ONEO81

GOBIERNO DE CHILE
Oficina Nacional de Emergencia
Ministerio del Interior

UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Geografía

EVALUACIÓN DE RIESGO DEL TRANQUE DE RELAVE LAS TÓRTOLAS Y SUS POSIBLES IMPACTOS AL PUEBLO DE HUERTOS FAMILIARES EN LA COMUNA DE TIL-TIL

INFORME DE PRACTICA PROFESIONAL

Autor

RODRIGO ALEJANDRO CALABRÁN TORO

Profesional a cargo

RODRIGO HERRERA CADIZ

SANTIAGO
2008

OFICINA NACIONAL DE EMERGENCIA
BIBLIOTECA

ÍNDICE

Resumen 5

1.- Introducción *6*

2.- Planteamiento de la problemática *9*

3.- Área de estudio *11*

4.- Hipótesis *14*

5.- Objetivos *14*
5.1.- General 14
5.2.- Específicos 14

6.- Metodología *15*
6.1.- Metodología canadiense para la caracterización ambiental del tranque Las Tórtolas 17
6.1.1.- Características de los contaminantes 17
6.1.2.- Trayectos de exposición 18
6.1.3.- Receptores 26
6.1.4.- Puntaje final 31
6.2.- Estado actual del asunto 32
6.3.- Fundamentación teórica 34
6.4.- Protección civil 35
6.5.- Impacto ambiental 36
6.6.- Riesgos 37
6.6.1- Gestión de riesgos 38
6.6.2.- Tipos de Riegos 39
6.6.2.1.- Según su origen 39
6.6.2.2.- Según su manifestación 39
6.6.3.- Riesgos Químicos 40
6.6.4.- Tranques de relave 40
6.6.4.1.- Características generales de la depositación en los tranques de relave 41
6.6.4.2.- Riesgos asociados a los tranques de relaves 42
6.6.4.3.- Clasificación de los riesgos ambientales asociados a los tranques de relaves 43
6.6.4.4.- Manejo del riesgo en tranques de relave 52
6.6.4.5.- Disposiciones legales vigentes 52
6.7.- Antecedentes históricos de impactos generados por depósitos de relave 55
6.7.1.- Tranque Barahona. 56
6.7.2.- Bahía de Chañaral 57
6.7.3.- El Cobre 58
6.7.4.- Las Cenizas 61
6.7.5.- Tranque Estay 61
6.7.6.- Tranque Pérez-Caldera 61
6.7.7.- Minera Cobrex 61
6.7.8.- Tranque Flamengo 62
6.7.9.- Minera Cobrex 62
6.8.10.- División Andina CODELCO 62
6.7.11.- Minera Las Juntas 62
6.7.12.- Minera Cobrex 62
6.7.13.- División Chuquicamata CODELCO 65
6.7.14.- Cerro Negro 65
6.8.- Casos internacionales 67
6.8.1.- Mina Smuggler Mountain, Estados Unidos 67
6.8.2.- Mina Idarado, Estados Unidos 68
6.8.3.- Mufulira, Zambia 68
6.8.4.- Arcturus Mine, Zimbabwe 69
6.8.5.- Mochikoshi, Japón 70

6.8.6.- Stava, Trento, Italia 71
6.8.7.- Mina El Cofre, Perú 73
6.9.- Historia del yacimiento Los Bronces 74
6.9.1.- Expansiones de la empresa Anglo-American 75
6.9.1.1.- Expansión del año 1996 75
6.9.1.2.- Expansión del año 2000 79
6.9.1.3.- Expansión del año 2006 80
6.10.- Tranque de relave Las Tórtolas 82
6.10.1.- Características del tranque (antes de ser construido) 83
6.10.2.- Ubicación 83
6.10.3.- Características de los muros 84
6.10.4.- Condiciones de estabilidad 84
6.10.5.- Fenómenos no sísmicos que podrían afectar al tranque de relaves Las Tórtolas 85
6.10.6.- Efectos de una falla parcial 85

7.- Desarrollo *86*
7.1.- Caracterización del área de estudio 86
7.1.1.- Dimensión socio-económica 86
7.1.2.- Dimensión geográfica 89
7.1.3.- Dimensión demográfica 90
7.1.4.- Dimensión antropológica 91
7.1.5.- Dimensión socio-económica 92
7.1.6.- Dimensión bienestar social básico 92
7.2.- Caracterización física del área de estudio 94
7.2.1.- Geología 94
7.2.2.- Geomorfología 96
7.2.3.- Clima y meteorología 97
7.2.4.- Hidrogeología 100
7.2.5.- Hidrología 102
7.2.6.- Suelos 103
7.2.6.1.- Capacidad de uso 103
7.2.6.2.- Tipo de suelo 104
7.2.7.- Vegetación 105
7.2.8.- Fauna 106
7.2.9.- Paisaje 106
7.2.10.- Riesgos 107
7.3.- Caracterización ambiental del tranque de relave Las Tórtolas 108
7.3.1.- Características de los contaminantes 108
7.3.2.- Trayectos de exposición 109
7.3.3.- Receptores 122
7.3.4.- Puntaje final del sitio (etapa de gabinete) 134
7.4.- Investigación en terreno 136
7.4.1.- Puntos de muestreo 136
7.4.2.- Tranque de relave Las Tórtolas 138
7.4.3.- Pueblo de Huertos Familiares y sus alrededores 143

8.- Resultados *149*
8.1.- Discusión de prioridades 149
8.2.- Reestructuración del puntaje final 151
8.3.- Conclusiones 152
8.4.- Planificación: Recomendaciones y medidas de mitigación 154

9.- Bibliografía *160*

Resumen

La actividad minera es una de las que más contamina y perjudica el medio ambiente, lo cual ha provocado grandes daños, ya sea de forma directa o indirecta, en diversas partes del mundo.

En Chile, la minería es la actividad de mayor desarrollo productivo y dinámico, constituyendo el sector económico de mayor influencia en el desarrollo económico del país, siendo el cobre el producto estrella. Pero también esto genera algunas particularidades, tales como que del total de material extraído en una mina metálica, sólo el 2% corresponde al metal deseado, el resto es descartado como diferentes desechos: 50% estéril, 44% relaves y 4% escorias. Esto significa que por cada tonelada de material extraído se obtienen 980 Kg. de material de residuo.

Los residuos llamados relaves se depositan en los llamados tranques de relaves, definidos como "aquel deposito de relaves donde el muro de contención es construido con la fracción más gruesa del relave" (Decreto Nº 248 del 11/04/07).

Estos tranques, a lo largo de la historia, tanto en Chile como en otras partes del mundo, han provocado la muerte de muchas de personas inocentes debido al mal funcionamiento o a causas externas, como precipitaciones intensas o fuertes movimientos telúricos, tal como en el caso del poblado de El Cobre, el cual, en 1965, donde después de un terremoto 7.5 en escala Richter, se produjo el colapso de un tranque de relaves, matando a más de 250 personas, provocando grandes cambios en la legislación vigente, hasta ese entonces, sobre el funcionamiento de este tipo de estructuras.

Actualmente, en la comuna de Colina, Región Metropolitana de Santiago, se emplaza el tranque de relave Las Tórtolas, el cual es uno de los proyectos de mayor envergadura. El problema radica en que su funcionamiento estaría afectando a algunos habitantes del pueblo de Huertos Familiares, perteneciente a la comuna de Til-Til, quienes reclaman por la ampliación del ya mencionado tranque, lo cual traería consigo un empeoramiento de la situación. Para ver si es que esto es efectivamente así, se plantea una caracterización ambiental de dicho tranque a través de una metodología canadiense para la clasificación de sitios contaminados (N.C.S.C.S.) y, de esta forma, conocer el nivel de riesgo, obtenido en base a las diferentes situaciones de amenaza y vulnerabilidad.

Dicha caracterización ambiental arroja un resultado de 73.5 puntos, lo que significa que dicho tranque presenta un alto riesgo ambiental. Las variables físicas que tienen una mayor importancia, en primera instancia, son aquellas relacionadas con las quebradas intermitentes y el viento.

Finalmente se propone, a modo de planificación, algunas medidas de mitigación para aminorar las consecuencias del funcionamiento de este tranque de relave.

Palabras claves: Minería, Tranque, Relave, Huertos Familiares, Las Tórtolas, Vulnerabilidad, Amenaza, Riesgo, Contaminación, Medio Ambiente.

28 de marzo de 1965. 12:33 horas. Un terremoto de magnitud Richter 7.6 con epicentro en La Ligua y Petorca se dejo sentir desde Copiapó a Osorno e incluso en Buenos Aires. En varias regiones pensaron en el fin del mundo. Para más de 300 personas del poblado minero de "El Cobre", lo fue.

El día se convirtió en noche y la tierra comenzó a temblar. Se sintió una fuerte explosión; el polvo ocultó al sol que ese día se mostraba más radiante que nunca. Sus cálidos rayos fueron testigos de una tragedia enorme. Familias enteras fallecían en fracciones de segundos, envueltos en un alud de barro, piedras y residuos minerales de un tranque de relave que cedió ante la fuerza monstruosa de un terremoto.

La avalancha, de 10 millones de metros cúbicos de lodo, se dejó caer sobre el sector bajo de "El Cobre" a una velocidad de 40 Kilómetros por hora. Un manto tenebroso de entre dos y cinco metros cubrió para siempre el poblado, en una extensión de 11 Kilómetros y 500 metros de ancho. Fue la tumba para más de 300 personas. Sólo cerca de 40 cadáveres tuvieron cristiana sepultura en un "Campo Santo".

FERNANDEZ (2005).

1.- Introducción

Chile tiene y ha tenido grandes riquezas como la plata, el salitre, el yodo, el litio, además de grandes recursos marinos y forestales, pero ninguna de estas riquezas puede llegar siquiera a compararse con la inmensidad de la riqueza que representa el cobre, el cual es un metal de característico color rojizo y brillo metálico, elevada conductividad térmica y eléctrica, tenacidad, maleabilidad, es decir la susceptibilidad de ser batido en planchas o láminas, y ductilidad o capacidad de extensión en filamentos, por lo que constituye una importante materia prima para la elaboración de cables, alambres y láminas (SERNAGEOMIN, 2006).

Con sus 742 mil km², el territorio chileno es, apenas, el 0,5% de la superficie terrestre. Sin embargo, en esta pequeña franja de tierra se encuentra entre el 40% y el 50% de las recursos de cobre económicamente explotables todavía existentes en el mundo (ALCAYAGA, 2005) transformándose en el mayor productor de cobre del planeta, cuya producción minera ha aumentado en un 265% desde 1990, empleando al 1,2% de la fuerza laboral total del país (CEPAL, 2005) siendo la

actividad de mayor desarrollo productivo y dinámico del país, aportando el 8,2% del PIB y el 42% del valor de las exportaciones.

Pero no todo puede ser miel sobre hojuelas. Respecto de esta actividad existen algunas singularidades como es el gran volumen de material litológico removido para la obtención de bajos porcentajes del producto explotado. LÓPEZ *et. al.* (2003) señala que "del total de material extraído en una mina metálica, sólo el 2% corresponde al metal deseado. El resto es descartado como diferentes desechos: 50% estéril, 44% relaves y 4% escorias". VERDUGO (1983) en VIERTEL (2003) es un poco más drástico, señalando que la ley media de las minas chilenas es del orden del 1%, donde se puede deducir que por cada tonelada de roca extraída se obtiene 990 Kg. de material de residuo. Precisamente por tales razones es de fundamental importancia que exista preocupación y se desarrollen marcos políticos y legales que tiendan a la sustentabilidad de esta actividad. Todo esto con miras a desarrollar proyectos mineros que no sólo generen grandes beneficios para el inversionista, sino que signifiquen beneficios para la globalidad de actores involucrados, para la comunidad y para el Estado mirados como entidades que permanecen en el tiempo, trascendiendo a la vida operativa del proyecto minero.

Según lo señalado por LAGOS (1997) los impactos ambientales de la minería pueden llegar a ser particularmente importantes a nivel local, en especial la contaminación atmosférica generada por las fundiciones de cobre, que son las instalaciones de la industria minera que causan un mayor impacto ambiental, la cual, de acuerdo a lo señalado por GINOCCHIO *et. Al.* (2007) "ha contribuido a aumentar el contenido de cobre de algunos suelos, tanto en zonas urbanas como en áreas agrícolas y silvestres. Por ejemplo, se han registrado contenidos de cobre de hasta 2.000-3.000 Mg/Kg en suelos cercanos a fundiciones y plantas de extracción y procesamiento de minerales. Estos niveles han despertado preocupación debido a los efectos potenciales sobre la producción agrícola y la salud humana".

Bajo esta mirada, RAMÍREZ (2000) señala que "hasta hace algunas décadas atrás era común en Chile y en otros países de tradición minera deshacerse de los relaves derivados de las operaciones minero-metalúrgicas, arrojándolos en los lechos de los ríos, lagunas, quebradas, valles o mar más próximo. Cuando en las

cercanías de alguna faena no se disponía de estos sectores naturales "tan convenientes", los empresarios solían acumular los relaves en áreas de contención, que amurallaban con terraplenes levantados con los mismos relaves. Una vez que se agotaba el yacimiento, estos depósitos quedaban abandonados".

Según ANDÍA y LAGOS (1996) "la historia de la legislación ambiental chilena, en particular la relacionada con la disposición de residuos mineros, no es reciente, pudiendo incluso catalogarse como vanguardista en sus orígenes. La primera legislación ambiental fue la Ley Nº 3.133 de 1916 sobre neutralización de los residuos provenientes de establecimientos industriales. Posteriormente, en 1931, se dictó el Código Sanitario, el cual otorgaba amplias facultades a los servicios de salud, entre ellas la de controlar los residuos mineros. Diecisiete años más tarde, en 1948, se aprobó la Ley de Protección a la Agricultura. En ella, el tema del control de los residuos mineros nuevamente se centró en la prohibición de vaciarlos directamente a los cauces. Sólo en 1970 se establece una norma aplicable a la disposición de residuos mineros, más allá del caso puntual de su derrame en los cursos de agua. Esta norma es el Decreto Supremo Nº 86, el cual aprueba el Reglamento sobre Construcción y Operación de Tranques de Relave."

En lo que respecta a la normativa ambiental Chilena (Ley Nº 19.300 de bases del medio ambiente), esta, en su artículo Nº 10 señala los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental en cualquiera de sus fases y que deben someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (S.E.I.A.). Dentro de esto, en la letra *i* de dicho artículo se señala a los proyectos de desarrollo minero, incluidos los de carbón, petróleo y gas comprendiendo las prospecciones, explotaciones, plantas procesadoras y disposición de residuos y estériles, así como la extracción industrial de áridos, turba o greda.

Finalmente, en lo que se refiere a la normativa actual sobre tranques de relaves, el 11/04/07 se publicó en el Diario Oficial el Reglamento para la Aprobación de Proyectos de Diseño, Construcción, Operación y Cierre de los Depósitos de Relaves, (MINISTERIO DE MINERÍA, 2007), reformulando el antiguo Decreto Supremo Nº 86 del año 1970 (MINISTERIO DE MINERÍA, 1970), el cual sólo daba cuenta de la construcción y operación de tranques de relaves, dejando de lado el tema del cierre de estas estructuras

2.- Planteamiento de la problemática

La minería es el sector más atractivo en el desenvolvimiento de la economía nacional, ya sea por el nivel de las inversiones o el aporte en divisas que genera la exportación de sus productos (MINISTERIO DE MINERIA, S.A.), lo cual puede ser ratificado por AGACINO *et. al.* (1998) al señalar que a través del sector minero y particularmente del cobre, es posible observar parte importante de las relaciones entre la economía chilena como *economía nacional* y su articulación con la *economía mundial.*

De acuerdo con ALCAYAGA (2005), Chile posee entre el 40 y 50% del cobre económicamente explotable que existe en el mundo. Es decir, no es un productor más, si no que la única superpotencia tanto en la producción como en el comercio mundial de cobre.

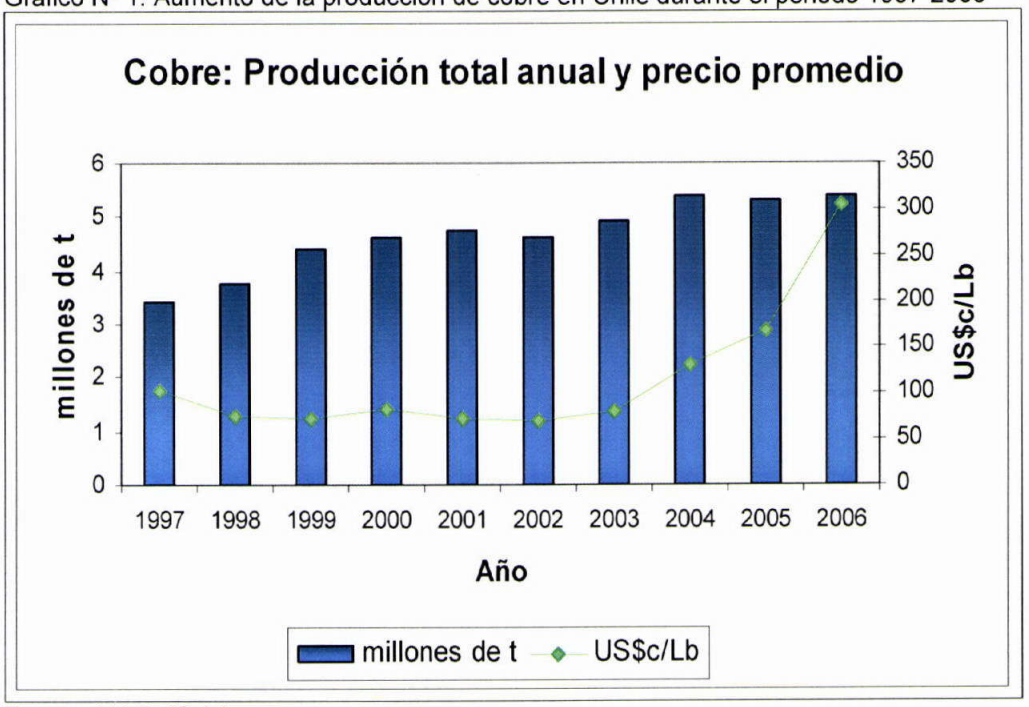
De acuerdo con cifras entregadas por el Instituto Nacional de Estadísticas (I.N.E., S.A.) el crecimiento en la producción de cobre en Chile ha aumentado casi un 63% (Tabla Nº 1) durante la última década, lo que, ligado al aumento en el valor de la libra de cobre en el mercado internacional, ha generado grandes ganancias para el país (Gráfico Nº 1).

Tabla Nº 1: Aumento en la producción de cobre en Chile

Año	Millones de ton.	Total Ton.
1997	3,4	3.438.103
1998	3,8	3.763.994
1999	4,4	4.421.785
2000	4,6	4.646.335
2001	4,8	4.766.062
2002	4,6	4.619.787
2003	4,9	4.909.178
2004	5,4	5.418.800
2005	5,3	5.330.414
2006	5,4	5.381.761

Fuente: I.N.E. (S.A.).

Gráfico Nº 1: Aumento de la producción de cobre en Chile durante el periodo 1997-2006



Fuente: I.N.E. (S.A.).

Pero como todas las cosas, todo esto también tiene un lado menos amable. DINTRANS y BASTIDAS (1991) señalan que toda acción que se desarrolle en nuestro planeta, tendiente a la explotación de algún recurso natural, traerá consigo irremediablemente una alteración del ecosistema involucrado. Lo importante es tener una conciencia ecológica, de modo de lograr que estos efectos sean lo menos perjudiciales posibles, tomando las medidas preventivas y mitigadoras correspondientes. Siguiendo la misma línea, CIMM (2005) menciona que es necesario hacer referencia a la imagen negativa que posee la comunidad con respecto a la minería, actividad que es considerada como un generador de impactos, la mayoría de las veces perjudiciales, hacia el medio ambiente y la salud de las personas.

Con respecto a la minería, y más específicamente a las plantas de la gran minería, PALMA *et. Al.* (2007) menciona que estas producen más de 15.000 ton/día, pudiendo generar más de 110.000 ton/día. Según lo señalado por ESPINACE *et. Al.* (2006) los relaves son residuos producidos en el proceso de flotación de minerales, constituidos fundamentalmente por el mismo material del yacimiento al

cual se le ha extraído la fracción mineral. Antiguamente estos residuos eran depositados directamente a los ríos, quebradas o el mar, lo que ocasionó efectos negativos en los ecosistemas; actualmente, se almacenan en tranques de relave.

BORREGAARD (2001) señala que la mayoría de estos materiales no pueden ser reprocesados ni reutilizados en el proceso productivo, se depositan en los llamados tranques de relave, definido, según el MINISTERIO DE MINERIA (2007) como "aquel depósito de relaves donde el muro de contención es construido con la fracción más gruesa del relave (arenas)", las cuales deben ser estructuras seguras, estables en el tiempo y no producir afecciones al ambiente y la salud pública en su área de influencia.

Profundizando un poco más en lo referente a los tranques de relave, estos son generadores de grandes impactos, donde, CEPAL (2005) señala que si un tranque de relave se rompe, el derrame puede contaminar las aguas superficiales y subterráneas, destruir los cultivos y constituir una amenaza para la vida humana. RAMIREZ (2000) señala que otros efectos pueden ser la contaminación de suelos por arrastre de relaves y la contaminación del aire por sólidos en suspensión.

3.- Área de estudio

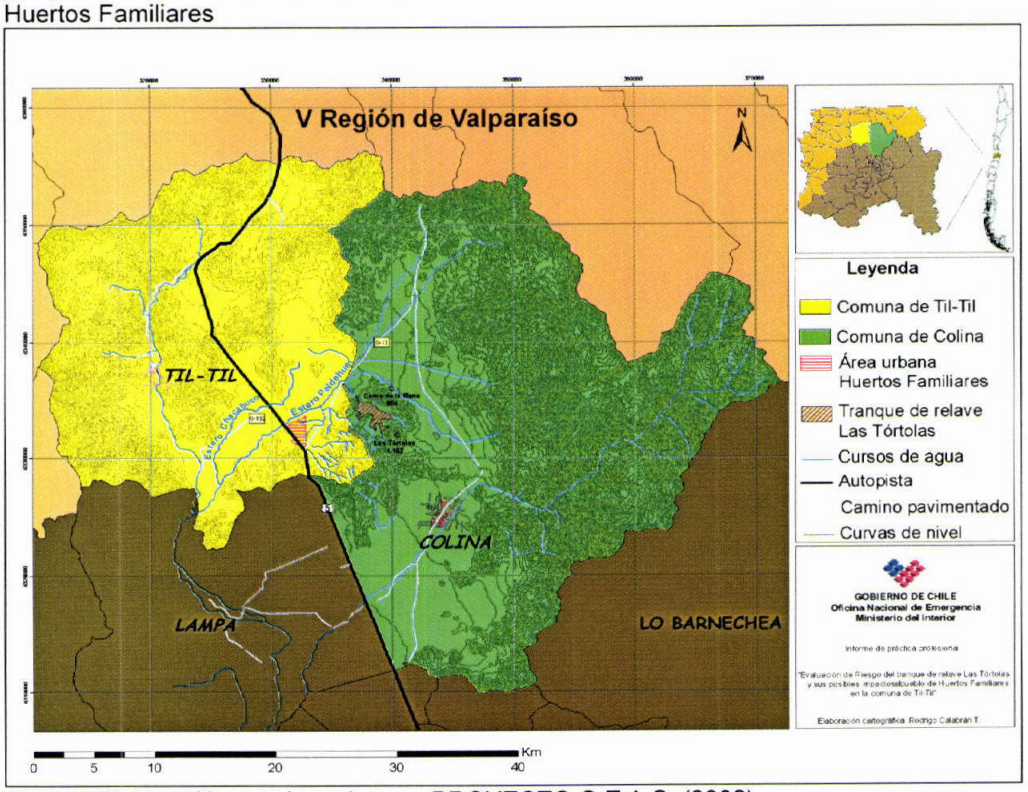
En concordancia con lo anterior, en la Región Metropolitana de Santiago, en 1990 se contabilizaban 33 tranques de relaves en proyecto, construcción, operación o abandonados, siendo la provincia de Chacabuco la que más alberga este tipo de estructuras, con un total de 15.

Uno de los proyectos de mayor envergadura dentro de la provincia de Chacabuco es el tranque de relave Las Tórtolas, el cual se ubica en la comuna de Colina (Imagen N° 1). Este procesa un promedio de 75.425 toneladas de desechos diarias. El problema radica en que su funcionamiento esta, posiblemente, afectando al pueblo de Huertos Familiares, perteneciente a la comuna de Til-Til y donde la COMISIÓN DEL MEDIO AMBIENTE DE HUERTOS FAMILIARES (S.A.) señala que "una de nuestras grandes preocupaciones, además del tema de la contaminación, es la posibilidad de un inminente derrumbe de los muros de contención de dicho gigantesco tranque, no somos geólogos sin embargo, por lógica básica sabemos

que nuestro país es altamente sísmico y que en cualquier momento por un desastre natural llámese terremotos, aluviones, etc. nuestra localidad podría desaparecer bajo miles de litros de agua y con ello las vidas de nuestras familias".

La presentación de un estudio de impacto ambiental para la ampliación de su capacidad es un tira y afloja constante entre los vecinos de Huertos Familiares y Anglo-American Chile, debido a las externalidades negativas emanadas de dicho tranque.

Imagen Nº 1: Ubicación del tranque de relave Las Tórtolas con respecto al pueblo de Huertos Familiares



Fuente: Elaboración propia en base a PROYECTO O.T.A.S. (2002).

De acuerdo con la CAMARA DE DIPUTADOS (2006) ante el Estudio de Impacto Ambiental para su ampliación de dicho tranque, el Diputado U.D.I. Patricio Melero señalo que "se trata de un proyecto que, por sus características, ha estado sometido a los respectivos estudios de impacto ambiental. Sin embargo, siento el deber de manifestar una vez más la profunda preocupación y, en muchos casos, el rechazo que genera en la comunidad la ampliación de ese proyecto, que origina una nueva fuente de incertidumbre sobre lo que ocurrirá". El parlamentario se

mostró preocupado por: la calidad de las aguas y por la posible infiltración en las napas freáticas, que son fuentes de riego para un importante sector de la agricultura; la calidad del aire y la emisión de material particulado; y por la pérdida de calidad de los suelos. "Desconozco si el estudio de impacto ambiental considera la adopción de medidas precautorias respecto de esas aguas ante el posible depósito de dichos materiales", indicó.

De acuerdo con OLCA (1997), este señala que pueden aparecer ciertas implicancias o impactos ambientales provocados por estas estructuras, las cuales son:

- Aire: Emisión de material particulado y compuestos volátiles contenidos en el relave.
- Suelo: Ocupación y enterramiento de grandes superficies de suelo bajo potentes espesores de material estéril. Alteración del paisaje, de la cubierta vegetal y de la forma del terreno.
- Agua: Infiltración de aguas contaminadas hacia napas subterráneas por filtraciones en geomembranas. Derrame y vertido hacia cursos superficiales por rotura, rebalse o colapso del tranque.

También se debe considerar el medio ambiente construido ante el eventual colapso de estos tranques de relave. En este sentido, ORREGO (2002) señala que "se constata que el histórico liderazgo y peso económico de la minería en el país, ha llevado a que se institucionalice y legalice una política sumamente liberal respecto de la regulación de este sector. Esto incluye una suerte de 'laissez faire' sobre sus impactos ambientales, al punto que nada se sabe sobre los efectos de cientos de tranques de relaves existentes en el país, en particular sobre las aguas subterráneas".

En este sentido, el tranque de relave Las Tórtolas surge como una **Amenaza** de origen antrópico y que tiene una manifestación de lento desarrollo, encontrándose el pueblo de Huertos Familiares, potencialmente, bastante vulnerable debido a la cercanía al tranque, donde la **Vulnerabilidad** se concibe como un factor interno de riesgo de un sujeto, objeto o sistema expuesto a una amenaza, que corresponde a su disposición intrínseca a ser dañado.

4.- Hipótesis

CORVALÁN (1999) señala que "hoy, una actividad minera tradicional de pequeña escala es reemplazada por una actividad minera donde el tamaño y la tecnología utilizada marcan la diferencia no sólo en los beneficios económicos, sino también en el impacto ambiental que genera". Siguiendo la misma línea, CORVALÁN (2000) señala que "uno de estos riesgos son los tranques de relave construidos por las empresas mineras, los cuales representan en la mayoría de los casos una alerta para las comunidades que se encuentran próximas a sus instalaciones, teniendo en cuenta que dicha proximidad se conjuga con la localización aguas arriba de una quebrada, alterando en forma drástica la vida de los grupos humanos emplazados en el área". Por lo tanto, de lo anterior se puede desprender lo siguiente:

- El pueblo de Huertos Familiares estaría en calidad de vulnerable frente a la amenaza del tranque de relave Las Tórtolas, ubicado a menos de 4 Km. de distancia aguas abajo. Esto significa que, al ser uno de los mayores proyectos de residuos mineros de la Región Metropolitana, puede tener un alto riesgo, tanto para la población como para el medio ambiente. Por lo tanto se puede inferir que este seria una fuente de contaminación que alteraría en forma negativa el entorno, lo que sumado al proyecto de ampliación, agravaría la situación actual.

5.- Objetivos

5.1.- General

- Evaluar y establecer la condición de Riesgo del pueblo de Huertos Familiares frente a la presencia del tranque de relave Las Tórtolas, Comuna de Til-Til.

5.2.- Específicos

- Caracterizar ambientalmente el tranque de relave Las Tórtolas según riesgo ambiental.
- Identificar los posibles efectos del tranque de relave Las Tórtolas en el pueblo de Huertos Familiares.
- Definición de áreas de riesgos potencial dentro del área de estudio.
- Proponer algunas alternativas de mitigación, reparación o compensación dentro de los sectores más afectados en el caso que fuese necesario.

6.- Metodología

El estudio de "*Evaluación de Riesgo del Tranque de Relave Las Tórtolas y sus posibles impactos al pueblo de Huertos Familiares en la comuna de Til-Til*" será realizado en base a la metodología AIDEP, diseñada por ONEMI (Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior), la cual tiene como finalidad el facilitar los procesos locales de microzonificación de riesgos y recursos para el diseño de planes de protección y seguridad (ONEMI, S.A.). Dentro de esta se enmarcan las siguientes etapas:

A. Análisis histórico: Etapa que impulsa a preguntarse ¿Qué nos ha pasado? Las respuestas sobre eventos destructivos (accidentes, emergencias o desastres) que hayan afectado a una comunidad específica en el pasado, pueden ser encontradas en los registros policiales, en las estadísticas emanadas de la aplicación del Plan Dedo$ (Sistema de evaluación de daños y necesidades en situaciones de emergencia desastre) y, por sobre todo, en la memoria histórica de los propios habitantes del área investigada.

B. Investigación empírica o en terreno: Esta etapa esta destinada a relacionar las condiciones que generaron o agravaron los eventos destructivos en el pasado, con la realidad actual, para determinar si pudieran ocurrir nuevamente tales hechos, o las condiciones se han modificado. Es aquí donde la investigación debe ser nutrida por estudios técnicos y científicos que puedan aportar organismos especializados, a través de la coordinación de la Municipalidad, Gobernación y/o Intendencia respectiva.

C. Discusión de prioridades: Una vez concluido el análisis histórico y la relación de las condiciones advertidas con las actuales, se deberán determinar aquellos riesgos aún presentes. Con tales antecedentes, el comité debe *DISCUTIR* (vale decir, evaluar participativamente y relacionar distintas opiniones a fin de establecer consensos), respecto de cuales riesgos serán abordados prioritariamente, para evitar la ocurrencia de una nueva emergencia o para aminorar los impactos si esta se produce. Resulta pertinente cuestionarse en esta etapa que resulta más urgente y fundamental para la comunidad:

✓Los riesgos que permanentemente degeneran en accidentes y emergencias de menor impacto, pero que por su recurrencia van provocando un deterioro continuo en las condiciones de seguridad en esa área o...

✓Los riesgos que muy esporádicamente provocan en una emergencia o desastre, pero que cuando ello ocurre, se producen amplios y graves impactos en áreas mucho más extensas.

D. Elaboración de la cartografía: Concluidas las etapas anteriores, se elabora una cartografía (mapa, plano o croquis), señalizando los riesgos detectados, con distinción de prioridad (pueden ir en color rojo las que se hayan detectado como fundamentales y en otros colores los riesgos menos prioritarios, o menos recurrentes). En esta cartografía también se señalizan los recursos detectados. El objetivo es elaborar una suerte de *"**fotografía**"* de la realidad. No se pretende una obra de arte o una pieza tecnificada, sino un instrumento de visualización sencillo, autoexplicativo.

E. Planificación: Los riesgos y recursos detectados son la base sustantiva del soporte informativo del Plan Integral de Protección y Seguridad del área. En esta planificación se consultan acciones de Prevención, Mitigación, Preparación, Respuesta (con los respectivos sistemas de Alerta y Alarma), de Rehabilitación y Reconstrucción, en caso de ocurrir eventos destructivos. Tales acciones son las que conforman el ciclo metodológico para el Manejo de Riesgos, en función de una mejor calidad de vida de las personas, como factor del desarrollo sostenible.

6.1.- Metodología canadiense para la caracterización ambiental del tranque Las Tórtolas

Canadá, a través del *National Contaminated Sites Remediation Program* creó un sistema de clasificación para sitios contaminados llamado *National Classification System For Contaminated Sites* (N.C.S.C.S.) para evaluarlos de acuerdo a su potencial impacto sobre el ser humano y el medio ambiente. Realiza una evaluación comparable de sitios contaminados en dicho país a través de puntajes asociados a las diversas variables consideradas. El máximo puntaje asociado al sitio es de 100 puntos, los cuales se dividen en tres categorías de 33, 33 y 34 puntos, cada una correspondiente a:

1. Característica de los contaminantes
2. Trayectos de exposición
3. Receptores

El puntaje final se obtiene de la suma de los puntajes en las etapas de caracterización de las tres categorías, lo cual genera distintas clases, logrando una clasificación y priorización general de sitios contaminados, con el objeto de adoptar la mejor acción sobre estos.

A continuación pasan a detallarse cada una de las tres categorías.

6.1.1.- Características de los contaminantes

A. Grado de peligrosidad: Está dado por el tipo de contaminantes y la concentración de estos. Según esta metodología, los residuos mineros son considerados de mediano interés. La Tabla Nº 2 muestra la asignación de puntaje para este ítem:

Tabla Nº 2

Criterio	Puntaje
Contaminante de alto interés y alta concentración	14
Contaminante de alto interés y baja concentración	11
Contaminante de mediano interés y alta concentración	8
Contaminante de mediano interés y baja concentración	5
Contaminante de bajo interés	3

B. Cantidad de contaminantes: Se debe estimar o medir el área o cantidad de contaminación potencial. La Tabla Nº 3 muestra la asignación de puntaje para este ítem:

Tabla Nº 3

Criterio	Puntaje
> 10 Has o > 1.000 m^3	10
2 - 10 Has o 100 – 1.000 m^3	6
< 2 Has o < 100 m^3	2

C. Estado físico de los contaminantes: Se debe determinar el estado de los contaminantes cuando fueron dispuestos o depositados: La Tabla Nº 4 muestra la asignación de puntaje para este ítem

Tabla Nº 4

Criterio	Puntaje
Líquido / gas	9
Pulpa	7
Sólido	3

D. Consideraciones especiales: Este ítem asigna valores entre +6 y -6 puntos. Corresponde a un juicio técnico al respecto.

6.1.2.- Trayectos de exposición

A. Agua subterránea

1. Conocimiento de contaminación: Se debe revisar los datos químicos de la calidad del agua subterránea o estudios relacionados. La Tabla Nº 5 muestra la asignación de puntaje para este ítem:

Tabla Nº 5

Criterio	Puntaje
Si el agua subterránea excede las normas o si existe conocimiento de contacto de los contaminantes con el agua subterránea	11
Si existe un juicio profesional de posible contacto de los contaminantes con agua subterránea	6
Si el agua subterránea cumple con las normas de calidad	0

2. Potencial de contaminación

i. Contención: Se debe revisar la información respecto a los sistemas y obras existentes para relacionarlas con la hidrogeología del lugar. La Tabla Nº 6 muestra la asignación de puntaje para este ítem:

Tabla Nº 6

Criterio	Puntaje
No existe contención	4
Contención parcial	2
Contención total	0

ii. Espesor de la capa sobre el acuífero de interés: A través de información geológica o de informes relacionados se debe estimar el espesor de la capa de suelo sobre el acuífero. La Tabla Nº 7 muestra la asignación de puntaje para este ítem:

Tabla Nº 7

Criterio	Puntaje
< 3 m	1,5
3 - 10 m	1
> 10 m	0

iii. Conductividad hidráulica (permeabilidad) de la capa sobre el acuífero: Se debe determinar la naturaleza geológica del terreno y estimar la permeabilidad. La Tabla Nº 8 muestra la asignación de puntaje para este ítem:

Tabla Nº 8

Criterio	Puntaje
> 10^{-4} cm/seg	1,5
10^{-4} y 10^{-6} cm/seg	1
< 10^{-6} cm/seg	0,5

iv. Precipitaciones anuales: Se debe usar el promedio anual de precipitaciones: La Tabla Nº 9 muestra la asignación de puntaje para este ítem:

Tabla Nº 9

Criterio	Puntaje
> 1.000 mm	1
600 mm	0,6
400 mm	0,4

v. Conductividad hidráulica del acuífero de interés: Los acuíferos con alta conductividad hidráulica pueden transportar contaminantes a altas velocidades sobre grandes distancias. La Tabla Nº 10 muestra la asignación de puntaje para este ítem:

Tabla Nº 10

Criterio	Puntaje
> 10^{-2} cm/seg	3
10^{-2} cm/seg - 10^{-4} cm/seg	1,5
< 10^{-4} cm/seg	0,5

vi. Consideraciones especiales: Este ítem asigna valores entre +4 y -4. Corresponde a un juicio técnico al respecto.

B. Agua superficial

1. Conocimiento de contaminación: Se debe revisar la información disponible sobre la calidad del agua y relacionarla con los contaminantes presentes en el sitio. Se debe revisar el efecto del sitio sobre la calidad del agua superficial. La Tabla Nº 11 muestra la asignación de puntaje para este ítem:

Tabla Nº 11

Criterio	Puntaje
Si existe conocimiento o una fuerte sospecha que la calidad del agua sobrepasa más del doble de la norma correspondiente, producto de la contaminación del sitio	11
Si existe conocimiento o una fuerte sospecha que la calidad del agua sobrepasa la norma, producto de la contaminación del sitio	6
Si se cumple con las normas establecidas	0

2. Potencial de contaminación: Si no existe información o juicio profesional que permita asignar un puntaje por conocimiento de contaminación del curso de agua superficial se deben evaluar los siguientes factores:

   i. Contención superficial: Se deben revisar los sistemas existentes y relacionarlos con las condiciones del sitio y la proximidad a cursos de agua superficial. La Tabla Nº 12 muestra la asignación de puntaje para este ítem:

Tabla Nº 12

Criterio	Puntaje
No existe contención	5
Contención parcial	3
Contención total	0,5

ii. Distancia al curso de agua principal: La Tabla Nº 13 muestra la asignación de puntaje para este ítem:

Tabla Nº 13

Criterio	Puntaje
0 - 100 m	3
100 - 300 m	2
> 300 m	0,5

iii. Topografía: Se debe revisar la documentación e información acerca de la topografía del sitio y la pendiente del terreno. Dentro de esta metodología hay 2 clases de pendientes:

- Pendiente inclinada (Steep slope) $\geq$ 50%
- Pendiente plana (Flat slope) $\leq$ 5%

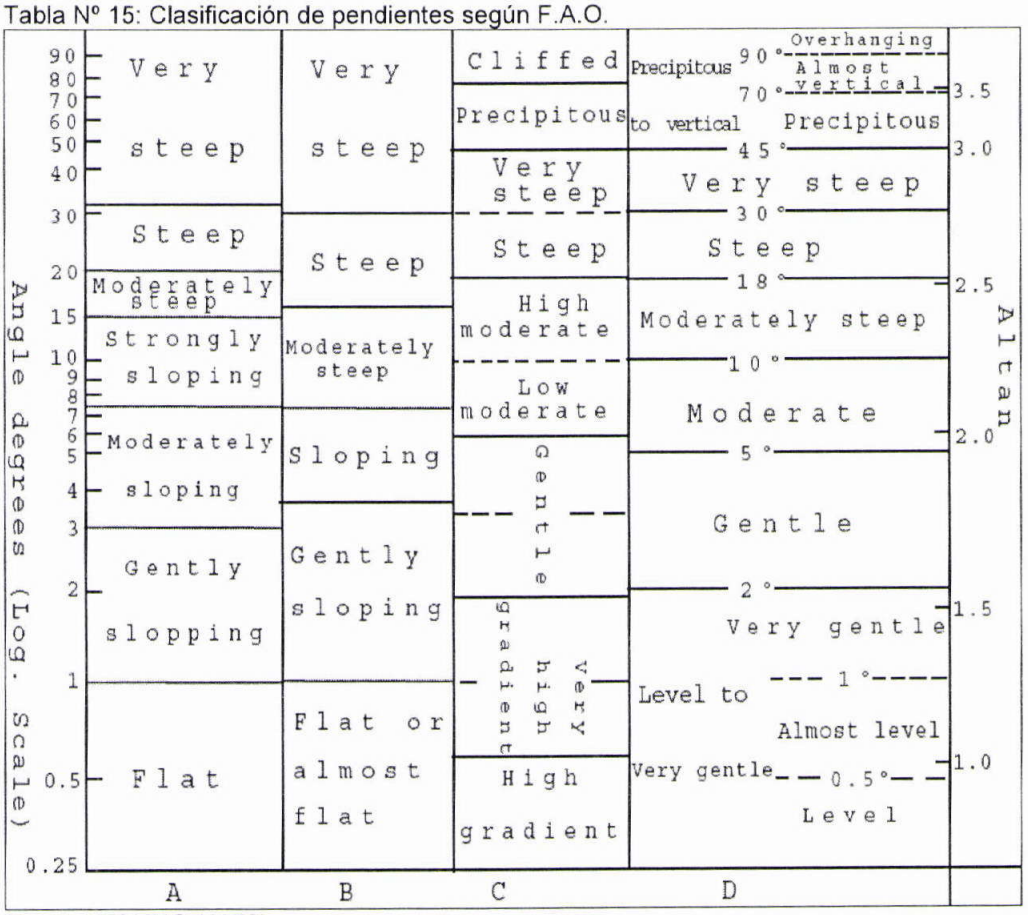
La Tabla Nº 14 muestra la asignación de puntaje para este ítem:

Tabla Nº 14

Criterio	Puntaje
Contaminantes sobre tierra y pendiente inclinada	1,5
Contaminantes bajo tierra y pendiente inclinada	1,2
Contaminantes sobre tierra y pendiente plana	0,8
Contaminantes bajo tierra y pendiente plana	0

Pero en relación al criterio anteriormente mencionado, este parece ser un poco ambiguo. Según HAUSER (2000) "los relaves sometidos a solicitaciones sísmicas tienen un elevado potencial de licuefacción, por lo que adquieren la consistencia de un fluido de baja viscosidad, que puede escurrir por cauces preexistentes, favorecidos por la pendiente local del terreno". Es por esto que, para efectos prácticos de esta metodología, se usarán los siguientes rangos, basados en el ángulo de inclinación, propuestos por F.A.O. (Food and Agriculture Organization of the United Nations) en su clasificación de pendientes (Tabla Nº 15, Columna B).

Tabla Nº 15: Clasificación de pendientes según F.A.O.



Fuente: YOUNG (1972).

> 0° – 1° : Pendiente plana o casi plana

> 1° – 3,5° : Pendiente muy suave

> 3,5° – 7,5° : Pendiente suave

> 7,5° – 16° : Pendiente moderadamente inclinada

> 16° – 30° : Pendiente inclinada

> 30° : Pendiente muy inclinada

A lo nombrado anteriormente se mantiene la misma asignación de puntaje para las dos condicionantes (sobre o bajo tierra), dividiéndose en los 6 rangos planteados por la F.A.O. Finalmente la Tabla Nº 16 muestra la asignación de puntaje para este ítem.

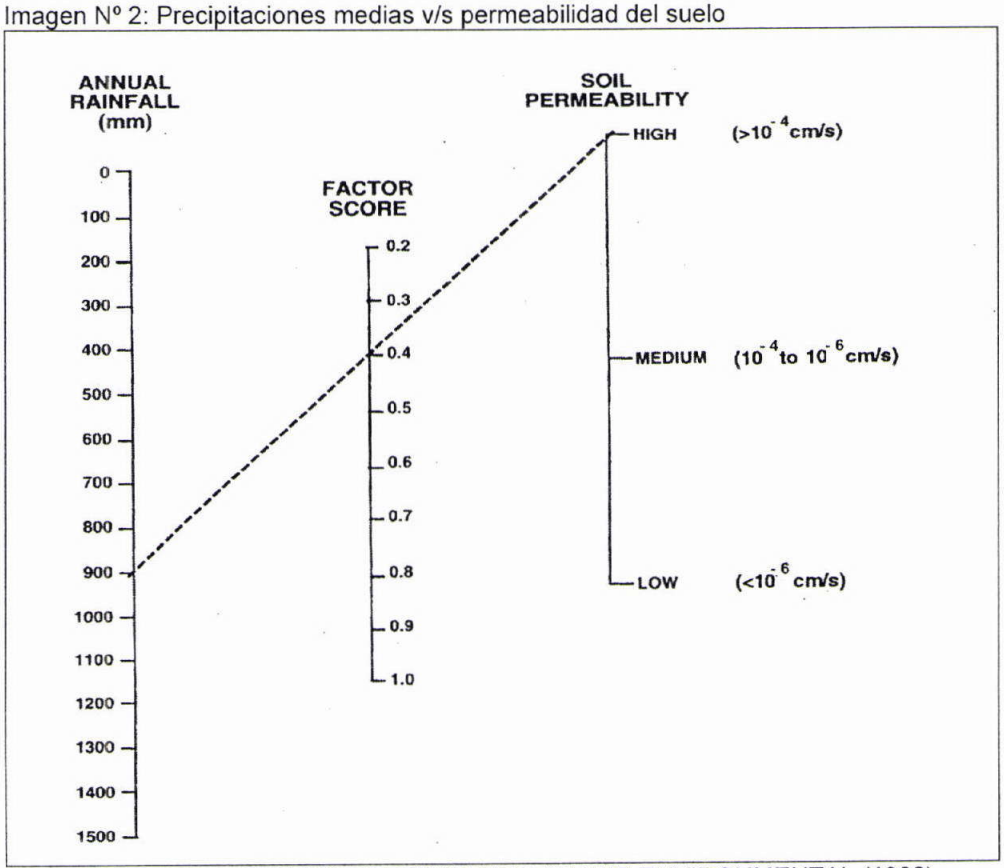
Tabla Nº 16

Tipo de pendiente	Condicionante	
	Sobre tierra	Bajo tierra
Plana o casi plana	0,8 puntos	0 puntos
Muy suave	0,94 puntos	0,24 puntos
Suave	1,08 puntos	0,48 puntos
Moderadamente inclinada	1,22 puntos	0,72 puntos
Inclinada	1,36 puntos	0,96 puntos
Muy inclinada	1,5 puntos	1,2 puntos

Fuente: Elaboración propia en base a YOUNG (1972) y N.C.S.C.S.

iv. Potencial de escorrentía: Esto es función de las precipitaciones y la permeabilidad del suelo, donde aquellos que son menos permeables permitirán una mayor escorrentía. A modo de ejemplo se ilustra en la imagen Nº 2 que si la precipitación media fuera de 900 mm y la permeabilidad del suelo fuera alta se otorgaría un puntaje de 0.4. La Tabla Nº 17 muestra la asignación de puntaje para este ítem:

Imagen Nº 2: Precipitaciones medias v/s permeabilidad del suelo



Fuente: CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENTAL (1992).

