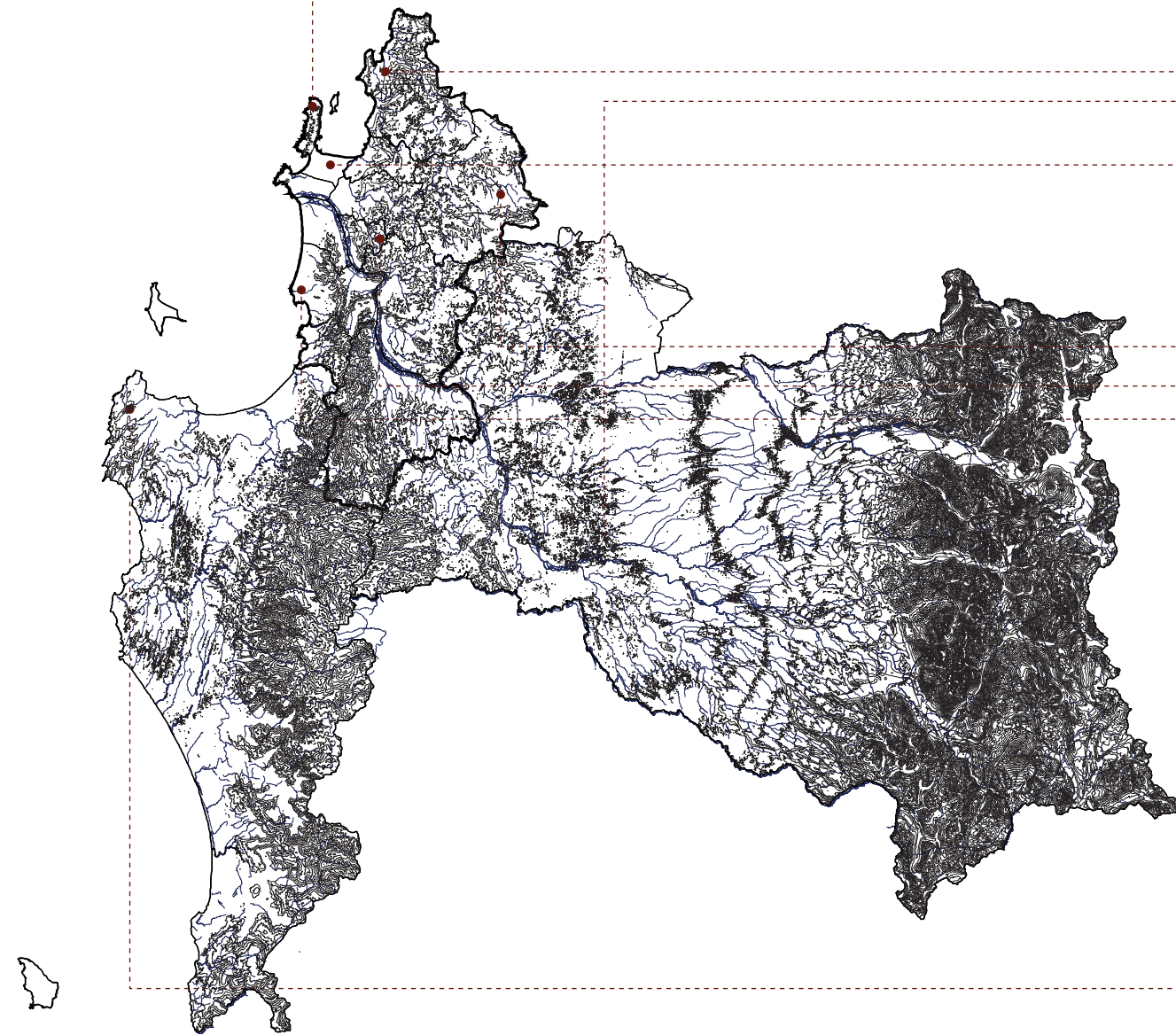
Es importante indicar que la provincia de Concepción, es una de las más importantes del país, siendo la segunda comuna más poblada luego de la Región Metropolitana, sobrepasando a la comuna de Valparaíso. Y también, es una región que se encuentra expuesta a variados tipos de amenazas naturales, considerando entre ellos, los tsunámis, terremotos,

deslizamientos de tierra, erupciones volcánicas, incendios forestales, entre otras. Por lo que representa un foco de atención importante de ser analizado. La provincia cuenta con doce comunas: Concepción, Coronel, Chigüayante, Florida, Hualpén, Hualqui, Lota, Penco, San Pedro de la Paz, Santa Juana, Talcahuano y Tomé, las que conforman finalmente el “Gran Concepción”, conglomerado urbano que poco a poco, ha ido tomando mayor relevancia a nivel nacional (Figura 37 - 38).

En primera instancia, se realiza un análisis regional para poder entender los alcances del desastre a esta escala, estudiando las diferentes capas de análisis, entendiendo topografía, vialidad, usos de suelo, geomorfología, entre otras, para poder comprender los alcances del desastre dentro del territorio regional. (Revisar anexo 1)

A partir del estudio territorial del desastre a lo largo de Chile, se pudo identificar que la Provincia de Concepción, concentra los mayores índices de desastres causados por aluviones y remociones en masa, por lo cual se realiza un levantamiento de estos puntos críticos dentro de la región y en la provincia. Frente a la

³⁶ Fuente < <https://resultados.censo2017.cl/Region?R=R08>>



PENCO
23 de Junio de 1999 : Flujo de detrito y de barro por lluvias
Villa Belén
23 de Junio de 1999 : Flujo de detrito y de barro por lluvias

TOMÉ
31 de Agosto de 2015: Deslizamiento de suelo en un tramo de 5 metros de extensión



CONCEPCIÓN
26 Y 27 de junio de 2005: Deslizamientos, flujo de detrito y de barro, lluvias torrenciales.
9 al 11 de julio de 2006: Deslizamientos, flujo de detrito .



CHILLÁN
26 de Agosto de 2015: Desborde de estero Las Toscas.

LOTA
14 de Agosto de 2006: Deslizamiento y flujo de detrito en km 43, ruta 160.
12 de Julio de 2013: Deslizamiento de suelo y roca .
7 de Junio de 2014: Deslizamiento de suelo y rocas en Calle Mata.
6 de julio de 2015: Aluvión desde el Cerro propiedad de la empresa Arauco

FLORIDA
28 de Agosto de 2015: Caída de roca



TALCAHUANO
28 de Julio de 2014: Deslizamientos de suelo y roca.

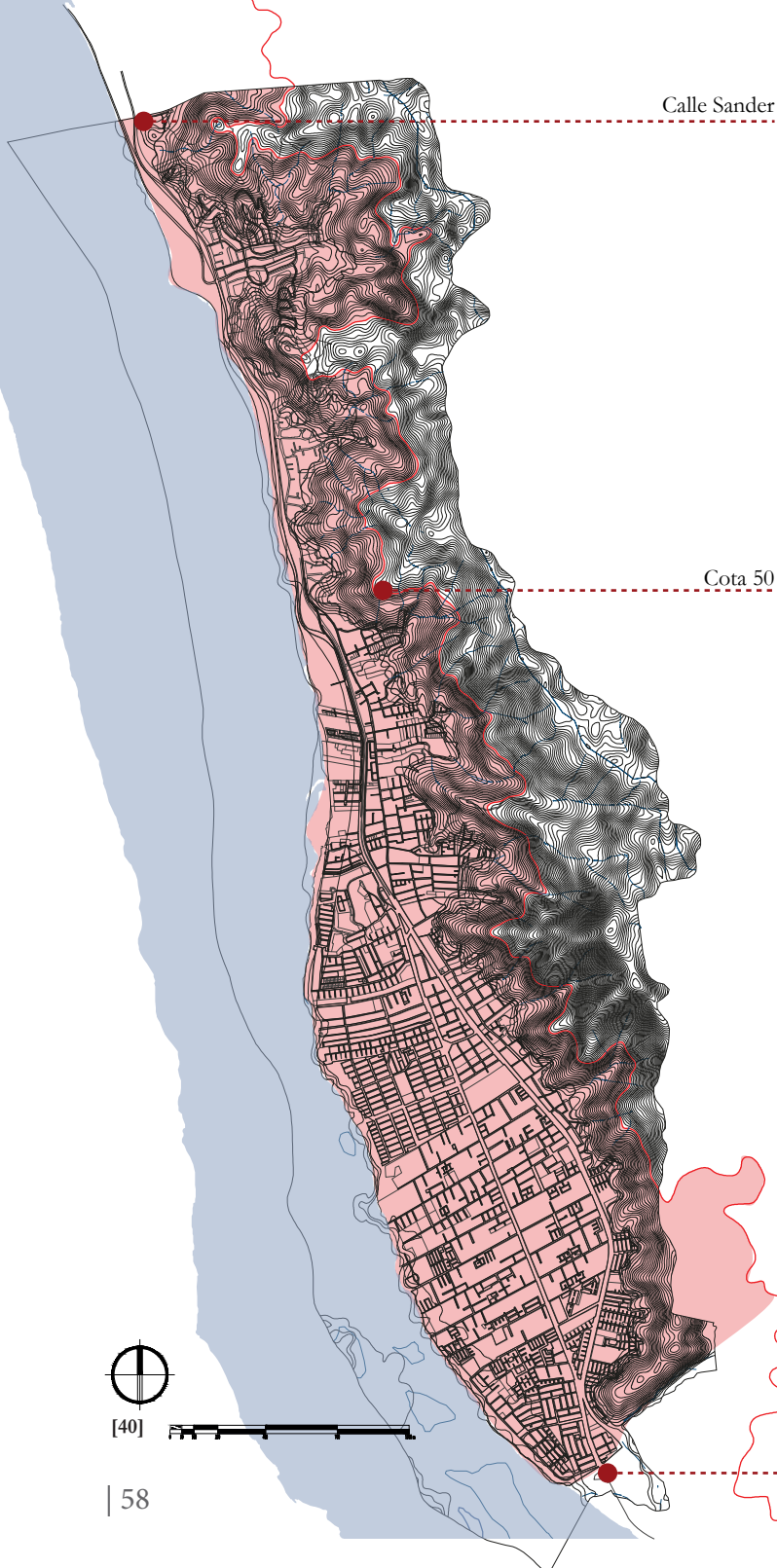
ARAUCO
Agosto de 2012: Remoción en Masa en Punta Lavapié.
6 de Agosto de 2015: Aluvión en caleta Punta Lavapié.



CHIGÜAYANTE
23 de Junio de 1999: Flujo de detrito y barro por lluvias en las comunas de Chigüayante y Penco.
9 al 11 de Julio 2006: Deslizamientos, flujos de detrito de barro, calle 18 de Septiembre.
9 de Junio de 2009: Tren se descarrila en Chigüayante. Un socavón provocado por las intensas lluvias.
3 de Junio de 2014: deslizamientos de tierra en sector Lonco, Lonco Parque.
15 de Abril de 2016: Deslizamiento de suelo sobre vivienda en calle Ramón Harriet 148, sector Lonco.
16 de Mayo de 2017: Calle Colón, Deslizamientos en cerro aledaño cosntantemente.
13 de Agosto de 2017: Inundaciones y deslizamientos de tierra.



Figura 39: Desastres ocurridos en la Región del Biobío.



ocurrencia y recurrentes desastres es importante poder incorporar a la normativa local de cada comuna, las características propias del lugar. Luego de identificar las zonas de ocurrencia de eventos dentro de la provincia, se detectó que la comuna de Chigüayante, presenta una marcada vulnerabilidad frente a estos fenómenos por su importante geografía, quedando desprovista de planes de manejo que acompañen el crecimiento urbano que presenta. (ver figura 39)

3.2 Análisis de dinámicas climáticas, geográficas y ecológicas | Escala Comunal

En su condición de ciudad afectada por múltiples fenómenos naturales, la comuna de Chigüayante se presenta como “una ciudad sustentable, que se preocupa por la preservación del medio ambiente y la biodiversidad de los ecosistemas que se encuentran en su territorio” (PLADECO, 2017, pág. 2). Su condición geográfica, además, da paso a múltiples posibilidades y escenarios, que abordados desde el desastre permiten tener una visión más clara del sitio.

Chigüayante, comuna ubicada en la zona centro sur del territorio, que posee una superficie de 72 km², se encuentra emplazada sobre una llanura con un amplio desarrollo en el curso inferior del Río Biobío, presenta una población total de 85.938 habitantes. Posee un clima templado oceánico, con una estación invernal húmeda de siete a ocho meses de duración y una corta estación estival seca y cálida. Con una temperatura promedio de 15.5° C, en donde alcanza sus temperaturas más bajas en el mes de Julio con 9.1°C. Las precipitaciones en esta comuna, alcanzan los 1.330 mm de lluvia al año, mientras en que en el Valle del Nonguén, están en 1.688 mm.

Ubicada dentro de la zona Metropolitana de Concepción, los límites que marcan la zona urbana de la

Población La Leonora

comuna son por el norte la calle Sanders; hacia el sur, la población Leonora que la separa actualmente de la comuna de Hualqui. Transversalmente, sus límites son los hitos geográficos más importantes, por el oriente la Cordillera de la Costa en la cota 50 y por el Poniente, el eje del Río Biobío (ver figura 40).

La ciudad se emplaza sobre cuatro unidades geomorfológicas que van en un sentido Oriente - Poniente de la ciudad: el Río Biobío y su cuenca, dos terrazas fluviales en donde se ubica actualmente la ciudad y que fueron generadas por la acción propia del río; y la Cordillera de la Costa, presente como el cordón montañoso más importante de la comuna. Por su parte, la Cordillera de la Costa, cuenta con “la presencia de laderas de valle y de cordones de roca granítica paleozoica, intervenidos hoy por la expansión urbana. El alto contenido de arcillas y el vigor de las pendientes topográficas (>20°), son factores que inducen a procesos tales como derrumbes en masa y caída de piedras, soliflucción³⁷ y coladas de barro. En cuanto al relieve, presenta cordones graníticos de altura sobre los 300 y 460 msnm.” (PLADECO, 2017, pág. 11).

Estas unidades geomorfológicas, cumplen una función fundamental, pues producto de la morfología que presenta la Cordillera de la Costa y las condiciones del río Biobío, son zonas más propensas a desastres. Por una parte, se encuentra el relieve cordillerano costero, que corresponde a las laderas que conforman el valle del Biobío, que fueron generadas en material granítico y metamórfico de Edad Paleozoica³⁸ de la Cordillera de la Costa, y en la que se distingue la morfología de cordones, que no superan los 230 msnm. Su orientación es de N a S, presentando “fuerte alterabilidad y procesos de erosión en manto y deslizamientos de material, en mayor medida que los cordones graníticos”. (Peña Cortes, 1995, pág. 29) (ver figura 41).



[40]

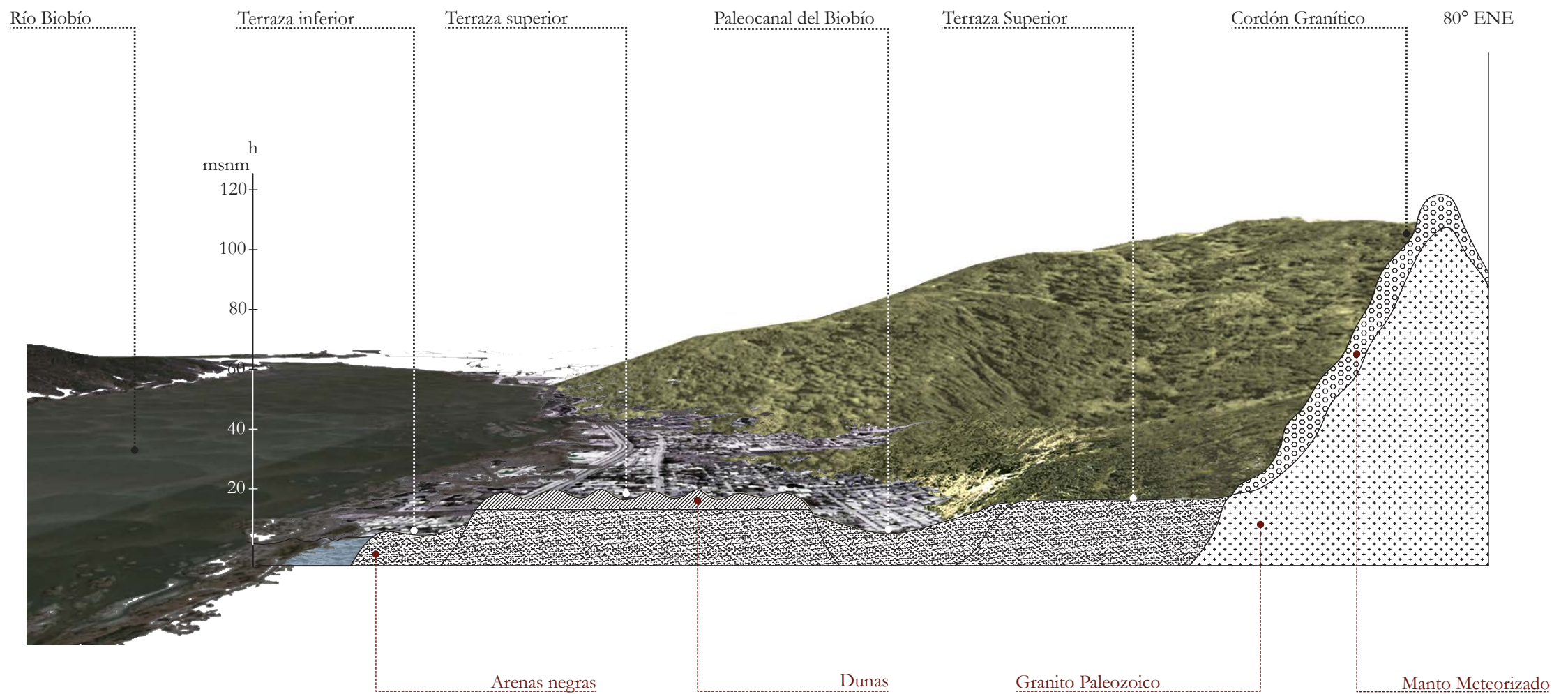
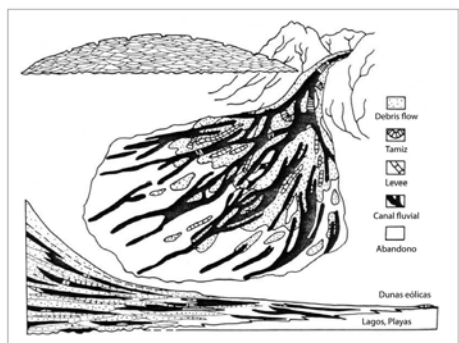


Figura 41: Perfil topográfico de unidades geomorfológicas de Chigüayante.



[42]



[43]

Figura 42: Esquema planimétrico idealizado de un abanico aluvial aislado con la distribución de los principales sectores diferenciados: 1) cabecera (zona apical) del abanico. Caracterizada por la acumulación de detritos de granulometría gruesa y muy gruesa, transportados por flujos no confinados y/o flujos masivos; 2) cuerpo del abanico. Caracterizado por el transporte de materiales de granulometría mediana-gruesa mediante cursos acuosos de tipo trenzado; 3) pie del abanico.

Figura 43: Abanico aluvial que muestra una distribución de facies muy esquemática. El abanico muestra un perfil radial cóncavo, mientras que el perfil transversal es marcadamente convexo. Los sedimentos más gruesos se hallan localizados en la zona de cabecera, los intermedios se sitúan hacia la zona del cuerpo y los más finos hacia la parte del pie del abanico.

La hidrología por su parte, está representada por la presencia de tres sistemas principales: El Río Biobío; las microcuencas del Biobío que se ubican en los cerros de la Cordillera de la Costa orientadas hacia el sur; y la cabecera del Nonguén, que se encuentra prácticamente en su totalidad al interior de la comuna. Las microcuencas, son una serie de cursos de agua que descienden por las quebradas hacia la terraza fluvial, donde se encuentra emplazada la comuna, y que, por medio de canales, terminan su curso en el río. Estas aguas corren desde las cumbres occidentales que limitan al oriente con el Valle Nonguén, lo que provoca que durante el invierno aumente el riesgo de deslizamientos e inundaciones.

Por otro lado, la riqueza biológica de la zona, se ha visto fuertemente intervenida, pero la existencia de una variedad de especies de flora nativa en áreas boscosas presentes en la comuna, han permitido la subsistencia de importantes sectores con vegetación nativa destacando el Roble, Canelo, Lingue, Maitén, entre otros y entre esta vegetación nativa, se pueden hallar rodales de especies introducidas, producto de antiguas plantaciones, como el Pino, Ciprés y Aromo. En cuanto a la fauna, algunas especies se han visto amenazadas debido a la expansión de la actividad humana. Entre los ejemplares que destacan son los mamíferos tales como los pudúes en Palomares, monito del monte, el coipo, el zorro; entre los anfibios, se encuentra la presencia de la ranita Darwin; se pueden encontrar una variedad de aves entre las cuales, se reconocen, el chuncho, el aguilucho, la lechuza blanca y el chucao. (Municipalidad de Chigüayante: Secretaria Comunal de Planificación, 2014).

3.3 Problemáticas asociadas a la comuna | Chigüayante

Sumado a lo anterior, debido al crecimiento exponencial de la población y el aumento de la superficie urbana – entre otros factores – han contribuido a la modificación en los sistemas naturales del territorio comunal.

Las condiciones geomorfológicas, climáticas y la intervención antrópica, son elementos fundamentales cuando se trata de analizar las amenazas presentes en el territorio. Bajo esta perspectiva, se presentan algunos riesgos importantes asociados a la comuna: riesgo por inundación, sobre todo en sectores ribereños y en zonas donde desembocan algunos esteros; riesgos de licuefacción de los suelos de la comuna, compuestos de sedimentos finos, debido a que la napa freática asciende en invierno lo que desencadena procesos de anegamientos en la ciudad; y la superficie plana de la terraza fluvial hace deficiente el drenaje natural de las aguas.

3.3.1 El desastre en la Comuna

En cuanto a los desastres registrados en la comuna, los procesos de deslizamientos, aluviones e inundaciones son los más frecuentes, afectando directamente a las familias asentadas en las laderas del cerro perteneciente al cordón montañoso de la Cordillera de la Costa. Este es el principal límite geográfico de la comuna por el sector oriente, el cual presenta una gran cantidad de quebradas con fuertes pendientes y con una geografía en constante riesgo de remoción en masa y aluviones. Los suelos de los cerros, se caracterizan por tener una cubierta de rellenos coluviales naturales, que provienen de la meteorización de las rocas, sobre laderas (PLADECO, 2017). En palabras de Colombo (2010), define los abanicos aluviales como “una acumulación de materiales clásticos, en forma de conoide, situada aguas debajo de una ruptura de pendiente y que se ha generado como consecuencia de la pérdida de encajamiento del canal principal alimentador del sistema aluvial” (Colombo, 2010, pág. 2. (Figura 42 - 43)

Por el lado oriente, su límite hídrico es el Río Biobío, el cual provoca una serie de inundaciones en las épocas invernales “donde la cota es inferior a los 8 msnm y en las zonas donde desembocan algunos esteros. En los suelos comunales que se componen de sedimentos finos,

MAPA DE VULNERABILIDAD ANTE RIESGOS EN CHIGUAYANTE

● AMENAZAS NATURALES

Remoción en Masa



Hidrometeorológicas

- Lluvias extraordinarias
- Avenidas torrenciales (Crecidas de cursos de agua)
- Inundaciones
- Aluviones (Transporte de material en curso de agua)



Geología

- Sismos
- Remoción en Masa



● Zonas amenazadas

1. Población Valle del Sol
2. Población Santo Domingo
3. Villa Producción y Comercio
4. Valle la Piedra 1 y 2
5. Población René Schneider
6. Schaubb
7. Villuco
8. Lonco
9. Villa Punta del Este
10. Pedro de Valdivia Alto
11. Sector Cristóbal Colón

● AMENAZAS SOCIO-NATURALES

Incendios Forestales



- Inundaciones
- Remoción en Masa
- Incendios Forestales

Tipos de incendios

- Incendios Forestales 2015
 - Pastizales
 - Caminos Principal - Matorral
 - S/I - Camino Principal
- Incendios Forestales 2017
 - S/I - Incendios Intencionales
 - Caminos Secundarios
 - Patizal/Matorral/Plantación de Eucaliptus
 - Senderos - Matorral/Plantación de Eucaliptus.

● AMENAZAS ANTRÓPICAS / TECNOLÓGICAS

Inundaciones



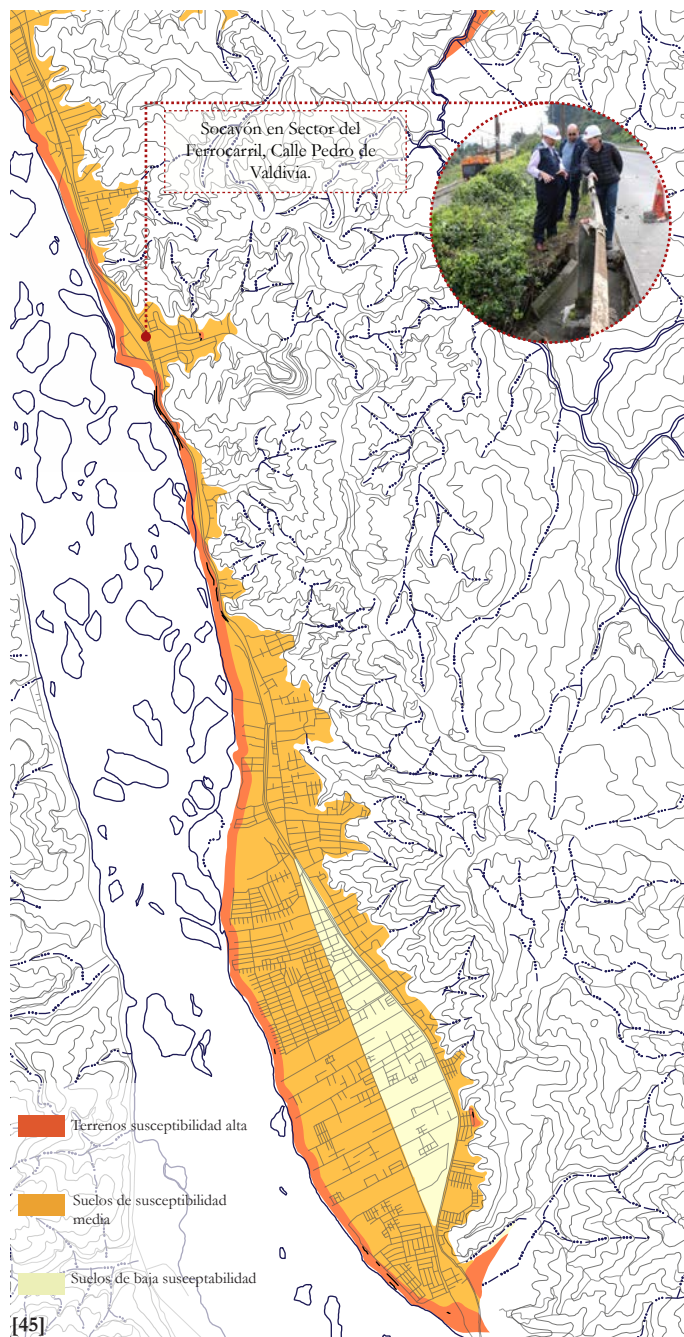
- Contaminación
- Derrames
- Fugas
- Explosiones
- Incendios

Zonas afectadas por inundaciones

1. Calle O'Higgins Oriente entre calles San Pablo y Calle A. Estas zona de inundación afecta directamente a las poblaciones Jackson Papen, Valle la Piedra 1 y 2, Villa Producción y Comercio.

Figura 44: Mapa de situación medioambiental. Principales riesgos de la comuna, Remoción en Masa, Incendios e Inundaciones.

Figura 45: Mapa de suelos afectados por lucuefacción. Arriba: Socavón ocurrido en la línea del tren producto de la sensibilidad de los suelos de la comuna.



la napa freática asciende en invierno agravando la situación de anegamiento. Además, la superficie plana de la terraza fluvial hace deficiente el drenaje natural” (PLADECO, 2017, pág.13)

Al mismo tiempo que presenta una superficie de 14,7% propensa a una inundación fluvial, principalmente por la existencia de una serie de cursos de agua que descenden por las quebradas hacia la terraza fluvial, donde está ubicada la ciudad, generando anegamientos que han afectado constantemente, dejando a la ciudad a merced de estos dos hitos geográficos más importantes, el cordón montañoso de la Cordillera de la Costa y el cauce del río Biobío.

En palabras de Tockner, Klement y Lorang (2010), “las inundaciones fluviales son un proceso natural por el cual el flujo desborda los límites de un cauce” (citado de Rojas, Mardones, Arúmi, & Aguayo, 2014, pág. 178), lo que genera instancias de vulnerabilidad para el hombre que ocupa zonas inundables, transformando el fenómeno en amenaza. Hay determinados factores que desencadenan las inundaciones fluviales, como las precipitaciones constantes, lluvias intensas de corta duración, fusión de nieve y hielo, procesos de remoción en masa, entre otros. Como se explica en el Informe Final PLADECO (2017) “En relación a las amenazas de inundación de origen fluvial, el informe de Calidad de Vida Urbana del Gran Concepción 2013-2014, sostiene que Chigüayante es la comuna del Gran Concepción con mayor superficie urbana comunal bajo peligro de una posible inundación fluvial” (PLADECO, 2017, pág. 13) (Figura 44)

Por otro lado, Chigüayante presenta problemas con los procesos de licuefacción³⁹, tipo de desastre que afecta directamente a los suelos de la ciudad. Esto provoca socavones en la misma, producto de la fragilidad de estos en cuanto a sedimentación y el tipo de suelo. (Figura 45)

En los últimos años, el equilibrio de estos sistemas, se ha visto interrumpido por la intervención antrópica, ejemplo de ello es, lo que se muestra por medio de la realización de cortes en el terreno, siguiendo las vías de quebradas para extraer rocas desde la cantera.

Riesgos como las fallas geológicas, también son importantes de considerar, pero más difíciles de mitigar, pues no se conoce su profundidad ni su alcance, lo que obliga a las autoridades a tener mayor cuidado a la hora de construir grandes edificaciones y obras viales que las intercepten.

3.3.2 Problemáticas medioambientales

Otras problemáticas importantes, sumadas a estos factores de riesgo, son las de aspectos medioambientales. Entre estas se destaca el estado del suelo, que, debido a la presencia de micro basurales y los efectos de la acción humana, han deteriorado el estado del suelo. Al mismo tiempo, la intervención en las laderas de los cerros ha generado erosión, repercutiendo negativamente en la conservación de los cursos de agua y calidad de la misma. Este proceso de erosión de los suelos, está presente en mayor cantidad en las laderas de los cerros orientados hacia el norte, mientras que los procesos de derrumbes tienden a ser en laderas orientadas hacia el sur, lo que representa el problema ambiental más grave para la comuna. Dicho lo anterior, en cuanto a flora y fauna, la riqueza biológica de la zona, se ha visto fuertemente intervenida por el deterioro ambiental aquí presente, lo que refuerza la tarea de cuidar de los espacios que conservan la biodiversidad, como son la Reserva Nonguén y el cauce del río Biobío. (Figura 46)

Los incendios forestales, por su parte, son un fenómeno repetidos en esta zona, es uno de los factores de riesgo dentro de la comuna y sus alrededores, pues el suelo en épocas de cosecha, se libera induciendo a estas amenazas



Figura 46: Fisuras en laderas en Chigüayante producto de la acción humana.



[47]



[48]



[49]

³⁹ “La Licuefacción es un proceso natural mediante el cual determinados tipos de suelo pierden bruscamente su resistencia mecánica ante una carga dinámica rápida como puede ser un sismo o, en menor medida, una tronadura” Consultado en <http://biblioserwer.sernageomin.cl/opac/DataFiles/8_2_Lota_Licuefaccion.pdf>.

⁴⁰ Se entiende como acidificación del suelo, como “la disminución del pH del suelo debido a la acumulación de iones de H⁺ y Al³⁺ en el suelo, y la pérdida de cationes básicos. Las principales causas son los largos eventos de precipitación, drenaje de suelos potencialmente ácidos, deposición ácida, aplicación excesiva de fertilizantes a base de amonio, deforestación y prácticas de uso del suelo quitando los restos de cosecha”. Consultado en <<http://www.fao.org/3/b-i6467s.pdf>>

Figura 47: Costanera que conecta Concepción con Chigüayante, permitiendo menos tiempo de viaje entre ambas ciudades. Pronto se espera expandir el recorrido hasta Hualqui.

Figura 48: Estado inicial de la ruta que conectaba ambas ciudades, antes de la construcción de la costanera.

