Memorias 022

UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Geografía
Informe de Práctica Profesional

" Evaluación de Vulnerabilidad de Los Centros Poblados adyacentes a la Ruta de Transporte del ácido sulfúrico desde la Mina El Teniente hasta el Puerto de San Antonio"

Profesora Guía:
Carmen Paz Castro
Institución: ONEMI
Profesional a cargo:
José Abumohor
Alumna:
Carolina Romero Vial

Santiago, 14 de Enero del 2004.

Indice

Introducción	2 – 3
Planteamiento del Problema	4 – 5
Objetivos	6
Metodología	7 – 16
Análisis de la Amenaza	17 – 25
Definición Área de Estudio	26
Análisis de Vulnerabilidad	26
- Análisis Vulnerabilidad de los Factores Físicos	27 – 43
- Análisis Vulnerabilidad Factores Socioeconómicos y Técnicos	44 – 49
- Análisis de Vulnerabilidad Integrado	50 – 51
Discusión y Establecimiento de Prioridades	52 – 55
Conclusiones	56 – 57
Bibliografía	58
Anexos	61

Introducción

Fenómenos naturales de origen geológico, hidrológico y atmosférico tales como terremotos, erupciones volcánicas, movimientos en masa, maremotos, inundaciones, huracanes, etc. o posibles eventos desastrosos originados por tecnologías tales como accidentes provocados por el hombre o por fallas técnicas, representan un peligro latente que bien puede considerarse como una amenaza para el desarrollo de una región o de un país.

El presente estudio considera que el ácido sulfúrico (H_2SO_4) cuya producción se origina en las plantas de gases N°1 y N°2 de la Fundición Caletones de la División El Teniente de la Empresa Codelco, y transportados en Ferrocarril a cargo de la empresa Transap, desde Abril del año 2002, como parte de un Plan de Descontaminación de la Fundición Caletones, tiene un recorrido desde la Estación de Transferencia Los Lirios, en la Ciudad de Rancagua, en la VI Región del Libertador Bernardo O' Higginis, hasta el Puerto de San Antonio , en la V Región de Valparaíso, cuyo destinatario es la Empresa Terquim, quien embarca la sustancia para transportarla por vía marítima a las Divisiones Norte de Codelco, en el Norte del país.

El transporte de produce con una frecuencia de Tres veces por semana con 2 convoy diario con 19 vagones de 60 toneladas cada uno (MOPTT, 2002), por lo que en general se puede considerar que la amenaza que representa el transporte del ácido sulfúrico es una fuente móvil y que representa un peligro latente para aquellos centros poblados y los recursos naturales que se encuentran adyacentes a la ruta de transporte (Ferrocarril).

Este trabajo presenta una evaluación de vulnerabilidad para aquellos centros poblados y recursos naturales, que se encuentran adyacentes a la ruta de transporte de la sustancia considerada como peligrosa, basándose en experiencias pasadas de eventos de derrame como lo fue el producido en Marzo del año 2003 en la localidad de Melipilla, en la Provincia de Melipilla, al sur de la Región Metropolitana, donde se demostró que existe un grado de exposición tanto de los centros poblados como de los recursos, en este caso específico, la evacuación de la población por gases tóxicos generados por la dispersión de la sustancia bajo condiciones climáticas desfavorables y la contaminación de suelos agrícolas, ya que las condiciones de seguridad con las que debe cumplir los estanques que contienen la sustancia, fallaron al volcarse el tren (9 vagones) y produjeron derrame de 4 vagones y según el estudio del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, para la aprobación del transporte de esta sustancia, se realizó un estudio preliminar en el año 1998, de cual era la ruta más segura para transportar dicha sustancia y cual era la posibilidad de que hubiese filtración de la sustancia ante cualquier evento que la produjese, llegando a la siguiente conclusión " En caso de ocurrencia de algún evento que supere con mucho la condición de diseño, y se produzcan filtraciones, éstas serán de mediana magnitud, ya que lo más probable es que la filtración sea parcial y afecte a un

máximo de tres carros", con lo sucedido en Melipilla se demuestra que no solo hubo una pequeña filtración sino que se derramaron más de 48 toneladas y que supero el máximo de carros contemplados , siendo 4 los vagones que derramaron la sustancia. Por otra parte ese estudio contempla con respecto a posibilidad de accidente lo siguiente: " La posibilidad de accidente sólo existe en aquellos pasos no autorizados", y que en el caso estudiado no existe ningún paso no autorizado que haya producido el volcamiento del Tren, según el estudio realizado por ONEMI (2003), las posibles causa del accidente se debieron en forma principal a:

- Alta velocidad del convoy
- Mal estado de la vía ferroviaria
- Presencia de algún elemento que obstruía la vía
- Mala visibilidad, producto de la presencia de neblina.

Cualquiera haya sido la causa, significa que se puede volver a repetir y puede ser en cualquier sector a lo largo de la ruta que recorre el tren, por lo tanto este estudio evalúa que tan vulnerables son los centros Poblado y los recursos, en cuanto a factores físicos, socioeconómicos y técnicos, debido a que los impactos que se puedan producir, pueden traducirse en la desorganización de los patrones normales de vida de las personas, efectos sobre su salud y sobre los recursos naturales, efectos sobre la estructura socioeconómica, con lo que se determina la necesidad de asistencia y de intervención humana.

Finalmente se busca proponer algunas medidas de mitigación que ayuden a amortiguar o reducir en cierta manera los impactos que se puede producir, estas medidas propuestas se basan en que el principal problema de que las sustancia química sea transportada por sectores poblados, se origina por la falta de financiamiento para la creación de una ruta exclusiva de transporte del ácido que cumpla con las Normas Internacionales, que señalan que la ruta no debería pasar por centros poblados.

Planteamiento del Problema

El Comité Científico sobre los Problemas del Medio Ambiente define la evaluación de impacto ambiental como "una actividad encaminada a identificar, predecir, interpretar y comunicar información sobre el impacto de las actividades del hombre, sobre la salud y el bienestar del hombre"(SCOPE, 1995). Toda evaluación de impacto ambiental debe identificar las poblaciones que pueden ser afectadas por el desarrollo de algún tipo de actividad.
Dentro de este contexto, Chile como país exportador de productos principalmente de la minería, es que se debe tener en cuenta que esta actividad que genera ingresos al país por otra parte puede presentar daños sobre la sociedad y sobre el medio ambiente. Este es el Caso de La Mina El Teniente en la VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins, la división El Teniente, a 80 kilómetros al sur de Santiago y a 2.500 m.s.n.m., centra sus operaciones en la explotación de la mina subterránea de cobre más grande del mundo.
Esta mina comenzó a ser explotada en 1904 y posee 2.400 kilómetros de galerías subterráneas. La División El Teniente produce 334.306 toneladas métricas finas anuales de cobre en la forma de lingotes refinados a fuego (RAF), y cátodos de cobre al año.

Como resultado del procesamiento del mineral también se obtienen 4.720 toneladas métricas de molibdeno y más de 800.000 toneladas de ácido sulfúrico al año.

La problemática en general se presenta en los flujos que se presenta por la circulación de vehículos con residuos tóxicos, por vía férrea y carretera (MOPTT, 2001), ya que necesariamente deben pasar por sectores poblados que pueden ser vulnerables a un eventual derrame o explosión de estos tóxicos, "el común denominador de los problemas del transporte existente en general en Sudamérica es la carencia de financiamiento para construir, mejorar y mantener una infraestructura adecuada de transporte" (Saunier,1993). Esto se acentúa en el caso del transporte de cargas peligrosas por lo que el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones de Chile, que Reglamenta Transporte de Cargas Peligrosas Por Calles y Caminos, establece lo siguiente: " Los Vehículos que transporten sustancias peligrosas deberán evitar el uso de vías aéreas densamente pobladas y no podrán circular por túneles cuya longitud sea superior a 500 metros, cuando estos tengan una vía alternativa segura. La autoridad podrá fijar restricciones al uso de las vías, señalizando los tramos restringidos y asegurando la ruta alternativa correspondiente".
Por otra parte la Norma Internacional de Transporte de sustancias peligrosas por vía terrestre señala que deberían existir rutas exclusivas para esto, que eviten el contacto de sectores poblados con la circulación de vehículos con cargas de líquidos que son nocivos para la salud del hombre. Por la falta de financiamiento este problema no se puede abordar desde esta perspectiva sino más bien de la probable incidencia de fenómenos de riesgo, entendiendo que **Riesgo** es "la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural dañino (Amenaza) por pérdidas potenciales sufridas por el conjunto complejo de elementos expuestos durante el desencadenamiento del fenómeno (vulnerabilidad)" (Chardon, 2002).

La ruta que sigue el transporte de las sustancias tóxicas procedentes de la Mina El Teniente pasa por sectores que concentra una población significativa, esta cercanía puede exponer a la población, ya que esta conforma un sistema expuesto a una o más amenaza por su disposición intrínseca a ser dañada.

De esta manera, esta investigación pretende establecer todas las condiciones que se presentan como factores que pueden hacer vulnerables a los sectores poblados entre las Regiones V, VI y Metropolitana (Ver Carta N°1 Presentación Área de Estudio), que se encuentran adyacentes a las rutas de transporte de sustancias tóxicas, de manera de poder entregar, en los sectores que están susceptibles a ser dañados por eventos de derrame de las sustancias, conocimientos básicos que permitan integrar este tipo de riesgo en el proceso de ordenamiento territorial y que facilite reforzar los sistemas de prevención, en los Planes Integrales de Protección Civil.

Objetivos Generales Y Específicos

General :

- Evaluación de la Vulnerabilidad de los sectores poblados adyacentes a las rutas de transporte de sustancias peligrosas procedentes de la mina El Teniente en la VI Región del Libertador Bernardo O"Higgins con destino final el Puerto de San Antonio en la V Región de Valparaíso.

Específicos:

- Identificar el tipo de sustancia peligrosa transportada para definir los daños que pueden producir a la salud de las personas, a sus bienes, al medio ambiente y a los recursos en especial suelos y agua.

- Identificación de los centros poblados vulnerables a sufrir los efectos de eventos de liberación de sustancias peligrosas.

- Definir las Características físico-naturales de los recursos suelos y aguas adyacentes a la ruta de transporte, vulnerables a ser afectados.

- Jerarquización de los centros poblados en función de su vulnerabilidad.

- Determinar el estado de la infraestructura vial aledañas a los centros poblados.

Metodología

"La noción de riesgo en centros poblados, en la interfase entre el fenómeno amenazante que puede generar daños y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, resulta entonces de la acción de un evento probable sobre un sistema susceptible de estar más o menos afectado. Por tanto, el riesgo hereda cuatro características: la amenaza, la probabilidad (ligada al lugar, al momento de ocurrencia como al impacto del fenómeno y tiene en cuenta los factores coyunturales), la complejidad (ligada al sistema) y las pérdidas" (Chardon, 2002).
Para una efectiva evaluación de la vulnerabilidad e incorporación de esta variable como elemento que está asociado al desarrollo local, es necesario implementar la metodología **AIDEP**, utilizada por la ONEMI y que se basa en argumentos utilizados en el ámbito internacional propuestos por la EPA, fomentados por los organismos técnicos de la Naciones Unidas (2000).

Análisis Histórico
Investigación en Terreno para identificar donde están los riesgos y recursos.
Discusión de las Prioridades
Elaboración del Mapa
Plan Integral de Protección y Seguridad.

I. Análisis Histórico:

Este facilita la implementación de programas de acción preventiva y de respuesta que tiene relación con el Ciclo de Manejo del Riesgo (ONEMI, 2000), ya que el estudio de experiencias de emergencias pasadas, con sus efectos y consecuencias, permite identificar la probabilidad o improbabilidad de un evento de similares características.

- Utilidad y Aplicaciones: Con la disposición de datos adecuados de eventos de derrame de sustancias peligrosas, es posible obtener una visión en retrospectiva y un estudio resultante de esto para mejorar los aspectos en que el sistema de prevención está débil, analizado en función de las consecuencias que ha traído sobre las personas y el medio ambiente un evento de tal naturaleza. En esta etapa se ha considerado un evento de derrame en una zona que esta dentro del alcance de este estudio, en la Localidad de Melipilla, Provincia de Melipilla, al sur de la Región Metropolitana, el evento se produjo en Marzo del año 2003, la información se obtiene desde un análisis efectuado por ONEMI (2003).

II Investigación en Terreno y Análisis de Amenazas y Vulnerabilidades:

La Investigación en terreno permite tener un conocimiento más acabado de la identificación de los puntos, procesos y/o actividades críticas que se presentan como factores de amenaza, donde se debe considerar que la fuente de posible

liberación de sustancias peligrosas es una fuente móvil, ya sea por vía ferroviaria o carreteras.

- Análisis de Amenaza: es necesario tener una estimación de la naturaleza del químico transportados, para conocer los efectos que puede tener sobre la salud de las personas expuestas a él y el daño que puede generar sobre el medio ambiente y de la posible reacción que puede presentar durante el proceso de dispersión en éste.

Por lo que es necesario siguiendo con la metodología señalada, hacer una completa identificación de la amenaza, a través de experiencias pasadas, que permitan tener una estimación de la naturaleza del químico transportado, con la finalidad de conocer los efectos que puede tener sobre la salud de la población que está expuesta a él y el daño que puede producir sobre el medio entorno, que para este estudio será enfocado sobre los recursos suelos y agua, se necesita conocer la posible reacción que puede tener durante el proceso de dispersión. Lo anterior permite mejorar los aspectos en que el sistema de prevención y por tanto de protección civil este débil, analizando en función de las consecuencias que ha traído sobre las personas y el medio ambiente.

- Análisis de Vulnerabilidad: En esta etapa del proceso de evaluación de riesgo se debe determinar el alcance de los efectos espaciales que tiene la liberación de la sustancia peligrosa desde la fuente que la contiene, para esto es necesario la identificación de los sectores que poseen concentración y la caracterización de población que puede ser afectada. Desde esta perspectiva es necesario utilizar una metodología que permita "el estudio de vulnerabilidad global desde un enfoque sistémico y que utiliza métodos cualitativos de determinación de la vulnerabilidad, esto se puede llevar a cabo con la selección de factores de vulnerabilidad" (Chardon, 2002).

Los factores de vulnerabilidad y de empeoramiento de las pérdidas instantáneas pertenecen a siete campos mayores: que son: naturales, socioeconómicos, técnicos, coyunturales, culturales, funcionales e institucionales (Chardon, 2002). De estos cinco factores para este estudio se trabajará con tres:

1. Factores naturales:

Se considerará las características físicas que poseen una predisposición a ser dañados frente a una condición de amenaza. En este caso se estudiarán los suelos para conocer la capacidad de infiltración que poseen, para conocer su reacción frente a un evento de derrame de sustancias peligrosas que por el tipo de suelo pueden escurrir o infiltrarse y también se considerará la pendiente de los caminos y sectores adyacentes a esto que puede aumentar el flujo de los líquidos

derramados en caso de escorrentía. Las aguas subterráneas asociadas a los suelos de estudios, también se considerarán como factor de vulnerabilidad física.

2. **Factores socioeconómicos**:

Estos se encuentran directamente ligados a la población y que para este estudio se considerará: , los recursos económicos que poseen para enfrentar el fenómeno o desastre, el nivel educativo que poseen (D'Ercole, en Chardon, 2002), se considerarán la población total, para poder jerarquizar los sectores que poseen una mayor concentración de población.

3. **Factores técnicos**:

En general se tratan de factores de distribución de las viviendas en torno a las vías de transporte de las sustancias químicas y su grado de exposición (Flageollet, en Chardon, 2002), a un fenómeno de liberación de la sustancia peligrosa. También se considerará el estado de la infraestructura de transporte, para identificar "zonas susceptibles por encontrarse en mal estado y considerarse como estructura peligrosa" (Velásquez et al., en Chardon, 2002). Finalmente se localizarán las entidades de socorro pertinentes.

Metodología utilizada para el estudio de los factores físicos

Es necesario poder establecer una metodología de trabajo para el estudio en cuestión, ya que hay términos y conceptos muy importantes a tratar para poder obtener buenos resultados.

Este trabajo requiere de un estudio de los suelos que están adyacentes a la ruta de transporte por ferrocarril desde la estación de transferencia Los Lirios en la proximidad de la Cuidad de Rancagua hasta el puerto de San Antonio, ruta N° 78 (Ver Carta N° 1 Área de Estudio), por lo que el área de estudio comprende Parte de las VI región, en el sector Nor - este de la provincia de Cachapoal, todo el sector sur de la región metropolitana en las provincias de Maipo, Talagante y Melipilla y de la V región una parte de la provincia de San Antonio.

Se requiere en primera instancia una recopilación de antecedentes Bibliográficos y cartográficos, por que es necesario conocer todos los antecedentes físicos de los suelos del área de estudio.

Como base para los requerimientos solicitados, la metodología se describe por materiales y métodos utilizados para lograr cada objetivo propuesto, en cada etapa del estudio.

Primera Etapa:

Para los suelos del área de estudio presentes en la Región Metropolitana se trabaja en función de: Identificación y Caracterización de las Series de Suelos y Determinación de Grupos Hidrológicos.
Para la realización de esta etapa se trabajará con el Estudio Agrológico del proyecto Maipo (CIREN-CORFO, 1989) y con sus correspondientes ortofotos en escala. 1:20.000.
Para los suelos de la provincia de San Antonio, V Región de Valparaíso, se trabajará en función a un estudio de suelo que esta contenido en "Proyecto Plan Maestro de Evacuación de Drenaje y de Aguas Lluvias de San Antonio y Cartagena", Dirección de Obras Hidráulicas, con cartografía 1:20.000., donde contiene la información sobre suelos, pero no descrita en series. Toda la información de suelos recopilada será cartografiada.
El área de estudio de la VI Región, insertos en la Provincia de Cachapoal, no se cuenta con la información necesaria para poder realizar el estudio de suelos, debido a que la información a la que se tuvo acceso solo contenía datos sobre la capacidad de uso del suelo, la cual es insuficiente para los datos requeridos, por lo que el análisis de vulnerabilidad de los factores físicos para esta parte del área de estudio no se puede llevar a cabo.

