

ANEXO A

INFORMES DE FLORA Y VEGETACIÓN, FAUNA, MUESTREO Y ANÁLISIS DE CALIDAD DE SUELO,
MONITOREO CALIDAD DEL AIRE, ESTUDIO DE VULNERABILIDAD INTRÍNSECA DEL ACUÍFERO

SÍNTESIS INFORMES DE MEDIO AMBIENTE

A continuación se presenta síntesis de los estudios de medio ambiente realizados por Enaex, en el contexto de proceso de Autodenuncia "Operación Planta DENSAC":

FLORA Y VEGETACIÓN

El área evaluada presenta una alta concordancia con el marco biogeográfico, presentándose como zonas con escasa o nula vegetación. Esta situación se debe principalmente al alto grado de intervención que se observa en el área de estudio.

Se observa una predominancia de zonas industriales y sin vegetación, con importante antropización lo que impide el establecimiento de una vegetación natural.

En términos florísticos se observó una baja riqueza, con una predominancia de especies exóticas ornamentales con pocos individuos plantados en zonas de jardines o en la periferia del área de estudio.

No se determinó la presencia de unidades que califiquen como bosque nativo o formaciones xerofíticas de acuerdo a los criterios establecidos en la normativa vigente.

En términos florísticos, no se determinó la presencia de especies con categoría de conservación de acuerdo a la normativa vigente.

Se concluye que la Operación de Planta DENSAC no influye en las características vegetacionales de la zona, debido a que no escapan

FAUNA TERRESTRE

Se detectó la presencia de tres (3) especies de vertebrados terrestres, las cuales se componen en un (1) reptil y dos (2) aves. Del total de especies, una (1) posee origen endémico, una (1) corresponden a una especie nativa, y una (1) correspondió a una especie exótica asilvestrada.

De acuerdo con los D.S. 151/2007, 50/2088, 51/2008, 23/2009 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, el D.S. 33/2011, 41/2011 y 42/2011, D.S. 19/2012, D.S. 13/2013, D.S. 52/2014 del Ministerio de Medio, y al DS 5/1998 MINAGRI, en el Área de Influencia se detectó la presencia de una (1) especie de vertebrados terrestres clasificados en alguna categoría de conservación. Esta especies correspondió a *Microlophus theresioides* (Corredor de Teresa), la cual se encuentra clasificada en la categoría de "Rara".

De acuerdo a las características de los ambientes presentes, en el Área de Influencia puede considerarse como una zona altamente transformada, en donde prácticamente la totalidad de la superficie corresponde a biotopos conformado por sectores industriales, oficinas con un tránsito habitual de peatones y vehículos.

En consecuencia, en términos generales el Área de Influencia no presenta zonas de alta sensibilidad, no obstante se observan pequeñas superficies con condiciones favorables para la presencia de reptiles, las que definen puntos de interés dado la presencia de fauna en categoría de conservación. Al respecto, cabe destacar el nivel de adaptabilidad que las especies registradas muestran considerando el alto nivel de transformación del área de influencia. Siendo esperables que frente a eventuales perturbaciones, los individuos se desplacen momentáneamente para luego volver a ocupar micrositios que ofrecen refugio y la posibilidad de exponerse a la radiación solar.

MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE, GASES NO_x

La Campaña de Monitoreo de Calidad del Aire, se realizó durante los días 18 y 19 del mes de febrero del 2018. Se evaluaron 4 puntos en los alrededores de la localidad de Calama.

El primer punto evaluado fue SKC se obtuvieron mediciones igual a 0,6 µg/m³N, inferior en un 99,8% del valor límite establecido.

El segundo punto evaluado corresponde a Condominio DuPont, en el cual se obtuvieron mediciones igual a 9,6 µg/m³N, inferior en un 97,6% del valor límite establecido.

El tercer punto evaluado corresponde a Casino Enaex, en el cual se obtuvo un valor de 88,3 µg/m³N, inferior en un 77,9% del valor límite establecido.

El cuarto punto evaluado fue Centro Deportivo Radomiro Tomic, y se obtuvo un valor de medición igual a 5,2 µg/m³N, inferior en un 98,7% del valor límite establecido.

MUESTREO Y ANÁLISIS CALIDAD DE SUELOS

Los resultados de los análisis realizados a las muestras provenientes de Planta ENAEX Calama se presentan a continuación:

- **pH:** Los valores de pH fluctúan entre 7,83 y 8,90 u pH. El punto de muestreo HAT presenta los valores más bajos y el punto Blanco Emulsión Encartuchados los valores más altos, en todas las profundidades observadas, respecto de los otros puntos de muestreo.
- **Nitrógeno Total Kjeldahl:** Los valores de nitrógeno total kjeldahl fluctúan entre 1652,2 mg/Kg en Blanco Emulsiones Encartuchados a 1,5 m y 14333,3 mg/Kg valor más alto registrado en Segundo Punto Blanco Detonadores a la misma profundidad.
- **Nitratos:** Los valores de nitrato fluctúan entre 1319,3 mg/Kg y 13555,2 mg/Kg obtenidos de las muestras tomadas a 1,5 m de profundidad en ambos puntos blancos.
- **Sulfato:** Las concentraciones de sulfato en el punto de muestreo NAP aumentan en función de la profundidad. En el punto HAT las concentraciones presentan la siguiente tendencia: el menor valor corresponde a la muestra obtenida a 2,0 m, luego 1,0 m y 1,5 m.

Lo que demuestra que los parámetros de la muestra de control no se alejan de lo detectado en los puntos muestreados.

DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD INTRÍNSECA DEL ACUÍFERO

El acuífero estudiado subyace bajo Planta Río Loa, y corresponde al Acuífero Superficial del Valle de Calama, hidrogeológicamente ubicado aguas debajo de otros sectores anteriores que podrían provocar o han provocado contaminaciones en dichos reservorios de agua subterránea, por diversas causas.

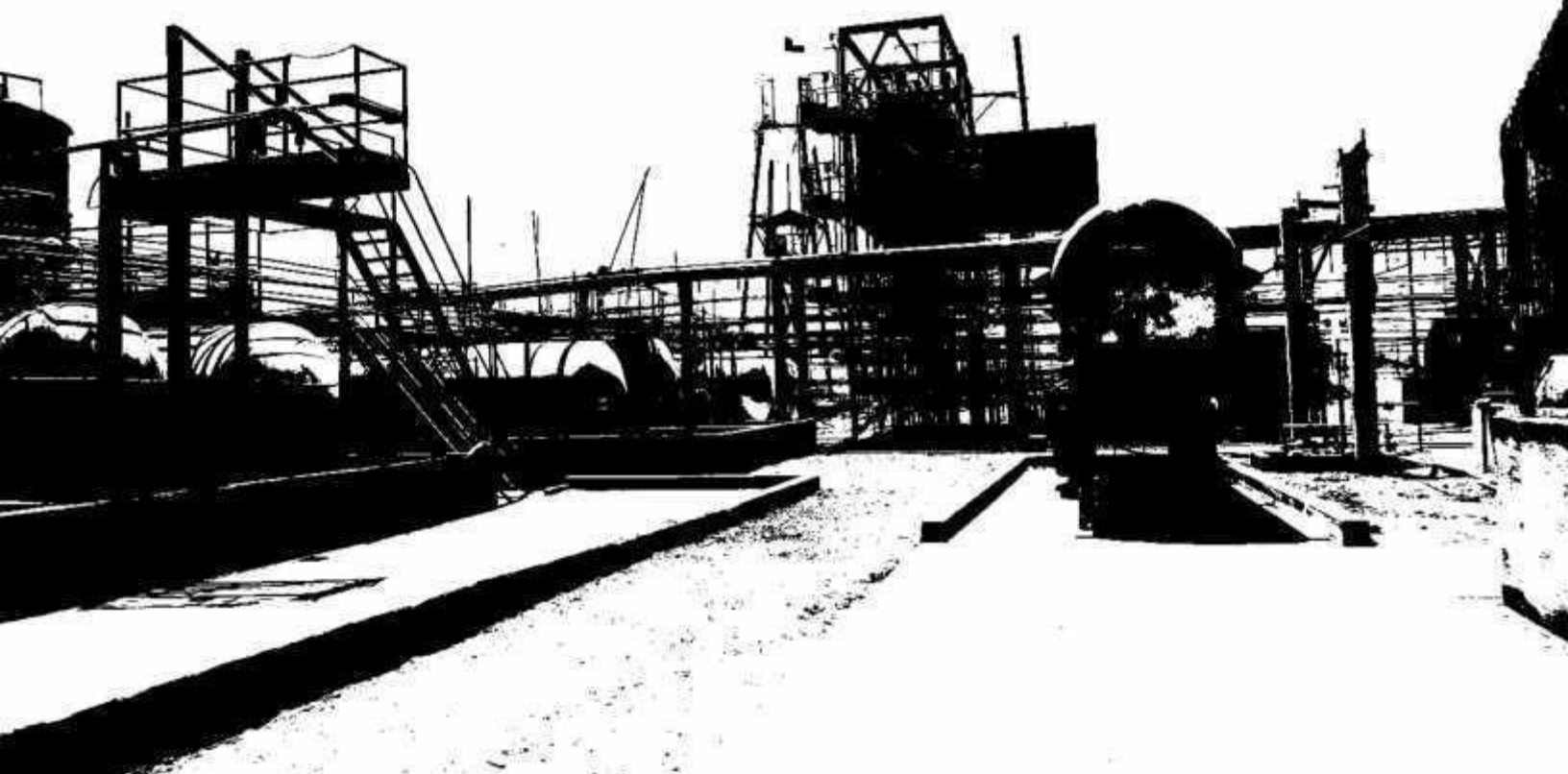
La zona no saturada del acuífero existente bajo Planta Río Loa, estimada en un promedio no inferior a los 15 metros, ha permitido disipar efectos nocivos en las descargas de efluentes, gracias a su composición calcárea y estratificación casi horizontal, pues ofrece una resistencia física (permeabilidad) al escurrimiento vertical y además impone una resistencia química, pues la cal o caliza actúa neutralizando en forma natural, posibles percolaciones de fluidos (no riles) contaminantes en dirección de la napa.



ESTUDIO DE VEGETACIÓN Y FLORA

Proyecto Densac, Planta Enaex Río Loa

OCTUBRE 2015





PROYECTO DENSAC, PLANTA ENAEX RÍO LOA

ESTUDIO DE VEGETACIÓN Y FLORA

INDICE

1	PRESENTACIÓN	3
2	OBJETIVOS	3
3	METODOLOGÍA	4
3.1	DISEÑO DE MUESTREO	4
3.2	TRABAJO DE CAMPO	4
3.2.1	CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN	4
1.1.1	CARACTERIZACIÓN DE LA FLORA TERRESTRE	7
1.1.2	ESPECIES CON CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN	8
1.1.3	IDENTIFICACIÓN DE FORMACIONES VEGETACIONALES AFECTAS A LA LEY 20.283	10
a)	Identificación de Formaciones Xerofíticas	10
b)	Identificación de unidades de Bosque Nativo	10
4	RESULTADOS	11
4.1	MARCO BIOGEOGRÁFICO	11
4.2	RESULTADOS TRABAJO EN TERRENO.....	14
4.2.1	CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN	14
4.2.2	CARACTERIZACIÓN DE LA FLORA.....	17
4.2.3	ESPECIES CON CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN	18
1.1.4	IDENTIFICACIÓN DE FORMACIONES VEGETACIONALES AFECTAS A LA LEY 20.283	18
5	CONCLUSIONES	19
6	REFERENCIAS	20

TABLAS

Tabla 3-1: Categorías de Cubrimiento y Codificación.....	6
Tabla 3-2: Codificación de las Especies Dominantes.....	6
Tabla 3-3: Categorías de grado de artificialización para las formaciones vegetales.	7
Tabla 3-4: Escala de Coberturas de Braun-Blanquet (1987)	8
Tabla 4-1. Caracterización de unidades cartográficas.....	14
Tabla 4-2: Listado florístico del área evaluada.....	17

FIGURAS

Figura 4-1. Área de estudio y unidades cartográficas.	16
--	----

FOTOGRAFÍAS

Fotografía 4-1: Vista de zona industrial	15
Fotografía 4-2: Vista de zona sin vegetación	15
Fotografía 4-3: Vista de zona industrial	15
Fotografía 4-4: Vista de zona de oficinas con vegetación ornamental.	15

PROYECTO DENSAC, PLANTA ENAEX RÍO LOA

ESTUDIO DE VEGETACIÓN Y FLORA

1 PRESENTACIÓN

El presente documento da cuenta de los resultados obtenidos en la prospección de vegetación y flora vascular terrestre, desarrollada en el marco del “Proyecto Densac” (en adelante, el Proyecto), en la planta Enaex Río Loa, localizada en Calama, Región de Antofagasta.

Se presentan los aspectos conceptuales y metodológicos utilizados en la recopilación y análisis de información para el componente vegetación y flora vascular terrestre, de acuerdo a los requerimientos señalados la Ley de Bases del Medio Ambiente (Ley N° 19.300 modificada por la Ley N° 20.417) y el por el artículo 18 de Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (D.S. N° 40/2013 MMA), para los estudios que caracterizan los ecosistemas terrestres.

El estudio tiene por finalidad realizar un análisis descriptivo en el Área de Estudio, focalizándose en los sectores con posibilidad de ser perturbados o modificados, así como de incorporar en ellos nuevos elementos u obras de infraestructura al paisaje ecológico.

Tanto el diseño de estudio como el levantamiento de información ha sido realizado de forma de posibilitar la identificación y ubicación de especies en alguna categoría de conservación, describir atributos de la biodiversidad existente tales como la riqueza, composición y abundancia de las especies registradas, y establecer la presencia de zonas sensibles al interior del Área del Proyecto.

2 OBJETIVOS

- Caracterizar la vegetación del área de estudio.
- Identificar la presencia de formaciones vegetacionales para lo cual aplica la Ley N°20.283 (sobre Recuperación de Bosque nativo y Fomento forestal). Particularmente respecto de bosque nativo y/o formaciones xerofíticas.
- Identificar y caracterizar la flora presente en el área de estudio.
- Detectar la presencia de especies en categoría de conservación, y registrar su localización dentro del área de estudio.

- Determinar la presencia de ambientes sensibles de acuerdo a sus atributos vegetacionales y/o florísticos.

3 METODOLOGÍA

3.1 DISEÑO DE MUESTREO

El muestreo en terreno ejecutado considerando las características particulares de la vegetación presente en el área de influencia definida para este componente. Estas particularidades tienen relación con la casi total intervención del área evaluada en donde no se observó la presencia de vegetación natural propiamente tal.

El muestreo de la flora se realizó mediante un recorrido pedestre exhaustivo al interior del área de estudio, donde se registró la presencia de individuos aislados de especies de flora vascular terrestre que no logran manifestar los atributos estructurales para constituir formación vegetal. Este grado de antropización explica la baja riqueza de especies observada.

3.2 TRABAJO DE CAMPO

3.2.1 Caracterización de la vegetación

La vegetación terrestre se caracterizó mediante una aproximación cartográfica fisionómica basada en el método de la Carta de Ocupación de Tierras (COT) descrita y adaptada para Chile por Etienne y Prado (1982). Este método considera a la vegetación como el factor integrador de las variaciones naturales del medio y de las modificaciones debidas a la acción del hombre, y pretende, mediante el uso de la cartografía, lograr una representación fiel de la vegetación actual a una escala de trabajo dada.

Esta representación se obtiene a través de la evaluación de tres (3) variables: formación vegetal, especies dominantes y grado de artificialización.

Las principales etapas y actividades de esta metodología son las siguientes:

i) Recopilación de antecedentes bibliográficos

Se revisará y recopilará información de las principales fuentes de referencia para la caracterización de la vegetación de Chile, lo que permite establecer un marco florístico, vegetal y biogeográfico para la área evaluada. Este marco se obtiene a partir de una revisión que considera antecedentes nacionales; (Luebert y Pliscoff, 2006), y regionales (Gajardo, 1994; Luebert y Pliscoff, 2006).

ii) Fotointerpretación

Se definirá y delimitará unidades homogéneas de vegetación a partir de la interpretación de fotografías aéreas disponibles para el área evaluada. Esta delimitación usa criterios de color, textura y distribución de patrones (principalmente vegetacionales) en las imágenes, lo que permite delimitar las unidades cartográficas en gabinete para su posterior verificación en terreno.

La escala de trabajo utilizada para la delimitación cartográfica de las unidades es de 1:1.000.

iii) Descripción en Terreno y Clasificación de la Vegetación

La vegetación se caracterizó en una campaña de terreno, realizada entre los días 15 y 16 de Octubre de 2014. En esta campaña se procedió a verificar la delimitación realizada previamente y rectificar en caso que fuese necesario dichas unidades de forma tal de dar cuenta de la vegetación presente en el área evaluada.

La formación vegetal corresponde a aquel conjunto de plantas, pertenecientes o no a la misma especie, que presentan caracteres convergentes tanto en su forma como en su comportamiento, constituyéndose en un enfoque eminentemente fisonómico el cual, basado en los conceptos de estratificación y cobertura, permite dar una imagen de la disposición vertical y horizontal de la vegetación *in situ*. De acuerdo con ello, se puede clasificar la vegetación en cuatro (4) tipos biológicos fundamentales:

- **Herbáceos:** son aquellas especies cuyos tejidos no están lignificados (no son leñosos), con tallos ricos en clorofila y fotosintéticos (hierbas).
- **Leñosos bajos (arbustivos):** son aquellas especies de tejidos lignificados o leñosos cuyo tamaño no pasa los dos metros de altura (en casos excepcionales pueden llegar a medir hasta cuatro metros de altura).
- **Leñosos altos (arbóreos):** son aquellas especies de tejidos lignificados o leñosos cuyo tamaño excede los dos metros de altura.
- **Suculentos (cactus y chaguales):** bajo esta denominación se agrupan principalmente las cactáceas y bromeliáceas.

Las formaciones vegetales pueden ser simples o complejas de acuerdo a la dominancia de uno o más tipos biológicos. El criterio de dominancia está dado por un umbral de densidad, cuyo valor varía según la región ecológica considerada (Di Castri, 1968).

En este caso, las áreas evaluadas se encuentran dentro de zonas consideradas áridas de acuerdo a la clasificación de Di Castri (1968). Con esto, el umbral de densidad mínimo es menor al 10% para los tipos biológicos leñoso bajo y herbáceo.

La cobertura o cubrimiento representa la proporción del terreno que es ocupada por la vegetación o por su proyección vertical. Este criterio da una idea de la abundancia de los diferentes tipos biológicos y se expresa en porcentaje global o por estratas, para cada unidad identificada en terreno. Todo ello se entrega en cuadros resumidos y se explica en términos generales para cada formación vegetacional segregada en el área prospectada.

Los índices y códigos empleados en el presente estudio, así como las coberturas y densidades respectivas se presentan en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1: Categorías de Cubrimiento y Codificación.

Cobertura (%)	Densidad	Código	Índice
1 - 5	muy escasa	me	1
5 - 10	escasa	e	2
10 - 25	muy abierta	mc	3
25 - 50	abierta	c	4
50 - 75	semidensa	pd	5
75 - 90	densa	d	6
90 - 100	muy densa	md	7

Fuente: Etienne y Prado 1982.

Las especies dominantes corresponden a aquellas plantas cuyas características morfológicas marcan fisonómicamente la vegetación, determinándose en base a los tipos biológicos de mayor representatividad en cada formación vegetal. La codificación para denotar las especies dominantes de cada unidad se presenta en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Codificación de las Especies Dominantes.

Tipo biológico	Código	
	Género	Especie
Leñoso alto	MAYUSCULA	MAYUSCULA
Leñoso bajo	MAYUSCULA	minúscula
Herbáceo	minúscula	minúscula
Suculento	minúscula	MAYUSCULA

Fuente: Etienne y Prado 1982.

El grado de artificialización que presenta cada unidad será definido de acuerdo a lo establecido por Etienne y Prado (1982), tal como se indica en la Tabla 3-3.

Tabla 3-3: Categorías de grado de artificialización para las formaciones vegetales.

Grado de artificialización	Código
Vegetación en estados sucesionales tardíos	1
Vegetación en estados sucesionales intermedios	2
Terrenos de pastoreo/Bosque nativo manejado	3
Cultivos anuales de secano/Bosque artificial abandonado	4
Cultivos anuales de riego y cultivos perennes de secano	5
Cultivos perennes de riego	6
Cultivos intensificados	7
Invernaderos y parques	8
Zonas edificadas	9

Fuente: Etienne y Prado 1982

iv) *Elaboración Cartográfica*

Una vez verificadas y rectificadas las unidades cartográficas, se elaborará un mapa que contiene la siguiente información para cada unidad:

- Tipos biológicos presentes y su cobertura
- Nombre de la formación según la clasificación de Etienne y Prado
- Nombre genérico de la formación
- Especies dominantes
- Superficie (en ha).

Este producto permite caracterizar la vegetación en función de su estructura vertical (estratos), horizontal (cobertura) y especies dominantes. Además permite establecer la distribución espacial y superficie ocupada por cada formación vegetal, y localizar aquellas unidades en que se registra la presencia de especies con problemas de conservación.

1.1.1 Caracterización de la Flora Terrestre

La caracterización de la flora vascular se realizó por medio de un muestreo de toda el área evaluada (2,75 ha), la que fue recorrida exhaustivamente de forma pedestre y donde no se registró la presencia de unidades vegetacionales que permitieran orientar un muestreo más sistemático y representativo. Por lo tanto, la información florística obtenida es referida a toda el área de estudio, donde no tiene fundamento la realización de inventarios florísticos propiamente tales dado que no hay unidades de vegetación natural que caracterizar.

La abundancia o cobertura de las especies registradas se presenta de acuerdo a la nomenclatura descrita por Braun-Blanquet (1987), que es la que suele usarse para el registro de inventarios fitosociológicos.

Tabla 3-4: Escala de Coberturas de Braun-Blanquet (1987).

Código de Cobertura	Descripción de Cobertura
r	individuo solitario, cobertura insignificante
+	pocos individuos con cobertura poco significativa
1	numerosos individuos con cobertura < 5%
2m	número de individuos > 50 con cobertura < 5%
2a	numerosos individuos con cobertura entre 5 -15 %
2b	cobertura entre 16 - 25 %
3	cobertura entre 26 - 50 %
4	cobertura entre 51 - 75 %
5	cobertura entre 76 - 100%

Fuente: Modificado de Braun-Blanquet (1987).

Las especies que no pudieron ser identificadas en terreno fueron colectadas e identificadas por medio de claves taxonómicas y referencias bibliográficas pertinentes.

Todas estas especies fueron sistematizadas en un listado, de acuerdo a la taxonomía actual, jerarquizado en: división, clase, familia y especie. Se agregó además el origen de cada especie y su categoría de conservación.

Para la nomenclatura de nombres científicos, formas de crecimiento y origen se considerará como referencia lo señalado en las bases de datos del Catálogo de Plantas Vasculares del Cono Sur (Instituto de botánica Darwinion)⁽¹⁾.

Los nombres comunes se obtuvieron de Hoffmann y Walter (2004) y las bases de datos en línea de Chilebosque⁽²⁾, Florachilena⁽³⁾ y Chileflora⁽⁴⁾.

1.1.2 Especies con categoría de conservación

La categoría de conservación es informada de acuerdo a lo señalado en la clasificación de especies del reglamento de la Ley de Bases de Medio Ambiente, establecida en D.S. N° 151/2006 (MINSEGPRES,

⁽¹⁾<http://www2.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/FA.asp>

⁽²⁾<http://www.chilebosque.cl/>

⁽³⁾<http://www.florachilena.cl/>

⁽⁴⁾ <http://www.chileflora.com>

2007), D.S. N° 50/2008 (MINSEGPRES, 2008), D.S. N° 51/2008 (MINSEGPRES, 2008), D.S. N° 23/2009 (MINSEGPRES, 2009), D.S. N°33/2011 (MMA, 2012), D.S. N°41/2011 (MMA, 2012), D.S. N°42/2011 (MMA, 2012), D.S. N°19/2012 (MMA, 2013), D.S. N°13/2013 (MMA, 2013) y D.S. N°52/2014 (MMA, 2014). Para aquellas especies no consideradas en estos decretos se recurrió a lo mencionado en el Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile (Benoit, 1989) en su listado nacional. En el área de estudio no se registró la presencia de especies de cactáceas ni bulbosas, por lo que no fue necesario consultar la clasificación establecida en el Boletín N° 47 del Museo Nacional de Historia Natural (1999).

Las categorías de conservación consideradas son aquellas recomendadas por el Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación (D.S. 29/2011) del Ministerio del Medio Ambiente y definidas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), a saber: Extinta, Extinta en Estado Silvestre, En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable, Casi Amenazada, Preocupación Menor y Datos insuficientes.