Figura 49: Fin de trabajos en un tramo de la Costanera.

durante la época invernal, y mientras más se intensifique el monocultivo de especies exóticas, seguirá existiendo un mayor riesgo de incendios forestales. Al mismo tiempo que estas plantaciones forestales se basan en el monocultivo de pino y eucaliptus, las que “por sus características producen acidificación⁴⁰ de los suelos, pérdidas de nutrientes y agotamiento de los recursos hídricos, lo que se traduce en progresiva desertificación del territorio, pérdida de la riqueza natural, deterioro de la biodiversidad y destrucción de ecosistemas” (Aedo & Larraín Ruiz-Tagle, 2004, pág. 19) (Ver figura 44)

3.3.3 Problemáticas de infraestructura y seguridad

Por otra parte, la comuna presenta importantes problemas asociados a su conectividad, lo que, en consecuencia, afecta directamente a las dinámicas sociales dentro de la ciudad. Dentro de estas problemáticas se presenta una fuerte ausencia de accesos alternativos como vías de escapes ante emergencias; el sistema de recolección de aguas lluvias no responde a las necesidades de una ciudad afectada constantemente por las precipitaciones, lo cual lo hace deficiente ante este fenómeno, ya que no alcanza la capacidad necesaria; el sistema de transporte no responde a las demandas de la ciudadanía, aunque se han estado haciendo trabajos en la construcción de una nueva costanera que agilise el sistema de transporte actual de la ciudad, permitiendo una mayor fluidez entre la ciudad principal (Concepción) y la ciudad dormitorio (Chigüayante) (Figura 47 - 48 - 49); se pierde conectividad y fluidez transversalmente por la presencia de la línea férrea; existe un fuerte interés en la comunidad por la incorporación de espacios de recreación y apreciación del paisaje, como el Cerro Manquimávida y la Reserva Nacional Nonguén; la infraestructura y equipamiento actual del Estadio Municipal no favorece a la concurrencia de público; y finalmente, la ciudad presenta sectores con iluminación deficiente, generando inseguridad, afectando la calidad de vida. (PLADECO, 2017)

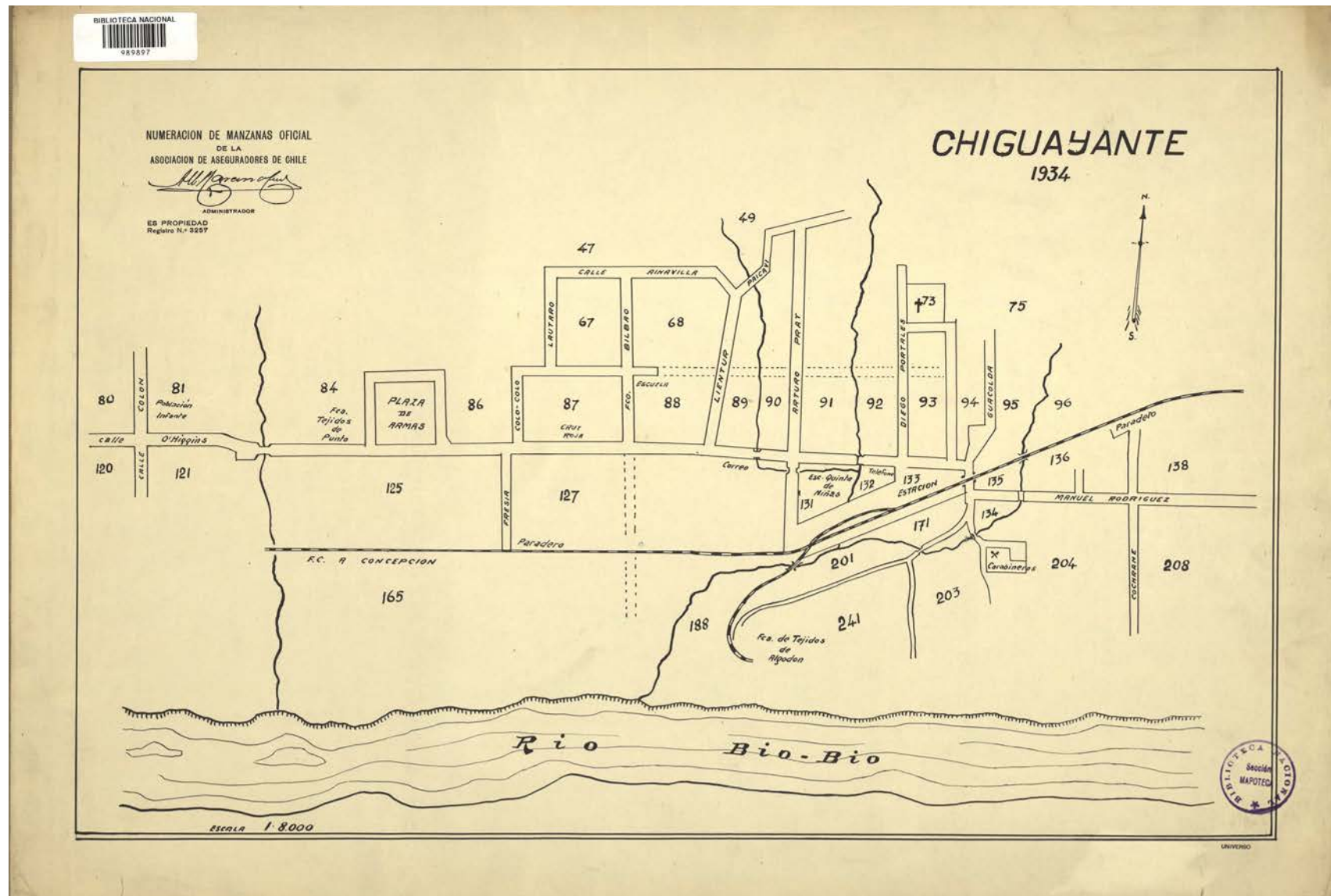


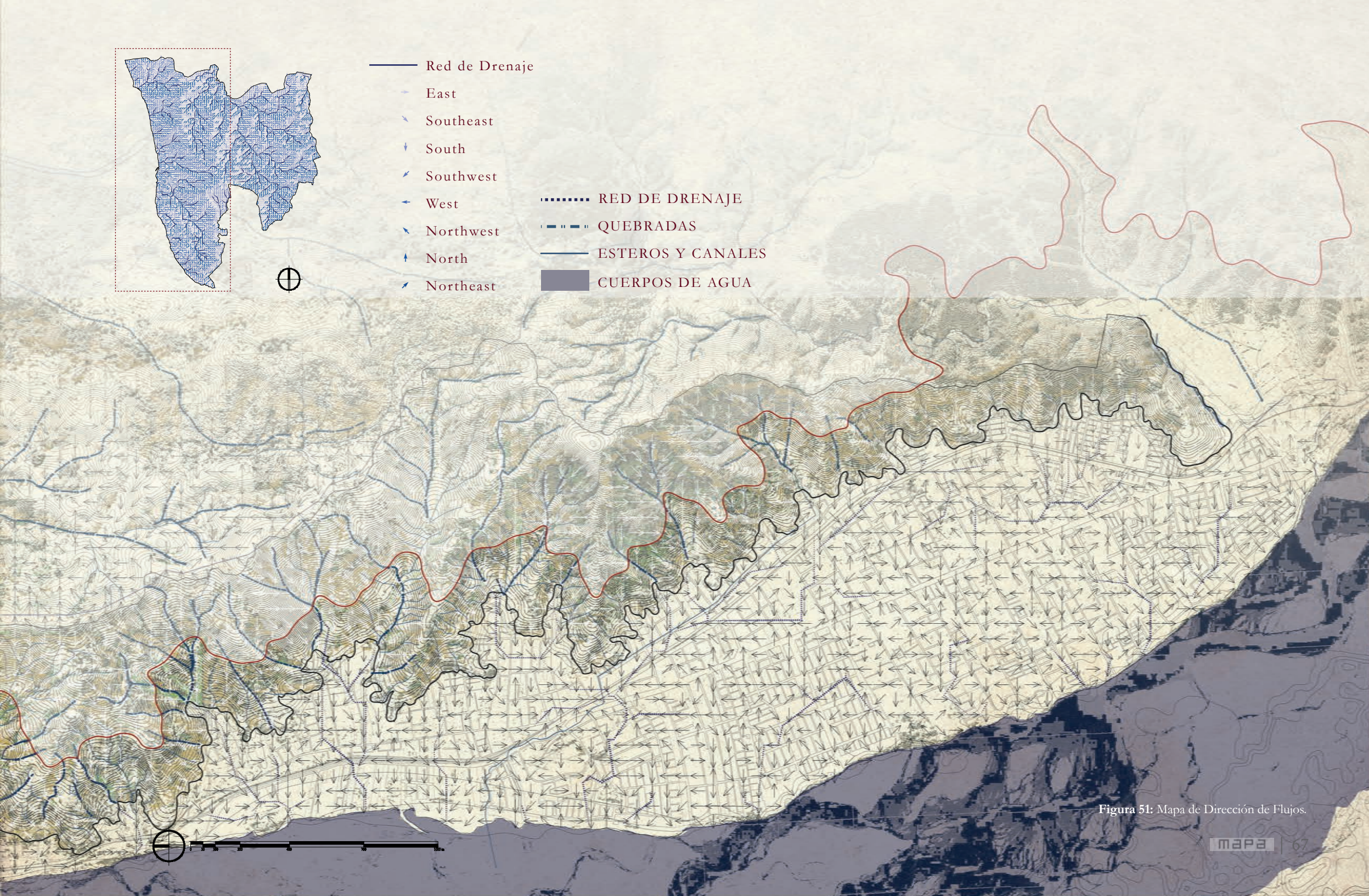
Figura 50: Plano histórico de Chiguayante (1934)

CAPITULO 4 |

Levantamiento del sitio de estudio; laderas y quebradas de Chigüayante

“El 4 de marzo de 1819, en la naciente República, don Bernardo O’Higgins firma el decreto que crea el camino público que une a Concepción con Hualqui. Esa zona, conocida como Camino de la Frontera de don Ambrosio e identificada por los indios mapuches como “Chinay-antu”, es la actual comuna de Chiguayante.

El nombre de Chiguayante y su significado, está dado por sus antiguos habitantes. Dicha palabra viene dada por la toponimia del lugar, conocida por los indios mapuches como “Chinay-antu”, la que castellanizada ha quedado como “ante”. Para algunos historiadores se traduce como “niebla matinal”, puesto que en cada amanecer, siempre está presente la neblina, esté con sol o nublado.” (Pladeco, 2006)



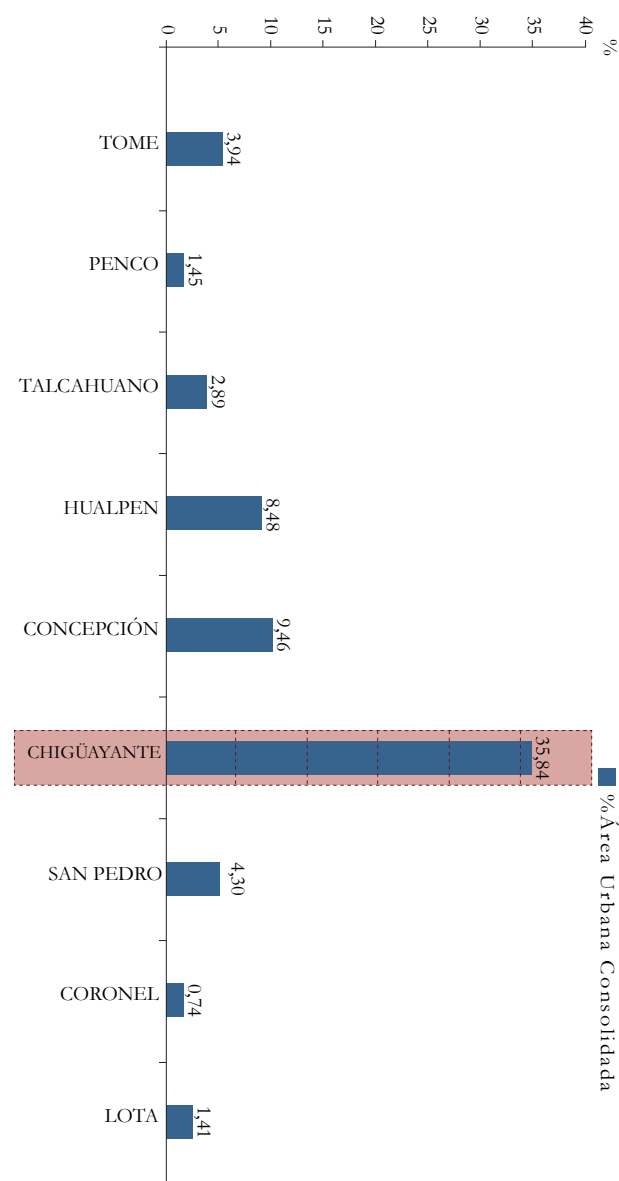


Figura 52: Porcentaje de la superficie urbana consolidada susceptible de ser amenazada por inundación fluvial.

4.1 Manifestación del desastre en el lugar, un paisaje en riesgo | *Levantamiento cartográfico de capas críticas*

En este siguiente capítulo, se da paso al análisis de capas críticas del paisaje en estudio que permitan develar los riesgos a los que se encuentra la comuna propiamente tal.

La elección de un sitio específico dentro de la comuna, nace del análisis y desarrollo de cinco capas críticas del paisaje, las cuales revelan la vulnerabilidad a la que se encuentra la comuna frente a estos fenómenos. Se realiza entonces un levantamiento cartográfico de las capas críticas que respalden la situación de riesgo actual y constante que presenta la ciudad. Para la determinación del sitio de proyecto, los mapas de análisis a elaborar son; dirección de flujos, erosión de suelos, escorrentías, pendientes y susceptibilidad a procesos de remoción.

4.1.1 Dirección de Flujos

Un plano de Dirección de Flujos representa los movimientos lineales de los cursos de agua, los cuales pueden ser cuantitativos y cualitativos. Se determina en estos, qué tipo de movimiento es el que se da y qué cantidad de movimiento se está generando. En el caso de Chigüayante, como se identifica en la imagen, es posible evidenciar la red de drenaje que presenta la ciudad y las áreas donde mayor acumulación de aguas puede presentarse en temporadas de lluvias intensas, la cual está ligada a los procesos de inundación que presenta la ciudad. Pues de estos procesos de lluvias intensas, estas áreas de mayor drenaje de aguas, serían las más afectadas por este fenómeno. (*Figura 51*)

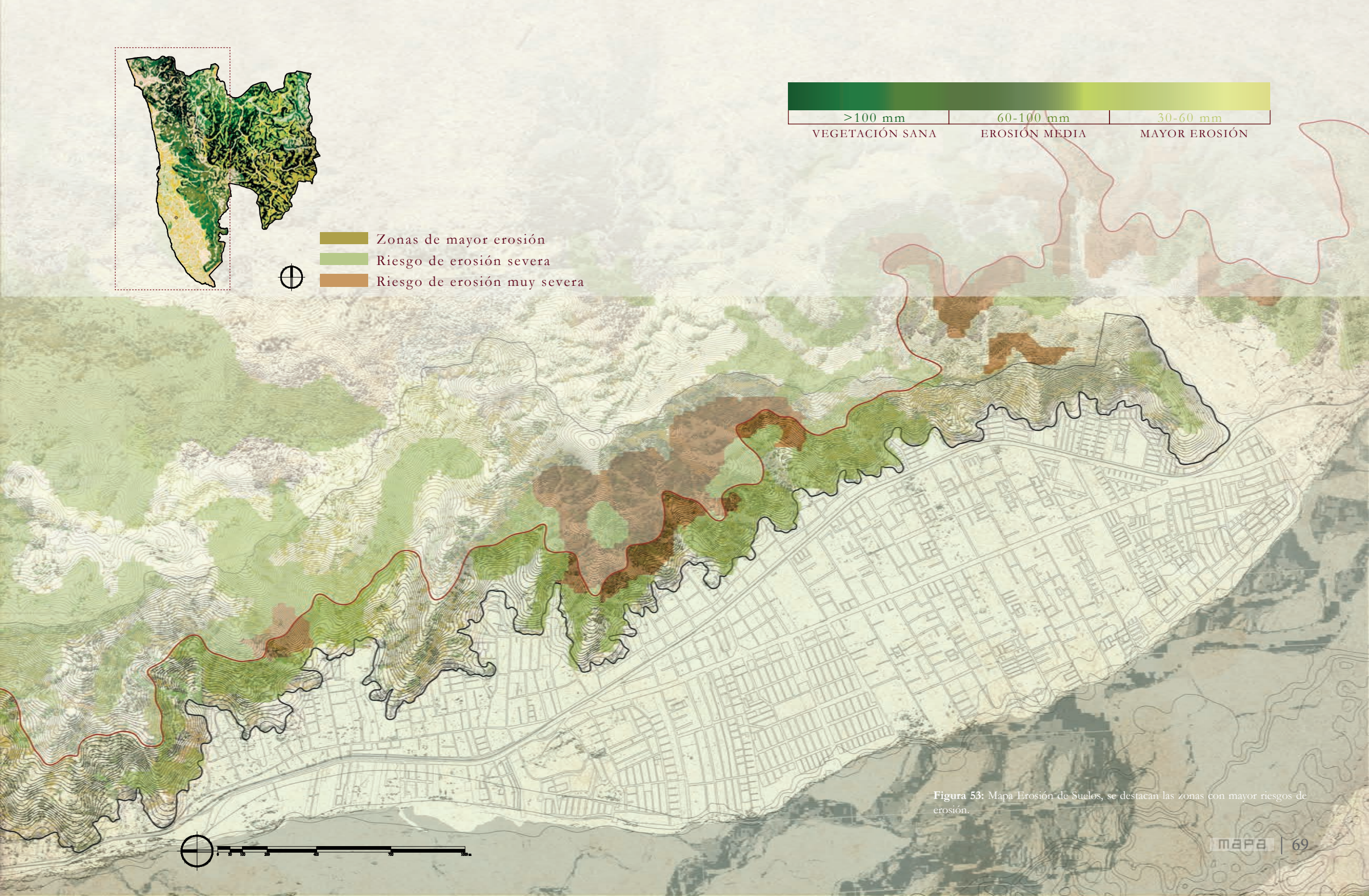


Figura 53: Mapa Erosión de Suelos, se destacan las zonas con mayor riesgos de erosión.

4.1.2 Erosión de Suelos

En tanto, el mapa de erosión de suelos, nos muestra las zonas con menor vegetación en la comuna o en su defecto, las más dañadas producto de la excesiva humedad o suelos muy secos, presentando zonas de escasa vegetación. Se identifican áreas de borde de la cordillera, afectando principalmente a las laderas de orientación norte. (*Figura 53*).

Se establecen diferentes variables que provocan los procesos erosivos de un territorio. Entre las que se encuentran, el clima, la vegetación, la hojarasca, el tipo de suelo, la topografía, la velocidad del flujo y el uso de la tierra. Dentro de la variable clima, la más importante son las lluvias, pues “debido a su fuerte influencia en ciertos procesos de erosión hídrica. [...] Variables como cantidad de agua caída (mm) e intensidad de la tormenta (mm/hr), son las que determinan la erodabilidad del suelo” (Brea & Balocchi, 2010, pág. 9).

Otra variable importante es la vegetación, como indica Morgan (2005), la cual actúa como cubierta protectora de la superficie, estableciendo una especie de buffer entre el suelo y la atmósfera. (Brea & Balocchi, 2010). Dependiendo del tipo de vegetación presente, será una zona propensa a erosividad, correspondiente al tipo de árbol y tamaño de la hoja que posee. El diámetro y altura de la copa del árbol

influye directamente en la erosión de los suelos, pues se establece, a partir de estudios que “a siete metros de altura de copa, las gotas que impactan el suelo lo hacen a una velocidad equivalente al 90% de su velocidad máxima, lo cual indica que, a mayor altura de copa, mayor erosión se produce” (Brea & Balocchi, 2010, pág. 11).

Dentro de las variables ya mencionadas, se encuentra como una de las más importantes: la topografía, pues con esta, se establecen condiciones de erosión y sedimentación obedeciendo a la inclinación y largo de la pendiente, determinando la cantidad y velocidad de escurrimiento superficial. Como indican Morgan (2005), Brooks et al. (2003) y García-Chevesich (2008), “la longitud de la pendiente influye en la profundidad y, por ende, el poder erosivo del flujo superficial que se genere, siendo estas variables mayores en las secciones más bajas de la ladera, debido a una mayor área de contribución” (citado de Brea & Balocchi, 2010, pág. 16).

Finalmente la variable antrópica, que considera los usos de suelo como máximo factor de erosión. En los últimos años, la construcción y creciente urbanización de terreno, representa la actividad humana más devastadora, en términos erosivos.

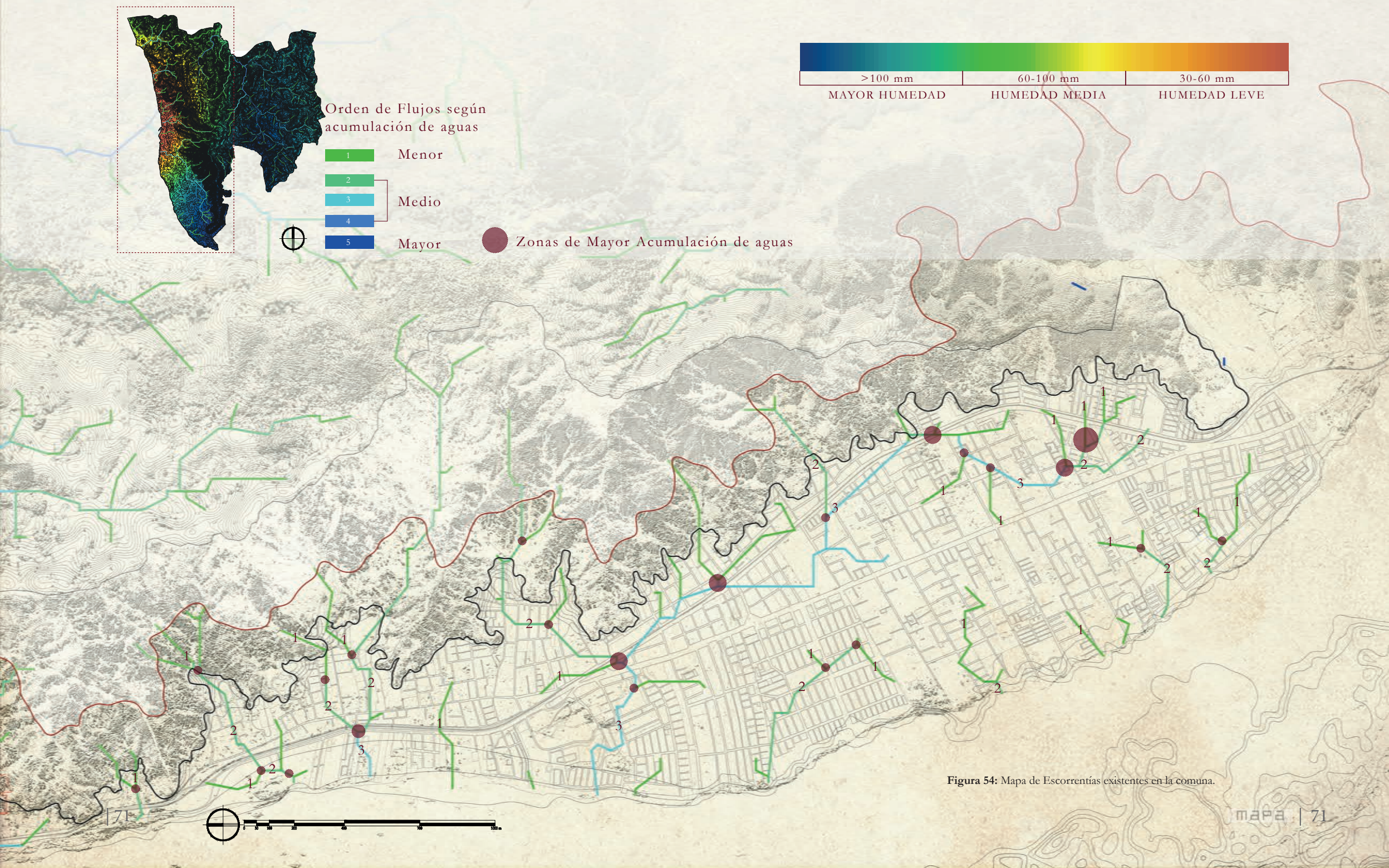


Figura 54: Mapa de Escorrentías existentes en la comuna.



Figura 55: Lámina de agua que circula superficialmente a través de una quebrada.

4.1.3 Escorrentías

Por otra parte, dentro del análisis de capas críticas, se estudia las Escorrentías de la zona, las cuales muestran una importante zona de poca humedad y otras con mayor humedad en los suelos. En términos generales, la escorrentía se define como la “precipitación efectiva o excedente de agua que fluye por diferentes caminos hacia la red de drenaje, tanto a nivel superficial como subsuperficial y subterráneo” (Vásquez & Romero, 2005, pág. 8). Estas se originan de las precipitaciones, y son las aguas que se consideran sumamente importante pues permiten la recolección de agua, lo cual en épocas pasadas se utilizaban en las redes de drenaje para el riego de cultivos, entre otras cosas.

En relación a la comuna, se puede apreciar en el plano (*Figura 54*), que las escorrentías de agua, van desde un grado mayor de acumulación hasta el mínimo encuentro de aguas producto de las lluvias. Se genera, por lo tanto, una red de drenaje de aguas, que muestra los cursos con mayor cantidad de flujos y otros en donde la cantidad de agua es mínima. Es en estas zonas con mayor cantidad, donde las aguas lluvias podrían generar un conflicto mayor frente a procesos de inundaciones fluviales. A pesar de que las aguas que bajan desde las quebradas, llegan a la ciudad por medio de un sistema canalizado que va bajo la misma, no son operaciones suficientes para evitar este tipo de fenómenos.

Los factores que influyen en las escorrentías de una zona, son de tipo meteorológico, que tienen que ver con las precipitaciones que se dan la zona y que afectan directamente; factores de tipo geográfico, en decir, la zona geográfica en la cual se encuentra y la morfología de la misma; factores hidrogeológico los cuales tienen relación con la permeabilidad de los suelos y la profundidad de los mismos; y finalmente los factores biológicos, que hacen referencia a la superficie de la vegetación y al uso de suelos que derivan de la acción humana, componentes que confluyen en el ciclo hidrológico del agua. (*ver figura 56*)

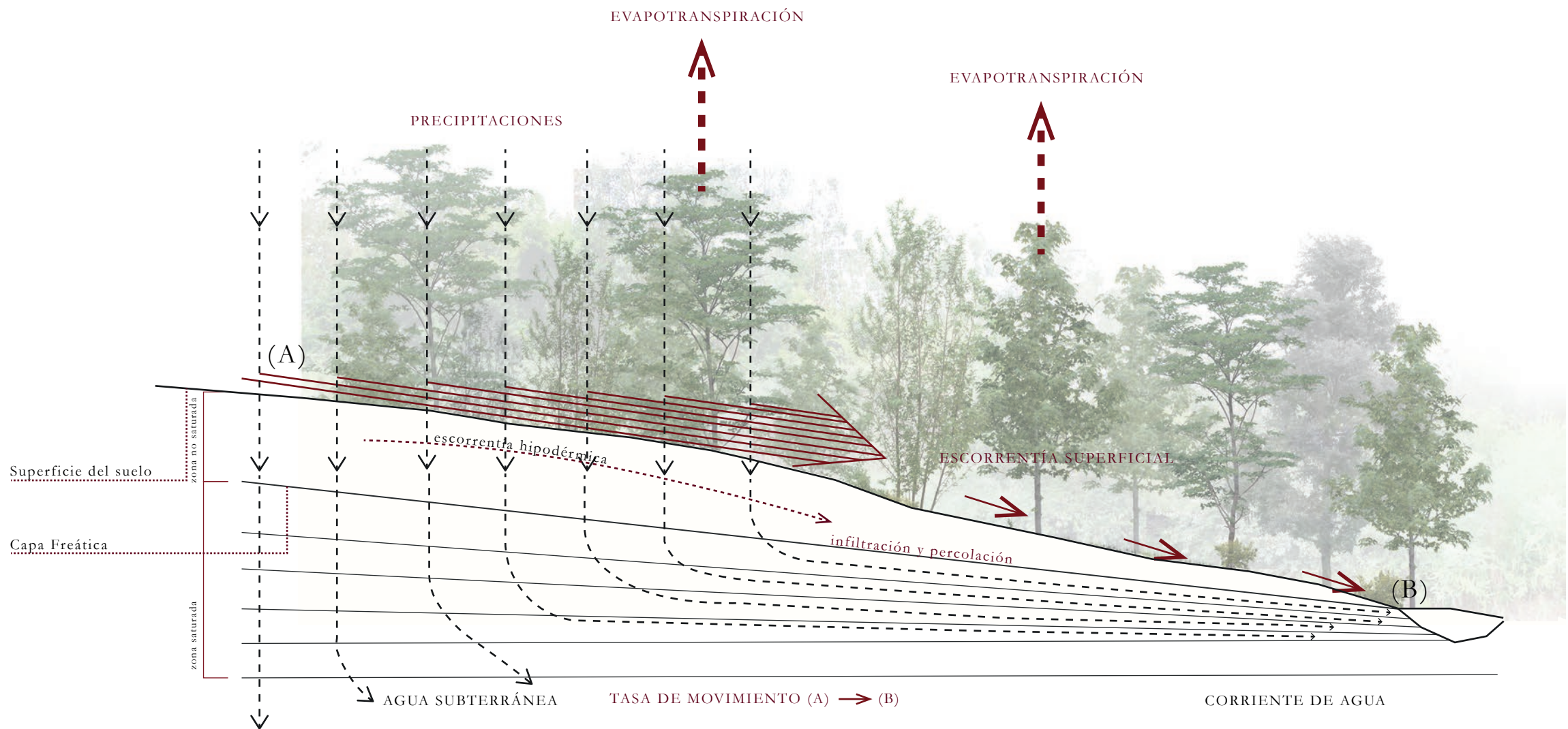


Figura 56: Esquema del ciclo hidrológico del agua, mostrando escorrentías y percolación de las aguas lluvias.

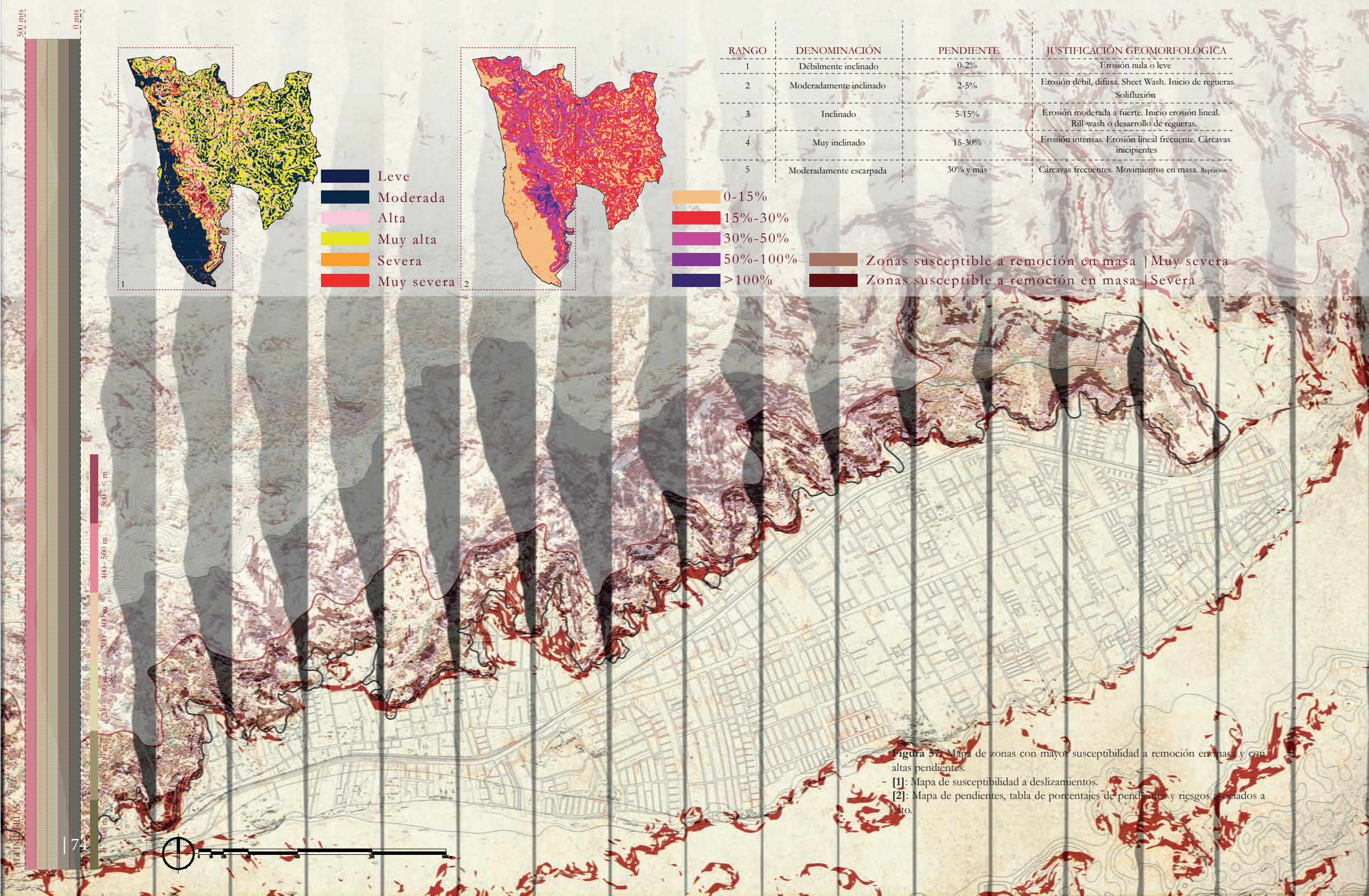


Figura 57. Mapa de zonas con mayor susceptibilidad a remoción en masa y con altas pendientes.

- [1]: Mapa de susceptibilidad a deslizamientos.
- [2]: Mapa de pendientes, tabla de porcentajes de pendientes y riesgos asociados a esto.