A partir de la información recopilada se podrá conocer las series de suelos que se encuentran en el área de estudio, el poder conocer las series de suelo a que corresponden los suelos facilitara el conocer la información requerida para este estudio y permitirá la generación de una Carta con las series de suelos que se encuentran en la Región Metropolitana

Es necesario conocer además los datos de:

- Permeabilidad e infiltración
- Textura superficial

Con esto datos se pueden determinar los grupos Hidrológicos de las series de Suelos, este punto es de gran importancia ya que el conocer el tipo de grupo hidrológico al que pertenece cada serie de suelo facilita el manejo de la información.

Los grupos hidrológicos están determinados por la infiltración que presentan los suelos, el tipo de material que tiene en la superficie y el tipo de drenaje (ver tabla N° 1, a continuación)

Cuadro N° 1

GRUPO	INFILTRACIÓN	DRENAJE	MATERIAL	TRANSMISIBILIDAD
A	ALTA	BUENO	ARENAS Y GRAVAS	ALTA
B	MODERADA	MODERADO	MOD*. FINA A MOD GRUESO	BAJA
C	BAJA	BAJO	MOD FINA A FINA	BAJA
D	MUY BAJA	ESCASO	ARCILLA (EXPANDIBLE)	SIN MOVIMIENTO GRAVITACIONAL

Fuente: Elaboración propia.
Mod*: Moderadamente

A partir de la tabla N° 1 que resume las características de los grupos hidrológicos, y en conjunto con los estudios de suelos, en los estudios Agrológicos de cada región, se busco la descripción de la serie de suelo correspondiente al área de estudio, para poder conocer textura superficial, en algunos casos como no es posible conocer la Infiltración de los suelos se trabajará en torno a la permeabilidad, capacidad de drenaje. Todo lo anterior es necesario para poder clasificar los suelos por grupos hidrológicos.
La textura superficial se clasifica según el siguiente cuadro:

Cuadro N° 2 Clasificación de las Texturas

Textura Superficial	Clasificación
Arcillosa Arcillo limoso Arcillo arenosa	Fina
Franco arcillosa Franco arcillo limosa Franco arcillo arenosa	Moderadamente Fina
Franco Franco limosa Franco arenosa muy fina	Media
Franco arenosa fina Franco arenosa	Moderadamente gruesa
Areno francosa fina Areno francosa muy fina Areno francosa gruesa Arena muy fina Arena fina	Gruesa
Arena media Arena gruesa	Muy gruesa

Fuente: Estudio Agrológico de la Región Metropolitana, CIREN-CORFO, 1995.

Segunda Etapa:

Identificación de la Altura de la Napa Freática

Es necesario poder conocer en que sectores donde la napa puede presentarse superficial, además de tener una condición geológica que se presente libre, es decir que por esta características se puede presentar como vulnerable a la infiltración, asociado a que los suelos presenten una permeabilidad moderadamente rápida a rápida, ante un evento de derrame de ácido sulfúrico.
Las categorías que existen para la capacidad de drenaje según el Estudio Agrológico del proyecto Maipo (CIREN-CORFO, 1989) son:

Cuadro N° 3 Capacidad de drenaje

Capacidad	Clasificación
1	Muy Pobre
2	Pobre
3	Imperfecto
4	Moderadamente bueno
5	Bueno
6	Excesivo

Fuente: Elaboración propia

Para poder conocer la altura de la Napa freática es necesario trabajar con la carta Hidrogeológica, como base y se complementa con la información de las series de suelos, además de la base cartográfica digital del proyecto OTAS (1998).

Para poder complementar la información que se tiene de las series de suelos, que poseen la información sobre la capacidad de drenaje que presentan cada serie, y la información de la carta Hidrogeológica, primero se hace una relación entre la capacidad de drenaje y la altura de la Napa freática que según el Estudio Agrológico del proyecto Maipo (CIREN-CORFO, 1989), tiene directa relación, como muestra el cuadro N° 2 a continuación:

Cuadro N° 4

Drenaje	**Altura Napa Freática**
Pobre	Superficial
Imperfecto	Alta
Moderado	Relativamente Alta
Bueno	Baja
Excesivo	Sin Información

Fuente: Elaboración Propia en base a Estudio Agronómico del Proyecto Maipo, CIREN-CORFO, 1989.

Tercera Etapa:

Análisis de Escurrimiento superficial y pendiente de los suelos

Es necesario hacer un análisis conjunto del tipo de escurrimiento superficial que pueden presentar los suelos y sobre todos en aquellos sectores donde la pendiente, se presente en un plano inclinado ya que esto puede favorecer el avance de ácido sulfúrico hacia sectores poblados o suelos agrícolas.

Carta de Vulnerabilidad de Factores Físicos

Una vez aplicado el estudio de suelo se determinaran la vulnerabilidad que presentan estos suelos, que estarán contenidos en una carta de Vulnerabilidad de los factores físicos, con todos los tipos de vulnerabilidad que se presenten.

Metodología para el análisis de Vulnerabilidad de factores socioeconómicos y técnicos

Para poder asociar variables de distinta naturaleza como las que han sido consideradas para este estudio se debe tener en cuenta que sería muy subjetivo realizar un análisis superficial de cada una de ella sin interrelacionarlas y para esto es necesario la utilización de algún programa que sea competente a las necesidades requeridas por este trabajo.

El programa estadístico que se utiliza en este trabajo se llama SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) y sirve para trabajar en análisis multivariable, es decir con más de una variable y permite relacionarlas estadística y probabilísticamente. Para poder realizar este programa los datos utilizados son tomado del Censo 2002 (INE).

En una primera aproximación hacia la vulnerabilidad social es necesario señalar que la vulnerabilidad que presentan los centros poblados adyacentes a la ruta de transporte se relaciona primeramente con la cantidad población que poseen, considerando que a mayor cantidad de población mayor es la densidad de población por mt^2 y por lo tanto se puede deducir que en los centros poblados con mayor cantidad de habitantes pueden ser un número superior los afectados por el paso del tren que transporta el ácido sulfúrico, en caso de accidente o cualquier evento de derrame de la sustancia. Los datos utilizados son tomados del Censo 2002 (INE).
Los datos que no son numéricos es decir que no son de una naturaleza cuantitativa como el estado de la infraestructura vial, son recogido de una observación realizada directamente en terreno, por lo tanto se le ha dado un valor numérico para ser asimilado por el programa estadístico y poder realizar la Jerarquía.

La localización de las entidades de socorro consideradas son: Carabineros de Chile, tomando en cuenta ubicación de Comisarías Y Subcomisarías y Retén, ya que todas pueden participar en caso que se requiera su asistencia y el otro organismo de socorro son Bomberos de Chile con sus correspondientes compañías. En Ambos casos se ha tomado la información de su ubicación y presencia en los centros poblados en donde existen a través de los Sitios Web Correspondientes, ambas se han cuantificado en el caso en que existan en cada centro poblado, pero para el análisis estadísticos y poder Jerarquizar los centros sin que se inviertan los valores utilizados se consideran valores que demuestran ausencia o presencia de tales variables.

Metodología para SPSS

Todos los datos que se consideran para cada variable se escriben en una hoja en Excell, luego estos datos se pegan en la hoja de SPSS y se etiquetan en forma manual las variables, luego se toman los datos y se le aplica un factor de correlación para obtener los pesos que representan cada variable por cada centro poblado a través del método de regresión, esto ayuda a que el número de variables sea el mismo número de factores, por lo que no hay reducción de aquellas variables que tengan menor peso.
Al hacer la estandarización de los datos, luego se toman y se llevan al cluster en donde se le aplica la jerarquización y automáticamente arroja el resultado gráfico y en un dendrograma en donde uno puede agrupar los datos en el número de grupos que uno desee analizar.

Con el dendrograma es posible ver el orden Jerárquico en que se encuentra cada centro poblado, en función de la vulnerabilidad socioeconómica y técnica que presentan.

Elaboración de Cartografía con Zonas de vulnerabilidad de factores Socioeconómicos y técnicos.

Los grupos de vulnerabilidad que se escojan para trabajar según los resultados del dendrograma serán cartografiados, generando una carta con las zonas de vulnerabilidad por factores socioeconómicos y técnicos.

Metodología para el Análisis de los factores de Vulnerabilidad Integrados

En esta etapa se superpondrán la información que poseen la carta de vulnerabilidad de factores Físicos y la carta de Vulnerabilidad de los Factores Socioeconómico y Técnicos, generando una carta integrada en donde se pueden asociar aquellos sectores y centros poblados que presenten mayor condiciones de vulnerabilidad en todos los factores tratados y a partir de esta carta, se puede pasar a la etapa III, descrita a continuación.

III Discusión y establecimiento de Prioridades:

En esta etapa se debe establecer, a través de los antecedentes recopilados, los sectores donde se presenta la probabilidad de que una emergencia de un derrame de sustancias peligrosas se presente y considerar además como pueden ser afectadas las áreas vulnerables. Después de la identificación de las áreas susceptibles es necesario establecer alternativas de solución, que permitan reducir al mínimo las probabilidades de tal ocurrencia, esto incluye medidas de mitigación que se pueden adoptar a las distintas condiciones que se puedan presentar. Las alternativas tienen relación con el ciclo del Manejo de Riesgo (ONEMI, 2000)

- **Alerta**
- **Respuesta**
- **Rehabilitación**
- **Reconstrucción**
- **Mitigación**
- **Preparación**

Dentro de esta etapa de discusión y establecimiento de prioridades, este estudio propone medida de prevención y mitigación frente a un evento de derrame o liberación de una sustancia peligrosa, incluyendo la definición de zonas de *buffer* en sectores donde las condiciones del terreno lo permitan, ya que esta zona de amortiguación y de retardamiento de los efectos que se pueden producir está directamente relacionada con la zona de influencia. En el caso de no existir un espacio físico adyacente a las rutas de transporte, que sea lo suficientemente amplio para crear los *buffer*, se propondrán otras medidas, como por ejemplo, fijar límites de velocidad.

IV Elaboración de un Mapa de Zonas de Vulnerabilidad

En base a la etapa de discusión de las prioridades en donde se proponen las medidas de mitigación se puede abordar esta etapa, en donde no solo se realizan propuestas sino que además se puede generar una carta final que muestren las medidas sugeridas.

El mapa será elaborado en SIG, y contendrá las zonas de influencia ante eventual derrame o liberación de sustancia peligrosa, los caminos por donde transitan los vehículos con carga peligrosa, las zonas de *buffer* y de prevención y las áreas con sectores de población vulnerables, también se identificaran las áreas donde se cuenta con recursos disponibles para actuar en estas emergencias, todo esto a fin de predecir lo que puede suceder en caso de una emergencia de esta naturaleza.

V Planificación Integral frente al Riesgo Químico

Esta etapa considera todas las actividades ligadas al ciclo del manejo de riesgo, por lo se considerarán todas las medidas destinadas a mitigar los efectos que puede traer un evento de liberación de sustancias peligrosas. Esta etapa no se desarrollará en este trabajo ya que corresponde a los organismos competentes con el Ordenamiento Territorial, los de Protección de la Población (Civil) y de protección de Los Recursos naturales, el establecer y decidir que acciones se pueden llevar a cabo frente a este tema tan complejo.

Materiales para la Metodología

- Carta topográfica del IGM de la Regiones: V, Metropolitana y VI a una escala de
  1: 50.000.
- Carta de suelo escala 1: 20.000, contenidas en el Estudio de Suelos del Proyecto Maipo, CIREN-CORFO, 1989.Para La Región Metropolitana la Metropolitana.
- Carta al 1:20.000 y Estudio de Suelo del proyecto Plan Maestro de Evacuación Y Drenaje de Aguas Lluvias de San Antonio y Cartagena, V Región. Dirección de Obras Hidráulicas.
- Toda la cartografía digital base para confeccionar las cartas para este estudio es obtenida del Proyecto OTAS, 1998.
- Todas las Cartas serán confeccionadas en Sistema de Información Geográficas (SIG) en el programa ARCVIEW, en una Escala de
  1: 1.500.000, para facilitar su manipulación.

Análisis de la Amenaza

La amenaza está relacionada con el peligro que significa la posible ocurrencia de un fenómeno físico de origen natural, de origen tecnológico o provocado por el hombre que puede manifestarse en un sitio y durante un tiempo de exposición prefijado. Técnicamente, se expresa como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un evento con un nivel de severidad, en un sitio específico y durante un período de tiempo.

Desafortunadamente, debido a la complejidad de los sistemas físicos en los cuales un gran número de variables puede condicionar el proceso, la ciencia aun no cuenta con técnicas que le permitan modelar con alta precisión dichos sistemas y por lo tanto los mecanismos generadores de cada una de las amenazas. Por esta razón, la evaluación de la amenaza, en la mayoría de los casos, se realiza combinando el análisis probabilístico con el análisis del comportamiento físico de la fuente generadora, utilizando información de eventos que han ocurrido en el pasado y modelando con algún grado de aproximación los sistemas físicos involucrados.

Es importante diferenciar la amenaza del evento que la caracteriza, puesto que la amenaza significa la potencialidad de la ocurrencia de un evento con cierto grado de severidad, mientras que el evento en si mismo representa al fenómeno en términos de sus características, su dimensión y ubicación geográfica.

Por otra parte, cuando los pronósticos pueden realizarse en el corto plazo, es común darle a este proceso el nombre de "predicción". Esta técnica, mediante la cual se pretende determinar con certidumbre cuándo, dónde y de qué magnitud será un evento, es fundamental para el desarrollo de sistemas de alerta, cuyo objetivo es informar anticipadamente a la población amenazada acerca de la ocurrencia o inminente ocurrencia de un fenómeno peligroso (National Academy of Sciences 1975). Su aplicación permite, en general, caracterizar un evento como previsible o imprevisible a nivel del estado del conocimiento.

Contextualizando todo lo anteriormente descrito en este estudio se puede decir que:

La utilización de materias o sustancias que se pueden denominar peligrosas, se ha desarrollado de una manera significativa en la última parte del siglo XX.

Por Materia o sustancia peligrosa, se entiende a "todo producto que durante su fabricación, manejo, transporte, almacenamiento o uso pueda generar o desprender vapores, humos, polvos, gases o fibras capaces de producir efectos infecciosos, irritantes, inflamables, explosivos, corrosivos, asfixiantes, tóxicos o de cualquier otra naturaleza peligrosa, o que pueda generar radiaciones ionizantes, en cantidades o concentraciones que tengan alguna probabilidad de lesionar la salud de las personas que entren en algún tipo de contacto con ellas o que puedan causar daños materiales en instalaciones o en el medio ambiente", según

el Real Decreto 387/ 1996 del 1 de marzo, dictado por el Comité de Expertos de las Naciones Unidas en Estados Unidos, para el transporte de sustancias peligrosas, esto como directriz Básica de Planificación de protección civil ante el riesgo de accidentes en los transportes de materias peligrosas por carretera o ferrocarril. El ácido sulfúrico por la descripción anterior esta dentro de la categoría de sustancia peligrosa.

1.- Génesis del Ácido Sulfúrico

Es necesario tener en cuenta cuales son los procesos involucrados en la fabricación del ácido sulfúrico, pero cabe destacar que para este estudio, la sustancia se origina a partir de la Industria del Cobre, en este caso específico, en la Mina El Teniente, ya que en los procesos productivos del cobre, denominado proceso de fusión, se genera una emanación de gases de anhídrido sulfuroso que eran emitidos a la atmósfera produciendo una contaminación muy significativa, lo que provocó que la empresa tuviese que tomar algunas medidas para evitar la contaminación del aire, por lo que se procedió a hacerlo soluble en agua y hacer una sustancia líquida que resultó ser el ácido sulfúrico, pero el problema se hace muy importante en el transporte de esta sustancia, ya que si bien es un subproducto de la minería, es altamente demandado por las divisiones del norte de Codelco, donde la utilidad principal de esta sustancia es para los procesos de lixiviación del cobre.

2.- Fabricación del Ácido Sulfúrico

La Fabricación de esta sustancia, según el Estudio "Toxicología Industrial" (Quer-Brossa, 1983) involucra tres pasos básicos:

- Generación de Anhídrido Sulfuroso (SO_2)
- Conversión de SO_2 a Anhídrido sulfúrico (SO_3).
- Absorción del anhídrido sulfúrico (SO_3) en una solución de agua para formar el ácido sulfúrico (H_2SO_4).

a) Generación de Anhídrido Sulfuroso
En las fundiciones esto se logra durante los procesos de fusión de minerales sulfurados.
La reacción general que describe este proceso se representa de la siguiente forma:

$$S + O \text{ -------> } SO_2$$

b) Conversión de SO2 a SO3
En esta etapa el SO2 reacciona con oxígeno en presencia de una sustancia que cataliza la reacción en condiciones apropiadas de temperatura. Este proceso esta descrito por la siguiente reacción:

$$SO_2 + 1/2\ O_2 \text{ -------> } SO_3$$

c) Absorción del Anhídrido Sulfúrico

En esta Etapa el SO3 producido es puesto en contacto con una solución acuosa de ácido sulfúrico, de este modo el SO3 es absorbido por el agua aumentando la concentración de ácido. La siguiente ecuación describe la reacción química:

$$SO_3 + H_2O \text{ -------> } H_2SO_4$$

3.- Características del Ácido Sulfúrico

Es un líquido viscoso, de densidad 1,83 g/ml, transparente e incoloro cuando se encuentra en estado puro, y de color marrón cuando contiene impurezas. Es un ácido fuerte, que cuando se calienta por encima de 30° C desprende vapores y por encima de 200° C emite trióxido de azufre. En frío reacciona con todos los metales y en caliente su reactividad se intensifica. Tiene gran afinidad por el agua y es por esta razón que extrae el agua de las materias orgánicas, carbonizándolas.