- Extinta (EX): cuando no queda ninguna duda razonable de que el último individuo existente de dicha especie ha muerto. Se presume que una especie está Extinta cuando prospecciones exhaustivas de sus hábitats, conocidos y/o esperados, en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales), y a lo largo de su área de distribución histórica, no han podido detectar un solo individuo. Las prospecciones deberán ser realizadas en períodos de tiempo apropiados al ciclo de vida y formas de vida de la especie.
- Extinta en Estado Silvestre (EW): cuando sólo sobrevive en cultivo, en cautividad o como población (o poblaciones) naturalizadas completamente fuera de su distribución original. Se presume que una especie está Extinta en Estado Silvestre cuando prospecciones exhaustivas de sus hábitats, conocidos y/o esperados, en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales), y a lo largo de su área de distribución histórica, no han podido detectar un solo individuo. Las prospecciones deberán ser realizadas en períodos de tiempo apropiados al ciclo de vida y formas de vida de la especie.
- En Peligro Crítico (CR): cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple con alguno de los criterios establecidos por la UICN para tal categoría y, por consiguiente, se considera que está enfrentando un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre.
- En Peligro (EN): cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple con alguno de los criterios establecidos por la UICN para tal categoría y, por consiguiente, se considera que está enfrentando un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre.
- Vulnerable (VU): cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple con alguno de los criterios establecidos por la UICN para tal categoría y, por consiguiente, se considera que está enfrentando un riesgo alto de extinción en estado silvestre.
- Casi amenazada (CA): Especie que no satisface los criterios de las categorías vulnerable, en peligro o en peligro crítico de la Lista Roja elaborada por la organización, aunque está cercano a cumplirlos o se espera que así lo haga en un futuro próximo.

- Preocupación menor (PM): Especie que tras ser evaluada por la UICN no cumple ninguno de los criterios de las categorías en peligro, en peligro crítico, vulnerable o casi amenazado de la Lista Roja elaborada por la organización. En consecuencia, incluye a todos los taxones abundantes y de amplia distribución, que no se encuentran bajo amenaza de desaparecer en un futuro próximo, siendo por lo tanto el de menor riesgo en la lista.
- Datos insuficientes (DI): Especie de la cual no existe la información adecuada para hacer una evaluación del riesgo de extinción basándose en la distribución y las tendencias de la población.

1.1.3 [Identificación de formaciones vegetacionales afectas a la Ley 20.283.](#)

a) *Identificación de Formaciones Xerofíticas*

Para todas las unidades de vegetación identificadas en el área de influencia, se efectuó una evaluación para determinar si califican como formaciones xerofíticas de acuerdo a lo establecido en el artículo 2º de la Ley N° 20.283 sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal, su reglamento contenido en el D.S. 93/2009, y sus modificaciones contenidas en el D.S. 26/2011. Adicionalmente se consideró lo estipulado en la “Guía de Evaluación Ambiental – Criterios para la evaluación de proyectos ingresados al SEIA” (CONAF 2012) oficializada en la resolución N°158/2012. De acuerdo a estos cuerpos normativos, una formación xerofítica debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Debe tratarse de una formación vegetal;
- La composición vegetacional predominante (especies dominantes y codominantes) debe ser de especies arbustivas y/o suculentas, permitiéndose la presencia, en términos minoritarios de especies arbóreas;
- Las especies vegetales predominantes deben encontrarse en la nómina de especies arbóreas y arbustivas del país de acuerdo al D.S. N° 68, de 2009, del Ministerio de Agricultura;
- Las especies vegetales predominantes no deben constituir un bosque de acuerdo a lo definido en la Ley N° 20.283;
- El sector en análisis debe encontrarse en áreas de condiciones áridas o semiáridas. En este contexto, la definición legal establece la ubicación geográfica de estas áreas entre las Regiones XV a VI y las depresiones interiores (depresión intermedia) de las Regiones VII y VIII.

b) *Identificación de unidades de Bosque Nativo*

La presencia de unidades de bosque se definió de acuerdo a lo establecido en el artículo N°2 de la Ley 20.283, donde estipula que las unidades de bosque deben cumplir copulativamente con los siguientes requisitos:

- Constituir una (1) formación arbórea de 5.000 m² de superficie mínima.

- Tener por lo menos 40 m de ancho
- Y presentar un mínimo de 10% de cobertura en condiciones áridas y semiáridas, y de 25% en circunstancias más favorables.

Las unidades que conformen bosque pueden ser clasificadas como bosque nativo o bosque nativo de preservación tal como se señala en el artículo N°3 y N°4 de la Ley 20.283, donde se establece:

“3) Bosque nativo: bosque formado por especies autóctonas, provenientes de generación natural, regeneración natural, o plantación bajo dosel con las mismas especies existentes en el área de distribución original, que pueden tener presencia accidental de especies exóticas distribuidas al azar.

4) Bosque nativo de preservación: aquél, cualquiera sea su superficie, que presente o constituya actualmente hábitat de especies vegetales protegidas legalmente o aquéllas clasificadas en las categorías de en "peligro de extinción", "vulnerables", "raras", "insuficientemente conocidas" o "fuera de peligro"; o que corresponda a ambientes únicos o representativos de la diversidad biológica natural del país, cuyo manejo sólo puede hacerse con el objetivo del resguardo de dicha diversidad.

Se considerarán, en todo caso, incluidos en esta definición, los bosques comprendidos en las categorías de manejo con fines de preservación que integran el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado o aquel régimen legal de preservación, de adscripción voluntaria, que se establezca.”

4 RESULTADOS

4.1 MARCO BIOGEOGRÁFICO

Según la clasificación de Gajardo (1994), el área de estudio se encuentra en la región del Desierto, que se extiende el extremo norte del país, en la Línea de la Concordia, hasta el río Elqui, en la IV Región. Constituye la parte más austral del desierto de la costa del Pacífico de América del Sur. Aunque tiene como límite oeste la costa oceánica, es principalmente un desierto interior, con una altitud media aproximada de 1.500 msnm, abarcando los abruptos acantilados costeros, las serranías de la Cordillera de la Costa, las grandes depresiones interiores y las laderas occidentales de la Cordillera de los Andes.

De acuerdo a la misma clasificación, corresponde para el área de estudio la sub-región del Desierto Absoluto, que corresponde a aquella parte del desierto en que las precipitaciones son insignificantes y el aporte hídrico es de carácter local, proviniendo de la presencia de napas freáticas o de aluviones ocasionales que descienden de la Cordillera de los Andes. Es calificado de desierto absoluto, pues la vida

vegetal está prácticamente ausente en gran parte de su extensión, salvo en condiciones muy particulares.

A nivel de formación, el área de estudio se enmarca dentro de la formación del “Desierto de los Aluviones”. Esta formación vegetal muestra una típica fisionomía de arbustos bajos extremadamente xerofitos, con una cobertura muy rala, encontrándose amplios sectores desprovistos de vida vegetal. Su ubicación geográfico-ecológica corresponde a aquellos sectores que tienen influencia de los grandes aluviones y precipitaciones marginales provocadas por el invierno altiplánico.

Para esta formación se describen las siguientes comunidades vegetales:

***Philippiamra pachyphylla* - *Hoffmanseggia ternata* (Grietal - Culchao):** Comunidad de fisionomía típicamente desértica, con escasa cobertura y de gran pobreza florística. Se presenta de preferencia en lugares arenosos de pendientes suaves.

- Especies representativas: *Hoffmanseggia ternata* (culchao), *Philippiamra pachyphylla* (grietal)
- Especies comunes: *Fagonia chilensis* (rosita), *Junellia seriphioides* (tomillo macho), *Tetragonia trigona* (lechuga gorda)

***Atriplex imbricata* (Ojalar):** Comunidad de composición muy variada y que tiene una amplia repartición geográfica. En muchos lugares está constituida por poblaciones puras de *Atriplex imbricata*.

- Especies representativas: *Atriplex imbricata* (ojalar), *Coldenia atacamensis* (cauchal)
- Especies acompañantes: *Adesmia atacamensis* (allaval)
- Especies comunes: *Acantholippia punensis* (rica-rica)

***Adesmia atacamensis* - *Coldenia atacamensis* (Allaval – Cauchal):** Comunidad que se encuentra ampliamente repartida, pero para la cual no existen mayores antecedentes sobre su composición florística.

- Especies representativas: *Adesmia atacamensis* (allaval), *Coldenia atacamensis* (cauchal)

***Adesmia atacamensis* - *Calandrinia salsoloides* (Allaval – Quiaca):** Comunidad vegetal que se ubica de preferencia en los grandes conos aluviales. No existe mayor información respecto de su composición florística, pero estacionalmente, con ocasión de la ocurrencia de grandes precipitaciones en las alturas, debe ser bastante diversificada.

- Especies representativas: *Adesmia atacamensis* (allaval), *Calandrinia salsoloides* (quiaca)

***Atriplex atacamensis* - *Acantholippia trifida* (Cachiyuyo – Oreganillo).**

- Especies representativas: *Acantholippia trifida* (oreganillo), *Atriplex atacamensis* (cachiyuyo)
- Especies acompañantes: *Ephedra breana* (pingopingo)
- Especies comunes: *Adesmia atacamensis* (allaval), *Cristaria atacamensis* (malvilla), *Tessaria absinthioides* (brea).

***Atriplex imbricata* - *Cristaria andicola* (Ojalar – Malvilla):** Es una comunidad vegetal típica de la transición entre elementos desérticos y alto-andinos; se encuentra ampliamente repartida y su composición florística es variada.

- Especies representativas: *Atriplex imbricata* (ojalar), *Cristaria andicola* (malvilla)
- Especies acompañantes: *Ephedra breana* (pingopingo), *Malesherbia lactea* (piojillo)
- Especies comunes: *Adesmia atacamensis* (allaval), *Sisymbrium amplexicaule* (mostacilla), *Adesmia hystrix* (varilla brava), *Argylia tomentosa* (terciopelo), y *Hoffmanseggia andicola*.

***Tessaria absinthioides* - *Distichlis spicata*:** En esta formación vegetal, esta comunidad ocupa también una posición ruderal.

Por otro lado, la clasificación de Luebert y Pliscoff (2006), presenta solo un piso de vegetación para el área de estudio: **Matorral bajo desértico tropical interior de *Adesmia atacamensis* y *Cistanthesalsoloides*.**

Este piso, corresponde a un matorral abierto extremadamente xeromórfico en el que dominan *Adesmia atacamensis* y *Cistanthe salsoloides*, acompañadas por un elenco variable de especies entre las que pueden mencionarse *Huidobria fruticosa*, *Dinemandra ericoides* y *Ephedra breana*. Generalmente la vegetación se asocia a situaciones microtopográficas favorables, donde se acumula la escasa humedad. Recibe influencias marginales de lluvias de verano.

Composición florística: *Adesmia atacamensis*, *Argylia tomentosa*, *Atriplex imbricata*, *Cistanthe salsoloides*, *Dinemandra ericoides*, *Ephedra breana*, *Hoffmanseggia doellii*, *Huidobria fruticosa*, *Urmenetea atacamensis*.

Distribución: Ampliamente repartida en las partes más bajas de la precordillera andina, desde el centro de la región de Tarapacá hasta el norte de la región de Atacama, entre 1.800 y 3.700 m en la zona sur y entre 2.100 y 3.000 m en la zona norte, piso bioclimático mesotropical superior y supratropical ultrahiperárido e hiperárido inferiorhiperoceánico.

4.2 RESULTADOS TRABAJO ENTERRENO

4.2.1 Caracterización de la vegetación

El área de estudio se encuentra en una zona altamente antropizada por actividades industriales, con escasa cobertura vegetal y donde solo se realizó registros de individuos aislados de plantas vasculares, en la mayor parte de los casos plantados en zonas periférica del área evaluada. No se observó la presencia de vegetación natural ya que no es posible observar la manifestación de patrones estructurales (cobertura y estratos) en la pobre comunidad vegetal registrada.

Gran parte del área evaluada está ocupada por edificaciones o por actividades productivas que a su vez impiden el poblamiento de plantas vasculares.

Toda el área de estudio corresponde a zonas denudadas sin presencia de especies dominantes por lo que la delimitación de unidades, se basó principalmente en el grado de modificación, o uso asociado a cada unidad delimitada.

Tabla 4-1. Caracterización de unidades cartográficas.

Unidad Cartográfica	Tipos biológicos	Especies dominantes	% Suelo desnudo	Grado de artif.	Tipo de cobertura
UC-01	ZD	s/e	100	9	Zona edificada
UC-02	ZD	s/e	100	7	Zona sin vegetación
UC-03	ZD	s/e	100	7	Zona industrial
UC-04	ZD	s/e	100	7	Zona sin vegetación
UC-05	ZD	s/e	100	9	Zona edificada

Fuente: Cienciambiental, 2015.

Fotografía 4-1: Vista de zona industrial.



Fotografía 4-2: Vista de zona sin vegetación.



Fotografía 4-3: Vista de zona industrial.



Fotografía 4-4: Vista de zona de oficinas con vegetación ornamental.



Fuente: Cienciambiental, 2015.

Figura 4-1. Área de estudio y unidades cartográficas.



Fuente: Cienciambiental, 2015.

4.2.2 Caracterización de la Flora

En el área de estudio se registró la presencia de siete (7) especies de flora vascular (Tabla 4-2), la mayor parte de ellas (cinco especies) son consideradas introducidas (alóctonas) correspondiendo a un 71,4% de los registros. Solo dos (2) especies son nativas (28,6%), y no se registró especies endémicas a nivel nacional.

En términos de la forma de vida, la mayor riqueza de especies corresponde a arbustos, y arbusto/árbol, ambas con dos (2) especies (28,6%); árboles, hierbas anuales e hierbas perennes contaron con solo una (1) especie cada una.

En términos taxonómicos, se registró seis (6) familias de plantas vasculares, siendo Fabaceae la más rica con dos (2) especies (28,6%), por su parte Chenopodiaceae, Anacardiaceae, Malvaceae, Myoporaceae y Rutaceae solo registraron una (1) especie (14,3% de los registros).

Tabla 4-2: Listado florístico del área evaluada.

DIVISIÓN

CLASE

FAMILIA

Nombre científico	Nombre común	Hábito	Origen	Cat. Cons.
-------------------	--------------	--------	--------	------------

MAGNOLIOPHYTA

MAGNOLIOPSIDA

CHENOPODIACEAE

<i>Atriplex sp. L.</i>	Cachiyuyo	Arbusto	Nativa	s/c
------------------------	-----------	---------	--------	-----

ANACARDIACEAE

<i>Schinus molle L. var. molle</i>	pimiento	Árbol	Nativa	s/c
------------------------------------	----------	-------	--------	-----

FABACEAE

<i>Acacia dealbata Link</i>	Espino	Arbusto / árbol	Introducida	s/c
<i>Medicago sativa L.</i>	Alfalfa	Hierba perenne	Introducida	s/c

MALVACEAE

<i>Malva sylvestris L.</i>	Malva	Hierba anual	Introducida	s/c
----------------------------	-------	--------------	-------------	-----

MYOPORCEAE

<i>Myoporum laetum G. Forst.</i>	Mioporo	Arbusto/árbol	Introducida	s/c
----------------------------------	---------	---------------	-------------	-----

RUTACEAE

<i>Ruta chalepensis L.</i>	Ruda	Arbusto	Introducida	s/c
----------------------------	------	---------	-------------	-----

Fuente: Cienciambiental, 2015.

4.2.3 [Especies con categoría de conservación](#)

Ninguna de las especies de flora vascular terrestre registradas en el área de estudio cuenta con categoría de conservación de acuerdo a la legislación vigente.

1.1.4 [Identificación de formaciones vegetacionales afectas a la Ley 20.283.](#)

Dado que no se registró la presencia de vegetación natural, no se determinó la presencia de formaciones que puedan calificar como bosque nativo o como formaciones xerofíticas. Por lo tanto, no se requiere la presentación de un Plan de manejo Forestal ni de un Plan de trabajo de Formaciones Xerofíticas.

5 CONCLUSIONES

El área evaluada presenta una alta concordancia con el marco biogeográfico, presentándose como zonas con escasa o nula vegetación. Esta situación se debe principalmente al alto grado de intervención que se observa en el área de estudio.

Se observa una predominancia de zonas industriales y sin vegetación, con importante antropización lo que impide el establecimiento de una vegetación natural.

En términos florísticos se observó una baja riqueza, con una predominancia de especies exóticas ornamentales con pocos individuos plantados en zonas de jardines o en la periferia del área de estudio.

No se determinó la presencia de unidades que califiquen como bosque nativo o formaciones xerofíticas de acuerdo a los criterios establecidos en la normativa vigente.

En términos florísticos, no se determinó la presencia de especies con categoría de conservación de acuerdo a la normativa vigente.

6 REFERENCIAS

BRAUN-BLANQUET, J. 1987. Fitosociología – Bases para el Estudio de las Comunidades Vegetales. H. Blume Ediciones, Madrid. España. 820 pp.

CORPORACION NACIONAL FORESTAL (CONAF). 1989. Libro rojo de la flora terrestre de Chile. I. Benoit Ed. Santiago de Chile. 157 pp.

CORPORACION NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2009. Resolución N° 586 de la Dirección Ejecutiva de CONAF: Aplicación del Libro rojo de la flora terrestre de Chile, de 1989, de la Corporación Nacional Forestal en relación a la Ley N° 20.283 sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal. 3pp.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2012. Resolución N°158/2012 Oficializa Guía de Evaluación Ambiental “Criterios para la evaluación de proyectos sometidos al SEIA”.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2014. GUIA DE EVALUACION AMBIENTAL Criterios para la participación de CONAF en el SEIA.

DI CASTRI, F. 1968. Esquisse Ecologique du Chili. In: Delamare-Deboutville, C. et Raport , E. (eds). Biologie de l' Amerique Australe, Vol. IV. Centre National de la Reserche Scientifique, Paris.

ETIENNE, M. y C. PRADO. 1982. Descripción de la vegetación mediante la cartografía de la ocupación de tierras. Conceptos y manual de uso práctico. Revista Ciencias Agrícolas, 10. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. 120 pp.

GAJARDO, R. 1994. La vegetación natural de Chile. Editorial Universitaria. Santiago de Chile. 165 pp.

LEUBERT, F. y P. PLISCOFF. 2006. Sinopsis climática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria. 316 pp.

MARTICORENA, C y M. QUEZADA. 1985. Catálogo de la flora vascular de Chile. Gayana Botánica 42 (1-2): 1-157.

CONGRESO NACIONAL. 2008. Ley N° 20.283. Ley sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal. Dictada el 11 de julio de 2008; publicada en el Diario Oficial el 30 de julio de 2008.

MINISTERIO DE AGRICULTURA (MINAGRI). 2009. D.S. N° 68 del 14 de agosto de 2009; publicado en el Diario Oficial el 2 de diciembre de 2009: Establece, aprueba y oficializa nómina de especies arbóreas y arbustivas originarias del país.

MINISTERIO DE AGRICULTURA (MINAGRI). 2012. D.S. 26/2012. Aprueba modificación de reglamento general de la ley sobre recuperación del bosque Nativo y fomento forestal, aprobado por decreto n° 93, de 2008.

MINISTERIO DE AGRICULTURA (MINAGRI). 2008. D.S. 93/2008. Reglamento general de la ley sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (MMA). 2013. D.S. N° 13, del 17 de abril de 2013; publicado en el Diario Oficial el 25 de julio de 2012.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (MMA). 2012. D.S. N° 19 del 26 de junio de 2012; publicado en el Diario Oficial el 11 de febrero de 2013.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (MMA). 2012. D.S. N° 33 del 7 de agosto de 2011; publicado en el Diario Oficial el 27 de febrero de 2012.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (MMA). 2012. D.S. N° 41 del 30 de noviembre de 2011; publicado en el Diario Oficial el 11 de abril de 2012.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (MMA). 2012. D.S. N° 42 del 30 de noviembre de 2011; publicado en el Diario Oficial el 11 de abril de 2012.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 2014. Decreto Supremo N° 52 del 26 de marzo de 2014; publicado en el Diario oficial el 29 de agosto de 2014.

MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA (SEGPRES). 2007. D.S. N° 151 del 6 de diciembre de 2006; publicado en el Diario Oficial el 24 de marzo de 2007.

MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA (SEGPRES). 2008. D.S. N° 50 del 24 de abril de 2008; publicado en el Diario Oficial el 30 de junio de 2008.

MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA (SEGPRES). 2008. D.S. N° 51 del 24 de abril de 2008; publicado en el Diario Oficial el 30 de junio de 2008.

MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA (SEGPRES). 2009. D.S. N° 23 del 3 de marzo de 2009; publicado en el Diario Oficial el 7 de mayo de 2009.

MUSEO NACIONAL DE HISTORIA NATURAL (1999). Especies Nativas Chilenas de Líquenes, Pteridófitas, Cactáceas, Bulbosas, Crustáceos y Peces de Aguas Continentales agrupadas de acuerdo a su estado de conservación. Boletín 47: 123-139.

SQUEO, FA, ARANCIO, G. & GUTIÉRREZ, JR (2008) Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena. xvi + 456 pp.

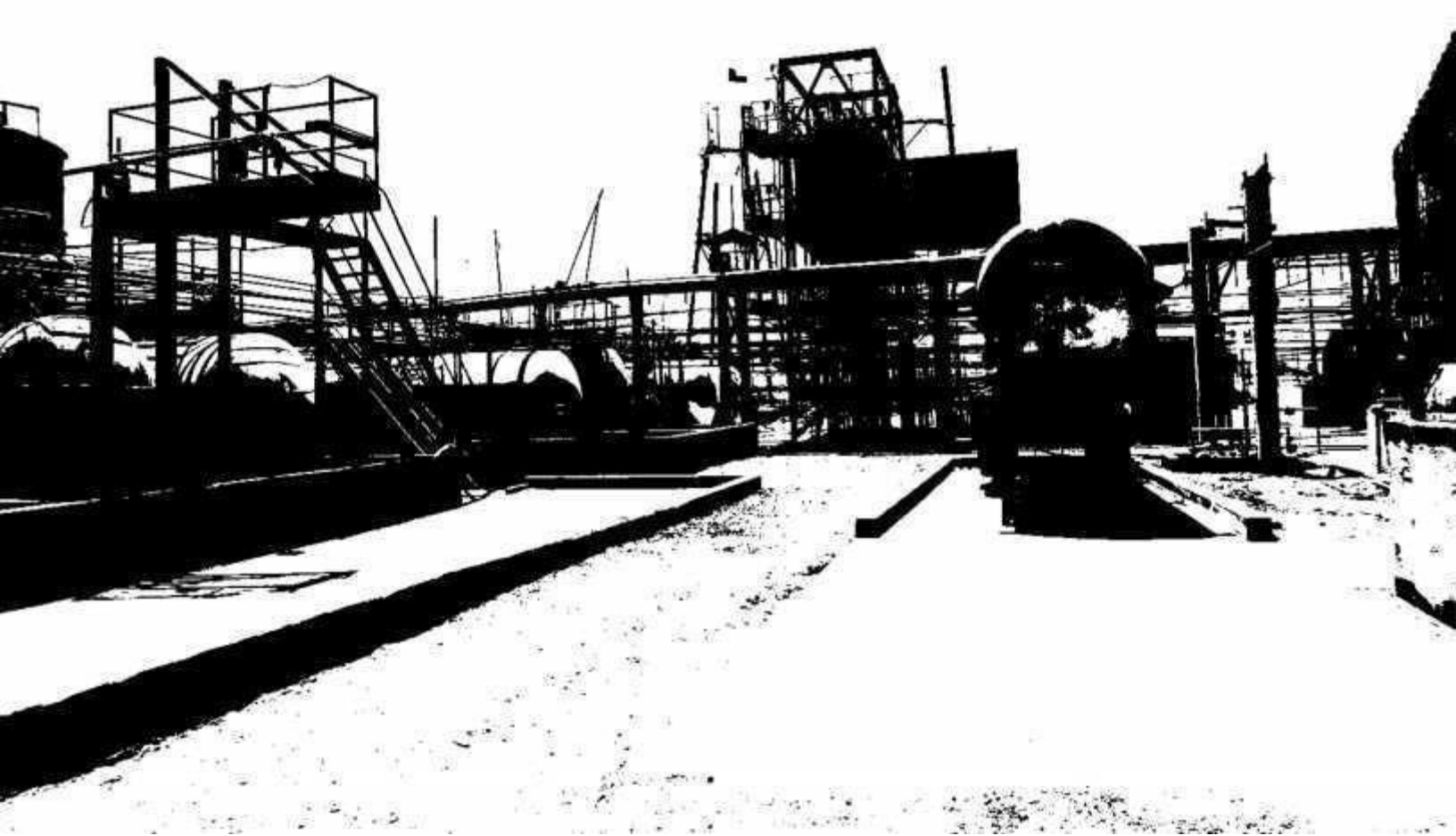
STEUBING, L., GODOY, R., ALBERDI, M. 2001. Métodos de ecología vegetal. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.