Tabla Nº 17

Criterio	Puntaje
Precipitación media anual mayor a 1.000 mm y baja permeabilidad del suelo	1
Precipitaciones entre 500 y 1.000 mm y permeabilidad moderada del suelo	0,6
Precipitaciones inferiores a 500 mm y suelo altamente permeable	0,2

v. Potencial de desbordes: Se debe revisar datos de desbordes y estudios relacionados. La Tabla Nº 18 muestra la asignación de puntaje para este ítem:

Tabla Nº 18

Años de desbordes	Puntaje
1 en 2 años	0,5
1 en 10 años	0,3
1 en 50 años	0,1

Además, cabe mencionar que si el sitio no se encuentra en el plano de inundación del curso principal, se asigna 0 puntos.

vi. Consideraciones especiales: Este ítem asigna valores entre +4 y - 4 puntos. Corresponde a un juicio técnico al respecto

C. Contacto directo

1. Conocimiento de contaminación del medio fuera del sitio: Se debe revisar la información relativa a conocimientos o índices de contaminación del suelo, sedimentos o aire dentro o fuera del sitio. La Tabla Nº 19 muestra la asignación de puntaje para este ítem:

Tabla Nº 19

Criterio	Puntaje
Si existe conocimiento de contaminación del suelo, aire, fuera del sitio debido a contacto con polvo, sedimentos o aire contaminado	11
Si existe una alta sospecha de contaminación del medio producto del sitio contaminado	6
Si no existe contaminación	0

2. Potencial de contaminación directa a seres humanos y/o animales: Si no existe información o juicio profesional que permita asignar un puntaje por conocimiento de contaminación se deben evaluar los siguientes puntos:

i. Emisión a través del aire: Ya sea a través de gases, vapores, polvo, etc. La Tabla Nº 20 muestra la de asignación de puntaje para este ítem:

Tabla Nº 20

Criterio	Puntaje
Si existe conocimiento o se sospecha de emanaciones que están impactando las propiedades vecinas	5
Si las emisiones están restringidas al sitio	3
Si no existen emisiones	0

ii. Accesibilidad al sitio: Se debe revisar la localización de las estructuras existentes con el fin de determinar si es que hay barreras entre el sitio y los seres humanos y/o animales. Por ejemplo rejas, cercas, barreras naturales o ubicación remota con respecto de poblados. La Tabla Nº 21 muestra la asignación de puntaje para este ítem:

Tabla Nº 21

Criterios	Puntaje
Si no existen barreras para prevenir el acceso al sitio y los contaminantes no están cubiertos	4
Accesibilidad moderada o existencia de barreras, donde los contaminantes están cubiertos	3
Acceso controlado o localización remota, donde los contaminantes están cubiertos	0

iii. Migración de gases: Se debe considerar la presencia de materiales orgánicos en el sitio, la distancia al curso de agua subterránea, la conductividad hidráulica, olores, etc. La Tabla Nº 22 muestra la asignación de puntaje para este ítem:

Tabla Nº 22

Criterios	Puntaje
Contaminantes son putrefactibles y la permeabilidad del suelo es alta	2
Contaminantes son putrefactibles, pero la permeabilidad del suelo es baja o la distancia al curso de agua subterránea es menor a 2 m	1
Si no existen materiales putrefactibles en el sitio	0

iv. Consideraciones especiales: Este ítem asigna valores entre +4 y -4 puntos. Corresponde a un juicio técnico al respecto.

6.1.3.- Receptores

A. Usos humanos y animales: Se debe revisar y evaluar los informes existentes de impactos producidos por el sitio contaminado y evaluar a través del conocimiento de impactos adversos o el potencial de impactos en seres humanos y/o animales.

1. Conocimientos de impactos adversos en seres humanos y/o animales domésticos como resultado de sitios contaminados. La Tabla Nº 23 muestra la asignación de puntaje para este ítem:

Tabla Nº 23

Criterios	Puntaje
Si existe conocimiento de efectos adversos provocados por el sitio contaminado	18
Si existe una fuerte sospecha de efectos adversos	15

2. Potencial de impacto a seres humanos y animales: Si no existe información sobre conocimiento de contaminación, el puntaje asignado a los receptores humanos y animales se evalúa a través de los siguientes puntos:

i. Suministro de agua potable: Se debe revisar los informes de inspección y de evaluación para determinar si es que existe conocimiento o sospecha de contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua potable producto del sitio contaminado:

a) Conocimiento de impacto en suministros: La Tabla Nº 24 muestra la asignación de puntaje para este ítem:

Tabla Nº 24

Criterio	Puntaje
Si existe conocimiento que los suministros han sido adversamente afectados por el sitio contaminado	9
Si existe una alta sospecha de contaminación de suministros de agua	7
Si los suministros no han sido contaminados	0

b) Potencial de impacto en suministros de agua potable: Se debe revisar mapas, fotografías aéreas y las distancias a las fuentes más cercanas de suministro de agua potable. En este ítem también se incluye el agua para el riego y la agricultura, la cual es incluida dentro del consumo humano. A continuación se muestra la tabla de asignación de puntajes para este ítem:

✓Proximidad a suministros alternativos. La Tabla N° 25 muestra la asignación de puntaje para este ítem:

Tabla N° 25

Criterio	Puntaje
0 - 100 m	6
100 - 300 m	5
300 - 1.000 m	4

✓Disponibilidad de suministros alternativos: Este factor considera la disponibilidad de reemplazo de suministros de agua, y es utilizado como factor indicativo de urgencia del recurso. La Tabla N° 26 muestra la asignación de puntajes para este ítem:

Tabla N° 26

Criterio	Puntaje
Suministros alternativos no disponibles	3
Suministros alternativos serian difíciles de conseguir	2
Suministros alternativos están disponibles	0.5

ii. Otros recursos del agua: Se debe revisar la documentación y reportes sobre sospecha de contaminación de agua utilizada para actividades como recreación, zonas de pesca, cadena alimenticia humana, regadío, etc. El puntaje correspondiente dependerá si es que existe conocimiento o no de impacto sobre estos otros usos del agua.

a) Conocimiento de impacto en otros recursos de agua: Si existe conocimiento de efectos adversos como resultado del sitio contaminado. La Tabla N° 27 muestra la asignación de puntaje para el siguiente ítem:

Tabla Nº 27

Criterio	Puntaje
Si la calidad está sobre las normas de uso	4
Si existe sospecha que estén contaminadas sobre la norma respectiva	3
Si existe conocimiento que no están contaminadas	0

b) Potencial de impacto en otros recursos del agua: Se debe determinar la distancia desde el sitio a las zonas recreacionales o zonas que influyan en la cadena alimenticia humana. También se evalúa el uso del suelo.

✓Cercanías al uso del agua en actividades tales como: recreacional, preparación de comida, industrial, irrigación de cosechas, ganadería y otros usos. La Tabla Nº 28 muestra la asignación de puntaje para este ítem:

Tabla Nº 28

Criterio	Puntaje
0 - 100 m	2
100 - 300 m	1,5
300 - 1.000 m	1
1 - 5 km	0.5

✓Usos del agua: Si tiene múltiples usos se debe dar el máximo puntaje asignado en la Tabla Nº 29:

Tabla Nº 29

Usos del agua	Frecuente	Ocasional
Recreacional (natación, pesca)	2	1
Preparación de comida industrial	1.5	0,8
Irrigación de cosechas	1	0.5
Ganadería	1	0.5
Otros usos domésticos	0.5	0.3
No se usa en el presente pero probablemente se usará	0.5	0,2

c) Exposición humana directa: Se debe revisar el uso adyacente al sitio y evaluar los niveles de calidad de este. El puntaje final del ítem dependerá si es que existe o no conocimiento de contaminación producto del sitio contaminado.

✓Conocimiento de contaminación del suelo usado por humanos: La Tabla Nº 30 muestra la asignación de puntaje para este ítem:

Tabla Nº 30

Criterios	Puntaje
Si existe conocimiento de contaminación en suelo utilizado para agricultura, parque, colegios o uso residencial debido al sitio	5
Si existe contaminación del suelo utilizado para propósitos comerciales o industriales producto del sitio	3,5
Si existe conocimiento de que el suelo no esta contaminado	0

✓Exposición potencial a través del uso del suelo: La Tabla Nº 31 muestra la asignación de puntaje para este ítem:

Tabla Nº 31

	Distancia del sitio		
Uso de suelo	***0 - 100 m***	***300 - 1.000 m***	***1 - 5 km***
Residencial	5	4,5	3
Agricultura	5	4	2,5
Parques / Colegios	4	3	1,5
Comercial / Industrial	2	1	0,5

d. Consideraciones especiales: Este ítem asigna valores entre +5 y -5 puntos. Corresponde a un juicio técnico al respecto.

B. Medio ambiente

1. Conocimiento de impactos adversos en ambientes sensitivos como resultado del sitio contaminado: Se debe revisar los informes sobre impactos ambientales en la vegetación y ambientes sensibles tales como medios acuáticos, reservas nacionales, parques nacionales, hábitat de especies en peligro de extinción, etc. Los efectos adversos pueden ser uno o más de estos:

- Lesión o daños a la vida de plantas o animales.
- Debilitación de la salud de una persona.
- Alteración de las propiedades de plantas o animales y que resulten dañinas para el consumo humano.
- Interferencia de comportamiento normal.

La Tabla Nº 32 muestra la asignación de puntaje para este ítem:

Tabla Nº 32

Criterios	Puntaje
Si existe conocimiento de impactos adversos sobre ambientes sensibles	16
Si existe conocimiento de stress en especies acuáticas, o vegetación tal como árboles, plantas o cosechas cercanas al sitio	14
Si existe una alta sospecha de impactos adversos sobre ambientes sensibles	12

2. Impactos potenciales sobre ambientes sensibles: Si no existe información sobre conocimiento de contaminación, los receptores ambientales se evalúan a través de los siguientes puntos:

i. La distancia del sitio al medio ambiente sensitivo más cercano: La Tabla Nº 33 muestra la asignación de puntaje para este ítem:

Tabla Nº 33

Criterios	Puntaje
0 - 500 m	10
500 - 2.000 m	6
2 - 5 Km	2
5 - 10 Km	0,5

ii. Distancia a un importante recurso de agua subterránea: Estas pueden ser zonas de descarga o recarga de agua: La Tabla Nº 34 muestra la asignación de puntaje para el siguiente ítem:

Tabla Nº 34

Criterios	Puntaje
0 - 500 m	6
500 - 2.000 m	4
2 - 5 km	2
5 - 10 km	1

iii. Consideraciones especiales: Este ítem asigna valores entre +5 y -5 puntos. Corresponde a un juicio técnico al respecto.

6.1.4.- Puntaje final

El resultado final muestra en la Tabla Nº 35.

Tabla Nº 35: El puntaje final se obtiene de la suma de los puntajes de la Caracterización de los Contaminantes, Trayectos y Receptores

Categoría	Rango de valores	Observaciones
1	100 - 70	**Alto riesgo:** La información disponible indica que es necesario tomar acciones (caracterización del sitio, control de riesgo, etc.). Esta clase está definida generalmente de alto interés por diferentes factores.
2	69,9 - 50	**Riesgo medio:** La información disponible indica que existe un alto potencial de efectos adversos fuera del sitio. La amenaza no es inminente.
3	49,9 - 37	**Riesgo bajo:** La información disponible indica que el sitio no es de alto interés. Aunque se recomienda realizar investigaciones adicionales para confirmar la clasificación.
N	< 37	La información disponible indica que probablemente no hay amenazas de impacto a la salud humana y del medio ambiente. No se requiere de acciones. Sin embargo, nueva información puede generar que el sitio sea de interés.
I	< = 15	Información insuficiente. Existe poca información para clasificar al sitio. Se requiere de mayores antecedentes.

Fuente: GUEVARA (1999).

6.2.- Estado actual del asunto

Como ya se ha señalado y recalcado con anterioridad, la minería es una actividad que genera grandes ganancias al país, pero también enormes problemas ambientales.

De acuerdo con CEPAL (2005) la mayoría de los 658 tranques de relave que existen en Chile se encuentran en la IV Región (57%) y la III Región (24%).

En lo que respecta a la Región Metropolitana de Santiago, en el año 1990 se finalizó el primer *"Levantamiento catastral de tranques de relave en Chile"*, dentro del cual se contabilizaban 33 de estas estructuras en proyecto, construcción, operación o abandonados (SERNAGEOMIN, 1990). Posteriormente han ido agregándose varios proyectos más. Dentro de esta Región, la Provincia de Chacabuco es la que más alberga este tipo de obras, con un total de 15 (Tabla N° 36), siendo el tranque de relave Las Tórtolas uno de los proyectos con mayor capacidad, ubicado aproximadamente a 30 Km al norte de Santiago, extendiéndose entre las coordenadas UTM 6.336.000 -6.329.900 m Norte y 335.000 – 342.200 m Este.

Tabla Nº 36: Distribución de los tranques de relave en la Región Metropolitana de Santiago

Provincia	Comuna	Tranque	Toneladas de mineral procesado/Día	Estado de los Tranques		
				En operación	Cerrado	En proyecto
	Colina	Las Tórtolas	75.425	1		
	Lampa	Batuco	170		3	
	Til-Til	Polpaico	3.120	1	3	1
	Til-Til	Refimet	90		4	
Chacabuco	Til-Til	Rungue	140		3	
	Til-Til	Ovejeria	32.328			1
	Til-Til	Lo Atajo	28	1		
	Til-Til	Santa Anita	10	1		
	Til-Til	San Francisco	50	1		
			Subtotal Chacabuco	5	15	2
Maipo	Paine	Palo Alto	100		1	
			Subtotal Maipo	0	1	
	Alhué	Alhué	1.100			
Melipilla	Alhué	Membrillo	100			
	Curacaví	Lo Águila	12			
	Curacaví	San Pancracio				
	Melipilla	Esperanza	57	1		
			Subtotal Melipilla	3	1	1
Santiago	Lo Barnechea	Disputada			6	
	Pudahuel	Africana			3	
	Pudahuel	Lo Aguirre				
			Subtotal Santiago	0	9	0
Talagante	Talagante	Naltahua				
	Peñaflor	Pelvin	15		1	
			Subtotal Talagante	0	2	0
			TOTAL	8	26	3

Fuente: CONAMA (1998).

6.3.- Fundamentación teórica

A continuación se entregan algunas definiciones, a modo de abordar con mayor precisión el tema:

- Amenaza: Se concibe como un factor externo de riesgo, representado por la potencial ocurrencia de un suceso de origen natural o generado por la actividad humana, que puede manifestarse en un lugar especifico, con una intensidad y duración determinas (ONEMI, 2000).

- Vulnerabilidad: Se concibe como un factor interno de riesgo de un sujeto, objeto o sistema expuesto a una amenaza, que corresponde a su disposición intrínseca a ser dañada (ONEMI, 2000).

- Riesgo: Es la probabilidad de exceder un valor específico de daños sociales, ambientales y económicos en un lugar dado y durante un tiempo de exposición determinado. El valor específico de daños se refiere a las perdidas que la comunidad esta dispuesta a asumir, y se conoce como riesgo aceptable. El riesgo esta conformado por una relación interdependiente y directamente proporcional entre los factores amenaza y vulnerabilidad (ONEMI, 2000). Puede representarse mediante la siguiente expresión

$$R= AV/P$$

Donde R= Riesgo; A= Amenaza; V= Vulnerabilidad; P= Preparación

- Relaves: En concordancia con el Decreto Supremo N° 86 sobre Construcción y Operación de Tranques de Relaves, este, en su artículo N° 1, define al relave como "suspensión de sólidos en líquidos que se desechan en las plantas de concentración húmeda de especies minerales y estériles que han experimentado una o varias etapas en circuitos de molienda fina. El vocablo se aplica, también, a la fracción sólida de la pulpa que se ha descrito en la suspensión a que se alude anteriormente". Posteriormente, en el artículo N° 2 se define a un tranque de relave como "la disposición de almacenamiento de los relaves que cumple la función de ubicar la fracción sólida en una estructura estable y disponer, a la vez, de la suspensión parcial de sólidos en líquidos y de una fracción líquida, capaces de mantenerse en condiciones seguras respecto de eventuales rebalses u otras

perturbaciones". De acuerdo con VERDUGO (1983) en VIERTEL (2003) "el relave esta constituido principalmente por arenas limosas a limos arenosos no cohesivos saturados.

A la fecha, el nuevo Decreto Nº 248, del 29 de Diciembre de 2006 (publicado en el diario oficial el 11/04/07) para la Aprobación de Proyectos de Diseño, Construcción, Operación y cierre de los depósitos de relave define a los tranques de relave como "aquel deposito de relaves donde el muro de contención es construido con la fracción más gruesa del relave".

6.4.- Protección civil

De acuerdo con el Plan Nacional de Protección Civil (ONEMI, 2002), esta es entendida como la protección a las personas, a sus bienes y ambiente ante una situación de riesgo colectivo, sea éste de origen natural o generado por la actividad humana. Es ejercida en Chile por un sistema integrado por organismos, servicios e instituciones, tanto del sector público como privado, incluyendo a las entidades de carácter voluntario y a la comunidad organizada, bajo la coordinación de la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior, ONEMI.

En este Sistema todos mantienen su propia estructura y tienen plena libertad para adecuar su organización, con el objetivo de lograr máxima eficiencia en el cumplimiento de sus tareas de prevención, mitigación, preparación, respuesta y rehabilitación frente a un evento destructivo, concurriendo cada uno con sus recursos humanos y técnicos especializados, en forma coordinada, según corresponda.

Desde esta perspectiva, actualmente de reconocimiento internacional, la protección no sólo debe ser entendida como el socorro a las personas una vez ocurrida una emergencia o desastre. La misión de la protección civil abarca la prevención, como supresión del evento, y la mitigación, para reducir al máximo el impacto de un evento destructivo; la preparación adecuada, mediante planes concretos de respuesta; ejercitación y clara información, para responder eficaz y eficientemente cuando una emergencia o desastre no ha podido evitarse, todo esto centrado en el concepto de Riesgo.

6.5.- Impacto ambiental

CONAMA (1994) señala que el Artículo Nº 1 de la Ley General de Bases del Medio Ambiente, da cuenta de "el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental se regularán por las disposiciones de esta ley, sin perjuicio de que otras normas legales establezcan soberanía sobre la materia". Además, esta ley señala, en su artículo Nº 10 que los proyectos susceptibles de causar impacto ambiental, en cualquiera de sus fases, deben someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (S.E.I.A.). Dichos proyectos son los de desarrollo minero, incluidos los de carbón, petróleo y gas comprendiendo las prospecciones, explotaciones, plantas procesadoras y disposición de residuos y estériles, así como la extracción industrial de áridos, turba o greda. Con respecto a los proyectos de desarrollo minero, FERRANDO (2003) señala que estos "conllevan fuertes impactos ambientales, que se relacionan directa e indirectamente con la generación de desastres en el sistema natural y se ubican dentro de los desastres que sufre el medio ambiente biosférico como resultado de acciones antrópicas. Dentro de estos se incluyen los depósitos de relaves y estériles".

Bajo la premisa anterior, CABELLO (1985) señala que "el impacto ambiental que produce un tranque de relaves es un problema que cada día se hace más crítico debido al aumento creciente de material procesado por las minas, lo que exige consecuentemente volúmenes de embalse cada vez mayores. Los sitios disponibles en los contrafuertes de la cordillera de Los Andes, donde se ubica la mayoría de las minas, se hacen insuficientes debido a la gran pendiente de sus valles, lo que obliga a buscar nuevos lugares en la Depresión Central o en valles de la Cordillera de la Costa, ocupando terrenos agrícolas cercanos a centros poblados o de recreación. El hecho que estas estructuras se ubiquen generalmente interceptando el curso de corrientes naturales trae como consecuencia la alteración de la calidad y cantidad de las aguas subterráneas y superficiales que finalmente serán destinadas al consumo humano en forma directa o indirecta".

Siguiendo la misma línea, RAMÍREZ (2000) señala que "los efectos negativos pueden ser la contaminación de aguas naturales al mezclarse con los efluentes;

contaminación de suelos por arrastre de relaves; y contaminación del aire por sólidos en suspensión. Dichos efectos constituyen una amenaza para la vegetación natural, suelos cultivados, fauna silvestre y también para los seres humanos. Las implicancias ambientales de un proyecto de tranques de relaves son variadas y se extienden durante todas sus etapas de existencia: construcción, operación, restauración y abandono". De lo anteriormente mencionado surge el concepto de Riesgo.

6.6.- Riesgos

Vivimos en una sociedad del riesgo. Cada día las noticias hablan de sucesos tales como accidentes de tráfico, intoxicaciones masivas, guerras, incendios, inundaciones, la polémica sobre las leyes que supuestamente "atentan" contra los derechos de los fumadores. Entre estos peligros de la época actual destacan sobre todo los grandes riesgos de origen humano/tecnológico, de carácter más reciente: nucleares, químicos, los relacionados con la ingeniería genética y los riesgos ecológicos vinculados a los efectos devastadores de la degradación medioambiental (PUY, 1995).

Como se mencionó anteriormente, el concepto de Riesgo se define como el resultado de la acción potencial de la amenaza a una comunidad determinada, asociada a las condiciones de vulnerabilidad de la misma comunidad. Dentro de esto se trabaja siempre en un contexto dentro de "que pasaría en el peor de los escenarios frente a una determinada situación" con el fin de estar siempre alerta y de esta forma prevenir la ocurrencia, minimizar las perdidas y recuperarse de los efectos producidos por eventos adversos, ya sean emergencias o desastres (ONEMI, 2000).

LAVELL (S.A.) señala que "el riesgo solamente puede existir al concurrir tanto una amenaza, como determinadas condiciones de vulnerabilidad. El riesgo se crea en la interacción de amenaza con vulnerabilidad, en un espacio y tiempo particular. De hecho, amenazas y vulnerabilidades son mutuamente condicionadas o creadas. No puede existir una amenaza sin la existencia de una sociedad vulnerable y viceversa. Un evento físico de la magnitud o intensidad que sea no puede causar un daño social si no hay elementos de la sociedad expuestos a sus efectos. De la

misma manera, hablar de la existencia de vulnerabilidad o condiciones inseguras de existencia es solamente posible con referencia a la presencia de una amenaza particular. La magnitud del riesgo siempre está en función de la magnitud de las amenazas y las vulnerabilidades, las cuales, de igual manera que el riesgo, constituyen condiciones latentes en la sociedad. O sea, la amenaza es la posibilidad de ocurrencia de un evento, no el evento en si, y la vulnerabilidad es la propensión de sufrir daño, no el daño en sí. Todas las categorías se refieren a una potencialidad o condición futura, aunque su existencia es real como condición latente".

6.6.1- Gestión de riesgos

OLIVERA (S.A.) señala que la gestión del riesgo surge como respuesta a la necesidad de cambiar la visión y manera de enfrentar los desastres, pasando del asistencialismo a la planificación del desarrollo y generar medidas de largo plazo que no sólo mitiguen las condiciones de riesgo existentes, si no que también generen los mecanismos jurídicos, ambientales, administrativos y territoriales para prevenir su nueva aparición. Por lo tanto, las acciones están orientadas, por un lado, a la reducción de la amenaza y por otro lado a la reducción de la vulnerabilidad y a la protección del capital económico, social o ambiental expuesto. Siguiendo la misma línea, SARMIENTO (S.A.) señala que el análisis de riesgos es un área esencial de la gestión de riesgos, que permite, bajo un uso sistémico de la información disponible, determinar la probabilidad de ocurrencia de ciertos eventos adversos, así como la magnitud de sus posibles consecuencias. Entre las actividades más relevantes se encuentran:

- Identificar la naturaleza, extensión, intensidad y magnitud de la amenaza.
- Determinar la existencia y grado de vulnerabilidad.
- Identificar las medidas y recursos disponibles.
- Construir escenarios de riesgo probables.
- Desarrollar un enfoque multiamenaza.
- Determinar niveles aceptables de riesgo así como consideraciones costo-beneficio de posibles medidas dirigidas a evitarlo o reducirlo.
- Fijar prioridades en cuanto a tiempo y movimiento de recursos.

6.6.2.- Tipos de Riegos

De acuerdo con ONEMI (2002) desde el punto de vista de su origen, las emergencias o desastres se clasifican según su Origen (natural o antrópico) y Manifestación (rápida o lenta):

6.6.2.1.- Según su origen

Desde el punto de vista de su origen, las emergencias y desastres se clasifican en:

A. De origen natural: Son aquellas derivadas de la manifestación de amenazas generadas por fenómenos naturales sobre un sistema vulnerable. Se enmarcan en dos grandes ámbitos, las de tipo geológico - terremotos, erupciones volcánicas, tsunamis - y las de tipo hidrometeorológico - sequía, temporales, aluviones, nevadas. Sin embargo algunas de ellas pueden relacionarse, al confluir dos o más en un mismo momento, o pueden ser gatilladas por ambas, como lo son los deslizamientos y la erosión.

B. De origen antrópico: Son aquellas emergencias o desastres que se manifiestan a partir de la acción del propio hombre y sus interrelaciones, muchas veces en función de su desarrollo, o a veces originadas intencionalmente. Son eventos adversos de origen humano (antrópico) los incendios, los accidentes de tránsito, aéreo, marítimos, las explosiones, los derrames, la contaminación ambiental, el terrorismo, etc.

6.6.2.2.- Según su manifestación

Desde el punto de vista de su manifestación, las emergencias o desastres se clasifican en:

A. Manifestación lenta: Son aquellos fenómenos o eventos de lento desarrollo, que por su duración, extensión y severidad, terminan generando daños materiales y/o humanos, con características de emergencia o desastre. Algunos de estos son, por ejemplo: sequías, contaminación ambiental, desertificación, etc.

B. Manifestación súbita: Son aquellos eventos de desarrollo intempestivo, las más de las veces violento, generando daños materiales y humanos con características de emergencia o desastre; por ejemplo: terremotos, explosiones químicas, etc.

6.6.3.- Riesgos Químicos

Según el Plan básico de coordinación para enfrentar emergencias y desastres por sustancias o materiales peligrosos ACCEQUIM (ONEMI, 1994), la actividad industrial, elemento clave para el desarrollo del país, ha introducido un factor de riesgo cada vez más creciente, fundamentalmente en el ámbito químico, cuya administración o manejo requiere urgentemente una visión integral, que considere los procesos productivos, almacenamiento y transporte, como base sustantiva de una acción resueltamente preventiva al interior de las industrias, como igualmente en los entornos de las mismas, vías de traslado y deposito de sustancias y productos. AVELLANEDA (2002) menciona, dentro de este punto, que la mejora en las prácticas en el manejo de residuos tóxicos o peligrosos es una de las acciones de mayor prioridad que deben ser puestas en práctica para una mejora integral del medio ambiente.

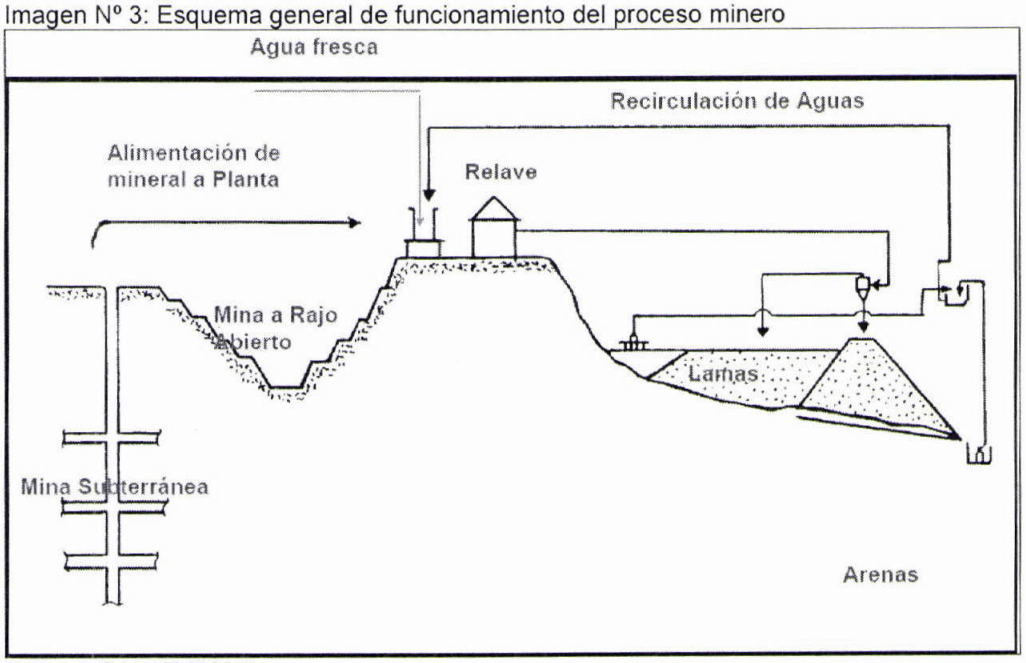
Visto lo anterior, el grado de amenaza de los residuos peligrosos varía ampliamente. Una distinción útil es entre aquellos residuos que poseen un riesgo potencialmente alto para la salud humana, y aquellos donde el riesgo es menor, pero las cantidades son mucho mayores. Un ejemplo de la primera categoría incluye solventes inflamables de bajo punto de inflamación, pesticidas altamente tóxicos o materiales persistentes clorinados como los PCB, mientras que en la última categoría se incluyen grandes volúmenes de actividades mineras (relaves) y borras de caliza u otros minerales (UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN, S.A.).

6.6.4.- Tranques de relave

De acuerdo con PRUDENCIO (2002), los tranques de relaves son estructuras en las que se almacenan desechos del proceso de flotación compuesto por mineral molido y agua. Estas estructuras consisten en un sistema que transportan el relave, una cubeta, en la que se almacena el relave y el o los muros de contención,

para la retención del material dentro de la cubeta (Imagen Nº 3). Además, los tranques son diseñados con murallas construidas con material estéril y están recubiertos en el fondo con arcilla y polietileno de alta densidad (OLCA, 1997).

Imagen Nº 3: Esquema general de funcionamiento del proceso minero



Fuente: GALAZ (2007).

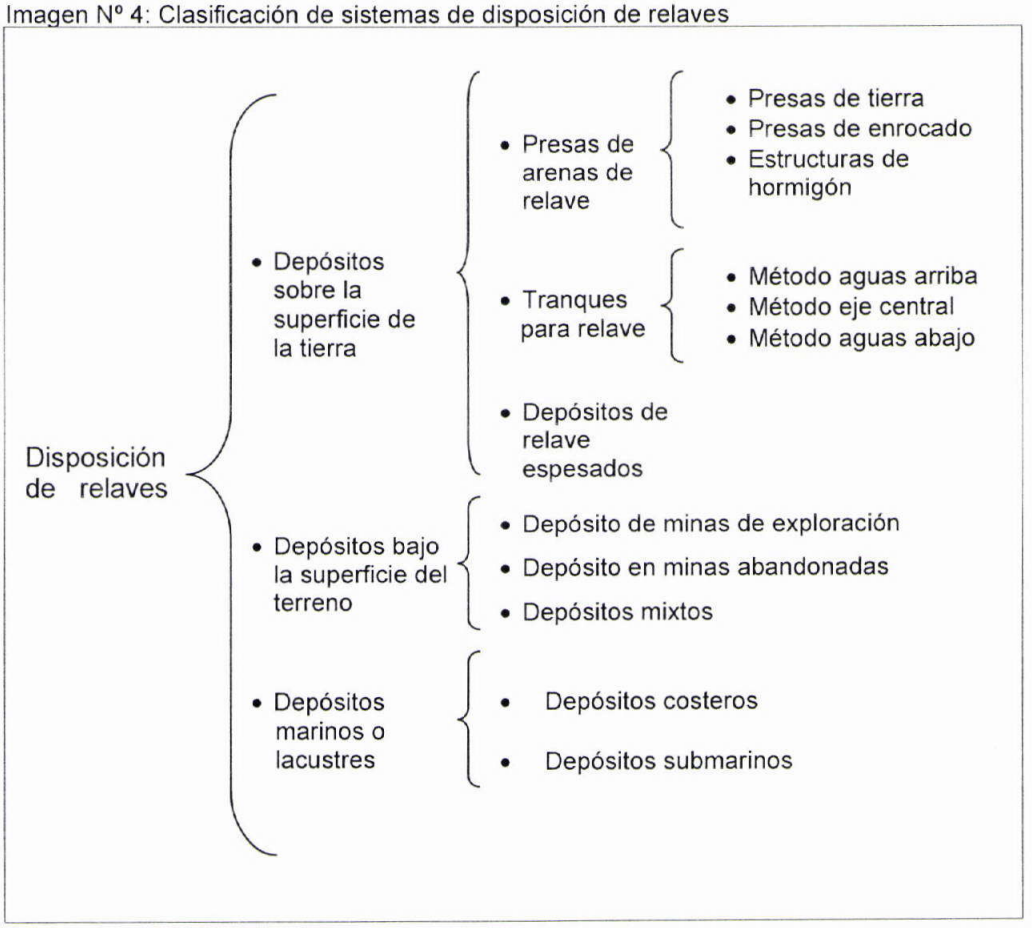
6.6.4.1.- Características generales de la depositación en los tranques de relave

De acuerdo con PRUDENCIO (2002) el propósito de los tranques de relaves es: contener el relave y almacenar o recuperar en la gran parte de los casos el agua para reutilizarla; siempre teniendo en cuenta la protección a largo plazo del medio ambiente.

La forma de disposición de los residuos es generalmente por decantación, de modo que la fracción sólida se ubique en una estructura estable y se tenga a la vez una suspensión parcial de sólidos en líquidos y una fracción líquida, capaces de mantenerse en condiciones seguras respecto a eventuales rebalses y otras perturbaciones. La fracción líquida, llamada "aguas claras", en algunos casos es recuperada para el proceso minero de acuerdo a las necesidades de la planta o se evaporan o se elimina restituyéndola a un cauce natural y finalmente al mar.

Para cumplir con el propósito de un tranque de relaves, existen varias formas de disposición, que dependerán de las características propias del lugar y del relave. Para tener una visión general del modo de disposiciones, Imagen N° 4 muestra una clasificación de disposiciones de relaves. De los depósitos que se mencionan, los usados en Chile son los depósitos sobre la superficie de la tierra.

Imagen N° 4: Clasificación de sistemas de disposición de relaves



Fuente: PRUDENCIO (2002).

6.6.4.2.- Riesgos asociados a los tranques de relaves

LÓPEZ *et. al.* (2003) señala que los principales tipos de depósitos de relaves existentes en Chile son los denominados "tranques convencionales", que introducen en la operación una etapa de separación de tamaños del mineral contenido en la pulpa y, además, utilizan la arena para construir un muro de contención de la fracción más fina. Algunos ejemplos podemos citar Talabre, Los Pelambres, Ovejería y *Las Tórtolas*. También dice que "los análisis realizados a distintos

relaves en Chile han identificado elementos como cobre, calcio, magnesio, sodio, potasio, sulfatos, entre otros, en su composición. Mientras, en otros, también se han detectado muestras de arsénico, cadmio, cianuro libre, compuestos fenólicos, hierro disuelto y suspendido, molibdeno, plomo, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, sulfatos, aceites y grasas".

Por otro lado, y complementando lo anterior, HAUSER (2000) manifiesta que "debido a que la gran mayoría de nuestros yacimientos cupríferos se encuentra en ambientes andinos, las estructuras de almacenamientos, necesariamente tienen que ser emplazadas en los cauces de valles fluviales, con el fin de optimizar las disponibilidades de espacio, normalmente precarias. Ello crea condiciones de riesgo de falla, cuando la construcción de los muros o prismas resistentes no consideran la utilización de un adecuado diseño, cuidadosa construcción y eficiente operación. Ocurrida la ruptura de la estructura, el deposito previamente acumulado se desplaza como un flujo de gran energía, devastando todo lo que se antepone a su paso y, a partir de ese momento, adquiere las características de un proceso de remoción en masa".

Continuando la misma línea, RENNER y PONCE (2004) señalan que los riesgos que encierran los pasivos mineros para la población y el medio ambiente, radican en la toxicidad de las sustancias contenidas en estos, el arrastre de polvo, el peligro de derrumbe de grandes tranques, el potencial de aguas acidas y, en menor medida, los piques y socavones que han quedado abiertos y desprotegidos, además de otras instalaciones propias de una faena minera.

6.6.4.3.- Clasificación de los riesgos ambientales asociados a los tranques de relaves

LAGOS (1989) señala que todas las formas de contaminación pueden influir sobre los suelos, por lo cual es preciso considerar que cualquier excedencia, por pequeña que ésta sea, de las normas de contaminación atmosférica o de las aguas contaminará acumulativamente los suelos de las regiones circundantes. El caso de los relaves es singularmente sensible, ya que es sabido que los grados de infiltración deben ser conocidos y probados. De otra forma, la contaminación puede alcanzar cuencas completas, modificando el equilibrio del ecosistema en forma

irreversible. La tabla Nº 37 muestra un resumen de los riesgos asociados a los tranques de relave.

Tabla Nº 37: Cuadro resumen aplicado a los riesgos ambientales asociados a los tranques de relave

	Tipo de riesgo	Efectos primarios	Observaciones
A	Riesgo sísmico	Derrumbe de taludes y remoción en masa.	Se puede producir contaminación de cursos de agua, de zonas agrícolas y victimas humanas.
B	Riesgo hidrológico	Arrastre de desechos y residuos. Drenaje ácido de mina. Solubilización de metales. Arrastre de sedimentos.	Provocan la contaminación de cursos de agua superficial y subterránea, que afectan a las fuentes de agua potable, regadío, flora y fauna, etc.
C	Riesgo por generación de polvo	Levantamiento de polvo. Nubes de polvo.	Daños al ser humano y a la fotosíntesis de las plantas.
D	Riesgo por fallas en el sistema de disposición	Fallas en los sistemas de transporte y fallas en los tranques.	Derrames que pueden contaminar cursos de agua y suelo, con el consiguiente efecto al ser humano y al medio ambiente.
E	Riesgo por aumento excesivo del muro	Deslizamientos y flujos.	Contaminación de cursos de agua y suelos.

Fuente: GUEVARA (1999).

A. Riesgo sísmico: SERNAGEOMIN (1990) señala que el riesgo sísmico es la probabilidad que eventos naturales asociados a los terremotos, tales como movimientos de suelo, fallas del suelo de apoyo y/o ocurrencia de deformaciones tectónicas, que puedan causar daños, ocurran en un lugar para un periodo de tiempo especificado.

✓Según ANDÍA (1996) en GUEVARA (1999) este riesgo se evalúa a través de dos factores: la estabilidad de los taludes y el riesgo de licuefacción, que es un fenómeno en el cual el relave pasa a ser un fluido viscoso de alta densidad. Depende en gran forma de la granulometría y grado de la saturación de las partículas.

✓Otro punto importante a destacar es la cota a la cual se encuentra el tranque. No es lo mismo que este a la misma altura que a una altura mayor de un poblado. Ante un evento sísmico puede ocurrir contaminación de cursos de agua, contaminación de zonas agrícolas y la muerte de víctimas humanas.

B. Riesgo hidrológico: De acuerdo con el SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (2004) las explotaciones mineras modifican irreversiblemente el ambiente, con la pérdida de hábitat e individuos en el sitio de la extracción e instalación de estructuras, caminos, botaderos de estériles, tranques de relaves, plantas de procesos y otros. La magnitud del impacto sobre el medio dependerá de la magnitud de la explotación. Dado el carácter puntual de las prospecciones, sus efectos son mínimos, sin embargo, debe cuidarse que la disposición de riles no afecte el suelo, cursos de agua, o humedales. LAGOS (1989) plantea que, en cuanto a la contaminación de aguas y suelos, el problema es mucho más complejo, está más distribuido a nivel nacional y se conoce menos de él. El examen de las normas de construcción y operación de los tranques de relaves parece ser una prioridad, ya que es previsible que la mayor parte de la contaminación hídrica producida por la minería provenga de dichas instalaciones. Siguiendo la misma línea, SERNAGEOMIN (2003) señala que en algunos casos, el agua de los relaves puede disolver minerales solubles y contener reactivos de flotación, mercurio u otros productos, por lo que podría ser nocivo que llegue a contactar suelos y recursos de agua utilizados por las personas. Dentro de esta categoría se incluyen seis subcategorías:

✓Arrastre de desechos y residuos: Si ocurre una crecida por intensas precipitaciones se puede producir el arrastre de una parte o del total de los materiales del relave, los cuales pasarán a incorporarse a los cursos de agua. Al respecto, CORVALÁN (2000) señala que "en el caso particular de los depósitos de residuos mineros, la erosión que provoca la lluvia al impactar con la superficie desnuda de los depósitos, permite el arrastre hidráulico del material contenido, disminuyendo la estabilidad de las instalaciones y contaminando las aguas que reciben estos residuos".

✓Arrastre por remociones en masa: De acuerdo con PRUDENCIO (2002) estas se producen por distintas causas como sismos, aluviones, lluvias intensas, etc. desplazando grandes cantidades de material como suelo y relaves, tapando túneles y/o canales por donde el relave es conducido hasta su depositación. Por esto, la actividad minera, al encontrarse en zonas cordilleranas, requiere de un constante control en caso de remociones, debido al peligro del personal y de la infraestructura.

✓Drenaje Ácido de Mina (D.A.M.): COTORAS (1996) en GUEVARA (1999) señala que este es un fenómeno que provoca la contaminación de aguas y suelo. Corresponde a una contaminación inorgánica en la cual es necesario la presencia de múltiples factores. Se produce por la presencia de ciertos tipos de minerales que se exponen al aire, agua y a la presencia de micro-organismos. La acidificación comienza cuando interactúan el aire, el agua y algunas bacterias (Thiobacillus ferrooxidaus) sobre la pirita, oxidándola y generando ácido y sulfato ferroso, el cual se sigue oxidando hasta obtener entre otros, ion férrico. Esto, junto con la acción degradativa de la bacteria, disuelve los distintos metales de los minerales presentes en los relaves, formándose aguas ácidas. De esta forma los metales son transportados por las aguas a otros lugares.

✓Solubilización de metales: MUÑOZ y LAGOS (1990) en GUEVARA (1999) señalan que este fenómeno ocurre cuando aguas generalmente ácidas entran en contacto con los relaves, produciéndose la disolución de los metales pesados. Las aguas ácidas pueden ser de origen natural, por ejemplo, por la acidez del suelo u originadas por procesos de acidificación del tipo D.A.M.

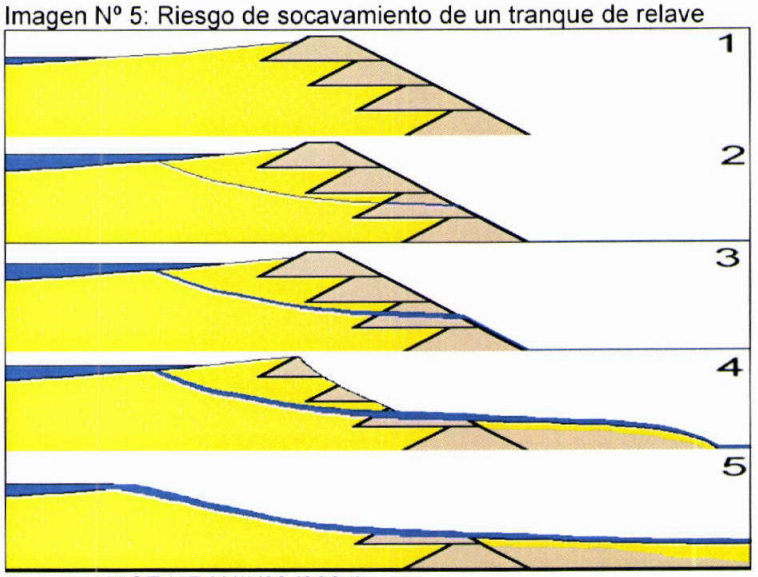
✓Contaminación directa de cursos de agua: Según GUEVARA (1999) muchas veces se descargan relaves o las aguas claras directamente a cursos de agua o al océano. Esto provoca serios trastornos, ya sea por la cantidad o actividad de sus componentes. Genera problemas de cieno[1] y turbidez, sepultando la flora y la fauna, contaminación de los cursos de agua, como así también una continua abrasión del fondo. Las partículas en suspensión obstaculizan el paso de la luz solar, generando daños a las especies que habitan en estos cursos de agua. Esto se constata en la contaminación de la Bahía de Chañaral.

✓Riesgo de socavamiento: De acuerdo con PRUDENCIO (2002) es la posibilidad de la pérdida provocada por lluvias intensas, la insuficiencia de filtros de drenajes, una saturación (que a la vez podría provocar la fisura del muro), licuefacción, etc. Esto ocurre si existen infiltraciones dentro o debajo del muro, causando caminos de flujos (formando verdaderas tuberías entre medio del muro), los cuales van provocando una erosión. Muchos casos se relacionan con infiltraciones

[1] Según la Real Academia de la Lengua Española, es un tipo de lodo blando que forma depósito en ríos, y sobre todo en lagunas o en sitios bajos y húmedos.

emergentes en la cara del muro. El resultado de este fallo en el muro puede ser general o local (Imagen Nº 5).

Imagen Nº 5: Riesgo de socavamiento de un tranque de relave



Fuente: WISE URANIUM (2004).

C. Riesgo de generación de polvo: LIRA (1994) señala que las partículas de polvo son el mayor problema relacionado con la contaminación del aire en las minas y las plantas concentradoras. Ellas provienen de dos fuentes: las puntuales y las dispersas, ubicándose en esta última categoría las áreas de almacenamiento de relaves. Siguiendo la misma línea, LAGOS (1997) en GUEVARA (1999) señala que este fenómeno se presenta con mayor fuerza en depósitos abandonados o que están en proceso de secamiento. Provoca impactos a la salud humana (caso de la bahía de Chañaral). Se ha comprobado que las partículas de diámetro inferior a 10 micrones pueden ser inhaladas y pasar al sistema respiratorio, causando efectos físicos y químicos importantes. Dependiendo del tipo y tamaño de las partículas es que este riesgo pasará a ser considerado como altamente peligroso para la salud humana. Además, el polvo provoca daños físicos directos a las plantas e impide parcial o totalmente en proceso de fotosíntesis, además de reducir la fecundación de las flores y disminuir el rendimiento y calidad de árboles frutales y plantas de cultivo.