Por la acción corrosiva sobre los metales, el ácido sulfúrico genera hidrógeno molecular, gas altamente inflamable y explosivo.

Identidad

Fórmula Química: H2SO4
Nombre IUPAC: Ácido Sulfúrico
Sinónimos: Aceite de vitriol. Acido de baterías, etc.
Grupo Químico: Acido inorgánico (irritante)

Propiedades físicas y químicas

Solubilidad en agua:	Soluble en todas las proporciones con Generación de calor.
Solubilidad en solventes orgánicos:	Soluble en etanol en todas las proporciones.
Estabilidad en agua:	Estable a temperatura ambiente, descompone a 340°C.
Inflamabilidad:	No inflamable
PH:	< 3.0
Propiedades oxidantes: (Corrosividad)	Oxidante fuerte.

Reactividad e Incompatibilidad

El ácido sulfúrico, por combustión, forma humos tóxicos de óxido de azufre, también es un oxidante fuerte que reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores, por otra parte, reacciona con bases y es altamente corrosiva para la mayoría de los metales más comunes como fierro, aluminio, níquel, zinc, originando hidrógeno (gas inflamable y explosivo).
Reacciona fuertemente al entrar en contacto con agua y compuestos orgánicos como Acetonitrilo, cloratos, nitratos, picratos generando desprendimientos de calor y emanación de gases.

4.- Efectos sobre la Salud de las Personas:

(Ver en anexos Definición Conceptual de las Enfermedades)

Mecanismos de Acción (Börgel, 2000)

El ácido sulfúrico inhibe la cadena respiratoria, además forma sulfohemoglobina, es hepatotóxico y genera enfermedades hematológicas.

Es irritante de las vías respiratorias, al inhalar las nieblas se produce deplesión de álcalis que determina acidosis metabólica que afecta principalmente al SNC y puede generar neumonías químicas.

Vías de ingreso al organismo

La principal vía de ingreso al organismo es la vía respiratoria, donde produce un efecto irritante directo pero puede pasar a la circulación a través de la inhalación de nieblas, determinado deplesión de álcalis que lleva a una acidosis metabólica que afecta principalmente al sistema nerviosos central, produciendo agitación, marcha inestable y compromiso del estado general. Además al ingresar por vía respiratoria genera irritación local y neumonitis química.

Sin embargo el ácido sulfúrico también puede ingresar al organismo por Ingestión (quemaduras digestivas y dentarias) y por contacto dérmico (quemadura cutánea y carbonización de la piel por la gran afinidad del ácido con agua).

Biotransformación

El ácido sulfúrico es absorbido por la membrana mucosa y el anión sulfato pasa a formar parte del pool de aniones sulfato del organismo conjugándose con otras sustancias.

Vías de eliminación

El ácido sulfúrico se transforma en aniones sulfato y es eliminado a través de la orina combinado con otras sustancias químicas. El ácido sulfúrico no se acumula en el organismo.

Toxicidad Aguda (Dreisbach,1984)

El ácido sulfúrico es un poderoso agente cáustico que al ser inhalado o ingerido produce gran irritación y graves quemaduras en las mucosas del aparato respiratorio, digestivo y dientes.
A nivel respiratorio genera secreción nasal, ardor faríngeo y dolor retroesternal, tos, dificultad respiratoria y en ocasiones espasmo de cuerdas vocales. En altas concentraciones puede causar hemoptisis, edema traqueo- bronquial y edema pulmonar.
La ingestión de ácido sulfúrico produce graves quemaduras de la boca, esófago y estómago llegando incluso a la perforación de estos órganos, con mediastinitis secundarias y/o peritonitis.
En los ojos puede producir lesiones cornéales irreparables y ceguera.
La quemadura cutánea y la carbonización de la piel se debe a la gran afinidad del ácido sulfúrico con el agua, originando a este nivel una fuerte reacción exotérmica llegando a producir quemaduras profundas dependiendo de la concentración y la duración del contacto del ácido con la piel.

Toxicidad crónica

Piel

Repetidas exposiciones a bajas concentraciones de vapor de ácido sulfúrico pueden causar dermatitis.

Dientes

Exposiciones a altas concentraciones (> 16 mg/m3) causan erosión dental. Esto puede ocurrir después de pocas semanas de exposición.

Efectos respiratorios

A pesar que el ácido sulfúrico es ampliamente usado, no existen reportes específicos con respecto a efectos respiratorios de exposición a largo plazo. Sin embargo es posible que se presente una irritación bronquial hiperreactiva, con obstrucción bronquial y fibrosis pulmonar.

Efecto carcinogénico

La Agencia Internacional de Investigación de Cancer (IARC) ha concluido que existe suficiente evidencia que el ácido sulfúrico puede provocar cáncer en personas expuestas ocupacionalmente, por lo que lo ha clasificado en el grupo I.

Existen diversos estudios en los que se ha reportado cáncer de laringe y de pulmón en una amplia variedad de procesos que involucran el uso de ácidos inorgánicos fuertes que incluyen el ácido sulfúrico.

En todos los estudios el ácido sulfúrico ha sido el común denominador entre los pacientes que presentan esta enfermedad, y se ha visto además que el número de casos aumenta a medida que la exposición a este ácido aumenta (EPA, 2000).

5.- Efectos sobre el Medio Ambiente

El ácido sulfúrico es una sustancia peligrosa para el medio ambiente ya que es un líquido altamente corrosivo, su anión se acumula en organismos acuáticos, dañándolos. Además en zonas industrializadas este ácido contamina las aguas, solubilizando algunos minerales de los suelos disminuyendo la capacidad de éstos para soportar la vida vegetal, alterando el equilibrio ecológico.
El ácido sulfúrico en contacto con ambientes con altos contenidos de humedad (sobre el 60%), neblinas, comienza a reaccionar y a emanar gases tóxicos, que pueden ser muy fuertes para la vegetación existente produciendo a que la cobertura vegetal tienda a quemarse y a morir.

La Contaminación de las aguas es un tema muy importante, ya que puede contaminarse de distintas maneras, puede contaminar cursos de agua superficiales, como: Ríos, Esteros, Quebradas y puede contaminar cursos de aguas subterráneas.

Si el ácido sulfúrico cae en un curso superior de agua, puede significar un alto grado de toxicidad de las aguas y entrar en reacción, con una consecuente emanación de vapores tóxicos, lo que se traduce en una alta alteración de la Biodiversidad e incluso la muerte de algunas especies animales y vegetales.

La Contaminación de las aguas subterráneas puede ocurrir en caso de un derrame de ácido sulfúrico, que por las condiciones de los suelos, puede infiltrarse hasta llegar a las aguas subterráneas, estas son una fuente importante de aguas para beber y para usos productivos, esto se produce a través de procesos de lixiviación de los suelos, que permite que la sustancia penetre en el terreno y lleguen a las fuentes de aguas subterráneas, una vez contaminadas es muy difícil e incluso imposible de limpiar o recuperar.

6.- Utilización del Ácido Sulfúrico en la Industria

En variados procesos industriales, es utilizado como agente tratante; es el caso específico de la Industria Minera, donde es utilizado como agente lixiviador, para extraer en forma selectiva algunos elementos como Cu, Ni, Fe. En la industria de la refinación electroquímica del Cobre es utilizado como electrolito conductor en las celdas.

Otros procesos industriales lo incluyen en la refinación del petróleo y la manufactura de químicos orgánicos.

El ácido sulfúrico es un producto fundamental, ya que sus aplicaciones numerosísimas y su consumo es extraordinario. Los Usos son tan variados que el volumen de su producción proporciona un índice aproximado de la actividad general industrial.
Por ejemplo, a principios de la década de 1970, la producción anual de ácido sulfúrico en Estados Unidos, el mayor productor del mundo, sobrepasa los 29 millones de toneladas, que corresponden a una producción diaria de 1/3 kg. por persona al año. Este ácido es un producto que directa o indirectamente está presente en toda la industria, y su consumo es el termómetro de la industria de un país.

Sus Principales usos son:

- Producción de superfosfatos de calcio (fertilizantes)
- Potabilización de agua: para producir sulfato de aluminio a partir de bauxita.
- Detergentes: en la sulfozonación de dodecilbenceno, que es la materia prima básica para la mayoría de los detergentes utilizados en el hogar y la industria.
- Fábricas de papel: en el proceso de producción de la pulpa de papel, e indirectamente en el uso de sulfato de aluminio. Este también se utiliza en la depuración de aguas residuales y en la Potabilización.
- Agro-Fito-Sanitario: en la producción de sulfato de cobre.
- Refinación de Petróleo: para las calderas y procesos químicos.
- Generación térmica de energía: para el tratamiento de las calderas.
- Metalurgias: para el decapado de metales.
- Producción de ácido para baterías eléctricas.
- Producción de sulfato de aluminio: se lo utiliza en reacción con hidróxido de aluminio. El sulfato de aluminio producido se utiliza principalmente en Potabilización de aguas, curtidos al alumbre (curtiembres), producción de papel y sales de aluminio.
- Producción de sulfato de cromo: se lo utiliza en reacción con dicromato de potasio y un agente reductor.
- El sulfato de cromo se utiliza principalmente para el curtido de cueros (curtidos al cromo).
- Fabricación de productos orgánicos, pinturas, pigmentos y rayón.

7.- Antecedentes de Comercialización

Este producto es comercializado en Chile por empresa como compañías minera Disputada Las Condes, Empresa Nacional de Minería, Química del Sur y Cía. Ltda., Dupont Chile S:A:, Interquímica Ltda., etc.

El principal productor de esta sustancia es actualmente Codelco, al cual pertenece la Mina El Teniente en la VI región.

Las Operaciones que hacen de Codelco el principal productor mundial de cobre son realizadas precisamente a través de sus divisiones, encargadas de la explotación de los yacimientos, el procesamiento de los minerales, y la obtención del metal y sus subproductos para el envío a los mercados mundiales.
Codelco cuenta con cuatro Divisiones Mineras, donde se trabaja con similares procesos productivos y una metalmecánica. Todas están ubicadas en las zonas norte y centro del país.

- División Codelco Norte
- División El Salvador
- División Andina
- División El Teniente
- División Talleres

La Mina El Teniente es la división perteneciente a las empresas de Codelco que se encuentra más al Sur de todas las Divisiones, en esta División es donde se genera la mayor cantidad de ácido sulfúrico como un subproducto resultante de los procesos de fusión del cobre, que es transportado hacia la División Norte donde se utiliza en los procesos de lixiviación del Cobre.

8.- Cantidad de ácido sulfúrico transportado en el año

Anualmente se transporta en Territorio Nacional una gran cantidad de ácido sulfúrico. El ácido sulfúrico constituye un peligro cuando "NO" se maneja adecuadamente, por lo que este estudio pretende contextualizar la importancia que tiene la gran cantidad de ácido sulfúrico que se transporta por rutas que se disponen en forma adyacente a centros poblados.

Alrededor de 690.000 toneladas de ácido sulfúrico producidas en las plantas de gases N°1 y N°2 de Fundición caletones fueron trasladadas por la División El Teniente al puerto de San Antonio en el 2000.

Durante el año 2001, la producción de ácido sulfúrico de las plantas llegó casi a las 800.000 toneladas, de las cuales, hasta marzo del 2002, 145.000 toneladas se trasladaron por camión desde Caletones hasta el puerto, por la empresa Transcargo. En Abril del 2002, comenzó a operar el ferrocarril, uno de los proyectos más relevantes del Plan de Descontaminación de Caletones, entre Rancagua y San Antonio, a través del cual se transportaron 550.000 toneladas, de ese total, 490.000 se movilizaron a través de la Carretera El Cobre, cambiando el Transporte, de camión a tren, en la Estación de Transferencia Los Lirios, cerca de la Cuidad de Rancagua, a cargo de la empresa del estado Transap. En tanto, a partir de noviembre del 2001, 60.000 toneladas se trasladaron por la nueva ruta Ribera Sur, con lo cual se dio inicio al trayecto definitivo: Caletones/ Ruta Ribera Sur/ estación Transferencia Los Lirios/ Puerto San Antonio, teniendo como destinatario a la empresa Terquim (Codelco, 2002).

Definición Área de Estudio

Se tomará para este estudio todos los centros poblados y los suelos, con las aguas subterráneas asociadas a estos, que están adyacentes a la ruta de transporte desde la vía férrea hasta 1000 metros a ambos lados, a los largo de toda la ruta que recorre el ferrocarril que transporta el ácido sulfúrico desde la Fundición Caletones, de la Mina El Teniente, en la provincia de Cachapoal, VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins, hasta el Puerto da San Antonio, en la provincia de San Antonio, V Región de Valparaíso (Ver Carta N° 1 Presentación Área de Estudio), para tener esta consideración se ha utilizado como base la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) que realizó la Empresa Codelco para la aprobación del transporte del ácido sulfúrico, donde se considera por medios de distintos factores que 200 metros de distancias a cada lado de la ruta son adecuados de considerar para cualquier tipo de evento y de Evaluación de Impacto Ambiental (CONAMA, 2000), que para este estudio se ha aumentado a 1000 metros para una mejor resolución en la escala de trabajo de las cartas finales (1:1.500.000) y por que basados en evento de derrame como el caso de Melipilla, Marzo del 2003, y observaciones en terreno se ha podido demostrar que los efectos puede superar ampliamente los 200 metros.

Por otra parte como el área de estudio abarca zonas de tres regiones, el estudio de suelo se realizara en cada etapa por cada Región, ya que esto facilita el análisis global.

Análisis de Vulnerabilidad

La vulnerabilidad corresponde a la predisposición o susceptibilidad que tiene un elemento a ser afectado o a sufrir una pérdida. En consecuencia, la diferencia de vulnerabilidad de los elementos determina el carácter selectivo de la severidad de los efectos de un evento externo sobre los mismos (Chardon, 2002).

La vulnerabilidad, en términos generales, puede clasificarse como de carácter técnico y de carácter social, siendo la primera más factible de cuantificar en términos físicos y funcionales, como por ejemplo, en pérdidas potenciales referidas a los daños o la interrupción de los servicios, a diferencia de la segunda que prácticamente sólo puede valorarse cualitativamente y en forma relativa, debido a que está relacionada con aspectos económicos, educativos, culturales, ideológicos, etc.

En consecuencia, un análisis de vulnerabilidad es un proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos ante una amenaza especifica, contribuyendo al conocimiento del riesgo a través de interacciones de dichos elementos con el ambiente peligroso.

Análisis de Vulnerabilidad de los factores Físicos

Se han considerado para este estudio un análisis de los factores físicos considerando la variable suelo y agua subterránea asociada a ellos.

Es muy importante el transporte del ácido sulfúrico, desde el punto de vista de los impactos que puede producir sobre la población y su entorno (medio ambiente) si se produce algún evento de liberación de esta sustancia que a través de emergencias pasadas, la mayor forma de liberación ha sido por derrame, por efecto del volcamiento de los vehículos que los transportan, así resultó el caso estudiado en forma más reciente por el Departamento de protección Civil de la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior (ONEMI, 2003), en Melipilla, al sur-oeste de la Región Metropolitana, en la provincia de Melipilla, se produjo un Volcamiento del ferrocarril que transportaba el ácido sulfúrico hacia el Puerto de San Antonio desde la Mina EL teniente en el mes de Marzo del presente año, de los 30 vagones que transportaban el líquido 9 se volcaron y 4 vagones derramaron sustancia. Si bien es cierto que no hubo víctimas fatales, es necesario destacar que en el sector donde se produjo el volcamiento presenta un uso de suelo actual predominantemente agrícola, por lo que se hace necesario considerar que el recurso suelo y el recurso agua son elementos que también se pueden presentar vulnerables a ser contaminados por este tipo de sustancia peligrosa.

Este proyecto comprende un estudio de los suelos y aguas subterráneas que están directamente involucrados y que pueden ser vulnerables, al encontrarse adyacente a las rutas por donde se transporta el ácido sulfúrico, para poder determinar en que sectores los suelos y las aguas se presentan más vulnerables a ser dañados y contaminados, se realizara una descripción total de los tipos de suelos presentes en el área de estudios, ya que al conocer donde se presentan los suelos que tengan una mayor capacidad de infiltración y de permeabilidad y la napa subterránea se encuentre en forma más superficial, se puede determinar aquellos sectores donde ambos recursos se presentan más vulnerables a ser contaminados en caso de un posible derrame.

Factores Físicos: Suelos y Aguas subterráneas

Región Metropolitana

Es necesario cuando se enfrenta un estudio de suelos tener en cuenta la textura superficial, permeabilidad, altura de Napa freática, que presentan, debido a que este estudio esta dirigido a conocer la vulnerabilidad que pueden presentar los suelos, como recurso natural renovable y no renovable y el agua subterránea que de ser contaminada es imposible de recuperar, esto ante la posibilidad de que sean contaminados por el posible derrame de ácido sulfúrico.
Todo el conocimiento de los suelos es necesario debido a que cuando los suelos presentan una textura superficial gruesa, una tasa de infiltración rápida y una permeabilidad moderadamente rápida a rápida y una Napa freática superficial y libre, entonces se puede estar definitivamente en suelos muy vulnerables a ser contaminados, lo que puede tener severas repercusiones sobre la población que se vincula a ellos y que además como recursos naturales se pueden ver afectados en cuanto a la pérdida de su calidad, sobretodo cuando se asocian a usos productivos (silvoagropecuarios).

En el caso del área de estudio inserta en la Región Metropolitana, se estudiaran todos los suelos que están adyacentes a la vía del tren, por donde transita el ferrocarril que transporta ácido sulfúrico, con destino al puerto de San Antonio, que pasan por el sur de la Región, abarcando parte de las provincias: Maipo, Talagante y Melipilla (Ver Carta N° 2 Suelos).