ESTUDIO DE FAUNA TERRESTRE

Proyecto Densac, Planta Enaex Río Loa

OCTUBRE 2015



PROYECTO DENSAC, PLANTA ENAEX RÍO LOA

ESTUDIO DE FAUNA TERRESTRE

INDICE

1	PRESENTACIÓN	1
2	OBJETIVOS.....	2
3	METODOLOGÍA	2
3.1	DESCRIPCIÓN DE BIOTOPOS FAUNÍSTICOS	2
3.2	INCORPORACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA	2
3.3	DISEÑO DE MUESTREO.....	3
3.4	EVALUACIÓN POR GRUPO DE FAUNA	4
3.4.1	ANFIBIOS	4
3.4.2	REPTILES.....	4
3.4.3	AVES	4
3.4.3.1	Muestreos diurnos.....	4
3.4.4	MAMÍFEROS.....	5
3.4.4.1	Muestreos de micromamíferos (Roedores)	5
3.4.4.2	Muestreos de macromamíferos (Carnívoros)	5
3.4.5	ABUNDANCIA OBSERVADA.....	5
3.4.6	ENDEMISMO.....	5
3.4.7	ESTADO DE CONSERVACIÓN.....	6
4	RESULTADOS	7
4.1	DESCRIPCIÓN DE BIOTOPOS FAUNÍSTICOS	7
4.1.1	ZONAS DENUDADAS O SIN VEGETACIÓN (ZD).....	7

4.1.2	ZONA INDUSTRIAL (ZI).....	7
4.1.3	ZONAS DE OFICINAS (ZO)	8
4.2	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	10
4.3	TRANSECTOS DE MUESTREO	11
4.4	RIQUEZA DE ESPECIES	13
4.4.1	ANFIBIOS	13
4.4.2	REPTILES.....	13
4.4.3	AVES	14
4.4.4	MAMÍFEROS	15
4.4.5	ABUNDANCIA	15
4.4.6	ESPECIES EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN	15
4.4.7	ZONAS DE INTERÉS DE FAUNA	17
5	CONCLUSIONES	18
6	REFERENCIAS.....	19

TABLAS

Tabla 4-1. Especies potenciales para el Áreade Influencia	10
Tabla 4-2. Ubicación geográfica de transectos de muestreo realizados en el Áreade Influencia.....	11
Tabla 4-3. Especies Registradas en el Áreade l Proyecto.....	13
Tabla 4-4. Composición y abundancia de especies observadas en el Áreade Influencia	15
Tabla 4-5. Ubicación geográfica y tipo de registro de especies observadas en el Área de Influencia.....	15

FIGURAS

Figura 4-1. Distribución espacial de Biotopos Faunísticos	9
Figura 4-2. Distribución espacial de transectos de muestreo	12
Figura 4-3. Distribución espacial de especies en categoría de conservación	16

PROYECTO DENSAC, PLANTA ENAEX RÍO LOA

ESTUDIO DE FAUNA TERRESTRE

1 PRESENTACIÓN

El presente documento da cuenta de los resultados obtenidos en la prospección de fauna silvestre, desarrollada en el marco del “Proyecto Densac” (en adelante, el Proyecto), en la planta Enaex Río Loa, localizada en Calama, Región de Antofagasta.

Se presentan los aspectos conceptuales y metodológicos utilizados en la recopilación y análisis de información, de acuerdo a los requerimientos señalados la Ley de Bases del Medio Ambiente (Ley N° 19.300 modificada por la Ley N° 20.417) y el por el artículo 18 de Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (D.S. N° 40/2013 MMA), para los estudios que caracterizan los ecosistemas terrestres.

El estudio tiene por finalidad realizar un análisis descriptivo en el Área de Estudio, focalizándose en los sectores con posibilidad de ser perturbados o modificados, así como de incorporar en ellos nuevos elementos u obras de infraestructura al paisaje ecológico.

Tanto el diseño de estudio como el levantamiento de información ha sido realizado de forma de posibilitar la identificación y ubicación de especies en alguna categoría de conservación, describir atributos de la biodiversidad existente tales como la riqueza, composición y abundancia de las especies registradas, y establecer la presencia de zonas sensibles al interior del Área del Proyecto.

2 OBJETIVOS

Para la descripción del componente fauna terrestre e han establecido los siguientes objetivos específicos:

- Describir bibliográficamente las características de la fauna potencial presente en el Área de Influencia.
- Elaborar un listado de la riqueza de especies de vertebrados terrestre efectivamente detectadas mediante las campañas de prospección, identificando sitios de mayor sensibilidad e importancia ecológica.
- Presentar la distribución de las distintas especies presentes en las áreas prospectadas, así como establecer la abundancia y endemismo de éstas.
- Identificar especies con problemas de conservación conforme a las referencias de mayor jerarquía jurídica que actualmente otorgan categorías de amenaza.

3 METODOLOGÍA

3.1 DESCRIPCIÓN DE BIOTOPOS FAUNÍSTICOS

Se realizó una evaluación, que consideró la identificación y definición de biotopos faunísticos de forma de asociar el conjunto de fauna potencialmente presente a zonas que puedan ser explícitamente definidas y delimitadas al interior del área de influencia. Para ello, se consideraron la definición y criterios considerados por Núñez (2008), el cual considera la relación de dependencia de las especies a determinadas condiciones ambientales y/o físicas para su desarrollo.

A partir de esta descripción, es posible una mejor contextualización espacial de los atributos de la fauna en torno al área de influencia del Proyecto, focalizando la búsqueda de grupos taxonómicos hacia aquellos superficies donde efectivamente pueden ser registrados, así en como aquellas que poseen una mayor interacción con el tipo de proyecto en evaluación.

3.2 INCORPORACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

La caracterización de la fauna terrestre considera la descripción bibliográfica que permite confeccionar una visión general de las especies que potencialmente ocupan el área del proyecto de acuerdo a su distribución a nivel regional. Como referencia, la bibliografía utilizada fue la siguiente:

- Labra y Vidal (2008) y Pincheira-Donoso y Núñez (2005) para reptiles;
- Jaramillo (2005) y Couve y Vidal (2003) para aves; y
- Iriarte (2008) paramamíferos;

A partir de esta descripción preliminar, es posible contextualizar espacialmente los atributos de la fauna en torno al área del proyecto, relacionando el conjunto de especies potencialmente presente con las características físicas y biológicas que determinan la mayor o menor disponibilidad de hábitat para ellas.

De esta forma, los antecedentes obtenidos fueron ajustados en base a la literatura general, validando la información en el contexto de las características actualmente presentes en el Área de Influencia.

3.3 DISEÑO DE MUESTREO

La descripción de la fauna terrestre se realizó a partir de la definición de transectos de muestreo. Los transectos de fauna se localizaron en los distintos sectores que componen el Área de Influencia, distribuyéndose representativamente sobre el total de ambientes presentes, y en especial en aquellos que presentaron un estado más favorable para la presencia de fauna silvestre. El número de transectos de muestreo fue establecido considerando tanto la obtención de datos en todos los ambientes presentes, así como la evaluación en terreno de la relación observada entre la obtención de nuevos registros de fauna y la definición de nuevos transectos.

La definición de transectos de muestreo constituye una herramienta metodológica que permite la especialización de la información obtenida en terreno, asociando la riqueza y composición de especies a un punto geográfico en particular. No obstante lo anterior, para establecer la riqueza de especies son utilizadas diferentes metodologías de acuerdo a los grupos taxonómicos prospectados, siendo estas aplicadas en cada uno de los transectos realizados.

3.4 EVALUACIÓN POR GRUPO DE FAUNA

3.4.1 Anfibios

En el interior del área de influencia, no se identificaron ambientes favorables para la presencia de este grupo de fauna, así como la existencia de antecedentes que indiquen registros de especies de anfibios en la zona del proyecto,.

3.4.2 Reptiles

La búsqueda de reptiles se consideraron tanto métodos de detección directa (avistamiento de individuos) como indirecta (reconocimiento de mudas de piel, huellas y madrigueras), Para el muestreo activo se utilizó la metodología de transectos de largo fijo (200 m), en donde se rastreó la presencia de todos los individuos avistados dentro de una sección que abarca 2 m a cada lado del eje del transecto.

Este tipo de metodología varía en su efectividad dependiendo de las condiciones meteorológicas (es mayor durante días soleados), ejecutándose principalmente entre las 09:00 y las 17:00 horas. El método propuesto permite estudiar las diferentes composiciones específicas según el tipo de hábitat y los patrones de abundancia de cada especie de acuerdo a las características de cada sitio de búsqueda . Para la identificación de las especies avistadas en terreno se consideraron las descripciones presentes en Pincheira-Donoso y Núñez (2005) y Vidal & Labra (2008).

3.4.3 Aves

3.4.3.1 *Muestreos diurnos*

Para el muestreo de aves se realizaron estaciones de escucha, puntos de conteo y transectos de avistamiento (Richard et. al., 2004; Ralph et. al., 1996; CONAMA 1996) de longitud variable (entre 100-500 mts), en las cuales se recorrió y registró cada individuo escuchado, así como aquellas aves que fueron avistadas directamente o mediante el uso de binoculares.

Para la determinación de especies a través de su canto, se utilizó la clave de reconocimiento de Egli (1998), mientras que para la identificación de las especies avistadas en terreno, se consideraron las descripciones encontradas en Jaramillo (2005).

3.4.4 [Mamíferos](#)

3.4.4.1 *Muestreos de micromamíferos (Roedores)*

Para micro-mamíferos, la determinación de su presencia fue realizada mediante la utilización de métodos indirectos, como la existencia de huellas, fecas o madrigueras. Adicionalmente, se consideró la identificación de especies a través del reconocimiento de molares obtenidos a partir de la búsqueda de fecas de carnívoros, considerando para esto la clave de molares para micromamíferos de Pearson (1995) y los registros disponibles en Museo Natural de Historia Natural (MNHN).

3.4.4.2 *Muestreos de macromamíferos (Carnívoros)*

Por su parte, para macromamíferos o mamíferos superiores, su búsqueda y determinación se realizó a partir de observación directa, así como la identificación de restos óseos, huella y fecas.

Para el reconocimiento de especies se consideraron las descripciones propuestas por Tamayo & Frassinetti (1980), Acosta & Simonetti (1999), Muñoz-Pedrerros & Yáñez (2000) e Iriarte (2008).

3.4.5 [Abundancia observada](#)

La determinación de la abundancia de las especies registradas fue realizada según la frecuencia de observaciones de cada una de ellas al interior del Área de Influencia, tomando como referencia el total de transectos definidos para el muestreo de fauna. Para cada especie identificada se cuantificó el total de ejemplares observados.

Es necesario considerar que para la descripción de la abundancia son considerados solo los datos observados en terreno, a modo de establecer un panorama general de los resultados obtenidos al momento de realizar la campaña, durante una fecha y momento del año específico. Por lo cual, la “no presencia” o el “no registro” de una especie no significa necesariamente, en el contexto de este estudio, que la especie no transite o pueda ser observada, en otro momento, al interior del Área de Influencia.

3.4.6 [Endemismo](#)

Para cada una de las especies registradas se estableció su endemismo a nivel nacional, es decir, si corresponden a especies exclusivas de Chile. Asimismo se estableció cuáles de las especies registradas corresponden a especies nativas o exóticas (introducidas).

3.4.7 [Estado de conservación](#)

El estado de conservación de las especies de vertebrados terrestres, detectadas en el Área de Influencia, se obtuvo a partir de la revisión de los siguientes documentos de forma excluyente:

- D.S. N° 52 de 2014 del Ministerio del Medio Ambiente (MMA), que aprueba y oficializa nómina para el décimo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación;
- D.S. N° 13 de 2013 del Ministerio del Medio Ambiente (MMA), que aprueba y oficializa nómina para el noveno proceso de clasificación de especies según su estado de conservación;
- D.S. N° 19 de 2012 del MMA, que aprueba y oficializa nómina para el octavo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación;
- D.S. N° 42 de 2011 del MMA, que aprueba y oficializa nómina para el séptimo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación;
- D.S. N° 41 de 2011 del MMA, que aprueba y oficializa nómina para el sexto proceso de clasificación de especies según su estado de conservación;
- D.S. N° 33 de 2011 del MMA, que aprueba y oficializa nómina para el quinto proceso de clasificación de especies según su estado de conservación;
- D.S. N° 23 de 2009 del Ministerio Secretaria General de la Presidencia (MINSEGPRES), que aprueba y oficializa nómina para el cuarto proceso de clasificación de especies según su estado de conservación;
- D.S. N° 51 de 2008 del MINSEGPRES, que aprueba y oficializa nómina para el tercer proceso de clasificación de especies según su estado de conservación;
- D.S. N° 50 de 2008 del MINSEGPRES, que aprueba y oficializa nómina para el segundo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación;
- D.S. N° 151 de 2007 del MINSEGPRES, que oficializa primera clasificación de especies silvestres según su estado de conservación; y
- Reglamento de la Ley de Caza, D.S. N° 5 de 1998, modificado por el D.S. N° 53 de 2004, ambos del Ministerio de Agricultura (MINAGRI).

Adicionalmente, de acuerdo a la prelación de documentos jerarquizados que establecen propuestas de estados de conservación de las especies silvestres del Ministerio del Medio Ambiente, se consideró la revisión, a modo referencial, de las clasificaciones propuestas en Libro Rojo de vertebrados terrestres (Glade, 1988).

4 RESULTADOS

4.1 DESCRIPCIÓN DE BIOTOPOS FAUNÍSTICOS

Considerando las características bióticas y físicas del Área de Influencia, se identificaron distintos biotopos faunísticos, considerando principalmente la ausencia de vegetación nativa, además del grado de transformación y antropización.

4.1.1 Zonas denudadas o sin vegetación (ZD)

Corresponde a una fracción importante del área de influencia. Considera superficies denudadas o sin cobertura vegetal. Posee un sustrato arenoso con presencia de algunas piedras, además de tener un grado importante de presión antrópica producto de la cercanía a zonas industriales o el tránsito del personal de la planta. En general, se identifica como una zona poco favorable para la presencia de fauna nativa dado los escasos recursos disponibles, así como condiciones hostiles, como una alta exposición a la radiación solar, que limitaría su uso por parte de la fauna.

Fotografía 4-1. Vistas de zonas denudadas o sin vegetación.



Fuente: Cienciambiental 2015.

4.1.2 Zona industrial (ZI)

Representa la principal fracción del área de influencia. Corresponde a superficies totalmente transformadas producto de la actividad industrial de la planta. Dado la incorporación de infraestructura, así como la constante actividad industrial que limita la estructuración de hábitats de fauna, no constituye un biotopo o ambiente adecuado para la identificación y descripción de éste componente ambiental, destacando la presencia de elementos paisajísticos como edificaciones, tuberías y piscinas utilizadas para el uso y manejo de ácidos.

Fotografía 4-2. Vistas de zona industrial.



Fuente: Cienciambiental 2015.

4.1.3 Zonas de oficinas (ZO)

Representa una fracción menor en el área de influencia. Se caracteriza por la presencia de construcciones con fines administrativos, las cuales se encuentran acompañadas con pequeños parches de vegetación de tipo ornamental. Al igual que la zona anteriormente descrita, no constituye un biotopo o ambiente adecuado para la identificación y descripción de fauna terrestre, destacando la presencia de elementos paisajísticos como casa y muros, los cuales pueden ser ocupados como refugio o de uso ocasional por algunas especies.

Fotografía 4-3. Vistas de zona de oficinas



Fuente: Cienciambiental 2015.

Figura 4-1. Distribución espacial de Biotopos Faunísticos



Fuente: CienCambio Ambiental 2015.

4.2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Considerando los ajustes pertinentes a partir de las características existentes en el área del proyecto, de acuerdo a la literatura existente para el Área de Influencia es posible asociar una riqueza potencial de 13 especies de fauna vertebrada terrestre. No obstante, la presencia de la totalidad de estas especies dependería, en algunos casos, de la estacionalidad, así como de la presencia de ambientes específicos. Del listado de especies potenciales, dos (2) se encontrarían clasificadas en alguna categoría de conservación, destacando, dada las características del proyecto, dos especies de reptiles.

Tabla 4-1. Especies potenciales para el Área de Influencia

Clase	Nombre científico	Nombre común	Categoría	Fuente	Origen
Reptiles	<i>Liolaemus paulinae</i>	Lagartija de Paulina	Vulnerable	DS 52/2014 MMA	Endémica
Reptiles	<i>Microlophus theresioides</i>	Corredor de Teresa	Rara	DS 5/1998 MINAGRI	Endémica
Aves	<i>Cathartes aura</i>	Jote de cabeza colorada			Nativa
Aves	<i>Columba livia</i>	Paloma doméstica			Exótica
Aves	<i>Coragyps atratus</i>	Jote de cabeza negra			Nativa
Aves	<i>Muscisaxicola macloviana</i>	Dormilona tontita			Nativa
Aves	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión			Exótica
Aves	<i>Troglodytes aedon</i>	Chercán			Nativa
Aves	<i>Turdus falcklandii</i>	Zorzal			Nativa
Aves	<i>Zenaida meloda</i>	Paloma de alas blancas			Nativa
Aves	<i>Zonotrichia capensis</i>	Chincol			Nativa
Mamíferos	<i>Rattus norvegicus</i>	Guarén			Exótica
Mamíferos	<i>Rattus rattus</i>	Rata negra			Exótica

Fuente: Cienciambiental 2015

4.3 TRANSECTOS DE MUESTREO

La caracterización de la fauna terrestre del Área de Influencia se realizó por medio de siete (7) transectos de muestreo distribuidos sobre los distintos biotopos definidos al interior del Área de Influencia. La realización de cada transectos hizo énfasis en aquellos sectores que presentaron condiciones favorables para la observación y presencia de fauna silvestre, y en donde los sistemas ecológicos presentaran un menor nivel de intervención o transformación antrópica.

Tabla 4-2. Ubicación geográfica de transectos de muestreo realizados en el Área de Influencia

Estación	Coordenada de referencia (DATUM WGS 84, HUSO18)		Longitud (m)	Biotopo
	E	N		
T01	505422	7510143	233	Zona industrial
T02	505356	7509996	88	Zona industrial
T03	505369	7509963	153	Zona de oficinas
T04	505308	7509962	256	Zona industrial
T05	505290	7510025	237	Zona denudada
T06	505334	7510216	111	Zona de oficinas
T07	505338	7510158	121	Zona denudada

Fuente: Cienciambiental 2015

Figura 4-2. Distribución espacial de transectos de muestreo



Fuente: Cienciambiental 2015.

4.4 RIQUEZA DE ESPECIES

De acuerdo a la aplicación de cada metodología específica, se detectó la presencia de 3 especies de vertebrados terrestres, las cuales se componen de un (1) reptil y dos (2) aves. De las especies identificadas, una (1) especie posee origen endémico y una (1) tiene origen nativo. Adicionalmente, se registró la presencia de una (1) especie exótica asilvestrada durante la campaña de terreno.

El listado completo de especies detectadas se presenta en la Tabla 4-3, donde además se indica su nombre común, nombre científico, su origen geográfico (endémico, nativo o introducido) y estado de conservación en Chile de acuerdo a los documentos citados en la metodología.

Tabla 4-3. Especies Registradas en el Área del Proyecto

Clase	Nombre común	Nombre científico	Origen	Categoría Conservación	Fuente
Reptiles	Corredor de Teresa	<i>Microlophus theresioides</i>	Endémica	Rara	DS 5/1998 MINAGRI
Aves	Chincol	<i>Zonotrichia capensis</i>	Nativa	-	-
Aves	Gorrión	<i>Passer domesticus</i>	Exótico	-	-

Fuente: Elaboración propia

4.4.1 [Anfibios](#)

Dado que no se identificaron ambientes favorables para la presencia de este grupo de fauna, no se detectó la presencia de anfibios en el área de influencia. No obstante, estos resultados pueden ser explicados por efectos de la temporalidad y las condiciones climáticas al momento de realizar la campaña de terreno.

4.4.2 [Reptiles](#)

Se detectó la presencia de una especie de reptil perteneciente a un género de la familia Tropiduridae. Esta especie correspondió a *Mirolophus theresioides* (Corredor de Teresa). De acuerdo a su origen geográfico *M. theresioides* se considera como una especie endémica característica de la zona norte, distribuyéndose desde la primera a la segunda región (Vidal & Labra, 2005). Actualmente, es clasificada como una especie en la categoría de conservación de "Rara".

Dada la escases de refugios naturales, en el área de influencia se observa ocupando sectores con la presencia de plantas o árboles ornamentales, utilizando superficies con presencia de suelos removidos, así como muros y tubos presentes tanto en zonas de oficinas como en la zona industrial.

Fotografía 4-4: Individuos de Corredor de Teresa (*Microlophus theresioides*) en el área de influencia



Fuente: Cienciambiental 2015.

4.4.3 [Aves](#)

Dada la amplitud de desplazamiento de este grupo, el conjunto de aves registradas se caracteriza por ocupar un área mayor a la considerada por el proyecto. De esta forma, es posible considerar que la riqueza de especies representa un parámetro variable a partir de la presencia ocasional o transitoria de las especies de aves como parte de su actividad diaria.

En el área de influencia solo se registró la presencia de dos (2) especies de aves, *Zonotrichia capensis* y *Passer domesticus*, las cuales se desplazan constantemente entre las escasas especies arbóreas que existen al interior de la planta, ocupando ocasionalmente otros elementos asociados a las zona industrial o de oficinas para posarse momentáneamente.

Fotografía 4-5: Individuos de Gorrión (*Passer domesticus*) en el área de influencia



Fuente: Cienciambiental 2015.

4.4.4 [Mamíferos](#)

No se detectó la presencia de mamíferos en el área de influencia. No obstante, dado el carácter intervenido y atropizado de gran parte del área de estudio, eventualmente podrían ser observados micromamíferos como *Rattus rattus* (Rata negra), especie exótica adaptada a ocupar sitios con un nivel de transformación y grado de perturbación como las que presenta la zona del proyecto, y la cual representa una competencia constante para los micromamíferos nativos.

4.4.5 [Abundancia](#)

De acuerdo a los datos obtenidos en terreno, la abundancia absoluta para cada especie registrada en las distintas estaciones de muestreo se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 4-4. Composición y abundancia de especies observadas en el Área de Influencia

Nombre Común	FAU 01	FAU 02	FAU 03	FAU 04	FAU 05	FAU 06	FAU 07	Total	% (AR)
Corredor de Teresa	1		1	1	1	1		5	55.6
Chincol	1						1	2	22.2
Gorrión		1	1					2	22.2
Total	2	1	2	1	1	1	1	9	100

Fuente: Elaboración propia

4.4.6 [Especies en categorías de conservación](#)

De acuerdo a las referencias utilizadas, en las zonas prospectadas se detectó sólo la presencia de una (1) especie de vertebrado terrestre, en algún estado de conservación considerando la clasificación de especies del D.S. 5/98, MINAGRI.

La ubicación y tipo de registro de la especie en categoría observada se indica a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 4-5. Ubicación geográfica y tipo de registro de especies observadas en el Área de Influencia

Punto	Coordenada UTM (DATUM WGS 84, HUSO18)		Especie	Tipo de registro
	E	N		
Mt1	505418	7510119	<i>Microlophus theresioides</i>	1 individuo
Mt2	505345	7509934	<i>Microlophus theresioides</i>	1 individuo
Mt3	505308	7509962	<i>Microlophus theresioides</i>	1 individuo
Mt4	505288	7510128	<i>Microlophus theresioides</i>	1 individuo
Mt5	505334	7510223	<i>Microlophus theresioides</i>	1 individuo

Fuente: Elaboración propia

Figura 4-3. Distribución espacial de especies en categoría de conservación



Fuente: Cienciambiental 2015.

De acuerdo a esos resultados, el Área de Influencia puede considerarse como una zona con un alto grado de intervención y transformación antrópica, en donde a pesar de esta condición es posible la observación de algunas especies en categoría de conservación, particularmente reptiles que ocupan muros o sectores construidos que ofrecen refugio y la posibilidad de exponerse a la radiación solar.

De acuerdo a la distribución espacial de los registros, los individuos encontrados se disponen de manera periférica considerando la superficie del área de influencia, lo cual se condice con el uso actual y el funcionamiento de la actual planta, en donde los micrositios disponibles se encontrarían en zonas con menor actividad o donde se han plantado árboles de valor ornamental y paisajístico.

4.4.7 [Zonas de interés de fauna](#)

De acuerdo a los resultados obtenidos, en el Área de Influencia no se identifican zonas o superficies sensibles dada la falta de los biotopos específicos que sean utilizadas por fauna silvestre o contengan especies de fauna en categoría de conservación.