Con respecto a los PM-10 es correcto señalar que "el factor determinante en el efecto en salud es el tamaño de las partículas, debido al grado de penetración y

permanencia que ellas tienen en el sistema respiratorio. La mayoría de las partículas cuyo diámetro es mayor a 5 µm se depositan en las vías aéreas superiores (nariz), en la tráquea y los bronquios. Aquellas cuyo diámetro es inferior, tienen mayor probabilidad de depositarse en los bronquiolos y alvéolos y a medida que su tamaño disminuye son más dañinas" (CONAMA, 1998).

Los efectos en salud vinculados a la exposición prolongada a este contaminante son:

- Aumento en la frecuencia de cáncer pulmonar
- Muertes prematuras
- Síntomas respiratorios severos
- Irritación de ojos y nariz
- Agravamiento en casos de asma
- Agravamiento en caso de enfermedades cardiovasculares

Además, su acumulación en los pulmones origina enfermedades como:

- Silicosis
- Asbestosis

Una vez que las partículas se han depositado en el sistema respiratorio, su acción irritante es producto por una parte, de su composición química y su toxicidad y, por otra, de su facilidad de absorber y adsorber otras sustancias en su superficie, produciéndose un efecto sinérgico que incrementa su agresividad.

También se encuentra el Material Particulado Sedimentable (MPS), definido como "el material particulado, cualquiera sea su tamaño, captado sobre una unidad de superficie en una unidad de tiempo" (MINISTERIO DE MINERÍA, 1991). Dentro de los principales metales que componen al MPS se encuentran el Arsénico (As), EL Cobre (Cu), el Hierro (Fe) y el Molibdeno (Mo).

Entre los riesgos que el MPS provoca a la salud humana, según TCHERNITCHIN y HERRERA (2006) se pueden señalar los siguientes:

- Arsénico: Este es un elemento cuya exposición causa el desarrollo de diversas enfermedades, entre ellas el cáncer broncopulmonar, de vejiga urinaria, riñón,

vías urinarias, piel (excluyendo los melanomas) e hígado. Se encuentra en forma natural en rocas y en más altas concentraciones en diversos minerales, entre ellos, en algunos minerales de cobre. La exposición humana puede ser por vía inhalatoria y por vía digestiva. La exposición por vía inhalatoria del arsénico ocurre principalmente en los trabajadores de fundiciones de cobre y a los habitantes de zonas aledañas, aún cuando también afecta a mineros y otros trabajadores expuestos a polvo con alto contenido de arsénico. La exposición por vía digestiva ocurre en población que ingiere aguas contaminadas con arsénico, contaminación que puede ser de fuentes naturales o antropogénicas. El arsénico es concentrado por algunas especies vegetales y animales, y de ellas, algunas especies de uso hortofrutícola.

- Cobre: Este es un micronutriente esencial en muy pequeñas cantidades para la utilización del hierro, la formación de tejido conectivo, la pigmentación y la producción energética. Es muy tóxico para organismos inferiores y para algunas especies vegetales, lo cual explica que la norma chilena para cobre es más exigente para el agua de riego que para agua potable. Entre las fuentes de exposición principales están la minería y los relaves abandonados.

  Efectos tóxicos principales: en forma aguda provoca hemólisis, necrosis hepática, hemorragias gastrointestinales, etc. En forma crónica aparece localmente irritación respiratoria, alteraciones gastrointestinales y dermatitis por contacto.

- Molibdeno: DONOSO Y PEÑA-ROJAS (2006) señalan que en Chile, la industria minera del cobre, relevante como motor del desarrollo del país, a través de sus procesos de elaboración genera molibdeno (Mo) como uno de los residuos. Este metal pesado se acumula en los tranques de relave y por consiguiente, también está presente en las aguas residuales de este y el uso de estas aguas, origina que contamine los suelos. El molibdeno es un oligoelemento esencial para la función de la nitrogenasa en plantas y es, en animales, un cofactor para enzimas tales como la xantín oxidoreductasa, la aldehído oxidasa y la sulfuro oxidasa. Dicho elemento traza esencial se encuentra en legumbres, productos lácteos y alimentos cárneos. Numerosos autores consideran al molibdeno de una relativa baja toxicidad en el ser humano, y las patologías de ésta pueden deberse en forma secundaria, según algunos autores, a una depleción de cobre del

organismo. No obstante lo anterior, diversos autores han sugerido un riesgo de la inhalación de polvo con contenido de molibdeno para el desarrollo de diversas enfermedades broncopulmonares, incluyendo cáncer. Se ha demostrado, por ejemplo, que la exposición de animales de laboratorio (ratones) por dos años a 10, 30 y 100 microgramos de molibdeno por metro cúbico de aire causa un significativo aumento de adenomas y de carcinomas bronquioalveolares, además del desarrollo de metaplasias epiteliales cercanas a la epiglotis y otras alteraciones morfológicas y funcionales del aparato respiratorio, tales como inflamación alveolar crónica, degeneración hialina del epitelio olfatorio, y otras alteraciones.

Con respecto a los problemas de salud que conlleva la ingesta de agua con este tipo de residuos en los humanos, LENNTECH (S.A.) señala que "se ha informado de alguna evidencia de disfunción hepática con hiperbilirubinemia en trabajadores crónicamente expuestos a una planta soviética de molibdeno y cobre. Además, se han encontrado signos de gota en trabajadores de fábricas y entre los habitantes de zonas de Armenia ricas en molibdeno. Las características principales fueron dolores de la articulación de las rodillas, manos, pies, deformidades en las articulaciones, eritemas, y edema de las zonas de articulación".

- Hierro: es un elemento fundamental para la vida del ser humano. Un adulto sano tiene de 3 a 5 gramos de Fe en su organismo, pero el exceso de Fe libre cataliza reacciones redox, provocando la peroxidación lipídica y la formación de radicales libres. Se ha demostrado además la teratogenicidad del hierro en animales de experimentación (anoftalmia e hidrocefalia) y un aumento de microsarcomas después de la aplicación intramuscular del compuesto; además se ha observado que los mineros con exposición aérea desarrollan cáncer pulmonar con mayor frecuencia que sujetos no expuestos.

- En lo que se refiere a los sulfatos, TCHERNITCHIN y HERRERA (2006) señalan que "estos contaminan las napas acuíferas y tienden a producir acidificación del suelo, lo cual tiende a solubilizar diversos elementos metálicos insolubles que pueden ser concentrados en productos hortofrutícolas cultivados en terrenos con alto contenido de sulfatos".

D. Riesgo por fallas en el sistema de disposición: Durante la construcción, operación y aun después de ello, los sistemas de disposición de relaves están expuestos a fallas por mal diseño, construcción, operación y/o accidentes que pueden originar derrames. Hay dos tipos de fallas conocidas:

✓Fallas en el sistema de transporte:

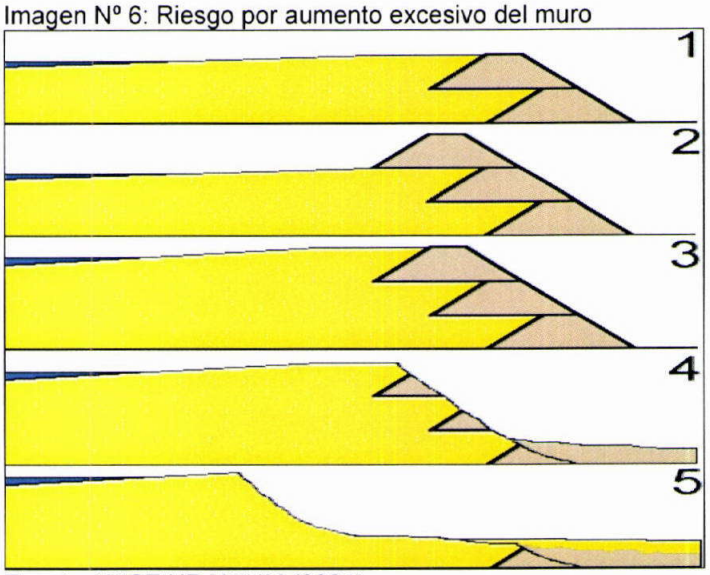
➢Embancamiento de la canalización.
➢Rupturas normales de la canalización (desgastes).
➢Accidentes de la canalización, deslizamiento de suelos, rodados, incendios.

✓Fallas en los tranques de relave:

➢Fallas de operación.
➢Fallas de diseño.
➢Fallas en el sistema de desagüe.
➢Fallas en el suelo de fundación.

E. Riesgo por aumento excesivo del muro: Es la posibilidad de perdida provocada por un aumento excesivo de la presión de los poros dentro del muro generando su falla, especialmente cuando este ha sido levantado en forma apresurada (PRUDENCIO, 2002). La imagen Nº 6 muestra este tipo de riesgo.

Imagen Nº 6: Riesgo por aumento excesivo del muro



Fuente: WISE URANIUM (2004).

6.6.4.4.- Manejo del riesgo en tranques de relave

ANDÍA y LAGOS (1996) plantean, con respecto a este tema, que el lugar de emplazamiento de un tranque de relave y el tipo de relave a embalsar, sin duda representan una de las variables más importantes al momento de establecer el diseño. Las características físicas y químicas del relave determinan la magnitud del daño susceptible de ser ocasionado en la zona de influencia, el costo de reparación de ellos y las posibles consecuencias en el mediano y largo plazo. En resumen, ambas variables determinan el riesgo al que estarán sometidos la población y el medio ambiente circundante.

Siguiendo la misma línea, y haciendo referencia a la tendencia de la ubicación de los tranques de relave, GREEN (2006) señala que sólo a partir de los años noventa los relaves han comenzado a bajar al valle y a ocupar terrenos con más vegetación. Este es el caso de los relaves Ovejería (propiedad de CODELCO División Andina, en Huechún, RM), Las Tórtolas (Anglo-American, en Peldehue, RM), Carén (CODELCO División El Teniente, RM) y el futuro embalse El Mauro, de Minera Los Pelambres, al interior de Los Vilos, IV Región.

Esto ha traído consigo una mayor preocupación de parte de las empresas al localizarse cerca de poblados, ya que las disposiciones legales así lo exigen, además que con esto se evitarían algunos de los casos que se nombrarán posteriormente.

6.6.4.5.- Disposiciones legales vigentes

Actualmente existen muchas acciones legales que pueden realizarse frente a la constatación de irregularidades en las actividades mineras, que signifiquen daño al medio ambiente y/o a la salud de las personas. De acuerdo a la legislación vigente en Chile, las disposiciones que regulan a los tranques de relave se dividen de la siguiente manera (Tabla Nº 38):

Tabla Nº 38: Cuadro resumen de legislación ambiental aplicable a tranques de relave

	Cuerpo legal	Órgano competente	Materia	Actividades
1.	Código Sanitario D.F.L. 725 (31/01/1968)	Ministerio de Salud	Aguas y sus usos sanitarios	En su artículo Nº 73 señala que se prohíbe descargar las aguas servidas y los residuos industriales o mineros en ríos o lagunas, o en cualquier otra fuente o mas de agua que sirva para proporcionar agua potable a alguna población, para riego o para balneario, sin que antes se proceda a su depuración en la forma que se señale en los reglamentos.
2.	Decreto Supremo Nº 86 D.O. (1970)	Ministerio de Minería	Reglamenta la construcción y operación de tranques de relave	Antiguo decreto sobre la regulación para la construcción y operación de tranques de relaves en Chile. Una falencia es que no daba cuenta de las condiciones de cierre de estas estructuras.
3.	Norma chilena 1.333 D.O. (1978)	Ministerio de Obras Públicas - Ministerio de Salud	Normas de agua para distintos usos	Fija un criterio de calidad del agua de acuerdo a requerimientos científicos referidos a aspectos físicos, químicos y biológicos, según el uso determinado. En el caso del agua de riego se establecen las concentraciones máximas permisibles de algunos elementos químicos, tales como 0,010 Mg/L para el molibdeno y 250 Mg/L para los sulfatos.
4.	Decreto Ley 3.557 D.O. (1980)	Ministerio de Salud	Establece disposiciones sobre protección agrícola	Dentro del Título II, Artículo Nº 11 se señala que los establecimientos industriales, fabriles, mineros y cualquier otra entidad que manipule productos susceptibles de contaminar la agricultura, deberán adoptar oportunamente las medidas técnicas y prácticas que sean procedentes a fin de evitar o impedir la contaminación. Sin perjuicio de lo dispuesto en el inciso anterior, dichas empresas estarán obligadas a tomar las medidas tendientes a evitar o impedir la contaminación que fije el Presidente de la República por intermedio del Ministerio de Agricultura o del Ministerio de Salud Pública, según sea el caso, el cual deberá fijar un plazo prudencial para la ejecución de las obras. En casos calificados, el Presidente de la República podrá ordenar la paralización total o parcial de las actividades y empresas artesanales, industriales, fabriles y mineras que lancen al aire humos, polvos o gases, o que vacíen productos y residuos en las aguas, cuando se comprobare que con ello se perjudica la salud de los habitantes, se alteran las condiciones agrícolas de los suelos o de causa daño a la salud, vida, integridad o desarrollo de los vegetales o animales.
5.	D.F.L. Nº 1.122 (29/10/1981)	Ministerio de Obras Públicas	Código de Aguas	El Código de Aguas en sus artículos 294 al 297 del Libro Tercero, Título 1, faculta a la DGA para conceder la autorización de funcionamiento, una vez aprobado el proyecto definitivo y siempre que se hay probado que la obra no afectará la seguridad de terceros ni producirá la contaminación de las aguas.

6.	Decreto Supremo Nº 72 (1985)	Ministerio de Minería	Reglamento de seguridad minera	Lo concerniente a almacenamiento de relaves y operación de depósitos de residuos mineros, será regido por las normas contenidas en el Decreto Supremo que aprueba el "Reglamento de Construcción y Operación de Tranques de Relaves".
7.	Ley 18.902 D.O. (27/01/1990)	Ministerio de Minería	Creación de Superintendencia de Servicios Sanitarios	En materia de residuos industriales, el Artículo Nº 11, Inciso segundo, señala que se procederá a la clausura de un establecimiento cuando: letra d) la descarga de uno de sus efluentes en curso o masas de aguas superficiales o subterráneas afecte a las captaciones para agua potable y letra e) cuando la descarga de sus efluentes en curso o masas de aguas superficiales o subterráneas pongan en peligro o afecten gravemente la salud de la población o provoquen graves perjuicios pecuniarios a actividades económicas establecidas.
8.	Decreto Nº 59 D.O.(25/05/1998)	CONAMA	Establece norma de calidad primaria para material particulado respirable MP-10	En su párrafo I, artículo Nº 1, letra F se señala que una Estación de monitoreo de material particulado respirable MP-10 con representatividad poblacional (E.M.R.P.) se clasifica como tal si cumple simultáneamente con requisitos como: que exista al menos un área edificada en un circulo de radio de 2 Km, contados desde la ubicación de la estación; que esté colocada a más de 15 metros de la calle o avenida más cercana, y más de 50 metros de la calle o avenida más cercana que tenga un flujo igual o superior a 2.500 vehículos/día; que este colocada a más de 50 metros de la salida de un sistema de calefacción (que utilice leña, carbón o petróleo equivalente a petróleo-2 o superior) o de otras fuentes similares. Además, en su párrafo II, Artículo 2 señala que se considera sobrepasada la norma de calidad del aire para material particulado respirable cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas, durante un periodo anual en cualquier estación monitora clasificada como E.M.R.P. sea mayor o igual a 150 µg/m³N.
9.	Decreto Nº 248 D.O. (11.04.07)	Ministerio De Minería	Reglamento para la aprobación de Proyectos de Diseño, Construcción, Operación y Cierre de los Depósitos de Relaves	Fija las normas sobre los procedimientos para la aprobación de los proyectos de depósitos de relaves mineros, además de los requisitos de diseño, construcción, operación y cierre de estos depósitos y la disposición de sus obras anexas que garanticen la seguridad de las personas y de los bienes.

Fuente: Elaboración propia en base a OLCA (1997) y LÓPEZ *et. al.* (2003).

6.7.- Antecedentes históricos de impactos generados por depósitos de relave

En Chile han existido varios acontecimientos negativos en lo que se refiere a los tranques de relave. A continuación se muestra la tabla N° 39, cuyos casos se detallarán posteriormente.

Tabla N° 39: Impactos provocados por depósitos de relave en Chile

	Nombre	Ubicación	Año	Problema
1	Tranque Barahona	VI Región	1928	Terremoto de 8.2 Richter provoca el colapso de este tranque, muriendo 55 personas.
2	Bahía de Chañaral	III Región	1938-1988	Se arrojó gran cantidad de relaves a la bahía, lo cual provoco enbancamiento terrestre, daños al sistema acuático, emisión de material particulado, cambios en el paisaje, etc.
3	El Cobre	V Región	1965	Muerte de 250 personas aproximadamente y contaminación del estero El Sauce por colapso de los tranques producto de un sismo.
4	Las Cenizas	V Región	1981	Las aguas lluvias arrastraron relave de la minera Las Cenizas hasta el sector de Quimquimo, llegando hasta el borde de la carretera 5 Norte.
5	Tranque Estay	V Región	1987	Colapso del tranque por crecida del estero El Bronce, con su inminente contaminación.
6	Tranque Pérez-Caldera	R.M.	1987	Gran alarma por posible colapso del tranque producto de lluvias y deshielos.
7	Minera Cobrex	IV Región	1997	Alto riesgo de fallas por sismos y posible contaminación del río Elqui.
8	Tranque Flamengo	IV Región	1997	Debido al sismo de este año existe una alta probabilidad de contaminación del estero F. Sánchez por crecidas o sismos.
9	Minera Cobrex	III Región	1999	Contaminación del embalse Lautaro.
10	División Andina CODELCO	V Región	2000	Derrame de relaves en la quebrada El Maitén.
11	Minera Las Juntas	IV Región	2000-2001	Contaminación por relaves en el estero San Miguel.
12	Minera Cobrex	IV Región	2002	Derrame de 8.000 m^3 de relaves al río Elqui.
13	División Chuquicamata CODELCO	II Región	2002	Rotura de cañerías y derrame de relaves.
14	Cerro Negro	V Región	2003	Rotura del muro de su tranque de relave N° 5 y escurrimiento de agua con parte de relaves aguas abajo.

Fuente: Elaboración propia en base a GUEVARA (1999).

6.7.1.- Tranque Barahona. VILLAVICENCIO (S.A.) señala que muchas de las víctimas (55) fueron causadas por el derrumbe del tranque Barahona, cuyo muro, formado por los relaves del mineral de cobre El Teniente, cedió arrastrando 314.000 m^3 de agua y 4 millones de toneladas de material sólido, los que arrasaron la pequeña estación Barahona" (Imagen Nº 7). Además, respecto a su destrucción, según URRUTIA DE HAZBÚN y LANZA LAZCANO (1993) "en esa época hubo dos informes contradictorios: Uno de la Dirección de Obras Publicas y el otro de un Geólogo y de un Ingeniero que fue presentado al juzgado. Sin entrar en detalles de ambos, el contralor de la compañía Braden Copper Co. declaró que el tranque tenía en sus últimos momentos, veintisiete millones de toneladas de material sólido y trescientos catorce mil metros cúbicos de agua. Al destruirse el muro se fue toda el agua y alrededor de cuatro millones de toneladas de material sólido, desapareciendo la pequeña población de la estación Barahona y la desembocadura del río Coya en el río Cachapoal.

Imagen Nº 7: Colapso del tranque Barahona

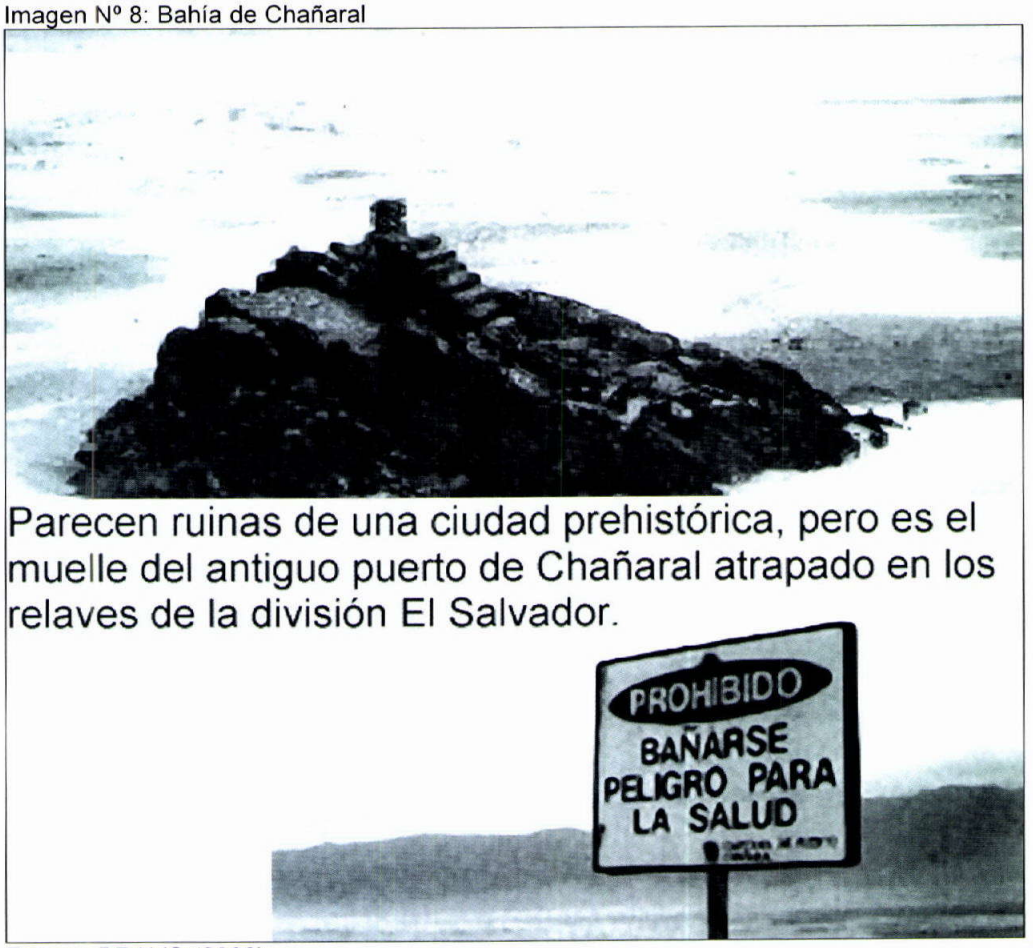


Fuente: EXPOMIN (2004).

6.7.2.- Bahía de Chañaral: Bravo (2000) señala que desde 1938 hasta 1988 se vaciaron más de 300 millones de toneladas de desechos mineros en el medio terrestre y marino de Chañaral, lo que equivale a la descarga de un camión de 10 toneladas de arena cada 25 segundos, más la evacuación de un camión aljibe de 10 mil litros de residuos líquidos cada 10 segundos (Imagen Nº 8). Los relaves provenían inicialmente del mineral de Potrerillos, perteneciente a la empresa estadounidense Andes Copper Mining Company, la que decidió volcarlos al río Salado, que pasa por las localidades de Llanta, Diego de Almagro y El Salado antes de desembocar en el mar, frente a Chañaral. Una vez agotado ese yacimiento de cobre, la descarga continuó siendo alimentada por los relaves de El Salvador, que se comenzó a explotar en 1959. Con la Nacionalización del Cobre impulsada por el gobierno de Salvador Allende, el mineral pasó a ser propiedad de CODELCO, empresa estatal que continuó utilizando el mismo sistema de evacuación. Ya a comienzos de la década del 70, un barro negro y viscoso cubría la arena de la bahía. Pero no fueron los reclamos de la comunidad lo que motivó a la División Salvador a trasladar en 1975 el vaciado de sus desechos 9 kilómetros al norte de Chañaral, en la Caleta Palito. "Lo hicieron por un mero interés empresarial y mercantil, ya que el embancamiento de la bahía estaba perjudicando el puerto mecanizado de embarque de la Minera San Fe, ubicado al sur de Chañaral, y eso generó problemas entre ambas empresas", explica José Miguel Nieto, abogado que representa a la Junta de Vecinos Nº 14 de Chañaral. Fue el Ministerio de Obras Públicas de la dictadura militar el que se encargó de desviar el río Salado para que desembocara más al norte.

El "remedio" resultó peor que la enfermedad, porque la corriente de Humboldt pasa muy cerca de la costa a la altura de Caleta Palito y se encargó de esparcir los agentes tóxicos a mar abierto. En consecuencia, el área contaminada en el mar aumentó de 5 a 20 millas, extendiéndose a la zona del Parque Nacional Pan de Azúcar, uno de los lugares costeros más hermosos de la III Región.

Imagen Nº 8: Bahía de Chañaral



Parecen ruinas de una ciudad prehistórica, pero es el muelle del antiguo puerto de Chañaral atrapado en los relaves de la división El Salvador.

Fuente: BRAVO (2000).

6.7.3.- El Cobre: ALISTE (1966) en GUEVARA (1999) señala que "la planta El Cobre se ubica en la V Región. En 1965 se produjo el terremoto de La Ligua, con 7.5 grados en la escala Richter, lo cual provocó el colapso de los tranques 1 y 3, lo que se tradujo en un vertimiento de cerca de 1.500.000 m^3 de relave. Este flujo alcanzó al poblado de El Cobre, donde murieron cerca de 250 personas y desapareció el pueblo. Hay que agregar los daños ocasionados por la contaminación del estero El Sauce que riega una extensa zona agrícola de la V Región (Imagen Nº 9)". Según BLIGHT y FOURIE (2005) "the flow was reported to have covered its 12 Km course in a few minutes. This is too imprecise to allow the speed of the flow to be estimated, but it must have been about 20 Km/h". Esto hace alusión a que el flujo, como se relataba, había cubierto su curso de 12 kilómetros en unos pocos

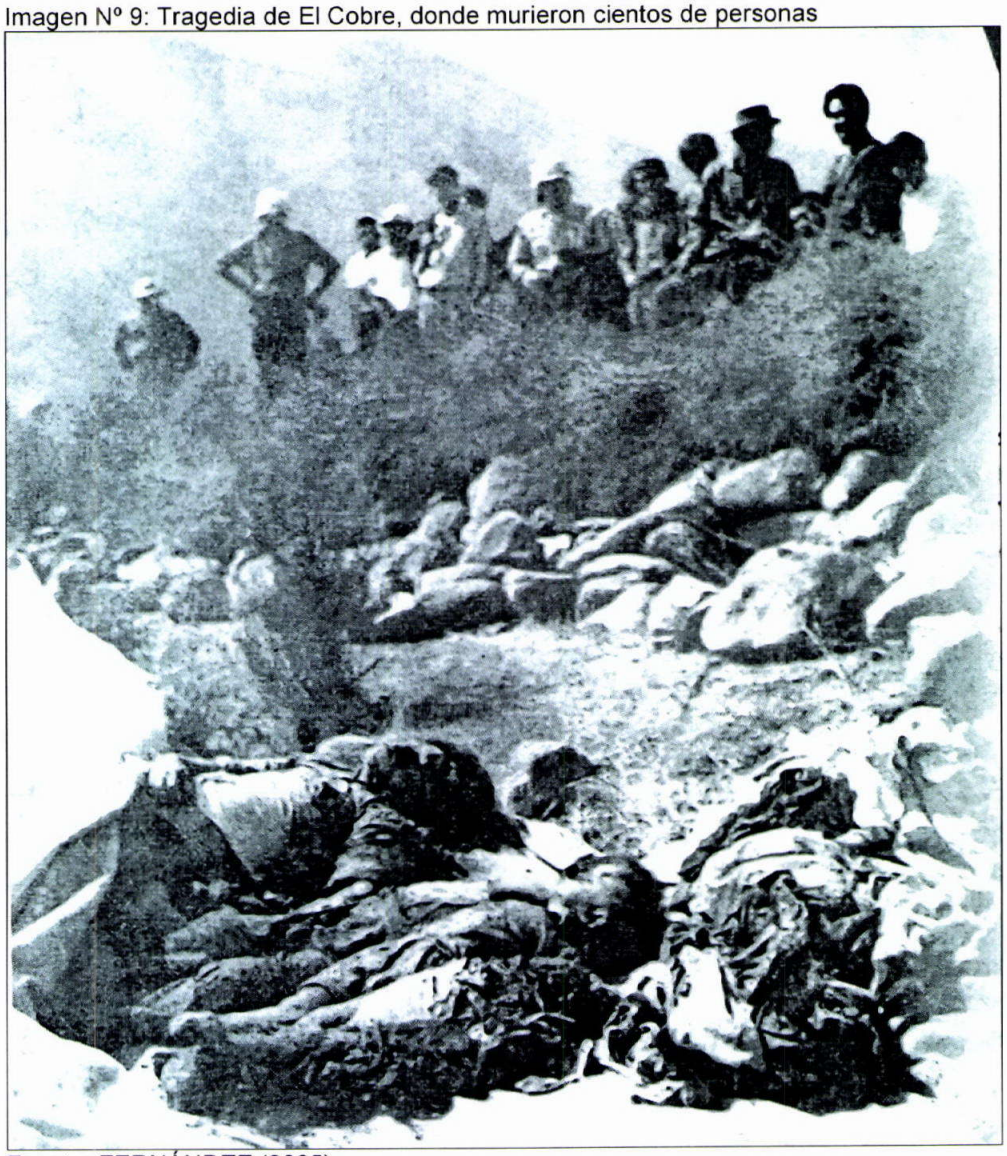
minutos. Esto es demasiado impreciso para permitir la estimación de la velocidad del flujo, pero esto debe haber sido aproximadamente 20 Km/H.

Una vez ocurrida la tragedia, URRUTIA DE HAZBÚN y LANZA LAZCANO (1993) señalan que "las faenas de rescate de las victimas fue lenta, se efectuó en medio de la angustia de los familiares de los que habían vivido en El Cobre, muchos de los cuales ayudaron a los ingenieros a organizar la operación de rescate, informándoles de la forma y ubicación que tenía el pueblo. Se movilizó todo el personal de Carabineros y del Ejercito de la Región para poder remover los cientos de toneladas de fango. También llego personal de Bomberos, Defensa Civil y Ambulancias para auxiliar a los sobrevivientes, ya que en los primeros momentos nadie pensó que el desastre había sido tan avasallador. No hubo más de diez sobrevivientes y se rescataron sólo 3 pavos y algunas sillas de montar. La tarde del domingo del terremoto, esa noche y los días subsiguientes trabajaron las patrullas tratando de sacar los cadáveres del alud; fueron encontrados sólo 35. El presidente de la República llegó el día lunes al lugar, y al conocer los detalles, determinó que había que establecer quienes eran los responsables de la catástrofe; se dispuso de una comisión que investigara los hechos frente al sinnúmero de interrogantes que planteó la tragedia. Otros tranques de relave que fallaron a consecuencia del sismo fueron los de las minas de Los Maquis, Cerro Negro, Bellavista, La Africana, El Cerrado y La Patagua, que cubrieron las partes bajas adyacentes, afectando terrenos inhabilitados, sin ocasionar victimas".

Según FERNÁNDEZ (2005) en entrevista a uno de los sobrevivientes de la catástrofe, este señala que "la empresa le dio trabajo tres meses después de ocurrida la tragedia. Su primera labor fue tétrica. Debió recolectar los restos de los cadáveres que las lluvias de junio desenterraron. Según relata Delifio Arcaya González, en las matas de guayacán había brazos, piernas y algunos cuerpos casi completos. Con una camilla y pañuelos en la boca hicieron su trabajo. Algunos estaban como momias debido a los elementos químicos del relave. Por años sentí una pena y un asco profundo en mi estomago al ver a esas personas con las que seguramente había compartido grandes momentos, señala".

De acuerdo con WELKNER (1989) en VIERTEL (2003) "esta tragedia trajo como consecuencia la adopción obligatoria del método de aguas abajo para la construcción de tranques de relave en Chile".

Imagen Nº 9: Tragedia de El Cobre, donde murieron cientos de personas



Fuente: FERNÁNDEZ (2005).

6.7.4.- Las Cenizas: En 1981, durante los temporales de invierno, las aguas lluvias arrastraron relave de la Minera Las Cenizas hasta el sector de Quimquimo, casi al borde mismo de la Carretera 5 Norte. En esa ocasión los problemas no pasaron a mayores, pero toda la zona por donde pasó el barro arrastrado por las aguas lluvias, quedó cubierta de sedimentación mineral que de algún modo afectó a la producción agrícola. (LÓPEZ *et. al.* 2003).

6.7.5.- Tranque Estay: Este tranque de relaves de la planta de flotación Andacollo se ubica en la V Región. Fue destruido en 1987 por la crecida del estero El Bronce. No existen Antecedentes sobre los impactos ambientales ocasionados (GUEVARA, 1999).

6.7.6.- Tranque Pérez-Caldera: El tranque de relaves Pérez Caldera comenzó su operación en 1936. Este tranque se localiza a 2.800 m.s.n.m. en la cuenca del río San Francisco, el cual desemboca en el río El Arrayán (en las afueras de Santiago), el que finalmente se junta con el río Mapocho en Santiago. En 1978, cuando el tranque había alcanzado su máxima capacidad, comenzó la construcción del tranque Pérez-Caldera 2, adyacente al primero, pero localizado más abajo en el río San Francisco. Se construyó un segundo túnel de desvío para el río San Francisco (el primero fue para el Pérez-Caldera 1), así el río debía correr en forma paralela al tranque. En 1987 se comenzó la construcción de un segundo túnel, el Ortiga, con el objeto de tener una alternativa de emergencia en el caso de que el túnel San Francisco se bloqueara. Sin embargo, antes que el túnel Ortiga estuviera terminado, los excesivos deshielos primaverales de ese año bloquearon el túnel San Francisco impidiendo el desvío de este río. A consecuencia de lo anterior, el tranque Pérez-Caldera 2 almacenó más de 300.000 m^3 de agua en 5 días. La cota superior de agua llegó a cerca de 45 cm. del borde del tranque amenazando la ciudad de Santiago. (ANDÍA y LAGOS, 2001).

6.7.7.- Minera Cobrex: TRONCOSO (1998) en GUEVARA (1999) señala acerca de este evento que "los cinco tranques denominados Sur 1, Sur 2, Sur 3, Norte 4 y 5 se ubican en la IV Región. Están construidos en la ribera de la quebrada La Marquesa. Los depósitos Sur 1, Sur 2 y Norte 4 están en condiciones de

inestabilidad por las crecidas del río Elqui, provocadas por las lluvias de 1997. Presentan un alto riesgo de falla de desplazamiento por sismos y de socavación, con una alta probabilidad de contaminar el río.

6.7.8.- Tranque Flamengo: TRONCOSO (1998) en GUEVARA (1999) señala que este tranque se ubica en Farellón Sánchez a 38 Km al norte de Illapel y actualmente está abandonado. Posee una altura de 29 m y 5.000 m² de superficie. Se determinó que los taludes colapsaron por el sismo de 1997. Presenta riesgos de socavación fluvial por crecidas del estero F. Sánchez y riesgos de deslizamiento de los taludes para sismos con intensidades mayores que VII en la escala Mercalli Modificada.

6.7.9.- Minera Cobrex: En agosto de 1999 un derrame de relaves desde una planta de concentración de la empresa Cobrex S.A. contaminó el embalse de agua Lautaro, cerca de Copiapó (FOLCHI, 2004).

6.8.10.- División Andina CODELCO: Esta división sufrió un derrame de 5.280 m³ de relave que contaminaron cursos de agua y ocasionaron la muerte del ganado de los agricultores vecinos de la quebrada El Maitén (FOLCHI, 2004).

6.7.11.- Minera Las Juntas: Esta empresa, que venía funcionando desde hace varios años, utilizaba un sistema de relaves muy defectuoso, provocando constantes episodios de contaminación en el estero San Miguel. Las comunidades agrícolas afectadas iniciaron acciones ante las autoridades que terminaron dándoles la razón y decretaron la clausura del tranque de relaves colapsado. Finalmente la empresa se declaro en quiebra y abandono el establecimiento sin ningún tipo de plan de manejo de los desechos mineros (FOLCHI, 2004).

6.7.12.- Minera Cobrex: En septiembre, el tranque de relaves Talcuna 1 de la Minera, ubicada a 40 kilómetros de La Serena en la quebrada de Marquesa, valle del Elqui, sucumbió y provocó un derrame de 8.000 m³ de relave al río Elqui (Imágenes N° 10 y 11). Como consecuencia, se produjo una reacción de los habitantes de La Serena que agotó en pocas horas el stock de agua mineral de la

ciudad. Lo increíble de la situación es que el tranque de Cobrex había sido cerrado por SERNAGEOMIN dos meses antes, en julio. Los efectos de la contaminación del cauce del río Elqui tuvieron efectos en los cultivos, aunque los canales fueron cerrados antes que un gran volumen de agua supuestamente contaminada alcanzara a ingresar a las superficies sembradas. Se comprobó contaminación de cobre, hierro y manganeso en cantidades muy superiores a las permitidas para el consumo humano. Como si esto no bastara, a principios de noviembre - dos meses después - volvió a producirse un nuevo derrame sobre el río Elqui, que esta vez puso en peligro las instalaciones de la Empresa Sanitaria de Coquimbo, ESSCO. Producto de la turbiedad y contaminación del agua, las autoridades de la compañía determinaron, por precaución, cerrar la planta de tratamiento en La Serena y comenzar a operar con 20 pozos de aguas subterráneas, con lo que pudieron entregar un promedio normal de 900 litros por segundo de agua potable para abastecer a la población de la Cuarta Región. Para disculparse esta vez, los ejecutivos de Cobrex acusaron haber sido víctimas de un atentado dinamitero. Esta situación demuestra que la falta de recursos fiscalizadores de SERNAGEOMIN, que eviten que sus dictámenes sean letra muerta, pueden afectar la salud y la vida de los habitantes, además de poner en peligro a otras actividades productivas de la zona (LÓPEZ *et al.* 2003).

Imagen Nº 10: Accidente de la minera Cobrex el año 2002



Fuente: http://www.tailings.info/images/pics/accidents/Chile1-4.jpg

Imagen Nº 11: Accidente de la minera Cobrex desde otra perspectiva el año 2002



Fuente: http://www.tailings.info/images/pics/accidents/Chile1-5.jpg

6.7.13.- División Chuquicamata CODELCO: FOLCHI (2004) dice que en noviembre de 2002 se produjo en dos oportunidades consecutivas la rotura de cañerías, lo cual provocó el derrame de relaves que formaron una laguna de 3 kilómetros lineales que, según informo la empresa "no provocaron daño ecológico alguno".

6.7.14.- Cerro Negro: Sorpresivamente, se desprendió la pared de contención del quinto sector del tranque, que contenía 300.000 toneladas de material rocoso particulado, producto del procesamiento de las faenas mineras de producción de cobre. Unas 50.000 toneladas de material escurrieron por las quebradas en un tramo de más de 10 kilómetros hacia el valle del sector de Guayacán, hasta llegar a las aguas del estero Los Ángeles, que provee agua a los diferentes predios agrícolas de la zona y desemboca en el caudal del río La Ligua (Imágenes Nº 12 y 13). Para contrarrestar los efectos del derrame, se iniciaron de inmediato trabajos de movimiento de tierra y la construcción de cuatro pozos con maquinaria pesada, para que el material escurrido se deposite allí. Ante la sospecha de que la contaminación se hubiera extendido, se dispuso la prohibición de uso de agua proveniente de napas y esteros en los sectores rurales poblados de Guayacán, La Puerta y La Vega. Lo grave es que los agricultores temen perder la siembra de la temporada, debido a la falta de riego. También están sufriendo de manera directa los animales en crianza, ya que se trata de una zona eminentemente ganadera. Unos mil habitantes de los sectores afectados quedaron sin agua para consumo y uso personal, situación que fue parcialmente paliada con la distribución a través de camiones aljibes proporcionados por la Municipalidad local. La Compañía Minera Cerro Negro afirmó que el relave no se usaba desde hace dos años. SERNAGEOMIN, en tanto, afirmó que el tranque estuvo en operaciones desde 1972, para lo cual contaba con la Resolución Sectorial Aprobatoria para Operación Nº 135 de 19 de julio del mismo año, cumpliendo con su vida útil en el año 1990. Por lo anterior, al momento del accidente el relave se encontraba en condiciones de no operación y sin ningún aviso de reanudación ni autorizaciones para ello. Vecinos de Cabildo y especialmente de los sectores afectados, dijeron no comprender porque las autoridades del SERNAGEOMIN y de la Salud no han exigido a la Minera Cerro Negro el manejo adecuado del relave. Esto demuestra las lamentables condiciones de fiscalización con que cuenta el sistema, pues resulta

increíble que el tranque de Cerro Negro haya podido funcionar 10 años sin permisos y a sabiendas de toda la comunidad de Cabildo (LÓPEZ *et. al.* 2003).

Imagen Nº 12: Colapso de un muro perimétrico de depósitos de relave de la mina Cerro Negro a causa del sismo del 3 de marzo de 1985. En primer plano se observa el flujo del relave



Fuente: HAUSER (2000).

Imagen Nº 13: Otra perspectiva del accidente en Cerro Negro



Fuente: http://www.tailings.info/images/pics/accidents/CerroNegro1.jpg

6.8.- Casos internacionales

Los problemas con tranques de relaves no son privativos de Chile. A nivel internacional se han detectado impactos al medio ambiente y a la salud humana producto de estos desechos. A continuación se muestra la tabla nº 40, cuyos casos se detallarán posteriormente:

Tabla Nº 40: Impactos provocados por tranques de relaves a nivel internacional

	Nombre	Ubicación	Año	Problema
1	Smuggler Mountain	Estados Unidos	1960	Contaminación de suelo y agua por relaves mineros.
2	Idarado	Estados Unidos	1965	Aumento de precipitaciones provoco el arrastre de relaves hacia el río San Miguel.
3	Mufulira	Zambia	1970	89 mineros resultaron muertos tras el colapso del tranque de relaves
4	Arcturus Mine	Zimbabwe	1978	Producto de la falla del tranque de relave, 30.000 toneladas de desechos fueron liberadas.
5	Mochikoshi	Japón	1978	Terremoto causa el colapso de dos tranques de relave
6	Stava	Italia	1985	Muerte de 268 personas por la rotura de un tranque de relaves.
7	El Cofre	Perú	2006	Contaminación del río Paratia por colapso de relaves mineros.

Fuente: Elaboración propia en base a GUEVARA (1999).

6.8.1.- Mina Smuggler Mountain, Estados Unidos: En esta mina se extraían minerales de plata, zinc y plomo durante el siglo XIX. Luego se detuvo la actividad en la región, para comenzar en 1960 con una actividad de reprocesamiento. El sitio llego a tener cerca de 45 hectáreas de desechos mineros, entre los que se encontraban los relaves. Al comenzar las actividades de reprocesamiento se produjo una dispersión de los desechos y se crearon una serie de estanques de forma de facilitar las tareas. De esta forma los desechos se esparcieron a otras áreas donde se desarrollaban actividades comerciales y nuevos asentamientos residenciales. A través de muestras se constató contaminación del suelo, aguas superficiales y subterráneas, que implicaban un riesgo potencial a la salud humana y el medio ambiente. En 1986 este sitio ingresó al sistema de evaluación de sitios riesgosos de la EPA (Environmetal Protection Agency) para alcanzar su rehabilitación (GUEVARA, 1999).

6.8.2.- Mina Idarado, Estados Unidos: Esta mina del estado de Colorado producía cobre, plomo, plata y oro. Comenzó sus operaciones en 1965 y fue cerrada en 1978. Debido a precipitaciones se produjo la erosión y disposición de los metales contenidos en los relaves en ríos, arroyos y áreas de aguas subterráneas. A través de muestras en el río San Miguel se detectó que las concentraciones de zinc y cobre aumentaban aguas abajo. Esto provocó una degradación en la calidad del agua y del hábitat acuático. También se constato efectos negativos a la flora cercana al río. A esto hay que agregar los efectos de la erosión del viento sobre los relaves, que a la vez de contaminar el suelo y cursos de agua superficial, provocaron una nube de polvo en el pueblo de Telloride, deteriorando la calidad del aire. En 1984 ingreso al sistema de evaluación de sitios riesgosos de la EPA para rehabilitarlo (GUEVARA, 1999).

6.8.3.- Mufulira, Zambia: ENGELS y DIXON-HARDY (2002) señalan lo siguiente: "On the 25th September 1970 an underground breach of a tailings dam occurred at the Mufulira Mine in Zambia. As the night shift crew were on duty the tailings dam above them collapsed causing nearly 1 million tonnes of tailings to fill the mine workings killing 89 miners. A sinkhole opened on the surface allowing surface water to continue to pour into the workings". La traducción al español del párrafo anterior sería la siguiente: "El 25 de Septiembre de 1970, una rotura subterránea de un tranque de relaves ocurrió en la mina Mufulira de Zambia. Como el turno de noche se encontraba trabajando, la presa que estaba sobre ellos se derrumbó, causando que cerca de 1 millón de toneladas de relaves saturara la mina, matando a 89 trabajadores. Una grieta en la superficie permitió al agua continuar fluyendo y vertiéndose al interior de la mina (Imagen N° 14).

Imagen Nº 14: Colapso de un tranque de relaves en Mufulira, Zambia



Fuente: ENGELS y DIXON-HARDY (2002).

6.8.4.- Arcturus Mine, Zimbabwe: De acuerdo con SHAKESBY y WHITLOW (1991) "At about 19:30 H on 31 january 1978, a breach approximately 55 m wide suddenly developed in the west wall of a large waste dump at Arcturus Mine. An estimated 30.000 tons of debris was evacuated from this breach, forming a flowslide about 300 m in lenght. This demolished two pole-and-mud huts, killing one child and injuring another. The official inquiry (Ministry of Mine unplublished data) the failure of the waste dump focused primarily on the issue of the heavy rainfall preceding the collapse and the ability of the penstocks (vertical drains) to cope with the abnormal accumulation of water on top of the dump". La traducción del párrafo sería la siguiente: Alrededor de las 19:30 horas del 31 de Enero de 1978, una rotura de aproximadamente 55 metros de ancho se produjo repentinamente en el muro oeste de un gran tranque en Arcturus Mine. Se estima que unas 30.000 toneladas de desechos fueron evacuadas producto de la rotura del muro, formando un aluvión de alrededor de 300 metros de largo. Producto de esto, dos chozas fueron

destruidas, matando a uno y dejando grave a otro. La investigación oficial (datos no publicados del Ministerio de Minería) fue que la falla del tranque se produjo debido a la fuerte lluvia antes del colapso, donde la capacidad de los desagües (drenajes verticales) se vio afectada al enfrentarse con una anormal acumulación de agua en la superficie del tranque.

6.8.5.- Mochikoshi, Japón: Según señalan SEID-KARBASI & BYRNE (2004) "The 1978 Izu-Ohshim-Kinkai earthquakes in Japan caused two tailings dams owned by the Mochikoshi gold mining company to fail as a result of liquefaction of the tailings materials behind the dams. The earthquake consisted of a main shock with magnitude of M7 and a large after shock of M5.8". La traducción del párrafo anterior sería: Los terremotos de Izu-Ohshim-Kinkai en Japón, durante 1978, causaron la ruptura de dos tranques de relave de la Compañía Minera Mochikoshi al fallar como consecuencia de la licuefacción ocurrida detrás de los muros. Los terremotos consistieron en un evento principal de magnitud 7 y un evento posterior de magnitud 5.8 (Imagen Nº 15).