Las Series de suelo presentes en el área de estudio (ver carta de series de suelos) son:

- Agua del gato, AGD, variación: $\frac{\text{AGD-C1}}{\text{A}}$
- Alhué, AHE, variación: $\frac{\text{AHE- E3}}{\text{BCK}}$
- Codigua, CDG, variación: $\frac{\text{CDG-D1}}{\text{A}}$
- Chiñigue, CHG, variación: $\frac{\text{CHG-C2}}{\text{A}}$
- Huechún, HCN, variación: $\frac{\text{HCN-E1}}{\text{A}}$
- Hospital, HPT, variación: $\frac{\text{HPT-C2}}{\text{A}}$
- Lonquén, LON, variación: $\frac{\text{LON-D2}}{\text{A}}$
- Maipo, MAO, variación: $\frac{\text{MAO-D2}}{\text{A}}$
- Pahuilmo, PAH, variación: $\frac{\text{PAH-C1}}{\text{A}}$

- Piedmont Lo Vásquez, PLV, variación: PLV- D3
  B
- Pomaire, PMR, variación: PMR-D1
  A
- San Diego, SDG, variación: SDG-D2
  A
- Santiago, STG, variación: STG-E3
  AK
- Misceláneos Cerros, MCE.
- Terrazas aluviales estratificadas, TE, variación: TE3-E3
  A

Descripción de cada tipo de suelo:

1. AGD-C1, Agua del Gato:
   A

Son suelos de origen lacustre, de topografía plana con pendientes que oscilan entre 0 - 1 %, la posición de estos suelos es en Piedmont Graníticos, textura superficial Franco arcillo limosa, con una permeabilidad lenta, escurrimiento superficial moderadamente rápido y un drenaje imperfecto.

2. AHE-E3, Alhué:
   BCK

Suelos de origen volcánicos la topografía es de lomajes suaves con pendientes entre 1 - 3 % en una posición de piedmont granítico, con textura superficial Franco Arenoso fino, la permeabilidad se presenta moderadamente rápida, el escurrimiento es moderadamente rápido y el drenaje s pobre.

3. CDG-D1, Codigua:
   A

Suelos de origen aluvial, con topografía plana y pendientes entre 0 - 1% en un posición de terrenos bajos y planicies de inundación del Maipo y la textura superficial es Franco arenoso muy fino, la permeabilidad es rápida. El escurrimiento es lento y el drenaje se presenta moderado.

4. CHG-C2, Chiñigue:
   A

Suelos de origen aluvial con topografía plana y sin pendientes, su posición es en antiguas terrazas aluviales del Maipo, con textura superficial Franco, permeabilidad rápida, escurrimiento superficial lento y un drenaje bueno.

5. HCN-E1, Huechún:
A

Suelos de origen aluvial con topografía plana y pendientes entre 0 - 1%, la posición es en terrazas aluviales bajas y planicies de inundación del Maipo, la textura superficial es arcillosa, permeabilidad rápida, escurrimiento superficial lento y drenaje moderado.

6. HPT-C2, Hospital:
A

Suelos de origen aluvial, topografía plana y pendientes entre 0 - 1 % en posición de subcuenca de drenaje restringido con textura superficial franco arcillo limosa, permeabilidad lenta, escurrimiento superficial lento y drenaje imperfecto.

7. LON-D2, Lonquén:
A

Suelos de origen de sedimentos aluviales en topografía plana y pendientes entre 0 -1 % en posición de terraza aluvial antigua del Río Mapocho, textura superficial Franco arenosa fina, permeabilidad rápida, escurrimiento superficial lento y drenaje bueno.

8. MAO-D2, Maipo:
A

Suelos de origen aluvial, topografía plana, pendientes entre 0 - 2 %, posición en gran cono aluvial, textura superficial Franco, permeabilidad moderadamente lenta, escurrimiento moderadamente rápido y drenaje bueno.

9. PAH-C1, Pahuilmo:
A

Suelos de origen lacustre con topografía plana y pendientes entre 0 - 1% posición en sectores con depresión, textura superficial Franco arcillo limoso, permeabilidad moderadamente lenta, escurrimiento moderado y drenaje moderado.

10. PLV-D3, Piedmont Lo Vasquez:
B

Suelos de origen coluvial, topografía inclinada y pendientes entre 6 - 9 %, posición en piedmont cordillerano, textura superficial Franco, permeabilidad de moderadamente lenta a lenta, escurrimiento rápido y drenaje bueno.

11. PMR-D1, Pomaire:
A

Suelos de Origen coluvial topografía suamente inclinado pendientes entre 1 - 3 % en posición de piedmont, textura superficial Franco, permeabilidad lenta, escurrimiento superficial rápido y drenaje bueno.

12. SDG-D2, San Diego:
A

Suelos de origen de sedimentos aluviales graníticos, topografía entre 0 - 1 % en posición de terrazas intermedias del estero Puangue, textura superficial Franco, permeabilidad lenta, escurrimiento moderado y drenaje bueno.

13. STG-E3, Santiago:
AK

Suelos de origen aluvial, topografía plana, pendientes entre 0 - 2 %, posición en cono aluvial, textura superficial franco arenosa, permeabilidad rápida, escurrimiento lento y drenaje bueno.

14. MCR, Misceláneo Cerros:

Suelos de origen de aluviones, con textura superficial gruesa, permeabilidad rápida.

15. TE3-E3, Terrazas aluviales estratificadas:
A

Suelos de origen aluvial, topografía plana, pendientes entre 0 - 2 % en posición de terrazas estratificadas, textura franco arenosa, permeabilidad lenta, suelos inundables, escurrimiento moderadamente rápido y drenaje bueno.

Cuadro N° 5 Grupo Hidrológico

Serie	Grupo Hidrológico
AGD	C
AHE	D
CDG	B
CHG	B
HCN	B
HPT	C
LON	A
MAO	B
PAH	B
PLV	C
PMR	B
SDG	B
STG	A
MCR	A
TE	C

Fuente: Elaboración Propia

La determinación de a cual grupo hidrológico pertenecen los tipos de suelos en estudio, es importante, ya que aquellos suelos que se clasifiquen con la letra A , son aquellos que presentan condiciones favorables para la infiltración y deficientes para el escurrimiento superficial, los grupos B y C se van alejando de esas condiciones y aproximando a las condiciones que representa el grupo D, que presenta condiciones favorables para la escorrentía y desfavorables para la infiltración.

Por lo tanto, se puede señalar que en el área de estudio, según el cuadro N° 5, la presencia de Grupos A (LON, STG, MCR)y D (AHE)son insignificante en cuanto a cantidad de suelos que presentan esas condiciones, pero en la superficie eso puede ser variable al ver las cartas y la extensión que cubren esas series de suelos. Predominan aquellos suelos clasificados con la letra B (CDG, CHG, HCN, MAO,PAH, PMR SDG) que se encuentran más cerca de condiciones favorables a la infiltración que al escurrimiento y los suelos con clase C (AGD, HPT, PLV, TE), que mas cerça de condiciones favorables para el escurrimiento que la infiltración.

Cuadro N°6 de Textura Superficial de los Suelos

Serie	Textura Superficial
AGD	Moderadamente Fina
AHE	Moderadamente gruesa
CDG	Media
CHG	Media
HCN	Gruesa
HPT	Media
LON	Moderadamente gruesa
MAO	Media
PAH	Moderadamente fina
PLV	Media
PMR	Media
SDG	Media
STG	Moderadamente gruesa
MCE	Muy Gruesa
TE	Moderadamente gruesa

Fuente: Elaboración Propia

El conocer la textura superficial de los suelos es de vital importancia ya que aquellos suelos que presentan una clase textura predominantemente gruesa, favorece las condiciones de infiltración y percolación de líquido, ya que el tamaño de las partículas de la clase textura gruesa, es grande lo que ayuda a la presencia de poros y espacios que pueden ser llenados por la percolación o infiltración de líquidos.
Al relacionar las textura superficial de los suelos con el grupo hidrológico al que pertenece cada uno se puede apreciar que los suelos de las series: LON, STG y MCR, son suelos con texturas superficial gruesa

Y al ver el cuadro N°7 de permeabilidad de los suelos, estas mismas serie, posee una permeabilidad rápida.
Las series que se clasifican según grupo hidrológico B que son : CDG, CHG, HCN, posee textura superficial media, es decir ni fina ni gruesa, pero presentan permeabilidad rápida.

En una primera aproximación se puede decir que las series de suelos:

LON (Lonquén), STG (Santiago), MCR (Misceláneo Cerros), CDG (Codigua), CHG (Chiñigue) y HCN (Huechún), se presentan como suelos vulnerables por ser altamente permeables, favorables a la infiltración o percolación de líquidos.
La Serie de suelo AHE (Alhué), no se considera vulnerable dentro de este contexto ya que si bien presentan textura superficial gruesa y una permeabilidad moderadamente rápida, presenta entre lo 45 y 50 cms de profundidad la presencia de un duripan que impide que se infiltren líquidos a mayor profundidad, pero

igualmente es altamente permeable y puede ser contaminada en superficie, ya que no posee buenas condiciones de drenaje.

Cuadro N° 7 de Permeabilidad de los Suelos

Serie	Permeabilidad
AGD	Lenta
AHE	Moderadamente rápida
CDG	Rápida
CHG	Rápida
HCN	Rápida
HPT	Lenta
LON	Rápida
MAO	Moderadamente lenta
PAH	Moderadamente lenta
PLV	Moderadamente lenta a lenta
PMR	Lenta
SDG	Lenta
STG	Rápida
MCE	Rápida
TE	Lenta

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de Capacidad de Drenaje y Nivel Freático

Es necesario poder conocer la capacidad de drenaje de las diferentes series de suelo ya que existe una directa relación entre el tipo de drenaje que pueden presentar y la profundidad que tiene el nivel freático.

Cuadro N° 8 de capacidad de Drenaje y profundidad de la Napa freática

Serie de Suelo	Capacidad de Drenaje	Nivel Freático
AGD	3	Superficial
AHE	3	Superficial
CDG	4	Casi en superficie
CHG	5	Profundo
HCN	4	Moderadamente profundo
HPT	3	Superficial en Invierno
LON	5	Profundo
MAO	5	Profundo
MCR	6	Sin Nivel
PAH	4	Casi en superficie
PLV	5	Profundo
PMR	5	Profundo
STG	5	Profundo
SDG	5	Profundo
TE	3	Superficial en Invierno

Fuente: Elaboración propia.

Las series de suelo que presentan condiciones de alta permeabilidad y por tanto de infiltración no todos poseen una napa freática superficial, que este expuesta a ser contaminada por la percolación de la sustancia peligrosa en estudio, pero también es necesario señalar que aquellos suelos que presentan su nivel freático en superficie son suelos inundables y que de derramarse ácido sulfúrico en ellos pueden retener el líquido produciendo no solo que los suelos se contaminen sino la constante exposición de otras reacciones de la sustancias bajos distintas condiciones climáticas.

Suelos permeables con nivel freático cerca de la superficie son:

LON (Lonquén); CDG (Codigua); HCN (Huechún)

Suelos inundables con nivel freático en superficie, en invierno:

HPT (Hospital); TE (Terrazas aluviales estratificadas)

Suelos Inundables con nivel freático superficial permanente:

AGD (Agua del Gato)

Caso especial:

La serie AHE (Alhué), posee un duripan, que es una capa estratificada que impide la penetración de raíces o la infiltración de líquidos, pero esa capa favorece que los suelos se inunden por ser permeables y de textura gruesa en superficie.

Escurrimiento Superficial y Pendiente de los Suelos

Es necesario saber que los suelos que se presentan permeables no son los únicos que favorecen las condiciones de contaminación por eventual derrame de ácido sulfúrico, sino que también es necesario considerar aquellos suelos que presentan un alto potencial de escurrimiento y que por pendientes inclinadas, favorecen que el líquido pueda avanzar a sectores poblados o con uso agrícola, e incluso pueden conducir el líquido hacia sectores donde existan cursos superficiales.

Cuadro N°9 Escurrimiento Superficial y Pendiente

Serie de Suelo	Escurrimiento Superficial	Pendientes
AGD	Moderadamente rápido	0 - 1
AHE	Moderadamente rápido	1 - 3
CDG	Lento	0 - 1
CHG	Lento	0
HCN	Lento	0 - 1
HPT	Lento	0 - 1
LON	Lento	0 - 1
MAO	Moderadamente rápido	0 - 2

MCR	lento	-----
PAH	Rápido	0 - 1
PLV	Rápido	6 - 9
PMR	Moderadamente rápido	1 - 3
STG	Lento	0 - 1
SDG	Moderado	0 - 1
TE	Rápido	0 - 2

Fuente: Elaboración propia.

Las Series de Suelo que presentan un potencial de escorrentía favorecido por las pendientes son:
AGD (Agua del gato); MAO (Maipo); PAH (Pahuilmo); PLV (Piedmont Lo Vásquez); PMR (Pomaire).

La mayoría de estas series de suelo pertenecen al grupo hidrológico C que presenta condiciones más favorables para el escurrimiento que para la infiltración.

Estudio Suelos Provincia de San Antonio, V Región de Valparaíso

Para poder realizar el estudio de suelos en este tramo del área de estudio, se tomara como base dato " Proyecto Plan Maestro de Evacuación y drenaje de Aguas Lluvias de San Antonio y Cartagena, V Región de Valparaíso", de la Dirección de Obras Hidraúlicas, Escala 1: 20.000, ya que en el sector de San Antonio no se cuenta con un estudio agrológico actualizado que contenga la información necesaria para este estudio.
Por las características que presentan los suelos en este sector se han considerado 3 unidades de suelos, las cuales se pueden ver en la carta N° 2 Suelos, estas unidades se describen a continuación:

Sector A:
Esta unidad se presenta en dos sectores del área de estudio, la primera denominada A1 se encuentra en el sector límite entre la Región metropolitana y la V región de Valparaíso y el segundo sector denominado A2 se encuentra en la parte anterior a la entrada al Área Urbana de la ciudad de San Antonio.

Descripción de la Unidad A:

Estos suelos son de material predominantemente de sedimentos graníticos, se presentan en una topografía levemente inclinada con pendientes que oscilan entre 1 - 3 % no presentan erosión, la permeabilidad que presentan es moderada y el escurrimiento superficial es moderado. La textura Superficial es Franco Arcillo Arenosa.

Unidad B:

Estos suelos son de material de sedimentos arenosos y se encuentran en una superficie muy escarpada con pendientes que oscilan entre 20 - 30 %, la textura

superficial es Franco Arenosa, la permeabilidad es rápida y el escurrimiento superficial es moderadamente rápido, el drenaje es moderado.

Unidad C:

Suelos de material de sedimentos arenosos con topografía inclinada con pendientes entre 8 - 15% presentan una permeabilidad rápida y un escurrimiento superficial moderadamente rápido, la textura superficial es franco arenosa.

Cuadro N° 10 Grupos Hidrológicos

Unidad	Grupo
A	B
B	A
C	B

Fuente: Elaboración propia.

La mayoría de las unidades de suelo poseen una buena permeabilidad y una clase textural que favorece tal condición, el escurrimiento superficial es rápido en la mayoría favorecido por la pendiente que poseen, pero en general todas estas unidades presentan escorrentía e infiltración favorables.

Por lo que los grupos hidrológicos que se presentan clasificados según el cuadro N° 1 de la metodología de estudios de suelos muestra los resultados del cuadro N° 10.

Cuadro N° 11 Clasificación de las Texturas

Unidad	Clase textural
A	Moderadamente fina
B	Moderadamente gruesa
C	Moderadamente gruesa

Fuente: Elaboración propia.

Solo la unidad A presenta el material más fino de los suelos en estudio pero aún así la permeabilidad es rápida para esos suelos (Ver cuadro N° 12), por lo tanto la infiltración es moderadamente rápida en general para todos estos suelos.
Por lo tanto todo estos suelos pueden infiltrar el ácido sulfúrico en caso de eventuales derrames.

Cuadro N° 12 Permeabilidad

Unidad	Capacidad de drenaje
A	Moderada
B	Rápida
C	Rápida

Fuente: Elaboración propia.

En general estos suelos tienden a favorecer la infiltración por lo tanto se puede aproximar a que el drenaje que deben presentar estos suelos tiende a ser moderadamente bueno, como se verá más adelante.

Cuadro N° 13 Capacidad de Drenaje y Nivel freático

Unidad	Capacidad de drenaje	Nivel Freático
A	Moderadamente Bueno	relativamente alto
B	Bueno	Bajo
C	Bueno	Bajo

Fuente: Elaboración propia.

En general es drenaje no presenta limitantes para todas las unidades descritas, por lo tanto significa que estos suelos posee niveles freáticos (Según cuadro N° 4) que no se encuentran en superficie, la unidad A es la que presenta en forma más superficial el nivel freático. Por lo que es el más sensible a generar condiciones de infiltración de líquidos que pueden llegar al recurso subterráneo.

Cuadro N Cuadro N° 14 Escurrimiento superficial y pendiente

Unidad	Escurrimiento Superficial	Pendiente
A	Moderado	1 - 3%
B	Moderadamente rápido	20 - 30%
C	Moderado	8 - 15%

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que en general todos los suelos poseen distintos grados de inclinación, es decir que son suelos que no presentan topografía planas por estar inserta dentro del sector cordillerano de la Costa, en general las unidades B y C presentan buenas condiciones de permeabilidad (rápida), pero también presenta condiciones favorables para el escurrimiento pero esto ayudado de las fuertes pendientes que posee.

Determinación de Zonas de Vulnerabilidad por Factores Físicos

Suelos y Aguas Subterráneas (ver carta No. 3 de Vulnerabilidad Factores Físicos)

Vulnerabilidad de los suelos, que se encuentran adyacentes a la línea férrea donde es transportado el ácido sulfúrico, ser contaminados por eventuales derrames de esta sustancia.

Este punto es importante de señalar por todo los suelos que se encuentran adyacentes a la línea férrea por donde se transporta el ácido sulfúrico proveniente de la Mina El teniente con destino al Puerto de San Antonio, todos se presentan como sistema abierto a ser dañado y alterado, por lo que al hacer este estudio se comprende que además la naturaleza de los suelos y otros elementos asociados producen que la vulnerabilidad se a mayor, por las consecuencias que puede tener, por lo que este tipo de vulnerabilidad para la Región metropolitana se asocia a:

a) V1 : Vulnerabilidad de los suelos con un alto grado de permeabilidad, aquellos que pueden filtrar en forma más rápida líquido y otras sustancias, puesto que los suelos no solo van a ser contaminados en superficie sino que además por las condiciones favorables de infiltración, la contaminación puede alcanzar significativas profundidades que puede producir que esos suelos en caso de ser contaminados sean muy difíciles de recuperar.