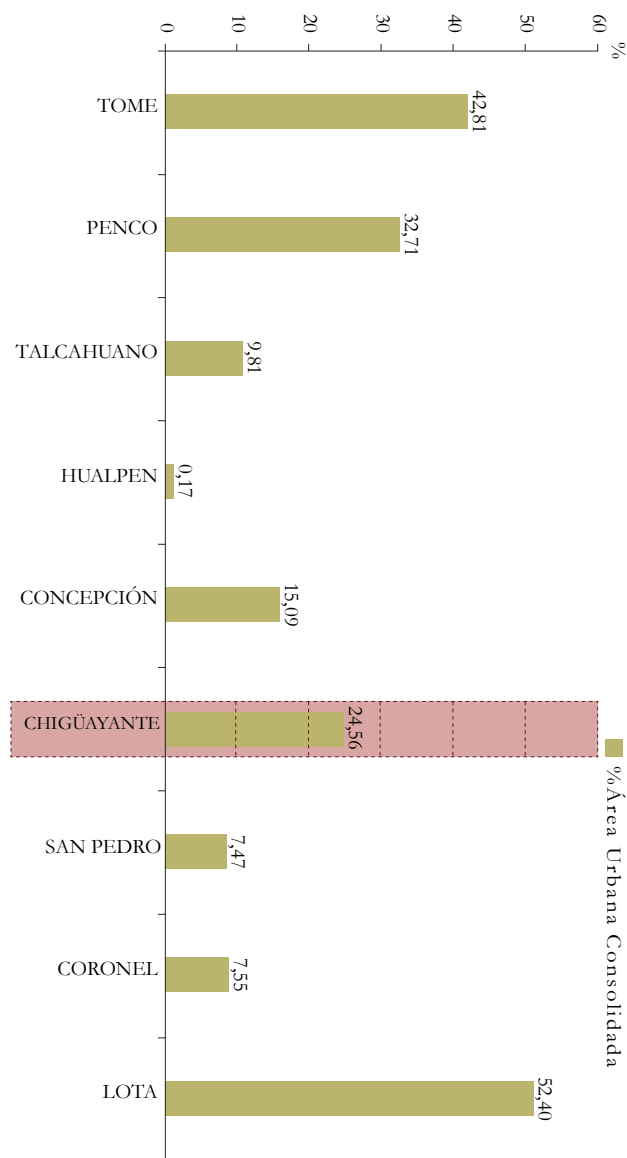


Figura 58: Porcentaje de la superficie urbana consolidada susceptible de ser amenazada por posible remoción en masa por comuna.

4.1.4 Pendientes

Otra de las capas críticas del paisaje y que afectan con mayor magnitud a la comuna de Chigüayante, son las altas pendientes que presenta el cordón montañoso. Con una importante zona donde las pendientes superan el 30%, en las que se encuentran algunas viviendas emplazadas en estas zonas, arriesgando la vida de las personas que aquí viven. Por otra parte, las altas pendientes en las laderas del cerro, impiden el crecimiento de la ciudad y generan un límite geográfico difícil de traspasar, pero esto no ha sido motivo para detener su expansión, sino por el contrario, se generan cortes en el terreno de las laderas para poder construir nuevas áreas de vivienda, generando un alto riesgo en la comunidad. (Figura 57).

4.1.5 Susceptibilidad

Finalmente, y la más importante de las capas analizadas, es el mapa de susceptibilidad a procesos de remoción, el cual muestra y evidencia las áreas con mayor riesgo a estos fenómenos. La susceptibilidad “expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. [...] es una propiedad del terreno que indica qué tan favorables o desfavorables son las condiciones de este, para que puedan ocurrir deslizamientos” (Noguera, 2013, pág. 3) (Figura 58). Es importante resaltar del análisis de esta capa, que las zonas con mayor afectación, son aquellas que se encuentran a los pies del cerro y en las cuales actualmente, se encuentran zonas de viviendas. Para la elaboración de un mapa de susceptibilidad, son identifican como importantes ciertas capas de estudio, entre las cuales están, el relieve y pendientes; características geológicas, geomorfológicas y geotécnicas del terreno; y precipitaciones, las que en conjunto, determinan el grado de vulnerabilidad del lugar. (ver figura 57)



Figura 59: Crecimiento orgánico de Lonco Parque, Sector Lonco, Chigüayante.

4.2 Análisis y Problemáticas de componentes Paisajísticos



Figura 59.1: Plano urbano de Concepción sector Chiguayante (1993. Se muestra el área urbana consolidada entonces.

4.2.1 Análisis de componentes urbanos – Ciudad, Infraestructura, Vialidad | *Crecimiento urbano por sobre el límite de restricción, desconexión entre cerro y ciudad.*

Como se ha señalado anteriormente y debido a la presencia de los elementos naturales como límites geográficos existentes en la comuna, estas no se consideran áreas propicias para expansión. Según la Ordenanza Local de Chigüayante, se definen como posibles áreas de expansión urbanas definidas como ZEU1, ZEU2 Y ZEU3, que corresponden a áreas que pueden ser incorporadas mediante recuperación urbana cercanas al río Biobío. Esta recuperación tendrá que considerar una vialidad que se integre a la ciudad y sea estructurante, además de poseer equipamiento, espacios públicos y áreas verdes, infraestructura y residencia.

Según el Informe Final Pladeco (2017), “entre los años 1992 y 2002, Chigüayante concentró una alta demanda habitacional. Contaba con una precaria vía que conectaba la comuna con Concepción, cuestión que generó importantes problemas vinculados a la falta de una cobertura de transporte de acorde a las demandas de sus residentes, lo que generó altos niveles de congestión”. Desde entonces, la comuna ha experimentado importantes avances en infraestructura vial y ha modernizado su sistema de transporte ferroviario, por lo que ha representado un importante mejoramiento en la accesibilidad a la ciudad y el traslado dentro y fuera

de la misma. En la actualidad, la ciudad sigue creciendo e implementando infraestructuras acordes a las necesidades de las personas, el desarrollo de la obra vial de la Costanera a Chigüayante, mejora los tiempos de desplazamientos y la conectividad entre Concepción y la comuna.

En tanto, para el caso de la ciudad, según los datos recogidos de Hidalgo, de Mattos y Arenas (2009), se puede afirmar que el nivel de vacancia del suelo es variable, alcanzando un 16,07% para Chigüayante, siendo una de las comunas del Gran Concepción que actualmente presenta lo más altos niveles de saturación de sus suelos urbanos. Uno de los aspectos a considerar para este porcentaje, es el hecho de que en esta comuna se comprueba “una paulatina ocupación de las áreas de mayor sensibilidad o restricción y eventualmente una tendencia aislada a la densificación del suelo.” (Hidalgo, A. de Mattos, & Arenas, 2009, pág. 257), lo que podría suponer que este tipo de ocupación del suelo, eventualmente seguiría ocurriendo con los años. Actualmente es posible ver esta ocupación de suelos en laderas del cerro, transformando masivamente las quebradas en los barrios de Lonco y Villuco, constituyendo una amenaza para la conservación de los suelos con mayor sensibilidad ambiental. (Figura 59)



Figura 60: Ocupación del Cerro en área de estudio. Como ya se alcanzó el nivel máximo de ocupación de los suelos dentro de los límites permitidos, se comienzan a utilizar las laderas del cerro para la construcción de las viviendas.



Figura 61: Lectura de transición del cerro y la ciudad.

Especies encontradas en Cerro Manquimávida



Especies encontradas en Reserva Nacional Nonguen



Reserva Nacional Nonguen

Cerro Manquimávida

LEYENDA

- Laderas de orientación sur
- Vegetación Reserva Nacional Nonguen
- Zona de restricción de quebradas
- Vegetación de Borde de Río
- Áreas verdes consolidadas
- Áreas deportivas
- Vegetación plantaciones forestales según uso de suelo
- Ferrocarril
- Ciclovía | Distancia de 20.6 km
- Antena | Ascenso: 2 horas
- Maleza | 30 minutos
- Descenso | 1:30 horas

Paisaje urbano y natural



Zonas con potencial turístico



Paisaje Borde de Río



Paisaje de quebradas y laderas



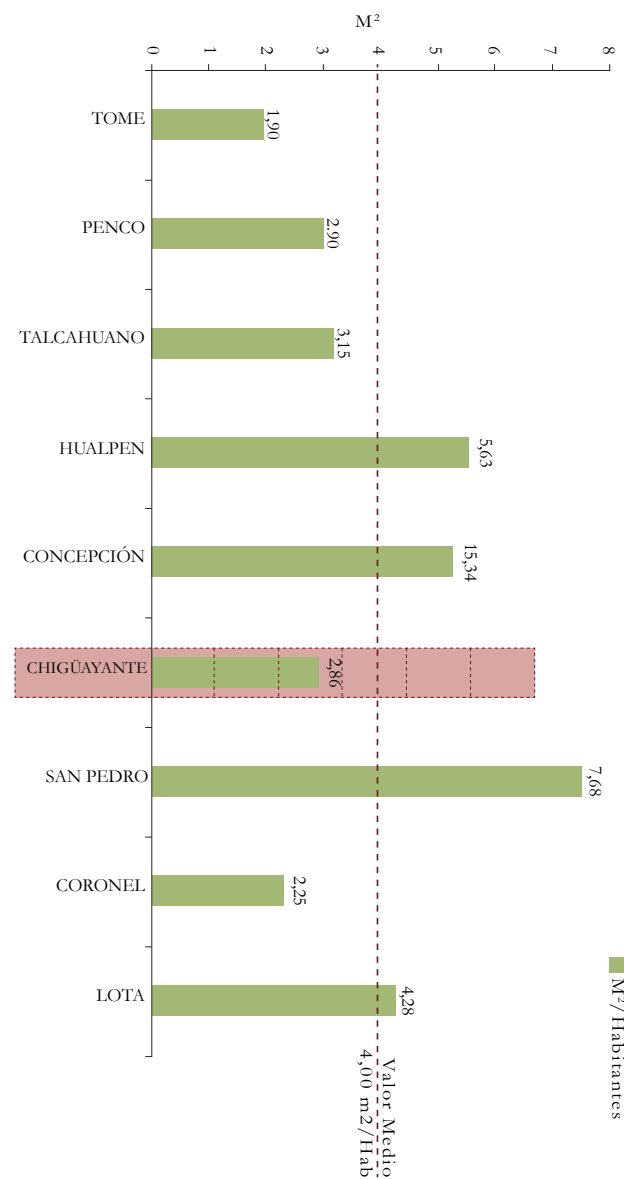


Figura 62 [Arriba]: Superficie de áreas verdes habilitadas y ornamentales por habitante y por comuna.

Figura 63: Análisis territorial de áreas verdes, vegetación y contexto.

4.2.2 Análisis de componentes naturales – Vegetación, Hidrología, Topografía | *Las áreas verdes como componente importante, déficit dentro de la comuna.*

En el estudio de componentes paisajísticos, se hace necesario mencionar que la ciudad presenta una fuerte déficit y desequilibrio de áreas verdes para la recreación. Un espacio verde trae muchos beneficios para la ciudad y las personas, entre tanto, “los beneficios ambientales que resultan de los espacios verdes son diversos, otorgando intangibles mejoras a los habitantes, por lo cual la Organización Mundial de la Salud (OMS) los contempla considerando como una recomendación ineludible para una mejor calidad de vida urbana” (Rendón Gutiérrez, 2010, pág. 2). Cuando hablamos de espacios verdes, se hace referencia a parques, jardines, corredores peatonales o viales, los cuales están destinados a beneficiar ecológicamente y a su vez, embellecer el transitar de los habitantes por la ciudad, otorgando una mejor calidad de vida a las personas.

Dicho lo anterior, es importante indicar que la superficie de áreas verdes habitadas dentro de la comuna es de 26 ha., actualmente, alcanzando 3m² por habitante (Figura 62). Esto se encuentra muy por debajo de los estándares establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la cual considera como razonable 9,0 m²/hab., además, también está por debajo del promedio del Gran Concepción, que es de 5,2 m²/hab. Sumado a esta condición, hay una fuerte presencia de áreas en desuso o residuales, las cuales actualmente alcanzan 5.6 ha.

Es importante resaltar que la comuna de Chigüayante se encuentra en una situación geográfica privilegiada, “pues los ecosistemas existentes tanto en la Reserva Nacional Nonguén, como los parques y jardines al interior de la ciudad, representan un enorme valor para mejorar la calidad del aire, la disminución de las islas de calor y por sobre todo, para mejorar el bienestar y la calidad de vida de los vecinos y

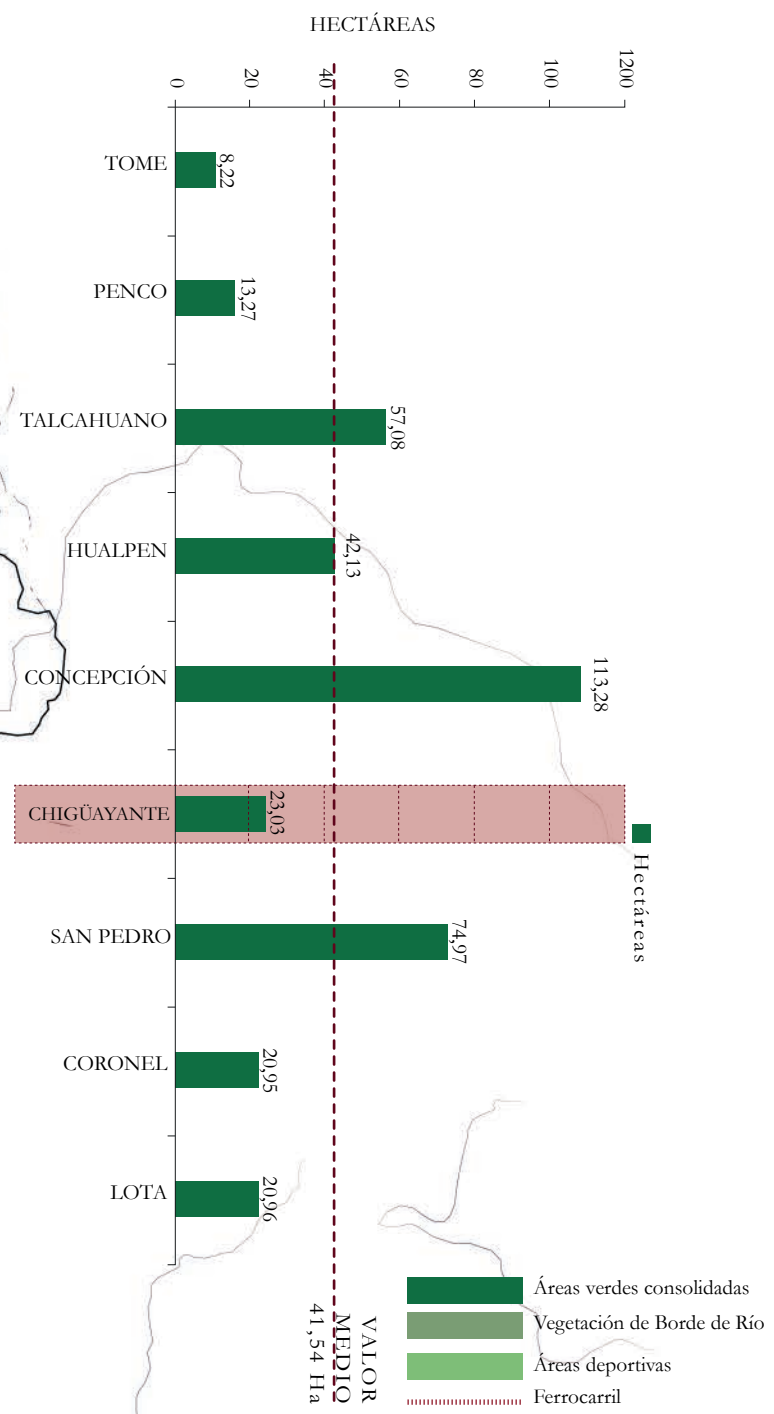
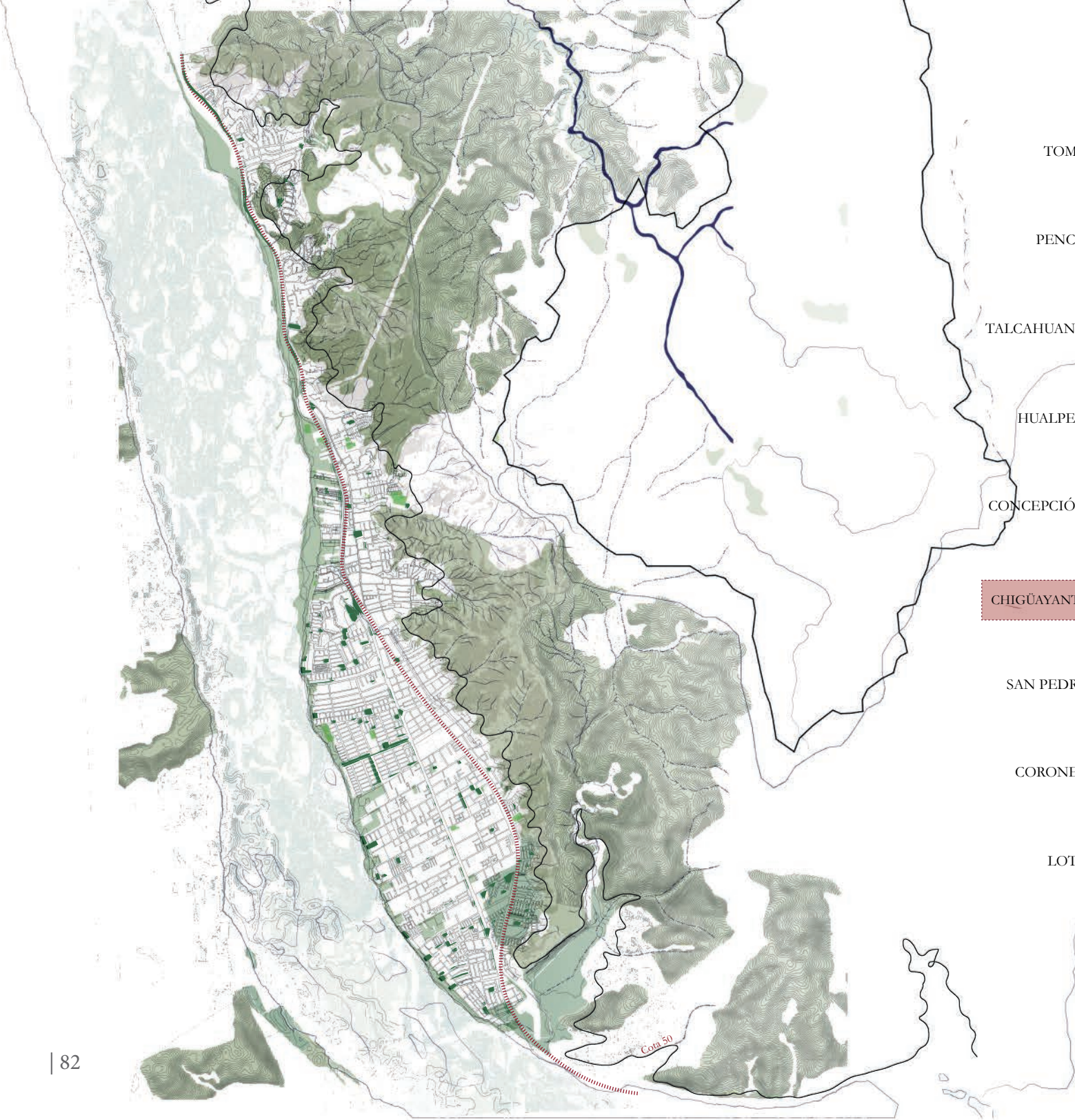
vecinas” (PLADECO, 2017, pág.17). (Figura 63)

En un momento, y por el contrario a la situación actual que rige al ser humano hoy en día, el hombre antiguo mantenía un respeto por la naturaleza, ya que, de la misma, provenían muchos recursos que le permitieran el desarrollo de la vida. De esta manera, el árbol se convirtió en un símbolo de veneración y reverencia. Para cuando comenzaron las ideas de planificar espacios verdes, la inclinación en el diseño de estos iba por argumentos higiénicos. “Las circunstancias de insalubridad preponderantes se produjeron debido a la inexistencia de redes de alcantarillado y a la contaminación ocasionada por la revolución industrial” (Rendón Gutiérrez, 2010, pág. 6)

Al mismo tiempo que surge la necesidad de mantener un espacio libre de desechos, entre otras cosas, se da paso a la necesidad de lugares de ocio, pues, los espacios verdes, cumplen la función de higienizar las ciudades y de recrear al habitante urbano consolidando al mismo tiempo, el factor ambiental y público de la ciudad.

Como explica Rosa Rendón, “a mediados del siglo XX se realizaron proyectos y estudios en los que se abordaron los aspectos paisajísticos, convirtiéndose así los espacios verdes no solo en una necesidad de régimen higiénico para la organización de la ciudad, si no que se convertirían por tanto en un aspecto imprescindible en la vertebración de la trama urbana” (Rendón Gutiérrez, 2010, pág. 6)

De esta manera, los espacios verdes, que comprenden zonas de arbolado frondoso, se transforman en un componente necesario en la conformación de una ciudad, en la necesidad que existe de la creación de estos espacios, pues juegan un papel fundamental en la formación de la ciudad y la mejora del medio ambiente para la misma. El arbolado urbano es un componente importante en el ecosistema vivo de una ciudad.



En ese sentido, un espacio verde bien organizado minimiza los impactos de una creciente urbanización en las ciudades, dotando de valor las áreas intervenidas en relación a las viviendas y las personas que pueden apreciar este paisaje, entregando a su vez, beneficios ambientales atrayendo de manera directa al habitante que vive y al turista que visita la zona, logrando un equilibrio entre lo natural y lo construido, propiciando a un ecosistema integrado.

Al existir una metropolización del territorio, trae consigo, un fuerte déficit de espacios verdes, esenciales para la calidad de vida y la reducción de riesgos, al mismo tiempo que genera problemas de salud. Por lo mismo, es necesario contar con espacios de socialización ciudadana y de ocio que contribuyan a regenerar el medioambiente en todas sus dimensiones. (*Figura 64*)

Por este motivo, que al incorporar un sistema ecológico en urbanizaciones donde estos espacios verdes son mínimos y necesarios, busca cumplir un rol o función estética, además del aporte que entregan a los ecosistemas vivos, pues “los espacios verdes embellecen las ciudades haciendo de ellas un viaje accesible y atractivo al disfrute del habitante urbanos” (Rendón Gutiérrez, 2010, pág. 10). Estos espacios le dan una organización al territorio, integrando de manera eficiente las diferentes zonas o formas de apreciación de estas áreas, ya sea desde un parque urbano con múltiples actividades en su interior hasta una ruta turística de gran escala.

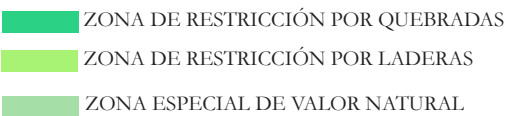
La incorporación de espacios públicos vegetados al medio urbano, beneficia sobremanera a la mitigación de los desastres, ya que la existencia de áreas de gran tamaño contribuye en la regulación de las inundaciones que son producidas por la acumulación de aguas lluvias, pues mantienen la permeabilidad del suelo y su capacidad de infiltración. Por otro lado, la cobertura vegetal en los parques situados en las laderas de los cerros contribuye a la

retención del suelo, disminuyendo el riesgo de procesos de remoción en masa. (Reyes Pácke & Figueroa Aldunce, 2010, pág. 90)

Definido por Kühn, Brandl y Klotz (2008) “el tamaño y distribución de plazas, parques y áreas verdes tiene implicancias ecológicas y sociales. Desde el punto de vista ecológico, el mayor tamaño de estas áreas permite una mayor diversidad y riqueza de especies vegetales, lo cual va acompañado también de una mayor diversidad de fauna” (citado de Reyes Pácke & Figueroa Aldunce, 2010, pág. 90), lo que también por su parte favorece la plantación de especies autóctonas que aumenten la presencia de aves nativas, contribuyendo a la conservación de la biodiversidad local.

De esta manera, las nuevas áreas verdes como espacios estratégicos dentro de un sistema de paisaje, responde a las necesidades de una ciudad que posee componentes fragmentados, relacionando los atractivos naturales y geográficos de la ciudad, tales como cerros, quebradas, lagunas, ríos y esteros, “buscando un mayor aprovechamiento de estos lugares estratégicos, resguardando sus características naturales y asegurando su accesibilidad para el ciudadano” (Municipalidad de Temuco, pág. 3).

Figura 64: Plano de áreas verdes consolidadas y gráfico de suma de la superficie de áreas verdes habilitadas y ornamentales en área urbana consolidada por comuna.



84

4.2.3 Análisis de Normativas Existentes - Plan Regulador | *Quebradas y Laderas como zonas de restricción*

En este proceso proyectual que involucra la morfología del cerro, accesos y conexiones, es preciso entender las limitantes que presentan las quebradas y laderas según el Plan Regulador Comunal de Chigüayante (*Figura 65*). El mismo, condiciona ciertas zonas con restricción en laderas y quebradas; entre estas limitantes para las laderas (ZR1), según la Ordenanza Local del Plan Regulador, se consideran:

- Actividades productivas
- Todos los usos de equipamiento, residencia e infraestructura exceptuados y/o no mencionados como permitidos, según corresponda, con las excepciones que puedan aplicarse según lo establecido en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones y en particular las contenidas en la presente Ordenanza Local. (I. Municipalidad de Chiguayante, Modificado 2010, pág. 52)

De acuerdo a lo anterior, las construcciones se restringen solo en terrenos cuya pendiente natural no supera el 35%, prohibiendo los movimientos de tierra que alteren considerablemente las características topográficas del terreno. Además, se debiera considerar también dentro de estas restricciones los estudios sobre riesgos naturales

que no produzcan daños en el medio ambiente. Tomando en cuenta la importancia de una arborización con especies ornamentales y/o nativas.

En cuanto a las quebradas, que corresponden a las zonas (ZR4) de la Ordenanza Local del Plan Regulador, las limitaciones para estas son aquellas que “corresponden a terrenos emplazados en las quebradas naturales de los cerros de la ciudad. En esta zona se restringe el uso de cualquier actividad, permitiéndose sólo actividades silvícolas de protección” (I. Municipalidad de Chiguayante, Modificado 2010, pág. 54).

Al mismo tiempo que indica la Ordenanza Local del Plan Regulador que “las áreas de las quebradas se conformarán con los terrenos correspondientes a su cauce y fajas adyacentes, delimitadas por líneas paralelas a su eje. Esta franja de resguardo tendrá un ancho mínimo de 40 metros, o en su defecto el que se defina conjuntamente por el Director de Obras Municipales y el Asesor Urbanista a partir de estudios topográficos que precisen las áreas de influencia de estas quebradas considerando a lo menos los criterios de continuidad vegetal y de inflexión de las curvas de nivel” (I. Municipalidad de Chigüayante, Modificado 2010, pág. 54).

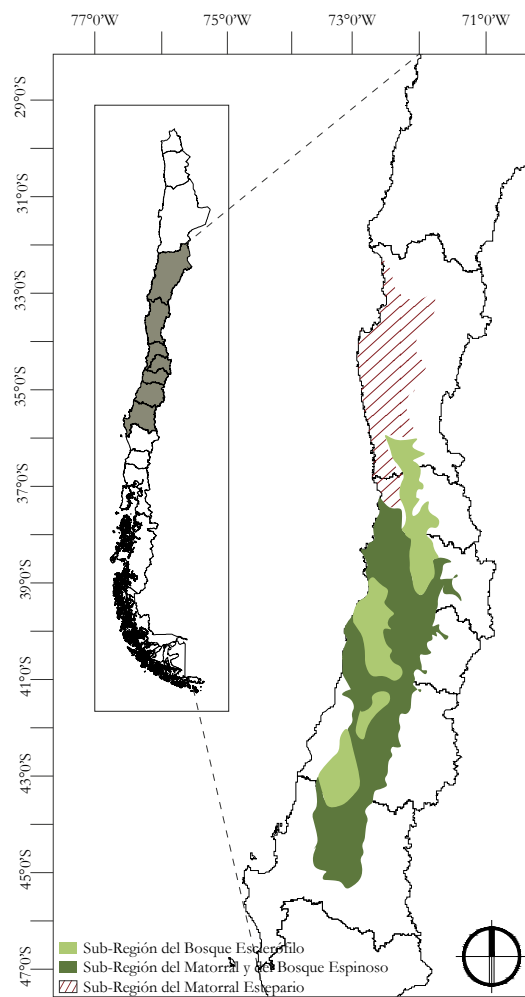


Figura 66: Mapa de subregiones vegetales de según Gajardo.
Figura 67: Mapa de distribución de especies de Flora y Fauna dentro de la comuna de Chiguayante.

⁴¹ Consultado en < <http://gefmontana.cl/arboles-del-bosque-esclerofilo/>>
⁴² Consultado en < http://www.trofar.cl/doctos/ricardo_saavedra/Bosque_Esclerofilo.pdf >
⁴³ Consultado en < <http://www.conaf.cl/nuestros-bosques/bosques-en-chile/catastro-vegetacional/>>

El riesgo por amenazas naturales, es latente en la comuna, por lo mismo, cuando los asentamientos humanos no se integran con los elementos naturales, se produce el desastre. Como indica el geólogo Alfonso López (s/r) “Cuando el hombre realiza obras de infraestructura como casas, edificios, carreteras, puentes, etc., rompe el equilibrio logrado por la montaña y sus componentes se desajustan, los cuales asociados con los cambios climáticos (inviernos y veranos), provocan deslizamientos y desmoronamientos de las zonas intervenidas. Si a lo anterior le agregamos procesos de deforestación y mala construcción, se agudiza el problema dando origen a grandes amenazas por deslizamientos en las casas construidas en las laderas de las cañadas y en su infraestructura asociada” (López & López, 2004, pág. 3)

Considerando entonces estas limitaciones que nos presenta el Plan Regulador para la construcción de la imagen de ciudad desde del paisaje, se deben rescatan aspectos sociológicos del lugar, que nos permitan entender las dinámicas de cambio de un paisaje azotado por el desastre. Para ello, se propone desarrollar un proyecto de paisaje que re-articule las limitaciones que presenta el Plan Regulador actual en las quebradas y laderas del cerro.