Imagen Nº 15: Colapso de tranques de relave en Mochikoshi, Japón

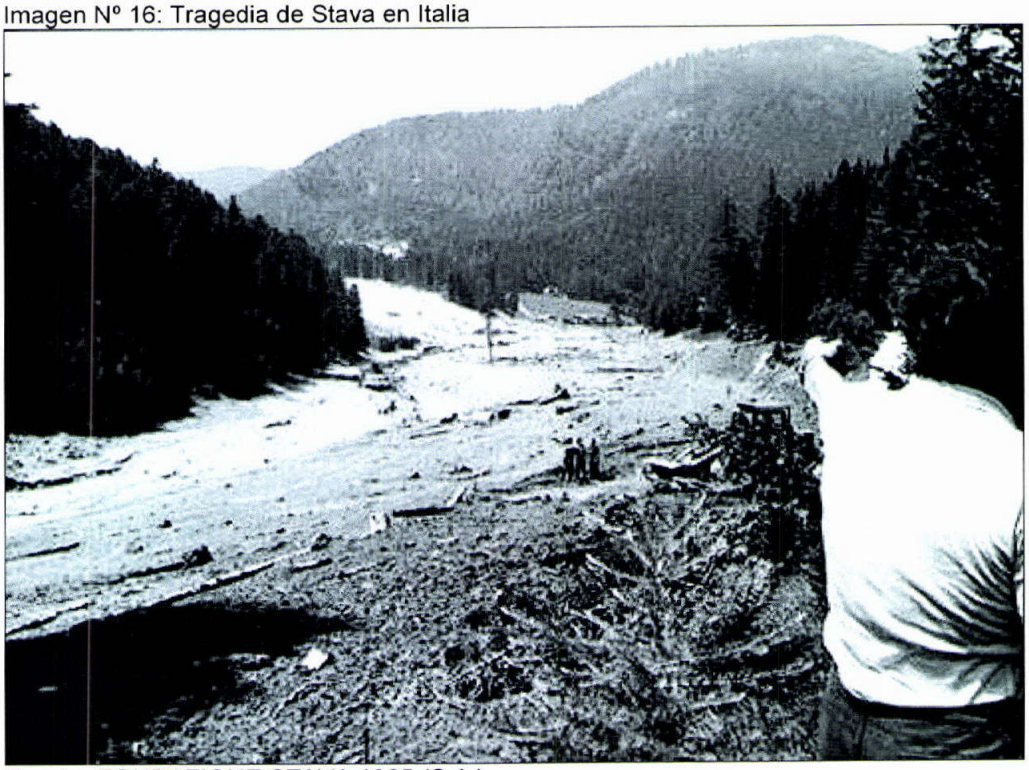


Fuente: SEW (2005).

6.8.6.- Stava, Trento, Italia: En julio de 1985, 268 personas fueron enterradas vivas bajo 200.000 m³ de barro tóxico que se escapó de un pozo de relave de una mina de fluorita. Según señala una pagina italiana[2] "Alle ore 12 e 22 minuti e 55 secondi del 19 luglio 1985, la colata di fango iniziò la sua corsa distruttiva con un tremendo boato. Il bacino superiore di decantazione dei fanghi della miniera crollò su quello inferiore che cedette a sua volta, riversando a valle 180 mila metri cubi di fango, ai quali si aggiunsero altri 40-50 mila metri cubi di materiale trascinato dalla forza devastatrice dell'urto. A quasi 90 chilometri l'ora, la massa fangosa si infilò nella Val di Stava travolgendo tutto ciò che incontrava sul suo cammino: case, alberi, strade, automobili. In soli tre minuti uccise 268 persone, distrusse 53 case, 3 alberghi, 6 capannoni, demolì 8 ponti e danneggiò gravemente 9 edifici". La traducción que se puede hacer del párrafo anterior es: A las 12 horas con 22 minutos y 55 segundos del 19 de julio de 1985, el flujo de lodo comenzó su carrera destructiva con un tremendo rugido. La cuenca superior de decantación de los lodos de la mina se derrumbó en la parte baja, vertiendo en 180.000 m³ de lodo, a la que se añadieron otros 40-50 mil metros cúbicos de material arrastrado por la devastadora fuerza del impacto. A casi 90 km por hora, la masa barrosa se enfilo hacia el Valle de Stava arrastrando todo a su paso: casas, árboles, carreteras, automóviles. En sólo tres minutos mató a 268 personas, destruyó 53 casas, 3 hoteles, 6 cobertizos, demolió 8 puentes y dañó gravemente 9 edificios (Imágenes Nº 16 y 17).

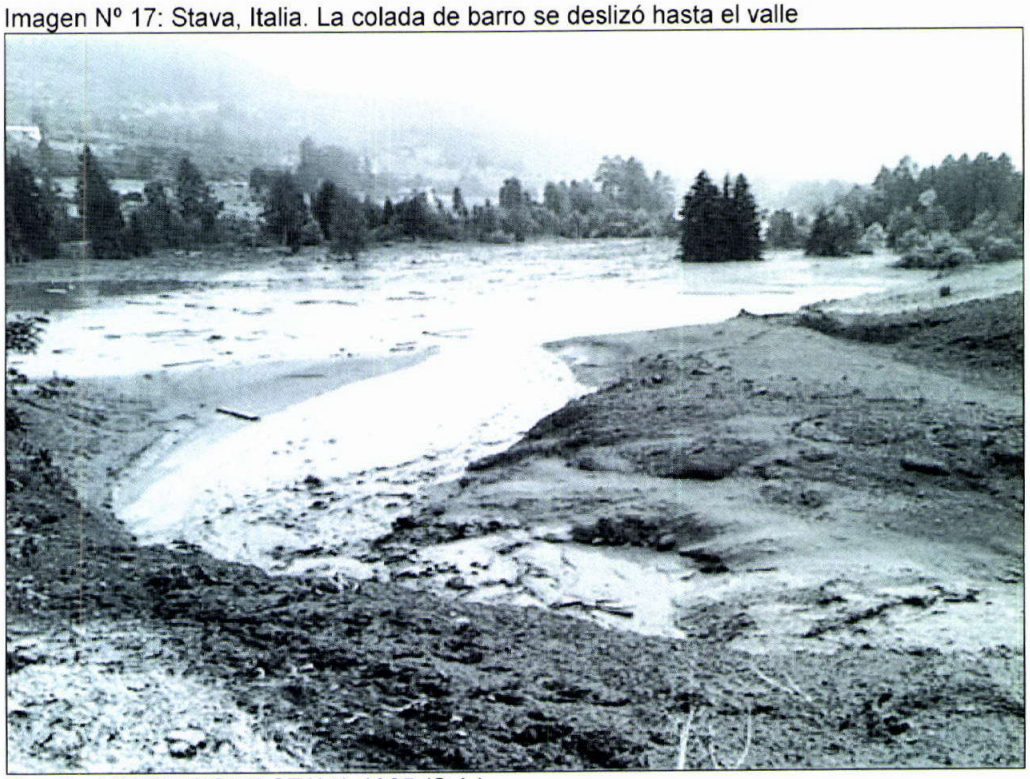
[2] http://www.girovagandointrentino.it/puntate/2003/estate/fiemme2/fiemme2.htm

Imagen Nº 16: Tragedia de Stava en Italia



Fuente: FONDAZIONE STAVA 1985 (S.A.).

Imagen Nº 17: Stava, Italia. La colada de barro se deslizó hasta el valle



Fuente: FONDAZIONE STAVA 1985 (S.A.).

6.8.7.- Mina El Cofre, Perú: En julio de 2006, un accidente desnudó las limitaciones para enfrentar este punto, cuando el colapso de una cancha de relaves de la Unidad Minera El Cofre contaminó el río Paratia y provocó la declaración de alerta verde para consumir líquido en la zona puneña, de parte de la Dirección General de Salud Regional. Al final, se abrió un proceso contra la compañía, y las aguas del Paratia siguieron su curso hasta llegar al Titicaca. Paradójicamente, el último estudio del barco científico Big Bell en el lago establece que el daño ambiental por metales pesados, tanto en Perú como en Bolivia, está en los niveles de tolerancia (LA PRENSA, 2006).

A raíz de los antecedentes expuestos anteriormente corresponde preguntarse cual es la caracterización del riesgo ambiental actual del tranque de relaves Las Tórtolas y si es que puede ser considerado una amenaza para el pueblo de Huertos Familiares.

6.9.- Historia del yacimiento Los Bronces

Los orígenes de la empresa se remontan a principios del siglo pasado en el yacimiento del mismo nombre. En el año 1916 se forma la actual empresa, resolviendo las numerosas disputas y litigios por la propiedad de las minas en explotación en el sector. La propiedad de una de las minas de este yacimiento fue particularmente disputada, lo cual dio origen al nombre de la Mina Disputada y posteriormente al nombre de la actual empresa. Con la formación de la Compañía Minera Disputada de Las Condes S.A. se inicia la explotación industrial del yacimiento Los Bronces, cuyo mayor desafío fue desde siempre el superar las dificultades de acceso y las severas condiciones de trabajo invernal. En los años posteriores se anexan las operaciones de la mina El Soldado y la Fundición Chagres. La propiedad de la empresa, a partir de 1952, estuvo en poder de capitales franceses. En 1972, el Estado de Chile compra Disputada a través de la Empresa Nacional de Minería. En 1978, la empresa se licitó internacionalmente y fue adquirida por sus actuales accionistas, Exxon Minerals Internacional Inc. Bajo la nueva administración, Disputada inició un proceso de modernización tecnológica, presupuestando inversiones de gran envergadura destinadas a obtener economías de escala y mejorar sus niveles de eficiencia operacional (SONAMI, 2001).

La mina Los Bronces se ubica entre las cotas 3.400 y 4.100 m.s.n.m. en la zona cordillerana de la comuna de Lo Barnechea, provincia de Santiago, dentro de la Región Metropolitana de Santiago. En este lugar se realizan operaciones que consisten en la extracción de mineral a rajo abierto y su posterior beneficio mediante flotación convencional para obtener concentrado de cobre. El mineral extraído de esta mina es sometido a procesos de chancado y molienda en el sector alto del río San Francisco, para luego ser enviado como pulpa a través de un mineraducto hacia una planta concentradora (flotación convencional) ubicada en el sector del cajón Las Tórtolas, a 45 Km. al norte de Santiago y entre las cotas 700 y 850 m.s.n.m. El producto obtenido es transportado en camiones al puerto de San Antonio para su exportación, o a la fundición Chagres.

6.9.1.- Expansiones de la empresa Anglo-American

En lo que a producción se refiere, a la fecha se han llevado a cabo varios eventos de expansión de las obras y, la concerniente a este estudio, que se encuentra en resolución dentro de CONAMA (hay que recalcar que al comienzo de este estudio, el tercer proyecto de expansión mencionado se encontraba en proceso de revisión, finalizando con la Resolución de Calificación Ambiental el 26 de Noviembre de 2007).

A continuación se describen brevemente algunas de ellas:

6.9.1.1.- Expansión del año 1996

CONAMA (1996) menciona que el proyecto de expansión-2 Mina Los Bronces considera aumentar la capacidad nominal de procesamiento de mineral de 37.000 a 75.000 toneladas por día. La justificación del proyecto radica fundamentalmente en que la compañía, para mantener y prolongar su competitividad a nivel mundial como productora de concentrado de cobre, requiere un proceso cada vez más rentable, lo que sólo puede lograr aumentando el ritmo de producción. La inversión estimada del proyecto es de US $570 millones. En el área Las Tórtolas los cambios más relevantes asociados al proyecto de expansión son los siguientes:

i. Se instalan equipos adicionales para el proceso de flotación y recuperación de concentrado de cobre, de características similares a los existentes.
ii. Se reemplaza la tubería de transporte de relave desde la planta hasta el depósito de relave por una de mayor diámetro. Las instalaciones de clasificación de relaves son readecuadas.
iii. Se agregan nuevos estanques para el almacenamiento de cal y reactivos de flotación.
iv. Para suplir los requerimientos adicionales de agua en la planta Las Tórtolas, se aumenta la recirculación de agua desde el depósito de relaves, y también el caudal de agua subterránea captada desde pozos existentes.
v. El consumo adicional de energía eléctrica en el área Las Tórtolas es suministrado por el sistema existente.
vi. El flujo vehicular se incrementa en aproximadamente 130 vehículos por día, de los cuales 60 corresponden al transporte de concentrado.

CONAMA (con fecha 27 de junio de 1997) acepta dicho proyecto de expansión pero añade ciertos requerimientos para el sector de Las Tórtolas, dentro de los cuales se contemplan las siguientes medidas (CONAMA, 1997):

A. Reducir las emisiones de material particulado generadas en los procesos y caminos del área Las Tórtolas a través de:

i. Riego periódico de caminos durante la etapa de construcción y operación, especialmente en la temporada seca.
ii. Encapsulamiento de todas las correas transportadoras de concentrado.
iii. Almacenamiento de concentrado en recinto cerrado (galpón) con presión negativa y sistema colector de polvo.
iv. Carguío de concentrado a camión dentro del galpón de acopio.

B. Para minimizar la extracción adicional de agua desde el acuífero a un promedio de aproximadamente 28 l/s, se contempla:

i. Recuperación de agua desde espesadores y filtros de concentrado.
ii. Recuperación de agua clara de relave desde el depósito de relaves

C. Aguas claras de relave en las zonas forestadas del área Las Tórtolas:

i. El efluente líquido del proceso, que corresponde a una parte del agua clara de relave (no recirculada), se debe someter a un tratamiento de acidulación para luego ser usado en el riego de plantaciones forestales.

D. Plan de monitoreo para el área de Las Tórtolas:

i. En caso de rebalses de estanques y celdas del circuito de remolienda, de los espesadores y del circuito de filtración por embancamiento, o por detenciones imprevistas o fallas en las bombas impulsoras, con riesgo potencial de contaminación de suelo e infiltración hacia la napa, se debe considerar la implementación de los estanques y/o depósitos siguientes: planta de cal; celdas de flotación; planta de reactivos; planta de molibdeno; bodegas de lubricantes y estanques de petróleo.
ii. En caso de reactivos químicos: se debe notificar a la autoridad correspondiente si la situación o magnitud así lo amerita; se aísla el sector afectado, evitando el contacto directo de personas; dependiendo del material se debe agregar una

sustancia neutralizante; personal especializado procederá al retiro del material y se efectuará una limpieza final del sector afectado. El detalle de estas actividades esta contenido en los manuales de operación y seguridad, especificado para cada uno de los reactivos químicos y será exigido por contrato a los proveedores y transportistas, siendo controlado en forma permanente por Compañía Minera Disputada de Las Condes S.A.

iii. En caso de filtraciones de tuberías con consecuentes fugas o roturas de tuberías de proceso, con riesgo potencial de contaminación de suelo e infiltración hacia la napa, las medidas de prevención serán principalmente aplicar las medidas de prevención y contingencia señaladas para el área Los Bronces.

iv. Además, se contempla el control permanente de los flujos de entrada y salida de los circuitos para detectar variaciones que puedan inducir un embancamiento y la habilitación de dos piscinas de emergencia, una para los circuitos de flotación y remolienda, la otra para los espesadores y las filtraciones.

v. Como medidas se contingencias se debe prever: acumulación gravitacional de los líquidos rebalsados en las piscinas; si es necesario, se interrumpirá de la impulsión de concentrado desde el área Los Bronces y vaciado del mineraducto en las piscinas de emergencia ubicadas a lo largo de su trazado y en el embalse de emergencia; después de resolver el desperfecto, los líquidos acumulados se bombearán nuevamente al proceso.

E. Mediciones de PM-10

i. En el área Las Tórtolas el monitoreo se efectuará cuatro veces al año: un mes en verano, un mes en otoño, un mes en invierno y un mes en primavera, con una frecuencia de 3 días (10 mediciones mensuales). Si al cabo del primer año de operación las concentraciones de PM-10 se mantienen dentro de rangos estables y adecuados, sin presentar incrementos importantes, se reduciría la frecuencia de monitoreo a dos veces al año (verano e invierno).

ii. Para las mediciones de PM-10 se debe utilizar un muestreador de alto volumen con cabezal para partículas de diámetro inferior a 10 µg. Los equipos se instalarán sobre la techumbre de viviendas o casetas. Los sitios estarán libres de obstrucciones significativas (estructuras, árboles, etc.) por sobre el nivel del

equipo, en un radio de 30 m. Los métodos de muestreo cumplirán las normas de la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) de E.E.U.U.

iii. Los resultados deben ser expresados como concentraciones en 24 horas de PM-10, a fin de compararlos con la concentración ambiental máxima permisible de 150 µg/m³N establecida en el D.S.N° 185/1991 del Ministerio de Minería.

F. Medición de calidad del agua en sector Las Tórtolas

i. La frecuencia de monitoreo de calidad del agua subterránea en el área Las Tórtolas es semestral (cada seis meses), determinándose la lista completa de parámetros de la NCH 1.333/78.

ii. Las medidas de abandono del depósito de relaves de Las Tórtolas están comprometidas en los permisos otorgados por parte de las autoridades correspondientes (SERNAGEOMIN y DGA), y se refieren a los siguientes aspectos:

✓Al término de la vida útil del depósito de relaves se construirá un vertedero en un costado de la presa, con capacidad para evacuar un caudal asociado a la crecida máxima probable.

✓La superficie final de los muros del depósito se protegerán con una capa de material grueso para minimizar la erosión eólica.

✓Complementariamente se debe instal una capa de suelo vegetal en la superficie final de los muros para permitir la plantación de especies adecuadas.

✓Por otra parte, para interceptar las infiltraciones de aguas claras de relave que se producen bajo el muro, la empresa continuará operando durante el abandono la batería de pozos al pie del muro, desde donde las recircula al depósito (operación actual, los pozos de monitoreo quedarán habilitados para permitir mediciones posteriores al cierre). Se considera continuar con el monitoreo de aguas durante el período estimado de 30 años en que operará la batería de pozos, y un lapso posterior de 2 años después de finalizada la operación de los mismos.

✓El agua reincorporada a la laguna del depósito se evaporará paulatinamente, y como una medida para acelerar su eliminación se contempla proseguir con el riego de las especies forestales hasta agotar el volumen de agua residual.

6.9.1.2.- Expansión del año 2000

SONAMI (2001) señala que durante el año 2002 esta prevista la puesta en marcha del proyecto de Expansión Los Bronces de la Compañía Minera Disputada de Las Condes, iniciado a comienzos del 2000, con una inversión de US$ 200 millones. El proyecto aumenta en 40.000 toneladas de cobre por año la producción de concentrados en el proceso de molienda y flotación y en 20.000 toneladas de cátodos por año la producción de lixiviación y electrólisis, elevando la producción de Disputada sobre las 300.000 toneladas de cobre por año, cerca de un 8% de la producción de cobre registrada en Chile en 1999. Con el proyecto de expansión anteriormente mencionado, la producción de la mina aumenta a 200.000 toneladas por día de mineral y lastre.

El principal equipo de la expansión, con un costo de 10 millones de dólares, es una segunda pala de 54 yardas cúbicas, capaz de cargar más de 60 toneladas en su balde. Adicionalmente, un nuevo molino de bolas de 14.500 HP permitirá elevar a 54.000 toneladas por día la capacidad de molienda.

Para transportar el mayor tonelaje a Las Tórtolas, Disputada reemplaza la cañería de acero de 20 pulgadas por una de 24 pulgadas. El cambio de diámetro permite optimizar el uso de este sistema, único en la industria, desarrollado con ingeniería chilena, utilizando las estaciones de disipación de energía, los puentes y los túneles existentes. Nuevas celdas, un molino y filtros repotenciados permiten aumentar el tonelaje tratado y la recuperación metalúrgica en la planta Las Tórtolas.

Basados en el éxito de la tecnología de lixiviación bacterial en altura de la primera planta inaugurada en 1998, el proyecto de Expansión Los Bronces contempla una segunda planta de extracción por solvente y electrólisis, que triplica la capacidad actual de producción de cátodos con costos de operación muy bajos.

Un 75% de la inversión del proyecto (US$ 150 millones) se gastan en bienes y servicios en Chile. Durante la construcción se crean 1.200 empleos directos y unos 1.000 empleos indirectos. El diseño completo del proyecto se efectúa en Chile usando 400.000 horas de ingeniería. La operación contempla 40 empleos permanentes de alta calificación y compras adicionales de bienes y servicios en

nuestro país por US$ 20 millones anuales, sustentando unos 800 empleos indirectos.

El proyecto se desarrolla considerando altos estándares ambientales y de seguridad. La autoridad respectiva ha aprobado completos estudios ambientales. En este sentido, hay que destacar que la superficie del bosque que Disputada ha creado en Las Tórtolas, asociado a la planta de flotación, se extiende a mil hectáreas (300 hectáreas adicionales), constituyendo el mayor bosque de la Región Metropolitana.

6.9.1.3.- Expansión del año 2006

CONAMA (2006) señala que el estudio de impacto ambiental fue presentado en CONAMA el 5/10/2006, encontrándose actualmente en calificación (con fecha 30 de Julio de 2007). En lo referente al tranque de relaves Las Tórtolas se consigna lo siguiente:

El Proyecto incrementará la tasa de generación de relaves de flotación a cerca de 155 ktpd nominales. El relave será dispuesto en el tranque Las Tórtolas, cuya capacidad se ampliará de 1.000 a 1.900 millones de toneladas. Para ello se aumentará la cota de coronamiento de los muros existentes en aproximadamente 50 metros (de 750 a 800 m.s.n.m.) y se incorporarán 3 muros secundarios.

El agua de la laguna de clarificación del tranque de relaves será recirculada al proceso. La capacidad de recuperación de agua en la laguna se ampliará instalando bombas adicionales. Los excedentes de agua continuarán siendo disipados mediante evapotranspiración en una plantación forestal de 450 hectáreas, complementada con una plantación de cultivos anuales de 100 hectáreas. La disipación de excedentes de agua del tranque de relaves mediante riego es una actividad del Caso Base que el Proyecto no requiere modificar. Por el contrario, el Proyecto aumenta la recirculación de agua al proceso, con lo cual disminuye el excedente que es necesario disipar. Sin embargo se mantendrá la actual superficie de riego porque sigue siendo necesaria para los años húmedos. En el sector de los muros secundarios se instalarán pantallas cortafugas para interceptar las infiltraciones y retornarlas al tranque. Estas pantallas alcanzarán la roca basal y

sellarán los horizontes fracturados de la roca. En el muro principal del tranque se mantendrá la operación de la batería existente de pozos de captación de infiltraciones, cuya capacidad de bombeo (superior al flujo de infiltraciones) permitirá absorber eventuales aumentos de caudal.

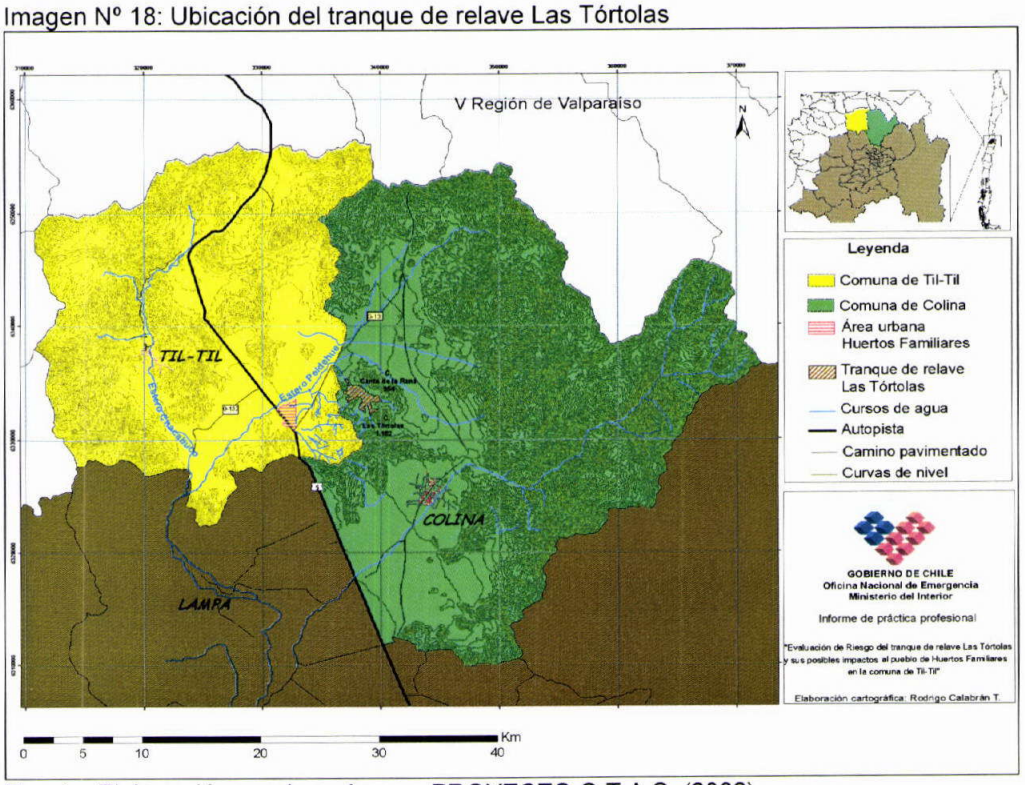
El Proyecto también incluye las necesarias conexiones entre estos sitios, en cuanto a caminos, tuberías y líneas eléctricas, y las instalaciones de apoyo. Los principales frentes de construcción que se llevarán a cabo en los sectores del área Las Tórtolas son los siguientes:

i. Planta de flotación primaria y remolienda de cobre.
ii. Planta de molibdeno y área de manejo / almacenamiento de concentrado de cobre.
iii. Ajustes planta actual.
iv. Conducción y clasificación de relaves.
v. Muros tranque de relaves e instalaciones anexas.
vi. Sistemas de control de filtraciones en muros del tranque de relaves.
vii. Recuperación aguas claras tranque.
viii. Trazado tuberías recirculación de aguas de relave.
ix. Ampliación de plantas elevadoras existentes en tubería de recirculación de aguas.
x. Instalaciones de apoyo.

6.10.- Tranque de relave Las Tórtolas

En 1992 inició su operación el tranque de relave Las Tórtolas (perteneciente a la empresa Anglo-American Chile) el cual se ubica dentro de la comuna de Colina (Imagen Nº 18). El diseño contempló desde el comienzo el control de la contaminación de las aguas subterráneas y la eliminación de la posibilidad de vertidos a aguas superficiales, por lo que se consideró la capacidad para absorber su crecida máxima previsible. Para evitar las infiltraciones se construyó una cortina de siete pozos de captación de aguas subterráneas al pie del tranque (ANGLO-AMERICAN CHILE, 2004).

Imagen Nº 18: Ubicación del tranque de relave Las Tórtolas



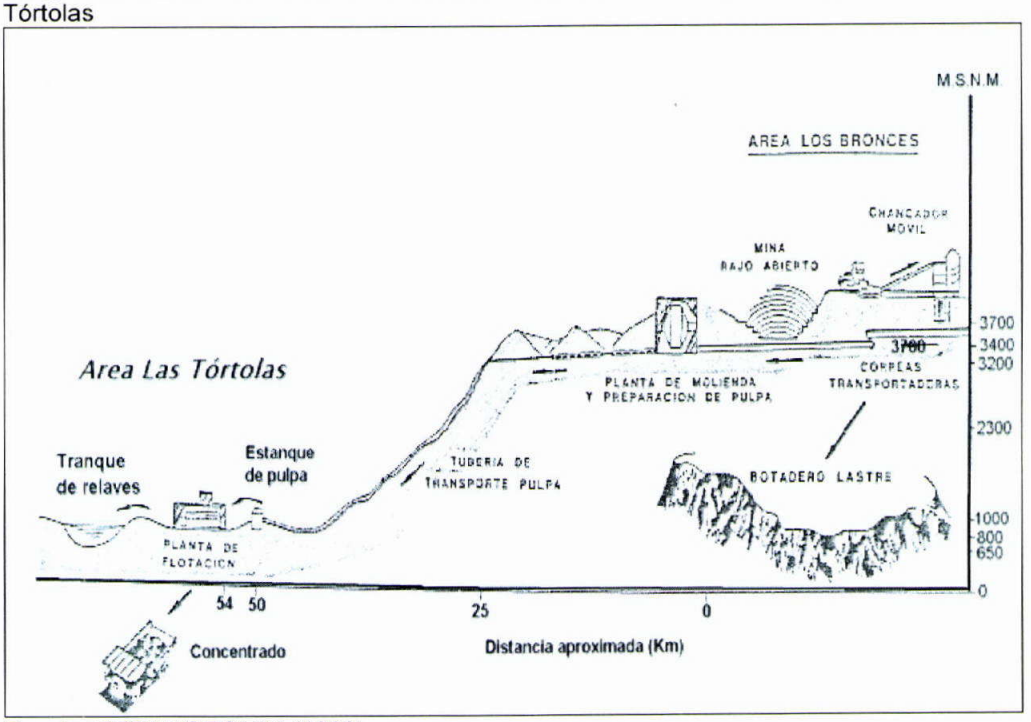
Fuente: Elaboración propia en base a PROYECTO O.T.A.S. (2002).

6.10.1.- Características del tranque (antes de ser construido)

A continuación se detallan las características que posee el actual tranque de relaves Las Tórtolas, siendo descritas en el "Levantamiento catastral de los tranques de relaves en Chile: Etapa A, regiones V y XIII. SERNAGEOMIN (1989).

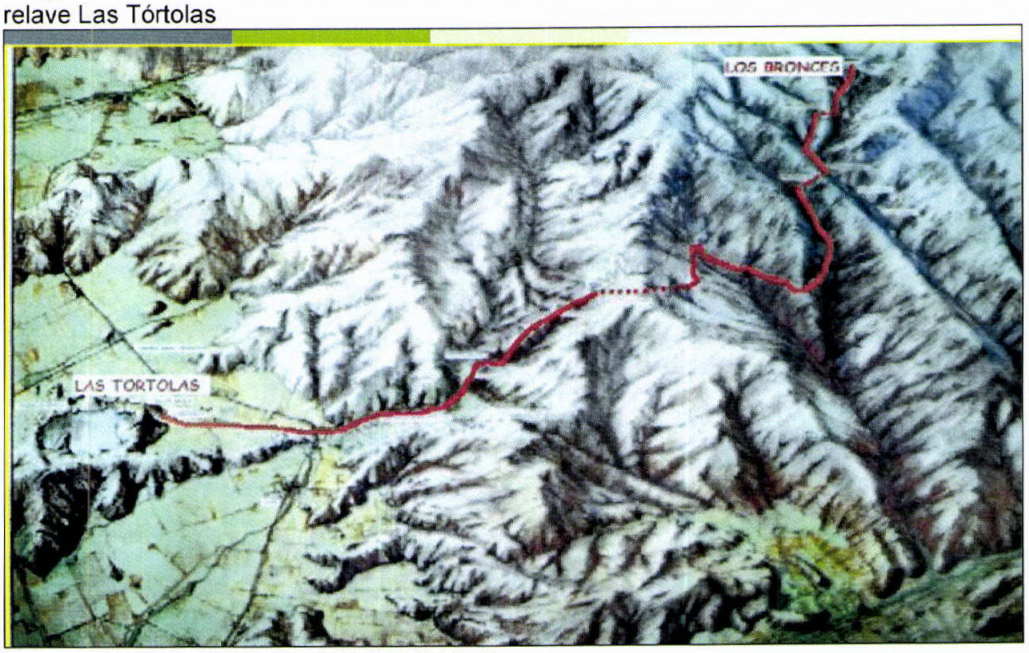
6.10.2.- Ubicación: Se encuentra ubicado en el cajón de Las Tórtolas (33° 07´ Latitud Sur; 70° 44´ longitud Oeste), dentro de la comuna de Colina, provincia de Chacabuco. Los relaves provienen de la zona de Los Bronces, ubicada en la alta cordillera a 3.500 metros sobre el nivel del mar (Imágenes N° 19 y 20). Geológicamente está emplazado sobre sedimentos fluviales y aluviales recientes, constituidos principalmente por arcillas limo-arenosas con intercalaciones de gravas arenosas, con bolones. Estos sedimentos cuaternarios con espesores variables pero no mayores que 15 m. rellenan una antigua garganta labrada en la roca basal pórfido andesítica.

Imagen N° 19: Perfil entre el área de la mina Los Bronces y el tranque de relave Las Tórtolas



Fuente: SERNAGEOMIN (1990).

Imagen Nº 20: Modelo de terreno entre el área de la mina Los Bronces y el tranque de relave Las Tórtolas



Fuente: ANGLO-AMERICAN CHILE (2007β).

6.10.3.- Características de los muros: Los muros del tranque de relave Las Tórtolas se construirán mediante la depositación de relaves cicloneados, los que tendrán no más de un 10% de finos. El muro principal incluye un muro de partida (Starter Dam) de suelo compactado, sobre el cual se depositarán hidráulicamente los relaves cicloneados, los que luego se compactarán mecánicamente. El muro occidental se construirá depositando hidráulicamente los relaves cicloneados, los que luego se compactarán mecánicamente. El muro oriental se construirá mediante relleno convencional, de capas horizontales compactadas de arenas de relaves, las que se transportarán en camión.

6.10.4.- Condiciones de estabilidad

i. **Estática**: Los antecedentes disponibles, a nivel de proyectos, permiten suponer que los muros del futuro tranque de relave Las Tórtolas tendrán una estabilidad estática buena; con un factor de seguridad probablemente mayor que 1,5; y una muy baja probabilidad de falla.

ii. **Sísmica:** Los antecedentes disponibles, a nivel de proyectos, permiten suponer que los muros del futuro tranque de relave Las Tórtolas tendrán una estabilidad

sísmica aceptable a buena; con un factor de seguridad probablemente mayor que 1.2; y una baja a muy baja probabilidad de falla.

6.10.5.- Fenómenos no sísmicos que podrían afectar al tranque de relaves Las Tórtolas: Dada las características geomorfólogicas y climatológicas de la zona donde se ubicará el tranque, el principal fenómeno no sísmico que lo podría afectar es la ocurrencia de lluvias intensas. La probabilidad de que estas lluvias intensas causen la falla total de alguno de los muros del tranque es remota; la probabilidad de que causen fallas parciales es muy baja; y la probabilidad de que causen fallas menores es muy baja a media.

6.10.6.- Efectos de una falla parcial: La probabilidad de una falla parcial de alguno de los muros del tranque Las Tórtolas es baja a muy baja; sin embargo, en la eventualidad de que ocurriese, si permite el vaciado de los relaves podría ocasionar victimas y daños importantes e incluso, si no permite el vaciado de los relaves, generaría una situación de potencial colapso que requeriría una inmediata, y probablemente costosa, reparación.

7.- Desarrollo

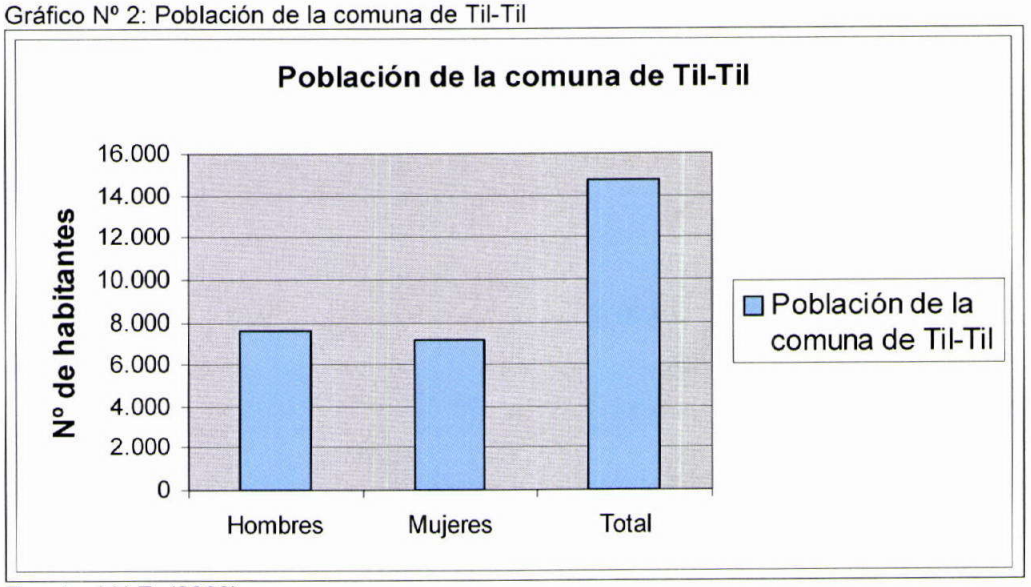
7.1.- Caracterización del área de estudio

7.1.1.- Dimensión socio-económica

Til-Til se empezó a formar al descubrirse una mina de oro en 1712, creándose cinco trapiches para la molienda de los minerales. Se ubica a 33º 06´ de Latitud Sur y 70º 56´ de longitud y tomó su nombre de la escasez de agua en el sector que llamó la atención de los aborígenes al ver que las gotas se juntaban al venir dando salto por las quebradas de risco en risco con su incesante tintinear de "til, til, til" que llamaron a la zona Til-Til (INOSTROZA, S.A.). Tiene una superficie aproximada de 653 Km².

Según el Censo de Población y Vivienda de 1992, la comuna de Til-Til contaba para ese año con un total de 12.838 personas (I.N.E., 1992), aumentando a 14.755 personas para el año 2002 (I.N.E., 2002) lo que implica una variación positiva de un 14,9% (Gráfico Nº 2). A partir de este total se tiene que 8.131 habitantes tienen carácter de urbano y 6.594 se clasifican como rurales. Finalmente tenemos que 7.609 son hombres y 7.146 son mujeres.

Gráfico Nº 2: Población de la comuna de Til-Til



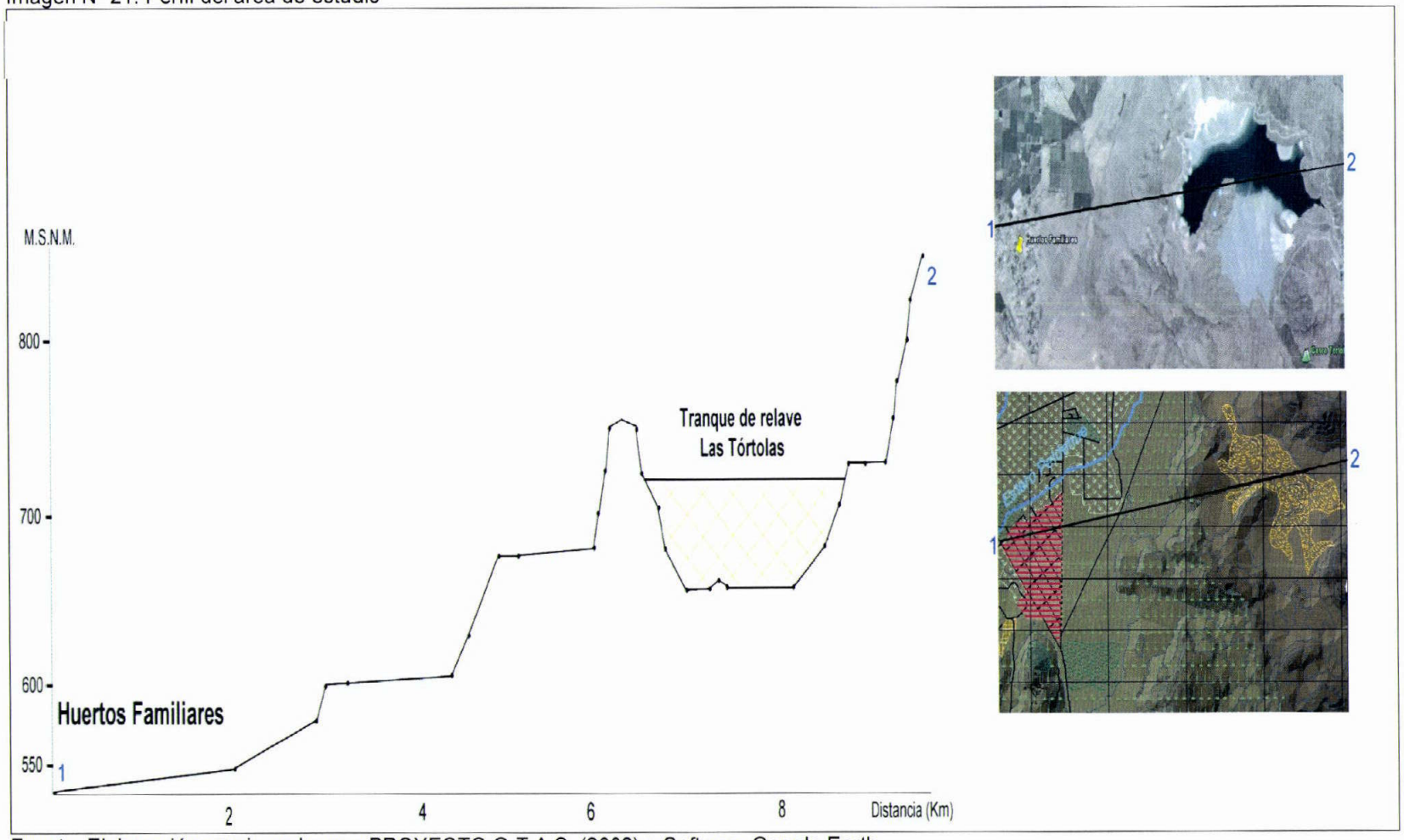
Fuente: I.N.E. (2002).

Esta comuna está compuesta por los distritos de Til-Til, Polpaico, Montenegro, Rungue y Caleu. Un 44,7% de su población total se concentra en el área rural,

donde los distritos de Montenegro, Rungue y Caleu presentan un 100% de población rural (RUGIERO, 2006).

Siguiendo la misma línea y hablando a nivel de microescala, el pueblo de Huertos Familiares se encuentra inserto dentro del distrito de Polpaico (Imagen Nº 21) en la comuna de Til-Til. Se ubica a 33º 07´ de Latitud Sur y 70º 46´ de Longitud Oeste. Algunas de las características que posee esta localidad se describen a continuación (CONAMA, 2006).

Imagen Nº 21: Perfil del área de estudio

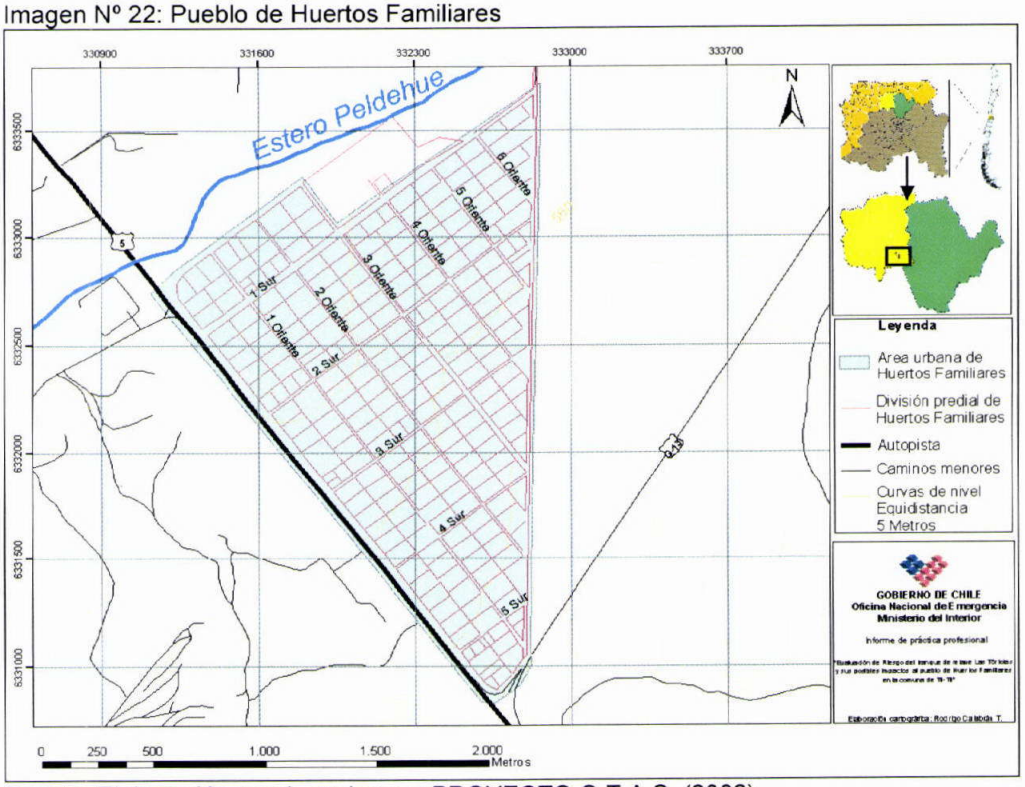


Fuente: Elaboración propia en base a PROYECTO O.T.A.S. (2002) y Software Google Earth.

7.1.2.- Dimensión geográfica

El pueblo de Huertos Familiares se sitúa en el extremo sur oriente de la comuna de Til-Til, limitando con la comuna de Colina. Se emplaza en pleno valle agrícola con zonas de cultivos y una densidad poblacional alta en relación a su contexto inmediato. Por la Ruta G-71 se tiene acceso a Los Andes y por la Ruta 5 al resto de Til-Til, Santiago y al norte del País (Imagen Nº 22).

Imagen Nº 22: Pueblo de Huertos Familiares



Fuente: Elaboración propia en base a PROYECTO O.T.A.S. (2002).

La comunidad cuenta con transporte público de buses interprovinciales que tienen paradas establecidas en puntos de la Ruta 5, también existen colectivos que conectan con el centro administrativo de Til-Til ($600 desde las 7:00 a las 23:00 hrs.).

Este sector, por su ubicación en los límites comunales, posee una considerable distancia del centro administrativo comunal, que combinado a la fuerte separación territorial que determina la Carretera 5, genera una autonomía relativa, que lo lleva a disponer de los servicios y equipamientos básicos fundamentales, lo que la

posiciona a su vez como micro centro de las otras localidades más pequeñas del entorno como Santa Matilde. Con esta localidad específicamente, se comunica a través de un camino interior ripiado muy transitado.