Región Metropolitana:
Este es el caso de los suelos que por unidad de serie se conocen como:

- LON, Lonquén
- STG, Santiago
- MCR, Misceláneo cerros
- CDG, Codigua
- CHG, Chiñigue
- HCN, Huechún

Región de Valparaíso

Suelos de la unidad:

B y C principalmente porque presentan una textura superficial gruesa, lo que hace que sean más permeables que los de la unidad A que también presenta una permeabilidad moderada.

b) V2: Vulnerabilidad de los suelos que presentan una permeabilidad lenta, pero que el escurrimiento superficial es rápido y acelerado por el plano inclinado en el que se encuentran estos suelos, es decir con pendientes, estos suelos son:

Región Metropolitana:

- AGD, Agua del Gato
- MAO, Maipo
- PAH, Pahuilmo
- PLV, Piedmont Lo Vásquez
- PMR, Pomaire

Región de Valparaíso:

Las Unidades B y C poseen fuertes pendientes que aunque son suelos con gran permeabilidad las pendientes favorecen que se presenten escurrimiento superficial moderadamente rápido en ambas unidades.

c) V3: Vulnerabilidad de los cursos de aguas subterráneas asociados a las series de suelo en estudio, esto porque las condiciones de infiltración en lugares donde el nivel freático es tan superficial, puede ser contaminado, y este recurso es casi irrecuperable. Las series de suelo que presentan estas condiciones son:

Región Metropolitana
- LON, Lonquén
- CDG, Codigua
- HCN, Huechún
- HPT, Hospital
- TE, Terrazas aluviales estratificadas
- AGD, Agua del Gato
-

Es necesario señalar que alguna de estas series de suelo presentan en invierno el nivel freático en superficie, lo que puede producir contaminación por las condiciones de permanencia y dispersión del ácido sulfúrico (Ver propiedades físicas del ácido sulfúrico), cuando entra en contacto con el medio ambiente.

Región de Valparaíso

La unidad A es la que presenta una napa más superficial y condiciones favorables para la infiltración, pero estos suelos no son inundables ya que posee un drenaje moderado.

d) V4: Vulnerabilidad de suelos que presentan condiciones de inundación en invierno, por que el nivel freático se presentan en superficie en esta estación del año y otro caso particular por la presencia de un duripan entre los 45 a 50 cms de profundidad, lo que impide que exista infiltración a mayor profundidad. Estos se presentan solo en la región Metropolitana:
- HPT, Hospital
- TE, Terrazas aluviales estratificadas

- AGD, Agua del Gato

Suelos con duripan es:

- AHE, Alhué

Al Observar la Carta de Vulnerabilidad de los Suelos se puede observar que los suelos más vulnerables son aquellos que presentan más de una de las condiciones de vulnerabilidad anteriormente descritas.

Suelos con mayor condiciones de Vulnerabilidad asociados a la serie de Suelo:

- AGD, Agua del Gato, esta serie presenta tres condiciones de vulnerabilidad; V2, V3 y V4.

- LON, Lonquén; CDG, Codigua; HCN, Huechún, estas serie presenta dos condiciones de vulnerabilidad; V1 y V3

- TE, Terrazas aluviales estratificadas; HPT, Hospital, estos suelos presentan dos condiciones de vulnerabilidad; V3 y V4

- Las Unidades de suelo B y C de la provincia de San Antonio también presentan dos condiciones de vulnerabilidad; V1 y V2

Concluyendo con los suelos se puede deducir que si bien todos los suelos son susceptibles a ser contaminados, estos que presentan más de una condición de vulnerabilidad e incluso 3, son altamente vulnerables a un evento de derrame, por lo tanto esto puede ser en cierta medida un evento importante de pérdida de suelos, ya sean agrícolas o no y también puede implicar la pérdida del recurso de aguas subterráneas.

Es necesario recordar que los suelos mas vulnerables están insertos en la Región Metropolitana, donde los suelos poseen altas calidades para ser utilizados en actividades agrícolas, y esto tiene una gran importancia dentro del contexto nacional, debido a que: "De la superficie regional un 16.6% está constituido por suelos empleados en la agricultura; éstos constituyen la mayor parte de los suelos con las mejores propiedades para cumplir sus funciones ecológicas. En particular los suelos de clase de aptitud agrícola I-II –III, son profundos, estructurados, de buena fertilidad natural y de baja pendiente. Debe considerarse que a nivel nacional y quizás mundial los suelos con tales clases de aptitud agrícola son muy escasos y que constituyen menos del 1.4% de todos los suelos de Chile y la mayoría se encuentran en la Región Metropolitana. (CONAF – CONAMA 1945)". Estos suelos se encuentran en su mayoría al sur de la Región Metropolitana, abarcando el área de estudio considerada.

Basados en un caso de derrame de ácido sulfúrico sucedido en Marzo del año 2003, en la localidad de Melipilla, provincia de Melipilla, al sur de la Región

Metropolitana, (localidad que también ha sido estudiada), en esa localidad se han seguido haciendo monitoreos en los suelos por parte del SAG de la Región Metropolitana, este Servicio le hizo un tratado de encalado al suelo, porque los suelos se volvieron ácidos por lo que fue absorbido de la sustancia derramada presentando PH inferiores a 5, para este trabajo se realizó un terreno para verificar si los suelos después de ser encalados habían recuperado su PH, pero a unos cuantos metros de la línea férrea se puedo constatar que los suelos aún se presentan con valores bajos los 5. Esta observación deja como preocupación de interés para tratar a futuro si las técnicas de recuperación de suelos son aplicables para todos los casos, que pueden ser contaminados o estar sometidos a distintas condiciones.

La importancia de los recursos hídricos subterráneos para el abastecimiento de agua es incuestionable. Al final de la década de los 80, más de 140 millones de personas de América Latina y el Caribe utilizaban las aguas subterráneas como fuente prioritaria. Las grandes metrópolis como Ciudad de México, Buenos Aires, Santiago y Lima confirman que los recursos subterráneos son una alternativa viable de abastecimiento de agua, no restringida a comunidades pequeñas o áreas rurales.

El uso de las aguas subterráneas aumentará en los próximos años, tanto por las necesidades que impone la concentración demográfica, como por la expansión económica y por sus relativas ventajas sobre las aguas superficiales. La situación de la exploración es todavía crítica debido a la visión inmediatista del uso del recurso, y a la falta de control y carencia de mecanismos legales y normativos. En estas condiciones, los acuíferos, en diferentes áreas del continente están sujetos a impactos por la exagerada explotación de los pozos y la ocupación no planificada del suelo. Todo ello pone en riesgo la excepcional calidad natural de las aguas subterráneas y en este caso el eventual derrame de ácido sulfúrico refuerza el riesgo que existe.

Un análisis de la situación técnico-administrativa ha demostrado que la casi totalidad de los países latinoamericanos y caribeños no cuentan con un programa operativo para proteger a las aguas subterráneas. El desconocimiento técnico, las limitaciones administrativas y la falta de esfuerzos políticos han sido señalados como los principales motivos de fracaso de los programas de aguas subterráneas. Sin embargo, la protección de los recursos hídricos subterráneos se hace aún más evidente cuando se constata que los acuíferos contaminados por sustancias persistentes y tóxicas no pueden ser recuperados, causando la pérdida de los manantiales o parte de ellos (CEPIS, 1998).

En las sociedades contemporáneas, el suelo es compartido por una diversidad de actividades y ningún gobierno u órgano responsable del ambiente puede pretender estudiar la totalidad de la ocupación humana para decidir cuáles están generando cargas contaminantes en el subsuelo. No obstante, la identificación de las de mayor riesgo es condición esencial para definir un programa de protección de acuíferos, principalmente porque los estudios para caracterizar el impacto real de

una fuente contaminante son costosos, largos y requieren personal especializado, difícil de encontrar en la región latinoamericana. Este tema solo se toca de manera superficial en este trabajo pero se deja abierta la posibilidad de que se pueda, en estudios posteriores, profundizar en él.

Vulnerabilidad de factores socioeconómicos y técnicos

La vulnerabilidad corresponde a la predisposición o susceptibilidad que tiene un elemento a ser afectado o a sufrir una pérdida. En consecuencia, la diferencia de vulnerabilidad de los elementos determina el carácter selectivo de la severidad de los efectos de un evento externo sobre los mismos.

La vulnerabilidad, en términos generales, puede clasificarse como de carácter técnico y de carácter social, siendo la primera más factible de cuantificar en términos físicos y funcionales, como por ejemplo, en pérdidas potenciales referidas a los daños o la interrupción de los servicios, a diferencia de la segunda que prácticamente sólo puede valorarse cualitativamente y en forma relativa, debido a que está relacionada con aspectos económicos, educativos, culturales, ideológicos, etc.

En consecuencia, un análisis de vulnerabilidad es un proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos ante una amenaza especifica, contribuyendo al conocimiento del riesgo a través de interacciones de dichos elementos con el ambiente peligroso.

Los elementos bajo riesgo son el contexto social y material representado por las personas y por los recursos y servicios que pueden ser afectados por la ocurrencia de un evento, es decir, las actividades humanas, los sistemas realizados por el hombre tales como edificaciones, líneas vitales o infraestructura, centros de producción, utilidades, servicios y la gente que los utiliza. En consecuencia de lo anterior, en este estudio para poder comprender a que se asocia la vulnerabilidad de los sectores poblados se han considerado factores compuesto por variables tanto cuantitativas como cualitativas estos factores con sus respectivas variables son:

- Factores Socioeconómicos: Población Total
  Nivel Educativo
  Disponibilidad de entidades de socorro

- Factores Técnicos: Distribución de la viviendas en torno a la ruta de transporte
  Infraestructura Vial de la ruta de transporte

Análisis de Vulnerabilidad Socioeconómica y técnica

Los centros poblados que se encuentran dentro de la zona de estudio son los siguientes (Ver CartaN°1 Area de estudio) :

VI Región del Libertador Bernardo O' Higgins

Provincia de Cachapoal:

Rancagua
Graneros
Callejones
Angostura

Región Metropolitana

Provincia de Maipo:

Paine
Champa
Hospital
Viluco

Provincia de Talagante:

Talagante
El Monte

Provincia de Melipilla:

Melipilla
Esmeralda
Pomaire

V Región de Valparaíso

Provincia de San Antonio:

San Antonio

En el cuadro a continuación (N° 15) se muestra la población total de cada uno de estos centros poblados en orden descendente en función de la población que poseen

Cuadro N° 15 Centros poblados y población total

Centro Poblado	Población Total
Rancagua	214.344
Melipilla	94.540
San Antonio	87.205
Talagante	59.805
Paine	50.028
El Monte	26.459
Graneros	25.961
Esmeralda	3.693
Pomaire	3.206
Viluco	2.475
Hospital	1.999
Champa	1.423
Callejones	777
Angostura	654

Fuente: Censo 2002, INE

Como se ha señalado anteriormente las variables utilizadas para el análisis de vulnerabilidad Socioeconómica y técnica para los centros poblados adyacente a la ruta de transporte del ácido sulfúrico en total son 6:

- Población Total: esta variable es fundamental, ya que al evaluar la Vulnerabilidad social hay que tener presente que la característica de un desastre es que ocurre en forma repentina e inesperada, causando sobre los elementos sometidos alteraciones intensas, representadas en la pérdida de vida y salud de la población, la destrucción o perdida de los bienes de una colectividad y daños severos sobre su entorno y medio ambiente.
- Nivel educativo: en este caso se consideran como vulnerable a aquel sector de la población que no ha tenido acceso o recibido algún tipo de educación.
- Recursos con que cuenta los centros poblados: Como es difícil conocer cuales son el recurso en dinero que puede o no destinar cada centro poblado para eventos que se consideran como de desastres y que se traducen en pérdidas potenciales para cada localidad, se considera para este estudio como recurso el que posean entidades de socorro, en este caso se consideran Bomberos y Carabineros, como esta variable no es cuantificable por si sola, se le ha asignado un valor para poder trabajarla en el programo utilizados. Los valores son:

  Presencia de Bomberos 0
  Ausencia de Bomberos 1
  Presencia de Carabineros 0
  Ausencia de Carabineros 1

Estos valores se ha asignado de esta forma, para que los valores no se inviertan una vez sometidos al procesamiento estadístico.

- Distribución de las viviendas: se consideran vulnerables aquellas viviendas de los centros poblados en estudio, que se distribuyen en forma adyacente a la ruta de transporte estudiada, en general esta variable no se presenta para todos los centros poblados y como también es una variable cualitativo se le ha asignado un valor para poder trabajarla con las otras variables.

  Centro Poblado con Viviendas distribuidas en forma adyacente 1
  Centro Poblado con Viviendas distribuidas no adyacente 0

- Infraestructura vial: en esta variables se asignan también dos valores porque es cualitativa , los valores asignados son:

  Infraestructura vial adecuada : 0
  Infraestructura vial inadecuada: 1

Una vez ingresado los datos a la planilla excell, los datos se ven como muestra el Cuadro N° 16.

Cuadro N° 16 Variables Socioeconómicas y Técnicas

Centros Poblados	Población Total	Nivel educativo	Carabineros	Bomberos	Infraestructura Vial
Rancagua	214344	5822	0	0	1
Graneros	25961	943	0	0	0
Callejones	777	59	1	1	0
Angostura	654	75	0	1	0
El Monte	26459	972	0	1	0
Melipilla	94540	2427	0	0	1
Paine	50028	596	0	1	1
Talagante	59805	1430	0	0	1
Champa	1423	76	1	1	0
Esmeralda	3693	193	1	1	0
Hospital	1999	113	1	1	0
Pomaire	3206	227	0	1	0
Viluco	2475	396	1	1	0
San Antonio	87205	2811	0	0	1

Fuente: Elaboración propia, en base a datos del Censo 2002, INE.

Una vez que se ingresaron los datos del Cuadro N° 16 y se someten a un factor de correlación para obtener los pesos que presentan los centros poblados por cada variable, a través y el n del método de regresión , en el que los datos quedan estandarizados y quedan como muestra el Cuadro a continuación.

Cuadro N° 17 Factores de correlación Estandarizados

F1	F2	F3	F4	F5
2,05948	2,70545	-0,26533	0,83155	-0,59104
0,34803	-0,01165	-1,05299	-2,68316	-0,92628
-0,90071	0,35824	0,67649	-0,08959	-0,06193
-0,46258	-0,38091	-1,71486	0,14476	0,00025
-0,18916	0,05858	-1,5937	0,68197	1,06863
1,32061	-0,80054	0,77857	-0,16274	-0,20198
0,25613	-1,58384	0,00939	2,19333	-1,39154
0,98843	-1,3302	0,62768	-0,83455	-0,69925
-0,89479	0,36764	0,67921	-0,07747	-0,05958
-0,86425	0,41751	0,69208	-0,02092	0,20473
-0,8858	0,38245	0,6829	-0,06134	0,04018
-0,42475	-0,31882	-1,69921	0,21332	0,3889
-0,83532	0,46898	0,70059	0,01355	1,25131
1,35183	-0,7374	0,78119	-0,15963	2,35143

Fuente: programa SPSS, en base a cuadro N 16.

Estos datos se procesan y se obtiene el mismo numero de variables como el de factores, con esto se puede trabajar con todas las variables, ya que no se produce reducción de aquellas que tengan menor peso.

Esta información se procesa en el programa y se le solicita que procese los datos jerarquizándolos según el peso de las variables y agrupándolas según jerarquía, como se puede apreciar en el dendrograma en los anexos.

Con el dendrograma se procedió a agrupar los centros poblados según su jerarquía, para este caso se escogieron 5 grupos y en orden jerárquico son:

Grupo 1: Rancagua

Grupo 2: Graneros

Grupo 3: Paine

Grupo 4: San Antonio
Talagante
Melipilla

Grupo 5: El Monte
Pomaire
Angostura
Viluco
Esmeralda
Hospital
Champa
Callejones

Estos grupos muestran que según las variables de los factores considerados para este análisis, los centros poblados Mas Vulnerables son los que pertenecen al grupo 1 y los menos vulnerables son los que pertenecen al grupo 5 (Ver carta N° 4 Vulnerabilidad de factores Socioeconómicos y técnicos):

Es decir que la ciudad de Rancagua se presenta con una mayor vulnerabilidad que los otros centros poblados, pero no significa que los otros centros poblados no se presenten vulnerables, en el caso de Rancagua se debe porque las condiciones socioeconómica y técnica la presentan como una ciudad expuesta a ser dañada por la amenaza que representa el transporte del ácido sulfúrico, por que concentra una mayor población y por ende mayor densificación y desarrollo de actividades económicas.

Este tipo de vulnerabilidad Socioeconómico y técnica, se relaciona con la tendencia a sufrir daños y pérdida que se pueden traducir en la desorganización de los patrones normales de vida y genera condiciones de adversidad y desamparo, efectos sobre la estructura socioeconómica de un centro con una alta concentración de habitantes, esto determina la necesidad de asistencia y de intervención humana.