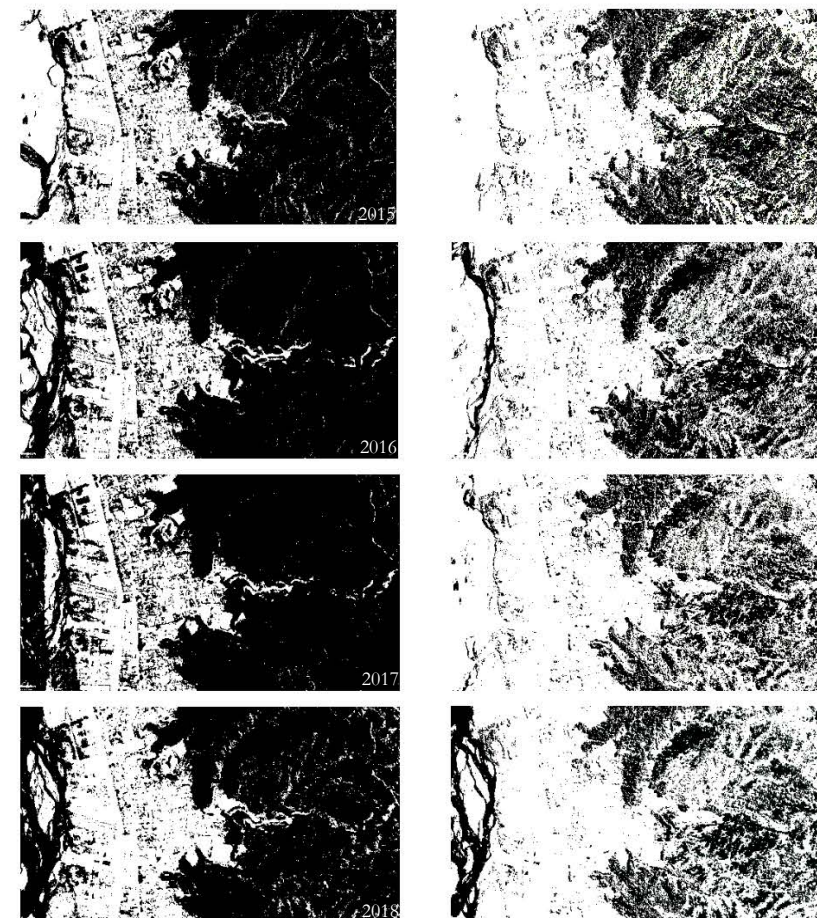
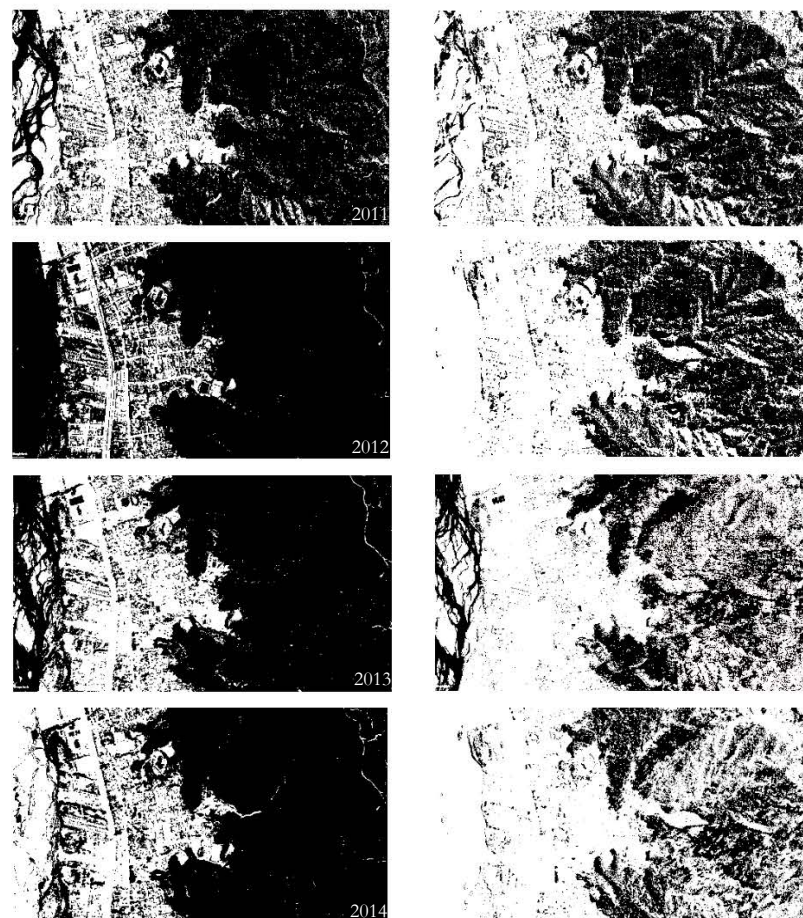
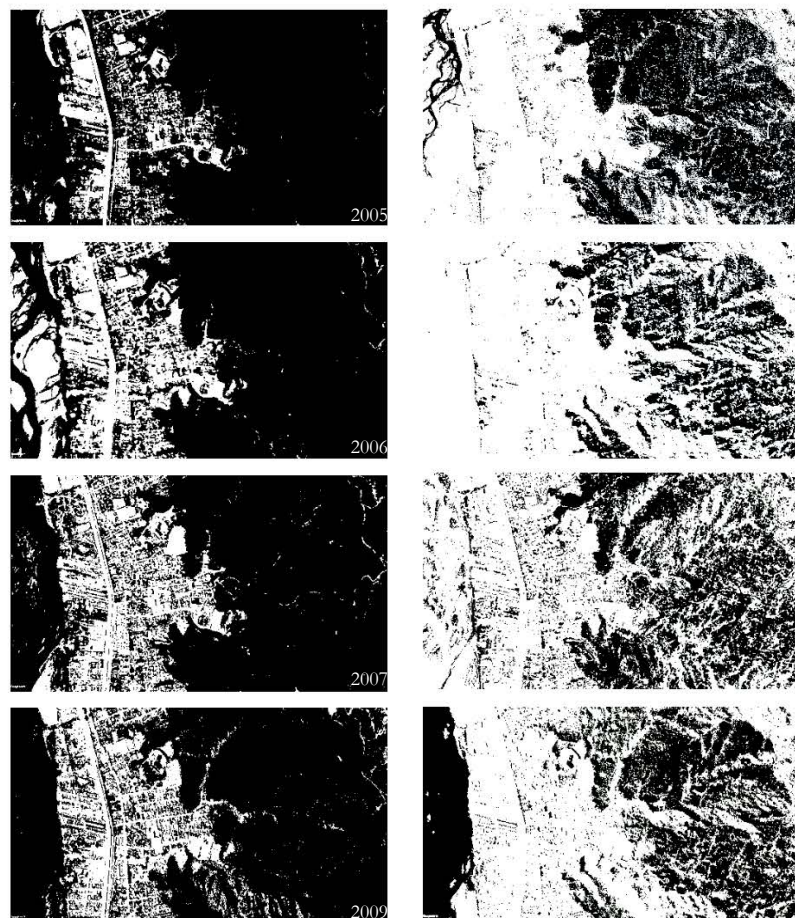
4.2.4 Análisis de componentes ecológicos – Flora y Fauna | Vegetación que compone la zona de estudio.

Es de real importancia caracterizar las especies de flora nativa que existe en la zona y de conocerlas, al momento de realizar un proyecto que contemple en una de sus aristas, la reforestación con especies nativas de la zona. En este sentido, se identifica el bosque esclerófilo, que se encuentra presente entre las regiones IV y VII de Chile, es decir, entre Valparaíso y la Región del Biobío propiamente tal. Por otro lado, está la Reserva Nacional Nonguén que protege el último remanente importante del bosque caducifolio de Concepción. (Figura 66)

El Bosque Esclerófilo es “un tipo de bosque que se presenta en muy pocas zonas del mundo. Su vegetación está adaptada para crecer en climas del tipo mediterráneo. Esto significa que presenta características que le permiten crecer en lugares con inviernos lluviosos y veranos secos, en condiciones semiáridas”⁴¹ . Se encuentran en laderas de cerros de la Cordillera de la Costa y de los Andes, de hojas perennes, es decir, que sus hojas no mueren con el cambio de estación y se mantienen vivas durante todo el año. Entre las especies asociadas a este tipo de bosque corresponde a especies como el Roble (*Nothofagus obliqua*), Ciprés (*Austrocedrus chilensis*), y en zonas con mayores alturas es posible encontrar Roble y Mañío. Se destaca también por presentar otras especies arbóreas y arbustivas más comunes como el Peumo (*Cryptocarya alba*), Boldo (*Peumus boldus*), Litre (*Lithraea caustica*), Quillay (*Quillaja saponaria*) y Espino (*Acacia caven*).⁴² (Figura 67)

Por otro lado, el Bosque Caducifolio, también conocido como bosque templado de hoja caduca, en el cual domina el clima templando con sequía estival, la que disminuye de norte a sur. Las especies reconocidas en este tipo de bosque son del genero *Nothofagus* y *Nothofagus glauca* “que corresponden exclusivamente a esta región, específicamente a la sub-región del bosque caducifolio montano”⁴³, mezclandose con elementos esclerófilos por el norte y laurifolios por el sur.

Los bosques de *Nothofagus glauca* (Hualo), se encuentran principalmente presente en zonas de altas montañas, situados desde el sur de la Región de Valparaíso hasta el norte de la Región del Biobío en ambas cordilleras y por sobre el bosque esclerófilo. Como se indica en el estudio sobre incendios del bosque caducifolio, “actualmente este tipo de vegetación se encuentra muy alterada, por lo que es posible observarla en su estado original solo en reducidos fragmentos relictuales” (Gajardo, 1994, pág. 48).



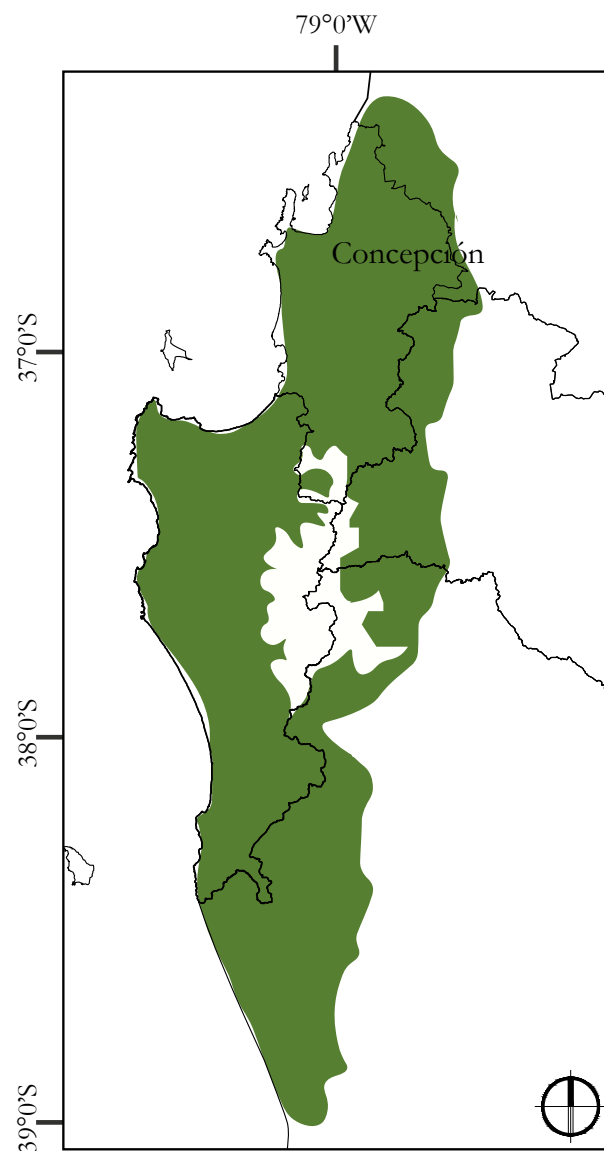


Figura 68: Mapa del Bosque Caducifolio de Concepción.

Figura 69: Cambios en la cobertura vegetal a través de los años. Contraste entre crecimiento urbano y vegetación cerro y ciudad.

Actualmente, el bosque caducifolio de Concepción “se extiende desde el Río Itata por el norte, hasta 10 kilómetros al sur del lago Budi por el sur, ubicándose tanto en la vertiente oceánica como en la oriental de la Cordillera de la Costa. Debido a que esta formación se encuentra en una zona transicional, presenta elementos tanto del bosque caducifolio, como del esclerófilo y laurifolio. La vegetación original ha sido casi completamente reemplazada por plantaciones forestales, principalmente de pino insigne (*Pinus radiata*) y eucaliptos (*Eucalyptus sp.*), relegando a la vegetación nativa a algunos parches aislados y fondo de quebrada”. (Fernandez & et al, 2010, pág. 96). (Figura 68)

En cuanto a la fauna, está fuertemente vinculada con la vegetación que se presenta en la zona, lo cual es positivo para la zona, pues la existencia de una variada vegetación, permite el desarrollo de muchos habitats que satisfacen las necesidades de la fauna de la región. Actualmente se cuenta con la existencia de 106 especies en total, entre los que se consideran anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Entre esta fuerte fauna que existe en la zona, se pueden encontrar especies como la ranita de Darwin, culebra de cola larga, lagarto corbata, monito del monte, coipo, pudú, puma, loica, chucao, entre otros. (Ver figura 67)

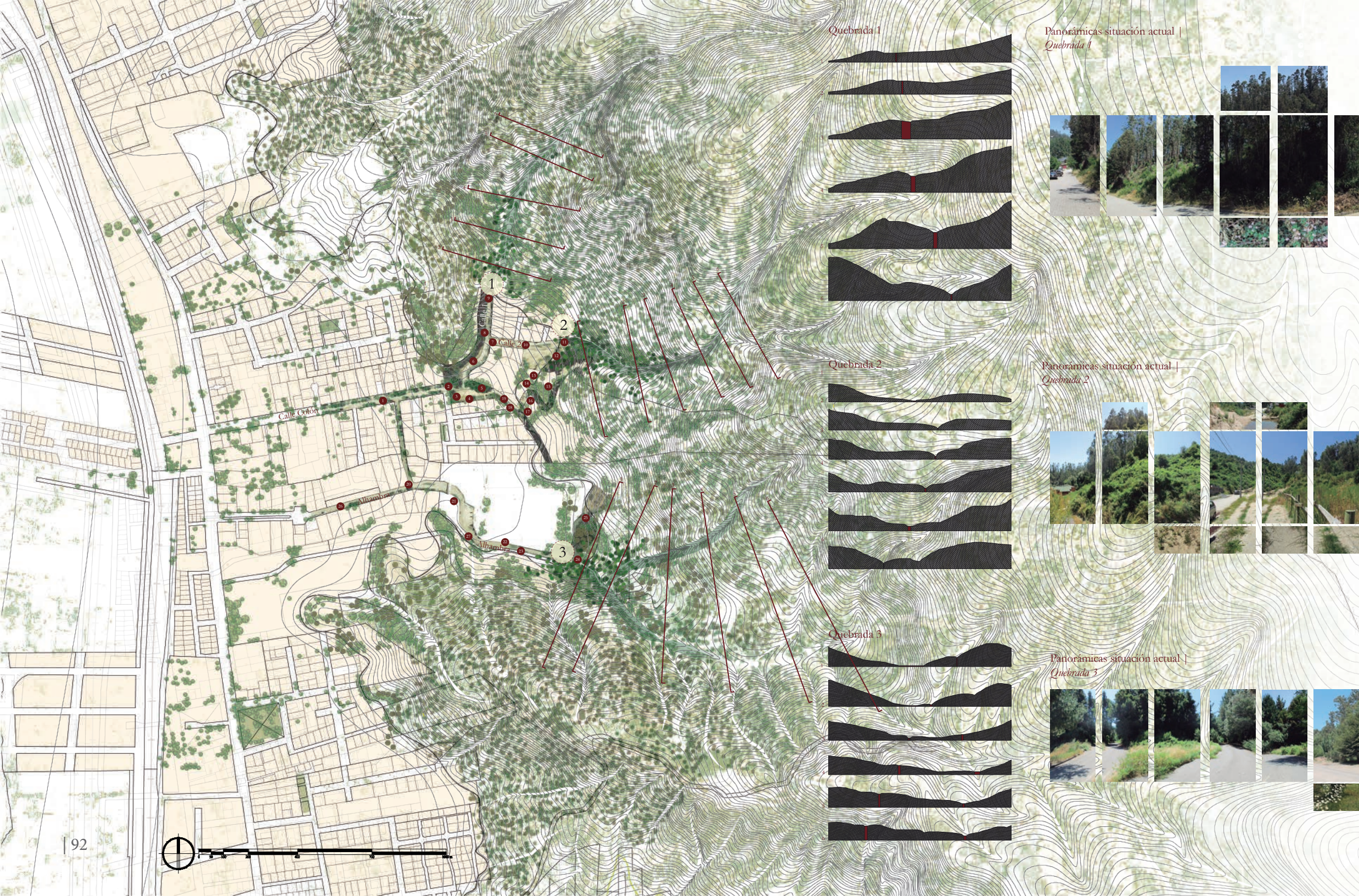


Figura 70: Vista del lugar, desde el cerro, mirando hacia el Río Biobío.

CAPÍTULO 5 |

Proyecto de Arquitectura del Paisaje .

“[El arquitecto que es sensible a su emplazamiento no se contenta con excavar los cimientos, sino que, como estrategia para afianzarse al terreno, puede echar los tentáculos de la estructura con el fin de captar o engancharse a las características de los alrededores del terreno; esto puede consistir en un muro de metal elegantemente curvado, rodeado por un foso refrescante y con un patio pavimentado de terrazo]... [Las arquitecturas como paisaje, que tratan de reducir el impacto físico desde la construcción de una nueva topografía, se desarrollan desde las posibilidades del camuflaje de la intervención en el lugar hasta las ventajas de utilizar la parte superior de la nueva edificación]” (Batlle, 2011)



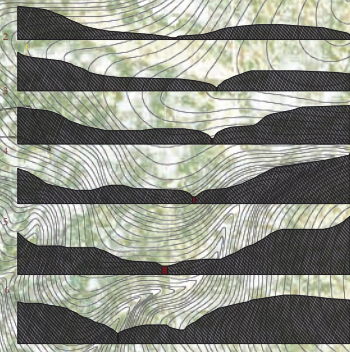
Quebrada 1



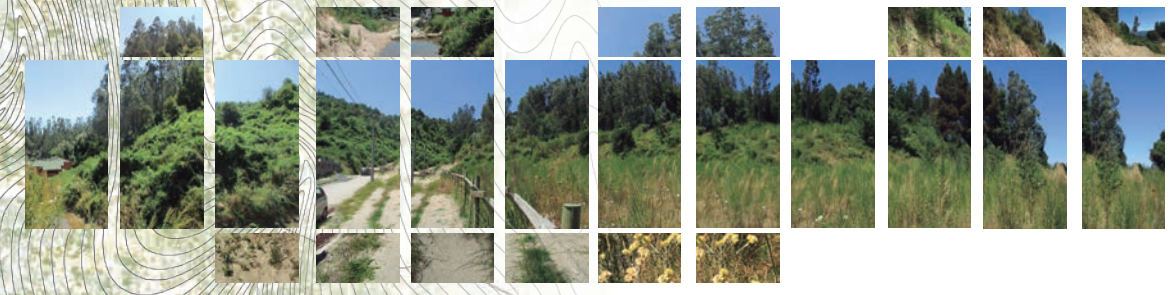
Panorámicas situación actual |
Quebrada 1



Quebrada 2



Panorámicas situación actual |
Quebrada 2



Quebrada 3



Panorámicas situación actual |
Quebrada 3



5.1 Definición de la pieza, levantamiento y planteamiento de estrategias generales.

5.1.1 La pieza

Las quebradas de Chigüayante, se presentan hoy en día como un sitio de protección ya que se encuentran restringidas para la comunidad, pero al mismo tiempo, como lugares en donde debiesen aprovecharse al máximo sus atributos paisajísticos. En este sentido, la definición de la pieza, es determinada por ciertos aspectos intangibles estudiados a partir del desastre y los diversos eventos que ocurren.

De esta manera, la pieza queda determinada por el territorio mismo, pudiendo sobrepasar estos factores posteriormente, considerando entre ellos: la cota 50, el cual representa el límite oriente de la comuna; por otro lado, el factor a considerar es la línea de restricción de ladera, entre cerro y ciudad, pues este límite corresponde a la restricción de construir en esta área; considerando los aspectos de la ciudad, se toman en consideración aquellos sitios, que por su carácter residual, toman un mayor relevancia a la hora de abordar un proyecto de paisaje; y por último, aquellas zonas con mayor susceptibilidad de riesgo de remoción y deslizamientos, como aquellas zonas con mayor erosión de suelos.

Por lo tanto, el área de estudio donde se desarrollará la propuesta de Arquitectura del Paisaje, quedará comprendida

por su lado norte, la calle Colón, que culmina en la primera quebrada de estudio, con el nombre de Calle 1, el cual toma mayor interés puesto que es uno de los sitios con mayor riesgos de deslizamientos y en donde las viviendas se enfrentan al cerro y su naturaleza a muy corta distancia; por otro lado, en el sentido oriente, nos encontramos con la Calle 2, que culmina en la segunda quebrada de interés, pues ésta quebrada, representa con exactitud el mayor problema de la comunidad, pues en el fondo de su quebrada, se mantiene activo un caudal de agua permanente, que en épocas invernales aumenta su flujo, dejando estragos en el acceso a este sitio, y que durante el verano, sigue manteniendo el agua superficial que cae, activa, sin ningún fin útil. Finalmente, por el lado sur de esta pieza de proyecto, nos encontramos con la calle Alhambra, la que da dirección al Estadio Árabe, hasta la tercera y última quebrada de interés, puesto que representa uno de los sitios con mayor riesgo de erosión posee, a pesar de concentrar un área deportiva y recreativa que se mantiene activa. (Figura 71)

Considerando lo anteriormente planteado, se proponen estrategias que debieran incorporar aspectos ecológicos y sociales, a modo de configurar una nueva imagen de ciudad, entendiéndolo como un proceso que involucra dinámicas antrópicas, climáticas y paisajísticas.

Figura 71: Levantamiento de pieza de estudio e imágenes del sitio de estudio.



Figura 72.1: Registro fotográfico de las quebradas y sus contextos inmediatos.



Figura 72.2: Registro fotográfico de las quebradas y sus contextos inmediatos.

La implementación de estas estrategias de diseño de paisaje, se harán cargo del mismo, considerando las preexistencias de la zona, de manera que se pueda generar un diálogo permanente entre los sistemas cambiantes y lo que permanece en el tiempo como parte de la identidad propia del lugar. En este constante paisaje en crisis, se hace necesario poder establecer reglas que permitan una mejor planificación del territorio y que ayuden a la conservación de especies, recuperando la biodiversidad y los sistemas ecológicos, sin dejar de lado, aspectos sociales de manera que exista una sinergia entre los aspectos relevantes del área, como el clima, la ecología y lo social.

En líneas generales, para cada parte del proyecto de paisaje de transición que se propondrá, se le asignará un rol funcional para parques o plazoletas, apoyo de vialidad como bandejones; un rol ambiental, como protección de quebradas, de bordes ribereños, cauces naturales o taludes; y un rol paisajístico, considerados entre ellos como los hitos naturales y protección del entorno natural.

Así pues, se incorpora en este proyecto un sistema mayor que integre las áreas verdes propuestas, mediante un circuito de caracterización, como por ejemplo, vías con un rol paisajístico, vías peatonales, ciclovías, arborización o veredas anchas, entre otras. Cada una de estas estrategias de espacios verdes dentro de la propuesta, se les asignará una jerarquización de acuerdo a su rol, lo que permitirá determinar la acogida de diferentes actividades dependiendo de la capacidad de cada una de ellas dentro de este sistema.

Es importante considerar que el área metropolitana de las ciudades en general, deberían considerar un sistema de bosques y parques periurbanos “que actúen como reserva de paisaje, constituyan un punto de atracción para los habitantes de la gran ciudad y sirvan, al mismo tiempo, de nexo entre las poblaciones metropolitanas” (Falcón, 2007, pág. 44). En ese sentido, la comuna de Chigüayante presenta una riqueza

natural importante en cuanto a flora y fauna, sobre todo por la presencia de la Reserva Nacional Nonguén y el Carro Manquimávida, como espacios de recreación, educativos y de riqueza biológica, así como también por el cauce del Río Biobío, como un elemento natural estructurante del paisaje regional.

También se propone la incorporación de corredores ecológicos, pues cumplen la función de “conectar los diferentes elementos que configuran el paisaje – bosques, superficies agrícolas, ríos, caminos, etc., que hace posible el flujo de agua, materiales, fauna o seres humanos, además de permitir la existencia de una trama interrelacionada. De manera equivalente dentro de las ciudades, comporta la creación de una trama verde que está formada por el arbolado variado, los parques lineales y pequeñas piezas ajardinadas, y que realizan las funciones de corredor entre los grandes parques y jardines, entre éstos y el medio natural que rodea las urbes” (Falcón, 2007, pág. 45), considerando lo anterior, la desconexión entre ciudad y quebradas, no permite conocer a la población el valor natural que existe.

Bajo esta perspectiva proyectual, se espera poder entrelazar el sistema urbano y natural mediante la creación de un parque de las quebradas, dándoles continuidad desde su entorno natural, hasta las faldas del cerro en conexión con la ciudad inmediata, atendiendo a las necesidades del sistema urbano, entregando servicios programáticos y espacios de recreación necesarios para la ciudad. En la configuración y ordenamiento de este paisaje en crisis, integrar estos aspectos es importante. Al mismo tiempo, este sistema de transición del paisaje responda a las dinámicas antrópicas existentes y ecológicas, generando ecosistemas aptos para las personas y la biodiversidad local, permitiendo así la integración de los sistemas geográficos a la trama urbana. De tal manera, que las estrategias proyectuales, apuntan a la recuperación de puntos críticos degradados por la intervención del hombre y el inminente crecimiento urbano, entendiendo las quebradas



Parque Bicentenario de la Infancia.
3.8 Ha.



Parque Fluvial de La Familia
20 Ha.



Parque Forestal
17,1 Ha.



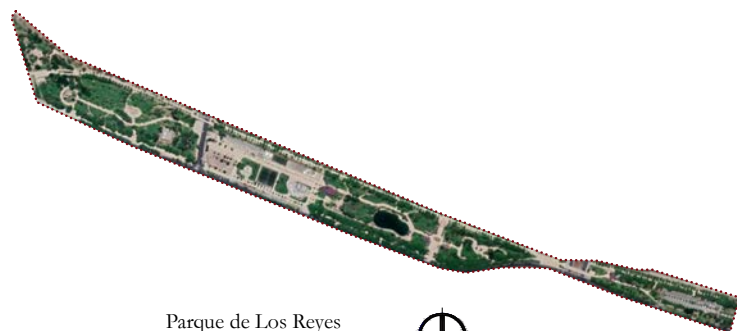
Parque Araucano
22 Ha.



Parque Padre Hurtado (Intercomunal
de la Reina)
46 Ha.



Parque Bicentenario de Vitacura
30 Ha.



Parque de Los Reyes
31 Ha.



Parque O'Higgins
80 Ha.



Pieza Proyecto Parque de las
Quebradas
10.40 Ha.



y laderas como parte de un sistema mayor, pudiendo entregar a la comunidad, un espacio de recreación, que contribuya a la reducción y control del riesgo del territorio, recuperando el potencial paisajísticos que poseen las quebradas, cumpliendo al mismo tiempo, un rol unificador, de goce y disfrute, potenciando el carácter escénico que posee el cerro frente a la ciudad y la comunidad.

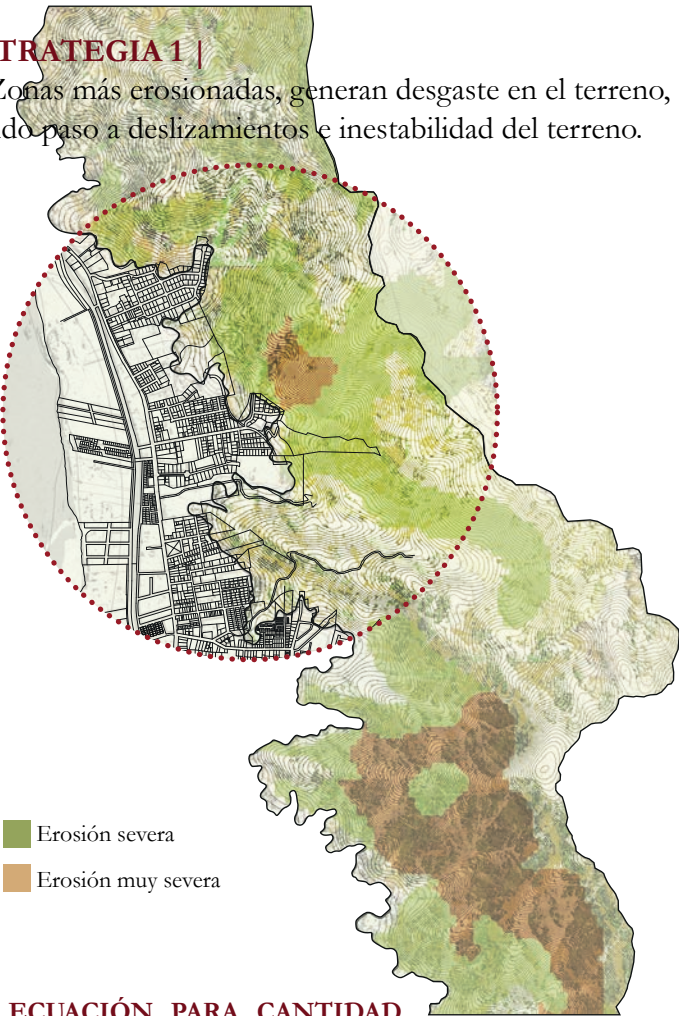
En ese sentido, el proyecto consiste en la implementación de estrategias de proyecto a lo largo de las laderas del cerro e incorporando la ciudad, abarcando un total de 10.4 ha. de terreno que serán la pieza de proyecto final (*Figura 73*). Estas estrategias corresponden a tres lineamientos a considerar: reforestación de laderas, contención de quebradas y accesibilidad, programa y recorrido, abordando en cada una de ellas, las problemáticas intangibles del territorio, como el aspecto ecológico, geográfico y social.

Figura 73: Comparación de parques a diferentes escalas y pieza de proyecto.

⁴⁴ Consultado en <<https://gestion.pe/blog/perspectiva-forestal/2017/04/la-reforestacion-como-herramienta-para-prevenir-desastres-naturales.html>>

ESTRATEGIA 1 |

1. Zonas más erosionadas, generan desgaste en el terreno, dando paso a deslizamientos e inestabilidad del terreno.

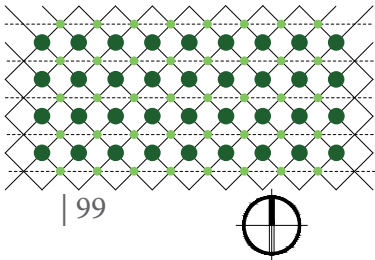


ECUACIÓN PARA CANTIDAD DE ESPECIES A PLANTAR

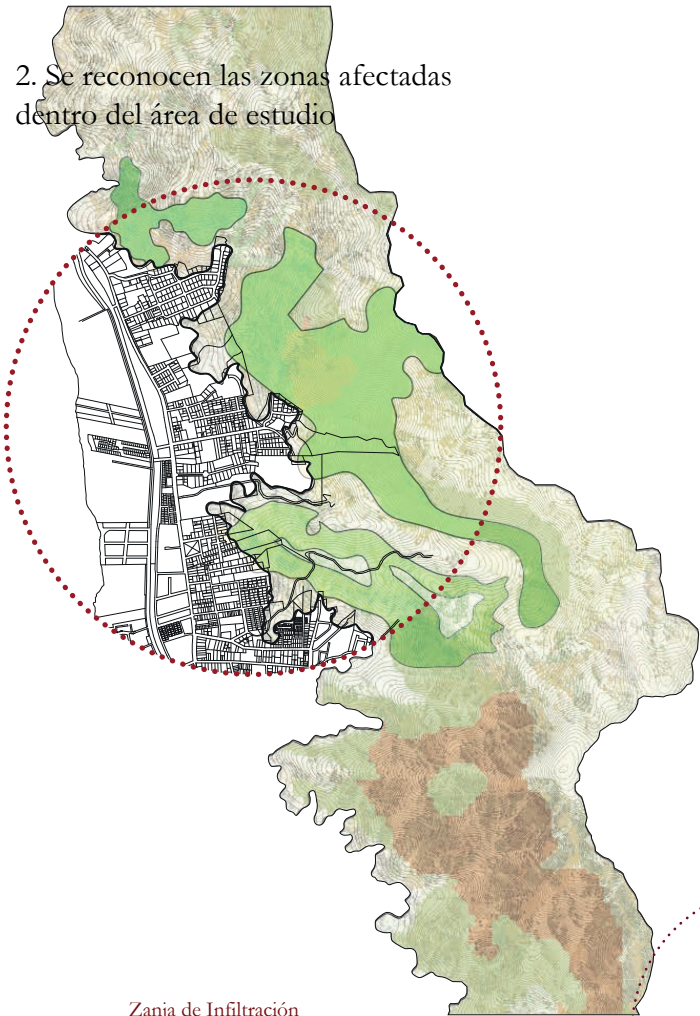
$$N = \frac{AT}{d^2} \times 1.154$$

N: Número de especies necesarias
AT: Área total reforestada
d: Distancia entre especies
1.154: Constante

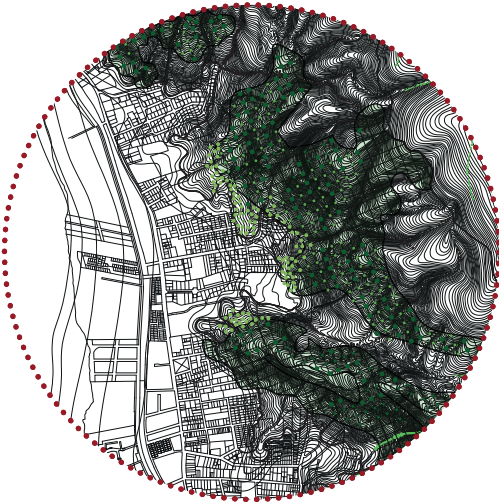
Metodología de plantación en triángulo o tresbolillo



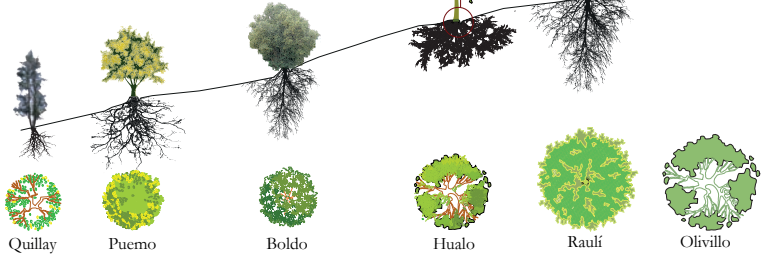
2. Se reconocen las zonas afectadas dentro del área de estudio



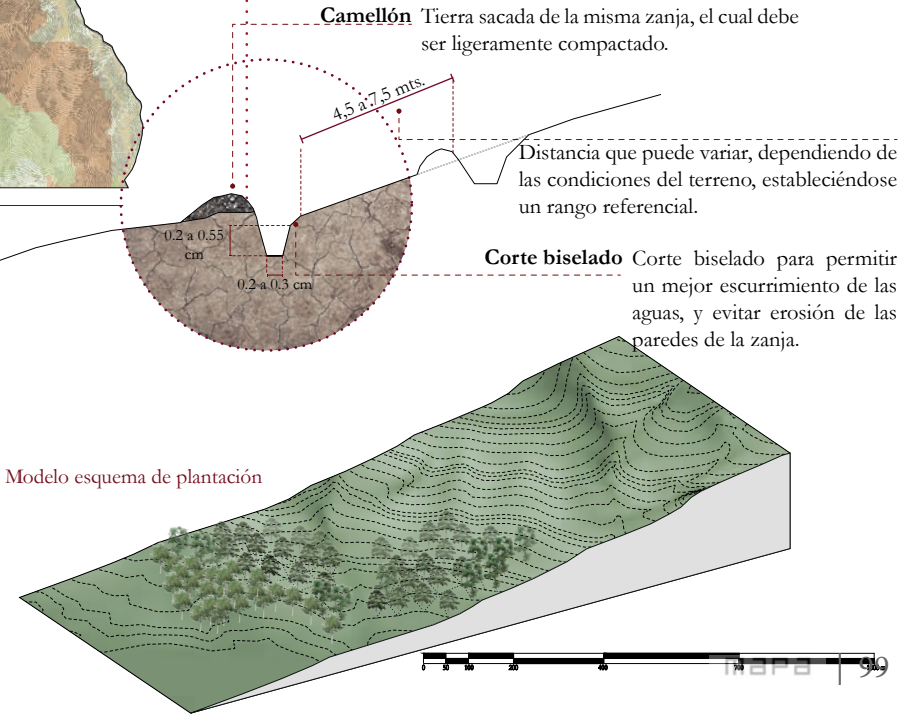
3. Esquema de aproximación a propuesta de Reforestación



Especies propicias para reforestar laderas



Modelo esquema de plantación



5.2 Formulación de estrategias proyectuales

5.2.1 Estrategia 01 |
Reforestación de laderas y vegetación

Es necesario entender, que el resultado de la deforestación es la erosión del suelo, lo cual se traduce en la pérdida o destrucción de los bosques naturales, principalmente debido a las actividades humanas como la tala y quema de árboles, la limpieza de terrenos para el pastoreo del ganado, habilitación de tierras para la agricultura, operaciones de minería, entre otras. Una extensa erosión puede provocar deslizamientos de terrenos como ya se ha comentado anteriormente. Muchos de estos deslizamientos comienzan en laderas desnudas. (Figura 74)

Por otro lado, las principales consecuencias de la deforestación es la pérdida de la biodiversidad, y se apunta como una de las consecuencias más graves, pues deriva en la destrucción y la extinción de las especies propias del lugar en cuanto a flora y fauna; la desertización, lo que se traduce en la eliminación de la cobertura del suelo, dejando la superficie expuesta a condiciones extremas producidas por el calor del sol y las precipitaciones.