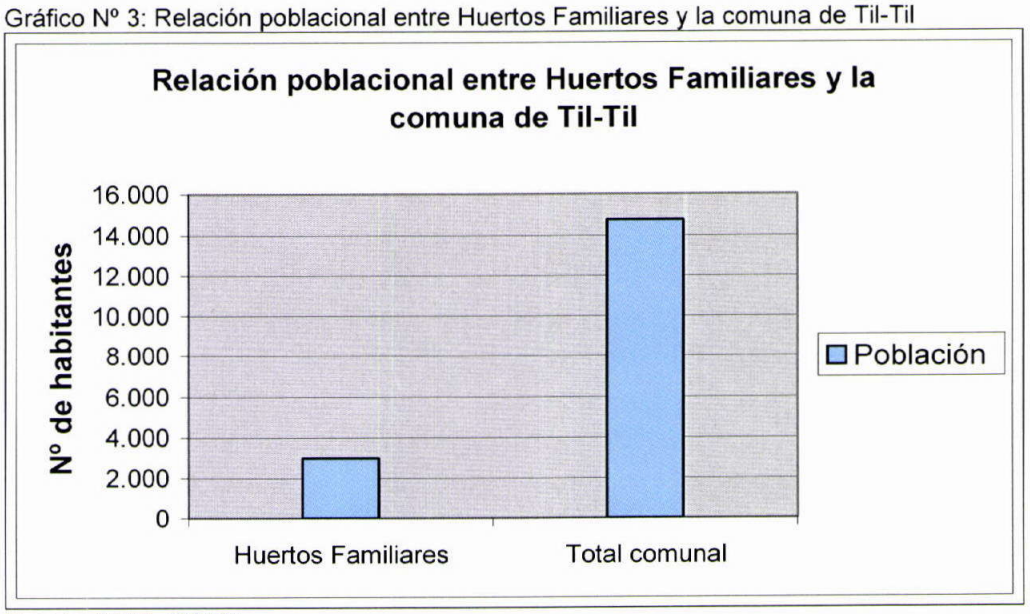
Huertos Familiares es básicamente un pueblo que da cuenta de una situación intermedia entre lo rural y lo urbano. Presenta una trama urbana, caracterizada por numerosos establecimientos comerciales e instituciones, una avenida principal con un bandejón central, cuya área verde se presenta sin consolidar y en muy mal estado.

7.1.3.- Dimensión demográfica

La población total de toda la localidad de Huertos Familias de acuerdo al Censo 2002, es de 2.993 habitantes (Gráfico Nº 3), con una distribución muy cercana entre hombres y mujeres, de leve predominio de los primeros. Los grupos etáreos más numerosos son los niños del rango 10 a 14 años con 359 integrantes, seguido del rango 5 a 9 años con 297 miembros, luego surge el grupo etáreo de 35 a 39 años con 282 personas, seguido del grupo de 25 a 29 con 264 personas, lo anterior refleja una población predominantemente joven. Respecto de los adultos mayores, sobre los 60 años se registran 329 personas.

Respecto del nivel de educación, al momento del Censo 2002, el grupo mayoritario correspondiente a 1.195 personas presentaba Básica Primaria, seguido muy de cerca por Media Común, lo que muestra un grado de instrucción muy elemental en la mayoría de su población.

Gráfico Nº 3: Relación poblacional entre Huertos Familiares y la comuna de Til-Til



Fuente: I.N.E. (2002).

7.1.4.- Dimensión antropológica

Sus habitantes responden a un perfil de pobladores urbanos de estratos principalmente medios-medios. Un factor clave en las características de esta localidad y sus modos de vida y costumbres, tiene que ver con que numerosos grupos familiares se radicaron allí, producto del plan de recolocación de sus trabajadores, emprendido por la empresa Polpaico, luego de abandonar el poblado de Cerro Blanco que había crecido en torno esta industria. Este factor ha llevado nuevos recursos al área, lo que básicamente se refleja en la mejor calidad de las viviendas en relación al resto de la comuna y en especial de las localidades vecinas.

En cuanto a la adscripción a etnias, en el Censo 2002, 60 personas manifestaron ser mapuches, 6 quechuas y 3 aymaras.

Dentro de este mismo punto, en la prospección arqueológica realizada en el área Las Tórtolas se registraron 10 sitios arqueológicos, todos en el área de influencia directa del proyecto. Estos sitios corresponden en su mayoría a campamentos abiertos, algunos acompañados de bloques con piedras tacitas. Respecto al estado de conservación, varían entre regular, bueno y muy bueno.

7.1.5.- Dimensión socio-económica

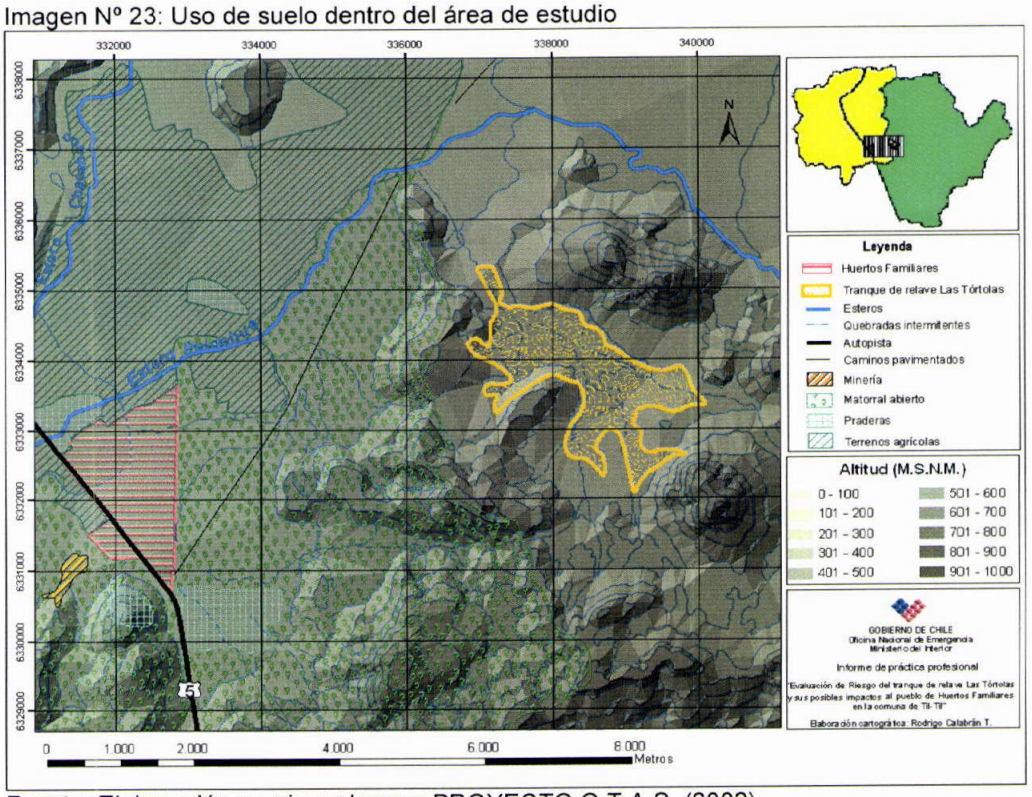
De acuerdo al Censo 2002, 1.280 personas se encontraban trabajando por un ingreso o sin trabajar, pero con empleo. En cuanto a las ramas de actividad de la P.E.A. (Población Económicamente Activa), la mayoría se dedica a industria manufacturera, seguido de transporte, almacenamiento y comunicación, luego de comercio al por mayor y menor, reparación de autos y motos, actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler, lo que la distingue claramente de la vecina localidad de Santa Matilde, que es predominantemente agrícola y confirma su condición de proveedora de servicios, bienes y productos para al menos un área del territorio comunal.

7.1.6.- Dimensión bienestar social básico

En relación al sistema de eliminación de excretas, el 75,8% de los hogares cuenta con conexión a alcantarillado, en tanto 16% aún usan pozos negros. El sistema de agua potable es una cuestión resuelta para el 88,4% de los hogares, habiendo aún 5,7% que obtiene el agua de pozo o noria y 0,3% extrae directamente de afluentes naturales. En cuanto al suministro eléctrico, el 93% de las viviendas tiene acceso a éste, de las 881 viviendas indicadas como el total de acuerdo al Censo 2002. Dichas viviendas en su mayoría son casas y en una proporción mucho menor mejora o mediagua. Las casas en general, en cuanto materialidad, son sólidas. Sobre la tenencia, el grupo mayoritario son viviendas propias totalmente pagadas.

En cuanto a equipamiento y servicios, esta localidad destaca por contar con el Liceo de Huertos Familiares, una escuela y jardín infantil que ofrecen desde educación parvularia a enseñanza media completa, un retén de carabineros, un cuartel de bomberos, un club de ancianos, una sede social, una oficina de correo, una posta de salud, una sede social de la Asociación Ex-Empleados de Polpaico, una multicancha con camarines, además de templos de Iglesia evangélica y católica. Respecto del ambiente natural, lo más destacable es el paisaje agrícola del valle, caracterizado por áreas cultivables, con pequeñas colinas. La Imagen N° 23 señala el uso de suelo actual para el área de estudio.

Imagen Nº 23: Uso de suelo dentro del área de estudio



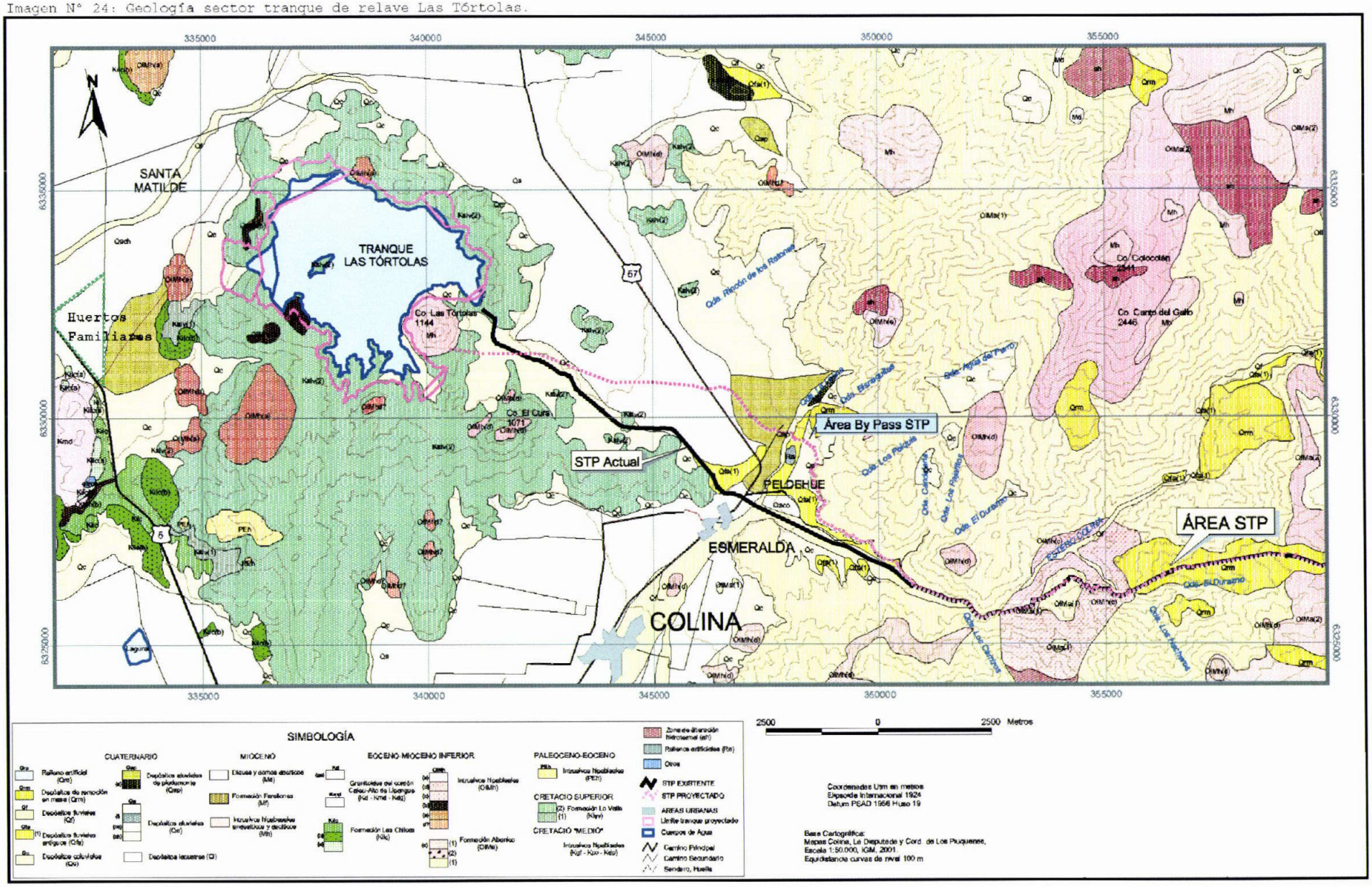
Fuente: Elaboración propia en base a PROYECTO O.T.A.S. (2002).

7.2.- Caracterización física del área de estudio

7.2.1.- Geología

De acuerdo a CONAMA (2006) "el área de Las Tórtolas está formada por dos unidades geológicas: la planicie aluvial de Peldehue y los cerros de Colina. La planicie de Peldehue está formada por un relleno aluvial (Qa) del Pleistoceno; se conecta lateralmente con depósitos coluviales de piedemonte (Qc) que son importantes en ambos costados de la planicie. Los cerros de Colina constituyen un enclave montañoso ubicado en el extremo norte de la cuenca de Santiago y formado, esencialmente, por rocas de la formación Lo Valle (Kslv) del Cretácico Superior. Estas rocas están intuidas por cuerpos hipoabisales andesíticos y dioríticos del Mioceno, tal como el cerro Las Tórtolas (Imagen Nº 24).

Imagen N° 24: Geología sector tranque de relave Las Tórtolas.



Fuente: CONAMA (2006).

7.2.2.- Geomorfología

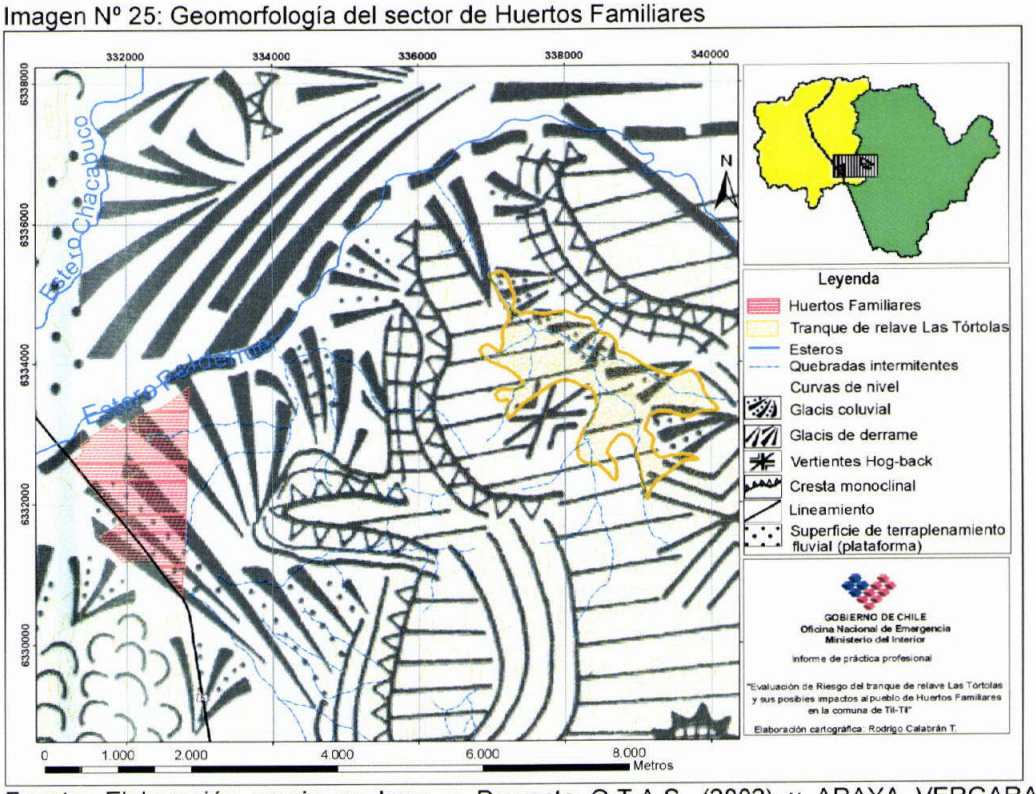
Según ARAYA VERGARA (1985) entre Chacabuco y Chicureo, tres géneros de formas hacen juego en el contacto entre montaña y fondo de depresión: los conos caóticos, los glacis coluviales y los glacis de derrame (Imagen Nº 25). Los conos caóticos aparecen sólo como formas correlativas a cuencas de drenaje bien desarrolladas; contienen abundantes bloques, abombamientos separados por talwegs y comúnmente sustentan la vegetación natural, ya que están cubiertos de suelo.; aguas abajo, dan paso a glacis de derrame con abundantes sedimentos finos; los materiales gruesos difícilmente pasan al tamaño de la grava y son subangulosos; los suelos son más profundos y de tendencia pesada, indicando condiciones de drenaje inferiores a las de los suelos de los conos; los coloides dan tal ligosidad al suelo, que este se vuelve muy duro y compacto al secarse; continua pedregosidad pequeña se ve hacia la superficie, del tamaño de la gravilla, pero siempre englobada en abundante material fino; da la sensación de que algunas facies pueden corresponder a glacis de ahogamiento. Los glacis de derrame que no tienen conexión con conos están naturalmente ajenos al desarrollo de cuencas de drenaje importantes y aparecen como el producto de la arroyada de varias vertientes, como ocurre en el sector de Peldehue.

En el borde septentrional aparece una depresión periférica entre el sector de Chacabuco y los monoclinales de Polpaico. Ella está orientada en la dirección de la fracturación general para esta parte (NE-SW). Así, se puede proponer que el tipo de contacto entre montaña y fondo de depresión es aquí el de una depresión periférica. La fractura directriz de esta separa un paisaje de monoclinales de media o baja montaña que se destaca al sur de ella.

Una serie de glacis marca el contacto entre la montaña y el fondo de esta depresión. Este se divide en dos secciones: La oriental esta ocupada por glacis de derrame y la occidental, por una terraza aluvial aparentemente de menor pendiente que el glacis. El cuerpo de este es rico en gravilla y arena. Las gravas también están representadas dando cuenta de algunas facies de escurrimiento concentrado. Las gravas finas, gravillas y arenas están estructuradas en lentes largos y delgados, revelando la acción de posibles arroyadas concentradas. El suelo en esta parte es relativamente delgado. La terraza occidental se destaca por un

cambio en el uso de la tierra, apareciendo profusamente ocupada por campos de cultivos. En la parte oriental tiende a haber bastante adaptación del drenaje concentrado actual a la morfología del glacis; la incisión de los talwegs es muy leve y se puede proponer que en edad reciente la retroacción fue negativa, aunque en el presente hay una suave tendencia a la retracción positiva (¿neutra?). En la terraza occidental, en cambio, la incisión fluvial es más manifiesta y se puede hablar de un balance reciente positivo.

Imagen Nº 25: Geomorfología del sector de Huertos Familiares



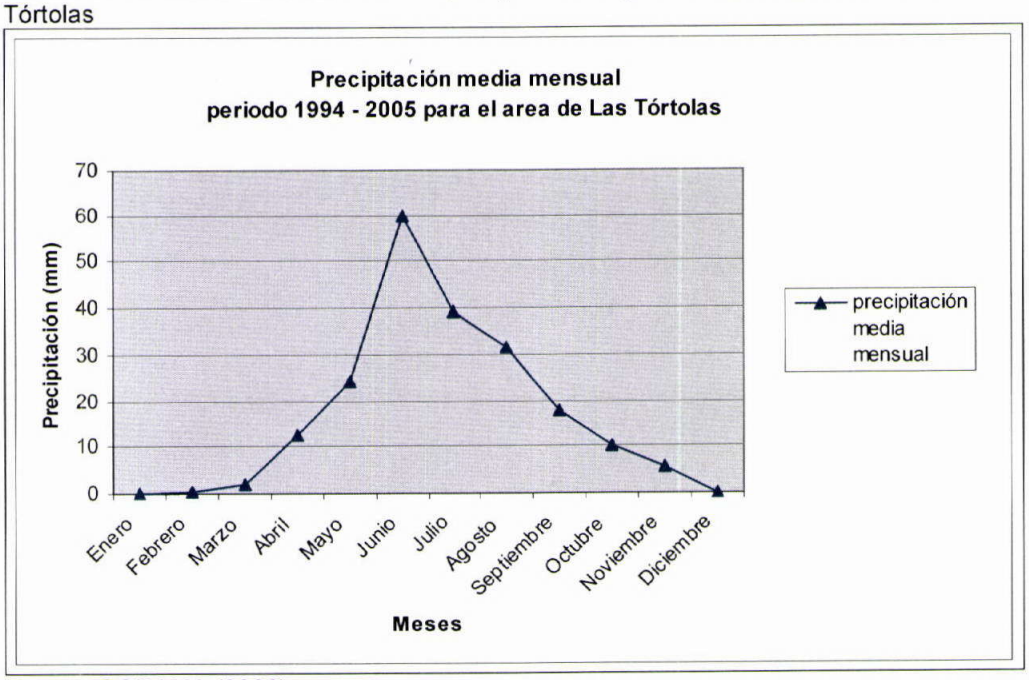
Fuente: Elaboración propia en base a Proyecto O.T.A.S. (2002) y ARAYA VERGARA (1985).

7.2.3.- Clima y meteorología

El régimen hídrico del área Las Tórtolas es de tipo mediterráneo con 7 meses secos, según los registros pluviométricos de la estación del mismo nombre, presentan una media anual de 204 mm, una precipitación media máxima mensual de 60 mm en junio y una media mínima mensual de 0,2 mm en diciembre, donde el 85% de las precipitaciones se concentra entre los meses de mayo y septiembre (Gráfico Nº 4). La evaporación de bandeja media anual es 1.634 mm, mientras que

la evapotranspiración potencial media anual es de 1.005 mm, con valores máximos en el mes enero y mínimos en el mes de julio.

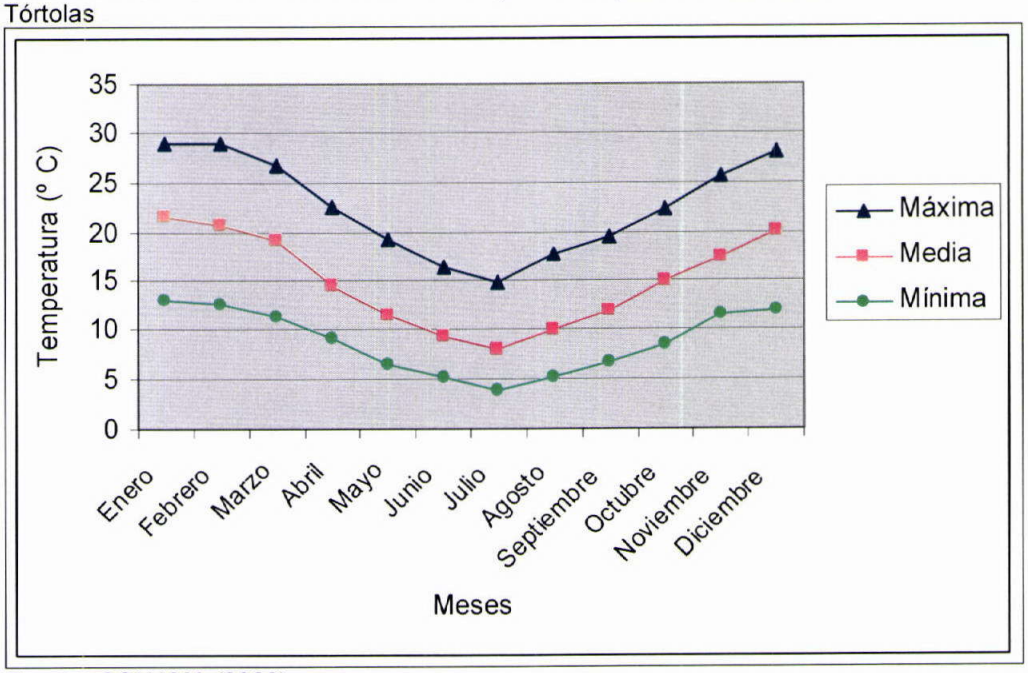
Gráfico Nº 4: Distribución mensual de precipitaciones periodo 1994-2005 para el área Las Tórtolas



Fuente: CONAMA (2006).

Con respecto a la temperatura (Gráfico Nº 5), esta presenta una media anual de 15°C, con una media máxima mensual de 21,6°C en enero y una media mínima mensual de 8,1° C en julio. La humedad relativa media anual presentó un valor de 63%, con una media mensual máxima de 68% en julio y una media mensual mínima de 48% en febrero.

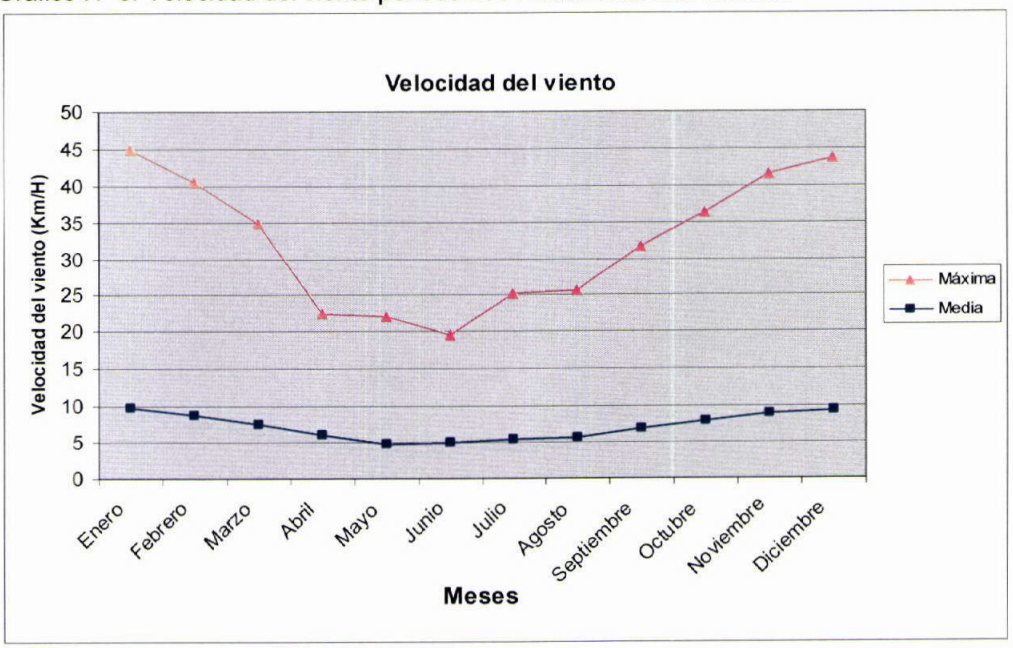
Gráfico Nº 5: Distribución mensual de temperaturas periodo 2001-2005 para el área Las Tórtolas



Fuente: CONAMA (2006).

De acuerdo al régimen de vientos, predomina la dirección Este (E) durante gran parte del año (estación de otoño, invierno y gran parte de la primavera) y en relación a la estación de verano, el área se caracteriza por presentar un predominio de viento con dirección Sur – Suroeste (SSW) (de acuerdo a registros de la Estación Las Tórtolas). La velocidad media anual del viento en el área Las Tórtolas es de 6,6 Km/H, con una media mensual máxima de 8,28 Km/H en el mes de diciembre y una media mensual mínima de 3,6 Km/H en los meses de mayo/junio (Gráfico Nº 6). La velocidad máxima anual es de 27 Km/H, con variaciones entre 17,28 Km/H y 35,28 Km/H

Gráfico Nº 6: Velocidad del viento periodo 2001-2005 área Las Tórtolas



Fuente: Elaboración propia en base a CONAMA (2006).

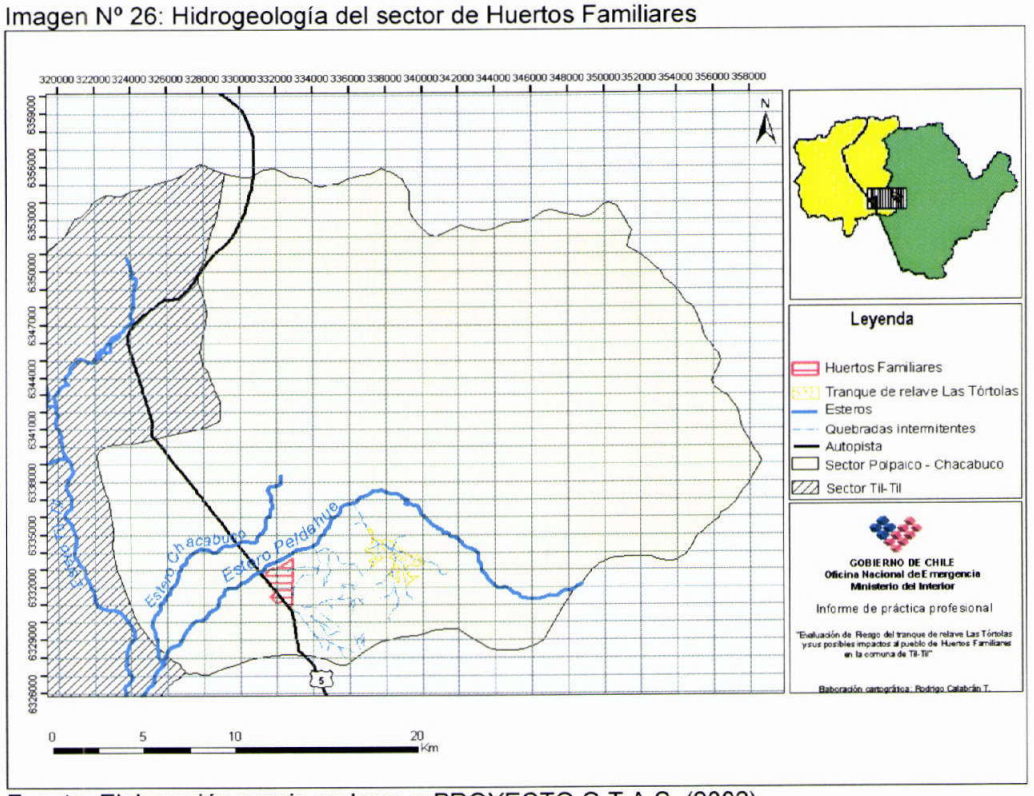
7.2.4.- Hidrogeología

Según la DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (2002) el Sistema Chacabuco corresponde a uno de los tres sistemas que conforman el acuífero del Maipo Mapocho y, dentro de este, se encuentra inserto el Sector Polpaico - Chacabuco (Imagen Nº 26) el cual está asociado a la cuenca hidrográfica del estero Chacabuco. Este sector se encuentra junto al sector de Til-Til en el extremo norte del Área Metropolitana. En la cabecera de la cuenca hidrográfica los esteros Chacabuco, Santa Margarita y Quilapilún juntan sus cauces en la zona de Angostura de Huechún, dando origen al Estero Chacabuco. Sus límites Norte y Noreste corresponden a la línea que define el límite regional, por el Sureste limita con el Sector Colina Superior, y por el Sur con los sectores de Colina Inferior y Lampa, manteniendo conexión hidráulica con estos dos últimos. La zona entre las localidades de Polpaico y Quilapilún, como en el sector anterior, constituye una superficie subhorizontal elevada por sobre el llano de la ciudad de Santiago, lo cual estaría relacionado a un origen tectónico al encontrarse escalonadas de norte a sur. Los flujos de salida, tanto subterráneos como superficiales de esta cuenca, se juntan con los del sector de Til-Til en la zona de Polpaico, dando origen al Estero Lampa. Las unidades principales están asociadas en su cabecera a depósitos

coluviales y conos de deyección, luego en la zona media se distinguen los depósitos del abanico aluvial del Estero Chacabuco, formados por arenas y arenas gravosas, y en su extremo distal, depósitos lacustres formados por sedimentos finos limo - arenosos - arcillosos. Intercalados entre ellos se encuentran los depósitos fluviales actuales y antiguos aterrazados, formados de gravas arenosas y arenas.

A nivel de micro-escala, en el área Las Tórtolas, el acuífero se encuentra alojado principalmente en el relleno sedimentario en forma de un acuífero libre. Sin embargo, se pueden definir dos zonas en las cuales el acuífero se comportaría levemente distinto o se podría dividir en dos acuíferos conectados hidráulicamente: Estas serían el Cajón de Las Tórtolas y el Valle del Estero Peldehue en el sector de Quilapilún. En primer lugar, en el sector del muro principal y Cajón de Las Tórtolas, los sedimentos que conforman el acuífero presentan contenidos variables de arcilla, lo que eventualmente podría resultar en sectores en los que el acuífero se comporte como acuífero semiconfinado si el porcentaje de arcilla es muy elevado. En este sector, también forma parte del acuífero el depósito de remoción en masa ubicado en el sector del estribo derecho del muro del tranque de relaves, el cual se comporta también como un acuífero libre a semiconfinado por los niveles de arcilla presentes. Este acuífero alojado en los sedimentos del Cajón Las Tórtolas engrana con el acuífero del valle del Estero Peldehue, que corresponde a un acuífero fluvial libre. El espesor de roca fracturada encontrada en casi la totalidad de los sondajes perforados también forma parte del acuífero en ambas zonas y estimando que posee un espesor de 5 m (CONAMA, 2006).

Imagen Nº 26: Hidrogeología del sector de Huertos Familiares

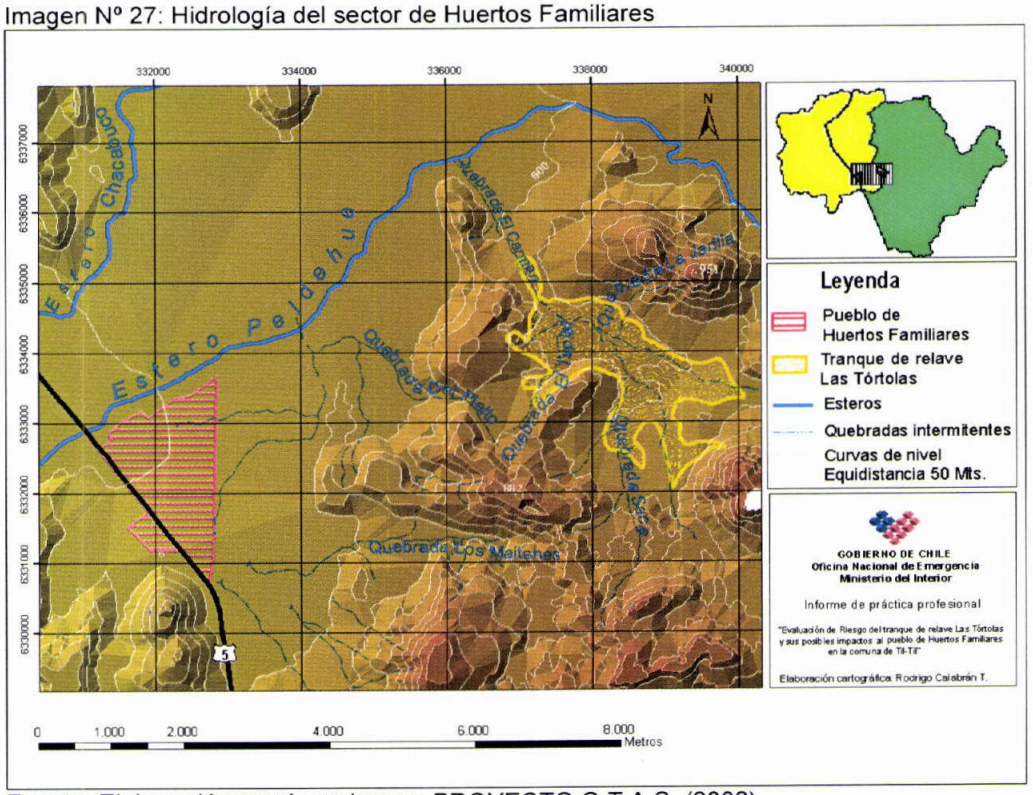


Fuente: Elaboración propia en base a PROYECTO O.T.A.S. (2002).

7.2.5.- Hidrología

El área de Huertos Familiares se encuentra inserta dentro de la cuenca del estero Peldehue, el cual según BOETTIGER (1987) nace en las vertientes pre-andinas pero recibiría sus mayores aportes de caudal del macizo Altos de Polpaico, enclavado en el centro de la cuenca del estero Lampa. Tiene un lecho poco competente que se adapta a las acumulaciones y sigue un curso de Este a Oeste cruzando la depresión de Polpaico. Además posee sistemas superficiales intermitentes (quebradas) en todo su alrededor, destacándose la quebrada La Jarilla, la quebrada Los Maitenes, la quebrada Del Pleito, la quebrada El Tapial y la quebrada Seca. (Imagen Nº 27).

Imagen Nº 27: Hidrología del sector de Huertos Familiares



Fuente: Elaboración propia en base a PROYECTO O.T.A.S. (2002).

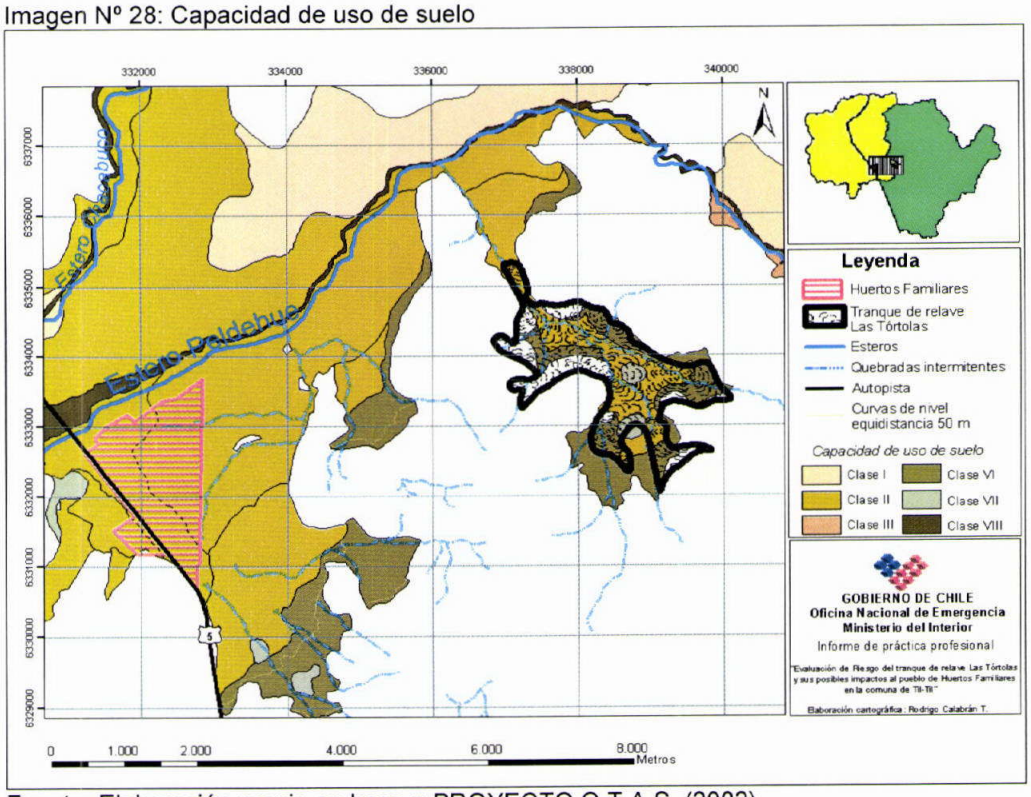
7.2.6.- Suelos

7.2.6.1.- Capacidad de uso

Según CONAMA (2006) los suelos de Clase de Capacidad de Uso II se ubican en los sectores más bajos y planos del área del tranque. Poseen restricción por las texturas finas en el pedón. Los suelos de Clase VI se ubican en una posición más alta respecto a la anterior y presentan pendientes de 3% a 8%.

Los suelos de Clase de Capacidad de Uso VII, están asociados a los cerros, presentan pendientes muy abruptas, con algunos sectores con abundante rocosidad y pedregosidad superficial (Imagen Nº 28).

Imagen Nº 28: Capacidad de uso de suelo



Fuente: Elaboración propia en base a PROYECTO O.T.A.S. (2002).

7.2.6.2.- Tipo de suelo

El área de estudio en Las Tórtolas ocupa suelos de la Serie Rungue (RNG) y el Misceláneo Cerro (MCE) (Tabla Nº 41):

Tabla Nº 41: Clases interpretativas de suelos en el área Las Tórtolas

Serie	Variación	Capacidad de uso	Categoría de riego	Clase drenaje	Aptitud frutal	Aptitud agrícola	Erosión	Superficie
Rungue	RNG-1	IIs5	2t	5	B	2	0	15.9
	RNG-8	VIe7	6	5	E	6	0	11.7
M. Cerro	MCE	VII	6	6	E	7	0	526
TOTAL								**553.6**

Fuente: CONAMA (2006).

7.2.7.- Vegetación

Según QUINTANILLA (1985) en GARCÍA (1987) desde aproximadamente el cordón de Chacabuco, en las cuencas del valle central predomina la vegetación esclerófila. En Til-Til, como en otras cuencas cercanas a la Cordillera de la Costa, el matorral esclerófilo paulatinamente ha sufrido una transformación regresiva, debido a diferentes factores entre los que se destacan el déficit de humedad, un débil horizonte edáfico, una alta sequedad del aire y heladas invernales. Los últimos derivados de las características continentales del sector y el factor que es quizás más preponderante en la regresión de la vegetación es la explotación intensiva del suelo.

En las laderas occidentales de la cuenca predomina el matorral arborescente de la Cordillera de la Costa, formación abierta que presenta tres estratos de vegetación: arbóreo, arbustivo y un estrato inferior de hierbas anuales y perennes. Entre las plantas que alcanzan un desarrollo arbóreo destacan la Quillaja saponaria (Quillay) y Lithraea cáustica (Litre). En sectores encajonados y sombríos, en quebradas con escurrimiento permanente o con humedad suficiente se encuentra Cryptocarya alba (Peumo), Peumus boldus (Boldo) y Maytenus boaria (Maitén).

El estrato arbustivo puede llegar a ser denso en algunos sectores, encontrando Trevoa trinervis (tevo o trevo), Colliguaja odorífera (Colliguay), Proustia pungens (Huañil) y Muehlembeckia hastulata (Quilo) entre otras plantas arbustivas. En el estrato herbáceo son comunes el alfilerillo, la teatina, gramíneas (Bromus sp.) y hierbas invasoras como la Cynara cardunculus (Cardo Penquero) y Brassica sp. (Yuyo). En las laderas más asoleadas y en las cumbres se encuentran comunidades de tipo suculento y espinoso, destacan Trichocereus chilensis (Quisco) y Puya chilensis (Chagual).

En los cerros del bloque oriental, la formación de matorrales arborescentes se presenta con un carácter más abierto y las especies pierden altura, estando más distanciadas, lo que permite que el suelo reciba una mayor insolación y propicia el crecimiento de las comunidades de hierbas estacionales. La especie arbórea dominante es el Litre, siendo acompañado de Schinus polygamus (Huingan). El espino se encuentra en formaciones ocupando los sectores bajos y las laderas adyacentes. El espinal se presenta como una formación abierta de árboles y

arbustos espinudos, con una cubierta herbácea compuesta de numerosas gramíneas de los géneros Stipa y Bromus entre otros. Acompañando al espino al sur de la cuenca aparecen ejemplares aislados de Prosopis chilensis (Algarrobo).

En las laderas de solana el quisco es la planta conspicua, junto al chagual, encontrándose plantas xéricas de características pirófitas, de alta combustibilidad como el mismo chagual y el Huañil. En la caja misma del estero se encuentra la formación conocida como Chilcal, donde abundan las especies del genero Baccharis como la chilca, también abunda el quilo, el Cestrum parqui (palqui) y Psoralea glandulosa (Culén) y algunos pocos Salix chilensis (Sauce).

7.2.8.- Fauna

CONAMA (2006) señala que en el sector Las Tórtolas se determinó la existencia de 59 especies de vertebrados terrestres para ambientes de Espinal, ambiente más abundante en el área de estudio.

De las 59 especies de vertebrados terrestres, 11 corresponden a especies endémicas de Chile. Entre ellas se encontró 1 especie de anfibio, 5 especies de reptiles (1 culebra, 3 lagartijas y 1 lagarto), 49 especies de aves (38 terrestres, 11 acuáticas) y 4 especies de mamíferos.

En cuanto al ensamble de aves acuáticas que habitan el tranque de relaves, se aprecia una abundancia importante de individuos que es bastante similar a la encontrada en ambientes lacustres naturales de la zona central como la laguna Batuco, la laguna El Peral, la laguna El Rey u otros ambientes artificiales como el tranque Lo Orozco, Lo Ovalle o Huechún.

7.2.9.- Paisaje

De acuerdo con CONAMA (2006) el área del Cerro Las Tórtolas corresponde a un subsistema dentro de una unidad de paisaje mayor o de mayor superficie. Por sus características es un área que presenta un paisaje con elementos diversos (heterogéneo) lo que se traduce en un valor estético intermedio, fundamentalmente por su carácter de paisaje mixto, es decir, elementos naturales combinados en proporciones variables con elementos antrópicos de diversa índole. La fragilidad visual también tiene un valor intermedio lo que indica que el paisaje en su situación

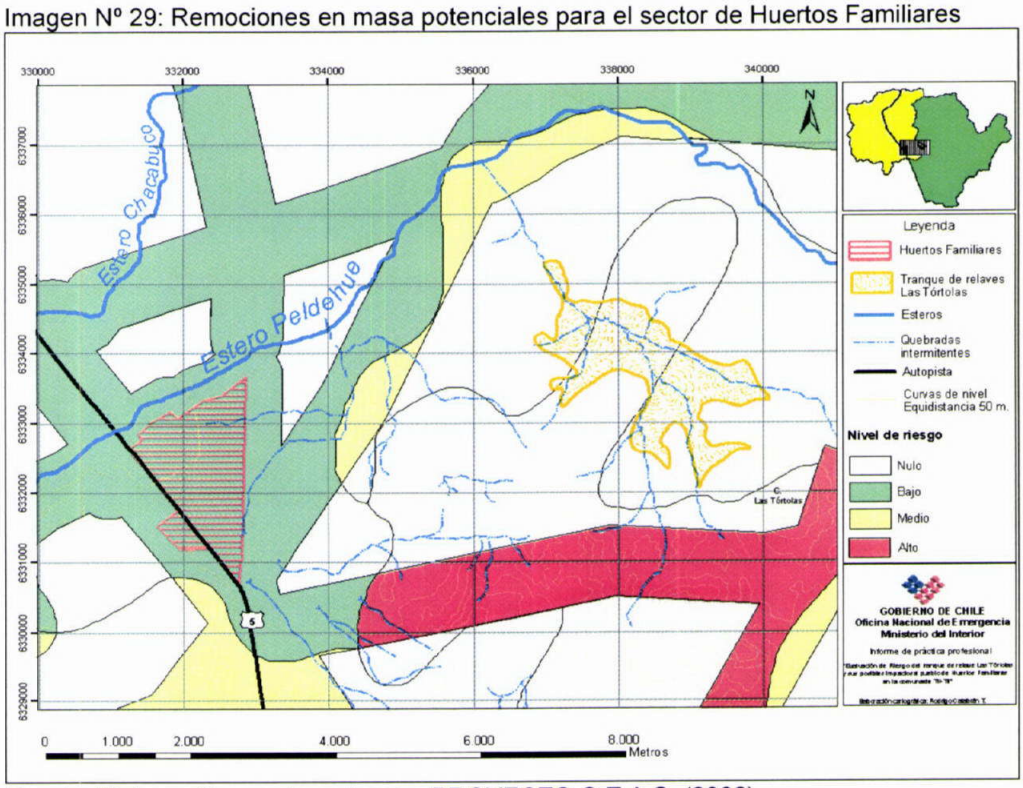
actual tiene capacidad para absorber nuevos elementos sin sufrir modificaciones significativas en sus atributos de calidad.