Análisis de Vulnerabilidad Integrada

En esta etapa y tal como lo señala la metodología de trabajo se han superpuesto la Carta N° 3 con la N°4 para obtener una carta integrada de vulnerabilidad final, que contenga tanto los factores Físicos como los Socioeconómicos y Técnicos, generando como resultado la Carta N° 5 de Vulnerabilidad Integrada (Anexos), en donde se puede ver la cobertura del estudio para 15 zonas descritas a continuación:

Cuadro N° 18 Zonas de Vulnerabilidad Integrada

ZONA	Vulnerabilidad Física	Vulnerabilidad Socioeconómica y Técnica	Centros Poblados Asociados a la Zona
A	Sin Vulnerabilidad	Grupo 4	Melipilla
B	Sin Vulnerabilidad	Grupo 4	-
C	V1	Grupo 3	Paine
D	V1	Grupo 4	-
E	V1	Grupo 5	-
F	V1 – V2	Grupo 4	Talagante
G	V1 – V3	Grupo 5	-
H	V1 – V3	Grupo 5	Viluco
I	V3	Grupo 5	-
J	V4	Grupo 5	Esmeralda
K	V2	Grupo 3	-
L	V2	Grupo 4	-
M	V2	Grupo 5	Pomaire
N	V2 – V3 – V4	Grupo 5	Champa, Hospital y El Monte
O	V3 – V4	Grupo 6	-
Incompleta	-	Grupo 1	Rancagua
Incompleta	-	Grupo 2	Graneros
Incompleta	-	Grupo 4	San Antonio
Incompleta	-	Grupo 5	Callejones y Angostura

Fuente: Elaboración propia.

Existen 4 unidades que son zonas incompletas asociadas al área de estudio de la VI Región donde por problemas de falta de información no se pudo realizar un análisis de vulnerabilidad física, pero que son las zonas donde se presentan la mayor vulnerabilidad Socioeconómica y Técnica.

Las unidades descritas en el cuadro N° 17, para la vulnerabilidad física (V) son las mismas que se pueden ver en la carta de Vulnerabilidad de los factores Físicos (N° 3) y las unidades de Vulnerabilidad Socioeconómica y Técnicas (Grupo) son

las mismas utilizadas en la carta N°4 y ambas unidades están descritas en los análisis correspondientes a cada unidad.

Estas zonas fueron analizadas y se agruparon según la vulnerabilidad física y socioeconómica y técnica, tomando en cuenta aquellas zonas que presentan menor vulnerabilidad para ambos casos, aquellas que presentan mayor vulnerabilidad para ambos casos y aquellas que presentan una mayor vulnerabilidad de un factor que en el otro, finalmente quedan 3 grupos que son los siguientes:
Grupo 1: Zonas en que la Vulnerabilidad mayor es Física o Socioeconómica y Técnica.

Grupo 2: Zonas con mayor Vulnerabilidad Física; Socioeconómica y Técnica

Grupo 3: Zonas con menor Vulnerabilidad Física; Socioeconómica y Técnica

Finalmente estas las zonas que contiene cada grupo se puede apreciar en el siguiente cuadro

Cuadro N 19 Zonas de Vulnerabilidad Agrupadas

Grupo	Zonas	Centros Poblados
1	K; O y Zonas Incompletas	Rancagua, Graneros, y San Antonio
2	C; G; H; J; N	Hospital, Champa, Viluco y Paine, Callejones y Angostura
3	A; B; D; E; I; L; M; F	Talgante, El Monte, Melipilla, Esmeralda y Pomaire

Fuente: Elaboración Propia.

Con la agrupación de las zonas que se generaron por la superposición de los factores analizados, es más fácil distinguir aquellas zonas con un mayor caso de vulnerabilidad, como es el grupo N° 2 donde la vulnerabilidad es alta tanto para los Factores Socioeconómicos que inciden directamente sobre la población, como para aquellos Físicos que inciden directamente sobre los recursos naturales. Con estos grupos entonces es posible poder entrar a la etapa de discusión de las prioridades.

Discusión y Establecimiento de las Prioridades

Desde el punto de vista de la Planificación y ordenamiento Territorial (regional, urbana, local) los análisis geográficos de amenaza, vulnerabilidad, deben ser los más completos posibles, puesto que son determinantes para la orientación de los usos potenciales del suelo y para la definición de intervenciones sobre el medio natural y los asentamientos humanos. Igualmente, desde el punto de vista de la planeación sectorial (administrativa, social, económica), es fundamental la definición de responsabilidades para contribuir a que se impongan ciertas medidas generales (legales, administrativas, fiscales, financieras, etc.) que permitan que la potencialidad de los usos del suelo sea respetada y que las intervenciones se ejecuten debidamente, de tal manera que se puedan en grandes líneas alcanzar los resultados proyectados (Cardona,1991).

El poder conocer qué tipo de eventos pueden presentarse en el futuro en una región determinada, aunque no se conozca con exactitud cuándo exactamente pueden ocurrir, es una actividad de fundamental importancia para orientar el desarrollo de una región, de tal manera que el impacto de dichos eventos sea el mínimo posible y que no signifiquen un trastorno para el desarrollo social y económico de la misma.

En la actualidad los centros urbanos y los puertos (como es el caso de este estudio), ofrecen una alta susceptibilidad a que se presenten eventos que provoquen algún tipo de desastre, debido a la alta densificación de la industria, de la edificación, de los medios de transportes de carga y de población, creación de infraestructura para satisfacer la necesidades que demanda la población.

En este caso específico estudiado, un medio de transporte y una sustancia peligrosa transportada, se presenta como una factor de amenaza y las condiciones que presentan los centros poblados y los recursos estudiados, las colocan en una posición predispuesta a ser dañadas, donde se pueden producir pérdidas directas, relacionadas con el daño físico, expresado en víctimas, daños en la infraestructura de servicios públicos, en las edificaciones, en el espacio urbano, en la pérdida de recursos para el desarrollo de actividades económicas importantes para el sustento de cada localidad, por lo que se hace necesario- acciones preventivas que probablemente no van a impedir la ocurrencia de algún tipo de evento de derrame, pero pueden reducir los impactos que se produzcan por uno.

Este estudio propone distintas acciones de mitigación, sobre la base que la principal acción y la óptima y adecuada, según la disposición transporte de sustancias peligrosas, es la existencia de una ruta de transporte exclusiva para sustancias peligrosas, que no expongan ni a las persona, sus bienes como al medio ambiente, por lo tanto las medidas propuestas actúan sobre la imposibilidad, por falta de recursos económico, de que exista una nueva ruta,

adecuando las medidas a la ruta estudiada y sobre la base de que es posible la ocurrencia de algún evento de liberación de la sustancia peligrosa (ácido sulfúrico).

Las medidas sugeridas se consideran según lo siguiente:

A) En relación al Vehículo, en este caso ferrocarril, que transporta la Sustancia peligrosa, se propone:

1.- Zonas de Control: estas zonas como el nombre ya lo sugiere son zonas donde se efectuará un control sobre las condiciones de seguridad que debe cumplir el vehículo que transporta el ácido, es decir los vagones que contienen la sustancia, de acuerdo a la Norma Chilena CH 2136 of93, 1989, de la Disposición de seguridad del transporte del Ácido Sulfúrico, que señala que el estanque debe contar con doble válvula de descarga, protegida y tapas aseguradas.

2.- Rotulación de la carga Transportada en el vehículo que lo contiene: El Vehículo debe portar las etiquetas y rótulo correspondientes que señalen el tipo de sustancia peligrosa de acuerdo a la Norma Chilena, CH 2190 of83, de la Responsabilidad de que el vehículo circule portando rótulos correspondientes. Esta medida es necesaria para que las entidades de socorro correspondiente pueda saber que medidas debe ejecutar en caso de algún evento de derrame.

B) En relación a las entidades de Socorro (Bomberos y Carabineros), se propone:

1.- Capacitación de la manipulación de la sustancia peligrosa: esta medida es necesaria ya que si estas entidades conocen cuales son los efectos que produce para la salud y el medio ambiente la sustancia peligrosa, bajos ciertas condiciones climáticas, y como se puede controlar su dispersión en caso de derrame, puede ayudar a que se pueda reducir los impactos y que exista un menor grado de exposición de los socorristas.

2.- Mayor disposición e implementación de organismos de socorro como Bomberos y Carabineros, en aquellas localidades donde no cuentan con estos recursos.

C) En relación a la Ruta que transporta el ácido sulfúrico, se propone:

1.- Presencia de señaléticas que indiquen que esa ruta presenta en los días específicos y horarios específicos en que circula el tren de Transap, una sustancia peligrosa, restringiendo el tránsito peatonal, de animales (en algunas zonas) y de vehículos u obstáculos que puedan obstruir la vía, en los días y horarios señalados.

2.- Mantención y mejoramiento de la infraestructura vial ferroviaria, en aquellos sectores donde no es la adecuada, sino más bien deficiente y precaria, con el objeto de evitar descarrilamientos que se pueden traducir en volcamientos.

3.- Señaléticas que indiquen zonas con restricción de velocidad para el tren de la empresa Transap, en las zonas donde la infraestructura vial es deficiente, y no se puede mejorar por falta de recursos económicos, y también en aquellos sectores donde las viviendas se disponen en forma adyacentes al tren.

4.- Revisión de la vía antes de la salida del tren de la Empresa Transap, para chequear de que no existan elementos que obstaculicen el paso del vehículo. Evitando la posibilidad de que se produzca algún volcamiento o descarrilamiento del tren.

D) En relación a la Zonas de *buffers,* se propone*:*

1.- Zonas de buffers para aquellos sectores donde los suelos adyacentes a la ruta de transporte, tiene algún uso productivo, predominantemente agrícola, por lo tanto hay que tratar de proteger y conservar la riqueza de los recursos naturales asociados a los suelos, esta zona se propone de unos 50 a 100 metros a cada lado de la ruta, si es que el espacio lo permite.

Estas propuestas son las que se sugieren, pero no para toda el área de estudio se puede aplicar todas, sino que se proponen para algunos sectores.

Los sectores que se usan para las Zonas de propuestas son los grupos que se obtiene del análisis integrado de los factores estudiados (Ver Cuadro N° 18), asignándole a cada grupo una letra como muestra el cuadro a continuación:

Cuadro N° 20 Zonas de propuestas

Grupo	Zonas	Centros Poblados
1	A	Rancagua, Graneros, y San Antonio
2	B	Hospital, Champa, Viluco , Paine, Callejones y Angostura
3	C	Talgante, El Monte, Melipilla, Esmeralda y Pomaire

Fuente: Elaboración Propia.

Con las zonas definidas en el cuadro N° 19, se ha elaborado una carta final, de acuerdo a la metodología señalada en este estudio.

La Carta N° 6 de Propuestas de Mitigación presenta 3 zonas designada en el cuadro N° 19, cada zona contiene distintas medidas de mitigación sugeridas, que se pueden apreciar en la cartografía, pero que se describen con mayor detalle a continuación:

Cuadro N° 21 Descripción de Propuesta por cada Zona

Zona	Medidas propuesta	Centros Poblados
A	A1; C2 y C3	Rancagua, Graneros, y San Antonio
B	B2; C1 y C3	Hospital, Champa, Viluco y Paine, Callejones, Angostura
C	D1 y B2	Talgante, El Monte, Melipilla, Esmeralda y Pomaire

Fuente Elaboración propia.

Las medidas propuestas fueron descrita anteriormente asignándole la letra en relación al tema que trata y la propuesta sugerida.

Es importante señalar que existen algunas propuestas planteadas que se sugieren su aplicación de forma permanente como:

En relación al vehículo: A2, el vehículo debería cumplir con una estricta rotulación según lo indica la Norma Chilena.

En relación a la capacitación y para todas las entidades presentes en los centros poblados involucrados: B2

En relación a la empresa que transporta el ácido: C4, creo que esta materia es competente a la empresa que realiza el transporte, de supervisar de que los caminos siempre estén limpios sin la presencia de elementos que obstaculicen el transito normal del vehículo.

Conclusiones

El propósito del ordenamiento territorial, por ejemplo, debe ser la formulación de orientaciones que conviene adaptar como objetivos para la conformación de un territorio y su desarrollo; integrando los espacios, la población y los potenciales de producción. Un proceso como éste implica algo más elaborado que la localización básica de infraestructuras productivas, propuestas a través de una proyección econométrica y una programación económica y financiera, puesto que interandina la dimensión de bienestar social de los pobladores (acceso a los servicios, empleo, etc.), la cual debe ser objeto de desarrollo y no de simple crecimiento.

Cuando se enfrenta una evaluación de vulnerabilidad, se trabaja sobre la base de la presencia de un elemento identificado como amenaza que no se puede cuantificar la probabilidad de que se presente un evento de uno u otro tipo de intensidad durante uno o más períodos de exposición y en este sentido puede producirse que algunos fenómenos no puedan ser controlados, el estado del conocimiento actualmente permite que muchos de ellos puedan ser "pronosticados" y que sus efectos, bajo ciertas circunstancias, puedan ser "mitigados" o prevenidos parcialmente. Por lo que se hace necesario trabajar en base a experiencias pasadas para poder tratar de "pronosticar" pero aún así no tiene una validez del 100%.

Por otra parte el enfoque de evaluar la vulnerabilidad trabaja sobre lo posibles efectos potenciales y/o pérdidas que pueden presentarse en el contexto social y material, situación que no es única y que puede ir cambiando a mediada que los centros poblados cambian, crecen, se desarrollan y cambian los usos de los suelos y por ende las actividades económicas, por lo que creo que es necesario una continua revisión del problema tratado para que siempre se pueda considerar dentro de los planes de desarrollo y los programas de inversión y así se puedan definir medidas que eviten o atenúen las consecuencias de los futuros desastres, bien sea mediante la intervención en la ocurrencia del evento, en el caso de que esto sea posible, o modificando las condiciones que propician que los efectos del mismo se presenten.

En consecuencia, sólo mediante la incorporación en los procesos de desarrollo de actividades integradas para prevenir o mitigar los efectos de los desastres, es posible reducir el riesgo que los mismos ofrecen para las personas los bienes y servicios. Por esta razón, cualquier proceso de desarrollo debe considerar estos aspectos como parte integral de la Planificación Territorial.

La aplicación de medidas preventivas no garantiza una confiabilidad del 100% de que no se presenten consecuencias, razón por la cual la vulnerabilidad analizada, no puede eliminarse totalmente. Su valor por pequeño que sea, nunca será nulo; por lo tanto siempre existe un límite hasta el cual se considera que es controlable y a partir del cual no se justifica aplicar medidas preventivas. A todo valor que supere dicho límite se le cataloga como un incontrolable, y su diferencia con el mismo se le considera como admisible o aceptable.

Por otra parte los mapas, como puede intuirse, no sólo son de fundamental importancia para la planificación de la intervención de la amenaza y/o la vulnerabilidad a través de los planes de desarrollo, sino también para la elaboración de los planes de contingencia que los organismos operativos deben realizar durante la etapa de preparativos para emergencias. Es importante anotar que un plan operativo elaborado con base en un mapa que muestra las zonas vulnerables, es mucho más eficiente que si se realiza sin conocer dicho escenario de efectos potenciales, dado que este último permite definir procedimientos de respuesta más precisos para atender a la necesidades requeridas.

Este Estudio pretendió evaluar en forma integrada la vulnerabilidad de dos factores complejos como son el físico y el socioeconómico, ambos obedecen a distintas realidades dentro de una misma área de estudio, pero no es fácil relacionarlo y aún cuando se puedan obtener resultados favorables para la Planificación y el Ordenamiento Territorial, creo que son temas que tienen que abordarse en forma separados, por la complejidad de la cual se componen.

Bibliografía

Börgel, L., 2000. Protocolo para el manejo del paciente intoxicado, Editorial Salvat, Chile.

Cardona, O, 1991 El Manejo de Riesgos y los Preparativos para Desastres. Compromiso Institucional para Mejorar la Calidad de Vida, inédito para OFDA/AID, Curso para Administración para Desastres I, actualizado en octubre del 2003.

Cepis, 1998. Estudio sobre Contaminación de Aguas Subterráneas, OMS, España.

CIREN – CORFO, 1989. Estudio Agrológico del proyecto Maipo.

CIREN – CORFO, 1995. Estudio Agrológico de la Región Metropolitana.

Codelco, 2002. Producción, Transporte y Comercialización del Ácido Sulfúrico, División El Teniente.

CONAF – CONAMA, 1945. Áreas Industriales y Urbanas de Chile, Departamento de Centros Forestales.

CONAMA, 2002. Declaración de Impacto Ambiental, Aprobación del transporte del ácido sulfúrico de la Fundición Caletones, División El teniente, Codelco.

Chardon, 2002. Un Enfoque Geográfico de la vulnerabilidad en zonas urbanas expuestas a amenazas naturales; el ejemplo andino de Manizales, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Manizales

Dreisbach, R.;' 1984. Manual de Toxicología Clínica, Editorial El Manual Médico. Canadá.

EPA, 2003. Norma Internacional del transporte de sustancias y químicos vía terrestre, Sitio www.epa.gov

EPA, 2000. "Chemicals kwon to the estatte to cause cancer or reproductive toxicity", Registro de cancer. España.

IARC, 1993. Efecto Carcinogéncio de las sustancias peligrosas, Editoriales Unidades, España.

Ilustre Municipalidad de San Antonio, 1998. Proyecto Plan Maestro de Evacuación de Drenaje y de Aguas Lluvias de San Antonio y Cartagena", Dirección de Obras Hidráulicas

INE, 2002. Bases de datos estadísticos censo 2002.

INN, 1989. Norma Chilena, NCH 2136 of 83, Disposición de Seguridad del Ácido sulfúrico.

INN, 1993. Norma Chilena, NCH 2190 of 93, Responsabilidades de que el vehículo circule portando los rótulos correspondientes.

MOPTT, 2001.Estudio de las rutas de transporte de ácido sulfúrico, Fundición caletones, Codelco El teniente.

ONEMI, 2000. Marco Conceptual para la Protección Civil, Cod 100. Programa de formación profesional en Protección Civil.

ONEMI, 2000. Riesgo Químico. Programa de formación profesional en Protección Civil.

ONEMI, 2000. Relación Entre Variables de Riesgo. Programa de formación profesional en Protección Civil.

Proyecto OTAS, 1998. Carta Base Digital.

Saunier, Richard E. 1993. Infraestructura del Transporte y sus impactos ambientales. Seminario Interamericano de infraestructura de transporte como factor de integración. Secretaría ejecutiva para asuntos económicos y sociales, organización de los Estados Americanos, 1995.