Los suelos forestales son húmedos, pero sin la debida protección de los árboles que bloquean el sol, se secan rápidamente, pues, en este caso, los arboles ayudan a perpetuar el ciclo del agua mediante la devolución de vapor de agua a la atmosfera. Sin este proceso, muchas tierras forestales, corren el riesgo de ser suelos estériles.

Las inundaciones también se presentan como procesos de riesgo en la desforestación de sitios, pues da lugar a cuencas que ya no son capaces de sostener y regular los flujos del agua de ríos y cauces. La vegetación es eficaz en la absorción de grandes cantidades de agua en las cuencas hidrográficas, y de cierta manera, los bosques también sirven

como cobertura contra la erosión.

La reforestación ofrece una oportunidad importante contra el cambio climático. Un terreno con bosques se transforma en un espacio protegido, pues “tener árboles y vegetación nativa en las laderas de los cerros protege al territorio de posibles deslizamientos”⁴⁴ . Así las raíces permiten a las plantas sujetarse al suelo, adquiriendo el agua y nutrientes necesarios para realizar sus funciones vitales, al mismo tiempo que desempeñan una función ecológica importante, pues su implementación forma una especie de malla que protege la tierra lo que evita que se desprenda ante los elementos que la golpean, al mismo tiempo que al adherirse a las partículas del suelo, lo mantienen unido como en una suerte de pegamento, lo que en última instancia absorben el exceso de agua que al acumularse debilita el terreno haciendo que se desprenda, como en el caso de las pendientes muy inclinadas.

Por lo tanto, como primera estrategia, se establece la introducción de parches de vegetación en un terreno de aproximadamente 5 hectáreas, en aquellas zonas con mayor índice de degradación. Para esto, se considerarán especies propias del lugar, apropiadas para esta técnica, capaces de resistir suelos arcillosos y/u arenosos, típicos de la zona en estudio, capaces soportar altas pendientes y condiciones de humedad, protegiendo de esta manera y controlando, la erosión y cuidando los nutrientes del suelo. Las especies que cumplen con estas condiciones son el Quillay, Boldo, Olivillo, Hualo, entre otras (ver figura 74). Estas, actuarán como buffers naturales, que, al mismo tiempo, controlarán la recepción de las aguas lluvias mediante la implementación de zanjas de infiltración que permitan el riego del área reforestada, reduciendo de esta manera, los deslizamientos que se producen en la zona.

Como indica Selvy (1993), “la vegetación contribuiría a disminuir el efecto erosivo sobre las laderas. [...] La

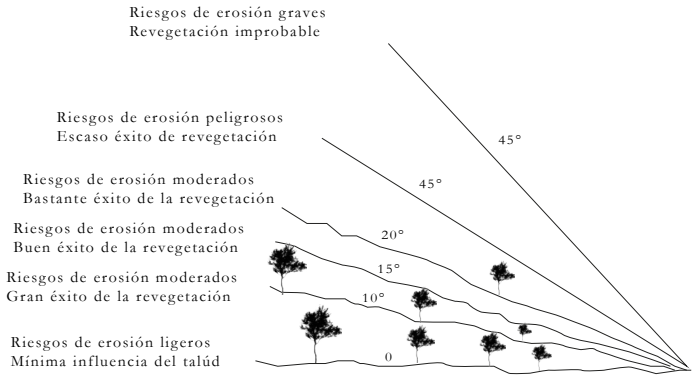


Figura 74: Explicación de estrategia 1. Reforestación de laderas y vegetación propuesta.

Figura 75: Influencia del ángulo de inclinación de un Talud o sobre la Erosión y el desarrollo de vegetación en la reforestación.

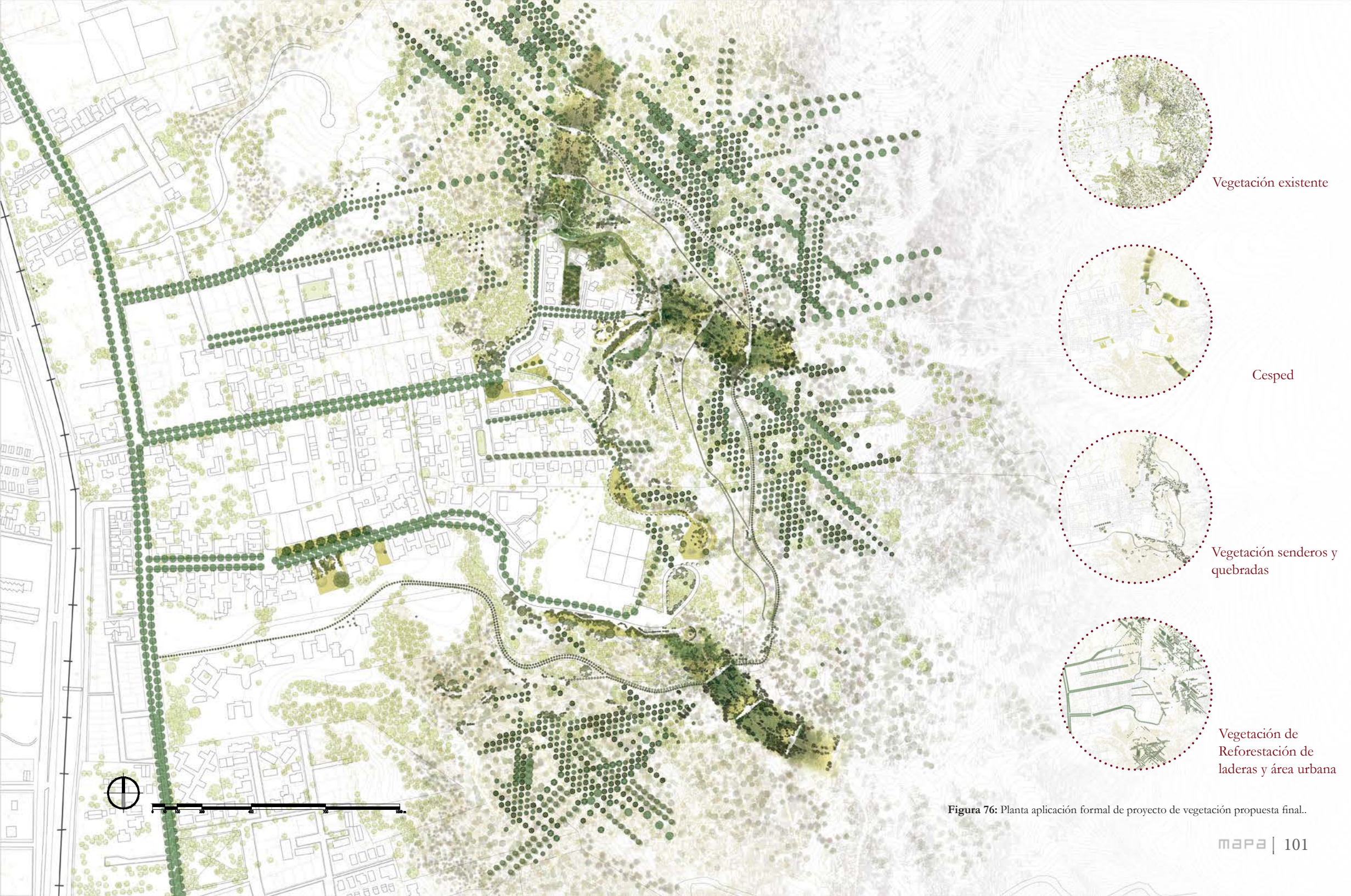




Figura 77 [Arriba]: Cerro Manquimavida con plantaciones de Eucaliptus y vegetación nativa. **[Abajo]:** Ejemplos de reforestación de laderas y disposición de plantación.

existencia de árboles en las laderas permitiría la absorción de agua por parte de estos disminuyendo el grado de saturación del suelo. Además, sus raíces en general ayudarían a la estabilización de las laderas actuando como anclaje de reforzamiento” (Lara & Sepúlveda, 2008, pág. 12).

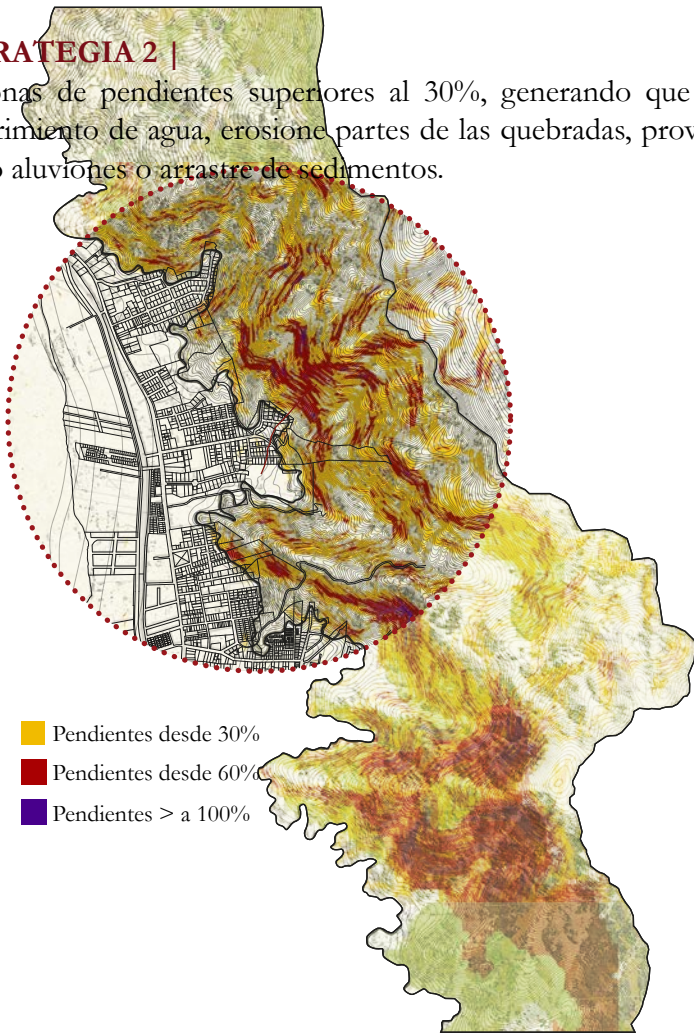
Se emplea la técnica de plantación sobre curvas de nivel, la cual funciona de mejor manera en pendientes elevadas. Para ello, se establece una distancia necesaria entre cada especie, favoreciendo un mejor crecimiento entre ellas. Este distanciamiento puede variar entre 2x3, 2x4, 5x5 o hasta 8 mts; para efectos de este proyecto, se propone una distancia de 6x6 metros, atendiendo a las necesidades de cada especie y su tamaño máximo de crecimiento. Para la cantidad de hectáreas a reforestar, se necesitarán alrededor de 4991 especies aproximadamente, cálculo obtenido mediante la aplicación de fórmula de plantación (*ver figura 75*). Se condicionará la plantación de las especies, atendiendo a aquellas de menor tamaño en función de aquellas que tienen un crecimiento más rápido en el tiempo y a sus condiciones más favorables, dando protección a las de crecimiento más lento, facilitando el cuidado de la capa de vegetación remanente que ya existe. Esta técnica, además de controlar la erosión y las escorrentías superficiales, ayuda al incremento de la fauna y genera nuevos espacios de hábitats para ellas.

Por otro lado, para generar esta conexión entre ciudad y cerro, se propone que las calles de acceso al parque, sean forestadas con vegetación urbana acompañando recorridos peatonales, culminando en cada quebrada, como los nuevos accesos, en pequeñas áreas de jardines. La vegetación propuesta para estas zonas, es aquella de tonos coloridos y ornamental, ideal para áreas de parques o plazas, para que finalmente, den paso a una vegetación arbustiva y de bosque de las quebradas y de colores más cálidos, y que acompañan a los cursos de agua en las quebradas. Al mismo tiempo, a manera de recuperar ciertas áreas degradadas en las cercanías del sitio, se proponen, pequeñas plazas de

juegos y recreación, vinculándose con el parque, mediante la plantación de especies ornamentales propicias para estas áreas de esparcimiento. Además, se establece un tipo de vegetación que vaya acompañando los recorridos al interior del parque, de tal manera de generar una conexión entre las quebradas desde el interior del parque y sus recorridos, otorgándoles mayor jerarquía a los senderos propuestos, mejorando la manera en que se recorre el parque. (*Figura 76*)

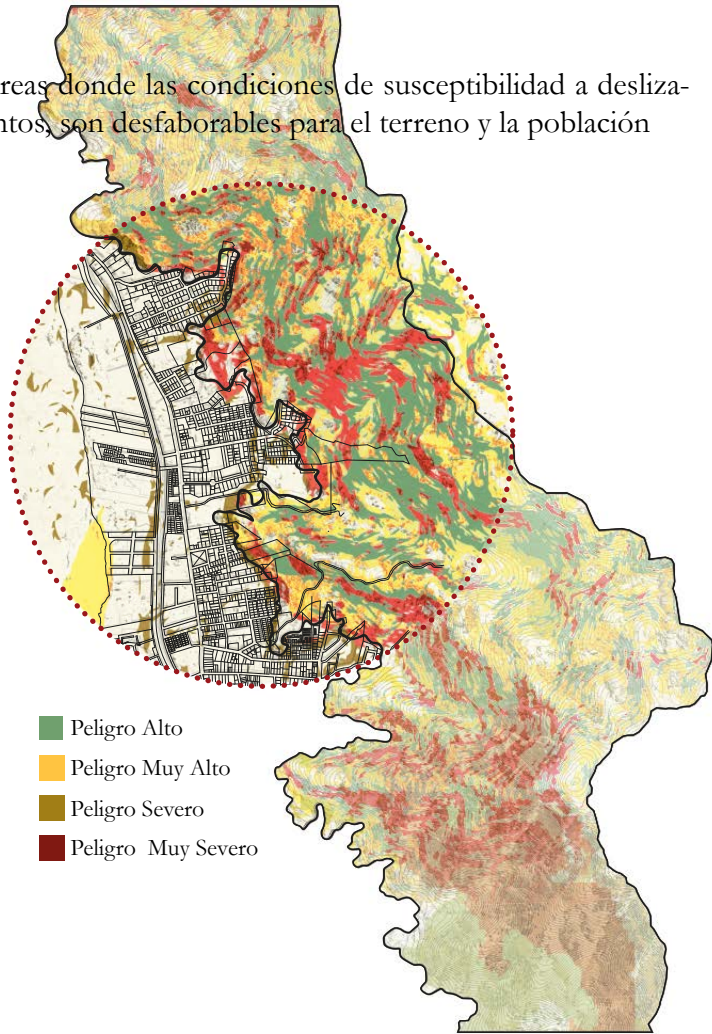
ESTRATEGIA 2 |

1. Zonas de pendientes superiores al 30%, generando que el escurrimiento de agua, erosione partes de las quebradas, provocando aluviones o arrastre de sedimentos.



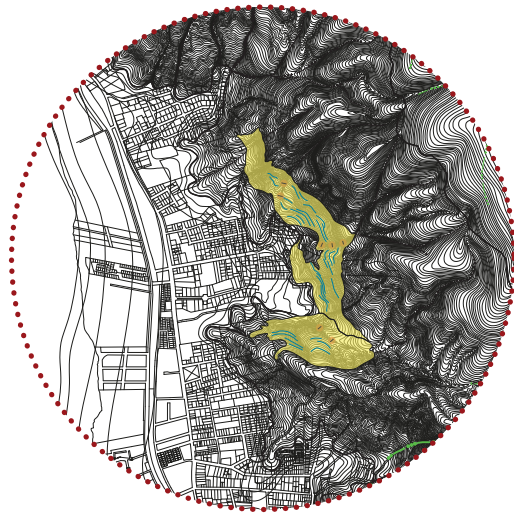
- Pendientes desde 30%
- Pendientes desde 60%
- Pendientes > a 100%

2. Áreas donde las condiciones de susceptibilidad a deslizamientos, son desfavorables para el terreno y la población



- Peligro Alto
- Peligro Muy Alto
- Peligro Severo
- Peligro Muy Severo

3. Esquema de aproximación a propuesta de Contención y Diques, según susceptibilidad y pendientes.

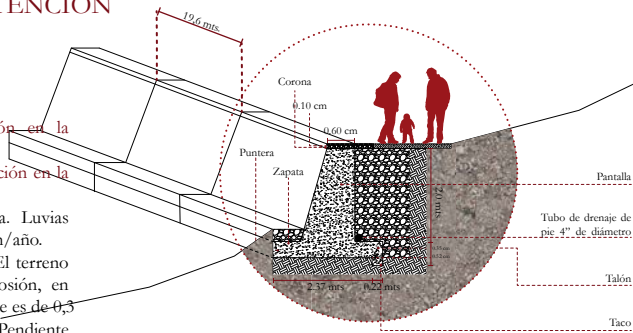


- Identificación de zonas de mayor riesgo dentro del áreas de estudio
- Contención de laderas por riesgo de susceptibilidad.
- Diques de contención en quebradas por altas pendientes.

MUROS DE CONTENCIÓN

Cálculo

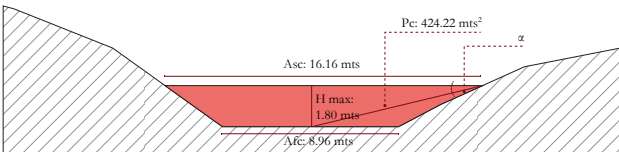
IV= XS + Y (Disposición en la vertical)
IH= IVx100/0.18 (Disposición en la horizontal)
X: Pluviosidad de la zona. Lluvias altas, por encima de 700 mm/año.
Y: Erodabilidad del suelo. El terreno presenta alto riesgo de erosión, en función de esto el coeficiente es de 0,3
S: Pendiente en porcentaje. Pendiente del terreno de un 18%.



Situación original

Cálculo para longitud del dique dada por la siguiente ecuación:
 A_p : Longitud del dique

$$A_p = A_{re} + (H_{m\acute{a}x} (A_{sc} - A_{re})) / P_c$$

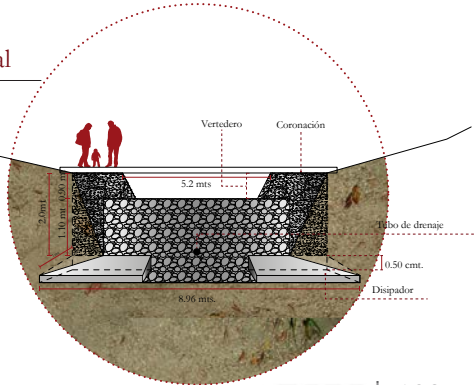


DIQUE | Sección frontal

Ángulo de cárcava (α): 13°

Donde:

- A_{re} : anchura de la cárcava en su fondo
 - A_{sc} : anchura de la cárcava en el punto más alto de la sección donde se construye el dique.
 - P_c : profundidad total de la cárcava
 - $H_{m\acute{a}x}$: altura efectiva del dique.
- Finalmente:
 A_p : 8.39 mts.



5.2.2 Estrategia 2 |

Diques de contención en quebradas y laderas

Como se ha indicado anteriormente, el flujo de agua o escorrentías, son un factor fundamental al momento de determinar erosiones en el suelo, lo cual “se considera uno de los problemas ambientales más importantes, pues está asociada a una disminución de la productividad y eficiencia de los suelos, la cual es provocada por una baja retención tanto del agua como del suelo, y cuya tendencia a escurrir se manifiesta en mayor medida en terrenos con pendientes pronunciadas” (J.A., et al, 2011, pág. 4), lo que resulta en la rotura del terreno, determinada como cárcava.

El principal objetivo del proyecto, es el control y mitigación de un evento aluvional o deslizamiento de material. Por lo tanto, como segunda estrategia proyectual propuesta, es la implementación de diques de contención, sistema que permite disminuir el flujo de escorrentías en las quebradas, como también, la incorporación de muros de contención en aquellas zonas con mayor susceptibilidad a deslizamientos de terreno y altas pendientes. Según Tapia, Flores, Sangüesa, Martínez y García (2004), se considera la implementación de este sistema, pues aporta a la mejora de la biodiversidad, estructura dinámica y funcionamientos de aquellos ecosistemas alterados por el hombre, mediante la incorporación de una tecnología adecuada para la recuperación y rehabilitación del entorno natural.

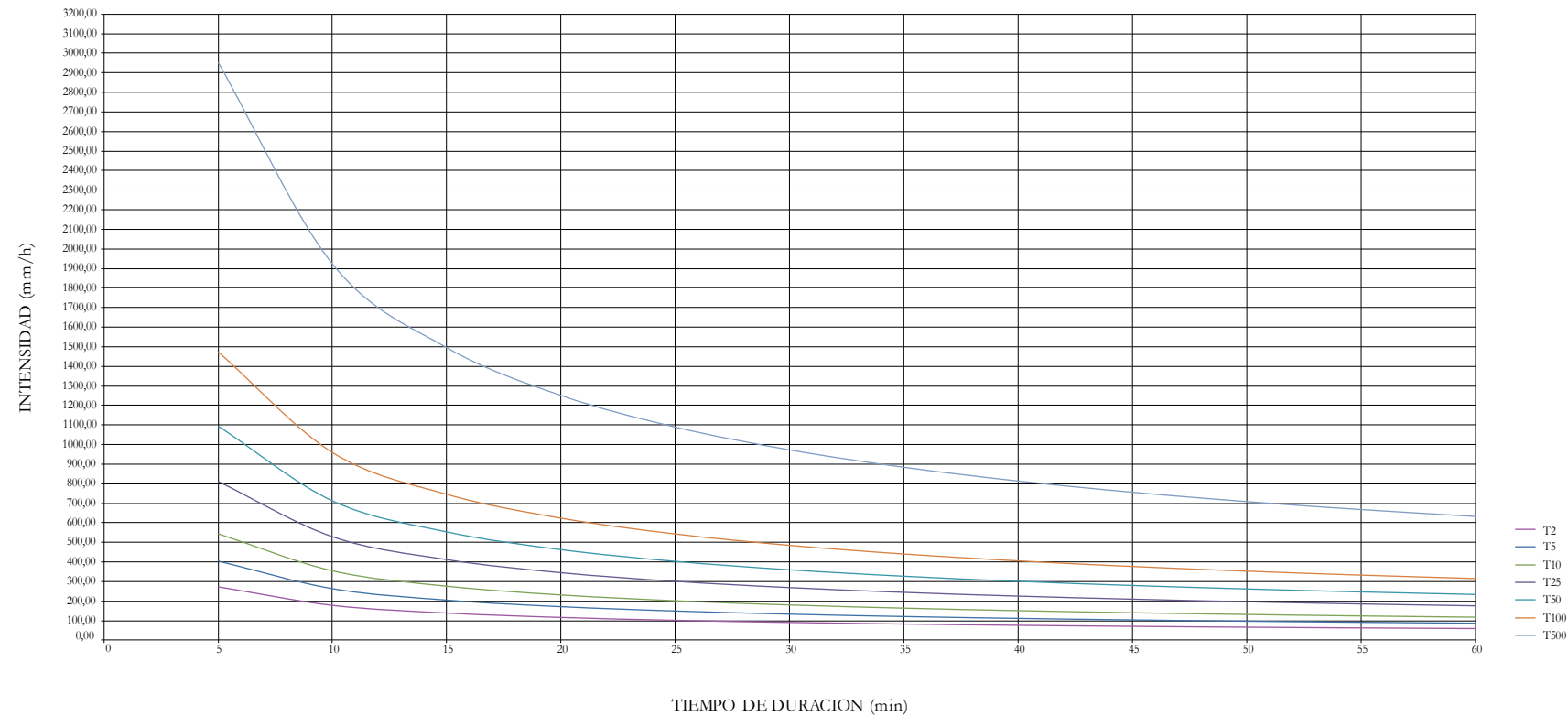
En el estudio de capas críticas y terrenos susceptibles dentro del área de proyecto, se identificaron zonas de altas pendientes cercanas a los terrenos habitados por las personas, lo que representa un riesgo constante para la población, considerando que se encuentran las viviendas instaladas al piedemonte del cerro que rodea la ciudad. (*Figura 78*). En este sentido, se identifican las zonas más críticas, las que luego de una evaluación de cantidad de escorrentías que erosionan los suelos, determinado por el comportamiento de las precipitaciones, en su intensidad y la proporción de

escurrimiento superficial que se genera, se definen las tres quebradas principales a trabajar para la implementación de estos diques, las cuales, tendrán las condiciones necesarias para controlar el nivel de flujo que descienden o descenderán de ellas. Por otra parte, “la construcción de obras de conservación de aguas y suelos en el país, ha estado marcada por procesos relacionados con la eventualidad de fenómenos o eventos aleatorios, bajo los cuales se producen pérdidas, principalmente económicas” (Pizarro, Flores V., Sangüesa P., Martínez A., & García R., 2004, pág. 17)

Para ello, se establecen los siguientes cálculos, para determinar las dimensiones necesarias para la construcción del dique, según pendientes, distancias y precipitaciones ocurridas en 38 años desde 1980 hasta 2018. Estos datos pluviométricos, fueron recogidos desde la Dirección Meteorológica de Chile - Servicios Climáticos, de la estación pluviométrica Nonguén Essbio, siendo la más cercana a Chigüayante y actualmente activa, aportando con la información necesaria, de cada día y mes del año. Para esto, se utilizan las máximas precipitaciones diarias registradas en cada mes de los años dentro de este período de tiempo (*Ver anexo 2, Tabla 1*). Este factor, permitirá entender el período de retorno definido como el tiempo que transcurre entre dos fenómenos de las mismas características. Para ello, se construye el gráfico de curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) del sitio, y que permitirá conocer las diferentes intensidades de precipitaciones de diseño. Para la construcción de este gráfico, se deben conocer el comportamiento de las precipitaciones mediante una curva que entrega la intensidad media en función de la duración y la frecuencia. (*Gráfico figura 78.1*). Conociendo este parámetro, es posible pasar al siguiente paso, que es el dimensionamiento del dique, en función de las precipitaciones en un determinado tiempo. Para este proyecto, se considerará un período de retorno de 25 años, puesto que Chigüayante es una ciudad que cae en la categoría de ciudad media a grande, por lo cual, es un número ideal para estas áreas urbanas.

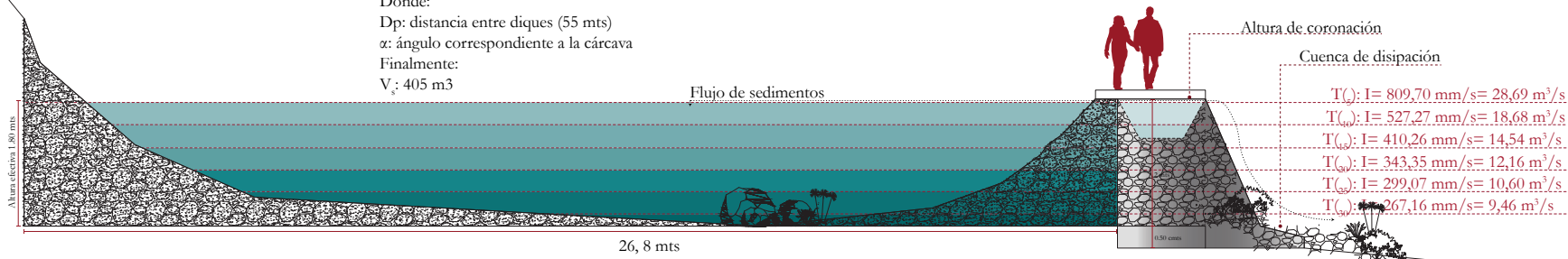
Figura 78: Explicación de Estrategia 2. Instalación de Diques y Muros de Contención.

Cálculo de curvas IDF (Intensidad - Duración - Frecuencia)
Datos recogidos de estación pluviométrica Nonguén Essbio



DIQUE | Sección lateral

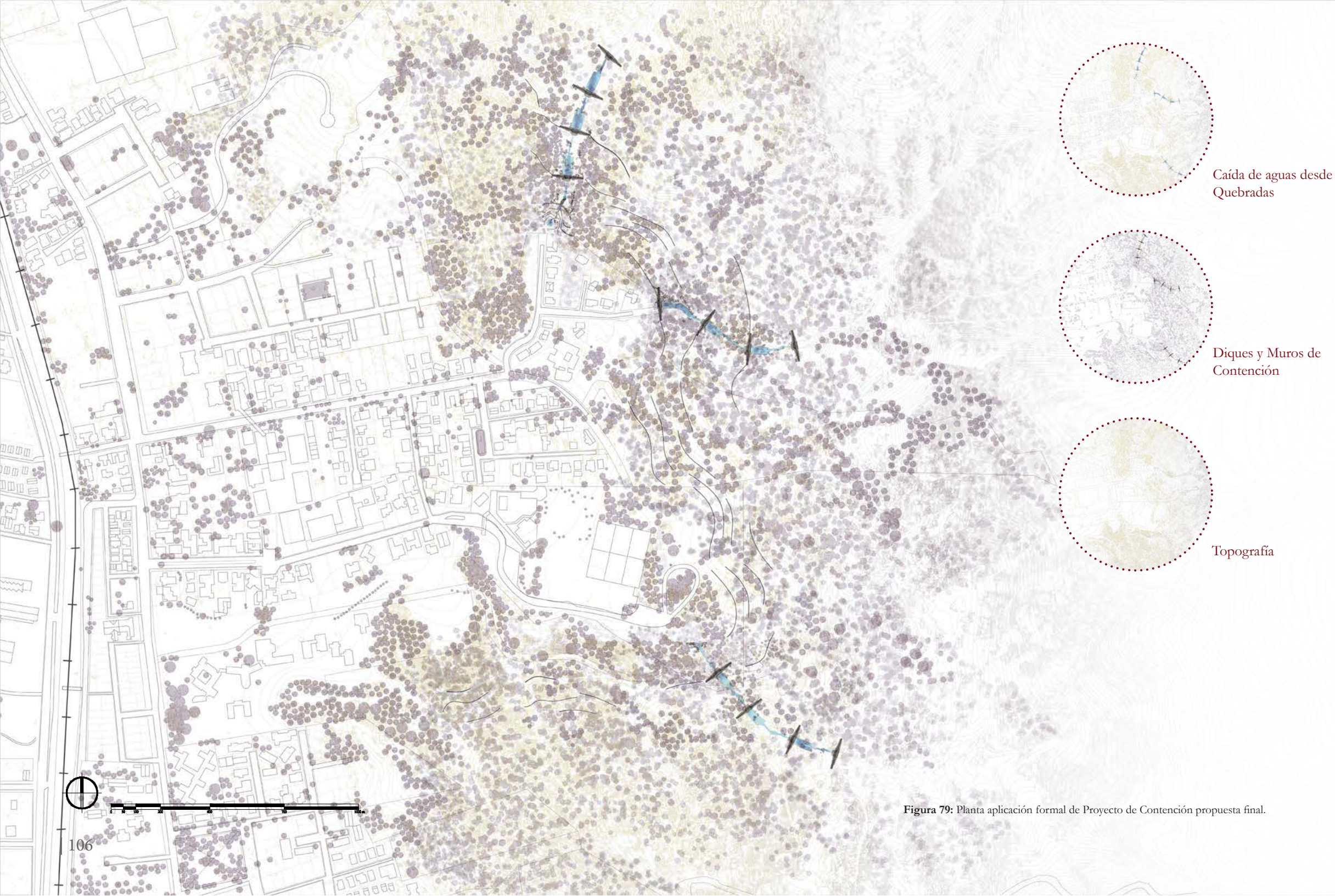
Cálculo de volúmen máximo de sedimento posible de almacenar detrás del dique dada por la siguiente ecuación:
 $V_s = \text{Volúmen Máximo}$
 $V_s = 0.5 H_e \times A_p \times D_p \cos(\alpha)$
Donde:
Dp: distancia entre diques (55 mts)
 α : ángulo correspondiente a la cárcava
Finalmente:
 $V_s: 405 \text{ m}^3$



Cálculo de caudal de diseño a partir del método racional:
 $Q = (C \times A_i) / 3.6$, donde:
Q: Caudal de diseño (m³/s)
C: Coeficiente de escorrentía (0.58), determinado según tipo de suelo y pendientes >6% de la quebrada.
I: Intensidad precipitación determinado para un tiempo de concentración (T_c) (mm/h)
A_i: Superficie de aportación de aguas (km²).

Niveles de crecidas de agua, para un período de retorno de 25 años.