7.2.10.- Riesgos

Finalmente, de acuerdo con FERRANDO (1998) lo importante es determinar y espacializar los sectores que reúnen las condiciones para generar o sufrir procesos de remoción en masa con el objeto orientar planificaciones de uso o administración del territorio en el largo plazo, generando condiciones de seguridad permanentes y, por lo tanto, sin importar que dichos procesos de magnitud mayor puedan ocurrir hoy, mañana, en 50 o 100 años o nunca.

En este sentido, CONAMA (2006) señala que el área de Las Tórtolas posee riesgos de caída de rocas moderado y de alta probabilidad de ocurrencia, asociados al Cerro Las Tórtolas y a Puntilla del Viento, aunque limitados en su extensión (Imagen Nº 29).

Imagen Nº 29: Remociones en masa potenciales para el sector de Huertos Familiares



Fuente: Elaboración propia en base a PROYECTO O.T.A.S. (2002).

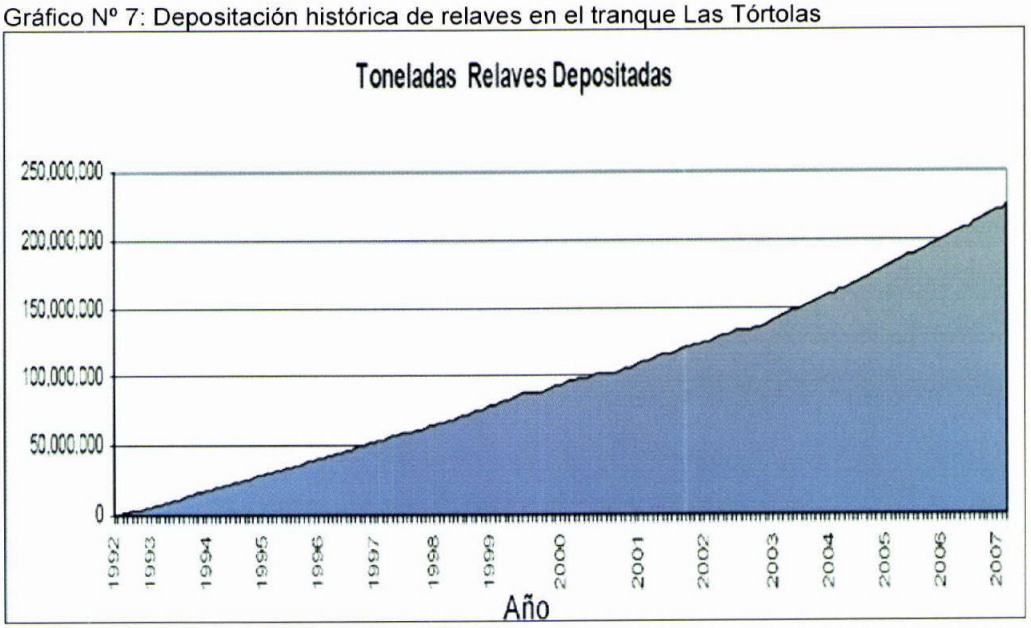
7.3.- Caracterización ambiental del tranque de relave Las Tórtolas

7.3.1.- Características de los contaminantes

A. Grado de peligrosidad: Según esta metodología los residuos mineros son considerados de mediano interés, **por lo tanto se asignan 8 puntos.**

B. Cantidad de los contaminantes: Los relaves generados en la planta concentradora Las Tórtolas son transportados al tranque de relaves ubicado en el cajón Las Tórtolas, inmediatamente al norte de la planta. El depósito se encuentra en operación desde el año 1992 y tiene un potencial de almacenamiento de 1.000 millones de toneladas de relaves (Gráfico N° 7). **Se asignan 10 puntos.**

Gráfico N° 7: Depositación histórica de relaves en el tranque Las Tórtolas



Fuente: ANGLO-AMERICAN CHILE (2007β).

C. Estado Físico: Los relaves son depositados en estado de pulpa (Imagen N° 30). **Se asignan 7 puntos.**

Imagen Nº 30: Vista panorámica del tranque Las Tórtolas



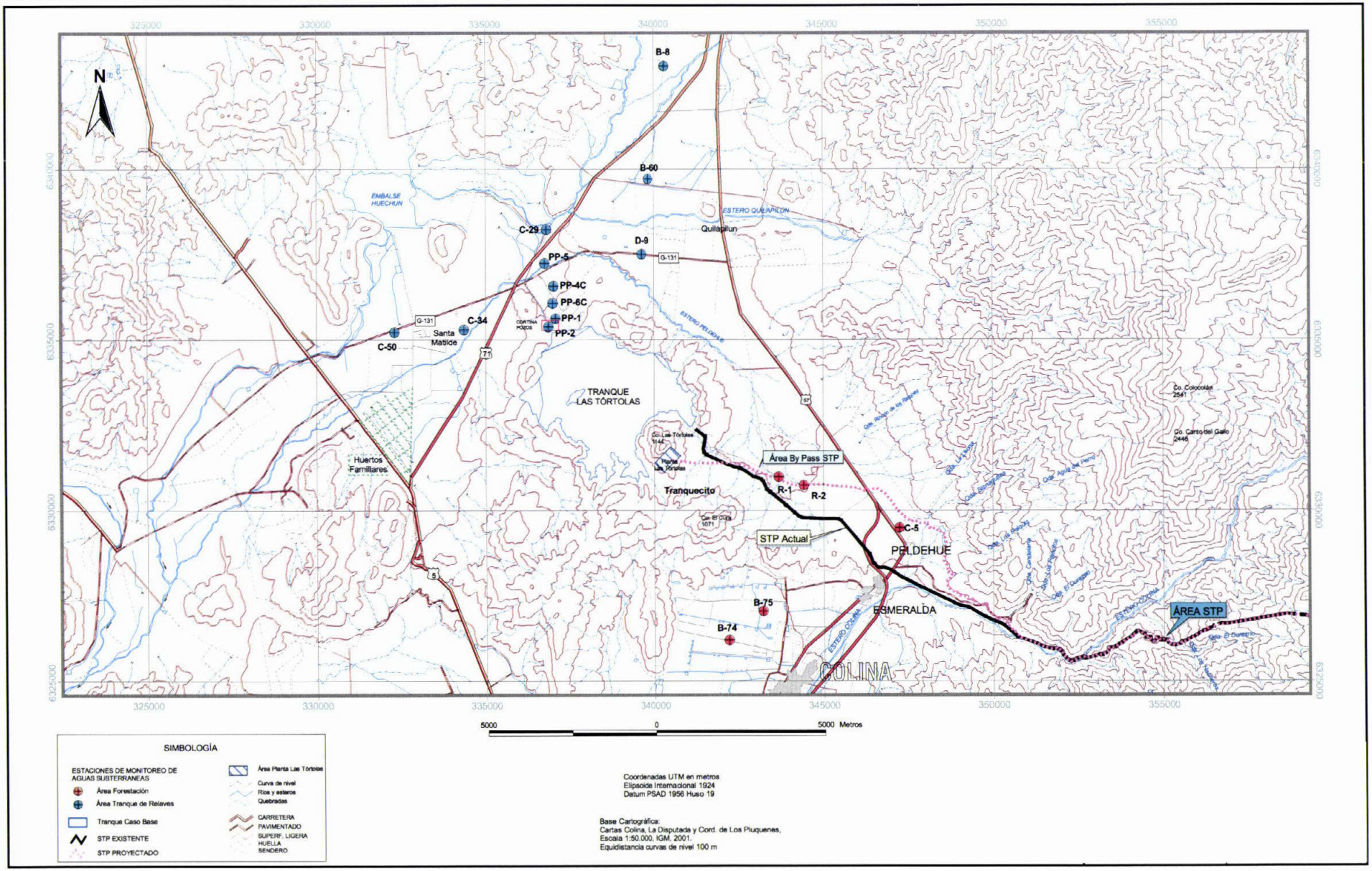
Fuente: BONACIN (S.A.).

7.3.2.- Trayectos de exposición

A. Agua subterránea

1. Conocimiento de contaminación: Según el Estudio de Impacto Ambiental "Proyecto de desarrollo Los Bronces", el análisis de los niveles de los diversos parámetros medidos ha permitido establecer que se presentan cuatro parámetros de interés, cuyos niveles, en el agua superficial de la laguna del tranque, son superiores a las normas de calidad de referencia (NCH 1.333). Estos parámetros son los siguientes: conductividad eléctrica, molibdeno, sólidos disueltos y sulfatos. Asimismo, se puede observar que la razón entre las concentraciones de molibdeno y sulfato son las más indicativas de la diferencia entre las composiciones químicas de las aguas, lo cual los sitúa como indicadores de la presencia/ausencia de aguas de relave en el entorno. Para esto se tomaron muestras en distintos pozos: PP-2, PP-1, PP-6, PP-4, PP-5, C-34, D-9, B-60, C-50, B-8 y C-29 (Imagen Nº 31), pero para efectos prácticos de este trabajo sólo te tomaran en cuenta los pozos C-50 y PP2 por ser el más alejado y cercano, respectivamente, al tranque de relave Las Tórtolas.

Imagen N° 31: Agua subterránea y pozos de toma de muestra para el tranque de relave Las Tórtolas.



Fuente: CONAMA(2006).

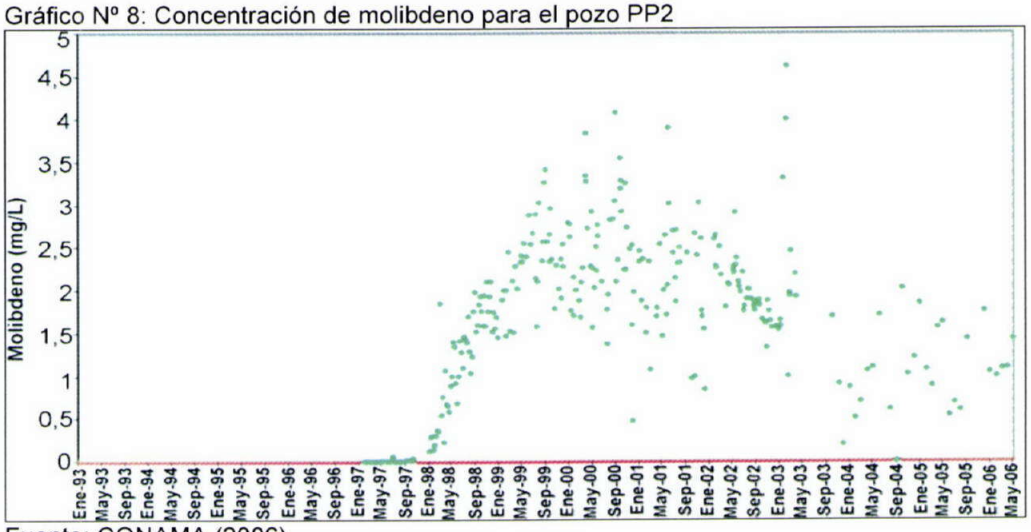
Por otro lado, cabe señalar que la NCH Nº 1.333 de requisitos de calidad del agua para diferentes usos, establece los parámetros máximos de metales que pueden contener dichas aguas, siendo 0.01 Mg/L para el molibdeno y de 250 Mg/L para los sulfatos (MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS, 1978).

En lo que respecta a la calidad de las aguas subterráneas (cabe mencionar que las concentraciones o valores de línea base a que se hace referencia corresponden a los parámetros totales medidas en los períodos señalados, esto significa que la concentración del parámetro total involucra la concentración del parámetro disuelto en solución más la concentración del parámetro sedimentado en la solución, o también llamado parámetro no disuelto), los pozos mencionados anteriormente se caracterizan por:

i. Punto PP2: Ubicado en la quebrada La Jarilla, es el pozo más próximo al muro principal del tranque de relaves, considerando todos aquellos ubicados en la dirección del eje principal de dicha quebrada.

En el Gráfico Nº 8 se observa que los valores de molibdeno en este pozo, menores a 0,01 Mg/L antes de mayo de 1997, experimentaron un notorio aumento desde enero de 1998, llegando a sus máximos valores en el año 2003 (sobre 4,5 Mg/L), para posteriormente presentar una marcada disminución hacia el año 2005, con valores que se aproximan en promedio a 1 Mg/L.

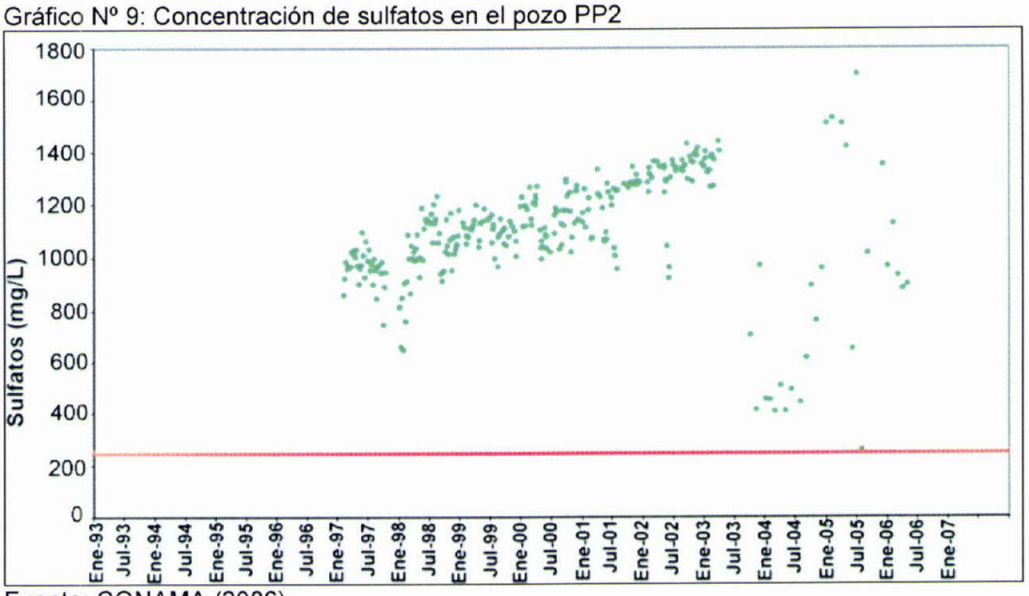
Gráfico Nº 8: Concentración de molibdeno para el pozo PP2



Fuente: CONAMA (2006).

Con respecto a los sulfatos, después del inicio de la operación se observa un aumento en los niveles de estos elementos producto de las filtraciones que genera el tranque bajo el muro. Entre 1997 y el año 2003, la concentración tuvo una variación entre 800 a 1.400 Mg/L. En esta fecha se realiza una optimización de la captura de las infiltraciones, producto de la habilitación de un nuevo pozo de captura de las infiltraciones observándose una disminución en la concentración de este parámetro, llegando alrededor de los 400 mg/L, comportamiento que se mantiene hasta la fecha.

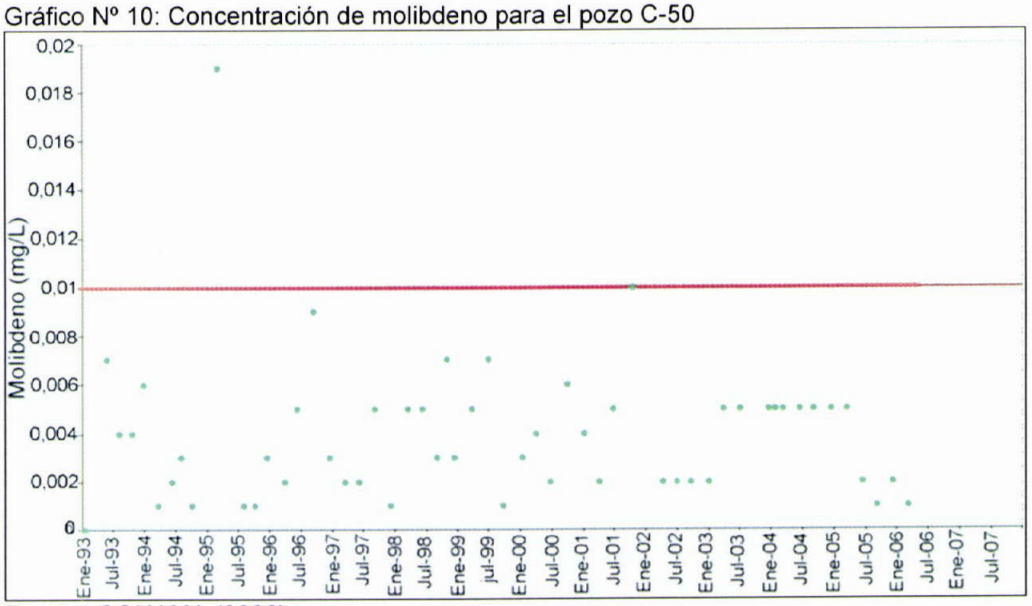
Gráfico Nº 9: Concentración de sulfatos en el pozo PP2



Fuente: CONAMA (2006).

ii. Punto C-50: Es el pozo más cercano al pueblo de Huertos Familiares, donde los niveles de molibdeno se mantienen por debajo de lo establecido en la NCH Nº 1.333 (Gráfico Nº 10).

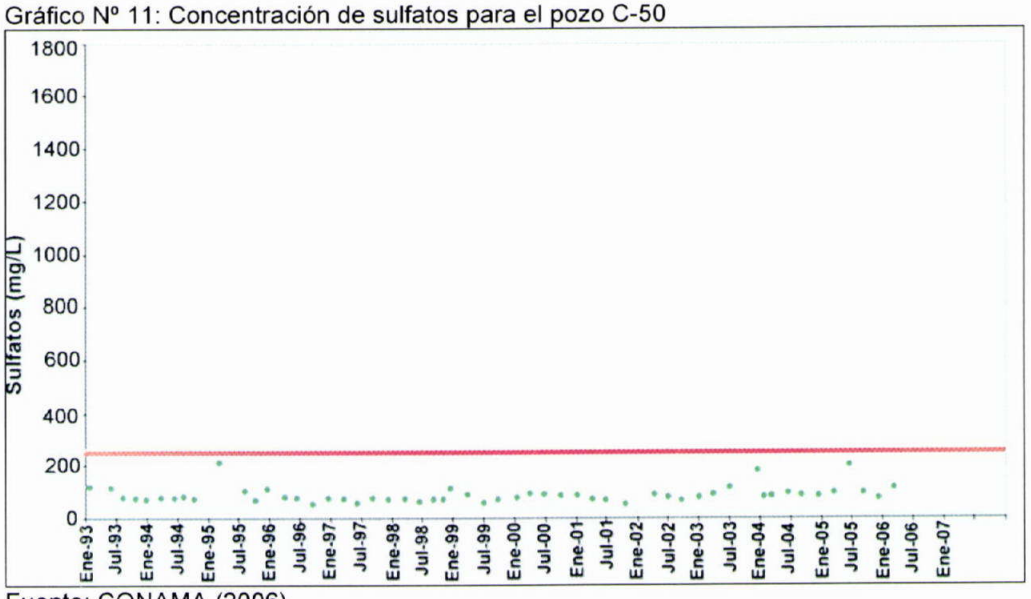
Gráfico Nº 10: Concentración de molibdeno para el pozo C-50



Fuente: CONAMA (2006).

Finalmente, en lo que a sulfatos se refiere, el pozo C-50 se mantiene por debajo de lo establecido por la NCH Nº 1.333 (Gráfico Nº 11).

Gráfico Nº 11: Concentración de sulfatos para el pozo C-50



Fuente: CONAMA (2006).

Por lo tanto, según los datos presentados en el Estudio de impacto ambiental, el agua subterránea excede los estándares de contaminantes permitidos dentro de la NCH 1.333. **Se asignan 11 puntos.**

B. Agua superficial: No existe información suficiente acerca de la calidad del agua superficial, por lo tanto se analiza el potencial de contaminación a través de la contención, distancia al curso de agua, topografía, potencial de escorrentía y potencial de inundación.

2. Potencial de contaminación

i. Contención (Imagen Nº 32): Los relaves generados en la planta concentradora Las Tórtolas son transportados al tranque de relaves ubicado en el cajón Las Tórtolas, inmediatamente al norte de la planta. Este depósito está constituido por un muro principal ubicado en el sector Norponiente del cajón, con una cota de coronamiento que alcanza 750 m.s.n.m., y dos muros secundarios al oeste y este, otorgando una capacidad total de almacenamiento de 1.000 millones de toneladas de relaves. Los muros cuentan con drenes basales y sistemas para interceptar infiltraciones, consistentes en una batería de pozos de captación aguas abajo del muro principal, y pantallas cortafugas bajo los muros secundarios. Además, las aguas excedentes del tranque de relave Las Tórtolas que no son recirculadas al proceso, se disipan mediante evapotranspiración en una plantación forestal de aproximadamente 450 hectáreas ubicada en el área Las Tórtolas. El PH de las aguas es acondicionado previamente en una planta de acidulación. Actualmente, se están habilitando aproximadamente 100 hectáreas de evapotranspiración con sistemas de riego tecnificado para el empleo de especies anuales.

Imagen Nº 32: Contención del tranque de relave Las Tórtolas



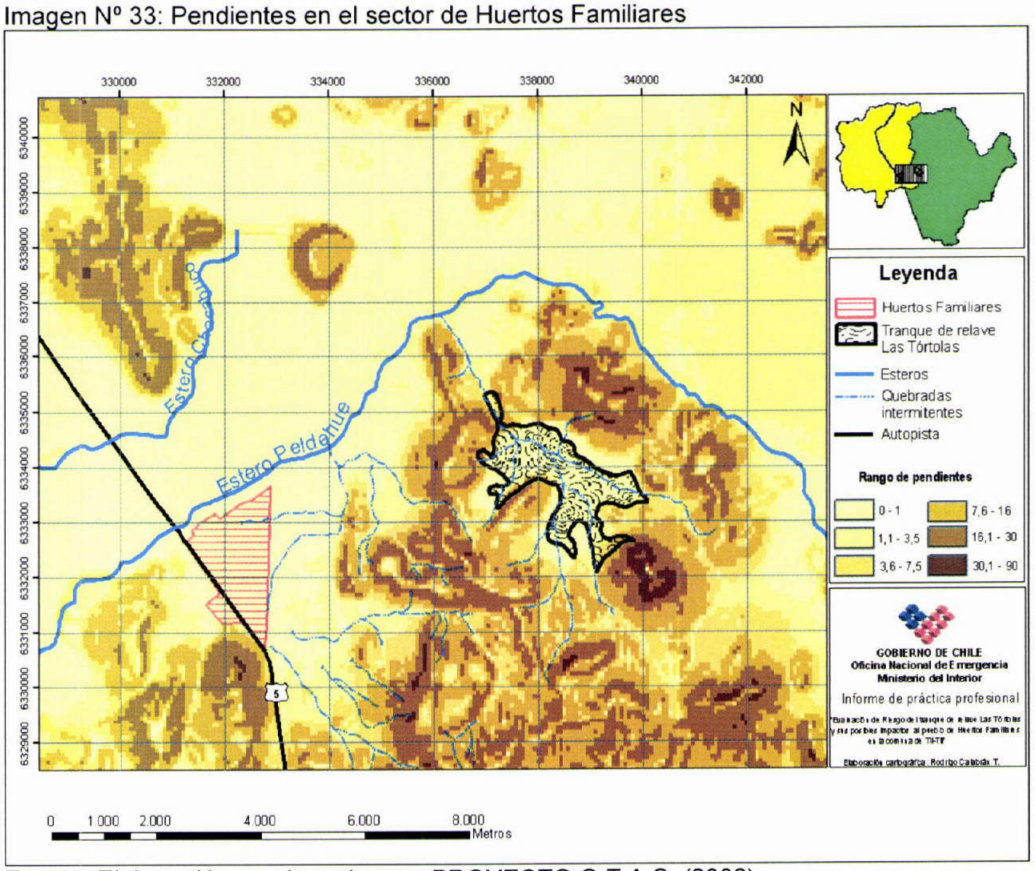
Fuente: ANGLO-AMERICAN CHILE (2007β).

Por lo anteriormente expuesto se evalúa como una alta contención, por lo tanto **se asignan 0.5 puntos.**

ii. Distancia al curso de agua principal: En este caso el curso principal es el estero Peldehue, cuya distancia con el tranque de relave es de aproximadamente 2 Km, por lo tanto **se asignan 0.5 puntos.**

iii. Pendiente: Para el sector del muro norte la pendiente predominante es mayor a 30º (Imagen Nº 33). Por otro lado los relaves son depositados sobre tierra. Esto significa que el **puntaje asignado es de 1.5 puntos para este ítem**.

Imagen Nº 33: Pendientes en el sector de Huertos Familiares



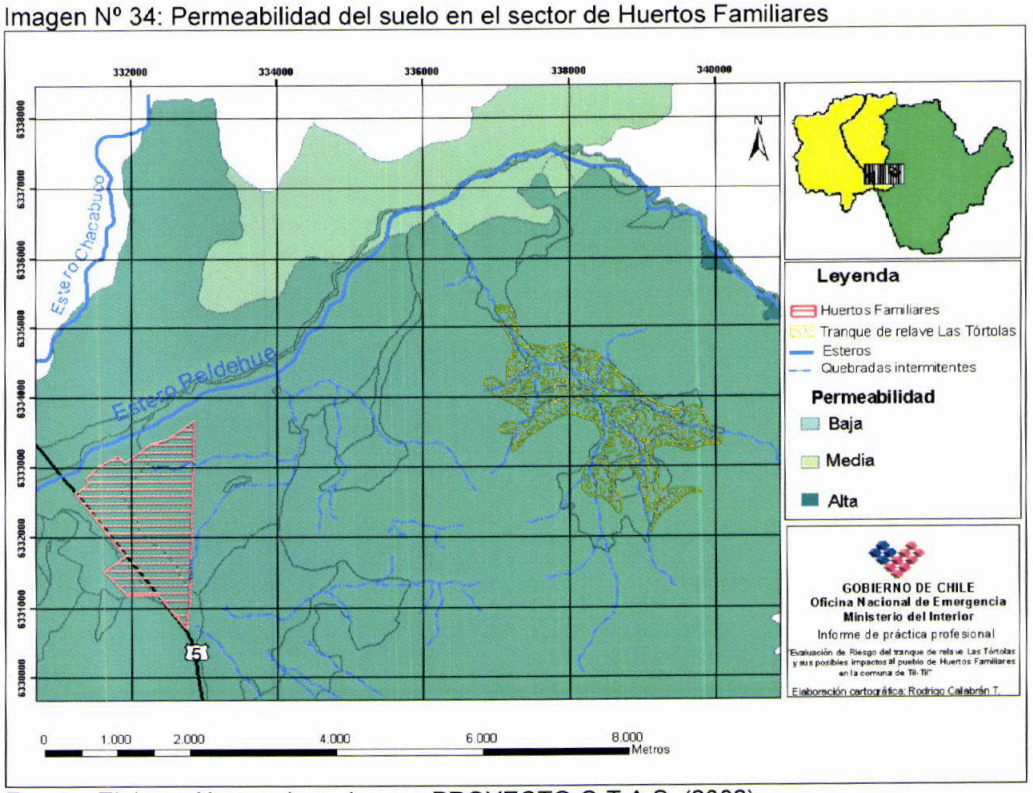
Fuente: Elaboración propia en base a PROYECTO O.T.A.S. (2002).

iv. Potencial de escorrentía: Como se mencionó anteriormente, los suelos ubicados en las planicies son las unidades morfológicas de mayor importancia del área de estudio. Estos suelos son profundos, de texturas arcillosas a franco arcillosa (lo

que se traduce en una baja permeabilidad) y con pedregosidad superficial y en el perfil ligera a nula (Imagen Nº 34). Los suelos ubicados en los sectores de ladera son de profundidad ligera, poseen una pedregosidad superficial ligera a moderada, con zonas con afloramientos rocosos, las texturas son arcillosas a franco arcillosas.

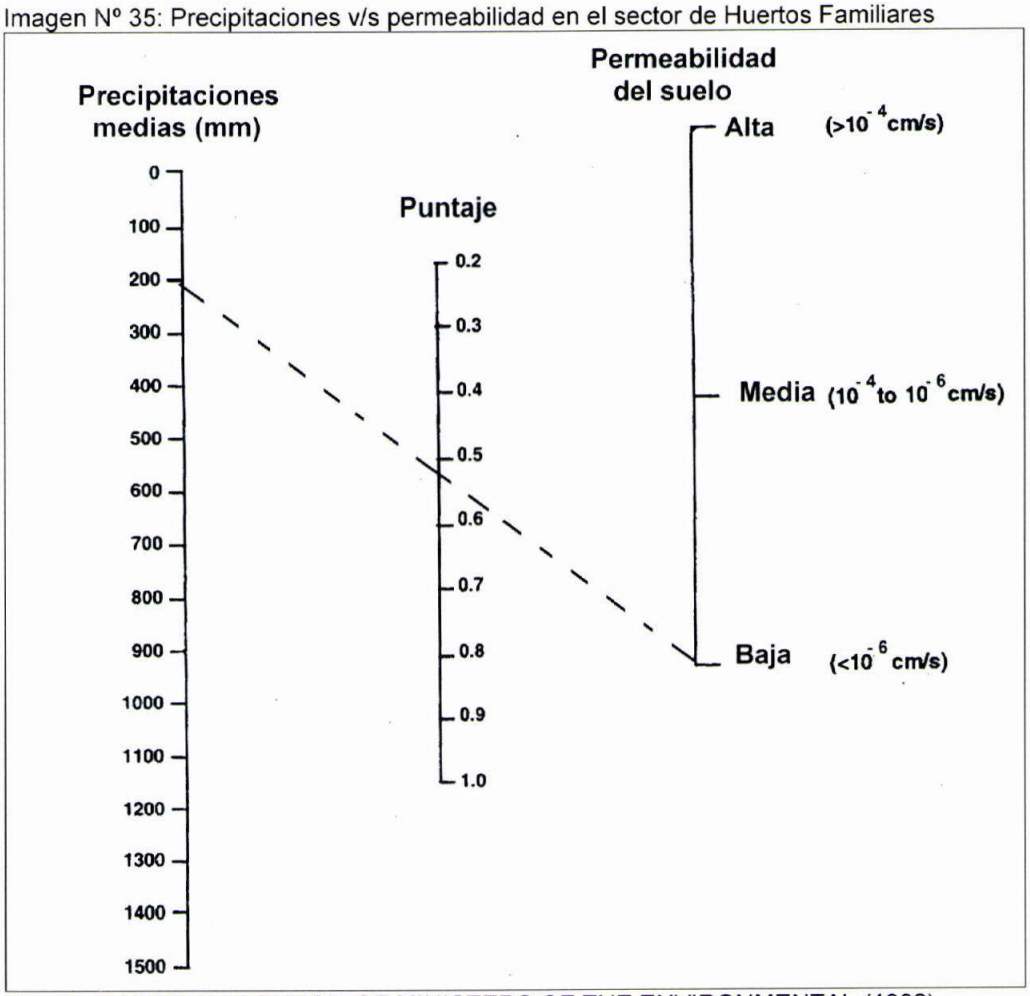
Por otro lado, en lo que respecta a las precipitaciones en el área Las Tórtolas, según los registros pluviométricos de la estación del mismo nombre, presentan una media anual de 204 mm (Imagen Nº 35), con una media máxima mensual de 60 mm en junio y una media mínima mensual de 0,2 mm en diciembre. El 85% de las precipitaciones se concentra entre los meses de mayo y septiembre.

Imagen Nº 34: Permeabilidad del suelo en el sector de Huertos Familiares



Fuente: Elaboración propia en base a PROYECTO O.T.A.S. (2002).

Imagen Nº 35: Precipitaciones v/s permeabilidad en el sector de Huertos Familiares

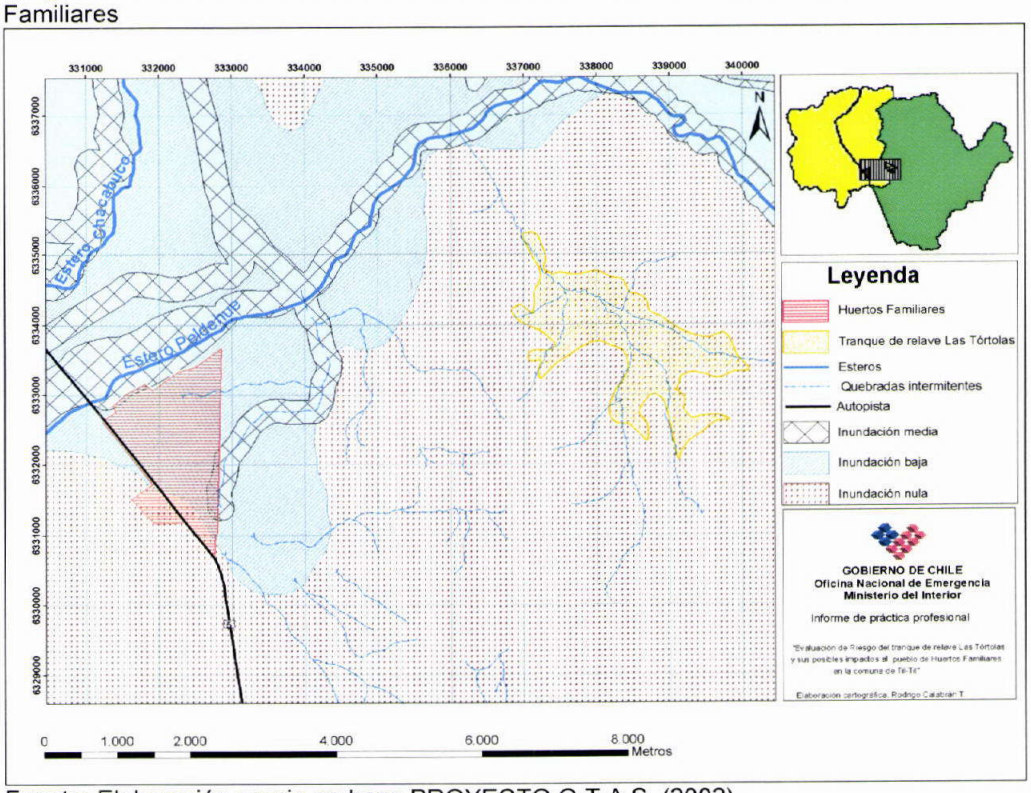


Fuente: CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENTAL (1992).

Por lo tanto, y considerando las dos variables para este ítem, **se asignan 0.5 puntos para este ítem.**

v. Potencial de desborde: El tranque de relave Las Tórtolas no se ubica cerca del plano de inundación del estero Peldehue (Imagen Nº 36) **por lo tanto se asignan 0 puntos para este ítem.**

Imagen Nº 36: Plano de inundación del estero Peldehue cerca del pueblo de Huertos Familiares



Fuente: Elaboración propia en base PROYECTO O.T.A.S. (2002).

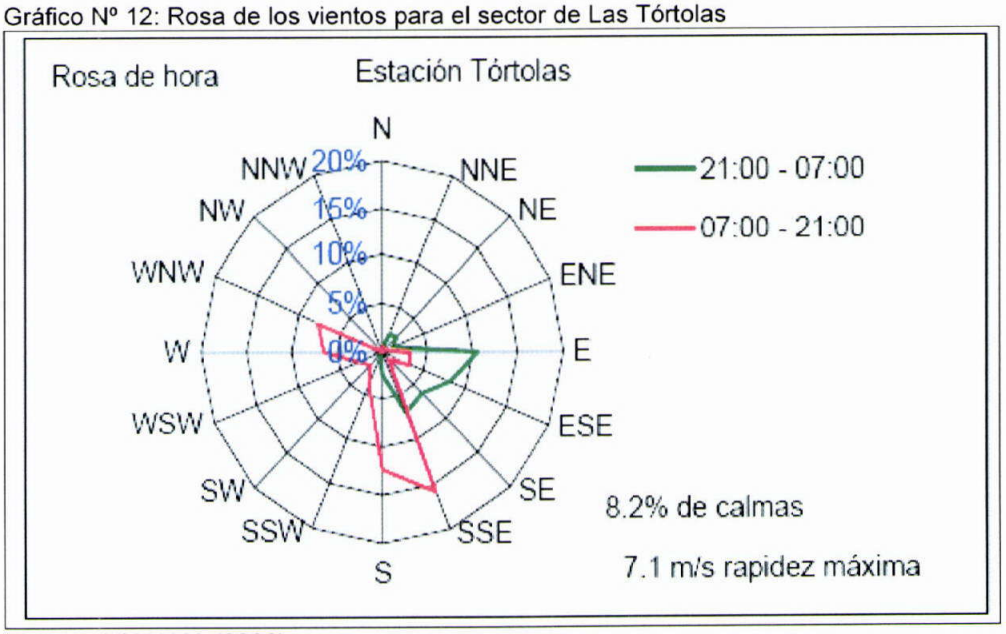
C. Contacto directo: Dentro de la información disponible, la que entrega un conocimiento más detallado acerca de este punto es el tema del aire, pero las mediciones de MP-10 hechas en las estaciones de monitoreo de Anglo-American Chile en puntos cercanos al tranque de relave Las Tórtolas no son estaciones de monitoreo con representatividad poblacional, ya que se ubican a más de 2 Km de distancia de localidades con población residente, según D.S. Nº 59 sobre norma de calidad primaria para material particulado respirable MP-10. Dicha estación de medición de MP-10 se ubica en la parte norte del tranque.

Según la ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE TIL-TIL (2006) "el estudio de vientos derivado de la única estación de monitoreo instalada por la empresa, en el costado norte del relave, debilita la visión del Estudio de Impacto ambiental (Proyecto de Desarrollo Los Bronces) ya que los poblados de Santa Matilde y Huertos Familiares se ubican, respectivamente, al Oeste y Sur-oeste del relave, en circunstancias que tanto los cabezales de los equipos monitores y la estación

meteorológica lo están en dirección norte del estudio principal, por lo que no están en condición de evaluar el impacto del material en las comunidades mismas".

En lo que respecta a la estación de verano (Gráfico Nº 12), cuyas mediciones corresponden a enero de 2005 (se escogió esta fecha por la dirección predominante del viento hacia el sector de Huertos Familiares), el área de Las Tórtolas se caracteriza por presentar un predominio de viento con dirección Sur-Suroeste (SSW). Este tipo de viento se registra principalmente durante la tarde y noche (13:00 a 23:00 horas), manteniendo las mismas intensidades presente en las otras estaciones del año (0,8 a 1,38 Km/H). Las máximas velocidades se producen durante las 16:00 a 22:00 horas del día, observándose un considerable aumento en las intensidades del viento durante dichas horas.

Gráfico Nº 12: Rosa de los vientos para el sector de Las Tórtolas



Fuente: CONAMA (2006).

Dentro del tema relativo a los MP-10 en el sector de Las Tórtolas, la concentración varió entre 48,5 y 85,3 µg/m³N, llegando a una concentración máxima de 151 µg/m³N como promedio en 24 horas (Tabla Nº 42). Este valor sería el único registro que se encuentra levemente sobre la norma de referencia en esta área, ya que según la norma primaria de calidad del aire para el contaminante Material Particulado Respirable MP-10 es ciento cincuenta microgramos por metro cúbico normal (150 µg/m³N) como concentración de 24 horas.

Tabla Nº 42: Concentración de MP-10 para el sector de Las Tórtolas

Fecha	Nº datos	Máximo	Mínimo	Promedio
Sep/Oct - 2002	11	109	19	48,5
Nov/Dic - 2003	10	**151**	40	85,3

Fuente: CONAMA (2006).

En lo referente al Material Particulado Sedimentable, donde se toma como referencia la normativa Suiza, los resultados registrados en los seis puntos de medición para el período del 23 de Septiembre de 2005 al 24 de Octubre de 2005 son los siguientes (Tabla Nº 43):

Tabla Nº 43: Concentraciones de Material Particulado Sedimentable para el sector Las Tórtolas

Periodo de medición	Punto de medición	Masa (Mg)	Concentración MPS (Mg/m²/día)
23/09/05 - 24/10/05	W 53	274,7	83,5
23/09/05 - 24/10/05	W 54	3.774,6	1.146,7
23/09/05 - 24/10/05	W 55	325,3	98,8
23/09/05 - 24/10/05	W 56	1.810,2	549,9
23/09/05 - 24/10/05	W 57	910,4	276,6
23/09/05 - 24/10/05	W 58	1.905,9	579

Fuente: CONAMA (2006).

Se observa que durante el período de monitoreo los puntos W54, W56, W57 y W58 presentan concentraciones de 1.146,7; 549,9; 276,6 y 579,0 Mg/m²/día respectivamente, niveles que están por sobre el nivel de referencia de la normativa Suiza. Los puntos ubicados en el muro principal (W54 y W56) y en la planta de concentrado (W58) son los que presentan las mayores concentraciones de MPS.

Las concentraciones de arsénico solamente se encuentran sobre los límites de detección en los puntos W58 y W54, con valores de 0,06 y 0,01 Mg/m²/día. Estos puntos presentan además las mayores concentraciones de MPS (Tabla Nº 44).

En cuanto al cobre, las concentraciones son de 0,25; 0,23 y 0,12 Mg/m²/día en los puntos W54, W57 y W56 respectivamente. En los puntos de monitoreo restantes las concentraciones se encuentran por debajo de los límites de detección (<0,10 Mg/m²/día).

El hierro presenta una concentración de 0,03 Mg/m²/día en el punto W 58, mientras que en los puntos W 54 y W 56 la concentración es de 0,01 Mg/m²/día. En los

puntos restantes la concentración está por debajo de los límites de detección (< 0,01 Mg/m² /día)

Finalmente, el molibdeno presenta una concentración de 0,06 Mg/m²/día en el punto W58, mientras que en los puntos restantes la concentración está por debajo de los límites de detección (< 0,02 Mg/m²/día).

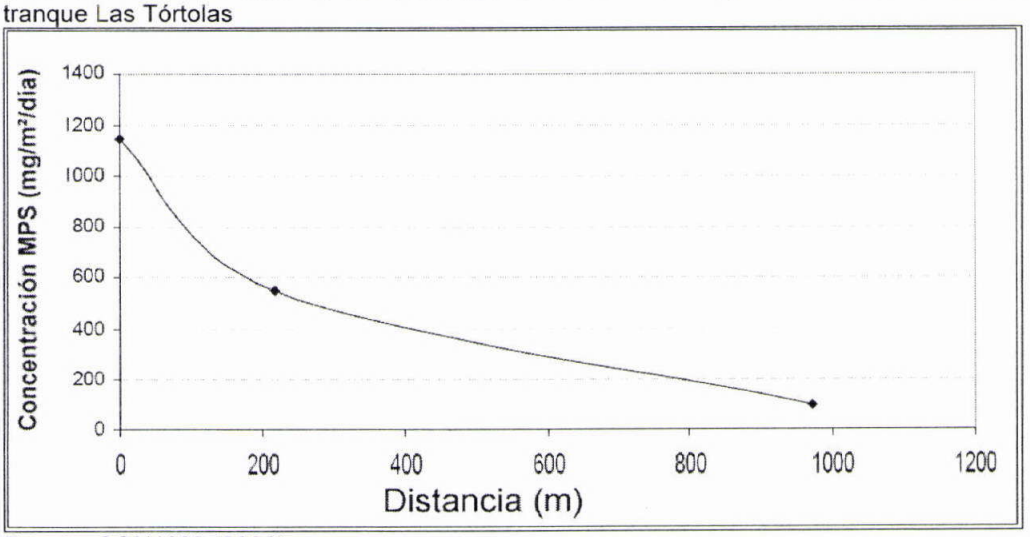
Tabla N° 44: Concentraciones de metales en Material Particulado Sedimentable (MPS) en el sector Las Tórtolas

Punto de medición	Masa total (Mg)	As (Mg/m²/día)	Cu (Mg/m²/día)	Fe (Mg/m²/día)	Mo (Mg/m²/día)
W 53	274,7	< 0,01	< 0,1	< 0,1	< 0,02
W 54	3.774,60	0,01	0,25	0,01	< 0,02
W 55	325,3	< 0,01	< 0,1	< 0,1	< 0,02
W 56	1.810,20	< 0,01	0,12	0,01	< 0,02
W 57	910,4	< 0,01	0,23	< 0,1	< 0,02
W 58	1.905,90	0,06	< 0,1	0,03	0,06

Fuente: CONAMA (2006).

Finalmente, el monitoreo de MPS para el período del 23/09/2005 al 24/10/2005, evidenció que la concentración superó el nivel de referencia (Norma de la Confederación Suiza) utilizado en el Estudio de Impacto Ambiental, en los puntos aledaños al muro principal del tranque y la planta de concentrado. Sin embargo, en la medida que aumenta la distancia con respecto al muro del Tranque Las Tórtolas, el MPS disminuye rápidamente, detectándose valores inferiores al valor umbral de la Norma de la Confederación Suiza utilizada como referencia (Gráfico N° 13). Es así que, a un kilómetro de distancia del tranque de relave Las Tórtolas, aproximadamente, se determinó una concentración de 98,8 Mg/m²/día.

Gráfico Nº 13: Evolución de las concentraciones de MPS según distancias al muro del tranque Las Tórtolas



Fuente: CONAMA (2006).

Por lo tanto, según el D.S. Nº 59 sobre norma de calidad primaria para material particulado respirable MP-10 y la Normativa Suiza sobre Material Particulado Sedimentable, si hay conocimiento de contaminación del aire fuera del sitio debido a contacto con sedimentos o aire contaminado, **por lo cual este ítem se califica con 11 puntos.**

7.3.3.- Receptores

A. Usos humanos y animales:

Uso humano: La COMISIÓN DEL MEDIO AMBIENTE DE HUERTOS FAMILIARES (S.A.) señala que "sólo a modo de ejemplo hemos visto como han aumentado las enfermedades respiratorias y digestivas en niños y ancianos, además de un alto índice de abortos espontáneos y embarazos tubarios, hecho que ya ha llamado la atención de algunos facultativos del hospital San José. ¿Será acaso este el resultado de los altos índices de plomo y otros metales pesados existentes en el agua de consumo humano, según últimos estudios realizados?". Según esta reseña, existe una alta sospecha de efectos adversos en seres humanos provocados por la presencia del tranque de relave Las Tórtolas. Sin embargo, la información mencionada anteriormente es bastante ambigua y no da cuenta de la situación real de la zona, por lo tanto se analiza el potencial de contaminación.