5 CONCLUSIONES

Se detectó la presencia de tres (3) especies de vertebrados terrestres, las cuales se componen en un (1) reptil y dos (2) aves. Del total de especies, una (1) posee origen endémico, una (1) corresponden a una especie nativa, y una (1) correspondió a una especie exótica asilvestrada.

De acuerdo con los D.S. 151/2007, 50/2088, 51/2008, 23/2009 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, el D.S. 33/2011, 41/2011 y 42/2011, D.S. 19/2012, D.S. 13/2013, D.S. 52/2014 del Ministerio de Medio, y al DS 5/1998 MINAGRI, en el Área de Influencia se detectó la presencia de una (1) especie de vertebrados terrestres clasificados en alguna categoría de conservación. Esta especies correspondió a *Microlophus theresioides* (Corredor de Teresa), la cual se encuentra clasificada en la categoría de "Rara".

De acuerdo a las características de los ambientes presentes, en el Área de Influencia puede considerarse como una zona altamente transformada, en donde prácticamente la totalidad de la superficie corresponde a biotopos conformado por sectores industriales, oficinas con un tránsito habitual de peatones y vehículos.

En consecuencia, en términos generales el Área de Influencia no presenta zonas de alta sensibilidad, no obstante se observan pequeñas superficies con condiciones favorables para la presencia de reptiles, las que definen puntos de interés dado la presencia de fauna en categoría de conservación. Al respecto, cabe destacar el nivel de adaptabilidad que las especies registradas muestran considerando el alto nivel de transformación del área de influencia. Siendo esperables que frente a eventuales perturbaciones, los individuos se desplacen momentáneamente para luego volver a ocupar micrositos que ofrecen refugio y la posibilidad de exponerse a la radiación solar.

6 REFERENCIAS

ACOSTA G. Y J.A. SIMONETTI. 1999. Guía de huellas de once especies de mamíferos del bosque templado chileno. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 48: 19-27.

CONAMA. 1996. Metodologías para la caracterización de la calidad ambiental. Santiago, Chile. 242 pp.

EGLI G. 1998. Voces de la Fauna Chilena (Compact Disc). Unión de Ornitólogos de Chile.

HILL, D., FASHAM M., TUCKER G., SHEWRY M., SHAW P. 2005. Handbook of Biodiversity Methods: Survey, Evaluation and Monitoring. Cambridge University Press.

IRIARTE A. 2008. Los mamíferos de Chile. Lynx Edicions. Barcelona, España. 420 pp.

JARAMILLO A. 2005. Birds of Chile. Princeton University Press New Jersey, USA. 240 pp.

GLADE A. 1988. Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile. Corporación Nacional Forestal.

MARTÍNEZ & GONZÁLEZ. 2004. Las Aves de Chile. Nueva Guía de Campo. Ediciones del Naturalista. 620 pp.

Ministerio del Medio Ambiente, D.S. Nº 52 de 2014. Aprueba y oficializa nómina para el décimo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación.

Ministerio del Medio Ambiente, D.S. Nº 13 de 2013. Aprueba y oficializa nómina para el noveno proceso de clasificación de especies según su estado de conservación.

Ministerio del Medio Ambiente, D.S. Nº 19 de 2012. Aprueba y oficializa nómina para el octavo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación.

Ministerio del Medio Ambiente, D.S. Nº 42 de 2011. Aprueba y oficializa nómina para el séptimo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación.

Ministerio del Medio Ambiente, D.S. Nº 41 de 2011. Aprueba y oficializa nómina para el sexto proceso de clasificación de especies según su estado de conservación.

Ministerio del Medio Ambiente, D.S. Nº 33 de 2011. Aprueba y oficializa nómina para el quinto proceso de clasificación de especies según su estado de conservación.

Ministerio del Medio Ambiente D.S. Nº 29/11. Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación (RCE).

Ministerio Secretaría General de la Presidencia, D.S. Nº 23 de 2009. Aprueba y oficializa nómina para el cuarto proceso de clasificación de especies según su estado de conservación.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia, D.S. N° 51 de 2008. Aprueba y oficializa nómina para el tercer proceso de clasificación de especies según su estado de conservación.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia, D.S. N° 50 de 2008. Aprueba y oficializa nómina para el segundo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia, D.S. N° 151 de 2007. Oficializa primera clasificación de especies silvestres según su estado de conservación.

Ministerio de Agricultura, D.S. N° 2 de 2006. Declara monumento natural a las especies de fauna silvestre huemul, chinchilla costina, chinchilla cordillerana, cóndor, picaflor de Arica y picaflor de Juan Fernández.

Ministerio de Agricultura, D.S. N° 5 de 1998 modificado por el D.S. N° 53 de 2004. Reglamento de la Ley de Caza.

Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), 2010. Guía de Evaluación Ambiental. Componente Ambiental Fauna Silvestre.

NÚÑEZ H. & A. VELOSO. 2001. Distribución geográfica de las especies de lagartos de la Región de Antofagasta, Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 50: 109-120.

PINCHEIRA-DONOSO, D. & H. NÚÑEZ. 2005. Las especies chilenas del género *Liolaemus* Wiegmann, 1834 (Iguania: Tropiduridae: Liolaeminae). Taxonomía, Sistemática y Evolución. Publicación Ocasional del Museo Nacional de Historia Natural, Chile N°59: 7-486.

RALPH, C. J.; GEUPEL, G. R.; PYLE, P.; MARTIN, T. E.; DESANTE, D. F.; MILÁ, B. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR- 159. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 46 p.

RICHARD D. G., DAVID W. G., PAUL F. D. 2004. Bird census and survey techniques. En Bird Ecology and Conservation. Oxford University Press.

SAG 2012. Guía de Evaluación Ambiental. Componente Fauna Silvestre.

SKEWES RAMM, O. 2009. Manual de Huellas Mamíferos Silvestres

de Chile. Chillán, Chile, 99 pp. THOMPSON W.L., WHITE G.C.,

GOWAN CH. 1998. Monitoring Vertebrate Populations. Academic

Press VIDAL, M.A. Y A. LABRA. 2008. Herpetología de Chile. Science

Verlag Ediciones

CAMPAÑA DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE, LOCALIDAD CALAMA ENAEX CALAMA

Preparado por:



Para:



Febrero, 2018

INFORME RESULTADOS FEBRERO 2018
MCA 030-18

**CAMPAÑA DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE,
LOCALIDAD CALAMA
ENAEX CALAMA**

Preparado para:



Versión del Documento				1	
Responsable Elaboración		Responsable Revisión		Responsable Aprobación	
Nombre:	Gabriela Toro	Nombre:	Marcela Arenas	Nombre:	Aníbal Pacheco
Cargo:	Ingeniero de Proyecto	Cargo:	Encargado de Proyecto	Cargo:	Gerente Técnico
Fecha:	19-02-2018	Fecha:	20-02-2018	Fecha:	20-02-2018
Firma:		Firma:		Firma:	

Febrero, 2018

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	RESUMEN	I
2.	Introducción	1
3.	Objetivos.....	2
4.	Materiales y Metodología	3
4.1.	Descripción del área de estudio	3
4.2.	Ubicación del área de estudio.....	3
4.3.	Materiales y Equipos Utilizados.....	5
4.4.	Metodología de medición y control de muestreo	10
4.5.	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales.	11
4.6	Equipamiento de la estación de monitoreo	12
4.7	Fecha de Monitoreo	13
5.	Resultados	14
5.1.	Primer punto SKC.....	14
5.2.	Segundo punto Condominio	15
5.3.	Tercer Punto Casino.....	16
5.4.	Cuarto Punto centro deportivo.....	17
6	Conclusiones.....	18
7.1	Primer punto SKC.....	18
7.2	Segunto punto Condominio	18
7.3	Tercer punto Casino.....	18
7.4	Cuarto punto Centro deportivo	19
8	Referencias.....	20

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1	Primer punto SKC.....	6
Fotografía N° 2	Segundo punto Condominio	7
Fotografía N° 3	Tercer punto Casino.....	8
Fotografía N° 4	Cuarto punto centro deportivo.....	9

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Resumen NO, NO ₂ y NO _x SKC, Condominio, Casino y centro deportivo	I
Tabla N° 2 Identificación de puntos monitoreados.....	3
Tabla N° 3 Analizador de puntos de monitoreos SKC, Condominio, Casino y Centro deportivo	12
Tabla N° 4 Resumen de NO/NO ₂ /NO _x , SKC.....	14
Tabla N° 5 Resumen de NO/NO ₂ /NO _x , Condominio	15
Tabla N° 6 Resumen de NO/NO ₂ /NO _x , Casino	16
Tabla N° 7 Resumen de NO/NO ₂ /NO _x , Centro deportivo	17

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1 Concentración de NO/NO ₂ /NO _x , SKC	14
Gráfico N° 3 Concentración de NO/NO ₂ /NO _x , Condominio.....	15
Gráfico N° 5 Concentración de NO/NO ₂ /NO _x , Casino	16
Gráfico N° 7 Concentración de NO/NO ₂ /NO _x , Centro deportivo.....	17

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I NOMENCLATURA PARA INVALIDACIÓN O PÉRDIDA DE DATOS SEGÚN DTO. N° 61	21
ANEXO II TABLA DE CONCENTRACIÓN DE DIOXIDO DE NITROGENO.....	23
ANEXO III FICHAS DE CALIBRACIÓN, PRIMER PUNTO SKC.....	28
ANEXO IV FICHAS DE CALIBRACIÓN, SEGUNDO PUNTO CONDOMINIO	31
ANEXO V FICHAS DE CALIBRACIÓN, TERCER PUNTO CASINO.....	34
ANEXO VI FICHAS DE CALIBRACIÓN, CUARTO PUNTO CENTRO DEPORTIVO.....	37
ANEXO VII CERTIFICADOS DE CILINDRO DE CALIBRACIÓN	40
ANEXO VIII RESPONSABLES Y PARTICIPANTES DE LAS ACTIVIDADES DE MUESTREO.....	42

1. RESUMEN

El presente informe entrega los resultados obtenidos a partir del muestreo de la variable NO_x realizado en los alrededores de la localidad de Calama durante los días 18 y 19 del mes de febrero de 2018.

A continuación en la Tabla N° 1 se presenta un resumen de los resultados obtenidos en la campaña de monitoreo de calidad del aire en los 4 puntos donde se realizó la medición.

Tabla N° 1
Resumen NO, NO₂ y NO_x
SKC, Condominio, Casino y centro deportivo

<i>Punto de medición</i>	<i>Estadístico</i>	<i>NO</i>	<i>NO₂</i>	<i>NO_x</i>	<i>Unidades</i>
SKC	Promedio horario	2,6	0,3	4,2	µg/m ³ N
	Mínimo Promedio horario	1,2	0,1	2,1	
	Máximo Promedio horario	5,4	0,6	8,9	
Condominio	Promedio horario	4,8	4,3	11,7	µg/m ³ N
	Mínimo Promedio horario	0,8	1,0	2,5	
	Máximo Promedio horario	11,1	9,6	26,7	
Casino	Promedio horario	20,4	41,4	72,6	µg/m ³ N
	Mínimo Promedio horario	12,1	11,0	33,8	
	Máximo Promedio horario	41,9	88,3	152,6	
Centro deportivo	Promedio horario	1,3	3,5	5,5	µg/m ³ N
	Mínimo Promedio horario	0,4	0,6	1,2	
	Máximo Promedio horario	2,0	5,2	8,3	

Al comparar los valores horarios medidos de NO₂ en las estaciones SKC, Condominio, Casino y centro deportivo con la normativa aplicable, se podría concluir que la concentración horaria no sobrepasa el valor límite establecido por la norma respectiva.

Cabe señalar que esta comparación es solo referencial debido a que la normativa señala que se debe contar con tres años calendarios consecutivos de concentraciones para realizar verificación.

2. Introducción

La empresa Enaex S.A. solicitó a Algoritmos y mediciones ambientales SpA realizar un monitoreo de calidad del aire en la ciudad de Calama. Esta medición fue efectuada en respuesta a una solicitud realizada en una reunión de Asistencia al Cumplimiento que Planta Enaex S.A sostuvo con la Superintendencia de Medio Ambiente, donde se acogió a una autodenuncia realizada por una instalación que se ubica en Planta Río Loa de Calama.

A través de este documento se cumple con lo comprometido con la autoridad realizando la medición de concentraciones de calidad del aire de NOx en zonas colindantes a la planta

En la Localidad de Calama se realiza mediciones a través de un laboratorio móvil el cual cuenta con el equipamiento requerido para realizar el monitoreo de NO-NO2-NOx, el cual consistió en mediciones en cuatro puntos denominados SKC, Condominio, Casino y Centro deportivo.

Cabe señalar que el analizador de NOx cumple con las exigencias definidas por la agencia ambiental *USEPA (Environmental Protection Agency)* para este tipo de equipos, el analizador se encuentra instalado al interior de un vehículo adaptado con las condiciones requeridas para realizar monitoreo de calidad del aire.

El presente documento informa los resultados obtenidos durante las mediciones realizadas los días 18 y 19 de Febrero de 2018.

3. Objetivos

El objetivo del presente informe es entregar los resultados del Monitoreo de calidad de aire realizado en los puntos de muestreo denominados "SKC", "Condominio", "Casino" y "Centro deportivo" en la ciudad de Calama durante los días 18 y 19 de febrero de 2018.

4. Materiales y Metodología

4.1. Descripción del área de estudio

Los puntos de monitoreo de calidad del aire fueron definidos por Enaex y corresponden a lugares representativos de los alrededores de la planta Enaex Calama, encontrándose libre de elementos naturales y artificiales que puedan alterar las concentraciones de las mediciones en la zona.

4.2. Ubicación del área de estudio

En la Tabla N° 2 se presentan las coordenadas^a de los puntos de monitoreo SKC, Condominio, Casino y Centro deportivo.

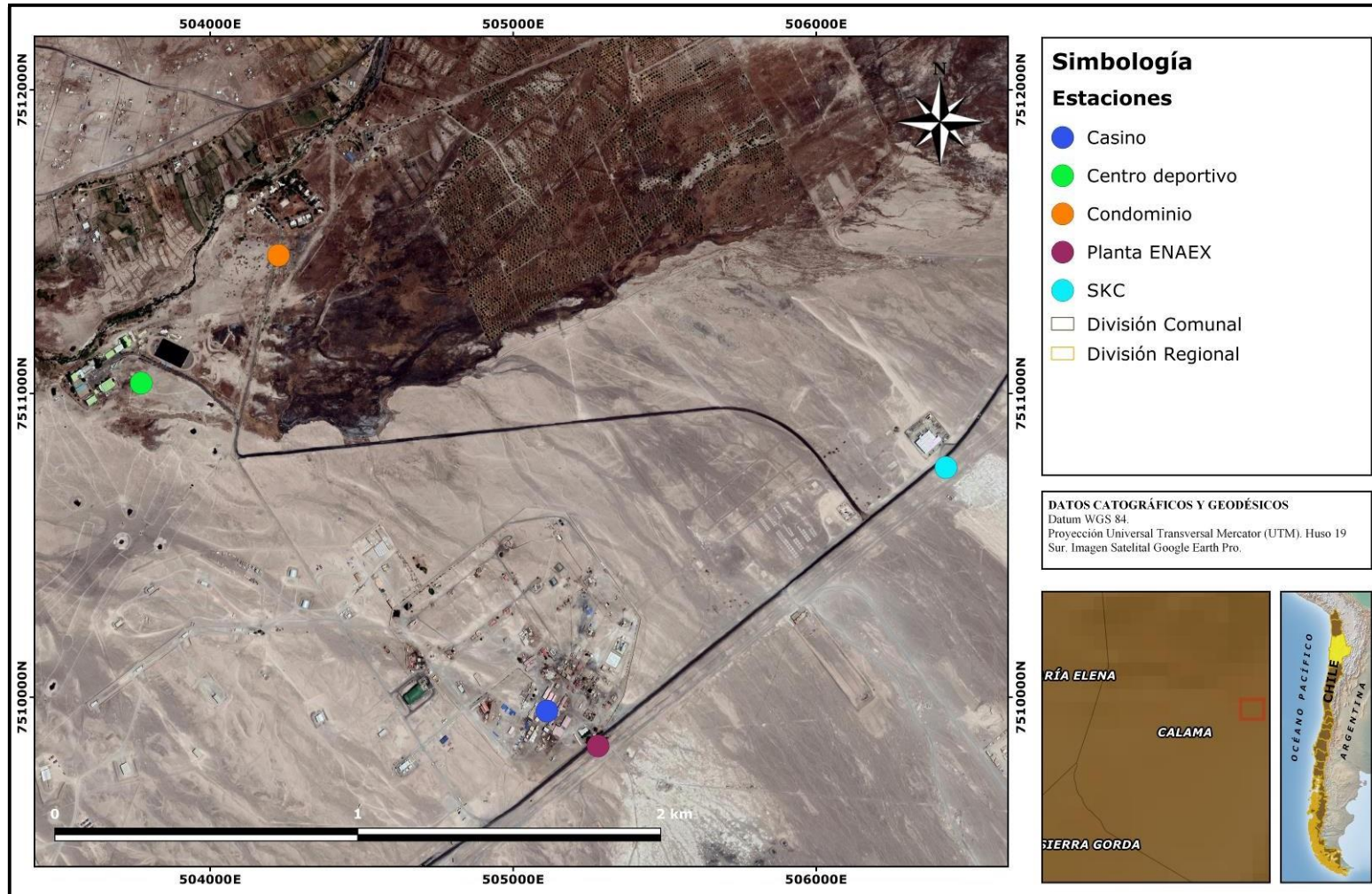
Tabla N° 2
Identificación de puntos monitoreados

Estación	Coordenadas UTM	
	Norte	Este
SKC	7.510.756	506.428
Condominio	7.511.455	504.225
Casino	7.509.954	505.111
Centro deportivo	7.511.034	503.772

A continuación, la Figura N° 1 presenta la ubicación espacial de los puntos de monitoreo SKC, Condominio, Casino y centro deportivo.

^a Coordenadas utilizando como referente Datum: WGS84, Huso 19-K.

Figura N° 1
Ubicación Espacial de las Estaciones de Monitoreo



4.3. Materiales y Equipos Utilizados

El monitoreo se realizó usando un analizador continuo instalado en un laboratorio móvil. Este último es de material sólido y resistente a las condiciones climáticas imperantes en la zona.

Así mismo el laboratorio móvil cuenta con un equipo de aire acondicionado para mantener las condiciones de temperatura estables al interior del vehículo.

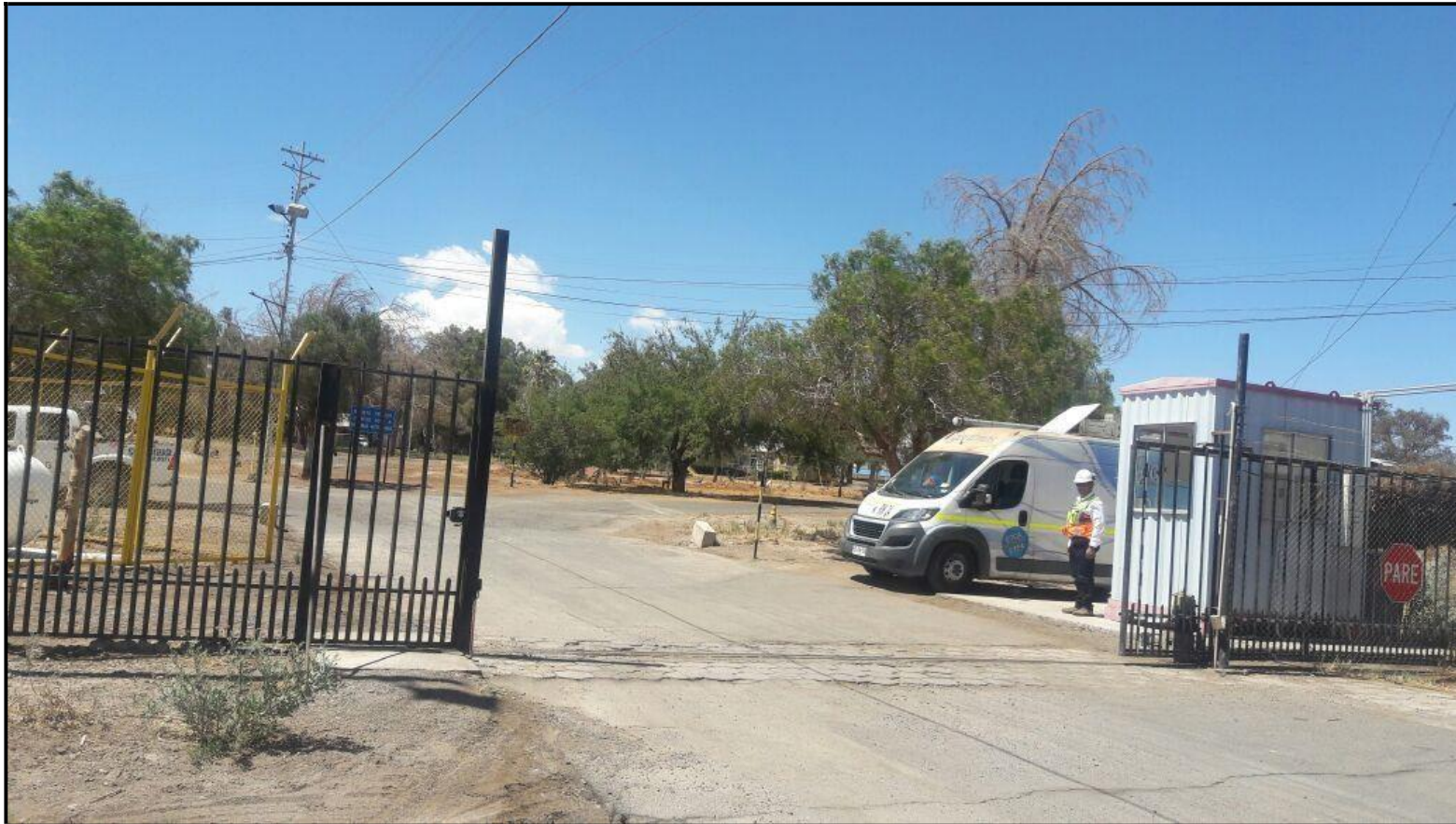
Cabe señalar que antes de comenzar la medición en cada uno de los puntos se realizó un chequeo y calibración (en caso de ser necesario) al analizador asegurando con esto la calidad de la medición realizada, adicionalmente se realiza este mismo procedimiento al finalizar el muestreo en cada uno de los puntos.

A continuación en la Fotografía N° 1, Fotografía N° 2, Fotografía N° 3 y Fotografía N° 4 se puede observar el laboratorio móvil presente en los puntos de medición SKC, Condominio, Casino y centro deportivo respectivamente.

**Fotografía N° 1
Primer punto SKC**



Fotografía N° 2
Segundo punto Condominio



Fotografía N° 3
Tercer punto Casino



Fotografía N° 4
Cuarto punto centro deportivo



4.4. Metodología de medición y control de muestreo

La metodología de medición para el contaminante monitoreado se detalla a continuación.

Dióxido de Azufre SO₂

El monitoreo de NO/NO₂/NO_x se realiza con un analizador continuo el cual utiliza el principio de la quimioluminescencia, donde la luz proyectada hace reaccionar las partículas para luego ser detectadas a través de la cámara del equipo, esto en conjunto con la electrónica de última generación para permitir mediciones precisas y confiables de bajo nivel para su uso como analizador ambiental.

4.5. Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales.

Decreto Supremo N°114 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la Republica. Norma de Calidad Primaria de Aire para NO₂

El Decreto establece los valores para establecer la condición de superación de la norma primaria de dióxido de nitrógeno, la primera como concentración anual y la segunda como concentración de una hora.

La norma primaria como concentración anual es de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, y se considerará superada cuando el promedio aritmético de los valores de concentración anual de tres años calendarios sucesivos sea superior al valor indicado.

La norma primaria como concentración de 1 hora es de 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, y se considerará superada cuando el promedio aritmético de tres años calendarios sucesivos del valor del Percentil 99 de los máximos diarios de concentración de una hora registrado para cada año, sea superior al valor indicado.

4.6 Equipamiento de la estación de monitoreo

A continuación, en la Tabla N° 3 se describe el equipamiento utilizado en las estaciones SKC, Condominio, Casino y Centro deportivo con respecto a los contaminantes monitoreados.

Tabla N° 3
Analizador de puntos de monitoreos
SKC, Condominio, Casino y Centro deportivo

Analizador	Marca	Modelo	Método EPA de referencia
NO/NO2/NOx	Teledyne	T200	RFNA-1194-099

4.7 Fecha de Monitoreo

El período de muestreo corresponde a dos días, específicamente para el presente informe los días 18 y 19 de Febrero de 2018, comenzando el muestreo a partir de las 16:00 hrs. del día 18 de Febrero de 2018 y finalizando el día 19 de febrero de 2018 a las 14:00 hrs.