Figura 78.1: Explicación de Estrategia 2. Cálculo de Ssección lateral dique. Esquema de volúmen de sedimentos.



Caída de aguas desde
Quebradas

Diques y Muros de
Contención

Topografía

Figura 79: Planta aplicación formal de Proyecto de Contención propuesta final.



Figura 80: Parque Natural El Garraf. Sistema de aterrazamientos en vertederos de la ciudad como sistema de recuperación de ecosistemas.

Posteriormente, lo que queda es el cálculo del caudal de diseño que permitirá conocer las medidas más favorables para la construcción del dique/s, aunque estas medidas pueden variar, dependiendo de las condiciones del terreno y sus características morfológicas. Este cálculo está dado por la ecuación que se puede ver en la imagen 78, considerando el coeficiente de escorrentía (C), determinado por el tipo de suelo de la zona “con una textura franco arcilloso arenosas, ligeramente plásticos y adhesivos, en húmedo y duros y compactos, en seco” (Pladeco, 2006). Según en la información recopilada para el diseño, este coeficiente depende del porcentaje de permeabilidad, de la pendiente y las características de escarchamiento de la superficie, el que seleccionado para esta zona, queda en la categoría de suelos con baja velocidad de infiltración, incluyendo en el número un factor de seguridad que va de 0 a 1, siendo 1 lo más propicio en cuanto a seguridad, pues de esta manera, el caudal de diseño, no corre el riesgo de desbordarse por los costados del dique, dañando la superficie y finalmente, el diseño final del dique.

Por último, se calcula la superficie de captación de aguas lluvias, la que proporciona directamente el agua a la estructura que posteriormente será evacuada por la obra medida en km^2 . Para ello, se verifica, según las cuencas en una de las quebradas, que la superficie aportadora, es de 0.22 km^2 . Medida que se establece para la construcción de los diques en las tres quebradas, pues es un sistema replicable para cualquier tipo de quebrada de igual o menor superficie. Para terrenos más grandes, el sistema constructivo tendría que ser otro.

Luego, los factores a considerar para las dimensiones que tendrá el dique, es el área del vertedero, zona por donde evacuará el caudal de diseño, rebosando por el centro del dique de retención, sin alcanzar los lados del dique, lo que podría erosionar las paredes de la cárcava. La forma que tendrá este vertedero es trapezoidal, pues son mejores porque son

más eficaces desalojando ramas y restos que puedan quedar atrapados. En la tabla 2 (*Anexo 3*), se muestran algunas de las dimensiones para un vertedero, en función del ancho y altura del mismo, considerando el máximo de agua permisible sobre la coronación de éste. Por otro lado, se efectúa el cálculo de la longitud que tendrá el dique que cerrará la cárcava o rotura del terreno, teniendo las medidas con ayuda de planimetrías y fotos del sitio en cuestión. Finalmente, se establece un cálculo final para determinar la cantidad de volumen máximo de sedimentos que es posible almacenar detrás del dique de retención, y en el cual se establecerá una distancia parcial (D_p) de 55 mts aprox., según la altura del dique y el ángulo de inclinación de la cárcava.

Por otro lado, se propone la construcción de muros de contención que permitirán controlar aquellas zonas de más altas pendientes del terreno. En su mayoría, las medidas estándares para esta técnica, va de 1.8 a 2 mts de altura, construyéndose de materiales locales. Para el cálculo de estos muros, se implementó una ecuación que permitiera establecer un distanciamiento vertical (IV) y horizontal (IH). Las medidas generales de construcción están en la razón 1:0,3 en la que, por cada metro de altura, se debe ensanchar 0.3 cmt. En cualquier caso, la base debe tener un mínimo de 0.45 m. La altura del muro, dependerá como siempre, de las condiciones del terreno, en este caso, se mantendrá la altura utilizada para diques también de 2 mts de altura, pues las condiciones siempre son las mismas.

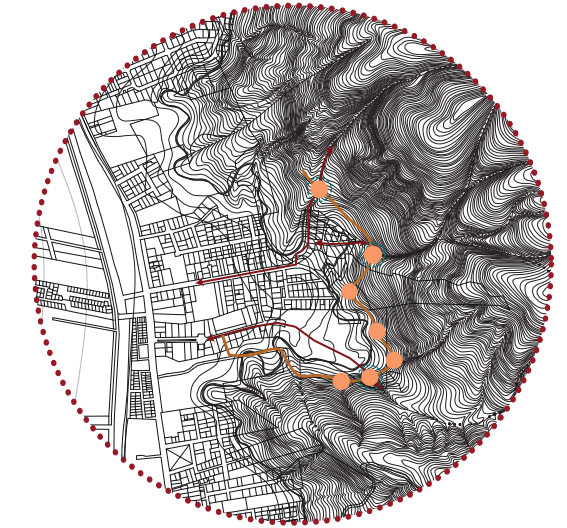
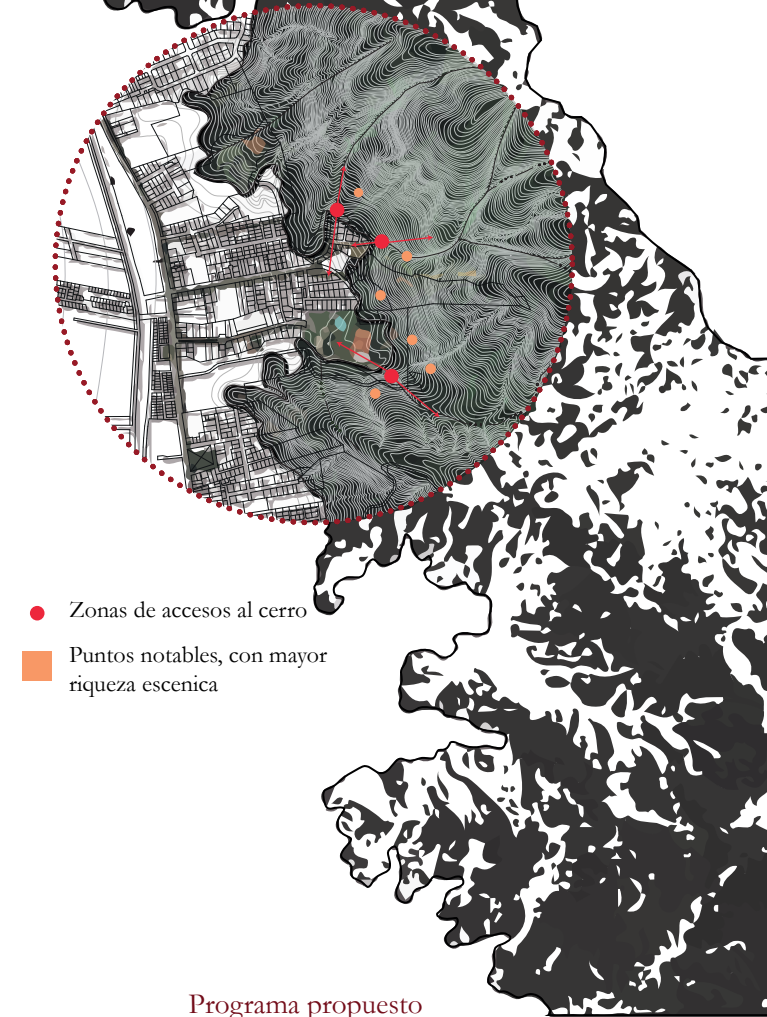
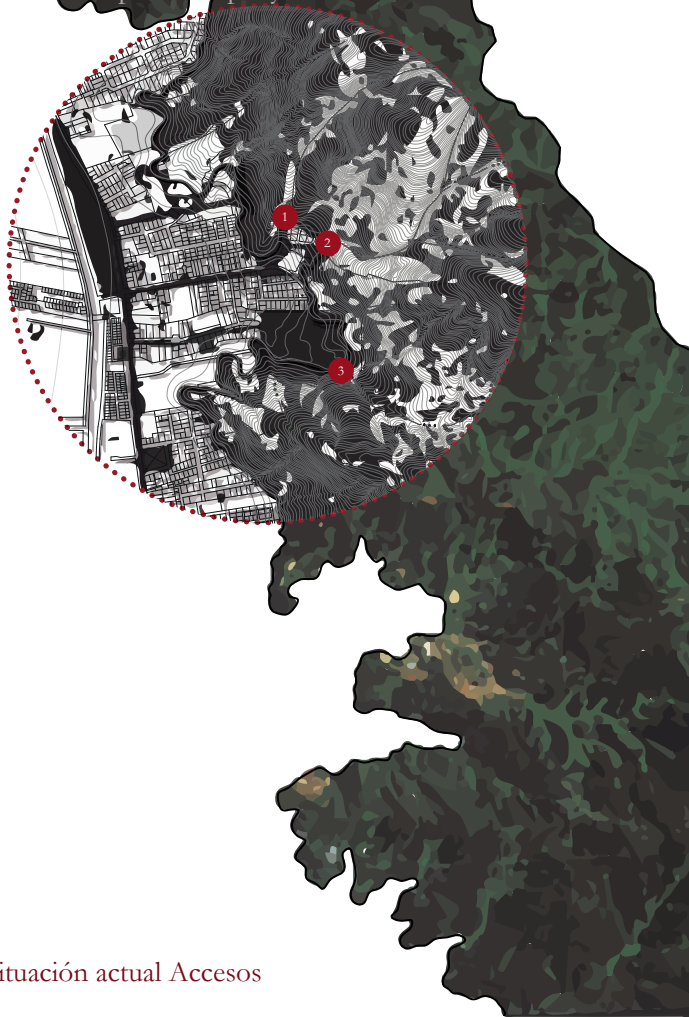
Para comprender cómo estos dos sistemas se unen dentro del proyecto, se generaran conexiones transversales en algunos diques, que vayan entrelazando las terrazas contenidas por los muros, de manera, que ciertos recorridos puedan acompañar a los senderos del parque, generando un sistema de recorridos al interior. Esta propuesta, establece también movimientos topográficos, dando paso al uso programático, de manera de generar espacios notables para el deleite paisajístico permitiendo el encuentro social, mientras actúan como agentes estabilizadores del terreno. (*Figura 79*).

ESTRATEGIA 3 |

1. Zona urbana e infraestructura del sitio. Reconocimiento de aquellas áreas residuales y/o lugares notables dentro de la pieza de proyecto.

2. Áreas con potencial para el desarrollo de un parque y que conecte con el área natural y zonas urbanas residuales.

3. Esquema de aproximación para accesibilidad, programa y recorrido



- Zonas de accesos al cerro
- Puntos notables, con mayor riqueza escénica

- Miradores
- Sendero Principal
- Encuentro de diques y sendero
- Sistema de accesos y paseos peatonales

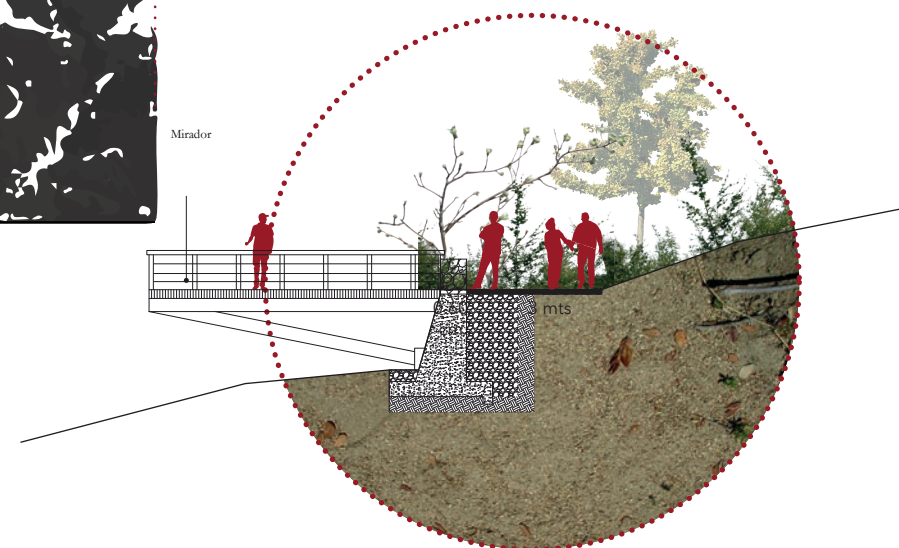
Situación actual Accesos



Programa propuesto



Sección tipo senderos



5.2.3 Estrategia 3 | *Accesibilidad/ Programa/ Recorridos*

Chigüayante tiene la característica principalmente de ser una ciudad dormitorio, puesto que la mayor fuerza de trabajo se concentra en Concepción, donde los tiempos de viaje entre ambas ciudades fluctúan entre los 20 a 30 minutos. Al mismo tiempo, se reconocen dentro de la ciudad pocas áreas de recreación para los habitantes, siendo el cerro la mayor fuente de naturaleza y áreas verdes disponibles no ocupadas en la ciudad. Por lo mismo, existe la necesidad de considerar un área de recreación para la población que vive aquí sin tener un área verde disponible en los terrenos inmediatos de cada vivienda. En ese sentido, cuando ya se han establecido los factores de riesgos más relevantes y propuesto las estrategias que permitirán controlar estos fenómenos, se presenta una tercera variante dentro del proyecto de paisaje.

Por lo tanto, una tercera estrategia, es la consolidación de un sistema programático que active el área de estudio y contemple, tanto la accesibilidad desde la ciudad al cerro, el programa que se dispondrá y los recorridos al interior del parque, buscando una interacción entre estos tres elementos.

a) Accesos

La accesibilidad se establece desde los tres puntos iniciales de cada quebrada, dando paso a la transición entre ciudad y naturaleza, pues en la actualidad estas zonas, no representan una fuente de recreación para la comunidad pues en la realidad, estos se encuentran cercados o actuando como espacios de almacenamientos de escombros o sitios abandonados. Por lo tanto, se está perdiendo una parte importante de terreno, perdiendo la posibilidad de dar una vida más activa a la comunidad, permitiendo la integración de las partes. (Figura 81)

Esta estrategia, contempla tres plazas de acceso ubicadas en cada quebrada, cada una teniendo un carácter diferente en su manera de acceder, pues las condiciones del lugar, me permiten determinar diferentes situaciones. En ese sentido los accesos al parque quedan definidos de la siguiente manera:

a.1) Acceso Quebrada 1. Esta entrada, tiene la virtud de ser el cual contemple un estacionamiento, acompañado de un paseo peatonal de pavimentos duros, culminando en el piedemonte del cerro, en una plaza dura encontrándose con lo más natural del cerro, dando paso a una especie de anfiteatro con un carácter más boscoso con vegetación arbustiva y un pequeño estanque de agua espejo, que recogerá las aguas que vengan desde la quebrada, para posteriormente ser canalizadas por la ciudad, hacia el Río Biobío, y así evitar situaciones de riesgos por inundaciones.

a.2) Acceso Quebrada 2. En la segunda quebrada, se propone como el acceso principal al parque. Esta por ser un área más amplia, se le asigna una función más recreativa, lo cual permite generar una plaza colindante al cerro en donde se propone un área de jardines que contempla la implementación de espacios de juegos de aguas, las que serán proporcionadas por el caudal que viene de las quebrada, pues se mantiene activo constantemente, que tendrá el nombre de Plaza del Agua, y que estará acompañado de una zona de deportivas al aire libre. Este acceso, contempla, además, la incorporación de un anfiteatro aterrazado en donde es posible acoger cualquier tipo de eventos culturales al aire libre, desde ferias libres hasta concierto, activando este punto de manera constante. La llegada a este acceso, será mediante la implementación de un paseo peatonal de suelo duro culminando en la quebrada, para luego dar paso a los recorridos al interior del parque.

Figura 81: Explicación Estrategia 3. Implementación Accesos, Programa y Recorridos. .



Figura 82: Planta de aplicación formal de poryecto de programa propuesta.



Figura 83: Parque El Bosque Santiago.

a. 3) Acceso Quebrada 3. Finalmente, el último acceso, tendrá un carácter de flujo peatonal transitorio, puesto que es un lugar menos transitado y visitado, se propone la incorporación de rampas que permitan llegar al piedemonte del cerro de manera más pausada, en el encuentro de una zona de picnic, y en donde se propone una situación más contemplativa del paisaje que rodea el lugar.

b) Programa

El programa del parque, como se indicaba anteriormente, quedará definido por estas tres plazas de accesos, en las que se propondrán la implementación de infraestructura adecuada que acompañe estas zonas, como es la incorporación de cafés y estacionamientos. Por otro lado, está el programa de miradores ubicados en ciertos lugares al interior del cerro, que potencien la vista hacia la ciudad a modo de puntos notables dentro del cerro, privilegiando su carácter visual y el encuadre hacia la ciudad desde cada mirador, estos sitios son aquellos de mayor belleza escénica. De igual manera, se propone la incorporación de áreas de picnics para los visitantes y las familias.

c) Recorridos

Finalmente, los accesos ya definidos anteriormente, darán paso a la manera en cómo se recorre el parque en su interior y longitudinalmente. Estos recorridos, estarán caracterizados por un sendero principal a modo de sendero interpretativo, pues tendrá la facultad de ser recorridos de manera individual, con la ayuda de señalética que permita guiar al usuario. Este sendero irá conectando los espacios notables como los miradores o áreas de picnic. En estos espacios notables, se propone la incorporación de señalética que permita dar conocimiento al usuario sobre la flora y fauna del lugar, y también otros tipos de información, como en qué punto se encuentra la persona, hacia donde va, las zonas administrativas, baños o puntos de hidratación. Estos recorridos, irán en

algunos sitios, acompañados de bancas, sombradores, cercas, postes con señales interpretativas, rampas, entre otros.

Este sendero principal, tendrá la función de conectar en la parte más alta, a los diques de contención de cada quebrada, así, las tres quebradas quedarán unidas naturalmente, mediante este camino principal. Por otro lado, estos recorridos, se unirán en algún punto con los muros de contención generando otros senderos de menor longitud pero que permitirán recorrer el parque de diferentes maneras, y no siempre por el mismo recorrido principal. Para el sendero principal, el ancho será entre 2 a 3 metros, siendo mayor en aquellos sitios donde haya un encuentro con un mirador o muro de contención, pudiendo generarse un espacio de descanso, y aquellos senderos menores, tendrán un ancho variable de 1,5 a 2 metros. Estos senderos mantendrán una pendiente constante, variando entre 10% a 12% de pendiente, según las condiciones del terreno, permitiendo que sean recorridos de manera pausada y cómoda para el usuario.

De esta manera, queda definida la tercera estrategia, en la que la accesibilidad, programa y recorrido, permiten generar esta transición entre ciudad y cerro, activando las áreas que hoy en día, se encuentran sin programa y en su mayoría, abandonadas.



Figura 84: Planta de Proyecto General.

5.3 Aproximación al Proyecto de Paisaje

Finalmente, cuando ya se han establecido las estrategias para la configuración de un proyecto de paisaje, en cunato a la reforestación, contención y programa, se propone la articulación de estos tres componentes fundamentales para la configuración del proyecto final.

Considerando la identificación de todas las características necesarias del sitio, se dispone a diseñar cada una de las aristas que componen este proyecto y a relacionarlas entre si, de manera que haya una sinergia entre las partes, a modo de poder comprender este proyecto, como una gran pieza final.

Por lo tanto, la propuesta gira entonces en torno a la relación entre sus partes fundamentales, reforestación, contención y accesibilidad. En tanto, los tres momentos importantes de este parque, se generan en los tres accesos que contemplan diferentes situaciones propuestas, activando las tres puntos y otorgando un nuevo carácter al sitio. Al momento de identificar aquellos elementos que compondran el proyecto, se toma el valor las características propias del lugar. En este caso, se consideran los pavimentos duros como situación preexistente, dando paso a los recorridos peatonales que estarán acmpañadas de la vialidad exitente. Por otro lado, para la implementación de los senderos, se consideran algunas huellas preexistentes, que den las pautas para la necesidad de completar dichas huellas que ha dejado el hombre.

Por último, la propuesta de Arquitectura del Paisaje, queda definida con estos principios importantes, relacionando las partes, mediante los suelos, el programa y vegetación. (*Figura 84*)

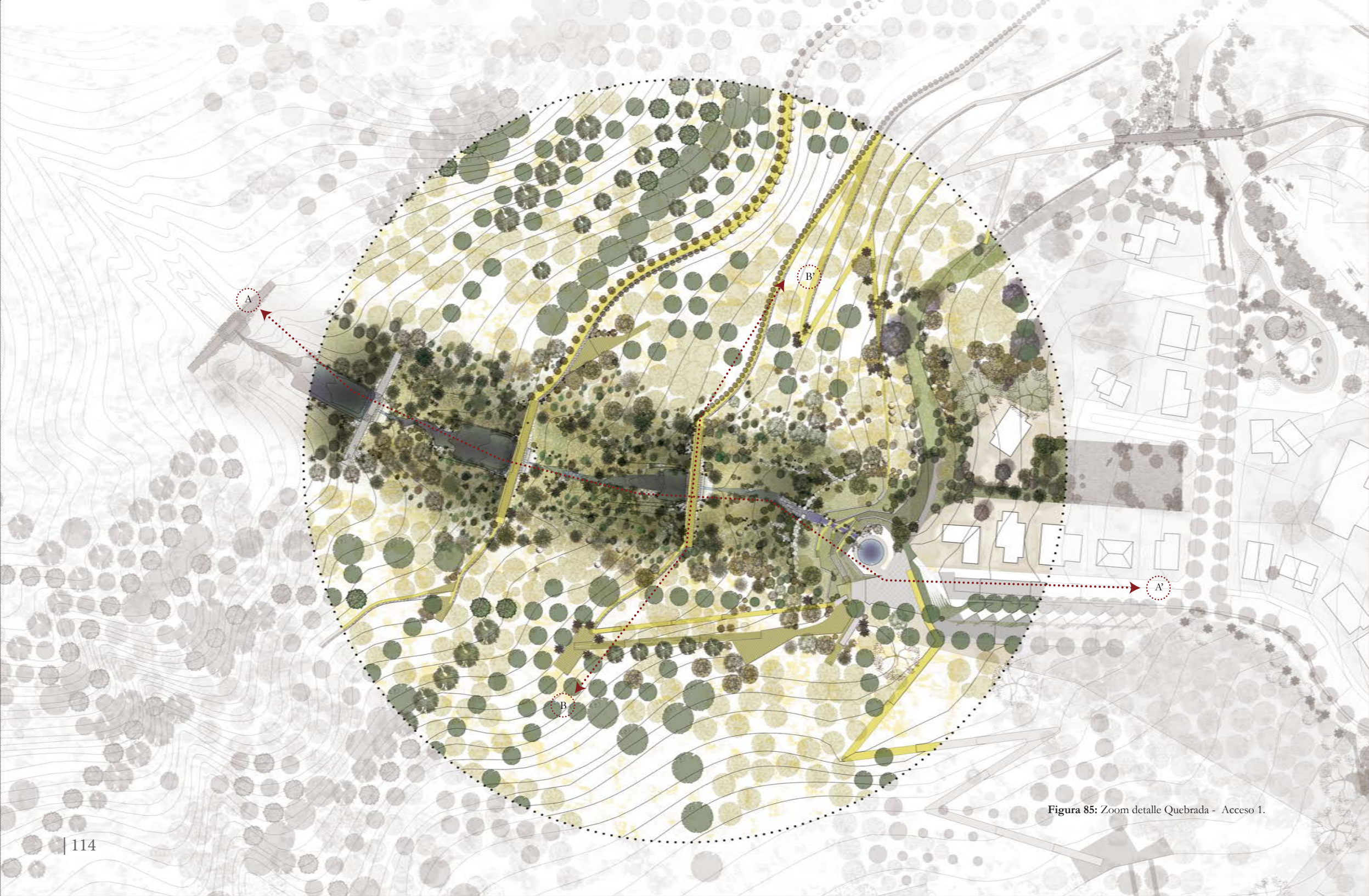


Figura 85: Zoom detalle Quebrada - Acceso 1.

CORTE LONGITUDINAL A- A' | Esc. 1:250

Corte Detalle - Plaza de Acceso | Esc. 1:100

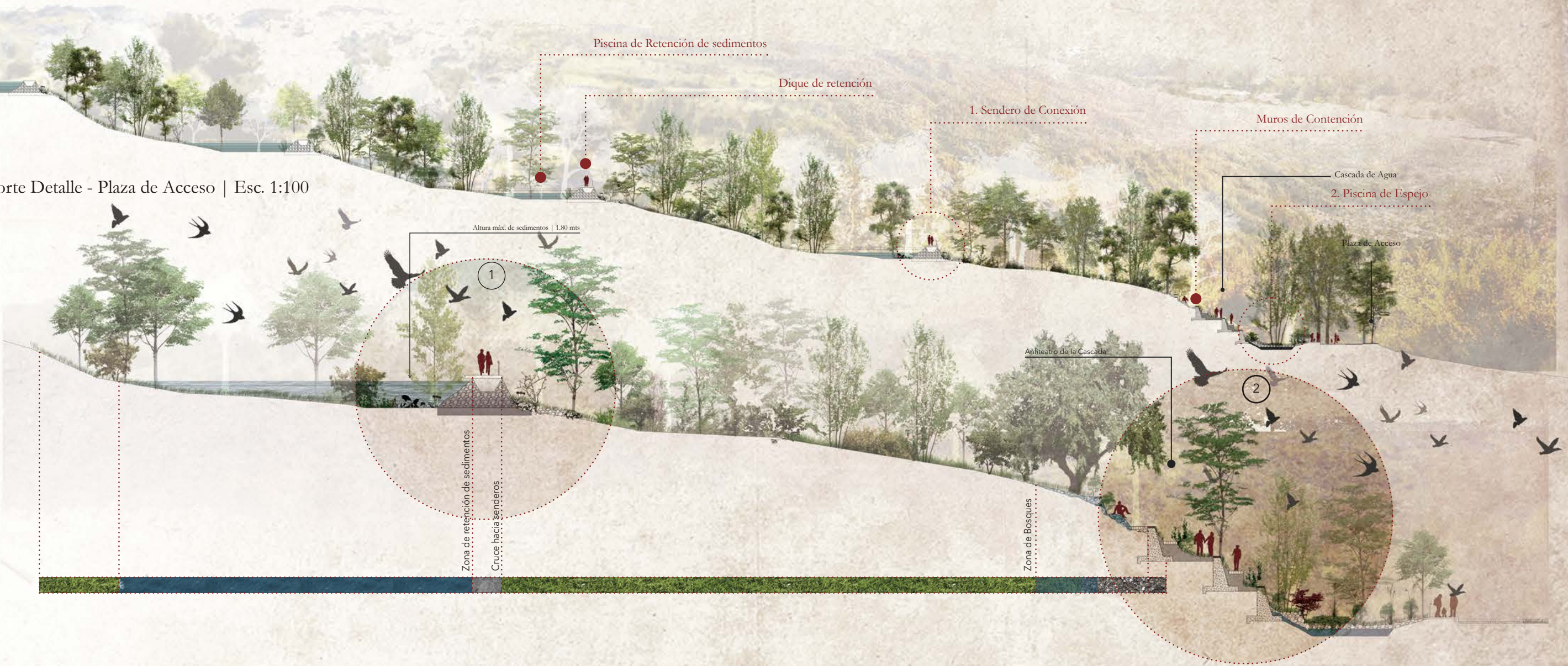


Figura 86: Corte Longitudinal y detalle | Quebrada 1

CORTE TRANSVERSAL B -B' | Esc. 1:250



Corte Detalle - Dique y Mirador | Esc. 1:100



Figura 87: Corte Transversal y Detalle |
Diques y Muros de contención



Figura 88: Imágenes de Proyecto | Quebrada 1

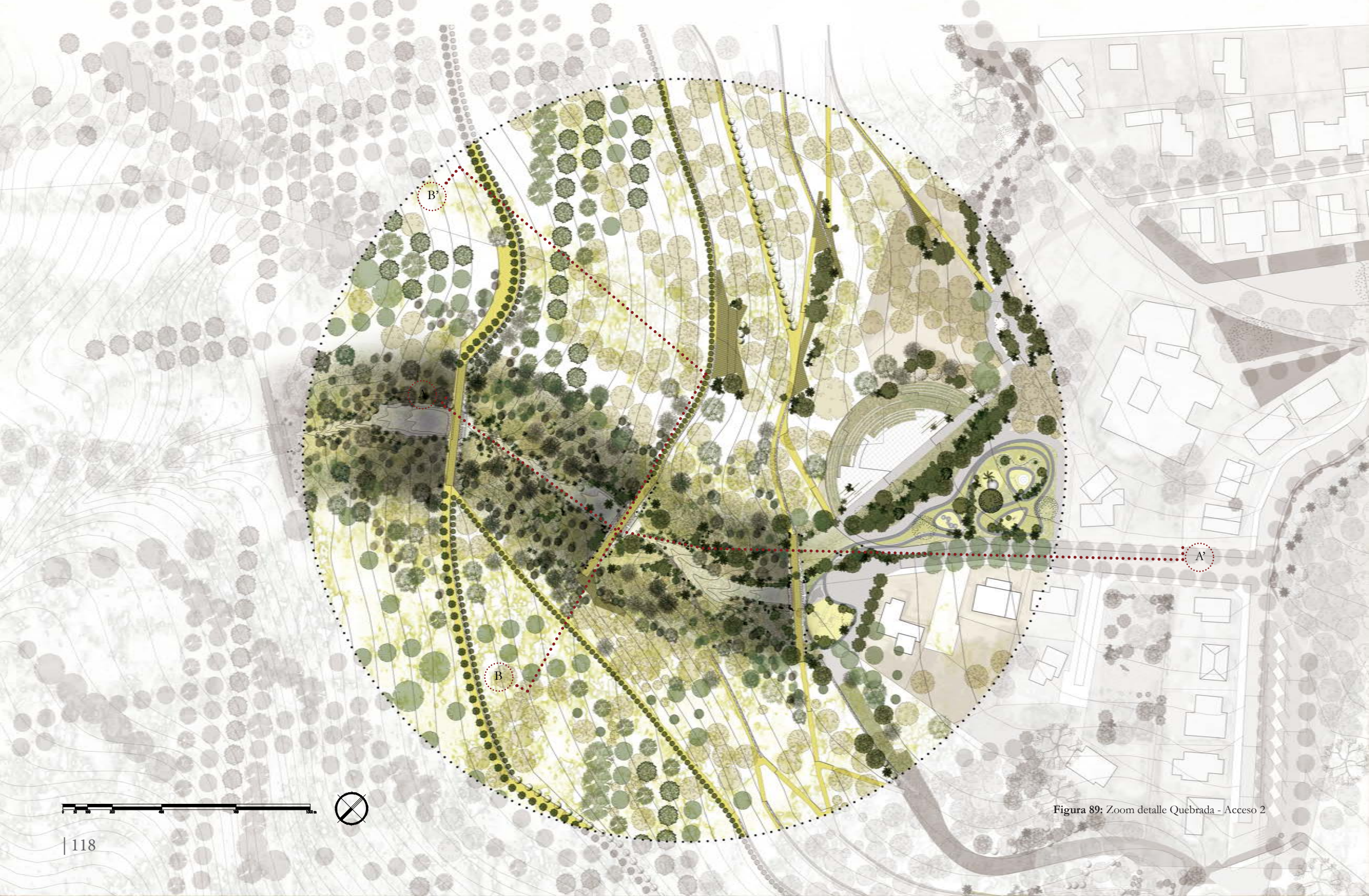


Figura 89: Zoom detalle Quebrada - Acceso 2

CORTE LONGITUDINAL A - A' | Esc. 1:250

Corte Detalle - Plaza del Agua | Esc. 1:100

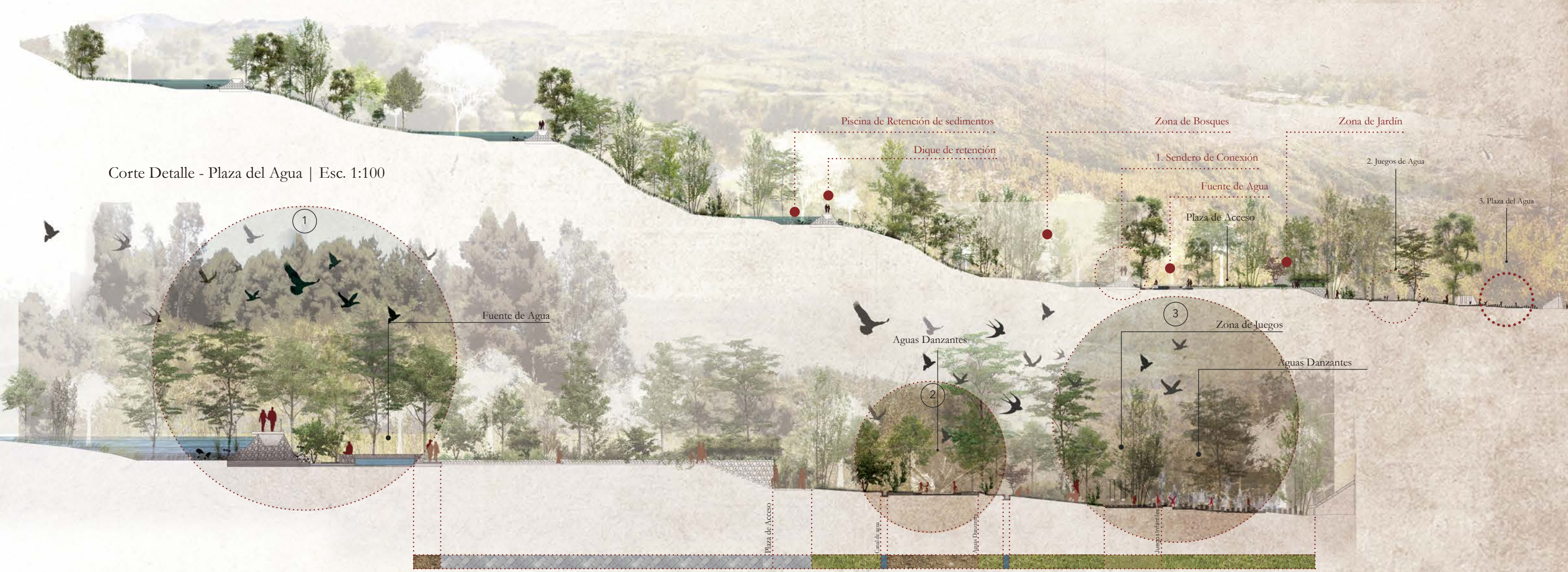


Figura 90: Corte longitudinal y detalles | Quebrada 2

CORTE TRANSVERSAL B - B' | Esc. 1:250



Corte Detalle - Reforestación y Mirador | Esc. 1:100



Figura 91: Corte transversal y detalle |
Recorridos y miradores.