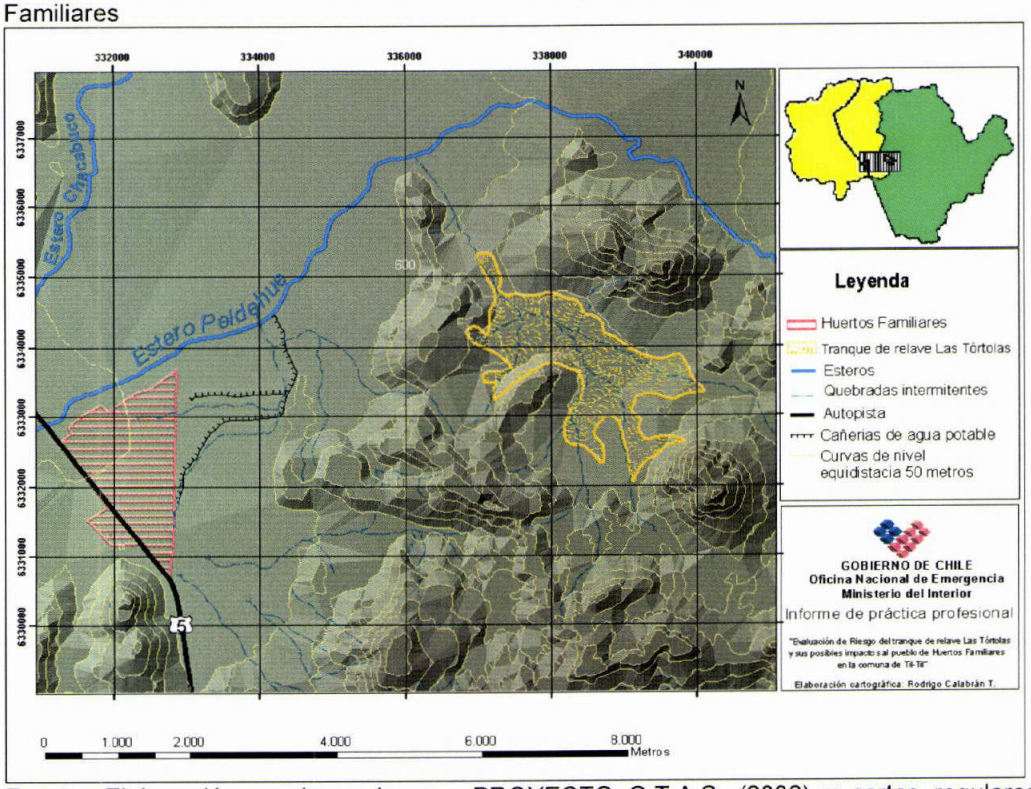
ii. Potencial de impacto en seres humanos y/o animales:

a. Suministro de agua potable: Como no hay información disponible, se analiza el potencial de impacto en suministros de agua potable.

- Potencial de impacto en suministros de agua potable:

✓Proximidad al suministro de agua potable: Según lo observado en las cartas regulares escala 1:25.000 de Colina, Huechún, Chacabuco y Batuco del Instituto Geográfico Militar, hay cañerías de agua potable a menos de 100 metros del pueblo de Huertos Familiares, las cuales provienen del estero Peldehue y también de la quebrada Del Pleito (Imagen Nº 37). Por lo tanto, podría haber una eventual contaminación del suministro de agua potable. Es por esta razón que **se asignan 6 puntos para este ítem.**

Imagen Nº 37: Proximidad del suministro de agua potable en el pueblo de Huertos Familiares



Fuente: Elaboración propia en base a PROYECTO O.T.A.S. (2002) y cartas regulares escala 1:25.000 de Colina, Huechún, Chacabuco y Batuco del I.G.M.

✓Disponibilidad de suministros alternativos: Hay varios pozos en la zona, cuya agua es utilizada para el consumo humano directo y también para el riego de los cultivos ubicados al norte del pueblo de Huertos Familiares. Según el PROYECTO O.T.A.S. (2002) la densidad de pozos es un indicador usado para calcular el Nº de pozos por 4 Km² de superficie. Esta se muestra en tabla Nº 45:

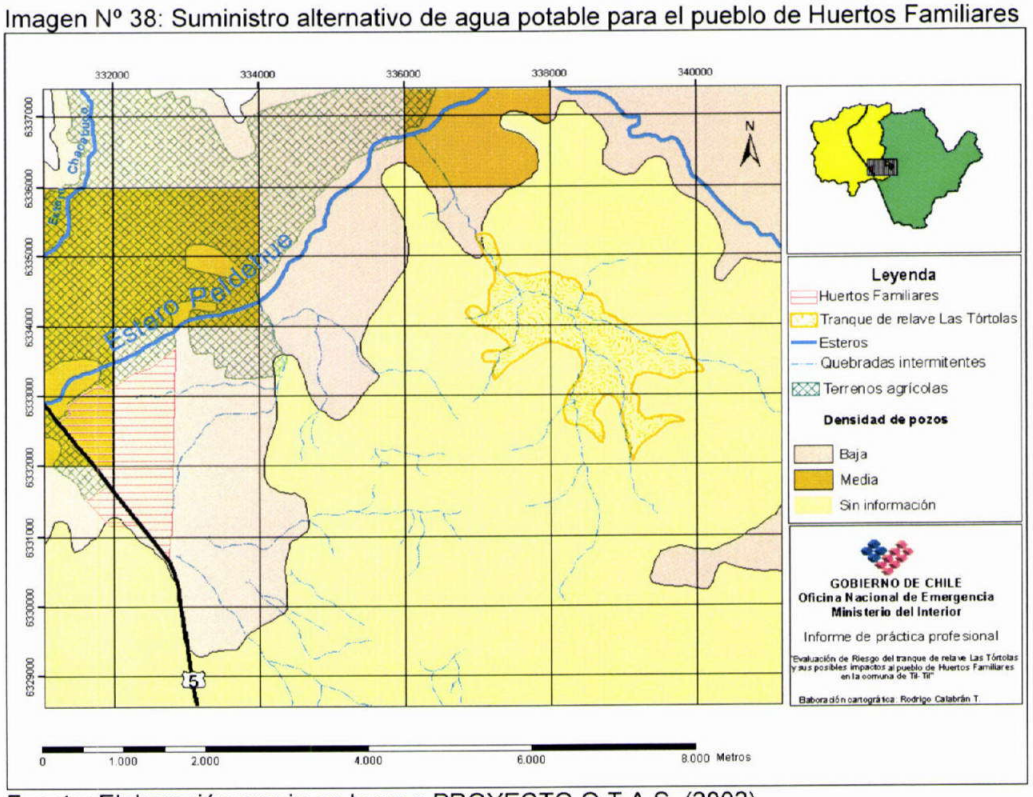
Tabla Nº 45: Densidad de los pozos.

Nº de pozos por Km^2 (X)	Calificación de densidad
X = 4	Baja
4 < X = 12	Media
12 < X = 20	Alta
20 < X	Muy Alta

Fuente: PROYECTO O.T.A.S. (2002).

De acuerdo con la Imagen Nº 38, existe una densidad entre baja y media de pozos cercana al pueblo de Huertos Familiares, es decir, hay suministros alternativos de agua potable. **Por lo tanto se otorgan 0.5 puntos a este ítem.**

Imagen Nº 38: Suministro alternativo de agua potable para el pueblo de Huertos Familiares



Fuente: Elaboración propia en base a PROYECTO O.T.A.S. (2002).

b. Otros recursos del agua: Como no existe conocimiento de impacto, se analiza el impacto potencial.

- Potencial de impacto en otros recursos del agua

✓Cercanía a usos del agua en distintas actividades: El estero Peldehue se ubica a menos de 100 metros de los cultivos agrícolas de Huertos Familiares, **por lo tanto se otorgan 2 puntos para este ítem.**

✓Usos del agua: La actividad que más se da en este sector es el riego para los cultivos agrícolas, los cuales son frecuentemente regados. **Por lo tanto se otorga 1 punto para este ítem.**

c. Exposición humana directa. Como no existe información para este ítem, se evalúa a través del potencial de contaminación.

- Exposición potencial a través del uso del suelo: Como se mencionó anteriormente, la distancia que hay desde el tranque de relave Las Tórtolas hasta el pueblo de Huertos Familiares (zona residencial) es de aproximadamente 4 Km. **Por lo tanto se asignan 3 puntos para este ítem.**

B. Medio ambiente

1. Conocimiento de impactos adversos en ambientes sensitivos como resultado del sitio contaminado.

De acuerdo al estudio de Impacto Ambiental, el año 2003 CONAMA elaboró un catastro con 68 sitios de biodiversidad prioritarios de resguardar, con el objetivo de cumplir la meta establecida en la Agenda Ambiental País, en orden a proteger el 10% de la superficie de los ecosistemas más relevantes al 2006. A diciembre de 2003, CONAMA había puesto bajo protección 8 de los 68 sitios prioritarios definidos en las estrategias regionales de biodiversidad. En relación a la Región Metropolitana, se eligieron 6 sitios donde el principal objetivo es conservar la naturaleza en algunos de ellos considerados valiosos y que se encuentran ubicados en los alrededores de la capital. De los seis sitios prioritarios, tres se

ubican relativamente cercanos a la zona de estudio, pero fuera de la influencia del Proyecto Desarrollo Los Bronces. Estos son:

- Monumento natural El Morado
- Parque nacional Altos del río Maipo
- Parque nacional río Olivares – río Colorado - Tupungato

Según el PROYECTO O.T.A.S. (2005) las Áreas de Recuperación de Vegetación Nativa, suelos de valor ambiental y ecosistemas naturales se asocian al sistema de montaña (Cordillera de la Costa y de Los Andes) son aquellas que presentan diverso grado de deterioro de sus condiciones naturales por lo que requieren de intervención para su recuperación. Estas zonas se han definido como áreas de recuperación del componente suelo debido a su alta prioridad ambiental (Imagen N° 39). Se relacionan directamente con las áreas definidas por el Plan Regulador Metropolitano de Santiago como de preservación ecológica y de protección ecológica con desarrollo controlado. Tienen ciertas restricciones para la urbanización, debido a sus condiciones topográficas (fuertes pendientes sobre 20°) y a la presencia de amenazas por remoción en masa. Por otro lado, no manifiestan condiciones para el desarrollo agrícola y no poseen interés significativamente prioritario para la actividad minera, exceptuando la explotación de caliza en el sector de San José de Maipo. La recuperación natural de estas permitiría aumentar su rol como vertientes aportantes de aire fresco para la cuenca de Santiago y proteger la biodiversidad regional. Por otra parte, mediante un manejo adecuado, potenciaría las iniciativas actuales y futuras de desarrollo turístico. Si bien estas áreas se presentan dispersas en gran parte de la superficie regional, se destacan principalmente los siguientes sectores representativos:

- Cerros del Valle del Puangue y San Pedro
- **Cerros de Chacabuco, Peldehue y Chicureo**
- Cordón Los Ratones (Buin y Paine)
- Sector Cajón del Maipo y valle del río Colorado

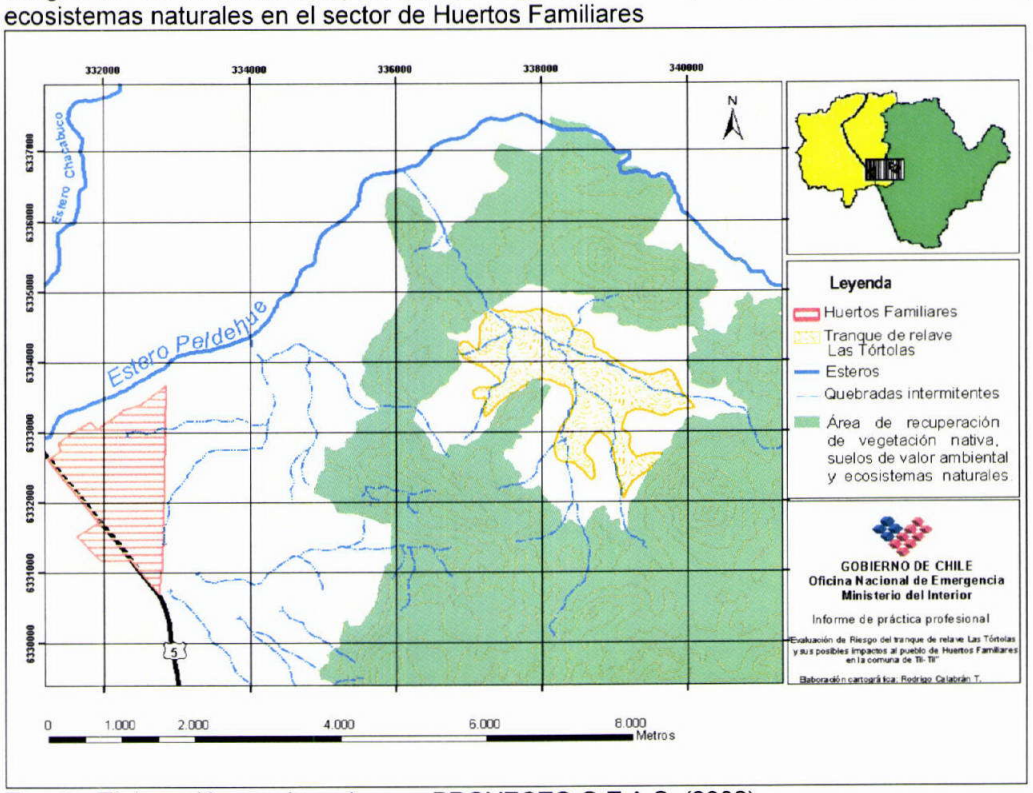
Además, para el sector de Peldehue, este proyecto propone la creación de una reserva nacional con una superficie de 31.314 has.

En lo que se refiere a flora, dentro del estudio de Impacto Ambiental se estableció que sólo dos especies se encuentran en alguna categoría de conservación: *Prosopis chilensis* (algarrobo) y *Porlieria chilensis* (guayacán), ambas consideradas como Vulnerables a nivel nacional. Estas corresponden a 94 algarrobos y 892 guayacanes.

En cuanto a la fauna, en el área Las Tórtolas se registra la presencia de 9 especies catalogadas con problemas de conservación, correspondiente al 14,5% del total de las especies observadas. El cóndor (*Vultur gryphus*), la lagartija lemniscata (*Liolaemus lemniscatus*, la lagartija de los montes (*Liolaemus monticola*), la iguana chilena (*Callopistes palluma*), la culebra de cola larga (*Philodryas chamissonis*) y el sapito de cuatro ojos (*Pleurodema thaul*), están catalogados como especies de carácter Vulnerable, mientras que el pato cuchara (*Anas platalea*), el ratón chinchilla común (*Abrocoma benetti*) y el zorro (*Pseudalopex sp.*) están catalogados como especies Escasamente o inadecuadamente conocidas".

La categoría de Vulnerable, según CONAMA, significa que, cuando no pudiendo ser clasificada en la categoría "En Peligro de Extinción", enfrente un riesgo alto de extinción.

Imagen Nº 39: Área de recuperación de vegetación nativa, suelos de valor ambiental y ecosistemas naturales en el sector de Huertos Familiares



Fuente: Elaboración propia en base a PROYECTO O.T.A.S. (2002).

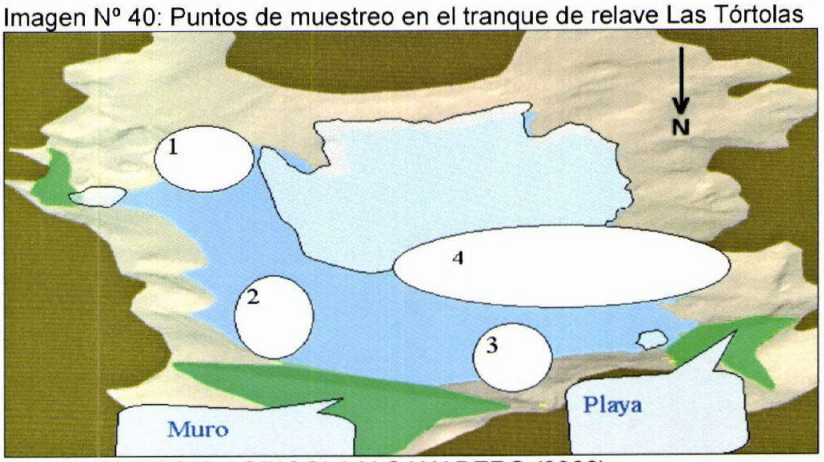
➢ *Catastro de aves*

Con respecto a este tema, ANGLO-AMERICAN CHILE (2007α) señala que se realizó un estudio para determinar las causas de mortandad de patos detectada en 2005 en la zona del tranque de relave Las Tórtolas y en otros humedales de la zona. En conjunto con CONAMA, el Servicio Agrícola y Ganadero, consultores externos y empresas relacionadas a dichos humedales, se ha estado estudiando el tema y manteniendo un conteo en el numero de muertes y un censo de población de estas aves. Los estudios no han determinado aun la causa del problema, sin embargo, la mortandad de aves disminuyó significativamente durante el año 2007, contabilizándose un total de 180 muertas v/s 1.091 del año anterior. Desde Abril de 2007 hasta fin de año, sólo se encontraron 3 aves muertas, para un censo de 1.247 patos en Noviembre. Adicionalmente, se instalaron emisores en algunos patos, comprobándose que se desplazan entre los distintos humedales de la zona.

Siguiendo la misma línea, entre los años 2005 y 2006 el S.A.G. efectuó 59 estudios, entre los cuales destacan los censos de aves en los tranques de relave Ovejería y Las Tórtolas, Región Metropolitana (SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO, 2006). En lo que respecta a este último, se realizaron 3 observaciones, cuya metodología pasa a detallarse a continuación:

✓ La distribución espacial de los puntos de observación se muestran en la Imagen Nº 40:

Imagen Nº 40: Puntos de muestreo en el tranque de relave Las Tórtolas



Fuente: SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (2006).

Cabe señalar que el transecto entre los puntos seleccionados se hizo en un bote dentro del espejo de agua del tranque. Además se señala que dicha observación se hizo a través de un telescopio*.

- Las actividades que se encontraban realizando las aves al momento de la observación se detallan en la tabla Nº 46. También hay que señalar que solamente algunas de las estaciones muestran dichas actividades realizadas por las aves.

Tabla Nº 46: Tipo de actividad realizada por las aves al momento del censo.

ACTIVIDAD	(ACT)
Volando	V
Descansando	D
Alimentándose	A
Cortejando	C
Nidificando	N

* En conversación telefónica con Paola Rossi, S.A.G. Región Metropolitana.

Finalmente, hay que añadir que estas observaciones se realizan simultáneamente con las de los otros tranques de la zona (Ovejería y Polpaico) con el fin de no contar el mismo ejemplar dos veces.

➢ *Observaciones*

1. Observación realizada el 09/07/2005 detallada en la tabla Nº 47:

Tabla Nº 47

Observador	Charif Tala
Fecha	09/07/2005
Hora inicio	9:30
Hora término	11:00
Lugar	Las Tórtolas

Las especies registradas se detallan en tabla Nº 48:

Tabla Nº 48

Nombre Común	Estación 1	Estación 2
Blanquillo	165	21
Pato Cuchara	6	
Pato Jergón Grande	75	
Pato Rana	4	3
Pato Real	2	
Tagua	13	147

2. Observación realizada el 31/01/2006 detallada en la tabla Nº 49:

Tabla Nº 49

Observador	Juan Aguirre - Mildred Toro - Paola Rossi
Fecha	31/01/2006
Hora inicio	10:30
Hora término	12:45
Lugar	Tranque Las Tórtolas
Tiempo	Despejado

Las especies registradas se detallan en la tabla Nº 50:

Tabla Nº 50

Nombre Común	Estación 1	Act	Estación 2	Estación 3	Estación 4
Blanquillo	14		7	15	143
Huala					4
Pato Cuchara	1		1	295	333
Pato Jergón Chico				2	
Pato Jergón Grande	4	A		8	22
Pato Rana					13
Pato Real				2	6
Pimpollo					1

3. Observación realizada el 22/07/2006 detallada en tabla Nº 51:

Tabla Nº 51

Observador	Ricardo Undurraga
Fecha	22/07/2006
Hora inicio	08:45
Hora término	11:50
Lugar	Tranque Las Tórtolas

Las especies registradas se detallan en la tabla Nº 52:

Tabla Nº 52

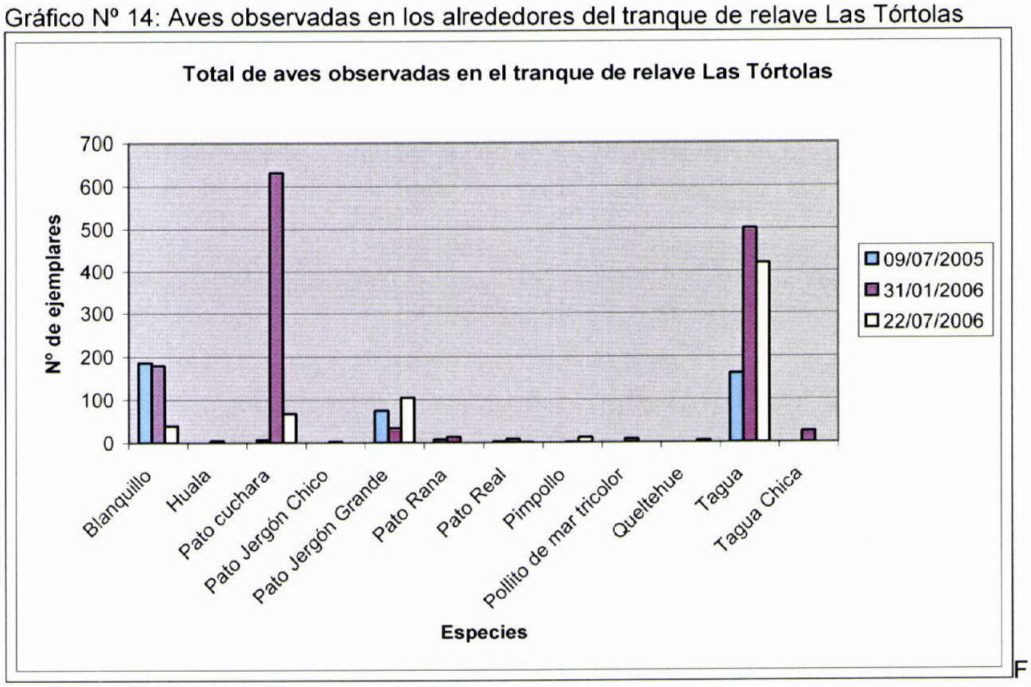
Nombre Común	Estación 1	Act
Blanquillo	39	A-D
Pato Cuchara	67	D
Pato Jergón Grande	105	D
Pato Real	1	D
Pimpollo	12	A-D
Queltehue	12	A-D
Tagua	419	D-A
Tagua Chica	170	D-A

También hay que señalar que en este durante esta observación se avistaron 2 águilas volando y 85 golondrinas alimentándose.

➢ *Análisis comparativo de aves en el tranque de relave Las Tórtolas*

Luego de enumerar las observaciones realizadas, se procede a comparar la evolución en el número de especies (Gráfico Nº 14):

Gráfico Nº 14: Aves observadas en los alrededores del tranque de relave Las Tórtolas



Fuente: SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (2006).

Del análisis comparativo de especies en el gráfico anterior se pueden desprender algunas cosas tales como:

➢ El blanquillo es la única especie que ha mostrado un decrecimiento entre la primera y la tercera observación.

➢ El pato cuchara (especie que se encuentra dentro de la categoría Inadecuadamente Conocida) es la especie que presenta las mayores variaciones, ya que durante la primera observación se encontraron 6 ejemplares, luego subió considerablemente a 630 individuos durante la segunda observación y finalmente desciende a 67 ejemplares durante la ultima observación.

➢ El Pimpollo y el Pato Rana son las especies que mostraron una variación positiva en la cantidad de ejemplares que se observaron. Si bien ambas se encontraron en tan solo dos de tres observaciones, aumentaron en el caso de la primera

especie de 1 a 12 individuos y, en el caso del Pato Rana, este aumento de 7 a 13 casos. Esto quizás podría estar influenciado por la estación del año, ya que el aumento en el número del Pimpollo se da desde el verano hacia el invierno, caso inverso para el Pato Rana.

Por lo tanto, haciendo mención a los sitios prioritarios y a los censos de aves, se puede decir que existe una alta sospecha de impactos adversos sobre medios sensibles, **con lo cual se asignan 12 puntos.**

7.3.4.- Puntaje final del sitio (etapa de gabinete)

Tabla Nº 53: Puntaje final del tranque de relave Las Tórtolas

Categoría	Rango de valores	Variable	Puntaje asignado
I. Características de los contaminantes	0 - 33 puntos	A. Grado de peligrosidad	8
		B. Cantidad de los contaminantes	10
		C. Estado Físico	7
II. Trayecto de exposición	0 - 33 puntos	A. Trayecto de agua subterránea	11
		B.2.i. Contención	0,5
		B.2.ii. Distancia al curso de agua principal	0,5
		B.2.iii. Pendiente	1,5
		B.2.iv. Potencial de escorrentía	0,5
		B.2.v. Potencial de desbordes	0
		C. Contacto directo	11
III. Receptores	0 - 34 puntos	A.2.i.b. Proximidad a suministros alternativos	6
		A.2.i.b. Disponibilidad de suministros alternativos	0,5
		A.2.ii.b. Cercanía al uso de agua en distintas actividades	2
		A.2.ii.b. Usos del agua	1
		A.2.iii.b. Uso del suelo	3
		B. Medio ambiente	12
IV. Puntaje final del sitio			**74,5**

Según la Tabla Nº 53, el puntaje final obtenido por el tranque de relave Las Tórtolas mediante la aplicación de la metodología basada en N.C.S.C.S. (National Classification System for Contaminated Sites) es de 74,5, lo cual significa que este sitio tienen un **alto riesgo ambiental** y que es necesario tomar medidas, tanto para el control de riesgos como para la mitigación de estos. Dentro de esto, las variables que arrojan mayor puntaje son las relacionadas con los contaminantes propiamente tales, el contacto directo en los trayectos de exposición y el medio ambiente como receptor.

Dentro del contacto directo, la variable física que más influye es el viento, pues, según las mediciones de la propia empresa, estas superan las normas permitidas para las concentraciones de MP-10.

En lo que respecta al otro punto que presenta una alta asignación de puntaje, aquel relacionado con el medio ambiente, existe una alta sospecha que el tranque de relave Las Tórtolas provoca impactos adversos tanto en flora como en fauna catalogada como vulnerable por la CONAMA.

7.4.- Investigación en terreno

La investigación empírica tiene como finalidad la corroboración de los antecedentes, en la medida de lo posible, recopilados en la etapa de gabinete. También sirve para detectar y levantar información que no haya sido mencionados anteriormente o bien hayan sido citados de manera superflua.

La investigación en terreno fue separada en 2 partes: la primera es la visita al tranque de relave Las Tórtolas y sus instalaciones y la segunda fue realizada en el pueblo de Huertos Familiares y sus alrededores.

La visita al tranque fue realizada el día 18 de Julio de 2008, en compañía de Christian Walker (Geólogo de Anglo- American Chile) y don Luís Púa, habitante de Huertos Familiares y Presidente de la Comisión del Medio Ambiente de Huertos Familiares.

La visita al pueblo de Huertos familiares y sus alrededores se llevo a cabo el día 29 de Julio de 2008.

7.4.1.- Puntos de muestreo

Los puntos de muestreo para la primera visita fueron determinados con anterioridad y durante el mismo día, ya que por motivos de tiempo no se alcanzó a visitar los lugares predestinados, pero fueron reemplazados por otros puntos.

Los puntos de muestreo en la visita a Huertos Familiares fueron determinados con anterioridad por ser considerados como los más importantes en la etapa de gabinete.

Los puntos de muestreo totales se muestran en la Imagen N° 41, los cuales pasarán a detallarse a continuación.

Imagen Nº 41: Puntos de muestreo del tranque de relave Las Tórtolas y el pueblo de Huertos Familiares y sus alrededores



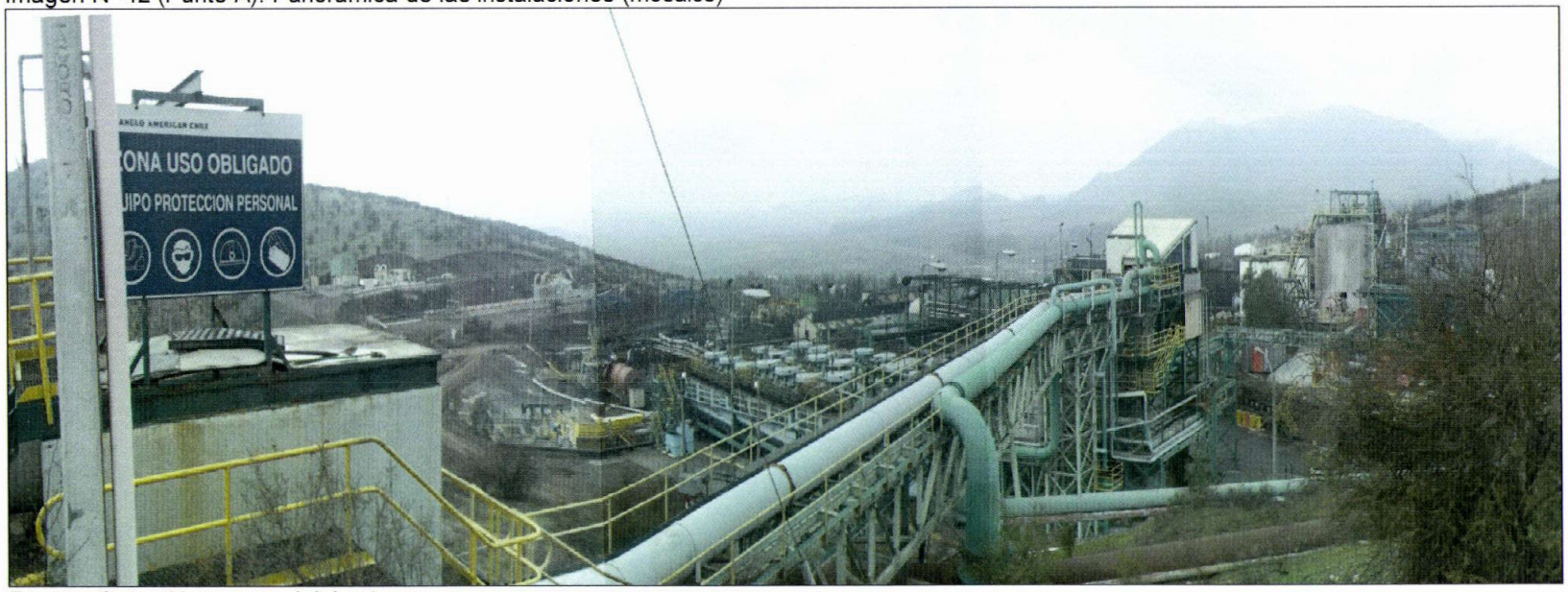
Fuente: Google Earth.

7.4.2.- Tranque de relave Las Tórtolas

Terreno realizado el día 18 de Julio de 2008, dentro del cual se pudo constatar gran parte de los antecedentes recolectados en el trabajo de gabinete. Por motivos de tiempo, sólo se visitaron los lugares más importantes o de mayor trascendencia, tales como parte de las instalaciones y los muros (tanto Norte como Oeste).

La Imagen Nº 42 muestra las instalaciones existentes en las cercanías del tranque de relave Las Tórtolas. Algunas de estas instalaciones son los espesadores y los elevadores de relaves.

Imagen Nº 42 (Punto A): Panorámica de las instalaciones (mosaico)



Fuente: Colección personal del autor.

En la imagen N° 43 se puede observar la disposición de los relaves en el tranque, la cual se produce en forma de pulpa, conducida desde la planta de tratamiento. También en la esquina superior izquierda se puede observar la caída de los relaves hacia dicho tranque.

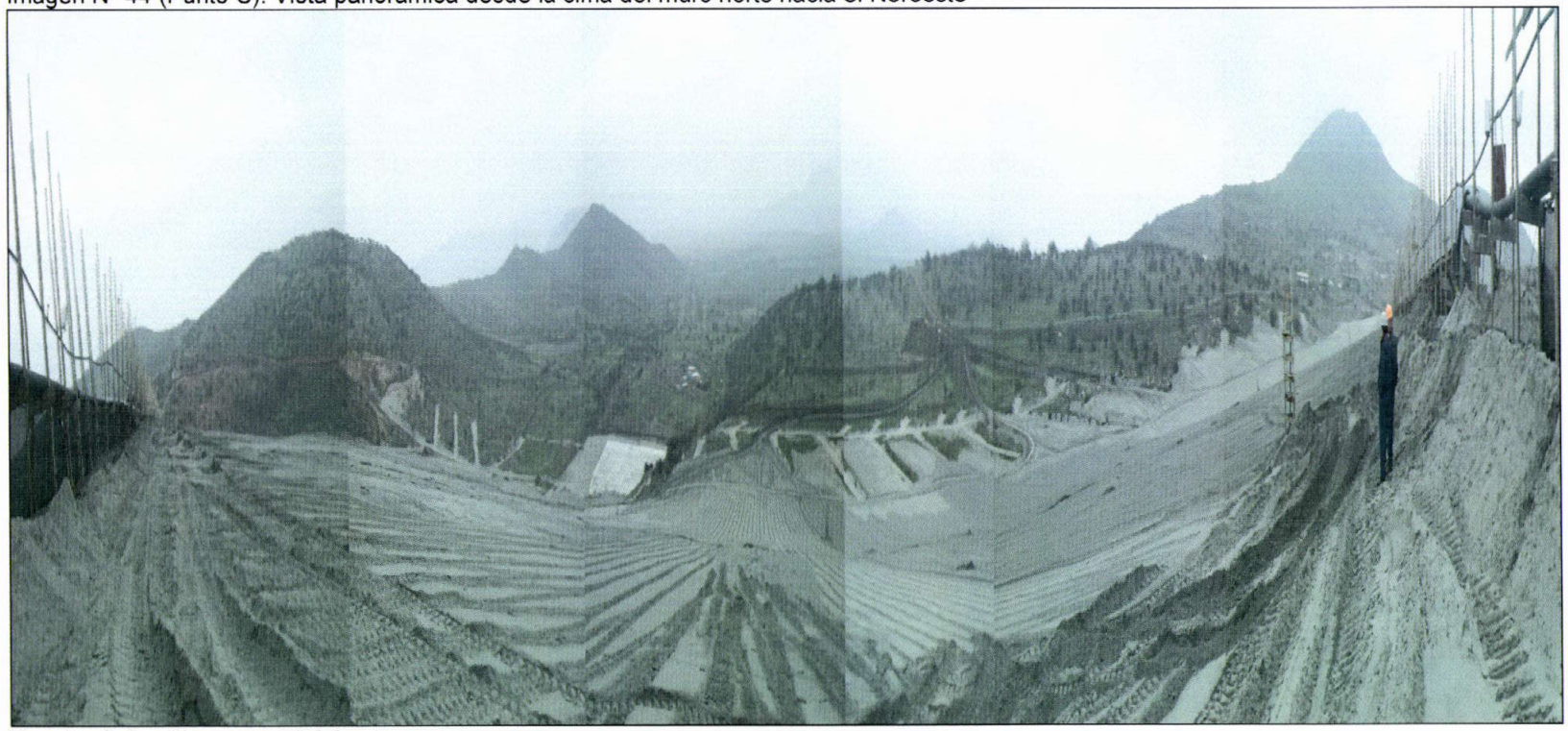
Imagen N° 43 (Punto B): Vista panorámica desde el muro norte hacia el Sureste



Fuente: Colección personal del autor.

Los muros son hechos con la fracción más gruesa, con el fin de arrojar la parte más fina (lamas) al tranque propiamente tal. Este muro constantemente se va comprimiendo con maquinas (lo que se puede observar con las líneas casi paralelas que se observan), lo que hace que también vaya variando su altura (Imagen Nº 44). Dentro de las medidas de mitigación para la deflación de partículas se pudo constatar que hay una malla tipo Raschel, la cual cuenta con una altura promedio de 1,5 metros.

Imagen Nº 44 (Punto C): Vista panorámica desde la cima del muro norte hacia el Noroeste



Fuente: Colección personal del autor.

La Imagen N° 45 muestra la base del muro norte, donde se captan las aguas que infiltran a través de dicho muro, las cuales posteriormente son recirculadas hacia otras zonas de las instalaciones de Anglo-American Chile.

Imagen N° 45 (Punto D): Vista desde la base del muro Norte hacia el Sureste



Fuente: Colección personal del autor.

La Imagen Nº 46 da cuenta de una parte del muro Oeste, el cual tiene una menor longitud que el muro Norte. Este muro es el que se encuentra más próximo al pueblo de Huertos Familiares.

Imagen Nº 46 (Punto E): Vista desde el muro Oeste hacia el Noreste

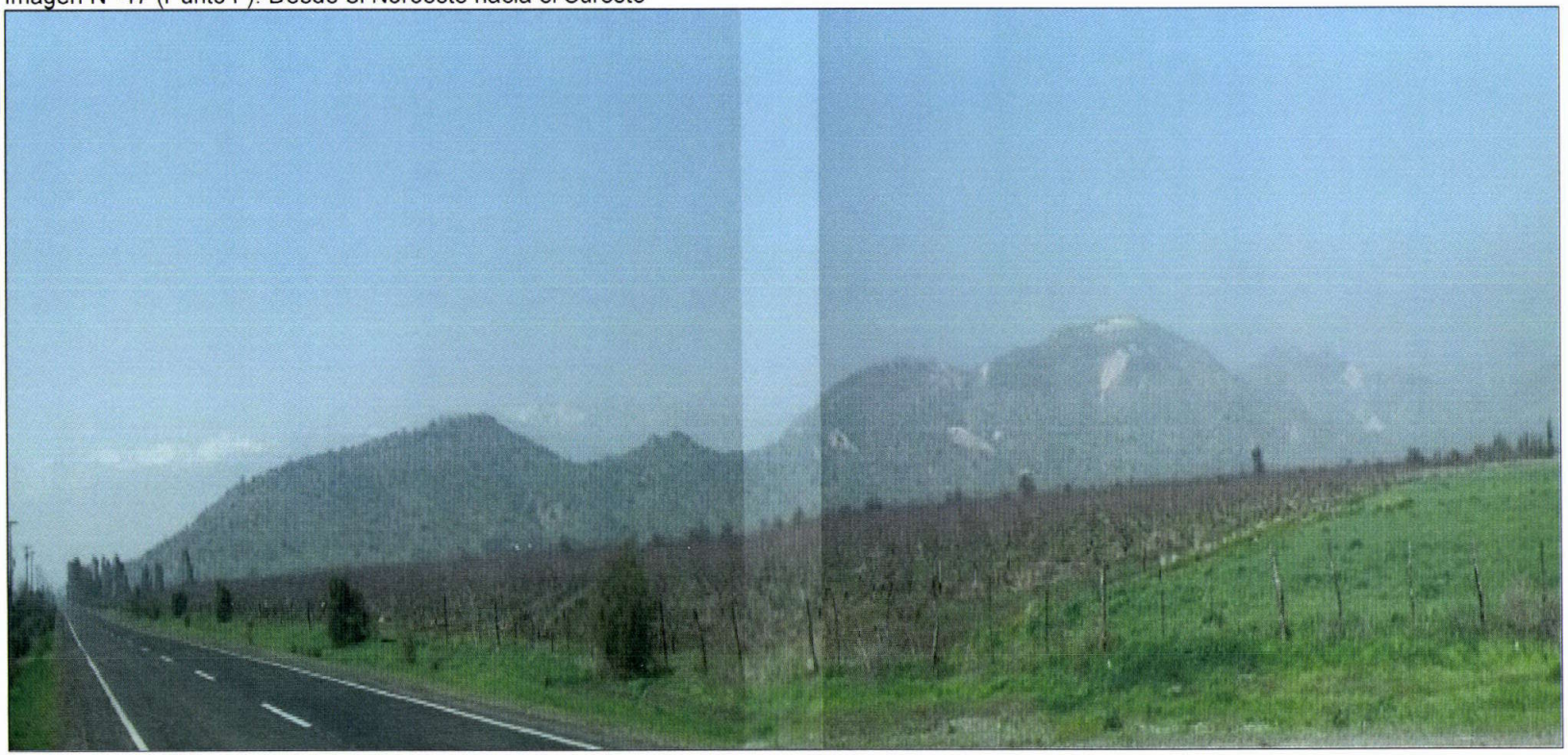


Fuente: Colección personal del autor.

7.4.3.- Pueblo de Huertos Familiares y sus alrededores

La Imagen Nº 47 da cuenta de algunas plantaciones que se encuentran en las cercanías de Huertos Familiares. Detrás de los cerros que se pueden observar se encuentra el tranque de relave Las Tórtolas.

Imagen Nº 47 (Punto F): Desde el Noroeste hacia el Sureste



Fuente: Colección personal del autor.

La Imagen Nº 48 da cuenta de otro tipo de cultivos que hay en las cercanías de Huertos Familiares, las cuales cuentan con métodos de riesgo a través de mangueras.

Imagen Nº 48 (Punto G): Vista panorámica hacia el Noroeste



Fuente: Colección personal del autor.

La Imagen Nº 49 da cuenta del lecho del estero Peldehue, el cual no muestra señal alguna de escorrentía. Además se puede apreciar vegetación de tipo espinal (Acacia caven), la cual se muestra bastante consolidada.

Imagen Nº 49 (Punto H): Lecho del estero Peldehue



Fuente: Colección personal del autor.

En la Imagen Nº 50 se muestra el puente Peldehue donde, en su parte baja, se pueden observar estructuras de tipo gaviones con el fin de protegerlo de posibles crecidas. También se puede notar que no hay presencia de escorrentía superficial debido a la consolidación de la vegetación.

Imagen Nº 50 (Punto I): Puente Peldehue



Fuente: Colección personal del autor.

La Imagen Nº 51 muestra los pozos de agua que se encuentran en Huertos Familiares: El pozo Nº 6 es utilizado para consumo humano y cuya agua se transporta por tuberías hacia la Cooperativa de Huertos Familiares, ubicada en el otro extremo del pueblo, donde se almacena en 2 copas de agua para luego ser distribuida en los hogares de Huertos Familiares. Los pozos Nº 3 y 4 son utilizados para el riego.

Imagen Nº 51 (Puntos J6-J3-J4): Pozos de extracción de agua en Huertos Familiares



Fuente: Colección personal del autor.

La Imagen Nº 52 muestra la sede de la Cooperativa de Huertos Familiares, la que se encarga de distribuir el agua sacada de los pozos anteriormente mencionados. El agua se almacena en 2 copas de agua, cuya capacidad es de 300 m^3 cada una.

Imagen Nº 52 (K): Cooperativa de Huertos Familiares y copas de almacenamiento de agua



Fuente: Colección personal del autor.

8.- Resultados

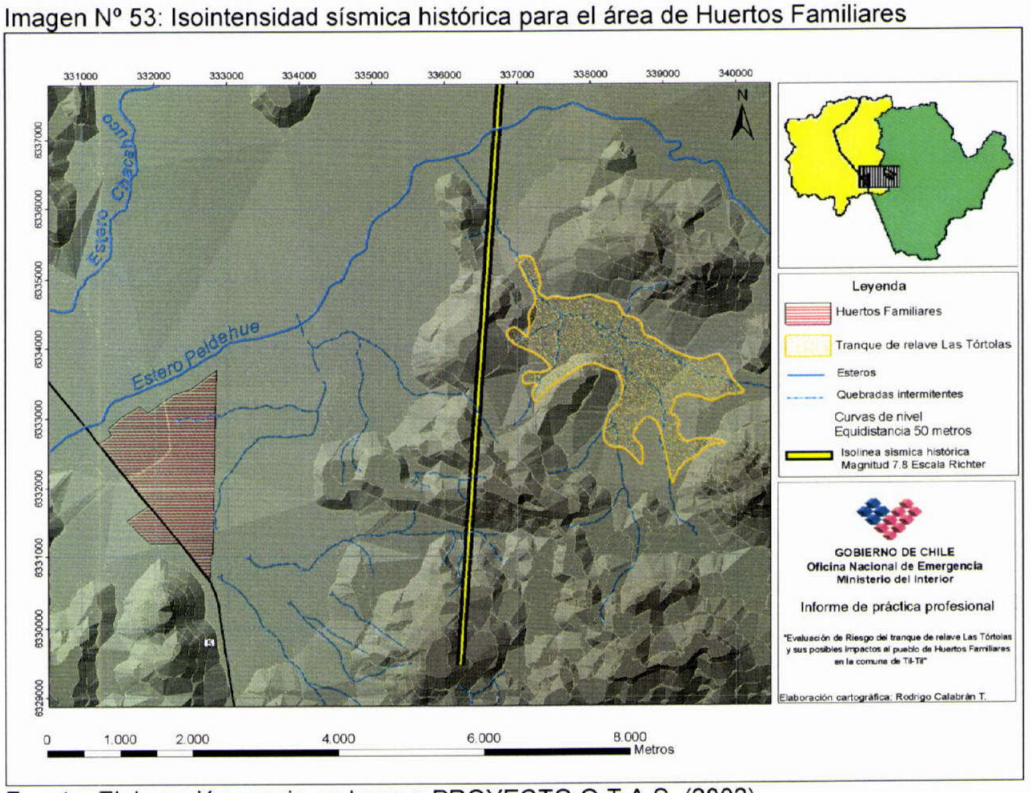
8.1.- Discusión de prioridades

En esta etapa se busca determinar aquellas zonas que puedan presentarse como las más vulnerables frente a la amenaza del tranque de relave Las Tórtolas. En este sentido, según el Fallo de la Corte de Apelaciones de Santiago Comité de Agua Potable Rural de Caimanes y Otros / Dirección General de Aguas, Causa Nº 12004-2005, Folio: 134031 en BUSTAMANTE (2007) "todos los tranques de relave producen contaminación por material particulado. Es imposible mantener la humedad requerida para evitarlo, sobre toda la superficie del relave y durante todo el tiempo requerido. De esta forma, el polvo tóxico es elevado por el viento y depositado en las campos cercanos que no son propiedad de la empresa". Esto hace referencia a que el viento es un factor importante a tomar en cuenta, sobre todo en verano, ya que es en este período cuando el viento tiene una dirección predominante Sur – Suroeste (SSW) y que puede incidir en el traslado por deflación de material particulado peligroso para los habitantes del sector de Huertos Familiares, lo que podría alterar su salud a largo plazo. GINOCCHIO (2007) señala que "la depositación de partículas ricas en metales pesados se traduce en un aumento progresivo de estos en el suelo, ya que su tiempo de residencia es generalmente alto, aunque esto depende de diversas condiciones del suelo. Esta acumulación gradual generaría problemas de toxicidad en la vegetación, ya que la mayoría de los metales pesados son requeridos sólo en cantidades traza por las plantas o son directamente muy tóxicos para ellas".

Por otra parte, en lo que se refiere a los aspectos hídricos y considerando "el reconocimiento universal del derecho humano al agua en adecuada cantidad y calidad como un derecho humano fundamental cuyo ejercicio pleno debe ser protegido por los Estados" (TRIBUNAL LATINOAMERICANO DEL AGUA, 2007), las quebradas que comunican el tranque de relave Las Tórtolas con el estero Peldehue pueden, eventualmente, resultar contaminadas y, de esta forma, alterar la salud de las personas que viven más abajo, tanto por contacto directo como indirecto. Lo que se pudo constatar en terreno es que no existe la presencia propiamente tal de escorrentía superficial de dichas quebradas, con lo cual este punto pasa a disminuir el puntaje inicialmente asignado.