En cada uno de los puntos de monitoreo se realizan 6 horas de medición realizando chequeo y/o calibración al comienzo y al final de cada muestreo contando con 4 horas de concentración válida para cada uno de los puntos.

5. Resultados

5.1. Primer punto SKC

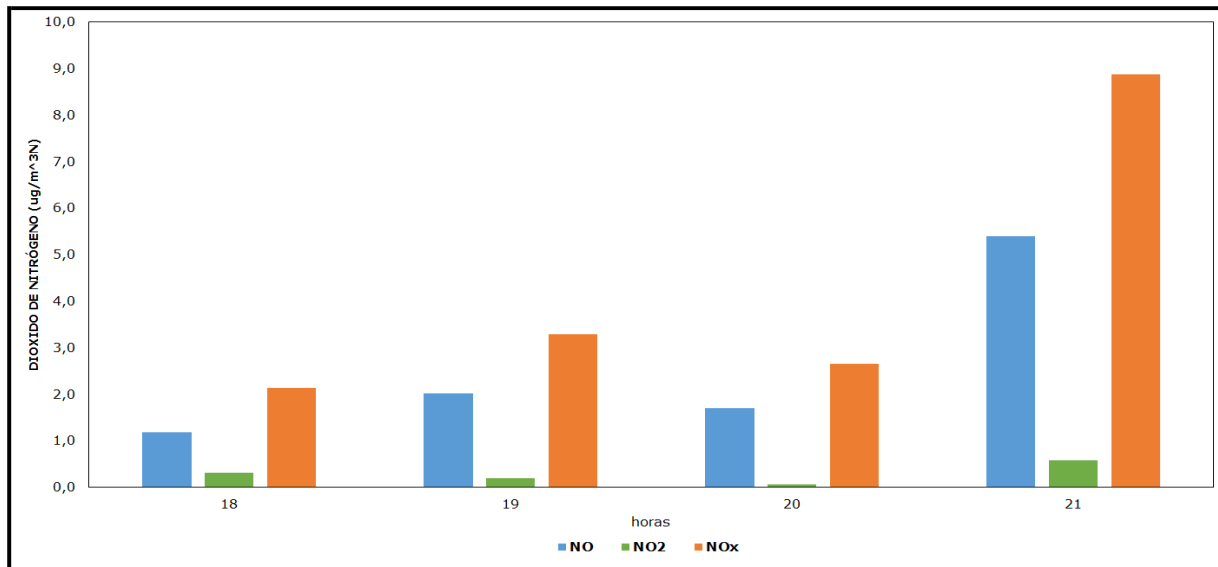
La Tabla N° 4 muestra un resumen de los valores de concentración obtenidos durante el monitoreo realizados para el primer punto de monitoreo SKC.

En el Gráfico N° 1, se muestra el valor horario de las concentraciones de NO-NO2-NOx registrados durante el período de monitoreo.

Tabla N° 4
Resumen de NO/NO2/NOx, SKC

<i>Estadístico</i>	<i>NO</i> ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	<i>NO2</i> ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	<i>NOx</i> ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Promedio horario	2,6	0,3	4,2
Mínimo horario	1,2	0,1	2,1
Máximo horario	5,4	0,6	8,9

Gráfico N° 1
Concentración de NO/NO2/NOx, SKC



5.2. Segundo punto Condominio

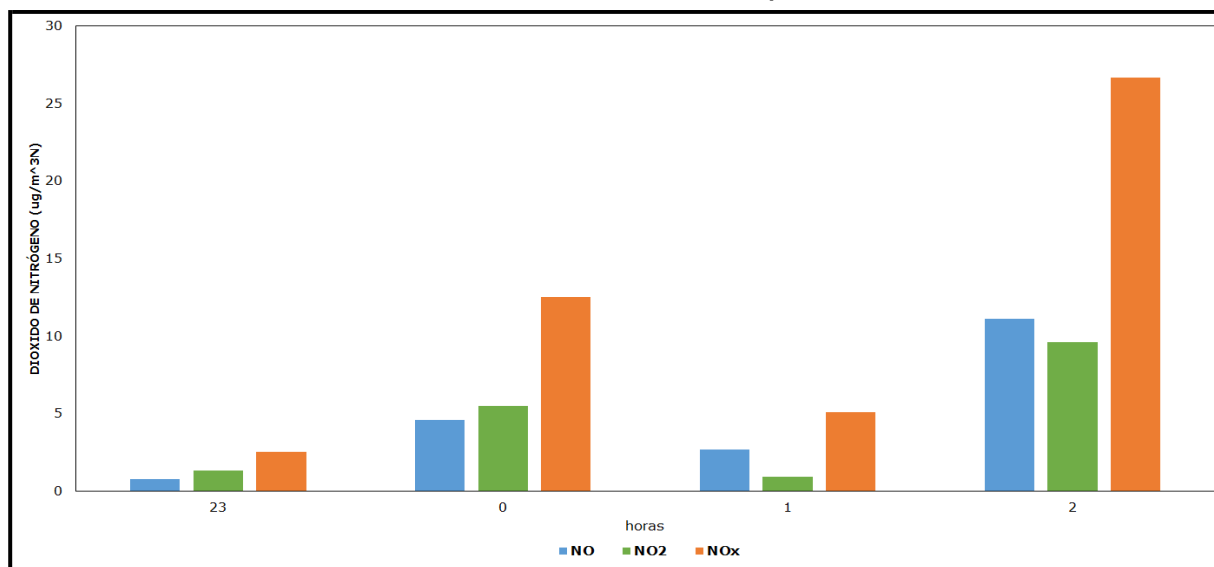
La Tabla N° 5 se muestra el valor horario de las concentraciones de NO-NO₂-NO_x registrados durante el período de monitoreo para el segundo punto Condominio.

En el Gráfico N° 2, se muestra el valor horario de las concentraciones de NO-NO₂-NO_x registrados durante el período de monitoreo

Tabla N° 5
Resumen de NO/NO₂/NO_x, Condominio

<i>Estadístico</i>	<i>NO</i> ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	<i>NO₂</i> ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	<i>NO_x</i> ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Promedio horario	4,8	4,3	11,7
Mínimo horario	0,8	1,0	2,5
Máximo horario	11,1	9,6	26,7

Gráfico N° 2
Concentración de NO/NO₂/NO_x, Condominio



5.3. Tercer Punto Casino

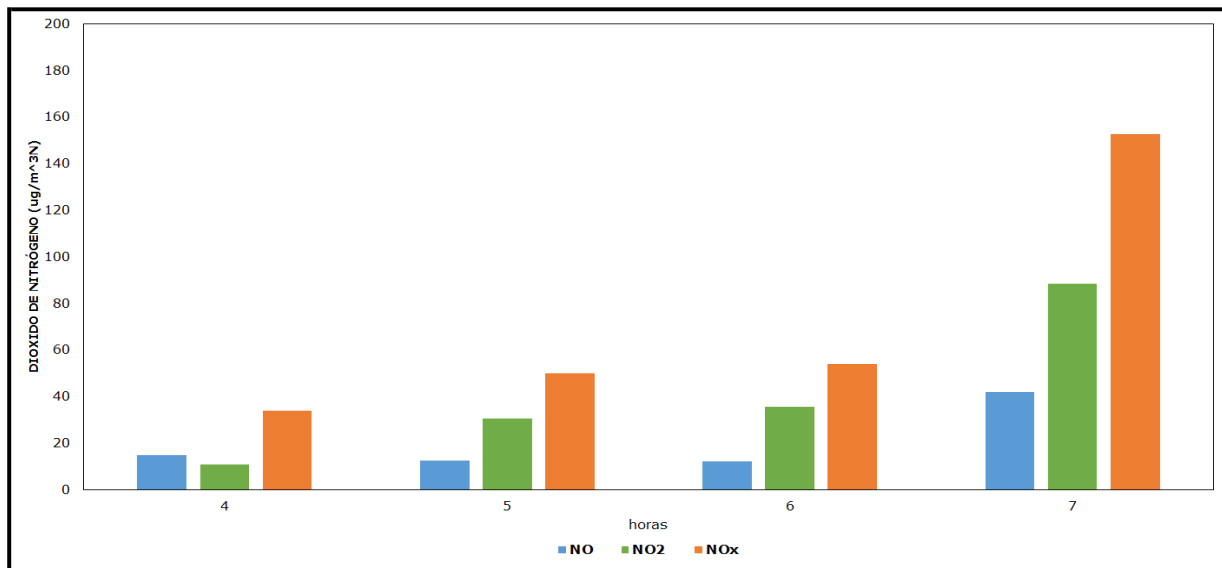
La Tabla N° 6 muestra un resumen de los valores de concentración obtenidos durante el monitoreo realizados en el tercer punto Casino

En el Gráfico N° 3, se muestra el valor horario de las concentraciones de NO-NO2-NOx registrados durante el período de monitoreo.

Tabla N° 6
Resumen de NO/NO2/NOx, Casino

Estadístico	NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	NOx ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Promedio horario	20,4	41,4	72,6
Mínimo horario	12,1	11,0	33,8
Máximo horario	41,9	88,3	152,6

Gráfico N° 3
Concentración de NO/NO2/NOx, Casino



5.4. Cuarto Punto centro deportivo

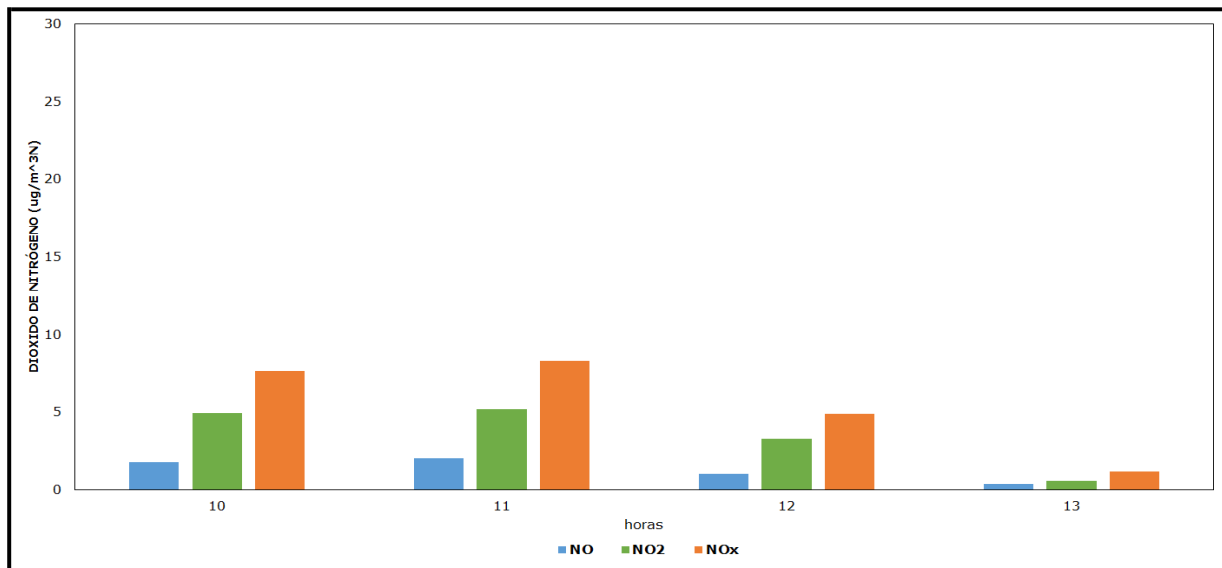
La Tabla N° 7 muestra un resumen de los valores de concentración obtenidos durante el monitoreo realizados para el cuarto punto centro deportivo.

En el Gráfico N° 4 se muestra el valor horario de las concentraciones de NO-NO2-NOx registrados durante el período de monitoreo.

Tabla N° 7
Resumen de NO/NO2/NOx, Centro deportivo

<i>Estadístico</i>	<i>NO</i> ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	<i>NO2</i> ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	<i>NOx</i> ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Promedio horario	1,3	3,5	5,5
Mínimo horario	0,4	0,6	1,2
Máximo horario	2,0	5,2	8,3

Gráfico N° 4
Concentración de NO/NO2/NOx, Centro deportivo



6 Conclusiones

7.1 Primer punto SKC

- Durante el período de monitoreo correspondiente al 18 de Febrero entre las 16:00 hrs.y 21:00 hrs, no se produce superación de la norma horaria ($400 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)^b en las mediciones de dióxido de nitrógeno (NO_2), siendo el máximo del período monitoreado igual a $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, inferior en un 99,8% del valor límite establecido.
- Cabe señalar que el valor calculado para el período es referencial en comparación a la norma, debido a no contar el período completo requerido (3 años calendario consecutivo)

7.2 Segundo punto Condominio

- Durante el período de monitoreo correspondiente al periodo 18 de Febrero desde las 22:00 hrs. al 19 de Febrero a las 03:00 hrs., no se produce superación de la norma horaria ($400 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)^b en las mediciones de dióxido de nitrógeno (NO_2), siendo el máximo del período monitoreado igual a $9,6 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, inferior en un 97,6% del valor límite establecido.
- Cabe señalar que el valor calculado para el período es referencial en comparación a la norma, debido a no contar el período completo requerido (3 años calendario consecutivo)

7.3 Tercer punto Casino

- Durante el período de monitoreo correspondiente al periodo 19 de Febrero entre las 03:00 hrs.y 08:00 hrs., no se produce superación de la norma horaria ($400 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)^b en las mediciones de dióxido de nitrógeno (NO_2), siendo el máximo del período monitoreado igual a $88,3 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, inferior en un 77,9% del valor límite establecido.
- Cabe señalar que el valor calculado para el período es referencial en comparación a la norma, debido a no contar el período completo requerido (3 años calendario consecutivo)

^b D.S. N° 114/03, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia

7.4 Cuarto punto Centro deportivo

- Durante el período de monitoreo correspondiente al periodo 19 de Febrero entre las 09:00 hrs.y 14:00 hrs., no se produce superación de la norma horaria ($400 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)^b en las mediciones de dióxido de nitrógeno (NO₂), siendo el máximo del período monitoreado igual a $5,2 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, inferior en un 98,7% del valor límite establecido.
- Cabe señalar que el valor calculado para el período es referencial en comparación a la norma, debido a no contar el período completo requerido (3 años calendario consecutivo)

8 Referencias

- CHILE, MINISTERIO SECRETARIA GENERAL DE LA PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. *Norma de Calidad Primaria de Aire para Dióxido de Nitrogeno (NO₂).* D.S.N°114. Santiago 2003.
- EE.UU., Environmental Protection Agency (USEPA).
- EE.UU. Teledyne monitor Labs . Manual de operación Analizador de dióxido de nitrógeno Teledyne Modelo T200 Mayo 2016.

ANEXO I NOMENCLATURA PARA INVALIDACIÓN O PÉRDIDA DE DATOS SEGÚN DTO. N° 61

CÓDIGOS UTILIZADOS

Código	Significado	Justificación
2.a	Dato inválido	Por falla de energía
2.b	Dato inválido	Por falla de equipo
2.c	Dato inválido	Fuera de rango de temperatura de operación
2.d	Dato inválido	Por cambio de equipo
2.e	Dato inválido	Por mantención en terrero
2.f	Dato inválido	Por tiempo mínimo de muestreo
2.g	Dato inválido	Por exceso de tiempo de muestreo
2.h	Dato inválido	Valor fuera de rango
3.a	Sin dato	Por falla general de equipo
3.b	Sin dato	Por precipitación

ANEXO II^c TABLA DE CONCENTRACIÓN DE DIOXIDO DE NITROGENO

^c Los códigos de invalidación están detallados en el ANEXO I.

Primer punto SKC

DIOXIDO DE NITROGENO (NO₂) UNIDAD: µg/m³N

	NO	NO ₂	NO _x
18/02/2018 16:00	2.e	2.e	2.e
18/02/2018 17:00	1,2	0,3	2,1
18/02/2018 18:00	2,0	0,2	3,3
18/02/2018 19:00	1,7	0,1	2,7
18/02/2018 20:00	5,4	0,6	8,9
18/02/2018 21:00	2.e	2.e	2.e

Segundo punto Condominio

DIOXIDO DE NITROGENO (NO₂) UNIDAD: µg/m³N

	NO	NO ₂	Nox
18/02/2018 22:00	2.e	2.e	2.e
18/02/2018 23:00	0,8	1,3	2,5
19/02/2018 0:00	4,6	5,5	12,5
19/02/2018 1:00	2,7	1,0	5,1
19/02/2018 2:00	11,1	9,6	26,7
19/02/2018 3:00	2.e	2.e	2.e

Tercer punto Casino

DIOXIDO DE NITROGENO (NO₂) UNIDAD: µg/m³N

	NO	NO ₂	Nox
19/02/2018 3:00	2.e	2.e	2.e
19/02/2018 4:00	14,9	11,0	33,8
19/02/2018 5:00	12,5	30,6	49,8
19/02/2018 6:00	12,1	35,5	54,1
19/02/2018 7:00	41,9	88,3	152,6
19/02/2018 8:00	2.e	2.e	2.e

Cuarto punto centro deportivo

DIOXIDO DE NITROGENO (NO₂)

UNIDAD: µg/m³N

	NO	NO ₂	Nox
19/02/2018 9:00	2.e	2.e	2.e
19/02/2018 10:00	1,8	4,9	7,6
19/02/2018 11:00	2,0	5,2	8,3
19/02/2018 12:00	1,0	3,3	4,9
19/02/2018 13:00	0,4	0,6	1,2
19/02/2018 14:00	2.e	2.e	2.e

ANEXO III FICHAS DE CALIBRACIÓN, PRIMER PUNTO SKC

Algoritmos	Ficha de Calibración Analizador de NO_x-NO₂-NO	R13-6000
-------------------	--	----------

1. Datos Generales

Nombre Estación	Fecha	Operador	T° Amb.
SKC	18/02/18	Manuel Hidalgo	23°

2. Elementos de Calibración

CILINDRO						
Concentración	Vigencia	Tolerancia	Presión	Marca	N° de Cilindro	Protocolo
48,17	22/01/20	+/- 10%	2300PSi	Airgas	CC701127	E.P.A

CALIBRADOR			
Fecha Última Calibración	Marca	Modelo	N° de Serie
30/01/18	Enviroson	6100	7459

GENERADOR AIRE ZERO			
Fecha Última Mantenición	Marca	Modelo	N° de Serie
22/01/18	Teledyne	701	4310

3. Datos Monitor

Marca	Modelo	N° de Serie	Rango
Teledyne	T200	2280	0-500PPb

4. Calibración

Hora Inicio	Conc. deseada	Valores del Dilutor			Valores en el Analizador										Hora Término
		Flujo			Sin Calibrar				Hora Calib.	Calibrado					
		Aire Lpm	Gas ccpm	Ozono O3	NO	Error	NOX	Error		NO	Error	NOX	Error		
15:45	0	3000	-	-	102	102	07	8177	16:43	010	07	03	037	16:13	
16:43	400	3000	24	-	420	57	425	625	16:25	40	07	400	07	16:47	
16:47	0	3000	-	-	0,2	0,27	0,2	0,27	-	-	-	-	-	16:50	

Observaciones:

Firma

Algoritmos	Ficha de Calibración Analizador de NO_x-NO₂-NO	R13-6000
-------------------	--	----------

1. Datos Generales

Nombre Estación	Fecha	Operador	T° Amb.
SKC	18/02/18	Mauricio Vissoly	11°

2. Elementos de Calibración

CILINDRO						
Concentración	Vigencia	Tolerancia	Presión	Marca	N° de Cilindro	Protocolo
49,17	22/09/20	± 1,0%	2300 Psi	airgas	C701123	E.P.A

CALIBRADOR			
Fecha Ultima Calibración	Marca	Modelo	N° de Serie
30/01/18	Emvision	6100	7458

GENERADOR AIRE ZERO			
Fecha Ultima Mantenición	Marca	Modelo	N° de Serie
22/01/18	Teledyne	701	4310

3. Datos Monitor

Marca	Modelo	N° de Serie	Rango
Teledyne	T200	2280	0-500 PPH

4. Calibración

Hora Inicio	Conc. deseada	Valores del Dilutor			Valores en el Analizador									Hora Terminó	
		Flujo			Sin Calibrar				Hora Calib.	Calibrado					
		Aire Lpm	Gas ccpm	Ozono O3	NO	Error	NOX	Error		NO	Error	NOX	Error		
21:01	0	3000	-	-	0.8	0.5%	1.5	1.5%	-	-	-	-	-	21:16	
21:16	400	3000	24	-	3.5	0.5%	3.5	0.5%	-	-	-	-	-	21:22	
21:22	0	3000	-	-	1.0	1.0%	0.6	0.6%	-	-	-	-	-	21:30	

Observaciones:

Firma

ANEXO IV FICHAS DE CALIBRACIÓN, SEGUNDO PUNTO CONDOMINIO

<h2>Algoritmos</h2>	Ficha de Calibración Analizador de NO_x-NO₂-NO	Ri3-6000												
1. Datos Generales														
Nombre Estación	Fecha	Operador	T° Amb.											
Condominio Enxell	18/02/18	Marcos Hidalgo	20°											
2. Elementos de Calibración														
CILINDRO														
Concentración	Vigencia	Tolerancia	Presión	Marca	N° de Cilindro	Protocolo								
49,17	22/01/20	± 1,0%	2300PSI	airgas	CC701127	EPA								
CALIBRADOR														
Fecha Última Calibración		Marca	Modelo	N° de Serie										
30/01/18		Emerson	6100	7454										
GENERADOR AIRE ZERO														
Fecha Última Mantenición		Marca	Modelo	N° de Serie										
22/01/18		teledyne	701	4310										
3. Datos Monitor														
Marca		Modelo	N° de Serie	Rango										
teledyne		T200	2280	0 - 500PPb										
4. Calibración														
Hora Inicio	Conc. deseada	Valores del Dilutor			Valores en el Analizador								Hora Terminó	
		Flujo			Sin Calibrar				Hora Calib.	Calibrado				
		Aire Lpm	Gas ccpm	Ozono O3	NO	Error	NOX	Error		NO	Error	NOX		Error
22:00	0	3000	-	-	12	1,0%	0,6	0,8%	-	-	-	-	-	22:23
22:23	400	3000	24	-	403	0,75	407	1,15%	-	-	-	-	-	22:34
22:34	0	3000	-	-	0,4	0,4%	0,1	0,1%	-	-	-	-	-	22:41
Observaciones:														

ANEXO V FICHAS DE CALIBRACIÓN, TERCER PUNTO CASINO

Algoritmos	Ficha de Calibración Analizador de NO_x-NO₂-NO	Ri3-6000
-------------------	--	-----------------

1. Datos Generales

Nombre Estación	Fecha	Operador	T° Amb.
Carino enaek	19/02/18	Mecurio Hidalgo	19°

2. Elementos de Calibración

CILINDRO						
Concentración	Vigencia	Tolerancia	Presión	Marca	N° de Cilindro	Protocolo
49, 17	22/09/20	+/- 1,0%	2300PSi	oigas	CC701127	E.P.A
CALIBRADOR						
Fecha Ultima Calibración		Marca	Modelo	N° de Serie		
30/02/18		Emmaes	6100	7454		
GENERADOR AIRE ZERO						
Fecha Ultima Mantención		Marca	Modelo	N° de Serie		
22/01/18		teledyne	701	4316		

3. Datos Monitor

Marca	Modelo	N° de Serie	Rango
teledyne	T200	2280	0 - 500 PPb

4. Calibración

Hora Inicio	Conc. deseada	Valores del Dilutor			Valores en el Analizador									Hora Termino
		Flujo			Sin Calibrar				Hora Calib.	Calibrado				
		Aire Lpm	Gas ccpm	Ozono O3	NO	Error	NOX	Error		NO	Error	NOX	Error	
03:38	0	3000	-	-	0,0	0%	0,1	0,1%	-	-	-	-	-	03:47
03:47	400	3000	2k	-	396	1%	399	0,25%	-	-	-	-	-	03:55
03:55	0	3000	-	-	0,2	0,2%	0,4	0,4%	-	-	-	-	-	04:06

Observaciones:

Firma

Algoritmos	Ficha de Calibración Analizador de NO_x-NO₂-NO	Ri3-6000
-------------------	--	----------

1. Datos Generales

Nombre Estación	Fecha	Operador	T° Amb.
Carino Enae	19/02/18	Marcos Hedolgo	19°

2. Elementos de Calibración

CILINDRO						
Concentración	Vigencia	Tolerancia	Presión	Marca	N° de Cilindro	Protocolo
49,17	22/09/20	±1.10%	2300psi	Angas	CC701127	E-PA
CALIBRADOR						
Fecha Ultima Calibración	Marca	Modelo	N° de Serie			
30/01/18	Emulions	6100	7454			
GENERADOR AIRE ZERO						
Fecha Ultima Mantención	Marca	Modelo	N° de Serie			
22/01/08	teledyne	701	4316			