Figura 92: Imágenes de Proyecto | Quebrada 2



Figura 93: Planta zoom Quebrada - Acceso 3

CORTE LONGITUDINAL A - A' | Esc. 1:250

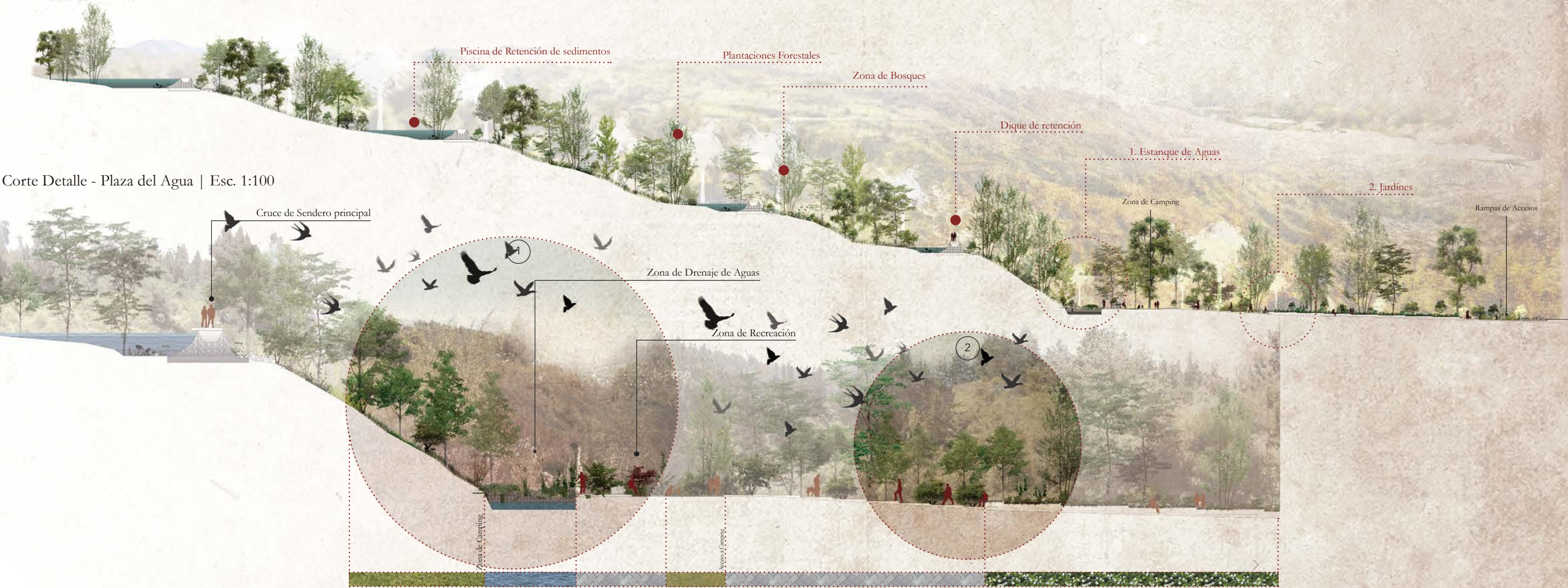
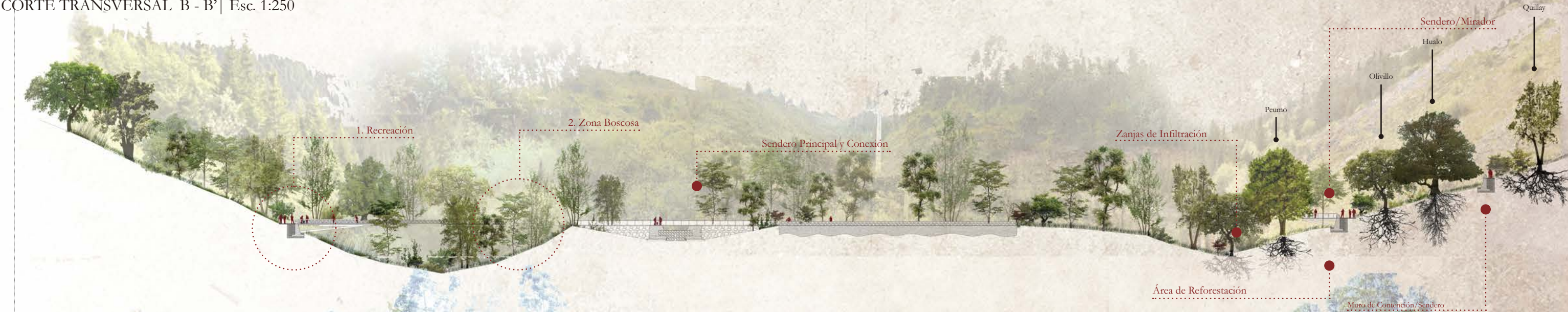


Figura 94: Cortes longitudinal y Detalle | Quebrada 3

CORTE TRANSVERSAL B - B' | Esc. 1:250



Corte Detalle - Miradores - Senderos | Esc. 1:100



Figura 95: Corte Transversal y detalle | Miradores



Figura 96: Imágenes de Proyecto | Quebrada 3

Conclusiones Finales

La investigación de esta tesis proyectual, ha intentado demostrar la creciente vulnerabilidad a la que nos encontramos producto del cambio climático y los constantes desastres naturales que enfrenta el país, los que, con el paso de los años, va aumentando significativamente, pues el calentamiento global y el cambio climático, son temas contingentes en la actualidad nacional e internacional.

El territorio nacional, por su parte, se ha visto afectado en gran medida por los desastres naturales, comprobando que como país, aún no estamos preparados para enfrentar de mejor manera, estos fenómenos naturales. Pues, el paso de un desastre, deja consecuencias en la vida de las personas, en cuanto a pérdidas de viviendas y vidas humanas, siendo los factores que representan un mayor interés de cuidado cuando ocurren estos eventos climáticos.

Por lo tanto, analizar el territorio desde la recopilación de información, que permita develar los deferentes paisajes en crisis, permitirá en un futuro, poder emplear las herramientas necesarias y los planes de acción para contrarrestar estos fenómenos, y actuar desde la gestión del riesgo como una herramienta que ayude a la planificación de las ciudades, considerando un factor de vulnerabilidad presente, que aún se encuentra patente.

La incorporación de un proyecto de Arquitectura del Paisaje en la gestión del riesgo, contribuye a la recuperación de sitios o territorios, constantemente amenazados por la naturaleza, pero no desde una mirada netamente ingenieril, sino que también, incorpora el elemento paisajístico como principal eje articulador de un proyecto. En este caso, la variable ingenieril, trata de ir de la mano con el proyecto de paisaje, pues, no se busca solamente mitigar el problema, sino que también, se pretende la vitalización de zonas verdes abandonadas y por sobre todo, la activación de un espacio natural cerrado para la comunidad, con un gran potencial de ser un parque natural o similar, pues este proyecto, intenta recuperar los aspectos ecológicos del territorio en general.

Al proponer este tipo de proyectos, lo que se espera, es poder generar propuestas que sean sustentables para el ecosistema,

sin seguir alterando el sistema geográfico, y por tanto, que sean capaces de adaptarse a las perturbaciones constantes a las que se encuentra esta comuna y otras ciudades del país. Pudiendo, de esta manera, encontrar la alternativa para que el territorio afectado, pueda recuperarse con más facilidad y con más fuerza, generándose nuevas instancias entre los ecosistemas vivos.

Para el caso específico de Chigüayante, se reconocen múltiples factores que desencadenan aquellos fenómenos que alteran el transcurso normal de un territorio, y que generan un impacto mayor en su morfología. La investigación, buscó plantear una discusión en torno al reconocimiento de un paisaje en crisis y las múltiples aristas que afectan al territorio. Entre los que se reconoce, una vegetación degradada por las constantes prácticas antrópicas propias de una ciudad en crecimiento, o la segregación de la ciudad, relegada a ciudad dormitorio, sin potenciar aquellos puntos relevantes de una comuna que crece.

Por otra parte, se trata de entender el territorio desde su fragilidad morfológica, poniendo sobre la mesa, aquellos puntos relevantes que debilitan su morfología y lo vuelven vulnerable. Conociendo a fondo las condiciones físicas del contexto geográfico, se puede entender que la ciudad no responde de buena manera a la práctica del crecimiento urbano, pues se olvida de la vulnerabilidad a la que se expone el individuo frente a estos fenómenos. Por su parte, limita la accesibilidad al recurso natural más valioso que rodea de norte a sur a la ciudad, dejando al habitante y visitante, sin un recorrido que permita una relación entre el ciudadano y el paisaje.

Por lo tanto, la propuesta de esta tesis, plantea la necesidad de definir una pieza de transición entre la ciudad y este paisaje en crisis, con la intención de investigar, analizar y concebir una compatibilización de los componentes, de manera que puedan converger y dar cabida a la interacción social y ecológica de la zona. La integración de las partes, se plantea desde la base de tres aspectos fundamentales estudiados a fondo durante el desarrollo de la tesis, y que se identifican con mayor fuerza en el proyecto final: el aspecto climático, el aspecto ecológico y el aspecto social, en el cual, se desarrollan las estrategias abarcando estos tres aspectos fundamentales para la elaboración del proyecto.

El planteamiento que se propone, radica en la idea de consolidar una parte del área urbana, manteniendo el control del fenómeno natural, haciéndose cargo de este, y que al mismo tiempo recoja la vulnerabilidad, sin desconocer que, eventualmente, seguirá habiendo deslizamientos, aluviones u otros tipos de desastres que afecten la morfología del suelo, pero que no representen un factor de riesgo constante para la población, sino que se pueda intentar compatibilizar estos ámbitos antes mencionados. Entender que el territorio seguirá manteniendo estos cambios en relación a los desastres, y lo que debemos hacer como agentes externos a estos fenómenos, es gestionar proyectos que puedan involucrar el buen funcionamiento del territorio, abarcando todos los ámbitos posibles, desde considerar lo social, los aspectos ecológicos, y climáticos, culminando en un ecosistema que se nutra uno del otro.

Es por ello, que la tesis plantea una integración entre el desastre, lo ecológico y social, presentando estrategias que atacan cada una de las aristas, pero que finalmente, generan esta relación, transición y convivencia, facilitando el desarrollo de la ciudad, otorgándole al mismo tiempo, un nuevo espacio verde, potenciando la recreación y la interacción social. A través de las estrategias planteadas, se develan posibilidades de comprender el paisaje como un sistema, en donde, mediante el proyecto, los diferentes elementos, se benefician unos de otros. De esta manera, el producto planteado, deja de manifiesto un modelo de infraestructura que intenta enlazar los diferentes ámbitos en una pieza final.

Por lo tanto, la tesis es planteada desde la idea de réplica en otros sitios de iguales características dentro de la ciudad o fuera. Las estrategias exploradas, podrían ser utilizadas tanto en el contexto de las quebradas del cerro en su totalidad, como en otros lugares de Chile, donde el desastre y la morfología, sean un factor fundamental, pudiendo implementarse estas estrategias de mitigación.

Mediante este modelo replicable de mitigación del fenómeno y su implementación en ciertas quebradas en la extensión del cerro, permitirá generar un traspaso entre la ciudad y el recurso natural, propiciando a la recuperación del suelo, su vegetación y biodiversidad, para un aprovechamiento por parte del usuario, donde éste último se beneficie de los bienes y servicios de

los ecosistemas en equilibrio.

Finalmente, se reconoce dentro de las estrategias planteadas, que ponen en valor el cordón montañoso de la Cordillera de la Costa, como un recurso natural importante e imponente que se va perdiendo como espacio de recreación y degradando a lo largo del tiempo producto de las malas prácticas del hombre, por lo que se debe generar conciencia de que es un recurso natural que hay que proteger de las plantaciones forestales y el crecimiento urbano desmesurado sin cuidado. Si bien, la propuesta se desarrolla en un sitio específico, Chigüayante, sus quebradas y laderas, esta investigación abre la posibilidad de cuestionarnos qué es lo que se debe hacer ante el inminente suceso de un desastre natural y más que prevenir, cuáles son las herramientas necesarias para incorporar estas dinámicas de cambio, en el desarrollo de ciudades, sin que sea demasiado tarde. Por otro lado, permite mirar las quebradas, como oportunidades para la relación entre la ciudad y el paisaje, estableciendo una unión que genere un tejido verde, capaz de convivir con las dinámicas de cambio del paisaje.

Bibliografía mínima |

Capítulo 1 |

- Castelli, L., Spallasso, V., & Aristarain, G. (2007). *Planificación y Conservación del Paisaje*. Argentina : Fundación Naturaleza para el futuro.

- Clément, G. (2004). *Manifiesto del Tercer paisaje* . París: Editions Subject/Object.

- Europea, Comisión. (2014). *Contruir una Infraestructura Verde para Europa*. Recuperado [<http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/GI-Brochure-210x210-ES-web.pdf>]

- Filiz, C. (2013). Ecological Landscape Design. In *Advances in Landscape Architecture*. IntechOpen.

- Forman, R. T., & Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. California : New York Wiley.

- García García, M., & Borobio Sanchiz, M. (2012). *El Paisaje como medio para la Planificación Territorial: Landscape is a Medium for Regional Planning*. 18.

- J.A., G., Taguas, E. V., Vanwalleghem, T., Giraldez, J. V., Sanchez, F., Ayuso, J. L., . . . Mora, J. (2011). *Criterios técnicos para el control de cárcavas, diseño de muros de retención y revegetación de paisajes agrarios. Manual del operador en inversiones productivas*. Sevilla: Junta Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.

- Jara Herrera, R. L. (2017). *Oportunidades y desafíos para el desarrollo de sistemas de infraestructura verde, estudio de casos en Chile*. .

- Leatherbarrow, D. (2004). *Topographical stories: studies in Landscape and architecture* . Philadelphia: University of Pennsylvania Press.

- Mardones, M., Echeverría, F., & Jara, C. (2004). *Una contribución al estudio de los desastres naturales en Chile Centro Sur: efectos ambientales de las precipitaciones del 26 de junio del 2005 en el área Metropolitana de Concepción*. Investigacion Geograficas Chile, (38).

- Moreno, O. (2009). Arquitectura del Paisaje: Retrospectiva y prospectiva de la disciplina a nivel global y latinoamericano. Enfoques, tendencias, derivaciones. *Revista de Arquitectura*, 15 (19).

Moreno F., O. (2013). Paisajes Resilientes. Reflexiones en torno a la reconstrucción de territorios desde el manejo y diseño de infraestructuras verdes, en el marco de las estrategias de gestión de riesgo ante desastre. *Nadir: Revista Electrónica de Geografía Austral*, 1 , 1- 19.

- Murphy, M. D. (2016). *Landscape Architecture Theory*. Island Press.

- Salas, E. (2002). *Planificación Ecológica del Territorio: Guía metodológica*. Santiago, Chile: Patricia Busxton MS Comunicaciones Ltda.

- Vásquez, A. E. (2016). Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho de Santiago de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, (63), 63-86.

- Vásquez, A., & Romero, H. (2005). Evaluación ambiental del proceso de urbanización de las cuencas del piedemonte andino de Santiago de Chile. *Eure (Santiago)*, 31(94), 97-117.

- Welz, J., & Krellenberg, K. (2016). Vulnerabilidad frente al cambio climático en la Región Metropolitana de Santiago de Chile: posiciones teóricas versus evidencias empíricas. *EURE (Santiago)*, 251-271.

Capítulo 2 |

- Barton, J. (2009). Adaptación al cambio climático en la planificación de ciudades-regiones. *Revista de Geografía Norte Grande*, 43: 5-30.

- Caputo, M. G., & Herzer, H. (1987). Reflexiones sobre el manejo de las inundaciones y su incorporación a las políticas de desarrollo regional. *Desarrollo Económico* , 245-260.

- Cifuentes, L., & Meza, J. (2008). Cambio Climático: consecuencias y desafíos para Chile. *Temas de la agenda pública*, 3 (19).

- Corporación Nacional Forestal (CONAF). (2018). *Documento Testimonial y Análisis de los Efectos del Cambio Climático en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado*. Santiago, Chile.
- Farías, F., & Jadrijevic, M. (2017). *Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022*. Oficina de Comunicaciones y Prensa del Ministerio del Medio Ambiente.
- Henríquez, C., Nicolle, A., & Quense, J. (2016). Zonas de catástrofe por eventos hidrometeorológicos en Chile y aportes para un índice de riesgo climático. *Revista de Geografía Norte Grande*, (63), 27-44.
- Mardones, M., Echeverría, F., & Jara, C. (2004). *Una contribución al estudio de los desastres naturales en Chile Centro Sur: efectos ambientales de las precipitaciones del 26 de junio del 2005 en el área Metropolitana de Concepción*. Investigación Geográfica Chile, (38).
- Pastorino, L. F., & Cenicacelaya, M. T. (2013). Inundaciones: Entre el crecimiento poblacional y el modelo de desarrollo vigente. Reflexiones acerca de la eficacia del derecho y la concientización ambiental de los ciudadanos y los políticos. *Derecho y Ciencias Sociales*. 8-14.
- Peña Cortes, F. (1995). Geomorfología de la ribera norte del río Biobío en su curso inferior. Limitaciones y potencialidades del área. *Revista de Geografía Norte Grande*, 27-33.
- Rojas, O., Mardones, M., Arúmi, J. L., & Aguayo, M. (2014). Una revisión de inundaciones fluviales en Chile, periodo 1574-2012: causas, recurrencia y efectos geográficos. *Revista de Geografía Norte Grande*, (57), 177-192.
- Sernageomin . (2017). *Principales desastres ocurridos desde 1980 en Chile*.
- Vergara T., M. d., A. Ellis, E., Cruz A., J. A., Alarcón S., L. d., & Galván del M., U. (2011). La conceptualización de las inundaciones y la percepción del riesgo ambiental. *Política y Cultura*. (36), 45-69.

Capítulo 3 |

- Abaroa, C., Kurth, M., & Rivera, R. (2012). *Diagnostico Pladetur comuna de Concepción*. Concepción.
- Aedo, M. P., & Larraín Ruiz-Tagle, S. (2004). *Impactos Ambientales en Chile: Desafíos para la Sustentabilidad*. Programa Chile Sustentable.
- Colombo, F. (2010). *Abanicos aluviales: Secuencia y modelos de sedimentación*. Barcelona .
- Flores, J., Espinosa, M., Martínez, E., Henríquez, G., Avendaño, P., Torres, P., & Ahumada, I. (2010). *Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile* .
- Lara, A., Solari, M. E., Prieto, M. d., & Peña, M. P. (2012). Reconstrucción de la cobertura de la vegetación y uso del suelo hacia 1550 y sus cambios a 2007 en la ecorregión de los bosques valdivianos lluviosos de Chile (35° - 43°30'S). *Bosque (Valdivia)*, 33(1), 13 - 23.
- Mardones, M. & Vidal, C. (2011). La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción. *EURE*, 27(81), 97-122.
- Moreno, O. (2012). Paisaje, riesgo y resiliencia. La Arquitectura del Paisaje en la modelación sustentable del territorio.
- Moreno, O. (2013). Paisajes Resilientes. Reflexiones en torno a la reconstrucción de territorios desde el manejo y diseño de infraestructuras verdes, en el marco de las estrategias de gestión de riesgo ante desastre.
- Peña Cortes, F. (1995). Geomorfología de la ribera norte del río Biobío en su curso inferior. Limitaciones y potencialidades del área. *Revista de Geografía Norte Grande*, 27-33.
- Rojas Quezada, C. M.-L. (2009). Estructura urbana y policentrismo en el Área Metropolitana de Concepción. *Revista Eure*, 47-70.

Capítulo 4 |

- Baerlsweyl R., S., Cartes S., I., Rudloff F., V., & Loo M., P. (2011). *Primer Informe Calidad de Vida Urbana Gran Concepción* (2011 - 2012). Concepción .
- Brea, J. D., & Balocchi, F. (2010). *Procesos de erosión - sedimentación en cauces y cuencas* .
- Chigüayante, M. d. (s.f.). *Plan Comunal de Inversiones para la Reducción del Riesgo de Desastres Orientado al Desarrollo. Chigüayante* .
- Comisión Nacional del Medio Ambiente. Gobierno de Chile. (s.f.). *Estrategia Regional y Plan de Acción para la Biodiversidad. Región del Biobío*.
- Flores, J. P., Muñoz, P., Torres, C., Sáez, H., Ahumada, I., Fernandez, A., . . . Poblete, V. (2016). *Zonificación de estándares y parámetros edafoclimáticos para la conservación y protección de suelos y aguas incluidos en la Ley 20.283 Regiones V-X. (HIDROFOR)(2013-2016)*.
- Hidalgo, R., A. de Mattos, C., & Arenas, F. (2009). *Chile: del país urbano al país metropolitano*. Colección EURE .
- I. Municipalidad de Chiguayante, D. d. (Modificado 2010). *Ordenanza Local. Plan Regulador Comunal de Chiguayante*. Chiguayante.
- Municipalidad de Chigüayante. (2014). *Estrategia Ambiental para la comuna de Chigüayante. Chigüayante* .
- Municipalidad de Temuco. (s.f.). *Estudio de Áreas Verdes. Temuco* .
- Pladeco. (2006). *Plan de Desarrollo Comunal 2007 - 2010*. Chigüayante: Nova Prisma Consultores LTDA.
- Rendón Gutiérrez, R. (2010). Espacios verdes públicos y calidad de vida. *6to Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual, Mexicali, 5 6 y 7 octubre 2010*. Centre de Política de Soi i Valoracions.

- Reyes Päck, S., & Figueroa Aldunce, I. M. (2010). Distribución, superficie y accesibilidad de las áreas verdes en Santiago de Chile. *Revista EURE*, 89 - 110.

- Sarricolea, P. A. (2004). *Niveles de vulnerabilidad a amenazas naturales en una ciudad intermedia y sus áreas de expansión*. El caso de La Serena. IV Region de Coquimbo. Santiago.

- Schubert, F., Imbernón, D., & Valiente, M. (s.f.). *Descubramos el Medio Ambiente: Valle Central de Chile*. Lodge Casa Chueca.

- SEREMI RMS. (2014). *Política Regional de Áreas Verdes. Santiago*.

- Valdovinos, C., & Parra, O. (2006). La Cuenca del Río Biobío: Historia Natural de un Ecosistema de uso Múltiple. *Publicaciones Centro EULA*, 25.

Capítulo 5 |

- Alvarado, A., Baldini, A., & Guajardo, F. (2013). *Programa de arborización: Un Chileno, un árbol. Guía de Reconocimiento*. 2da Ed. . Editada e Imprenta Maval Ltda.

- Batlle, E. (2011). *El jardín de la metrópoli: de paisaje romántico al espacio libre para una ciudad sostenible*. Barcelona : Gustavo Gili, SL.

- Calabuig, E. (2013). Corredores, Conectividad y Ecología del Paisaje. *DOSSIER*, 29 - 42.

- Cañete, O. (2017). Habitar en la quebrada. Resiliencia urbana y lenguaje de patrones en Valparaíso, Chile. *Revista de Urbanismo*, 19.

- Conaf. (2016). *Manejo sustentable del bosque nativo*. Santiago: Simple! Communication.

- Conaf. (2017). *Política Forestal 2015 - 2035: Protocolo de Plantaciones Forestales*.

- Fernandez, I., Morales, N., Olivares, L., Salvatierra, L., Gómez, M., & Montenegro, G. (2010). *Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales*. PUC.

- García B., N., & Ormazabal P., C. (2008). *Árboles Nativos de Chile*.

Santiago, Chile. : Enersis S.A.

- Intveen P., H. (2015). Intervenciones en paisajes urbanos residuales en el contexto del proceso de reconstrucción post 27f. *Revista Urbanismo* , (32), 102 - 126.

- J.A., G., Taguas, E. V., Vanwalleghe, T., Giraldez, J. V., Sanchez, F., Ayuso, J. L., . . . Mora, J. (2011). *Criterios técnicos para el control de cárcavas, diseño de muros de retención y revegetación de paisajes agrarios*. Manual del operador en inversiones productivas. Sevilla: Junta Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.

- López, J. J., & López, C. A. (2004). El urbanismo de Ladera: Un reto ambiental, tecnológico y del ordenamiento territorial. *Revista Bitácora Urbano Territorial* , 94-102.

- Montserrat, S. (2005). *Estudio experimental de obras de protección contra aluviones* . Santiago.

- Nova G., G., & Caro V., F. M. (2004). *Reforestación de Microcuentas*: Trazado para la siembra .

- Pizarro, R., Abarza, A., Morales, C., Calderón, R., Tapia, J., García, P., & Córdova, M. (2015). Manual de Diseño y Construcción de sistemas de captación de aguas lluvias en zonas rurales de Chile. *Documento Técnico*.

- Pizarro, R., Flores V., J. P., Sanguesa P., C., Martínez A., E., & García R., J. L. (2004). *Diseño de obras para la conservación de aguas y suelos*. Talca, Chile: Sociedad de Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos (EIAS).

- PLADECO. (2006). *Plan de Desarrollo Comunal 2007 - 2010, Comuna de Chiguayante*. Chiguayante.

- Riedemann, M. P., & Teillier, S. A. (2014). *Guía de Campo. Arbustos Nativos Ornamentales del Centro Sur de Chile*. Concepción, Chile : Ed. Corporación Chilena de la Madera.

- Rueda García, L. (2004). *Guía para el diseño y operación de Senderos Interpretativos*. Dirección General de Desarrollo de Productos Turísticos, Dirección de Desarrollo de Turismo Alternativo.

- Saldías, M. G. (2011). *Jardinería en Chile*. Ediciones Universidad Central.

- Subsecretaría de Turismo. Ministerio de Economía, F. y. (2017). *Guía de Senderos. Diseño, Construcción y Mantenimiento en Áreas Protegidas*. Parks Canada.

- Tacón, A., & Firmani, C. (2004). *Manual de Senderos y Uso Público* . Valdivia: Alfabet.

- Trujillo M., C. (2015). *Propuesta de umbral físico de precipitación para la predicción de deslizamientos de tierra en la provincia de Concepción*. Concepción.

Bibliografía Complementaria | Documentos y sitios webs

- Pandit, A., Minné, E. A., Li, F., Brown, H., Jeong, H., James, J. A. C., ... & Yang, P. (2017). Infrastructure ecology: an evolving paradigm for sustainable urban development. *Journal of Cleaner Production*, 163, S19-S27.

- Alejandra Stehr, P. D. (2010). *Modelación de la respuesta hidrológica al cambio climático: experiencias de dos cuencas de la zona centro-sur de Chile* . Concepción.

- Biobio Chile. (3 de Junio de 2014). Biobio Chile . Obtenido de [<https://www.biobiochile.cl/noticias/2014/06/03/deslizamiento-de-tierra-en-sector-lonco-de-chiguayante-genera-gran-congestion-vehicular.shtml>]

- Biobio Chile. (16 de Mayo de 2017). Biobio Chile. Obtenido de [<https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-del-bio-bio/2017/05/16/vecinos-de-chiguayante-acusan-desplazamientos-de-tierra-por-trabajos-en-cerro-aledano.shtml>]

- Carl Folke, S. R. (2010). *Resilience Thinking: Integrating Resilience, Adaptability and Transformability*. Obtenido de Ecology and Society, 15(4): [<https://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art20/main.html>]

- Carta Abieta. (Mayo de 2018). Carta Abierta. Obtenido de [<http://cartaabieta.cl/serviu-inicia-obras-en-socavon-de-camino-concepcion-chiguayante/>]
- Chiguayante con Todos. (11 de Mayo de 2014). Chiguayante con Todos. Obtenido de [<http://200.68.61.130/post/view/117/canal-papen-no-resistio-el-temporal>]
- Clément, G. (2004). *Manifiesto del Tercer paisaje* . París: Editions Subject/Object.
- Diario Concepcion. (13 de Agosto de 2017). Diario Concepcion. Obtenido de [<https://www.diarioconcepcion.cl/ciudad/2017/08/13/crecidas-de-rios-inundaciones-y-cortes-dejo-paso-de-sistema-frontal-en-la-region-del-bio-bio.html>]
- El Quinto Poder. (28 de Julio de 2017). El Quinto Poder. Obtenido de [<https://www.elquintopoder.cl/desarrollo-regional/chiguayante-comuna-resiliente/>]
- EMOL. (12 de julio de 2006). Obtenido de <http://www.emol.com/noticias/nacional/2006/07/12/224940/desborde-del-bio-bio-causa-estragos-en-la-octava-region.html>
- EMOL. (12 de Julio de 2006). EMOL. Obtenido de <http://www.emol.com/noticias/nacional/2006/07/12/224959/victimas-del-aluvion-de-chiguayante-se-alistaban-para-evacuar-su-casa.html>
- EMOL. (15 de Abril de 2016). EMOL. Obtenido de <http://www.emol.com/fotos/36833/#1519899/Un-muerto-y-dos-heridos-por-derrumbe-de-ladera-de-cerro-en-Chiguayante>
- Falcón, A. (2007). Espacios verdes para una ciudad sostenible: Planificación, proyecto, mantenimiento y gestión Barcelona : Editorial Gustavo Gilli, SL, Barcelona .
- Farina, A. (2006). *Principles and Methods in Landscape Ecology: Towards a Science of Landscape* .
- Folke, C. (2006). *Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses* . Global environmental change, 16(3), 253-267.
- García García, M., & Borobio Sanchiz, M. (2012). El Paisaje como medio para la Planificación Territorial: Landscape is a Medium for Regional Planning. 18.
- Gobierno de Chile. (2006). Informe Sistema Frontal 10 al 13 de julio 2006. Departamento de Proteccion Civil.
- Gómez, D. (1994). Ordenacion del territorio. Una aproximacion desde el Medio Fisico. Madrid: Editorial Agricola Española.
- Gutierrez, R. E. (5, 6 y 7 de OCTubre 2010). Espacios Verdes Públicos y Calidad de Vida.
- I. Municipalidad de Chiguayante, D. d. (Modificado 2010). Ordenanza Local. Plan Regulador Comunal de Chiguayante. Chiguayante.
- Jara Herrera, R. L. (2017). Oportunidades y desafíos para el desarrollo de sistemas de infraestructura verde, estudio de casos en Chile.
- Jimenez, S. y. (2014). Inundaciones. Centro Nacional de prevencion de desastres.
- Jose Luis Arumi, D. R. (2012). Interaccion entre el agua superficial y subterranea en la Region del Biobio de Chile. Concepcion .
- La Tercera. (18 de Junio de 2009). La Tercera. Obtenido de <http://www2.latercera.com/noticia/tren-se-descarrila-en-chiguayante-y-deja-al-menos-seis-personas-heridas/>
- Lara, M. C., & Sepulveda, S. (2008). Remociones en Masa.
- Leatherbarrow, D. (2004). Topographical stories: studies in Landscape and architecture . Philadelphia: University of Pennsylvania Press.
- Lizama, C. E. (2013). Propuesta metodologica para establecer areas de riesgo por remocion en masa, Chile. Bogotá.
- Mardones, M. & Vidal, C. (2011). La zonificacion y evaluacion de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificacion urbana en la ciudad de Concepción. EURE,

27(81), 97-122.

- Mardones, M., Echeverría, F., & Jara, C. (2004). Una contribución al estudio de los desastres naturales en Chile Centro Sur: efectos ambientales de las precipitaciones del 26 de junio del 2005 en el área Metropolitana de Concepción. *Investigacion Geograficas Chile*, (38).

- Mauricio Aguayo, A. S. (2016). Respuesta hidrológica de una cuenca de meso escala frente a futuros escenarios de expansión forestal. *Revista de Geografía Norte Grande*.

- Ministerio de Medio Ambiente. (s.f.). Ministerio del Medio Ambiente. Obtenido de <http://portal.mma.gob.cl>

- Municipalidad de Chiguayante. (2014). Estrategia Ambiental para la comuna de Chiguayante. Chiguayante.

- NASA. (30 de 04 de 2018). NASA. Obtenido de www.nasa.gov

- Noguera, E. O. (2013). Metodología para Mapas de Susceptibilidad Geológica Empleando Sistema de Información Geográfica S.I.G.

- ONEMI. (s.f.). ONEMI. Obtenido de www.onemi.cl/inundaciones/

- Oriol-Bosch, A. (2012). Resiliencia.

- Pastorino, L. F., & Cenicacelaya, M. T. (2013). Inundaciones: Entre el crecimiento poblacional y el modelo de desarrollo vigente. Reflexiones acerca de la eficacia del derecho y la concientización ambiental de los ciudadanos y los políticos. *Derecho y Ciencias Sociales*, 8-14.

- Peña Cortes, F. (1995). Geomorfología de la ribera norte del río Biobío en su curso inferior. Limitaciones y potencialidades del área. *Revista de Geografía Norte Grande*, 27-33.