SCOPE, 1995: Marco Conceptual, del Consejo Internacional de Uniones Científicas. Comité Científico sobre Problemas del Medio Ambiente, Toronto, Canadá. Seminario Interamericano de infraestructura de transporte como factor de integración. Secretaría ejecutiva para asuntos económicos y sociales. Organización de los Estados Americanos, 1995.

Definición conceptual

Sulfohemoglobina:

Cuando se habla de sulfo se refiere a sulfatos, esto se refiere a la vez a fenómenos de generación de sal de ácido sulfúrico, y como el ácido bajo ciertas condiciones climáticas genera emanaciones de sulfatos, esto entra por inhalación en la hemoglobina, que es una proteína presente en los glóbulos rojos, cuya misión fundamental es el transporte de oxígeno: lo capta a través de la sangre de los vasos capilares, en contacto con los alvéolos del pulmón y lo libera a los capilares tisulares, es decir que al entrar sales de ácido sulfúrico se obstruye la función normal de la hemoglobina, y hace que la sangre arterial que necesita de un 97% de oxígeno, reciba una menor cantidad y contaminada, y hace que funcione deficientemente el pulmón.

Hepatotóxico:

Cuando entra algún agente tóxico al hígado. Esta toxicidad se produce por inhalación del ácido sulfúrico, lo que produce una alteración en el funcionamiento normal del hígado.

Enfermedades Hematológicas:

Tiene relación con todo tipo de enfermedades que provoque alguna patología en la sangre.

Acidosis Metabólica:

Se refiere a cuando hay una disminución de las reservas alcalinas, con aumento de hidrogeniones en la sangre y en los tejidos y esto es por inhalación excesiva de ácidos, y la acidosis metabólica repara en que aparece cuando no se metabolizan o eliminan ácidos volátiles. En el caso del ácido sulfúrico afecta fuertemente al SNC (Sistema Nervioso Central).

Hemoptisis:

Es la expulsión de la sangre procedente del árbol respiratorio y que puede implicar un compromiso vital para la persona expuesta.

Mediastinitis:

Es una inflamación al mediastino y de sus estructuras, el mediastino es el tabique situado en el plano sagital del tórax, dividiendo la caja torácica en dos, que sirven de alojamiento a los pulmones; se divide en tres secciones, el mediastino superior sirve de alojamiento a la tráquea, esófago, los grandes vasos y el timo, el medio aloja el corazón y el posterior al esófago, la aorta y la vena ácigos. El que haya una inflamación en el mediastino, puede implicar una complicación grave que involucre cirugía mayor.

Peritonitis:

Inflamación del peritoneo producida por bacterias o sustancias irritantes, que se introducen en la cavidad abdominal por una herida penetrante o por la perforación de un órgano del aparato digestivo o reproductor, se manifiesta con distensión abdominal, rigidez y dolor, dolor a la descompresión, disminución o ausencia de ruidos intestinales, náuseas, vómitos y taquicardias.

Edema:

El edema se refiere a un aumento patológico del líquido intersticial, produciendo hinchazón localizada o difusa. La causa es por aumento de la presión hidrostática capilar y que puede ser producida por muchas razones, entre estas están los edemas pulmonares producidos por el contacto con sustancias irritantes o tóxicas, por lo que para el caso del ácido sulfúrico puede producir edema de tráquea, bronquial y pulmonar, siendo este último de complicaciones mayores.

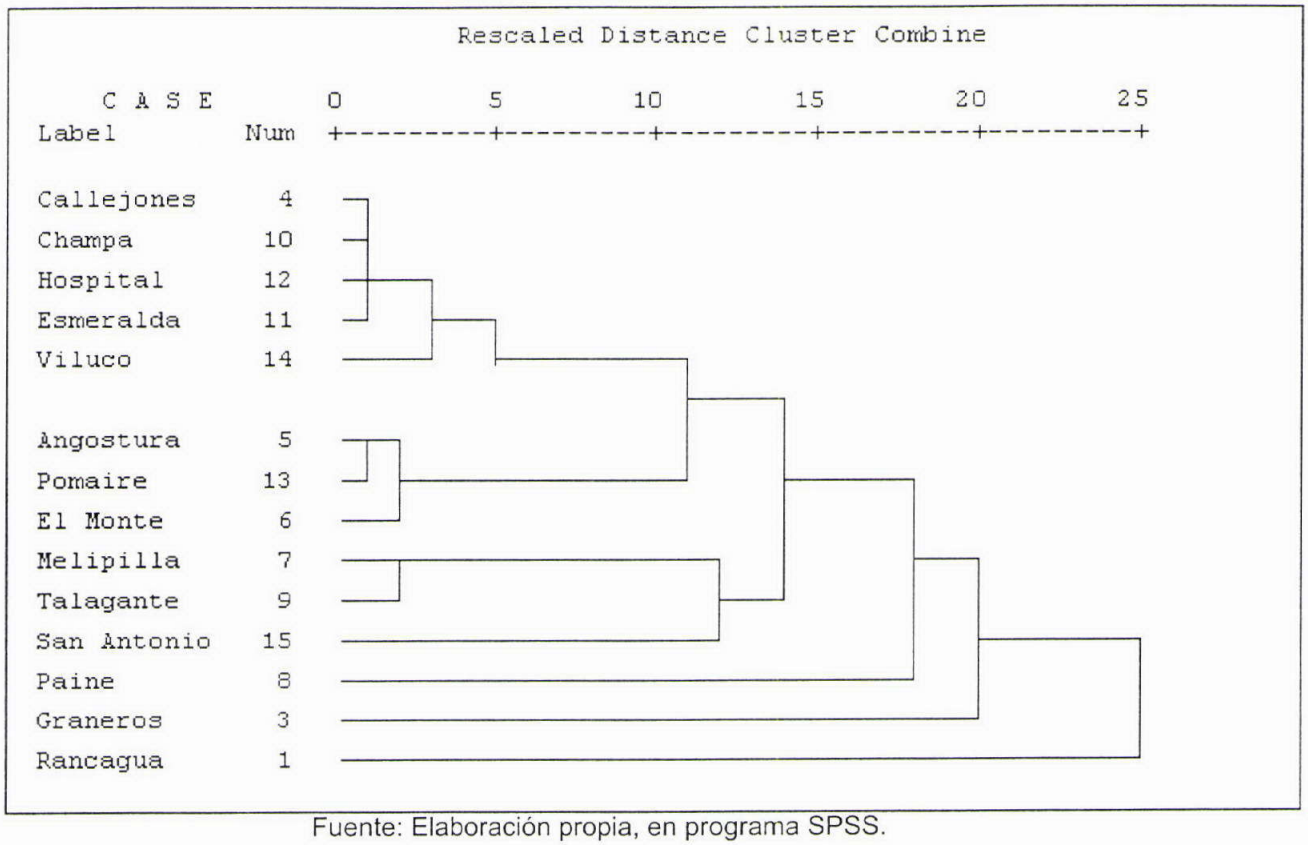
Biotransformación:

Es el conjunto de cambios químicos que sufre una sustancia en el organismo por la acción de enzimas, microorganismos, etc. La biotrasformación puede darse a través de cualquiera de los tejidos corporales, pero existen órganos con una acción metabólica predominante, el hígado, los pulmones, el intestino y los riñones.

Zonas de *buffers*:

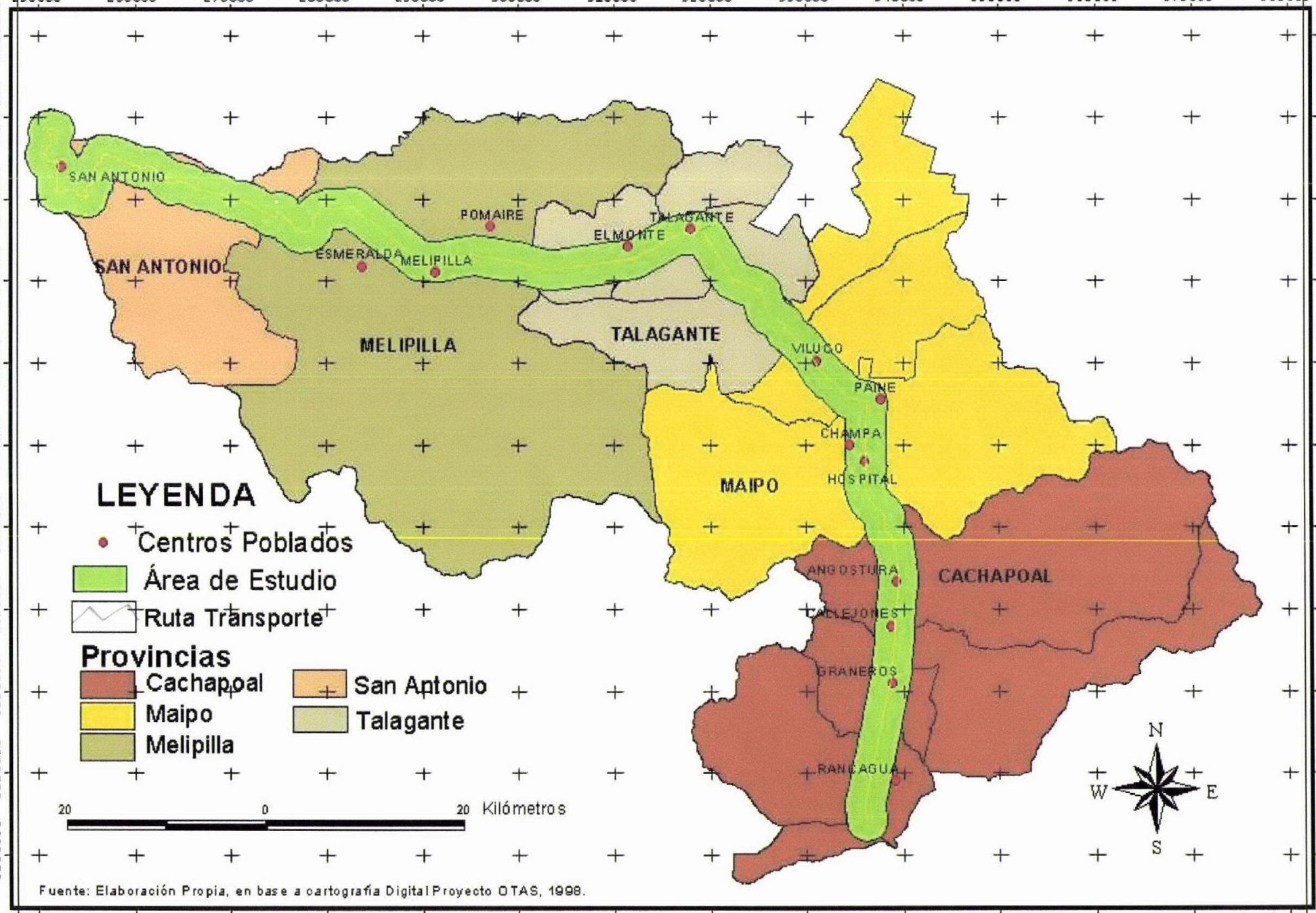
Zona de amortiguamiento de impactos producidos por eventos naturales como inundaciones o eventos originados por fallas técnicas como derrames de sustancias peligrosas, para el manejo y la conservación de la biodiversidad

Dendrograma



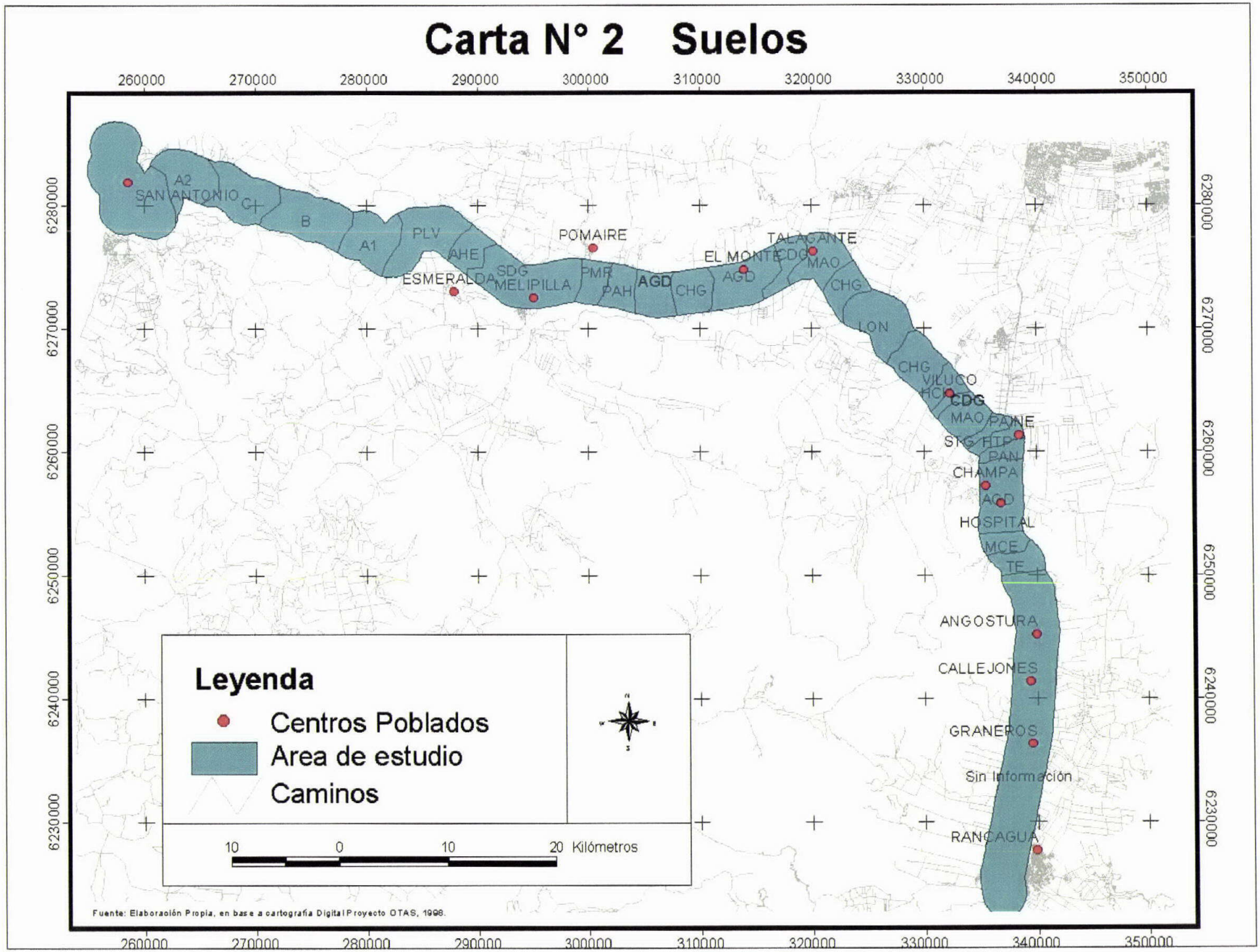
Fuente: Elaboración propia, en programa SPSS.