3. Datos Monitor

Marca	Modelo	N° de Serie	Rango
teledyne	T200	2280	0-500 Ppb

4. Calibración

Hora Inicio	Conc. deseada	Valores del Dilutor			Valores en el Analizador										Hora Termino
		Flujo			Sin Calibrar				Hora Calib.	Calibrado					
		Aire Lpm	Gas ccpm	Ozono O3	NO	Error	NOX	Error		NO	Error	NOX	Error		
08:16	0	3000	-	-	0,0	0%	0,1	0,1%	-	-	-	-	-	08:23	
08:23	400	3000	21	-	399	0,25%	399	0,25%	-	-	-	-	-	08:32	
08:32	0	3000	-	-	0,1	0,1%	0,5	0,5%	-	-	-	-	-	08:39	
Observaciones:															

Firma

ANEXO VI FICHAS DE CALIBRACIÓN, CUARTO PUNTO CENTRO DEPORTIVO

Algoritmos	Ficha de Calibración Analizador de NO _x -NO ₂ -NO	RI3-6000
-------------------	--	----------

1. Datos Generales

Nombre Estación	Fecha	Operador	T° Amb.
Centro deportivo	18/02/18	Marcos Hidalgo	22°

2. Elementos de Calibración

CILINDRO						
Concentración	Vigencia	Tolerancia	Presión	Marca	N° de Cilindro	Protocolo
49,17	22/09/20	+/- 1,0%	2300 PSI	aligas	CC701121	E.P.A
CALIBRADOR						
Fecha Última Calibración		Marca	Modelo	N° de Serie		
30/01/18		Emerson	6100	7454		
GENERADOR AIRE ZERO						
Fecha Última Mantenición		Marca	Modelo	N° de Serie		
22/01/18		teledyne	701	4316		

3. Datos Monitor

Marca	Modelo	N° de Serie	Rango
teledyne	T200	2280	0-500 Ppb

4. Calibración

Hora Inicio	Conc. deseada	Valores del Dilutor			Valores en el Analizador									Hora Terminó
		Flujo			Sin Calibrar				Hora Calib.	Calibrado				
		Aire Lpm	Gas ccpm	Ozono O3	NO	Error	NOX	Error		NO	Error	NOX	Error	
09:40	0	3000	-	-	0.1	0.1%	0.1	0.1%	-	-	-	-	-	09:50
09:50	400	3000	24	-	0.3	-	400	0%	-	-	-	-	-	09:58
09:58	0	3000	-	-	0.2	0.2%	0.3	0.3%	-	-	-	-	-	10:05
Observaciones:														

Firma

Algoritmos

**Ficha de Calibración Analizador
de NO_x-NO₂-NO**

RI3-6000

1. Datos Generales

Nombre Estación	Fecha	Operador	Tº Amb.
Centro deportivo	19/02/18	Mauricio Hidalgo	20°

2. Elementos de Calibración

CILINDRO						
Concentración	Vigencia	Tolerancia	Presión	Marca	Nº de Cilindro	Protocolo
49,17	22/09/20	+/- 1,0%	2300PSi	angon	CT01127	E-PA

CALIBRADOR			
Fecha Última Calibración	Marca	Modelo	Nº de Serie
30/01/18	Emerson	6100	7454

GENERADOR AIRE ZERO			
Fecha Última Mantenición	Marca	Modelo	Nº de Serie
22/01/18	teledyne	701	4310

3. Datos Monitor

Marca	Modelo	Nº de Serie	Rango
teledyne	T200	2280	0-500 Ppb

4. Calibración

Hora Inicio	Conc. deseada	Valores del Dilutor			Valores en el Analizador								Hora Termina	
		Flujo			Sin Calibrar				Hora Calib.	Calibrado				
		Aire Epm	Gas ccpm	Ozono O3	NO	Error	NOX	Error		NO	Error	NOX		Error
14:10	0	3000	-	-	0,1	0,1%	0,1	0,1%	-	-	-	-	-	14:23
14:23	400	3000	2,4	-	403	0,25%	407	1,15%	-	-	-	-	-	14:33
14:33	0	3000	-	-	0,1	0,1%	0,2	0,2%	-	-	-	-	-	14:41

Observaciones:

Firma

ANEXO VII CERTIFICADOS DE CILINDRO DE CALIBRACIÓN



MVP 477

Airgas Specialty Gases
Airgas USA, LLC
600 Union Landing Road
Cinnaminson, NJ 08077-0000
Airgas.com

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Grade of Product: EPA Protocol

Part Number: E03NI99E15A0338 Reference Number: 82-400980288-1
 Cylinder Number: CC701127 Cylinder Volume: 144.4 CF
 Laboratory: 124 - Riverton (SAP) - NJ Cylinder Pressure: 2015 PSIG
 PGVP Number: B52017 Valve Outlet: 660
 Gas Code: CO,NO,NOX,BALN Certification Date: Sep 22, 2017

Expiration Date: Sep 22, 2020

Certification performed in accordance with "EPA Traceability Protocol for Assay and Certification of Gaseous Calibration Standards (May 2012)" document EPA 600/R-12/531, using the assay procedures listed. Analytical Methodology does not require correction for analytical interference. This cylinder has a total analytical uncertainty as stated below with a confidence level of 95%. There are no significant impurities which affect the use of this calibration mixture. All concentrations are on a volume/volume basis unless otherwise noted.
 Do Not Use This Cylinder below 100 psig, i.e. 0.7 megapascals.

ANALYTICAL RESULTS					
Component	Requested Concentration	Actual Concentration	Protocol Method	Total Relative Uncertainty	Assay Dates
NOX	50.00 PPM	49.17 PPM	G1	+/- 1.0% NIST Traceable	09/15/2017, 09/22/2017
NITRIC OXIDE	50.00 PPM	49.16 PPM	G1	+/- 0.9% NIST Traceable	09/15/2017, 09/22/2017
CARBON MONOXIDE	3000 PPM	2980 PPM	G1	+/- 0.8% NIST Traceable	09/15/2017
NITROGEN	Balance				

CALIBRATION STANDARDS					
Type	Lot ID	Cylinder No	Concentration	Uncertainty	Expiration Date
NTRM	16060604	CC437468	50.42 PPM NITRIC OXIDE/NITROGEN	+/- 0.8%	Jun 27, 2020
PRM	12367	APEX1099237	9.82 PPM NITROGEN DIOXIDE/AIR	+/- 2.0%	Jun 02, 2017
GMIS	0315201604	CC503358	4.975 PPM NITROGEN DIOXIDE/NITROGEN	+/- 1.6%	Mar 15, 2019
NTRM	12060724	CC356171	2498 PPM CARBON MONOXIDE/NITROGEN	+/- 0.6%	Dec 21, 2017

The SRM, PRM or RGM noted above is only in reference to the GMIS used in the assay and not part of the analysis.

ANALYTICAL EQUIPMENT		
Instrument/Make/Model	Analytical Principle	Last Multipoint Calibration
Siemens Ultramat 6 J3-595 COHIGH	NDIR	Sep 15, 2017
Nicolet 6700 AHR0801933 NO	FTIR	Sep 07, 2017
Nicolet 6700 AHR0801933 NO2	FTIR	Aug 29, 2017

Triad Data Available Upon Request



C. Moly...
 Approved for Release

ANEXO VIII RESPONSABLES Y PARTICIPANTES DE LAS ACTIVIDADES DE MUESTREO

Unidad de Operaciones	Jefe de Operaciones
	Jefe Zonal
	Operadores
Unidad de Mantenición	Jefe de Mantenición
	Técnicos en Mantenición
Unidad de Monitoreo Atmosférico	Jefe Unidad Monitoreo Atmosférico
	Encargado de Proyectos
	Ingeniero de Proyectos

INFORME DE RESULTADOS N° 01

HID 069-16

MUESTREO Y ANÁLISIS CALIDAD DE SUELOS, PLANTA ENAEX CALAMA

Preparado por:

Algoritmos →



ISO 9001:2008

Monitoreo, medición y análisis calidad del aire: modelación atmosférica, hidrodinámica, y meteorología; muestreo, medición y análisis en laboratorio de aguas y suelos;

monitoreo y medición de fuentes fijas, ruido y vibraciones; suministro y validación de sistemas de monitoreo continuo de emisiones (CEMS)

Código ETFA: 015-01

Para:



Febrero, 2017

INFORME DE RESULTADOS N° 01

HID 069-16

MUESTREO Y ANÁLISIS CALIDAD DE SUELOS

PLANTA ENAEX CALAMA

Preparado para:



Versión del Documento				3	
Responsable Elaboración		Responsable Revisión		Responsable Aprobación	
Nombre:	Claudio Santibáñez	Nombre:	María E. Cámara	Nombre:	Macarena Labbé
Cargo:	Ingeniero de Proyectos	Cargo:	Jefa de Proyectos	Cargo:	Jefe Unidad Aguas y Suelos
Fecha:	30-08-2017	Fecha:	30-08-2017	Fecha:	30-08-2017
Firma:		Firma:		Firma:	

Febrero, 2017

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN	4
2	DATOS CLIENTE	5
3	ALCANCE	6
4	PARÁMETROS ANALIZADOS	7
5	METODOLOGÍA	8
6	EQUIPAMIENTO	9
7	PUNTOS DE MUESTREO	10
8	MUESTREO	12
9	RESULTADOS	12
10	RESUMEN DE RESULTADOS	14

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1	Parámetros analizados en Laboratorio	7
Tabla N° 2	Metodología por Matriz.	8
Tabla N° 3	Ubicación geográfica de los puntos de muestreo	10
Tabla N° 4	Resultados análisis de suelo	13

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1	Barreno utilizado en terreno	9
Fotografía N° 2	Puntos de muestreo.....	12

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N° 1	INFORMES DE RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO.....	15
------------	---	----

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde a los resultados obtenidos de la 1º Campaña de Monitoreo de Calidad de Suelo para el año 2017, solicitado por la empresa Enaex, realizado en las dependencias de Planta Enaex Calama, Región de Antofagasta.

El muestreo de suelo fue ejecutado el día 21 de Febrero del año 2017 por parte de Asesorías Algoritmos SpA, en 4 puntos y 3 profundidades, designados por el cliente.

3 ALCANCE

Los alcances del muestreo y análisis de suelo son los siguientes:

- a) Muestreo de suelos, en cuatro (4) puntos; NAP, HAT^a, Pto. Blanco Emulsiones Encartuchados y Segundo Punto Blanco Detonadores. En tres (3) estratos, 1,0 m, 1,5 m y 2 m.
- b) Análisis en laboratorio ambiental para los parámetros; pH, Nitratos, Nitrógeno Total Kjeldahl, Sulfatos e Hidrocarburos Totales.
- c) Elaboración de informe de resultados.

^a En este punto los Estratos fueron: 0,5 m, 1,0 m y 1,5 m

4 PARÁMETROS ANALIZADOS

Los parámetros analizados en cada punto de muestreo y la metodología de análisis proporcionada por el Laboratorio de Análisis DICTUC, se aprecian en la siguiente Tabla:

Tabla N° 1
Parámetros analizados en Laboratorio

Matriz	Parámetro	Método de Análisis	Laboratorio
Suelo	pH	CNA 2007 Método 4 Of. 2007	DICTUC
	Nitrógeno Total Kjeldahl	INIA Método 14 Of 2006	
	Nitratos	INIA Método 13, Of. 2001 e ISO 10304-1 Of. 2007	
	Sulfato	INIA Método 13 Of. 2001 e ISO 10304-1 Of. 2007	
	Hidrocarburos Totales	TMECC 06.06 Of 2001 y NCh 2313/7 Of.97	

5 METODOLOGÍA

La obtención de las muestras en las distintas profundidades; 1,0 m, 1,5 m y 2 m, se realizó por medio de un Barreno, como el que se aprecia en la Fotografía N° 1. La metodología se observa en la siguiente tabla.

Tabla N° 2
Metodología por Matriz.

Matriz	Metodología
Suelos	<p>Técnicas de Muestreo de Suelo para Análisis de Fertilidad. René Bernier Villarroel. Centro Regional de Investigación Remehue, Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. Serie Remehue N° 71.</p> <p>NCh 2060 Of. 1999 Suelos – Obtención de la muestra de suelos.</p> <p>NCh 3400/1:2016 Calidad del Suelo-Muestreo-Parte 1: Directrices para el diseño de los programas de muestreo.</p> <p>Toma de Muestras e Interpretación de Análisis de Fertilidad de Suelo. Sistema Interactivo de Apoyo al Riego SIAR Limarí. Guías y Manuales de Terreno.</p> <p>NCh 3400/2:2016 Calidad del suelo – Muestreo – Parte 2: Directrices sobre técnicas de muestreo</p>

6 EQUIPAMIENTO.

El dispositivo utilizado en esta campaña de muestreo, fue un barreno, el que se puede apreciar en la Fotografía N° 1.

Fotografía N° 1
Barreno utilizado en terreno



7 PUNTOS DE MUESTREO

La ubicación de los puntos de. Por otra parte, en la siguiente tabla, se presenta la ubicación geográfica de los puntos de muestreo, según DATUM WGS84, Huso 19 Sur, incluyendo la fecha y hora en que se realizaron las actividades de muestreo y coordenadas.

Tabla N° 3
Ubicación geográfica de los puntos de muestreo

Puntos	Profundidad	Fecha Muestreo	Hora	Coordenadas UTM WGS-84	
				Norte	Este
NAP	1,0 m	21/02/2017	12:20	7.510.327	505.186
	1,5 m		12:45		
	2,0 m		13:00		
HAT	0,5 m	21/02/2017	17:00	7.510.490	505.158
	1,0 m		18:15		
	1,5 m		18:35		
Pto. blanco emulsiones encartuchados	1,0 m	22/02/2017	09:20	7.509.877	504.756
	1,5 m		10:23		
	2,0 m		11:15		
2° Pto. Blanco Detonadores	1,0 m	22/02/2017	11:45	7.509.611	504.668
	1,5 m		12:40		
	2,0 m		13:30		

Figura N° 1
Plano de ubicación de puntos de muestreo



Fuente:Googel Earth

8 MUESTREO

La campaña de muestreo fue realizada el 21 de Febrero de 2017, describiendo los parámetros analizados en el laboratorio extraídos desde los distintos puntos y profundidades.

Los informes con los resultados de los análisis físico-químicos se muestran en el ANEXO N° 1.

A continuación en la siguiente Fotografía se aprecia el sector de muestreo.

Fotografía N° 2
Puntos de muestreo



9 RESULTADOS

En la Tabla N° 4, se muestran los resultados obtenidos en los puntos de muestreo a distintos estratos, definidos por personal de ENAEX.

Por otra parte, se aprecia en forma gráfica los resultados de los parámetros; pH, Nitrógeno Total Kjeldahl, Nitratos, Sulfatos e Hidrocarburos Totales.

Tabla Nº 4
Resultados análisis de suelo

Parámetros	Profundidad	Unidades	NAP	HAT ^b	Pto. blanco emulsiones encartuchados	2º Pto. Blanco Detonadores
pH	1,0	u pH	7,83	8,79	8,90	8,60
	1,5	u pH	8,19	8,73	8,81	8,60
	2,0	u pH	8,38	8,57	8,66	8,39
Nitrógeno Total Kjeldahl	1,0	mg/Kg	8454,5	3300,0	3615,4	6120,0
	1,5	mg/Kg	7250,0	5560,0	1652,2	14333,3
	2,0	mg/Kg	3482,6	4807,7	3178,6	7090,9
Nitratos	1,0	mg/Kg	7631,2	2760,3	2660,3	6025,8
	1,5	mg/Kg	6037,4	5119,1	1319,3	13555,2
	2,0	mg/Kg	3357,6	4569,1	2380,6	6886,9
Sulfatos	1,0	mg/Kg	423,7	2003,0	-	-
	1,5	mg/Kg	897,8	2852,0	-	-
	2,0	mg/Kg	1243,1	1769,11	-	-

^b Profundidades: 0,5 m, 1 m y 1,5 m

10 RESUMEN DE RESULTADOS

Los resultados de los análisis realizados a las muestras provenientes de Planta ENAEX Calama se presentan a continuación:

- **pH:**
Los valores de pH fluctúan entre 7,83 y 8,90 u pH. El punto de muestreo HAT presenta los valores más bajos y el punto Blanco Emulsión Encartuchados los valores más altos, en todas las profundidades observadas, respecto de los otros puntos de muestreo.
- **Nitrógeno Total Kjeldahl:**

Los valores de nitrógeno total kjeldahl fluctúan entre 1652,2 mg/Kg en Blanco Emulsiones Encartuchados a 1,5 m y 14333,3 mg/Kg valor más alto registrado en Segundo Punto Blanco Detonadores a la misma profundidad.
- **Nitratos:**
Los valores de nitrato fluctúan entre 1319,3 mg/Kg y 13555,2 mg/Kg obtenidos de las muestras tomadas a 1,5 m de profundidad en ambos puntos blancos.
- **Sulfato:**
Las concentraciones de sulfato en el punto de muestreo NAP aumentan en función de la profundidad. En el punto HAT las concentraciones presentan la siguiente tendencia: el menor valor corresponde a la muestra obtenida a 2,0 m, luego 1,0 m y 1,5 m.

ANEXO N° 1

INFORMES DE RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO


INFORME DE ENSAYO
IDENTIFICACION

Muestras	:	Suelo
Fecha de Recepción	:	01-03-2017
Análisis Solicitado	:	Químico
Solicitado por	:	Asesorías Algoritmos SpA.
Dirección	:	Seminarios N° 180, Providencia, Santiago
Atención	:	Sr. Claudio Santibañez

RESULTADOS

Muestra N°	2973	2974	2975	Fecha de Análisis	Método de Análisis
Punto de Muestreo	NAP	NAP	NAP		
Profundidad	1,0 mts	1,5 mts	2,0 mts		
Fecha de Muestreo	21-02-17	21-02-17	21-02-17		
Hora de Muestreo	12:20	12:45	13:00		
Nitratos (mg/Kg)	7631,2	6037,4	3357,6	04-03-17	INIA Método 13 Of. 2001 e ISO 10304-1 Of. 2007
Nitrógeno total Kjeldahl (mg/Kg)	8454,5	7250,0	3482,6	20-03-17	INIA Método 14 Of. 2006
Sulfatos (mg/Kg)	423,7	897,8	1243,1	04-03-17	INIA Método 13 Of. 2001 e ISO 10304-1 Of. 2007
pH	7,83	8,19	8,38	02-03-17	CNA Método 4.0 Of. 2007

Muestra N°	2976	2977	2978	Fecha de Análisis	Método de Análisis
Punto de Muestreo	HAT	HAT	HAT		
Profundidad	0,5 mts	1,0 mts	1,5 mts		
Fecha de Muestreo	21-02-17	21-02-17	21-02-17		
Hora de Muestreo	17:00	18:15	18:35		
Nitratos (mg/Kg)	2760,3	5119,1	4569,1	04-3-17	INIA Método 13 Of. 2001 e ISO 10304-1 Of. 2007
Nitrógeno total Kjeldahl (mg/Kg)	3300,0	5560,0	4807,7	20-03-17	INIA Método 14 Of. 2006
Sulfatos (mg/Kg)	2003,0	2852,0	1769,11	04-03-17	INIA Método 13 Of. 2001 e ISO 10304-1 Of. 2007
pH	8,79	8,73	8,57	02-03-17	CNA Método 4.0 Of. 2007

Muestra N°	2988	2989	2990	Fecha de Análisis	Método de Análisis
Punto de Muestreo	Punto Blanco Emulsiones Encartuchados	Punto Blanco Emulsiones Encartuchados	Punto Blanco Emulsiones Encartuchados		
Profundidad	1,0 mts	1,5 mts	2 mts		
Fecha de Muestreo	22-02-17	22-02-17	22-02-17		
Hora de Muestreo	09:20	10:23	11:15		
Nitratos (mg/Kg)	2660,3	1319,3	2380,6	04-03-17	INIA Método 13 Of. 2001 e ISO 10304-1 Of. 2007
Nitrógeno total Kjeldahl (mg/Kg)	3615,4	1652,2	3178,6	20-03-17	INIA Método 14 Of. 2006
pH	8,90	8,81	8,66	02-03-17	CNA Método 4.0 Of. 2007

Muestra N°	2991	2992	2993	Fecha de Análisis	Método de Análisis
Punto de Muestreo	2do Punto Blanco Detonadores	2do Punto Blanco Detonadores	2do Punto Blanco Detonadores		
Profundidad	1,0 mts	1,5 mts	2 mts		
Fecha de Muestreo	22-02-17	22-02-17	22-02-17		
Hora de Muestreo	11:45	12:40	13:30		
Nitratos (mg/Kg)	6025,8	13555,2	6886,9	04-03-17	INIA Método 13 Of. 2001 e ISO 10304-1 Of. 2007
Nitrógeno total Kjeldahl (mg/Kg)	6120,0	14333,3	7090,9	20-03-17	INIA Método 14 Of. 2006
pH	8,60	8,60	8,39	02-03-17	CNA Método 4.0 Of. 2007

*DICTUC es una Filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile
y está certificada por SGS bajo el estándar ISO 9001:2008*

Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago Fono: (56-2)
2354 4171 / (56-2) 2354 7413 laboanal@dictuc.cl
www.dictuc.cl

La información contenida en el presente informe es el resultado de un ensayo acotado a la(s) muestra(s) analizada(s), y en ningún caso permite al solicitante afirmar que su producto ha sido "certificado por el DICTUC S.A.", ni reproducir en ninguna forma el logo, nombre o marca registrada de DICTUC S.A., salvo que exista una autorización previa y por escrito del DICTUC S.A.

VLM/chb

Hoja 1 de 2 M-2973 a 2978; 2988 a 2993



INFORME DE ENSAYO

OBSERVACIONES

1. Las muestras fueron tomadas por el cliente, quien se responsabiliza por la correcta preservación, identificación y almacenamiento de ellas.
2. Matriz fuera del alcance de la acreditación del laboratorio
3. ♣ Análisis de Hidrocarburos Volátiles subcontratado al Laboratorio Manuel Ruiz y Cia Ltda., según informe de Ensayo N° 17-03-078, emitido el 30-03-2017.
4. Los resultados expuestos son válidos sólo para las muestras analizadas.
5. Este informe anula y reemplaza al IN° 1401562.
6. Horas de inicio de ensayos de muestras frescas y temperatura de análisis:

Parámetro	Hora		
♣ Hidrocarburos Volátiles	09:00		
pH	11:30		
Parámetro	Temperatura de Medición (C°)		
Muestras	2973	2974	2975
pH	24,3	24,4	24,4
Muestras	2976	2977	2978
pH	24,0	24,0	24,3
Muestras	2988	2989	2990
pH	24,0	24,3	24,3
Muestras	2991	2992	2993
pH	24,5	24,5	24,3


M.Sc. Victoria Leighton Méndez
Gerente Área de Aguas, Alimentos y Análisis Químico
División Ingeniería Hidráulica y Ambiental


*DICTUC es una Filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile
y está certificada por SGS bajo el estándar ISO 9001.2008*

Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago Fono: (56-2)
2354 4171 / (56-2) 2354 7413 labocal@dictuc.cl
www.dictuc.cl

La información contenida en el presente informe es el resultado de un ensayo acotado a la(s) muestra(s) analizada(s), y en ningún caso permite al solicitante afirmar que su producto ha sido "certificado por el DICTUC S.A.", ni reproducir en ninguna forma el logo, nombre o marca registrada de DICTUC S.A., salvo que exista una autorización previa y por escrito del DICTUC S.A.

VLM/chb

Hoja 2 de 2 M-2973 a 2978; 2988 a 2993

Enaex S.A.
Planta Río Loa
Evaluación de la Vulnerabilidad del Acuífero del Sector

Enaex S.A.