- Pizarro T, R., Flores V., J. P., Sangüesa P., C., Martínez A., E., & García R., J. L. (2004). Diseño de obras para la conservación de aguas y suelos. Talca: Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos. *ELAS*.

- Plataforma Arquitectura. (2014). Obtenido de <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/764388/parque-del-humedal-minghu-turenscape>

- Concepción, Chile : Ed. Corporación Chilena de la Madera. Roberto Pizarro, Juan Pablo Flores, Claudia Sanguesa Pool, Enzo Martínez Araya, Leonardo Roman Arellano. (2004). Monografías: Canales de desviación de aguas lluvias. Proyecto FDI - CORFO.

- Salas, E. (2002). Planificación Ecológica del Territorio: Guía metodológica. Santiago, Chile: Patricia Busxton MS Comunicaciones Ltda.

- Sarricolea, P. A. (2004). Niveles de vulnerabilidad a amenazas naturales en una ciudad intermedia y sus áreas de expansión. El caso de La Serena. IV Región de Coquimbo. Santiago.

- Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo. (s.f.). Municipalidad de Chiguayante: “Plan Comunal de Inversiones para la Reducción del Riesgo de Desastres Orientado al Desarrollo”. Chiguayante.

- Vásquez, A. E. (2016). Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho de Santiago de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 63-86.

- Venegas, R. (2006). Aptitud territorial: Una aproximación hacia la planeación y el ordenamiento del territorio. México : IAVE, S.A. de C.V. .

Fuentes Iconográficas |

- **Figura 1.** Plano de Chigüayante. Elaboración propia con datos recuperados de [<http://infraestructuraverdesantiago.cl/planificacion-de-infraestructura-verde/>]

- **Figura 2:** Ocean Parkway bicycle path (1894). Recuperado de [<https://www.nycgovparks.org/about/history/olmsted-parks>]

- **Figura 3:** Portada del libro “Proyectar con la Naturaleza”. Recuperado de [<http://claramedinag.blogspot.com/2013/05/>]

- **Figura 4:** Patrón y escala desde lo homogéneo hasta lo fragmentado. Fuente: Farina, A. (2006). *Principles and Methods in Landscape Ecology: Towards a Science of Landscape*.

- **Figura 5:** Planes de Infraestructura Verde en el Mundo. Fuente: Infraestructura Verde Santiago, Recuperado de [<http://infraestructuraverdesantiago.cl/planificacion-de-infraestructura-verde/>]

- **Figura 6:** Componentes del paisaje con potencial de infraestructura verde. Elaboración propia. Clasificación de servicios ecosistémicos potenciales para una Infraestructura Verde. Elaboración propia con información recopilada desde Vásquez, A. E. (2016). Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho de Santiago de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, (63), 63-86.

- **Figura 7:** Mecanismos de mitigación y adaptación al cambio climático para una Infraestructura verde. Fuente: Elaboración propia en base a bibliografía. Vásquez, A. E. (2016). Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho de Santiago de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, (63), 63-86.

- **Figura 8:** La vulnerabilidad y el peligro definen el grado del riesgo ante el cambio climático. Tener un diagnóstico de vulnerabilidad, es primordial para proyectar próximos impactos, lo que es un paso fundamental, en el diseño de políticas públicas de adaptación. Fuente: Recuperado de [<https://www.thinglink.com/scene/693211692066144256>]

- **Figura 9:** Vista aérea de la ciudad de Chaitén, 2008. Fuente: Recuperado de [https://www.researchgate.net/figure/Vista-Aerea-de-Chaiten-post-erupcion-del-Volcan-Chaiten-y-con-el-Rio-Blanco-dividiendo-el_fig1_293009743]

- **Figura 10:** Revista Topos, sobre concepto de Resiliencia y Paisajes resilientes. Fuente: Recuperado [https://issuu.com/callwey/docs/topos_leseprobe_90]

- **Figura 11:** Vista vuelo de pájaro de Versalles, (1668). Grabado obra de Pierre Patel. Fuente: Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Jard%C3%ADn_franc%C3%A9s#/media/File:Chateau_de_Versailles_1668_Pierre_Patel.jpg]

- **Figura 12:** “Der Wanderer über dem Nebelmeer” - *Caminante sobre el mar* (1818), obra de Caspar David Friedrich [Fuente: <https://historia-arte.com/obras/caminante-sobre-un-mar-de-nubes-de-friedrich>]

- **Figura 13:** “Spiral Jetty” (1970), proyecto de landart de Robert Smithson. Fuente: Recuperado de [<https://www.diaart.org/visit/visit/robert-smithson-spiral-jetty>]

- **Figura 14:** Plano del Prospek Park (1850). Fuente: Recuperado de [<https://www.nycgovparks.org/about/history/olmsted-parks>]

- **Figura 15:** Primer dibujo hecho en Yosemite, por Thomas A. Ayers (1855). Fuente: recuperado de [<https://www.nycgovparks.org/about/history/olmsted-parks>]

- **Figura 16:** Plano del Central Park (1858). Fuente: Recuerado de [<https://www.nycgovparks.org/about/history/olmsted-parks>]

- **Figura 17:** Esquema de relación entre ecología, sustentabilidad y diseño. Fuente: Esquema extraído desde Filiz, C. (2013). *Ecological Landscape Design*. In *Advances in Landscape Architecture*. IntechOpen.

- **Figura 18:** Imagen de ecotono en Italia Fuente: Farina, A. (2006). *Principles and Methods in Landscape Ecology: Towards a Science of Landscape*.

- **Figura 19:** Ecotóno. Fuente: Farina, A. (2006). *Principles and Methods in Landscape Ecology: Towards a Science of Landscape*.

- **Figura 20:** Las laderas sirven para el control de aguas desde obras ingenieriles. Fuente: Reclamación del paisaje al oeste de América. Recuperado de [https://karenlewisdesign.com/following/all/karenlewisdesign.com/URBAN-DIAGRAMS]

- **Figura 21:** Aluvión ocurrido en Cajón del Maipo (2017). Fuente: Recuperado de [https://www.soychile.cl/Santiago/Sociedad/2017/02/26/448970/Mas-de-mil-aislados-y-siete-desaparecidos-tras-alud-en-San-Jose-de-Maipo.aspx]

- **Figura 22:** Construcción del Cambio Climático en el mundo y en Chile. Fuente: elaboración propia en base a información proporcionada por bibliografía mínima.

- **Figura 23:** Esquema de los efectos de las precipitaciones y etapas del proceso. Fuente: Elaboración propia en base a información recuperada desde el Sernageomin en [www.sernageomin.cl]

- **Figura 24:** Procesos y desarrollo de un fenómeno aluvial y un fenómeno de remoción en masa. Fuente: Elaboración propia, construcción con información desde Sernageomin en [www.sernageomin.cl]

Figura 25: Tipos de remoción en masa, asociados a los eventos del ciclo de la sensibilidad de la tierra, los cuales, luego de un deslizamiento de tierra, los sedimentos coluviales se erosionan a lo largo de la orilla del río. Fuente: elaboración propia con imágenes obtenidas de internet y texto “*Principles and Methods in Landscape Ecology: Towards a Science of Landscape*.”

- **Figura 26:** Cuadro explicativo de las causas principales que provocan los aluviones y los procesos de remoción en masa. Fuente: Elaboración grupal en base a datos recopilados de bibliografía complementaria.

- **Figura 27:** Principales consecuencias de estos fenómenos de desastres. Se muestra, cómo se ven afectados los asentamientos humanos y la fragilidad del paisaje frente a estos eventos. Fuente: Elaboración grupal en base a datos recopilados de bibliografía.

- **Figura 28:** Desastres naturales registrados en el mundo según tipo de amenaza, 1994 - 2003. Fuente: Información recuperada desde bibliografía mínima referente al capítulo.

Figura 29: Mapa mundial de áreas de ocurrencia de remoción en masa, en conjunto con la cantidad de víctimas fatales que ha dejado estos hechos. Fuente: NASA, Recuperado de [NASA. (30 de 04 de 2018). NASA. Obtenido de www.nasa. gob]

- **Figura 30:** Plano Mundial de susceptibilidad de sitios a procesos de remoción en masa y Aluviones. Se muestra además la cantidad de muertos que ha dejado en los casos más catastróficos del mundo. Fuente: Nasa, recuperado de [NASA. (30 de 04 de 2018). NASA. Obtenido de www.nasa. gob]

- **Figura 31:** Primer acercamiento hacia el desastre. Registro de aluviones ocurridos a lo largo de Chile desde 1990 hasta el 2017. Se muestran los escenarios post-desastres luego de ocurrido el fenómeno. Fuente: Elaboración propia en base a datos recuperados de [https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Aluviones_en_Chile]

- **Figura 32:** Despliegue de capas del territorio nacional, que se ven afectadas frente a un fenómeno climático aluvial. Fuente: Elaboración grupal en base a datos SIG recuperados de [http://www.rulamahue.cl/]

- **Figura 33:** Línea de Tiempo de las catástrofes ocurridas en Chile desde 1987 hasta 2017. Fuente: Elaboración grupal en base a datos recogidos desde Sernageomin . (2017). *Principales desastres ocurridos desde 1980 en Chile*.

- **Figura 34:** Representación del desastre en Copiapó. Fuente: Elaboración grupal.

- **Figura 35:** Operaciones de diseño que cumplen la función de amortiguar o mitigar un eventual desastre. Fuente: Elaboración grupal con información de bibliografía mínima.

- **Figura 35.1:** Copiapó antes y después del desastre del 25M. Fuente: Imágenes obtenidas de Google Earth.

- **Figura 36:** Plano histórico de la Provincia de Concepción (1895). Fuente: Wikipedia, recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_la_organizaci%C3%B3n_territorial_de_Chile]

- **Figura 37:** las comunas que conforman la Provincia de Concepción. Fuente: Elaboración propia

Figura 38: Gráfico de número de habitantes que residen en áreas expuestas a las amenazas de posibles riesgos de tsunami, remoción en masa o inundación fluvial. Fuente: Extraído desde bibliografía mínima referente al capítulo.

- **Figura 39:** Desastres ocurridos en la Región del Biobío. Levantamiento de información elaborado a partir de línea de tiempo y de información recopilada de diferentes sitios webs de noticias.

- **Figura 40:** Mapa de límites de Chigüayante. Fuente: elaboración propia.

- **Figura 41:** Perfil topográfico de unidades geomorfológicas de Chigüayante. Fuente: Fotomontaje construido a partir de información extraída de bibliografía de referente al capítulo e imágenes extraídas desde Google Earth.

- **Figura 42:** Esquema planimétrico idealizado de un abanico aluvial aislado con la distribución de los principales sectores diferenciados. Fuente: Colombo, F. (2010). *Abanicos aluviales: Secuencia y modelos de sedimentación*. Barcelona .

- **Figura 43:** Abanico aluvial que muestra una distribución de facies muy esquemática. Fuente: Colombo, F. (2010). *Abanicos aluviales: Secuencia y modelos de sedimentación*. Barcelona .

- **Figura 44:** Mapa de situación medioambiental. Principales riesgos de la comuna, remoción en Masa, incendios e inundaciones. Fuente: Construcción y elaboración propia con imágenes recopiladas de diferentes sitios webs e información obtenida de bibliografía mínima.

- **Figura 45:** Mapa de suelos afectados por lucuefacción. Fuente: Mapa obtenido de www.sernageomin.cl

- **Figura 46:** Fisuras en laderas en Chigüayante producto de la acción humana. Fuente: Fotografía tomada por la autora.

- **Figura 47:** Costanera que conecta Concepción con Chigüayante, permitiendo menos tiempo de viaje entre ambas ciudades. Pronto se espera expandir el recorrido hasta Hualqui. Fuente: Recuperado de [<https://www.diarioconcepcion.cl/ciudad/2018/05/27/costanera-chiguayante-redujo-en-30-minutos-el-traslado-a-concepcion.html>]

- **Figura 48:** Estado inicial de la ruta que conectaba ambas ciudades, antes de la construcción de la costanera. Fuente: Recuperado de [https://img.soy-chile.cl/Fotos/2015/05/08/file_20150508195737.jpg]

- **Figura 49:** Fin de trabajos en un tramo de la Costanera. Fuente: Recuperado de [<https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-del-bio-bio/2017/09/27/funcionamiento-de-nueva-costanera-a-chiguayante-deberia-comenzar-en-octubre.shtml>]

- **Figura 50:** Plano histórico de Chigüayante (1934). Numeración de manzanas oficial. Asociación de Aseguradores de Chile. [material cartográfico] : de la Asociación de Aseguradores de Chile. Mapoteca . Disponible en Biblioteca Nacional Digital de Chile [<http://www.bibliotecanacionaldigital.gob.cl/bnd/635/w3-article-311777.html>]

- **Figura 51:** Mapa de Dirección de Flujos. Fuente: Elaboración propia con datos de Sistemas de Información Geográfica SIG.

- **Figura 52:** Gráfico de porcentaje de la superficie urbana consolidada susceptible de ser amenazada por inundación fluvial. Fuente: Extraído desde bibliografía referente a capítulo.

- **Figura 53:** Mapa Erosión de Suelos. Fuente: Elaboración propia con datos de Sistemas de Información Geográfica SIG.

- **Figura 54:** Mapa de Escorrentías. Fuente: Elaboración propia con datos de Sistemas de Información Geográfica SIG.

- **Figura 55:** Lámina de agua que circula superficialmente a través de una quebrada. Fuente: Recuperado de [<https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/escorrentia-definicion-tipos-y-factores-que-la-generan/>]

- **Figura 56:** Esquema del ciclo hidrológico del agua, mostrando escorrentías y percolación de las aguas lluvias. Fuente: Elaboración propia en base a información extraída desde bibliografía referente al capítulo.

- **Figura 57:** Mapa de zonas con mayor susceptibilidad a remoción en masa y con altas pendientes. Fuente: Elaboración propia con datos de Sistemas de Información Geográfica SIG.

- **Figura 58:** Gráfico de porcentaje de la superficie urbana consolidada susceptible de ser amenazada por posible remoción en masa por comuna. Fuente: Extraído de bibliografía referente al capítulo.

- **Figura 59:** Crecimiento orgánico de Lonco Parque, Sector Lonco, Chigüayante. Fuente: Construcción con imágenes proporcionadas desde [https://www.researchgate.net/figure/Figura-7-Crecimiento-organico-de-Lonco-Parque-Anos-1992-izq-y-2002-der-Fuente_fig4_28184536] e imagen de la situación actual de Google Earth del 2018.

Figura 59.1: Plano urbano de Concepción sector Chiguayante (1993). Fuente: Silva C., José Francisco. [material cartográfico] : cartografía José Francisco Silva C. Mapoteca. . Disponible en Biblioteca Nacional Digital de Chile [<http://www.bibliotecanacionaldigital.gob.cl/bnd/631/w3-article-316796.html>]

- **Figura 60:** Ocupación del Cerro en área de estudio. Fuente: Fotografías de la autora.

- **Figura 61:** Lectura de transición del cerro y la ciudad. Fuente: Fotografías de la autora. Fuente: Fotografías de la autora.

- **Figura 62:** Gráfico de Superficie de áreas verdes habilitadas y ornamentales por habitante y por comuna. Fuente: Extraído de bibliografía referente al capítulo.

- **Figura 63:** Análisis territorial de áreas verdes, vegetación y contexto. Fuente: Elaboración propia. Información rescatada de diversas fuentes de la bibliografía referente al capítulo.

- **Figura 64:** Plano de áreas verdes consolidadas y gráfico de suma de la superficie de áreas verdes habilitadas y ornamentales en área urbana consolidada por comuna. Fuente: Elaboración propia en base a información rescatada de diversas fuentes de la bibliografía referente al capítulo.

- **Figura 65:** Plan Regulador de Chigüayante. Fuente: Recuperado de [http://200.68.61.130/tab_info/view/19]

- **Figura 66:** Mapa de subregiones vegetales de según Gajardo. Fuente: Extraído desde bibliografía referente al capítulo.

- **Figura 67:** Plano de distribución de especies de Flora y Fauna dentro de la comuna de Chigüayante. Fuente: Elaboración propia, construcción hecha a partir de información recopilada de diferentes sitios webs y bibliografía referente al capítulo.

- **Figura 68:** Mapa del Bosque Caducifolio de Concepción. Fuente: Extraído desde bibliografía referente al capítulo.

- **Figura 69:** Cambios en la cobertura vegetal a través de los años. Fuente: Elaboración propia en base a fotografías aéreas de Google Earth.

- **Figura 70:** Vista del lugar, desde el cerro, mirando hacia el Río Biobío. Fuente: Fotografía de la autora.

- **Figura 71:** Levantamiento de pieza de estudio e imágenes del sitio de estudio. Fuente: Elaboración propia.

- **Figura 72.1-72.2:** Registro fotográfico de las quebradas y sus contextos inmediatos. Fuente: Registro Fotográfico de la autora.

- **Figura 73:** Comparación de parques a diferentes escalas y pieza de proyecto. Fuente: Elaboración propia.

- **Figura 74:** Explicación de estrategia 1. Reforestación de laderas y vegetación propuesta. Fuente: Elaboración propia

- **Figura 75:** Angulos de inclinación que influyen en la erosión de suelos. Fuente: Extraído de Salas Polgatiz, Francisca., Danilo Martić Viukasovic, and Pontificia Universidad Católica De Chile. Escuela De Arquitectura. Magíster En Arquitectura Del Paisaje. Contenciones Topográficas Para La Reconversión Del Ex-sitio Minero Lo Aguirre. Santiago, Chile, 2014. Print.

- **Figura 76:** Planta aplicación formal de proyecto de vegetación propuesta final. Fuente: Elaboración propia.

- **Figura 77 [Arriba]:** Cerro Manquimavida con plantaciones de Eucaliptus y vegetación nativa. Fuente: Recuperado de [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cerro_Manquim%C3%A1vida_con_nativo_y_euca.jpg]

- **Figura 77 [Abajo]:** Ejemplos de reforestación de laderas y disposición de plantación.

- **Figura 78:** Explicación de Estrategia 2. Instalación de Diques y Muros de Contención. Fuente: Elaboración propia.

- **Figura 78.1:** Explicación de Estrategia 2. Cálculo de Sección lateral dique. Esquema de volumen de sedimentos. Fuente: Elaboración propia,

- **Figura 79:** Planta aplicación formal de Proyecto de Contención propuesta final. Fuente: Elaboración propia.

- **Figura 80:** Parque Natural El Garraf. Sistema de aterrazamientos en vertederos de la ciudad como sistema de recuperación de ecosistemas. Fuente: Recuperado de [<https://nido11.wordpress.com/2013/04/02/restauracion-del-vertedero-de-residuos-del-vall-den-joan/>]

- **Figura 81:** Explicación Estrategia 3. Implementación Accesos, Programa y Recorridos. Fuente: Elaboración propia.

- **Figura 82:** Planta de aplicación formal de proyecto de programa propuesta. Fuente: Elaboración propia.

- **Figura 83:** Parque El Bosque Santiago. Fuente: Recuperado de [<https://umatu.cl/bosque-santiago-parquem/>]

- **Figura 84:** Planta de Proyecto General. Fuente: Elaboración propia.

- **Figura 85:** Planta de Proyecto detalle Quebrada 1 - Acceso 1. Fuente: Elaboración propia.

- **Figura 86:** Corte Longitudinal y zoom detalle Accesos 1. Fuente: Elaboración propia.

- **Figura 87:** Corte Transversal Quebrada 1. Fuente: Elaboración propia.

- **Figura 88:** Imagen de Proyecto | Quebrada 1. Fuente: Elaboración propia.

- **Figura 89:** Planta de Proyecto detalle Quebrada 2. Fuente: Elaboración propia.

- **Figura 90:** Corte Longitudinal y zoom detalle Quebrada 2. Fuente: Elaboración propia.

- **Figura 91:** Corte Transversal y detalle . Fuente: Elaboración propia.

- **Figura 92:** Imágenes de Proyecto | Quebrada 2. Fuente: Elaboración propia.

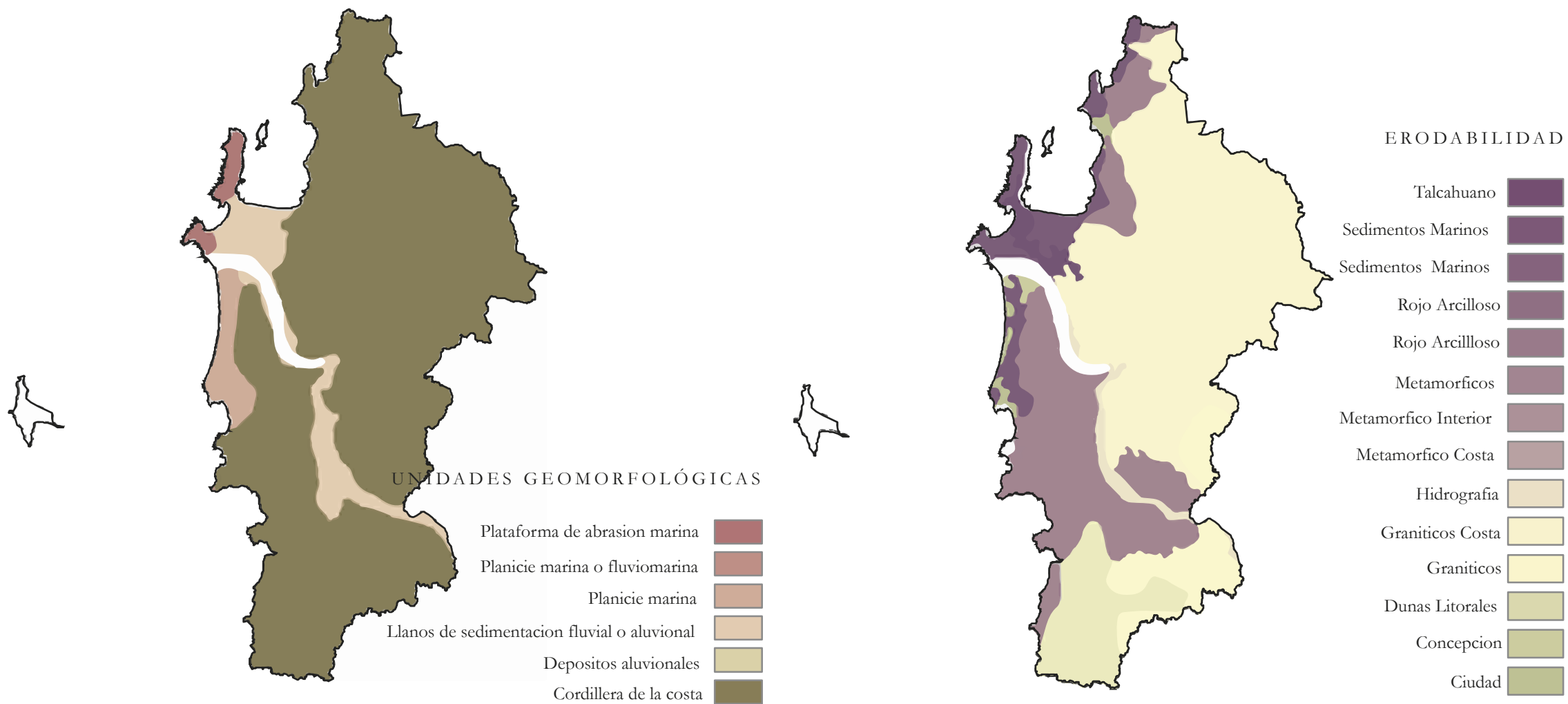
- **Figura 93:** Planta de Proyecto detalle Quebrada 3. Fuente: Elaboración propia.

- **Figura 94:** Corte Longitudinal y detalle. Fuente: Elaboración propia.

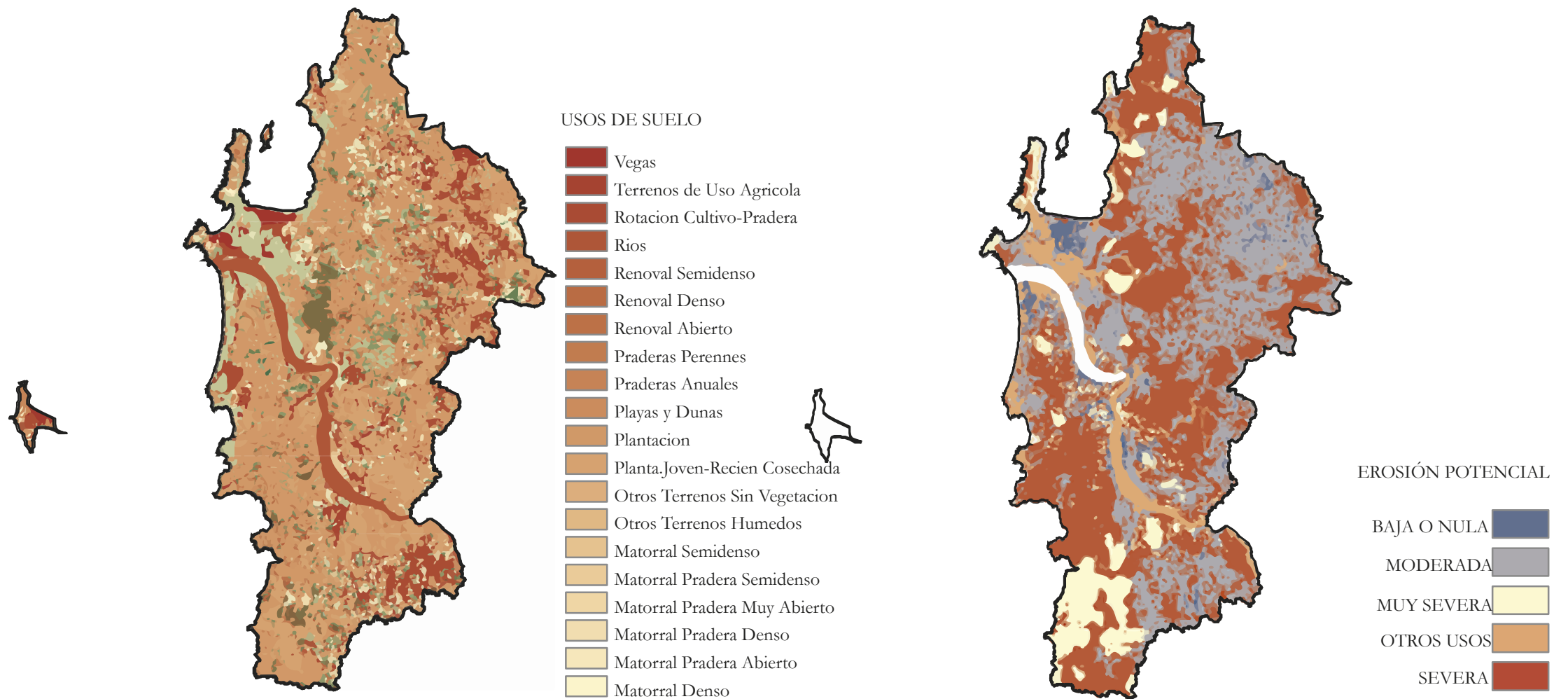
- **Figura 95:** Corte Transversal y detalle. Fuente: Elaboración propia.

- **Figura 96:** Imágenes de Proyecto | Quebrada 3. Fuente: Elaboración propia.

Anexos documentales |



Anexo 1(a): Mapas de análisis de la Provincia de Concepción. Capas importantes que se consideran para el estudio de la bulnerabilidad ante riesgos naturales.



Anexo 1(b): Mapas de análisis de la Provincia de Concepción. Capas importantes que se consideran para el estudio de la bulnerabilidad ante riesgos naturales.

DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo
1980	1,60	43,80	7,60	44,00	65,90	78,70	69,40	23,90	54,50	S/P	18,40	25,70	78,70
1981	41,30	3,60	0,40	31,30	104,00	27,20	39,00	22,10	27,20	10,30	S/P	6,10	104,00
1982	28,10	32,10	3,70	19,60	43,30	63,30	32,10	63,10	63,20	57,70	27,20	S/P	63,30
1983	16,80	4,10	6,40	19,30	37,80	110,40	62,80	46,90	50,30	16,70	S/P	18,90	110,40
1984	7,30	28,20	13,80	22,30	107,00	64,60	54,40	24,40	72,70	85,20	17,40	1,90	107,00
1985	28,50	1,00	30,50	37,30	56,50	42,20	82,40	12,40	52,00	26,20	24,10	S/P	82,40
1986	24,00	5,90	25,60	56,80	49,20	59,90	41,90	54,10	18,30	14,20	189,50	2,40	189,50
1987	S/P	3,20	37,50	32,70	59,70	93,40	100,50	45,80	49,50	16,10	14,00	1,10	100,50
1988	19,40	S/P	7,90	12,30	26,60	47,20	107,40	38,00	26,80	1702,00	11,40	17,00	1702,00
1989	2,50	6,20	10,80	2,40	26,30	87,40	31,50	48,30	18,20	26,30	4,90	40,10	87,40
1990	4,70	40,50	49,70	19,70	47,00	46,90	35,40	56,10	37,80	29,90	25,70	6,70	56,10
1991	9,40	2,90	9,80	45,20	62,30	34,70	65,80	19,20	15,20	40,70	46,10	65,00	65,80
1992	0,00	14,60	23,50	28,20	111,40	72,80	32,70	62,60	52,00	19,50	3,40	31,40	111,40
1993	2,00	0,00	11,30	40,80	40,60	54,50	45,90	38,70	8,90	12,70	16,80	23,70	54,50
1994	S/P	S/P	13,40	N/A	22,00	57,10	38,00	21,00	71,10	54,70	28,00	22,00	71,10
1995	8,60	S/P	21,80	39,10	50,40	39,50	67,40	53,00	9,40	26,70	1,10	0,50	67,40
1996	S/P	13,40	17,60	N/A	36,20	70,50	26,30	38,60	6,70	9,70	16,30	10,20	70,50
1997	26,40	18,50	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	26,40
1998	1,20	S/P	9,50	8,90	18,70	29,80	8,60	14,70	56,90	S/P	2,30	5,30	56,90
1999	S/P	17,20	20,30	28,00	61,50	73,50	40,30	87,60	39,20	12,50	1,20	2,50	87,60
2000	3,90	82,50	9,00	18,80	42,10	85,20	57,50	145,00	95,70	6,50	14,00	S/P	145,00
2001	47,00	12,20	48,40	47,50	84,20	98,30	86,10	75,00	30,00	14,00	26,80	S/P	98,30
2002	S/P	10,50	78,20	32,40	56,80	80,30	57,00	140,90	57,00	47,20	20,50	N/A	140,90
2003	5,40	S/P	33,10	18,90	40,80	64,00	50,70	18,00	44,00	24,50	46,00	15,00	64,00
2004	S/P	10,00	24,20	60,80	43,10	78,00	87,90	37,30	58,50	64,00	25,00	25,80	87,90
2005	S/P	S/P	11,80	10,50	47,20	139,50	44,40	43,00	26,60	9,00	51,00	94,50	139,50
2006	37,80	2,90	4,70	70,00	40,60	63,00	140,00	70,60	45,20	40,00	2,50	78,00	140,00
2007	33,50	38,50	12,80	36,50	21,50	32,40	76,70	45,40	30,70	14,50	5,50	24,10	76,70
2008	9,00	S/P	6,50	44,50	144,50	35,00	56,40	N/A	N/A	15,00	16,40	9,30	144,50
2009	2,80	0,60	9,10	21,10	130,20	84,50	47,00	64,30	43,00	22,30	15,80	1,20	130,20
2010	11,80	39,00	2,50	9,00	37,30	96,80	61,20	60,60	17,10	24,10	18,90	N/A	96,80
2011	30,10	12,20	22,40	52,10	21,40	71,10	44,60	48,80	34,00	26,80	33,70	S/P	71,10
2012	19,80	55,60	9,00	2,80	73,80	64,00	26,30	68,50	23,50	20,40	25,40	26,50	73,80
2013	11,30	15,40	2,20	9,20	71,20	44,10	57,00	69,20	32,00	29,50	11,40	S/P	71,20
2014	9,30	14,80	74,20	90,50	45,50	67,60	54,50	42,50	67,10	6,10	3,10	3,00	90,50
2015	S/P	S/P	31,50	27,60	44,10	106,90	37,90	50,30	69,90	19,30	7,90	6,40	106,90
2016	1,20	S/P	13,90	37,80	30,10	2,20	78,80	30,20	43,50	38,80	16,20	30,60	78,80
2017	16,10	9,90	21,80	28,80	52,00	59,10	36,60	52,30	95,80	41,30	81,20	4,50	95,80
2018	32,50	2,50	68,10	57,90	67,40	67,50	N/A	N/A	49,50	N/A	N/A	N/A	68,10
MAX	47,00	82,50	78,20	90,50	144,50	139,50	140,00	145,00	95,80	1702,00	189,50	94,50	1702,00

Anexo 2, Tabla 1: Datos pluviométricos registrados desde 1980 a 2018. Estación pluviométrica Nonguén Essbio.

Anchura de aliviadero m	0.2	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	5.2
Altura de agua en aliviadero m								
0.15	0.02	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35
0.30	0.04	0.10	0.25	0.40	0.50	0.60	0.75	0.90
0.45	0.07	0.20	0.50	0.70	0.90	1.20	1.40	1.50
0.60	0.11	0.35	0.70	1.10	1.50	1.80	2.20	2.50
0.75	0.15	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.30
0.90	0.20	0.60	1.30	2.00	2.70	3.30	3.90	4.70

Anexo 3, Tabla 2: Capacidad de un vertedero de sección trapezoidal en función de su anchura y altura.



ESCUELA DE ARQUITECTURA
FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO
Y ESTUDIOS URBANOS