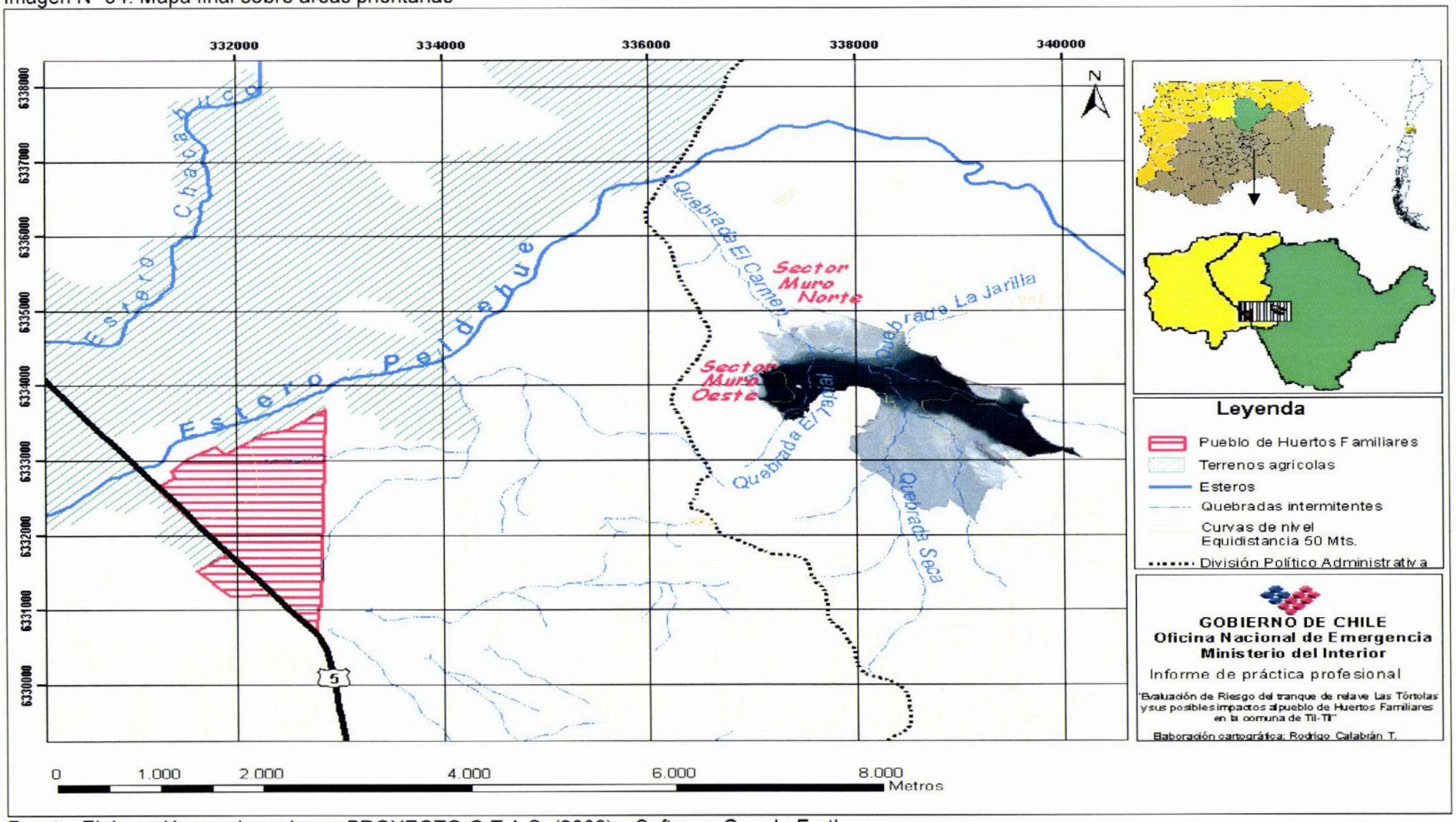
Finalmente, en lo que respecta a los muros del tranque las Tórtolas, podrían colapsar con algún movimiento sísmico de gran envergadura. Si bien se menciona que hay una baja a muy baja probabilidad de falla, nunca esta demás tomar las medidas correspondientes, siempre poniéndose en el peor de los casos. Esto se puede reflejar en la Imagen Nº 53 que muestra la isolinea de sismicidad histórica para el área del tranque Las Tórtolas, basado en el listado de eventos sísmicos proporcionado por el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile y utilizado en la carta de isointensidad sísmica histórica en el PROYECTO O.T.A.S. (2002). De acuerdo a lo mencionado anteriormente, estos muros contienen no más de un 10% de finos, lo que de acuerdo con VERDUGO (1983) en VIERTEL (2003) "se demostró que el incremento del contenido de finos en arenas de relave produce un decremento de la resistencia a la licuefacción". Esto significa que seria bueno una revisión periódica del estado de los muros, con el fin de evitar algún accidente.

Imagen Nº 53: Isointensidad sísmica histórica para el área de Huertos Familiares



Fuente: Elaboración propia en base a PROYECTO O.T.A.S. (2002).

Imagen Nº 54: Mapa final sobre áreas prioritarias



Fuente: Elaboración propia en base PROYECTO O.T.A.S. (2002) y Software Google Earth.

8.2.- Reestructuración del puntaje final

Vistos los antecedentes recopilados en la etapa de gabinete y, posteriormente en la etapa de investigación en terreno, se ha llegado a una reestructuración de los puntajes asignados a algunas variables, las cuales pasarán a detallarse a continuación:

- En el punto III.A.2.i.b, el cual hace mención a la proximidad al suministro de agua potable, antes se asignaban 6 puntos porque las cañerías provenían del estero Peldehue. En terreno se pudo constatar que esto no es así. En cambio, el agua destinada tanto para riesgo como para consumo proviene de napas subterráneas, cuyos pozos se ubican a menos de 100 metros de la población, por lo tanto se siguen manteniendo los 6 puntos asignados originalmente.

- En el punto A.2.ii.b, el cual hace mención a la cercanía a usos del agua en distintas actividades, anteriormente se asignaban 2 puntos porque el estero Peldehue se ubica a menos de 100 metros de los cultivos agrícolas de Huertos Familiares. Según lo visto y consultado en terreno, el agua para regadío proviene de pozos ubicados en Huertos Familiares, ubicándose a menos de 100 metros de lugares de cultivo y preparación de comida, por lo tanto se siguen manteniendo los 2 puntos asignados originalmente.

8.3.- Conclusiones

El estudio de *"Evaluación de Riesgo del tranque de relave Las Tórtolas y sus posibles impactos al pueblo de Huertos Familiares en la comuna de Til-Til"* permite, a través de la aplicación de la metodología N.C.S.C.S. (National Classification System for Contaminated Sites), tener una visión un poco más amplia y en profundidad debido a la severidad de la legislación canadiense, que según HERRERA (S.A.) tiene un principio precautorio, el cual está contenido en acuerdos internacionales y legislación ambiental de varios Estados. Este principio tiene el potencial de coadyuvar en la impartición de justicia ambiental, protegiendo no solo la salud y bienestar de minorías si no del ser humano en general mediante acciones anticipatorias al daño ambiental.

A partir de la revisión bibliográfica realizada en la etapa de análisis, sumado a la posterior corroboración en la etapa de investigación empírica, se puede decir que, de acuerdo a la hipótesis planteada en un principio, sin duda que el traque de relave Las Tórtolas es una potencial amenaza para la población de Huertos Familiares, ya que, según los resultados, este tiene un gran riesgo ambiental, tanto para la población como para el medio ambiente, ya que obtuvo la cifra de 73,5 puntos, lo que lo hace ubicarse en la categoría 1 de alto riesgo ambiental.

Con respecto a esto, RUGIERO (2004) señala que la necesidad de anticiparse a la catástrofe debe ser el objetivo principal que se debe potenciar, por lo tanto, es menester reconocer la amenaza en todo su ámbito de acción, es decir, desde el tipo y cantidad de productos que se almacenan hasta los residuos y cantidad que se genera al finalizar un proceso productivo. Sólo de esta manera se podrá realizar correcta gestión que aminore el impacto o efecto en el medio ambiente y en la población. Esto quiere decir que se necesita saber ciertas cosas o, tal vez, dar un poco más de transparencia a todo el proceso para que la seguridad de los habitantes del pueblo de Huertos Familiares este resguardada, y, de esta forma, evitar ciertos problemas mayores que pudiesen ocurrir a futuro. También se puede señalar, con respecto a lo anterior, que hay que tomar algunas medidas de mitigación por parte de Anglo-American con el fin de disminuir el puntaje obtenido.

Con respecto a las variables que resultaron con los puntajes más altos, sin duda que una de las más importantes es la que se relaciona con el agua subterránea. Esta da cuenta de la gran cantidad de molibdeno que contiene en las cercanías del tranque, sobrepasando ampliamente los limites establecidos por la Norma Chilena (0,01 Mg/L) llegando a casi los 4,5 Mg/L para el año 2003 para posteriormente disminuir hacia el año 2005. Con respecto a los sulfatos, se tiene que las concentraciones varían en un rango de 800 a 1.400 Mg/L entre los años 1997 y 2003 (250 Mg/L en la Norma Chilena) para posteriormente disminuir alrededor de los 400 Mg/L.

Continuando con la idea anterior, otro punto importante a tomar en cuenta es acerca de la presencia del viento, principalmente en la estación estival. Esto hace mención a que el polvo derivado del tranque de relave eventualmente, puede ser trasladado hacia las cercanías y depositarse en el suelo y, eventualmente, afectar

tanto cultivos como animales, los cuales sirven de alimento a las personas que habitan en las cercanías, lo que podría generar algunas alteraciones en la salud a largo plazo al consumir dichos productos.

Un punto que también es necesario señalar es el que se relaciona con el medio ambiente, donde la muerte de algunos ejemplares es un punto de suspicacia para algunos de los habitantes de Huertos Familiares. De acuerdo con los resultados obtenidos por el S.A.G. se ha evidenciado grandes variaciones en el numero de algunas especies de aves que fueron avistadas en las cercanías del tranque, tales como el pato rana y el blanquillo, siendo este ultimo el que mostró una disminución entre la primera y la tercera observación. Dichas especies son representativas de habitats tales como lagos, lagunas y embalses.

Finalmente, y a modo de anticipación con respecto a la ampliación de este tranque, se podría decir que las externalidades, tanto positivas como negativas, aumentarán considerablemente. Es por eso que es necesario tomar algunas medidas para reducir, mitigar o compensar dichas externalidades. Algunas de estas medidas son nombradas a continuación.

8.4.- Planificación: Recomendaciones y medidas de mitigación

Según Tchernitchin y Herrera (2006) "la existencia de relaves mineros en zonas con actividad agrícola y áreas residenciales traen como consecuencia efectos adversos sobre el medio ambiente, el desarrollo agrícola y la salud, tanto de los habitantes de la zona como de los consumidores de productos agrícolas cultivados en las áreas de impacto de relaves." Es por esto que se proponen una serie de alternativas de mitigación que disminuyen en grado importante dichos efectos adversos:

8.4.1.- Contaminación de aguas dulces superficiales y de acuíferos freáticos por descargas de aguas de relaves, normalmente con alta carga residual química y de elementos disueltos: La composición de las aguas de relaves que se descargan en los tranques de relaves no es informada en forma regular y oportuna a la comunidad, y por ende puede contener compuestos no advertidos (por ejemplo arsénico, vanadio, cromo, níquel, etc.) los que pueden ser bioacumulados por masas vegetales. Estos, si son descargados a cursos

cercanos, contaminarán estas aguas superficiales y a continuación las napas freáticas. Si se descargan en el período en el cual el cauce del estero está sin agua, contaminarán directamente los acuíferos freáticos. De esta manera, contribuyen a aumentar la concentración de iones tóxicos en las aguas de regadío y en aguas de pozo potables, afectando tanto la salud de los residentes de la zona como la actividad agrícola.

Proposiciones de mitigación

1. Recircular las aguas claras del tranque de relaves al proceso, es decir, bombearlas de vuelta hacia el lugar donde se realiza el proceso minero de concentrado de mineral, generando un proceso minero más sustentable, de efluente cero, ahorrando aguas y permitiendo el desarrollo de la agricultura limpia.

2. En forma provisoria, mientras se de cumplimiento a lo propuesto en el punto anterior, construcción de ducto de evacuación para descargas de emergencia cuando estas no cumplan con la norma, donde esas aguas deben ser posteriormente tratadas a cabalidad.

8.4.2.- Riesgo de vertidos accidentales de reactivos tóxicos a las aguas de cauces cercanos: Este evento causa contaminación de napas freáticas afectando la calidad de productos hortofrutícolas regados con estas aguas.

Proposiciones de mitigación

1. Para mitigar estos efectos se propone: construir un reservorio de gran capacidad e impermeabilizado para dirigir hacia ese reservorio las aguas contaminadas accidentalmente, para que puedan ser tratadas adecuadamente.

2. Monitorear permanentemente, tanto el estero Peldehue como las quebradas que comunican el tranque con dicho estero, antes y después que dichas aguas pudiesen tener contacto con los residuos de los relaves. Es decir, tomar muestras tanto aguas arriba como aguas abajo del tranque de relave Las Tórtolas.

8.4.3.- Riesgo de avalancha por ruptura de la pared de contención del tranque durante movimientos telúricos de gran intensidad: Chile presenta el riesgo de movimientos telúricos de gran intensidad, con lo cual pueden ocurrir ruptura de la pared de contención del tranque de relaves, y escurrimientos masivos de su contenido que no sólo ponen en riesgo vidas humanas, sino que también presentan el riesgo de contaminar los suelos de valles agrícolas y sus acuíferos freáticos, afectando en forma irreversible las actividades hortofrutícolas de la zona afectada. El riesgo de un movimiento de Magnitud 7 o mayor no es tan frecuente, pero la persistencia del daño producido va a exceder con creces la frecuencia de eventos telúricos de gran magnitud.

Proposiciones de mitigación

1. Verificación por la Autoridad de las normas antisísmicas de ingeniería del muro de contención del tranque de relaves e información a la comunidad. Lo mismo, verificación de su resistencia ante la eventualidad de rebalse por inundación.

2. En caso que el muro no cumpla las normas de construcción antisísmica y presente riesgos, se debe contemplar la construcción de múltiples muros de contención de avalancha.

8.4.4.- Con respecto al viento, Marín (1990) propone algunas alternativas tales como:

A. Cortinas cortavientos: Como primera prioridad se establecen cortinas cortavientos en la periferia del tranque de relave, específicamente en aquellos sectores que enfrentan al viento. Para tal efecto se consideran las siguientes especies:

- Especie principal: Eucalyptus globulus
- Especie intermedia: Ricinua cammunis

En lo que respecta a la especie principal, DONOSO Y PEÑA-ROJAS (2006) señalan que el Eucalyptus globulus es una de las especies más utilizadas en la zona central de Chile para la forestación y recuperación de sectores afectados por el uso de aguas residuales de tranques de relave, ya que presenta un rápido

crecimiento y elevado requerimiento hídrico, lo que favorece la reincorporación del agua a la atmósfera a través de la evapotranspiración de sus hojas.

Dentro de este punto, y haciendo mención a las especies arbóreas, VILLALÓN VERGARA (2006) dice que el Aromo Australiano (Acacia melanoxylon) y el Granado (Punica granatus) muestran un comportamiento de crecimiento similar al de sus testigos, siendo estas especies las que presentaron una mejor adaptabilidad a las condiciones del tranque de relave. Por lo tanto, habría otras alternativas en cuanto al estrato arbóreo.

B. Ensayos experimentales con especies herbáceas: La utilización de estas especies esta dirigido principalmente para generar una cubierta vegetal que impida el arrastre de material fino provocado por el viento (cubrepisos). Dichas especies corresponden a:

- Amophyla arenaria (Barrón)
- Festuca sp. (Pasto ovillo)
- Gramma sp.
- Cynodon dactylon
- Paspalum otatum (Pasto bahía)

En este mismo punto también se plantea el uso de Vetiver Grass para la rehabilitación de sitios mineros. Este es un sistema que ha emergido como el más innovador, bajo costo y ambientalmente amigable de los métodos de fitorremediación de residuos de la actividad minera. Esta tecnología ha sido empleada con éxito para rehabilitar este tipo de residuos en Australia, China, Sudáfrica, Tailandia y Venezuela. En el caso de las pilas de lixiviación de la mina Lo Aguirre, el vetiver grass se establece y crece satisfactoriamente sobre estas con un nivel de cobre total muy alto (2.369 Mg/Kg) y un PH ácido de 3,6

C. Ensayos experimentales con especies arbóreas - arbustivas: Hay 2 especies seleccionadas y que muestran buenos resultados: El espino (Acacia caven) y el "Chocho" (Lupinus arboreus). La utilización del Chocho se basa en que es una especie que cumple funciones de protección, ayuda a formar bastante vegetación en el suelo, es fijadora de nitrógeno e incorpora anualmente una gran cantidad de materia orgánica, permitiendo condiciones para que otras especies se puedan

establecer sin problemas. Ambas especies se caracterizan por ser muy rusticas y de gran tolerancia a condiciones adversas del suelo.

D. Actividades complementarias: También se proponen algunas alternativas tales como:

- Mallas cortaviento tipo Raschel: La confección de mallas cortavientos con el objeto de aminorar la acción del viento, evitar el arrastre de partículas finas y proteger las plantaciones jóvenes ha mostrado ser bastante eficaz, pero hay que tener en cuenta que una vez que la cubierta vegetal se haya establecido a través de toda la superficie a proteger, no será necesaria.

- Fertilización: Esta técnica de apoyo a las plantaciones forestales es una práctica que se viene ocupando cada vez con mayor intensidad. Dada la presencia de nutrientes en el relave, se hace imperioso aplicar fertilizante anualmente para lograr un adecuado establecimiento y altas tasas de sobrevivencia de las plantas. Los elementos más utilizados son los nitrogenados (Urea o Salitre potásico), Superfosfato triple y Sulfato de potasio.

- Manejo de Acacia cianophylla: Este tratamiento silvicultural se aplica a esta especie principalmente para lograr un diámetro de copa mayor y oponer una mayor resistencia al viento. La biomasa extraída es depositada sobre el relave a modo de protección y como generadora de materia orgánica.

Algunas actividades anuales

- Mantención de mallas cortaviento.
- Mantención de cortinas cortavientos vegetales periféricas e intermedias.
- Fertilización de acuerdo a los requerimientos nutricionales de plantaciones establecidas.
- Aumento de la densidad de plantas en aquellos sectores más afectados por el viento con baja sobrevivencia de plantas.
- Producción y control de calidad de plantas en viveros.
- Instalación de empalizadas (elementos mecánicos) en los taludes para evitar el descalce de las plantas por efectos del viento.
- Vigilancia para evitar el destrozo o hurto de las mallas y extracción de la leña para combustible.

- Se propone el monitoreo de la calidad del aire con estaciones de monitoreo de material particulado respirable MP-10 con representatividad poblacional para una mayor transparencia en el proceso.

9.- Bibliografía

1. AGACINO, Rafael *et. al.* (1998). Capital transnacional y trabajo: El desarrollo minero en Chile. Universidad ARCIS. Santiago, Chile. LOM Ediciones. pp. 3-4.

2. ANDÍA, M. y LAGOS, G. (1996). En la cuerda floja: Un análisis crítico y necesario de las principales legislaciones ambientales chilenas que rigen el funcionamiento de los tranques de relave. Induambiente (N° 20): pp. 22-25.

3. ANGLO-AMERICAN CHILE (2007α). Reporte de desarrollo sustentable resumido. Santiago, Chile. 24p.

4. AVELLANEDA, Alfonso (2000). Manejo integral de residuos sólidos integrales. En su: Gestión ambiental y planificación del desarrollo. Bogota, Colombia. Ecoe Ediciones. Pp 109-110.

5. ARAYA VERGARA, José F. (1985). Análisis de la Carta Geomorfológica de la Cuenca del Mapocho. Revista Informaciones Geográficas de Chile N° 32. Santiago, Chile. Universidad de Chile. 36p.

6. BLIGHT, G. E. y FOURIE, A. B. (2005). Catastrophe revisited – disastrous flow failures of mine and municipal solid waste. Department of civil engineering, University of the Witwatersrand. Johannesburg, South Africa. 236p.

7. BOETTIGER, H. (1987). Evaluación del impacto de la inundación de julio de 1984 en la cuenca del estero Lampa. Memoria para optar al Título Profesional de Geógrafo. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. 50p.

8. CABELLO E., Juan C. (1985). Tranques de relave y su impacto ambiental. Taller para especialistas sobre tranques de relave. Instituto de Ingenieros de Minas de Chile. Santiago, Chile. 1p.

9. CEPAL (2005). Integración sectorial: minería, silvicultura, acuicultura. En su: Evaluaciones del desempeño ambiental, Chile. Naciones Unidas, CEPAL. pp. 160-171.

10. CIMM (2005). Caracterización y determinación de los requerimientos de desarrollo tecnológico e innovación tecnológica para la mediana y pequeña minería de la III, IV Y V Región. Centro de Investigación Minera y Metalúrgica, Ministerio de Minería. Santiago, Chile. 98p.

11. CORVALAN, Marcela P. (1999). Pilas de discordia: Proyecto Andacollo Cobre. Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales. Santiago, Chile. 6p.

12. CORVALÁN, Marcela P. (2000). Los riesgos de los tranques de relave minero: El caso de Peñablanca. Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales. Santiago, Chile. pp. 19-23.

13. DINTRANS, Gastón y BASTIDAS, Maria Elena (1991). Estudio del impacto ambiental en tranques de relaves "El Chinche". En: Comité Regional de Seguridad Minera IV Región-Coquimbo (1991). Compendio de Exposiciones del Seminario Minería y Medio Ambiente. Coquimbo, Chile. pp. 47-53.

14. FERNÁNDEZ C., Carlos. (2005). Vivieron el fin del mundo. El Observador, Quillota, Chile. 30 de Septiembre, 2005. pp. 6-7.

15. FERRANDO, F. (1998). Carta de riesgos naturales: Remoción en masa. En: PROYECTO O.T.A.S. (2002). [CD de datos]. Santiago, Chile.

16. GARCÍA, Manuel A. (1987). Análisis del proceso de desertificación de la cuenca de Til-Til. Memoria para optar al Título Profesional de Geógrafo. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. pp. 48-49.

17. GUEVARA E., Mario (1999). Jerarquización de tranques de relave según riesgo ambiental. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Civil. Santiago, Chile. Universidad de Chile. pp. 25-30; 75-98.

18. HAUSER Y., Arturo (2000). Remociones en masa en Chile (Versión actualizada). Boletín Nº 59, SERNAGEOMIN. Santiago, Chile. pp. 42-44.

19. ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE TIL-TIL (2006). Observaciones al Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto "Desarrollo Los Bronces". Unidad de Medio Ambiente, SECPLAC. Til-Til, Chile.

20. LAGOS, Gustavo (1989). Sector minero: El desarrollo sustentable y la contaminación ambiental en la explotación de recursos mineros. Ambiente y Desarrollo. Volumen V (Nº 3). Santiago, Chile. pp. 54-64.

21. LIRA, Luís Enrique (1994). Evolución de la gestión ambiental en la minería: La experiencia del proyecto "La Candelaria". Memoria para optar al Título Profesional de Geógrafo. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. pp 25-26.

22. MARÍN S., Jorge (1990). Tranques de relave – un proyecto diferente: Proyecto de descontaminación de tranques de relaves de la Sociedad Legal Minera Las Cenizas. Seminario tecnología aplicada en el desarrollo actual de la minería en Chile. Viña del Mar, Chile. pp. 6-11.

23. MINISTERIO DE MINERIA (1970). Decreto Supremo Nº 86 sobre Reglamento de construcción y operación de tranques de relave. Diario Oficial de La República de Chile. Santiago, Chile. 13 de Agosto de 1970. 3p.

24. OLCA (1997). Cartilla educativa: Impactos ambientales de la minería metálica en Chile. Corporación Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales. pp. 2-9.

25. OLIVERA, Manuel F. (S.A.) Articulación de la gestión del riesgo y la gestión ambiental. En: Internacional Resources Group IRG (2007). Tiempo para entregar el relevo: Reducción del riesgo de desastre desde la perspectiva de gestión ambiental, ordenamiento territorial, finanzas e inversión pública. San José, Costa Rica. pp. 32-34.

26. ONEMI (2000). Marco conceptual en protección civil. Plan nacional de capacitación: Bases para la acción integral en protección civil. Nivel 1, módulo básico. Centro Nacional de Documentación, ONEMI. Santiago, Chile.

27. PROYECTO O.T.A.S. (2002). [CD de datos]. Santiago, Chile.

28. PROYECTO O.T.A.S. (2005). Base para el Ordenamiento Territorial Ambientalmente Sustentable de la Región Metropolitana de Santiago. Informe Final Gobierno Regional Metropolitano de Santiago. Santiago, Chile. pp. 38-41.

29. PRUDENCIO A., Lorena (2002). Metodología para la estimación de riesgos ambientales y sociales asociados a los tranques de relave y su área de influencia. Tesis para optar al Título de Ingeniero Civil en Geografía. Santiago, Chile. Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Geográfica. pp. 17-37.

30. PUY, Ana (1995). Percepción social de los riesgos. Editorial MAPFRE, S.A. Madrid, España. pp. XIX-XX.

31. RAMÍREZ M., Nelson (2000). Aspectos técnicos de depósitos de relaves y consideraciones básicas de la ley 19.300 del medio ambiente. En: Curso Nacional para Peritos Mensuradores: Aspectos técnicos y jurídicos presentes en la Constitución de Concesiones Mineras = Propiedad Minera amparando el Siglo XXI. La Serena, Chile. 8-10 Noviembre de 2000. SERNAGEOMIN. 3p.

32. RENNER, Sven y PONCE, Roberto (2004). Proyecto "Bases para la remediación de pasivos ambientales mineros": Conceptos y avances del proyecto. SERNAGEOMIN. Año 1, Nº 2. Santiago, Chile. pp 95-99.

33. RUGIERO DE SOUZA, Vanesa (2004). Estudio de riesgo de contaminación por residuos industriales en la comuna de La Pintana. Informe de práctica profesional de la carrera de Geografía, Universidad de Chile. Centro Nacional de Documentación, ONEMI. Santiago, Chile. 69p.

34. RUGIERO DE SOUZA, Vanesa (2006). Suelos potencialmente aptos para revegetación o uso agrícola a partir de la utilización de biosólidos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas servidas en Provincia de Chacabuco, Región Metropolitana. Memoria para optar al Título Profesional de Geógrafo. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. pp. 50-51.

35. SARMIENTO (S.A.). El desafío de la gestión de riesgos como estrategia de intervención multisectorial y participativa al servicio del desarrollo. En: Internacional Resources Group IRG (2007). Tiempo para entregar el relevo: Reducción del riesgo de desastre desde la perspectiva de gestión ambiental, ordenamiento territorial, finanzas e inversión pública. San José, Costa Rica. pp. 7-20.

36. SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (2006). Censo De aves para el tranque de relave Las Tórtolas. [CD de datos]. Santiago, Chile.

37. SERNAGEOMIN (1990). Levantamiento catastral de los tranques de relaves en Chile: Etapa A, regiones V y XIII. pp. 47-54.

38. SHAKESBY, Richard A. y WHITLOW, J. Richard (1991). Failure of a mine waste dump in Zimbabwe: Causes and consequences. En: Springer Berlín (1991). Environmental Geology, volumen 18, Nº 2. pp. 143-144.

39. URRUTIA DE HAZBÚN, Rosa y LANZA LAZCANO, Carlos (1993). Catástrofes en Chile: 1541-1992. Santiago, Chile. Editorial La Noria. pp. 321-323.

40. VIERTEL, Paula Carolina (2003). Efecto del contenido de finos y de la densidad relativa en la resistencia cíclica de arenas de relave. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Civil mención estructuras y construcción. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. pp. 1-3.

41. VILLALÓN VERGARA, Claudio Francisco (2006). Evaluación del comportamiento en el crecimiento de cuatro especies: Albizia (Albizia lophanta), Aromo Australiano (Acacia melanoxylon), Aromo Azul (Acacia saligna) y Granado (Punica granatus) establecidas sobre material de relave minero. Taller de licenciatura, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía, Área de Fruticultura. Quillota, Chile. 63p

42. YOUNG, Anthony (1972). Slopes. Lowe & Brydone printers Limted, Thetfod. New York, Estados Unidos. 173p.

9.1.- Recursos bibliográficos en línea

1. ALCAYAGA, Julián (2005). Manual del defensor del cobre. [En línea] <http://www.cronicadigital.cl/doc/Manual_del_Defensor_del_Cobre.pdf> [Consulta: 10 Enero, 2008].

2. ANDÍA, M. y LAGOS, G. (2001). Costo de cierre de tranques de relave en Chile. [En línea] Centro de minería, Pontificia Universidad Católica de Chile. Disponible en <http://www.ing.puc.cl/imm/AndiaLagos01.html> 14 p. [Consulta: 14 Junio, 2007].

3. ANGLO-AMERICAN CHILE (2004). Construyendo un futuro sustentable. [En línea] Santiago, Chile. <http://www.angloamerican.co.uk/static/uploads/Anglo%20Chile%20SD%202004%20Report%20Spanish.pdf> [Consulta: 22 octubre, 2007].

4. ANGLO-AMERICAN CHILE (2007β). Tranque de relave "Las Tórtolas". [En línea] Seminario Modificaciones al Reglamento para la aprobación de proyectos de diseño, construcción, operación y cierre de Depósitos de relaves. Superintendencia de recursos hídricos y tranques, División Los Bronces, Anglo-American Chile. <http://www.sernageomin.cl/sitio_web/SitioCapacitacion/Santiago/Angloamerican.pdf> [Consulta: 15 octubre, 2007].

5. BONACIN, André (S.A.). Fotografías aéreas panorámicas. [En línea] <http://www.panoramio.com/photo/563904> [Consulta: 25 octubre, 2007].

6. BORREGAARD, Nicola (2001). Análisis de cuatro aspectos ligados al desarrollo de la actividad: Valorización económica de los impactos ambientales en la minería chilena. [En línea] <http://www.cipma.cl/RAD/2001/1_Borregaard.pdf> [Consulta: 28 Enero, 2008].

7. BRAVO, Patricia (2000). Chañaral, la vergüenza de CODELCO. [En línea]. Revista Punto Final. Publicado 15 de Diciembre de 1999. Edición N° 486 <http://www.puntofinal.cl/001215/nactxt2.html> [Consulta: 10 Septiembre, 2007].

8. BUSTAMANTE, Patricio (2007). Consecuencias de la ampliación de un tranque con relaves tóxicos en Colina. [En línea] <http://www.defendamoslaciudad.cl/modulos.php?mod=noticias&fn=94e679ab46d568928ad91afb91a749bb&id=609&PHPSESSID=b7e78f83cf97a35396d5863cb6a4308d> [Consulta: 07 Julio, 2007].

9. CÁMARA DE DIPUTADOS (2007). Apoyan protestas de vecinos de Til-Til por perjuicios medioambientales. [En línea] <http://www.camara.cl/diario/noticia.asp?vid=23152> [Consulta: 10 Julio, 2007].

10. CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENTAL (1992). National Classification System for Contaminated Sites. [En línea] <http://www.ccme.ca/assets/pdf/pn_1403_ncscs_guidance_e.pdf> [Consulta: 10 Agosto, 2007].

11. COMISIÓN DEL MEDIO AMBIENTE DE HUERTOS FAMILIARES (S.A.). Carta abierta a vecinos de Huertos Familiares. [En línea] <http://comisiondemedioambientehuertosfam.blogspot.com/> [Consulta: 29 Noviembre, 2007].

12. CONAMA (1994). Ley Nº 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente. [En línea]. <http://www.sinia.cl/1292/articles-26087_ley_bases.pdf> [Consulta: 06 Julio, 2007].

13. CONAMA (1996). Resumen ejecutivo "Proyecto de expansión-2 mina Los Bronces". [En línea]. <http://www.e-seia.cl/externos/admin_seia_web/archivos/127_19961028_PE.doc> [Consulta: 18 Julio, 2007].

14. CONAMA (1997). Resolución exenta Nº 012/97 "Proyecto de expansión-2 mina Los Bronces". [En línea]. <http://www.e-seia.cl/externos/admin_seia_web/archivos/127_19970627_RE.doc> [Consulta: 18 Julio, 2007].

15. CONAMA (1998). Acumulamos, desgarramos y contaminamos la tierra. [En línea] <http://www.conama.cl/rm/568/article-1202.html> [Consulta: 05 Junio, 2007].

16. CONAMA (1999). El enemigo que respiramos: Material particulado respirable (PM-10). [En línea]. <http://www.conama.cl/rm/568/article-1162.html#h2_1> [Consulta: 11 Septiembre, 2007].

17. CONAMA (2006). Estudio de impacto ambiental "Proyecto de desarrollo Los Bronces". [En línea]. <http://www.eseia.cl/externos/admin_seia_web/archivos/6481_2006_10_5_PE.zip> [Consulta: 18 Julio, 2007].

18. DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (2002). Informe de zonificación hidrogeológica para las Regiones Metropolitana y V. [En línea]. <http://www.dga.cl/otros/informestecnicos/informestecnicos/SDT133/SDT133.pdf> [Consulta: 2 Septiembre, 2007].

19. DONOSO, Sergio y PEÑA-ROJAS, Karen (2006). Plantaciones de Eucalyptus globulus ¿una solución para mitigar la contaminación del suelo con molibdeno?. En: FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES, UNIVERSIDAD DE CHILE (2006). Ambiente forestal. Revista de extensión. Volumen I, Nº 1. pp 39-42. [En línea]. <http://www.forestal.uchile.cl/ambiente_forestal/ambiente_forestal_1.pdf> [Consulta: 12 Febrero, 2008].

20. ENGELS, J. y DIXON-HARDY, D. (2002). Mufulira mine disaster of 1970, Zambia. [En línea]. <http://tailings.info/mufulira.htm> [Consulta: 2 Agosto, 2007].

21. ESPINACE *et. al.* (2006). Evaluación del efecto eólico en tranques de relave. [En línea]. http://icc.ucv.cl/geotecnia/05_publicaciones/public_prop/evaluacion_del_efecto_eolico_en_tr_argentina_2006.pdf> [Consulta: 23 Marzo, 2008].

22. EXPOMIN (2004). Innovación en el control de operación y abandono de tranques de relaves: Metodología integrada para rehabilitar rellenos sanitarios y tranque de relaves. [En línea]. Valparaíso, Chile. <http://icc.ucv.cl/geotecnia/18_ciclo_conferencias/04_expomin/ensayos_de_penetracion_para_el_control_de_operacion_de_tranques_tranques_de_relave_panda.pdf> [Consulta: 28 Junio, 2007].

23. FERRANDO A., José F. (2003). En torno a los desastres "naturales": Tipología, conceptos y reflexiones. Boletín del Instituto de la Vivienda, Vol. 18, Nº 047. [En línea]. Universidad de Chile. Santiago, Chile. <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/258/25804703.pdf> [Consulta: 15 Octubre, 2007].

24. FOLCHI, Mauricio (2004). La insustentabilidad del boom minero chileno: política y medio ambiente, 1983-2003. [En línea]. <http://www.historiaecologica.cl/Boom%20Minero%20Chile.pdf> [Consulta: 25 Marzo, 2007].

25. FONDAZIONES STAVA 1985 (S.A.). Immagini la catastrofe. [En línea] <http://www.stava1985.it/intranet/stava1985_it/www/wo_albums/Index/20050718_152745/20050718_201143/PhotoFolder?display=medium> [Consulta: 28 Julio, 2007].

26. FONSECA, R. *et. al* (2006). Uso de Vetiver grass para la rehabilitación de sitios mineros en Chile: Resultados preliminares. [En línea]. Fundación Chile. Santiago, Chile. <http://www.vetiver.org/ICV4-Roc%92o%20Fonseca.pdf> [Consulta: 18 Noviembre, 2007].

27. GALAZ, Juana (2007). Operación y manejo ambiental en depósitos de relave. [En línea]. <http://www.sernageomin.cl/sitio_web/SitioCapacitacion/Santiago/JGalaz.pdf> [Consulta: 28 Agosto, 2007].

28. GHEZZER, Alessandro (2003). La tragedia di Stava. [En línea]. <http://www.girovagandointrentino.it/puntate/2003/estate/fiemme2/fiemme2.htm> [Consulta: 28 Julio, 2007].

29. GINOCCHIO, Rosanna *et. al.* (2007). Biodisponibilidad de metales y efectos ambientales del cobre en suelos agrícolas. En: TORRES, Juan Carlos (2005). Cobre, medio ambiente y salud: Aportes de la ciencia. [En línea]. <http://www.mch.cl/documentos/pdf/cobre.pdf> [Consulta: 15 Enero, 2008].

30. GINOCCHIO, Rosanna. (2007). Los problemas ambientales derivados de la actividad industrial: El caso de la minería metálica. [En línea]. <http://www.bio.puc.cl/cursos/bio229p/mineria.doc> [Consulta: 22 Abril, 2007].

31. GREEN, Daniel (2006). Recuperación de relaves abandonados. En: FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES, UNIVERSIDAD DE CHILE (2006). Ambiente forestal. Revista de extensión. Volumen I, Nº 1. pp 42-46. [En línea]. <http://www.forestal.uchile.cl/ambiente_forestal/ambiente_forestal_1.pdf> [Consulta: 12 Febrero, 2008].

32. HERRERA, Juan Antonio (S.A.). Desarrollo y justicia ambiental en Canadá. [En línea]. <http://www.cica.es/aliens/gimadus/1415/09_justicia_ambiental_canada.htm> [Consulta: 20 Julio, 2008].

33. I.N.E. (S.A.). producción de cobre en Chile periodo 1997-2006. [En línea]. <http://www.minmineria.cl/574/articles-5878_recurso_1.xls> [Consulta: 15 Enero, 2008].

34. I.N.E. (1992). Censo 1992: Ciudades, pueblos y aldeas. [En línea]. <http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/demografia_y_vitales/demografia/pdf/censo1992.pdf> [Consulta: 7 Abril, 2007].

35. I.N.E. (2002). XVII Censo de población y VI de vivienda de Chile. [En línea]. <http://www.ine.cl/cd2002/index.php> [Consulta: 7 Abril, 2007].

36. I.N.E. (2005). Ciudades, Pueblos, Aldeas y Caseríos. [En línea]. <http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/demografia_y_vitales/demografia/pdf/cdpubaldcasjunio2005.zip> [Consulta: 7 Abril, 2007].

37. INOSTROZA, Guillermo (S.A.). Historia de las comunas de Chile: Til-Til. [En línea]. <http://www.inoschile.cl/comunas/libro312.htm> [Consulta: 12 Abril, 2007].

38. LAGOS, Gustavo (1997). Impactos ambientales de la minería en Chile. [En línea]. <http://www.cipma.cl/RAD/1997/4_Lagos.pdf> [Consulta: 16 Abril, 2007]. 13 p.

39. LA PRENSA (2006). Puno contaminado. [En línea]. La Prensa Digital. 22 de Octubre, 2006. <http://www.laprensa.com.bo/domingo/20061022/domingo02.htm> [Consulta: 29 Julio, 2007].

40. LAVELL, Allan (S.A.). Sobre la gestión del Riesgo: Apuntes hacia una definición. [En línea]. <http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc15036/doc15036-contenido.pdf> [Consulta: 8 Abril, 2008].

41. LENNTECH (2007). Molibdeno: Propiedades químicas y efectos sobre la salud. [En línea]. <http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/Mo.htm> [Consulta: 17 Mayo, 2007].

42. LÓPEZ, Patricio *et. al.* (2003). La minería y su pasivo ambiental. [En línea]. Serie APP Nº 24. Fundación Terram. Santiago, Chile. <http://www.navarro.cl/defensa/Royalty/APP24%20relaves.pdf> [Consulta: 17 Abril, 2007].

43. MINISTERIO DE MINERIA (1991). Decreto Supremo Nº 185: Emisores de anhídrido sulfuroso, material particulado y arsénico en Chile. [En línea]. <http://www.sinia.cl/1292/fo-article-26285.pdf> [Consulta: 6 Agosto, 2007].

44. MINISTERIO DE MINERIA (2007). Reglamento para la aprobación de proyectos de diseño, construcción, operación y cierre de los depósitos de relaves. [En línea]. <http://www.sernageomin.cl/pdf/reglamentos_seguridad_minera/DS248_Reglamento_DepositosRelave.pdf> [Consulta: 30 Julio, 2007].

45. MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (1978). Norma Chilena oficial N° 1.333 sobre norma de calidad para el recurso agua. [En línea]. <http://www.lagovillarrica.com/dv/Textos/Nch1333%20Calidad%20Agua%20diferentes%20usos.pdf> [Consulta: 27 Noviembre, 2007].

46. MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (1990). Ley de superintendencia de servicios sanitarios. [En línea]. <http://www.normativaconstruccion.cl/Instrumentos/Ley-18902-Sep2007.pdf> [Consulta: 28 Noviembre, 2007].

47. MINISTERIO DE SALUD (1980). Decreto Ley N° 3.557 que establece disposiciones sobre protección agrícola. [En línea]. <http://www.sag.gob.cl/pls/portal/docs/PAGE/PG_SAG_BIBLIOTECA/BIBL_SANIDAD/BIBLIO_SANAGRI/BIBLIO_SANAGRI_NORMATIVAS/AREA_VEGETAL_SANIDAD_DECRETOLEY_3557.PDF> [Consulta: 29 Noviembre, 2007].

48. MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA (1998). Norma de calidad primaria para material particulado respirable MP-10. D.S. N° 59 de 16 de marzo de 1998. [En línea]. <http://www.sinia.cl/1292/articles-26290_pdf_mp10.pdf> [Consulta: 15 Mayo, 2007].

49. ONEMI (S.A.). AIDEP: Metodología para la Gestión Integral y Participativa de Prevención, Preparación, Respuesta y Recuperación frente a Emergencias y Desastres, de acuerdo a las específicas realidades locales de Riesgos y de Recursos. [En línea]. <http://www.onemi.cl/images/onemi/archivos/aidep.pdf> [Consulta: 10 Julio, 2007].

50. ONEMI (1994). Plan básico de coordinación para enfrentar emergencias y desastres por sustancias o materiales peligrosos (ACCEQUIM). [En línea]. Santiago, Chile. <http://www.onemi.cl/images/onemi/archivos/accequim.pdf> [Consulta: 20 Junio, 2007].

51. ONEMI (2002). Plan Nacional de Protección Civil. [En línea]. Santiago, Chile. <www.onemi.cl/images/onemi/archivos/decretoplannacionalprotcivil.pdf> [Consulta: 22 Junio, 2007].

52. ORREGO, Juan Pablo (2003). El estado de las aguas terrestres en Chile: Cursos y aguas subterráneas. [En línea]. Fundación Terram. Santiago, Chile. <http://www.ecosistemas.cl/1776/articles-71690_documento_pdf.pdf> [Consulta: 8 Abril, 2007].

53. PALMA, Juan *et. al*, (2007). Estabilización de taludes de tranques de relave afectados por la erosión eólica. [En línea]. <http://icc.ucv.cl/geotecnia/05_publicaciones/public_prop/21_estabilizacion_de_taludes_erosion_eolica.pdf> [Consulta: 15 Marzo, 2008].

54. SEID-KARBASI, M. y BYRNE, P.M. (2004). Enbankment damns and earthquakes. [En línea]. University of British Columbia, Canada. <http://www.civil.ubc.ca/liquefaction/Publications/Hyropower&Dams.pdf> [Consulta: 9 Septiembre, 2007].

55. SERNAGEOMIN (2003). Guía De buenas practicas ambientales para la pequeña minería. [En línea]. <http://www.sernageomin.cl/pdf/medio_ambiente/construccion_operacion_tranques.pdf> [Consulta: 25 Enero, 2008].

56. SERNAGEOMIN (2006). Anuario de la minería de Chile. [En línea]. <http://www.sernageomin.cl/pdf/publicaciones/anuario2006.pdf> [Consulta: 26 Octubre, 2007].

57. SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (2004). Medidas de mitigación de impactos ambientales en fauna silvestre. [En línea]. <http://www.sag.gob.cl/pls/portal/docs/PAGE/PG_SAG_BIBLIOTECA/BIBL_MEDAMB/BIBLIO_MA_GAMB/BIBLIO_MA_GAMB_DOCS/MITIGACION_IMPACTOS_AMBIENTALES_FAUNA_SILVESTRE.PDF> [Consulta: 13 Diciembre, 2007]. 102 p.

58. SEW, Gue See (2005). Earthquake engineering. [En línea]. <http://www.gnpgeo.com.my/TechnicalPapers/L_12.pdf> [Consulta: 8 Septiembre, 2007]. 5p.

59. SONAMI (2001). El proyecto de expansión Los Bronces de Disputada. Boletín Nº 1.140 [En línea]. Santiago, Chile. LOM Ediciones. < http://www.sonami.cl/cgi-bin/procesa.pl?plantilla=/boletinmensual_detalle.html&id_art=257> [Consulta: 20 Junio, 2007].

60. TCHERNITCHIN y HERRERA (2006). Relaves mineros y sus efectos en salud, medio ambiente y desarrollo económico. Ejemplo de relave en el valle de Chacabuco-Polpaico. Volumen 46, Nº 1. [En línea]. Cuadernos Médicos Sociales, pp. 22-43 Santiago, Chile. <www.colegiomedico.cl/Portals/0/files/biblioteca/publicaciones/cuadernos/46_1.pdf> [Consulta: 30 Junio, 2007].

61. TRIBUNAL LATINOAMERICANO DEL AGUA (2007). Amenaza a los recursos hídricos y comunidades del valle del Pupío por la construcción del tranque "El Mauro" para relaves mineros. Comuna de Los Vilos, Provincia del Choapa, IV Región de Coquimbo, República de Chile. [En línea]. Guadalajara, México. <http://www.tragua.com/archivos-tla/audiencia-2006-guadalajara/veredictos/caso-chile.pdf> [Consulta: 20 Octubre, 2007].

62. UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN (S.A.). Curso manejo seguro de productos químicos y de residuos tóxicos. [En línea]. <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsarp/e/fulltext/curso/curso.pdf> [Consulta: 11 Junio, 2007].

63. VILLAVICENCIO, Aldo (S.A.). Terremotos en Chile: Otros terremotos notables. [En línea]. <http://www.angelfire.com/nt/otrosterremotosChile/> [Consulta: 2 Junio, 2007].

64. WISE URANIUM (2004). Safety of tailings dams. [En línea]. <http://www.wise-uranium.org/mdas.html> [Consulta: 10 Abril, 2007].

Evaluación de Riesgos del tranque de relave las Tórtolas y sus posibles impactos al Pueblo de Huertos Familiares en la comuna de Til-Til

DATE	ISSUED TO
	INFORME PRACTICA
	PROFESIONAL RODRIGO
	CALABRAN TORO 2008

Evaluación de Riesgos del tranque de Relave las Tórtolas y sus posibles impactos al Pueblo de Huertos Familiares en la comuna de Til-Til.

INFORME DE PRACTICA PROFESIONAL
RODRIGO CALABRAN TORO
2008

GAYLORD S