Planta Río Loa de Calama

Determinación de la Vulnerabilidad Intrínseca del Acuífero

Junio 2004

INDICE TEMÁTICO GENERAL

CAP.1 : PRELIMINARES

1.1.- Introducción General

1.2.- Introducción Específica

CAP.2 : BASES Y FUNDAMENTOS DE LA EVALUACIÓN

2.1.- Aspectos Físico, Químicos y Biológicos

2.2.- Detección y Medición de la Contaminación

2.3.- Evaluación del Riesgo de Contaminación

CAP.3 : EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO

3.1.- Descripción del Acuífero Bajo Planta Río Loa

3.2.- Clasificación y Coeficientes Elásticos del Acuífero a Evaluar

3.3.- Métodos para Evaluar Vulnerabilidad

A.- DRASTIC

B.- GOD

C.- EPIK

D.- Ekv

CAP.4 : CONCLUSIONES

4.1.- Ubicación Relativa del Acuífero

4.2.- Profundidad del Acuífero y Monitoreo

4.3.- Magnitud de Descargas de Enaex

4.4.- Vulnerabilidad Intrínseca del Acuífero

4.5.- Consecuencias según Decreto 46 – 2002

4.6.- Aprovechamiento de Efluentes

ANEXOS

Plano del Informe

Parámetros Físico Químicos del Acuífero Superficial

Correspondencia electrónica con Dirección Regional de Aguas

RESUMEN EJECUTIVO

Planta Río Loa de Enaex S.A. está ubicada dentro de la cuenca del Río Loa y relativamente cerca del cauce de dicho río, razón por la que el tema de la calidad de sus descargas líquidas provenientes de los procesos internos de fabricación de explosivos, siempre será de cuidado, para la autoridad de turno, más todavía hoy, en que el tema y legislación medio ambiental encabeza cualquier proyecto o actividad productiva, en estricto apego a los actuales estándares de calidad certificada que gobiernan al planeta, en este rubro.

Consecuencia de su cercanía con el cauce del Río Loa y la formación misma del valle de Calama, bajo Planta Río Loa sub-yace un acuífero almacenador de aguas subterráneas, cuyo origen se relaciona con la presencia de la Falla Occidental (tendida más o menos en línea recta entre Chuquicamata y Sierra Gorda) y las exfiltraciones del lecho del río aludido, esto último, desde tiempos inmemoriales, asociado incluso con el riego indígena y actual del valle.

Con esto en mente y la entrada en vigencia del Decreto N° 46 del año 2002 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Decreto impulsado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, más ciertas señales recibidas desde el Servicio de Salud II región en Planta Río Loa, Enaex S.A. decidió realizar una evaluación particular de la sensibilidad intrínseca del acuífero que sub-yace bajo sus instalaciones, toda vez que a esta fecha y ya fuera de plazo, la Dirección General de Aguas no ha realizado tal evaluación, como le obliga el Art.4 (N°14) del Decreto aludido.

La evaluación de vulnerabilidad para la napa de Planta Río Loa, debido al citado incumplimiento de la autoridad nacional de Aguas, obligó a considerar las cuatro metodologías más utilizadas actualmente en este tipo de evaluaciones, denominadas : DRASTIC, GOD, EPIK y Ekv, obteniéndose en tres de ellas, una clasificación de vulnerabilidad media y sólo una de vulnerabilidad alta; pero sin embargo, de las cuatro metodologías consideradas, justamente la más apropiada a Planta Río Loa, arrojó una clasificación de vulnerabilidad intrínseca media para el acuífero y en consecuencia (además de ser mayoría concluyente) se adoptó tal clasificación como la oficial y final para este estudio.

La conclusión anterior (vulnerabilidad media) provoca a Enaex una obligación administrativa inmediata, que consiste en que hasta el día 8 de Marzo del año 2005, se tiene plazo para que los efluentes de Planta Río Loa, se ajusten para respetar los límites máximos de la Tabla N°1 del Art.10 del Decreto 46-2002; lo anterior, sin perjuicio de aquellos efluentes de Enaex que no sean finalmente clasificables como riles, en cuyo caso, tal plazo sería voluntario para la empresa.

No obstante lo anterior, este trabajo concluye – entre otras - insinuando a Enaex la posibilidad de otorgar valor agregado a sus efluentes, aprovechando cierto mercado latente que podría estar interesado en utilizar tales líquidos en sus procesos mineros, lo cual traería aparejado un sistema de evaporación y cosecha que se provoca mediante una batería de piscinas de tierra, debidamente encarpetadas y que permiten una circulación del efluente, que implique decantación (cosecha) y evaporación, para que finalmente el líquido residual sea vendido como materia prima a terceros, mediante camiones equipados pertinentemente al caso.

Antofagasta, Junio del año 2.004.-

EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD DEL ACUIFERO INFERIOR

PLANTA RIO LOA, ENAEX S.A., CALAMA

CAPITULO I: PRELIMINARES

1.1.- Introducción General

Hoy en día ha sido reconocido que la calidad del agua, provenga de fuentes superficiales o subterráneas, es de tanto o mayor importancia que la cantidad. Es por ello que un adecuado manejo resulta fundamental para lograr y/o gozar de los beneficios de su aprovechamiento.

La contaminación de las aguas en general, ha sido un tema que ha preocupado a la medicina desde siglos, cuando se relacionaba claramente que las aguas para bebida podrían ser un vehículo de gérmenes patógenos y responsables de muchas epidemias, relación ya establecida desde mucho antes por métodos puramente empíricos.

Al aspecto puramente sanitario de la contaminación se ha añadido, en nuestros tiempos, el aspecto químico de la misma, al crearse grandes núcleos urbanos, grandes zonas industriales, notables complejos agrícolas, etc., y actualmente la contaminación en general empieza a preocupar seriamente a las autoridades competentes y al ciudadano medio en general. Algunos aseguran que la humanidad está creando su propia destrucción a través de la contaminación y degradación del medio ambiente, mientras otros creen firmemente que tras un período transitorio se logrará dominar suficientemente la situación, posición que parece razonable y anima al hombre a un esfuerzo para defender su supervivencia.

Los problemas de la contaminación han adquirido notable importancia en los países más desarrollados, que son los más afectados y los mayores avances en su estudio, corresponden a los Estados Unidos y los países Europeos.

Ya que un importante porcentaje del agua que se utiliza, sea para consumo humano, procesos productivos, regadío, etc., proviene de fuentes subterráneas, es que la calidad del agua que se ubica en el subsuelo depende de muchos factores, entre los cuales se encuentran las condiciones particulares de cada acuífero, su litología, la calidad del agua de infiltración que llega a la napa subterránea y muy especialmente, los focos de contaminación de sistemas colindantes que pudieran afectarse.

Es importante indicar que tanto las aguas superficiales y subterráneas tienen en su estado natural una serie de sales disueltas, las que se incorporan al agua por contacto entre agua y los diversos materiales y minerales que forman el suelo y el subsuelo. De la misma manera, el agua va recogiendo en su recorrido materia orgánica en diversos estados de biodegradación, lo que contribuye a deteriorar aún más su calidad. Otra forma natural de contaminación lo constituye el mezclado con aguas de menor calidad o con un alto contenido de sales, tales como aguas fósiles atrapadas en depósitos sedimentarios que datan de la época en que el mar se retiró de la zona, por ejemplo.

Enaex S.A.
Planta Río Loa
Evaluación de la Vulnerabilidad del Acuífero del Sector

Por último debe tomarse en cuenta los factores externos directamente atribuibles a la intervención del hombre que influyen en la calidad del agua, tales como la contaminación con residuos industriales, químicos, mineros, biológicos y residuos domésticos.

Dadas las características del agua subterránea, en cuanto al tipo de movimiento de fluido y del transporte de los compuestos disueltos en ésta, su condición de calidad se manifiesta a lo largo de mucho tiempo o periodos prolongados, los que en cierto sentido complica al pronto y adecuado manejo de los problemas que en esos casos se generan. De todas maneras, es importante indicar que el efecto de la contaminación de las aguas subterráneas, va atenuándose a medida que el flujo va moviéndose a través del medio permeable.

1.2.- Introducción Específica

Planta Río Loa de Enaex esta ubicada en tierras rurales, unos 8 km. al Sur de la ciudad de Calama, medidos en la Ruta 25 que lleva a Antofagasta. Hidrográficamente la planta se ubica dentro de la cuenca del Río Loa y sus deslindes están a unos 2 km. al oriente de dicho cauce, en el sector conocido con el nombre de "Dupont".

En este sector de la cuenca del Loa, se reconocen dos acuíferos, uno superficial y otro más profundo, siendo el interés de este informe, evaluar la vulnerabilidad del primero de ellos, principalmente.

1.3. - Antecedentes

Para realizar esta evaluación, se tuvo en consideración, los siguientes antecedentes :

- Decreto #46 del 05.03.2002, Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que establece normas de emisión de residuos líquidos hacia cuerpos de aguas subterráneas.
- Normas especiales que Atañen a la contaminación por Riles, USACH – Web.
- Set de Normas Preliminares de la Superintendencia de Servicios Sanitarios y del MOP
- Antecedentes sobre el riego campesino y ferti-riego en el valle de Calama
- Expediente ND-II-1454 de la Dirección Regional de Aguas de la II región
- Leyes sobre Riles, Aguas mar leet – web.
- Aforos volumétricos de caudal, realizados terreno en varios puntos de descargas

CAPITULO II : BASES Y FUNDAMENTOS DE LA EVALUACION

2.1. - Aspectos Físicos, Químicos y Biológicos de la Contaminación de Aguas Subterráneas:

2.1.1. - Aspectos Físicos

La contaminación desde un punto puramente físico, se relaciona con el movimiento del contaminante a través del medio permeable.

En primer lugar se hace necesario distinguir entre el movimiento del fluido a través del medio no saturado y saturado respectivamente. En el primer caso el contaminante se desplaza preferentemente en la vertical, frente al pequeño desplazamiento que puede sufrir en la horizontal, en contraposición al movimiento que se produce en la zona saturada, en que la componente principal del escurrimiento es en sentido horizontal.

El escurrimiento en la zona no saturada esta condicionado por la conductividad hidráulica del suelo en conjunto con el gradiente hidráulico entre la superficie del suelo y la zona saturada; la humedad, porosidad y heterogeneidad del suelo. Cada una de las características hidráulicas anteriormente indicadas influyen en forma distinta sobre el escurrimiento, dependiendo de la condición en la que se encontraba el suelo al iniciarse el movimiento del contaminante. Por ejemplo, un suelo arenoso con un alto contenido de humedad, favorece la filtración del contaminante al acuífero; una mayor porosidad del suelo aumenta la velocidad del escurrimiento, pero al mismo tiempo tiende a retener más contaminante; una mayor conductividad facilita la evaporación desde la zona no saturada, con la consiguiente acumulación de sales en el suelo, las que posteriormente pueden percolar producto de una infiltración dada; el grado de heterogeneidad del suelo, que se traduce en estratificación de este en capas con mayor o menor conductividad hidráulica o una distribución no uniforme y dispereja de los poros, influye en la velocidad del escurrimiento.

Otro condicionante del escurrimiento es la ubicación del límite entre la zona no saturada y saturada, el que a su vez influye en la humedad disponible para percolación y/o evapotranspiración desde el suelo. En zonas húmedas el movimiento será fundamentalmente descendente, en cambio, en zonas áridas (Planta Río Loa de Enax) será al revés, esto es, en el primer caso la ubicación de la zona saturada estará más cercana al nivel del terreno, en cambio, en el segundo caso, se encontrará más profundamente.

Por otra parte el escurrimiento del contaminante en la zona saturada se ve sometido a factores similares a los indicados para la zona no saturada, tales como conductividad hidráulica y distribución espacial, porosidad del medio y las condiciones externas, tales como extracción o condiciones límite o de contorno, tales como bordes impermeables, etc.

También influye, aunque en menor medida, el tipo de acuífero, ya sea este confinado o libre. En el primer caso, el transporte es fundamentalmente horizontal y en el segundo caso existe un componente de tipo vertical, aunque predomina el escurrimiento horizontal, al igual que como en el primer caso.

Por otro lado y conforme el agente contaminante se mueve el acuífero, se va diluyendo fundamentalmente debido al fenómeno denominado "dispersión". Este término representa, en realidad, un grupo de efectos, cada uno de diferente escala. El primero de ellos denominado

difusión molecular, produce la mezcla de los líquidos adyacentes en ausencia de movimiento producto del movimiento Browniano de las moléculas. Este fenómeno generalmente no tiene importancia al considerar el manto acuífero, pero puede ser de importancia en el caso de un medio no saturado. Por una parte está el fenómeno de la dispersión mecánica, a una escala superior, cuyo efecto es causar una mezcla debido a las diferentes velocidades que se presentan en el seno del medio poroso.

2.1.2. - Aspectos Químicos

Corresponden al efecto de los fenómenos químicos sobre la contaminación, ya sea en escurrimiento a través de la zona no saturada o saturada. En este caso el contaminante va cambiando su composición debido al contacto con los diversos tipos de terrenos y minerales, los diversos constituyentes orgánicos e inorgánicos del suelo, entre otros. Todo esto se traduce en disolución, que en algunas oportunidades es precedida por algunas reacciones químicas, por lo que el suelo va acumulando numerosas impurezas disueltas.

Los fenómenos químicos básicos que intervienen en la mayoría de los problemas relacionados con la contaminación de las aguas subterráneas son: volatilidad, reacciones ácido base, precipitación solución, óxidos reducción, intercambio iónico y adsorción, pero en el caso particular de los metales pesados, sustancias orgánicas y la hidrólisis.

En las reacciones ácido base, los ácidos son incorporados fundamentalmente por las actividades humanas y son prácticamente neutralizados por los componentes alcalinos del terreno. Por otra parte las bases más frecuentes aportadas por los bicarbonatos (HCO_3) y los carbonatos (CO_3), se debe a la presencia de rocas compuestas por carbonatos, tales como las calizas (Planta Río Loa de Enaex).

La presencia de ácidos en el agua queda representada por el pH del agua, el que en aguas naturales se sitúa entre 6 y 8. El pH disminuye en procesos de oxidación y aumenta en procesos tales como la reducción de sulfatos y la desnitrificación.

Otro proceso involucrado corresponde al de precipitación - disolución, el que queda caracterizado entre otros parámetros por la solubilidad de los contaminantes en el agua y por la cantidad de éstos, dado por el total de sólido disueltos (TSD).

La solubilidad en el agua de una determinada sustancia depende entre otros factores de la propia sustancia, presión, temperatura, pH, potencial redox (rH), presencia de material orgánico y de la concentración relativa de otras sustancias presentes en la solución.

El segundo factor mencionado, TSD, incluye a todas las sustancias sólidas disueltas en el agua y se utiliza para caracterizar el grado de disolución y de concentración de una muestra de agua particular.

La importancia que presentan estos factores en la contaminación estriba en que hay compuestos que aún teniendo una baja solubilidad, su sola presencia en las aguas es dañino para el medio ambiente, a menos que sean fijados en la matriz de suelo mediante procesos como el de adsorción.

Con el fin de caracterizar totalmente la química de las aguas subterráneas, deben incluirse la influencia de los electrolitos en las reacciones químicas involucradas. Esta inclusión se hace considerando el potencial redox (rH) de la solución, el que se manifiesta en un intercambio de electrones entre los distintos componentes de las reacciones químicas involucradas. La importancia que tiene este proceso en el estudio de la contaminación de las aguas subterráneas está dado por el hecho de que ciertas reacciones químicas, que en el laboratorio se producen muy lentamente, en un medio natural se aceleran debido al efecto catalizador de microorganismos presentes en el agua, los que ayudan a la liberación de los electrones y por ende en el proceso de óxido reducción.

Dentro de los fenómenos químicos que se presentan en la interacción de las aguas subterráneas con el suelo, están los de adsorción y el intercambio iónico. La combinación de ambos efectos en conjunto con la precipitación del contaminante en el suelo, produce la eliminación total o parcial de la fase líquida, fenómeno que es llamado fijación. El peligro que introduce esta situación es que la sustancia química que es fijada en el suelo, puede en el largo plazo liberarse, contaminando nuevamente el sistema agua suelo.

La hidrólisis ocurre ya que los metales presentes en el suelo o en el contaminante, son susceptibles de reaccionar con el agua dando lugar a la formación de una solución ligeramente ácida o básica.

Por último se debe tomar en cuenta la influencia de metales pesados y de sustancias orgánicas. En este caso existen algunas sustancias orgánicas solubles que reaccionan con los metales en solución, dando origen a complejos órgano metálicos, también llamados quelatos. La importancia de estos quelatos está en que los metales se vuelven menos susceptibles a la adsorción y por lo tanto aumenta su movilidad en las zonas no saturadas y saturada. Por el contrario existen otros compuestos orgánicos que producto de la interacción del intercambio iónico con la adsorción limitan la movilidad de los metales pesados

2.1.3. - Aspectos Biológicos

El tercer aspecto involucrado en la contaminación de las aguas es el relacionado con la contaminación biológica de las mismas, esto se debe a que la actividad biológica influye sobre la calidad de las aguas subterráneas a través de diferentes mecanismos. En primer lugar se debe considerar el peligro de transmisión de organismos patógenos proveniente de los residuos orgánicos que se originan como residuo; ambos puntos están relacionados el uno con el otro. Además existe la influencia de los microorganismos y las reacciones de oxidación reducción que tienen lugar entre los compuestos orgánicos e inorgánicos. Esta influencia es probablemente la más importante en lo que respecta al ciclo de los nutrientes y a la contaminación de los acuíferos por materia orgánica.

La acción biológica es importante en cuanto a la movilidad de los iones en el terreno y a la capacidad de su adsorción por parte de las plantas (por ejemplo), al influir sobre ciertos fenómenos tales como mineralización, precipitación, inmovilización, oxidación, reducción, quelación, volatilización y disolución. Esta acción biológica, se ve alterada por la aplicación de insecticidas y otras sustancias necesarias para el cuidado de los cultivos, que terminan afectando el equilibrio ecológico.

Por otro lado, la amenaza para la salud pública debida a la transmisión de organismos patógenos, es tan real para las aguas subterráneas como para las superficiales, pues aún dándose generalmente como un hecho la protección que proporciona el suelo, esto no supone una eliminación total del problema. Entre los organismos patógenos que pueden llegar al terreno y después al acuífero se encuentran bacterias y virus, y entre las enfermedades transmitidas por estos se cuentan disentería y el cólera, enfermedades cuyo origen es bacteriológico, y la hepatitis infecciosa que es de origen viral. En ambos casos la fuente principal de contaminación proviene del vertido de aguas con contenido fecal.

2.2. - Detección y Medición de la Contaminación

Con el objetivo de velar por la calidad del agua subterránea o para evitar su contaminación y su correspondiente baja en la calidad, es que se requiere un conocimiento previo del problema. Esto es, cómo saber si ha existido una merma en la calidad de las aguas de un acuífero si no se conoce previamente cual era el estado de la calidad de sus aguas, o cuales son las causas específicas que incidieron en el deterioro de esta calidad.

Con el fin de lograr lo anterior, se debe realizar una observación periódica de las características de las aguas subterráneas. Para esto, se debe definir qué características físico químicas del agua subterránea se requiere conocer para determinar si en un momento dado la calidad del agua ha sufrido una merma importante. Además de los parámetros a muestrear, se debe definir con que frecuencia se debe realizar la medición de éstos; esto es debido a que si el acuífero se encuentra una zona en la que hay una gran concentración de posibles fuentes de contaminación, la frecuencia de medición debe ser mayor que si el acuífero se encuentra en una zona en que existen menos focos de contaminación. Dentro de los puntos que se deben incluir en la definición de la red de control está la vigilancia de los posibles focos de contaminación, ya sean estos existentes o a la posible instalación de nuevas fuentes.

En la relación de los parámetros a muestrear, se debe tomar en cuenta los tipos de contaminación posibles de producirse, así como también la distribución espacial de estas fuentes, la distribución espacial y temporal de la explotación del acuífero, las características geológicas e hidrogeológicas del sistema. En lo relacionado a la distribución espacial de las captaciones de aguas subterráneas, se debe tomar en cuenta la cercanía entre éstas y los focos de contaminación.

Fundamentalmente entonces, el objetivo de la vigilancia de la calidad de las aguas subterráneas es obtener la información necesaria para poder tomar decisiones con respecto al control de las aguas, teniendo un aviso a tiempo de la existencia de este tipo de problemas, así como su evolución en el tiempo, tanto en composición como en extensión.

Con el fin de lograr una correcta interpretación de los antecedentes recogidos, se debe tomar en cuenta la forma en la que se realizó la medición de éstos. Lo anterior radica en que si la medición se realizó en forma inadecuada, las conclusiones que se obtengan respecto a la calidad de las aguas pueden no indicar lo que realmente está ocurriendo en el acuífero.

Con este fin una recomendación es que la obtención de las muestras de aguas que van a ser analizadas sea luego de un bombeo que asegure que el agua que se esté extrayendo sea

efectivamente el agua que ésta aportando la napa. Esto es así, en el caso en que el pozo haya estado sin uso previo a la realización de la medición.

Otra recomendación es asegurarse que los recipientes que se utilizarán para contener el agua que será analizada, estén limpios y que la toma de la muestra sea analizada de una sola vez.

2.2.1. - Contaminación Natural

La contaminación natural, es originada, entre otras formas por la existencia de mantos de aguas saladas fósiles.

En el caso de los acuíferos continentales, el problema se debe principalmente, en la mayoría de los casos, al agua de mar que alguna vez existió ahí y que luego de su reiterada quedó atrapada en los sedimentos durante su depositación o producto de movimiento tectónico, aunque también puede deberse a la existencia de domos salinos u otras sales que pueden producir aguas con un elevado contenido salino.

Dentro del fenómeno de mezcla de las aguas saladas con aguas dulces, en acuíferos continentales, son relevantes los cambios de presión o en la altura piezométrica en zonas de donde ambos fluidos están en contacto o por la destrucción de las barreras naturales que los separan y que puede inducir la presencia de estratos impermeables profundos.

Una tercera forma de contaminación natural, corresponde a la contaminación por aguas contaminadas por polución atmosférica. Esto ocurre debido a que la gotas de lluvia recogen diversas impurezas naturales caída hasta el suelo y una vez allí producen un lavado del terreno en el que también adquiere impurezas que traspasa al acuífero cuando termina su recorrido en el subsuelo. Es muy común que esta contaminación provenga de materia orgánica en diverso estado de degradación que es disuelta y transportada hasta las napas.

En el caso del acuífero superficial que subyace bajo todo el Valle de Calama y Planta Río Loa, considerando que el río y riego se hace con aguas del Río Salado incluidas (en mayor cantidad) con las del Loa, este acuífero superficial es efectivamente más salobre, justamente por esta razón.

2.2.2. - Contaminación Industrial

Este tipo de contaminación es muy variado, dada la gran variedad de sustancias químicas, orgánicas e inorgánicas, empleadas en los procesos productivos, ya sea como materia prima o como producto terminado y que son susceptibles de convertirse en contaminantes. Otra característica importante de este tipo de contaminación, es el hecho que puede provocarse como una contaminación de tipo puntual o local.

Las fuentes de contaminación industrial pueden clasificarse en tres categorías principales: en cuanto a la cantidad, el tipo más importante de contaminación corresponde a los residuos derivados de los procesos de producción que son enviados directamente al suelo. Un segundo tipo lo constituye las fugas desde instalaciones, que al ocurrir en forma solapada no es posible detectarlas en forma rápida, lo que significa que el control de éstas es muy dificultoso. Por último, debe considerarse la contaminación ocasionada por vertimientos accidentales.

Dentro de los tipos de contaminación industriales puede contarse a los siguientes: contaminación con metales pesados procedente de la industrial metalúrgica; contaminación con sustancias orgánicas e inorgánicas proveniente de la industria química y petroquímica; contaminación con aguas residuales con altos contenidos de materias orgánicas proveniente de la industria alimenticia.

Las fugas se ocasionan principalmente en los sectores en el que se procede al acopio de los residuos contaminantes de los distintos tipos de industrias considerados, tales como acopio de líquidos combustibles, ya sea en silos o estanque enterrados.

En el caso de los accidentes, la fuente más usual se relaciona con el volcamiento de vehículos que transportan combustibles o productos químicos en estado líquido.

Sobre este punto, el Valle de Calama y el acuífero asociado, están directamente comprometidos con faenas industriales ubicados aguas arriba de la ciudad (y de Planta Río Loa), como ser el mineral de El Abra, el gran Tranque de Relaves de Talabre y estará sujeto a contaminaciones que se pudieran provocar en el nuevo proyecto Santa Margarita (en construcción) del sector Angostura.

2.2.3. - Contaminación Agrícola

La gran diferencia entre la contaminación industrial y la ocasionada por las actividades agrícolas, es que esta última ocurre en grandes extensiones de terrenos y no en forma localizada como ocurre con la primera, de esta forma, el impacto areal es más relevante y nocivo en la agricultura practicada con agro-químicos, por ejemplo, sin perjuicio de la contaminación por animales (fecas) y los siguientes aspectos.

Este tipo de contaminación procede principalmente de los residuos animales, ya sean líquidos o sólidos, por la presencia de sales en las aguas de riego proveniente de fertilizantes o insecticidas usados en la práctica agraria.

Entre los contaminantes presentes en las aguas de riego, se cuenta los abonos derivados del nitrógeno, del fósforo o potasio, siendo sólo los primeros los que afectan de mayor manera a las aguas subterráneas, ya que los compuestos a base de fósforo son fácilmente fijados por el suelo, lo que también ocurre con los abonos potásicos.