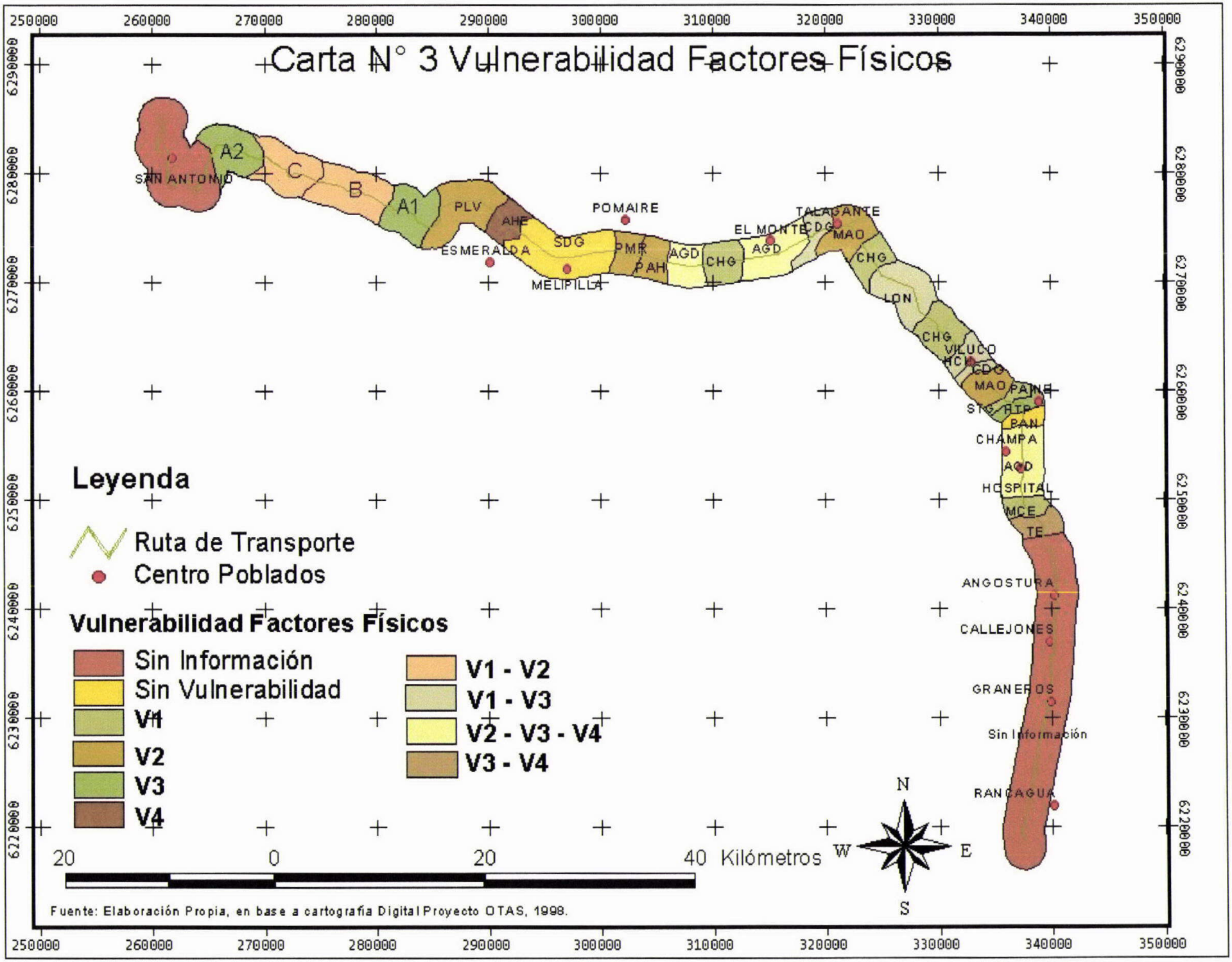
Carta N° 1 Presentación Área de Estudio



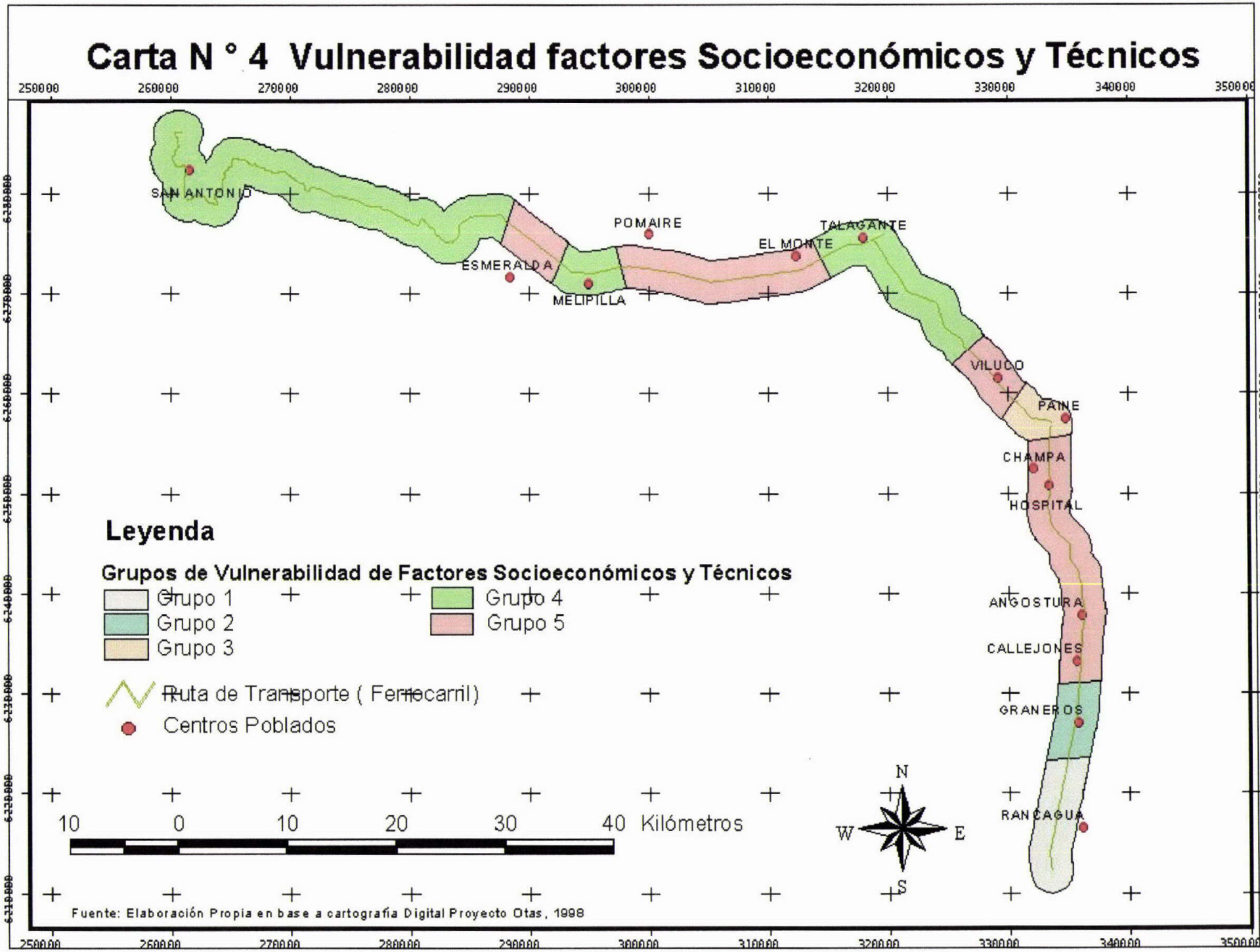
Fuente: Elaboración Propia, en base a cartografía Digital Proyecto OTAS, 1998.

Carta N° 2 Suelos

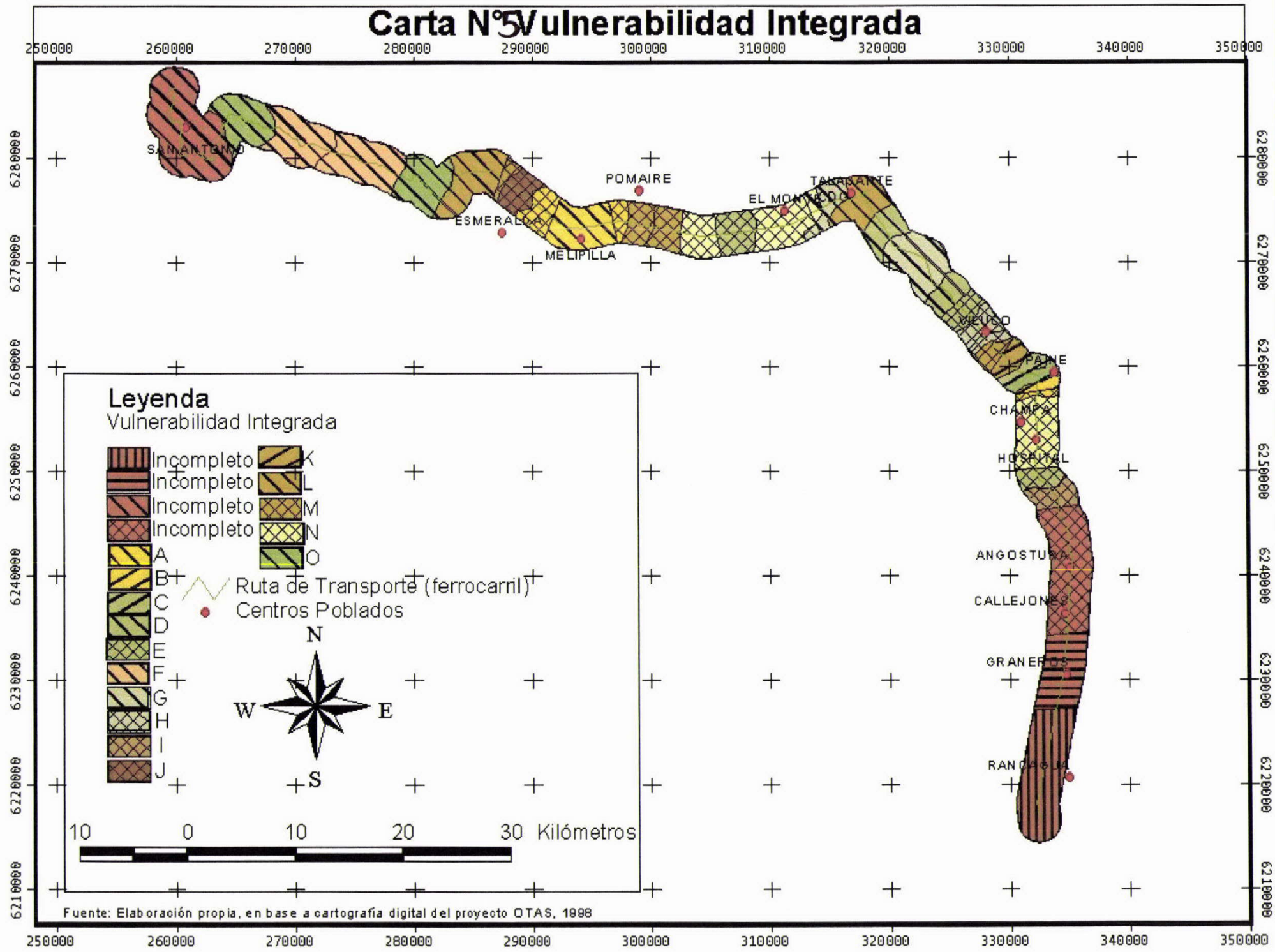



Carta N° 3 Vulnerabilidad Factores Físicos
250000
260000
270000
280000
290000
300000
310000
320000
330000
340000
350000
6290000
6280000
6270000
6260000
6250000
6240000
6230000
6220000
SAN ANTONIO
A2
C
B
A1
PLV
AHE
ESMERALDA
SDG
MELIPILLA
POMAIRE
PMR
PAH
AGD
CHG
EL MONTE
TALAGANTE
CDG
MAO
LON
VILUCO
HCH
PAINE
STG
HTP
PAN
CHAMPA
HOSPITAL
MCE
TE
ANGOSTURA
CALLEJONES
GRANEROS
Sin Información
RANCAGUA
Leyenda
Ruta de Transporte
Centro Poblados
Vulnerabilidad Factores Físicos
Sin Información
Sin Vulnerabilidad
V1
V2
V3
V4
V1 - V2
V1 - V3
V2 - V3 - V4
V3 - V4
20
0
20
40 Kilómetros
N
W
E
S
Fuente: Elaboración Propia, en base a cartografía Digital Proyecto OTAS, 1998.

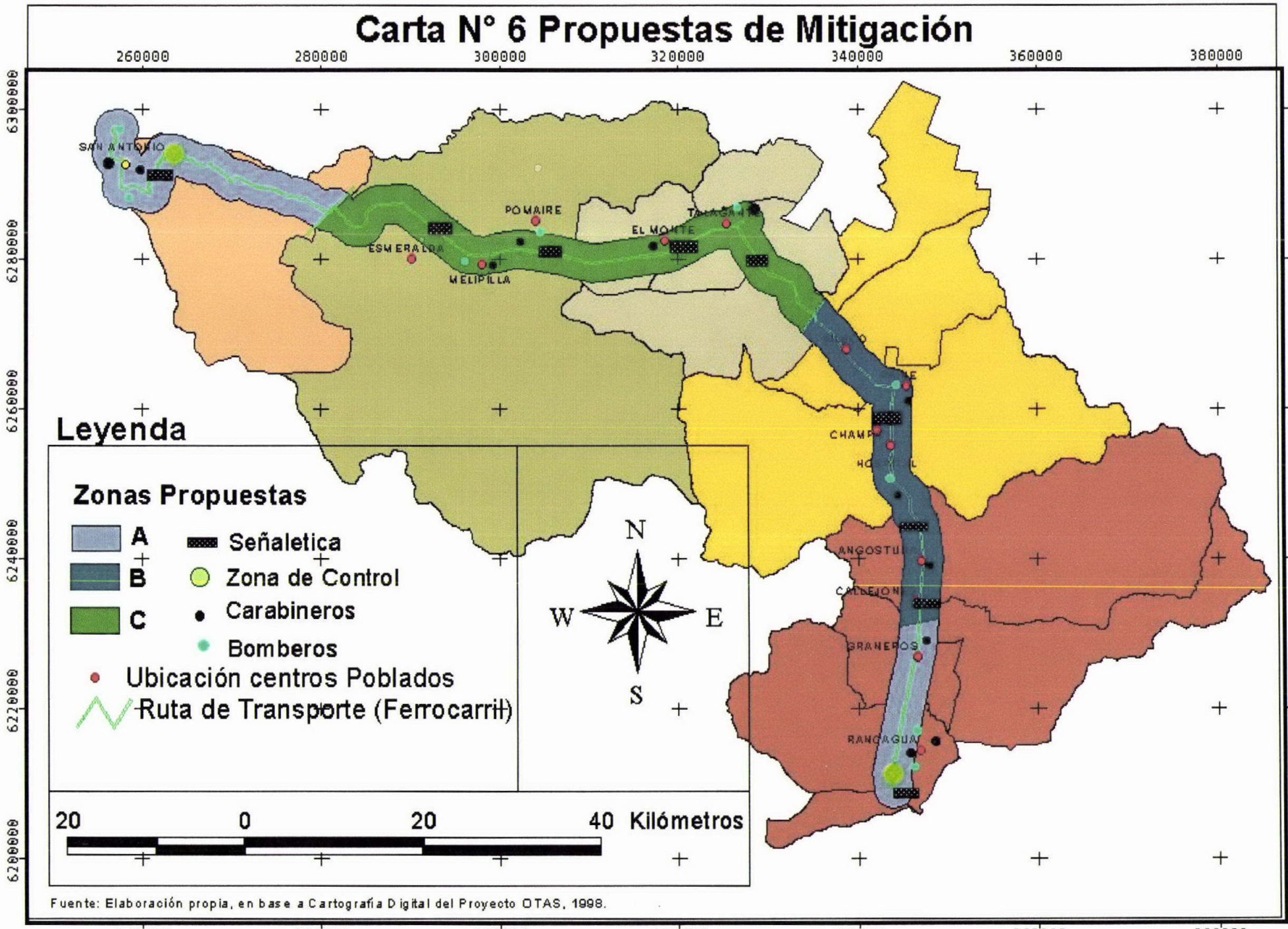
Carta N ° 4 Vulnerabilidad factores Socioeconómicos y Técnicos



Carta N°5 Vulnerabilidad Integrada



Carta N° 6 Propuestas de Mitigación



Fuente: Elaboración propia, en base a Cartografía Digital del Proyecto OTAS, 1998.

UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Geografía

FORMULARIO DE EVALUACION DE INFORME DE PRACTICA

TITULO INFORME: _____

AUTOR : _____

CONSIDERACION GENERAL : El alumno practicante debió dedicar un mínimo de 612 horas a su Práctica, lo que en 4 meses equivale a algo más de 8 horas diarias en días hábiles. De este modo, el resultado debe estimarse considerando el proyecto original, los objetivos y el tiempo mínimo que debió ocupar el alumno.

Las limitaciones comunes en la marcha de una Práctica Profesional son: demora en las facilidades de acceso a la información por parte de instituciones ajenas a la Universidad, demora en la realización del trabajo de terreno en las instituciones auspiciadoras, dificultad para encontrar tiempo de computación o simple dificultad para generar información. No obstante, se considera que el alumno debe tener espíritu de iniciativa para avanzar y profundizar los aspectos que estén fuera de aquellas limitantes, y que constituyen comunmente la mayor parte del trabajo. Siendo el tiempo mínimo obligatorio 5 horas diarias, se supone que el alumno dispone de un lapso amplio para reacciones ante algunas dificultades prácticas en 6 meses. En consecuencia, las razones que exponga al practicante para justificar el porqué de su trabajo puede estar incompleto, deben ser cuidadosamente calificadas.

CONSIDERACION ESPECIAL: Este formulario es para certificar sólo el ciclo que a Ud. le tocó supervisar. El tiempo que el alumno debió emplear en cada ciclo, está explicado en el documento adjunto.

UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Geografía

A continuación, marque con una cruz lo que corresponda:

01. El material entregado

- Tiene la estructura de un informe	X
- Es sólo un conjunto de datos y antecedentes	

02. Si el material entregado es un informe, califique de 1 a 7 las siguientes partes :

- Resumen	
- Introducción (antecedentes, etc.)	7
- Metodología	7
- Resultados (cuerpo)	7
- Discusión	7
- Conclusiones	7
- Bibliografía	7
- Anexos o apéndices	7

03. Si se trata sólo de un conjunto de datos y antecedentes, califique de 1.0 a 7.0 los siguientes aspectos, considerando el proyecto original y los objetivos :

- Figuras y su explicación	—
- Tablas y su explicación	—
- Cuadros y su explicación	—
- Mapas y su explicación	—
- Bibliografía	—
- Claridad en la presentación	—

04. De acuerdo con el proyecto original el informe es :

- Completo	X
- Incompleto	

UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Geografía

05. Si se trata sólo del conjunto de datos y antecedentes :

- Se puede con él redactar un buen informe —
- No se puede con él redactar un informe —

06. Si el informe es incompleto falta :

- Lo esencial —
- Lo secundario —

07. Si el alumno explica las causas de lo incompleto de su informe :

- ¿se refiere ella a limitantes reales? —
- ¿son aspectos secundarios? —
- Con capacidad de iniciativa, el practicante habría podido superarlos —
- No son atendibles —
- Son atendibles Todos —
  Algunos —

08. Este es el borrador final del que se presentará a la siguiente institución: OFICINA NACIONAL DE EMERGENCIA DEL MINISTERIO DEL INTERIOR - ONEMI

Estimo que para éste el material es :

- Inútil —
- Poco útil —
- Util —
- Muy útil X

09. Por consiguiente :

- Puede servir tal como está X
- Hay que hacer revisiones menores —
- Hay que hacer revisiones mayores —
- Hay que hacer reformulación total —

Marcoleta 250, Casilla 3387, Santiago, Chile / Teléfono (56-2) 6783108 / Fax (56-2) 2229522

UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Geografía

10. Por lo tanto, según los objetivos, el proyecto original y la duración del trabajo, el resultado puede calificarse como :

- Deficiente	—
- Regular	—
- Más que regular	—
- Bueno	—
- Muy bueno	—
- Sobresaliente	X

Por lo cual se propone la nota de 1.0 a 7.0

7 (números) (SIETE) (Letras)

NOMBRE : JOSÉ ABUMOHOR Firma : .....

GEOGRAFO - U. DE CHILE
JEFE SECC. ANALIS Y ESTUDIOS
DEPTO. PROTECC. CIVIL.
ONEMI

MINISTERIO DEL INTERIOR
DEPARTAMENTO DE PROTECCION CIVIL
OFICINA NACIONAL DE EMERGENCIA

Santiago, 19 DE ENERO DE 2004
CPC/arb