Entre los factores que influyen en el movimiento de los fertilizantes agrícolas hacia las aguas subterráneas están: la cantidad de agua de riego, ya que un exceso de esta ocasiona la percolación de los compuestos en exceso hacia el acuífero; el tipo de cultivo, en lo que refiere a los requerimientos de nutrientes, ya que la cantidad de nutrientes del cultivo depende de la etapa de crecimiento vegetativo en el que este se encuentre; la temperatura, que influye sobre la cantidad de nutrientes empleados por el cultivo, etc.

Los residuos animales, tanto sólidos como líquidos, son ricos en nitrógenos y fósforo, que tal como se indicó anteriormente, son fuentes potenciales de contaminación. Estos residuos usualmente se utilizan como abonos y son por lo tanto aplicados directamente al suelo, desde donde se produce la percolación hasta la napa subterránea.

Para el caso del Valle Agrícola de Calama, ubicado acuífero arriba de Planta Río Loa, es oportuno señalar que se han estado aplicado el último tiempo programas estatales de recuperación de suelos, probablemente sobre parte importante del actual territorio cultivable (unas 700 Has, por lo menos), siempre conservando la antigua tasa de riego de 28700 m³/Ha/año que se aplica típicamente en forma tendida (inundando predios) y en total a razón de más o menos 700 l/seg. Lo anterior, supera con creces el caudal de efluentes de Planta Río Loa, que nunca supera los 3 l/seg, en procesos y que por lo demás, corresponden a descargas puntuales que no cubren extensas superficies (sino puntos específicos) como el caso de la agricultura.

2.2.4. - Contaminación Urbana

La contaminación urbana, proviene principalmente de los residuos sólidos y de las aguas residuales urbana, propios de la vida moderna.

Cuando estos residuos se vierten directamente sobre el suelo, sin ningún tipo de tratamiento o precaución, las aguas subterráneas resultarán fácilmente afectadas. También pueden afectar indirectamente, en casos en que el vertido de las aguas residuales se realice sobre aguas superficiales.

Para el vertimiento de aguas residuales directamente sobre el terreno, el afecto que tendrá sobre las aguas subterráneas dependerá del caudal vertido, el grado de absorción del suelo, la contaminación inicial de las aguas y el grado de tratamiento previo de las mismas, las características geológicas e hidrogeológicas del terreno en el que se realiza el vertido, entre otras.

La contaminación producto de los residuos sólidos, se produce principalmente en los centros de acopio de éstos o en los vertederos que se utilicen para su disposición final. En el caso de vertederos sin ningún tipo de control o precaución, los residuos se encuentran expuestos a diversos factores que los pueden afectar, tales como la precipitación sobre el terreno la que ocasiona un aumento importante en la cantidad de compuestos lixiviados que son susceptibles de percolar, en caso que el terreno tenga características hidrogeológicas que favorezcan la percolación de estos líquidos. En el caso en que el terreno haya sido tratado previamente para disminuir estas posibles filtraciones, se deberá tener cuidado con la acción de sismos que dañen en algún grado este tratamiento, con el consiguiente efecto de percolación de los residuos hacia la napa subterránea.

Sobre este tipo de contaminación, es dable señala que el vertedero municipal de Calama, ubicado relativamente cerca del aeropuerto, se posiciona a mayor cota y esto es, acuífero arriba de Planta Río Loa y cualquier líquido percolado desde su matriz, podría inducirla.

2.2.5. - Contaminación Inducida

Esta contaminación dice relación con la contaminación que se produce en el acuífero, ya sea producto de una sobre explotación o por una desinteligente explotación de éste.

En zonas costeras, por ejemplo, está el efecto de la intrusión marina de los acuíferos continentales, con el consecuente empeoramiento de la calidad de este último. En estos acuíferos, la explotación irracional, ya sea desde el punto de vista de la cantidad de caudal bombeado como de la cantidad total de horas de bombeo, ocasiona que el agua salada que se encuentra en contacto directo con el agua dulce se mezcle con esta última, ocasionando la

contaminación del agua dulce con las sales marinas, lo que en caso de no ser controlado a tiempo puede inutilizar al acuífero costero para el abastecimiento de agua.

En relación a Planta Río Loa de Enaex S.A., la presencia del pozo CMG-1 con derechos para explotar 31 l/seg a menos de 2 km, implica cierto riesgo de descenso de la napa del entorno de la captación, con el consecuente impacto inducido, al acarrear junto al descenso del nivel freático, la percolación de minerales anteriormente posicionados en la capa no saturada del lugar.

2.3. – Evaluación del Riesgo de Contaminación de Aguas Subterráneas

2.3.1. - Concepto

La forma más lógica para definir el riesgo de contaminación de aguas subterráneas es entenderlo como la interacción entre dos factores semi-independientes correspondientes a :

- a) La carga contaminante que es o podrá ser aplicada en el subsuelo como resultado de la actividad humana.
- b) La vulnerabilidad natural a la contaminación del acuífero

Al referirse a la carga contaminante, se habla de los medios a través de los cuales se puede llegar a contaminar las napas; esto es por descarga de desechos urbanos, industriales, minerales y/u otros.

De acuerdo con lo señalado, se puede tener una alta vulnerabilidad pero cero riesgo de contaminación, debido a la ausencia de una carga contaminante y viceversa. Ambos son perfectamente consistentes en la práctica. Aún más, la carga contaminante puede ser controlada o modificada, pero no así la vulnerabilidad del acuífero.

Otras consideraciones determinarán si el riesgo de contaminación del acuífero resulta ser una seria amenaza para la calidad del agua subterránea, entre las que se puede mencionar a :

- a) La magnitud del episodio de contaminación y
- b) El valor de los recursos de aguas subterráneas

Estos dos elementos, a su vez dependen de una serie de otros factores relacionados.

La interacción entre la carga contaminante y la vulnerabilidad del acuífero, permite determinar finalmente el riesgo de que la contaminación llegue al acuífero.

El termino "vulnerabilidad a la contaminación del acuífero" se utiliza entonces, para presentar las características intrínsecas que determinan la "sensibilidad" de una parte del acuífero a ser adversamente afectado por una carga contaminante impuesta. En consecuencia es, en rigor, lo inverso a la capacidad de asimilación de contaminantes de un cuerpo de agua receptor, en el lenguaje de la calidad de las aguas de los ríos.

En vista de la complejidad de factores que afectan la migración de los contaminantes en los sistemas de aguas subterráneas, el significado potencial de los factores hidrogeológicos y la

condición específica en cada lugar, podría parecer más lógico tratar cada actividad potencialmente contaminante en forma individual con ciertas condiciones hidrogeológicas dadas y realizar investigaciones de campo para evaluar el riesgo de contaminación. Esto, sin embargo, sería muy costoso y en la mayoría de los casos, se necesitaría inicialmente un procedimiento de evaluación más simple. Tal procedimiento utilizaría los datos básicos normalmente disponibles para elaborar un mapa de vulnerabilidad del acuífero y, por lo tanto, identificar los principales riesgos de contaminación de aguas subterráneas. Sin embargo, se debe hacer notar que el concepto de una "vulnerabilidad general para un contaminante universal en un escenario típico de contaminación" no tiene mucho significado científico. Todos los acuíferos, por Ejemplo, son vulnerables a contaminantes persistentes derivados de una actividad contaminante que se prolongue a largo plazo.

2.3.2. - La Zona No Saturada como Limitante u Obstáculo a la Contaminación

La zona no saturada o el subsuelo seco sobre el nivel freático (NF), tiene especial importancia debido a que corresponde a la primera línea de defensa natural contra la contaminación del agua subterránea ubicada en la zona saturada. Esto no es solo debido a su posición estratégica entre la superficie y el NF del acuífero, sino también a que constituye un ambiente favorable para atenuar o eliminar contaminantes.

El movimiento del agua en la zona no saturada es generalmente lento y restringido a los poros más pequeños con una superficie específica grande; la condición química es normalmente aeróbica y frecuentemente alcalina. Esto resulta en un potencial considerable para la intercepción, adsorción y eliminación de microorganismos patógenos; la atenuación de metales pesados y otras sustancias químicas inorgánica, mediante precipitación (como carbonatos, sulfuros o hidróxidos), adsorción o intercambio de cationes; la adsorción y la biodegradación de muchos hidrocarburos y compuestos orgánicos naturales y sintéticos.

Por lo general, tales procesos continuarán más abajo, en la zona saturada de los acuíferos, pero generalmente a tasas menores. En esta zona no saturada la reducción de las concentraciones de los contaminantes dependerá principalmente de la dilución que resulte de la dispersión hidrodinámica, que es un control adecuado para contaminantes altamente tóxicos.

Por lo tanto, es importante que se tome en consideración la zona no saturada para la evaluación de la vulnerabilidad del acuífero. Si esta se ignora, las evaluaciones podrían ser excesivamente conservadoras. Sin embargo, el rol de la zona no saturada puede ser complejo y su capacidad para atenuar los contaminantes es difícil de predecir. Pueden ocurrir cambios marcados en el comportamiento de algunos contaminantes si la actividad contaminante cuenta con la suficiente carga orgánica o ácida como para causar un cambio radical en la zona no saturada apenas significa un retraso en el tiempo de llegada de éstos al nivel freático, sin atenuación efectiva y beneficiosa alguna. En muchos otros casos el grado de atenuación dependerá en gran medida del régimen del flujo y del tiempo de retención en la zona no saturada.

Mientras que las velocidades de flujo natural en la zona no saturada de casi todas las formaciones no exceden de 0,2 m/día y menos cuando se promedian por períodos más extensos, el flujo de agua y las tasas de penetración del contaminante en formaciones fisuradas pueden ser mayores, con la presencia de una sobrecarga hidráulica artificial. Por tanto, el carácter litológico y especialmente el grado de consolidación y fisuración son los

factores claves en la evaluación de la vulnerabilidad de contaminación de acuíferos, especialmente en relación con la vulnerabilidad comparativa de contaminación microbiana, biodegradable y mayormente retardada.

La zona biológicamente activa del suelo forma, en efecto, la parte más alta de la zona no saturada. Muchos de los procesos que causan la eliminación y atenuación de contaminantes ocurren a tasas más altas en esta zona como resultado de su contenido mineral orgánico y de arcilla más alto, y una población bacteriana mucho mayor. En muchas fuentes de contaminación puntual, sin embargo, la carga contaminante es aplicada debajo del nivel de terreno natural, en la base o sello de excavaciones tales como fosos, zanjas, lagunas, drenes y canteras. Por lo tanto, la capacidad de atenuación de la zona no contribuye a la reducción de la vulnerabilidad total del acuífero. La situación es diferente para la mayoría de las fuentes de contaminación difusa. Por ejemplo, las características del suelo influirían grandemente sobre la lixiviación de nutrientes y plaguicidas desde tierras agrícolas y determinarían si la depositación de sustancias ácidas en el área podrían ser neutralizadas.

2.3.3. - Clasificación Regional de la Vulnerabilidad a la Contaminación de Aguas Subterráneas.

Es posible elaborar una división a gran escala de los ambientes hidrogeológicos encontrados en América Latina y el Caribe.

- a) Cordillera con valles intermontañosos. Estas áreas incluyen importantes acuíferos volcánicos conformados por lavas basálticas, andesíticas, riolíticas y rocas piroclásticas, de abanico o secuencia aluviales intercaladas. El riesgo elevado de contaminación estará presente donde los acuíferos de lava afloren o tengan sólo una cubierta delgada de materiales piroclásticos o aluvio – volcánicos y en áreas limitadas donde los acuíferos aluviales de alta permeabilidad tiene un nivel freático poco profundo.
- b) Basamento igneo continental. Estas rocas cristalinas metamórficas pueden dar origen a acuíferos poco profundos y menores en su zona de meteorización que son importantes para los suministros rurales de agua y altamente vulnerables a la contaminación.
- c) Cuencas sedimentaria y mesetas volcánicas. En estas condiciones geológicas pueden hallarse acuíferos regionales mayores, especialmente dentro de las formaciones de calizas y arenisca más significativas. Las primeras, sobre todo cuando tiene un aspecto kárstico (Planta Río Loa de Enaex S.A), son altamente vulnerables a la contaminación.
- d) Sedimentos costeros calizos y arenosos recientes. Estas formaciones, especialmente las calizas, pueden conformar acuíferos muy productivos de elevada o extrema vulnerabilidad a la contaminación, especialmente en áreas densamente pobladas, tales como islas, en donde no existen otras fuentes de abastecimiento de agua.
- e) Aluviones recientes de grandes ríos. Se puede encontrar acuíferos importantes en las partes más arenosas de las acumulaciones aluviales mayores, pero éstas están casi siempre semiconfinadas y, a pesar de tener un nivel freático poco profundo, no siempre son muy vulnerables a la contaminación, excepto en el caso de los contaminantes más móviles y persistentes

2.3.4. - Evaluación del Riesgo de Contaminación del Agua Subterránea

La relación de la vulnerabilidad natural de un acuífero con las cargas contaminantes potenciales, permite delimitar áreas con diferentes niveles de riesgo de contaminación para el agua subterránea.

Las napas con riesgo de contaminación por vulnerabilidad, a una escala regional, pueden detectarse teóricamente para la planificación de acciones y controles del acuífero. Los resultados así obtenidos pueden ser considerados como un primer paso en el proceso de evaluación del riesgo de contaminación de acuíferos y pueden ser utilizados para asignar prioridades en los programas de vigilancia e investigación. En general, la influencia de los elementos y variables que definen el riesgo de contaminación puede determinarse al menos cualitativamente.

Para su cuantificación o evaluación, su influencia relativa puede tomarse en cuenta a partir, por ejemplo, de los factores que propone Hirata (1991), en un rango entre 0,0 y 1,0 para definir un índice de vulnerabilidad. En ese caso, se analizan las características del tipo de acuífero (napa, libre, confinada u otro), la estratigrafía del suelo intermedio, la profundidad del nivel freático o piezométrico y la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación.

Combinando los índices que se defina que corresponden a cada caso, se puede establecer un índice único que globalice el riesgo de contaminación del caso en estudio.

En los últimos años han surgido otros intentos por mejorar la aproximación a la cuantificación del riesgo de contaminación.

La más conocida es la metodología denominada DRASTIC, que agrega a los elementos incluidos en la anterior, el tipo de cobertura del suelo y la recarga. En este caso se trata de establecer la influencia que tiene sobre el riesgo de contaminación la cubierta del suelo (muchas veces artificiales en zonas con alta carga de contaminante), relacionada a su vez con la recarga que puede generarse (natural, artificial o ambas).

Al agregarse esos dos parámetros, la aproximación de DRASTIC mejora, ya que teniendo un suelo con pavimento - por ejemplo - el riesgo de contaminación disminuye frente a un suelo natural, aunque la carga contaminante sea alta, pues la recarga se verá limitada. Otros ejemplos semejantes pueden derivarse de situaciones reales en sistemas de aguas subterráneas bajo explotación.

CAPITULO III: EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD DEL ACUIFERO

3.1. – Descripción del Acuífero Bajo Planta Río Loa de Enaex S.A.

3.1.1. – Introducción

El acuífero cuya vulnerabilidad se evalúa, ha sido explorado por Minera Lomas Bayas desde el año 1996, aprovechando su dominio sobre la parcela 11 del Sector Nuñez y la forestación con algarrobos de las parcelas 1 a 10 del mismo lugar, ubicado inmediatamente al noreste (N – W) de Planta Río Loa. Los antecedentes de los pozos perforados por Lomas Bayas, constan al interior del expediente 1.454 de la Dirección Regional de Aguas de Antofagasta, el cual está resuelto y por tanto, son de libre acceso al público en general.

La exploración que Lomas Bayas realizó, implicó la perforación de dos sondajes exploratorios (6") de 200 m y 300 m de profundidad, bastante adecuados para los fines que persigue cumplir este informe y quedaron ubicados como se indica en la tabla siguiente :

TABLA

POZOS EXPLORATORIOS EN ACUIFEROS BAJO PLANTA RIO LOA DE ENAEX S.A

POZO	PROF (m)	PARCELA	NF (m)	COORDENADAS	
				NORTE UTM (m)	ESTE UTM (m)
MGX - 1	200	N° 11	3,3 prom	7.512.200	504.875
MGX - 2	300	Gémenis	6,6 prom	7.513.520	507.470

El pozo MGX – 1 solo permitió reconocer un "acuífero superior", relacionado con estratos de calizas (40 m promedio), pero en el pozo MGX – 2 se reconoció otros más profundo, el cual se desarrolla en una unidad de gravas, con matriz arenosa y poco limo arcilla. En ninguno de los pozos se llegó a la roca basal.

3.1.2. - Estratigrafía del subsuelo en Planta Río Loa

Con los pozos exploratorios de Lomas Bayas, se atravesó la estratigrafía del subsuelo que se muestra en la tabla siguiente :

TABLA
ESTRATEGRAFIA ACUIFERO DUPONT

POZO	DESCRIPCIÓN ESTRATIGRAFIA GENERAL
MGX – 1	En los 200 m de su extensión, se pudieron diferenciar 3 unidades bien definidas que en general se pueden agrupar de la siguiente manera: 5 m superiores de suelo arcilloso y con una capa superficial vegetal, a continuación existe una capa de 40 m de calizas (formación El Loa) y debajo se detectó una gruesa capa de arcilla. Nunca se llegó a indicios de roca o grava al finalizar la habitación del pozo.
MGX – 2	Cuenta con 300 m de hondura y atravesó 4 unidades de suelo: los 6 m iniciales con suelo gravoso y vegetal, luego hasta los 42 m se encontraron alternancias de

gravas con arenisca y lutitas. Entre los 42 y los 246 m se encuentra un gran estrato de arcilla con algunas intercalaciones delgadas de arena, gravar, arenisca y lutitas. Finalmente la cuarta unidad se ubicó entre las 246 y 300 m., correspondiendo a gravas en una matriz arenosa y con un pequeño porcentaje de arcillas.

De acuerdo con lo anterior, se confirma la presencia de dos acuíferos, uno superior desarrollado en calizas y conglomerados arenosos y otro acuífero inferior formado por gravas.

Entre los 2 acuíferos existe un grueso estrato de arcilla con 150 m de espesor promedio. En el plano de Anexos, se muestra gráficamente la estratigrafía descrita.

3.1.3.- Acuífero Superficial

3.1.3.1.- Coeficiente Elásticos

El acuífero superficial de Calama fue explorado y es explotado por Minera Leonor que posee derecho para aprovechar sus aguas subterráneas, mediante 5 pozos de 60 m cada uno y que no atraviesan un estrato arcilloso que lo separa de un acuífero más profundo. Los pozos de Leonor cuentan con derechos por un caudal de 209 l/seg, materia de las Resoluciones DGA N° 219, 315, 316, 319, y 322 todas del año 1995.

Las pruebas de bombeo efectuados en cada pozo, indicaron los siguientes valores de transmisividad : 2.338,1992, 1716, 12.567 y 20.111 m²/día más los siguientes valores para el coeficiente de almacenamiento: $2,4 \times 10^{-4}$, $3,8 \times 10^{-4}$, $6,7 \times 10^{-4}$ y $7,4 \times 10^{-4}$, entonces es factible de ubicar en el rango $8,3 \times 10^{-4}$ a $2,6 \times 10^{-4}$ (descartando valores de orden 10^{-4} por no ser representativo de acuíferos en calizas).

Igualmente las pruebas de bombeo realizados indican que la napa escurre en dirección NE a SW con una gradiente promedio del 1,8% (ver plano del Anexo)

3.1.3.2. - Parámetros Físicos Químicos del Acuífero Superficial

Las aguas subterráneas muestreadas desde los 5 pozos de Leonor (PPR -1 a 5), en el acuífero superior del Valle de Calama, fueron obtenidas casi al término de cada prueba de bombeo y desde los afloramientos de aguas situadas en el área (ríos Loa y San Salvador, vertientes San Lorenzo y Ojo de Opache y poza cercana). Las Tablas que a continuación se anexan, muestran los resultados de los análisis.

Todas las muestras son de carácter sódico cloruradas. Las concentraciones de cationes presentan proporciones relativas similares para todas las muestras, representado por:
 $Na > Ca > Mg > K$.

Las concentraciones relativas de aniones presentan 2 variantes. Las muestras obtenidas a partir de 3 pozos de Minera Leonor Río Loa y Vertiente Ojo de Opache presentan una relación $Cl > HCO_3 > SO_4$. Otra relación se establece para los otros 2 pozos Leonor, Río San Salvador y Vertientes San Lorenzo, representado por la relación $Cl > SO_4 > HCO_3$, invirtiéndose las proporciones de sulfatos y carbonatos.

Enaex S.A.
Planta Río Loa
Evaluación de la Vulnerabilidad del Acuífero del Sector

El total de sólidos disueltos (TSD) varía entre 2,95 g/l (Vertiente San Lorenzo) y 6,54 g/l (Río San Salvador, agua arriba de la confluencia con aguas servidas y Vertiente San Lorenzo). En los pozos de Leonor, el TSD está en un rango más restringido: de 3,99 g/l (PPR-5) a 5,36 g/l (PPR-1), con un promedio de 4,59 g/l. Se trata por lo tanto, de aguas salobres, con un contenido salino muy superior al límite asignado al agua potable (1,0 g/l). La distribución areal de este parámetro establece dos tipos de aguas:

Sector 1: Pozos PPR – 1, 4 y 2, con un TSD alto (5,36 a 4,67 g/l)

Sector 2: Pozos PPR – 3 y 5 con TSD bajo, (4,02 a 3,99 g/l)

El pH varía entre 7,07 y 7,95, excepto en la Vertiente Ojos de Opache con 6,87. El promedio en los pozos es de 7,22 lo que representa un pH ligeramente alcalino, característico de las aguas de acuíferos en rocas calcáreas y dolomíticas. Sin embargo, debe considerarse que no siempre se mide el pH del agua en su estado natural debido a que se está sometiendo a cambios de presión y temperatura. De hecho las medidas de pH se efectuaron al llegar las muestras al laboratorio, unas horas después de haberse obtenido. El Río Loa presenta un pH medido en varios sitios cercanos a Calama de 7,8 a 8,0 (ESPILDORA y otros, 1973).

La turbiedad presentó valores bajos situados, entre 0,27 y 0,85 NTU. Asociados a estos parámetros se halla frecuentemente el color aparente, analizado con un método cuyo límite de detección es 5 unidades Pt – Co. Los valores encontrados variaron entre < 5 y 10 unidades; solo durante los primeros 2 minutos se manifestaba una coloración evidente y notoria del agua, provocado por los sedimentos finos incorporados. Este parámetro aparte de presentar valores bajos no tiene una importancia significativa para la mayoría de los procesos industriales, excepto cuando se requiere evitar explícitamente la coloración de un producto (por ejemplo, la celulosa).

La dureza total representa la sumatoria de sales de Mg y Ca, expresado como CaCO₃. Para uso doméstico resultan inconvenientes valores superiores a 100 ppm. En caso que las aguas han estado en contacto con yeso o rocas carbonatadas, las concentraciones van de 200 a 300 ppm. Las aguas de los pozos tienen durezas de 981 a 1.246 ppm, los que son extremadamente alto, aunque no sorprendente por el alto contenido salino de las aguas.

La conductividad eléctrica va de 634 mS/m (pozo PPR – 5) a 783 mS/m (pozo PPR – 1), estableciéndose una relación para el TSD en 63 a 70%.

Los compuestos nitrogenados se hallan en su mayoría bajo el límite de detección. Son todos inferiores a 0,3 pp para el amoníaco, excepto el pozo PPR – 1, con 0,3 ppm; inferiores a 0,004 ppm, excepto el pozo PPR – 4 con 0,35 ppm, (pudiendo representar un resultado erróneo). Los nitratos se hallan en el rango de 8,2 (pozo PPR – 5) a 15,3 ppm (pozo PPR – 1). El valor máximo registrado podría reflejar algún nivel de contaminación bacteriana.

El contenido de materia orgánica, determinado mediante la pérdida de peso por calcinación de residuo seco, originó valores en el rango de 567 a 851 ppm. Sin embargo, el método aplicado no parece reflejar tan solo el contenido orgánico, sino también pérdida de peso por deshidratación de ciertos componentes minerales.

Enaex S.A.
Planta Río Loa
Evaluación de la Vulnerabilidad del Acuífero del Sector

El compuesto carbonatados son casi exclusivamente bicarbonatos por tratarse de aguas con pH inferior a 8,2. La única muestra conteniendo CO_3 provino del Río San Salvador, con una concentración de 50 ppm, teniendo un pH de 7,95 y altas concentraciones de K (115 ppm), Na (1.400 ppm), Ca (350 ppm) y Mg (170 ppm), lo favorece la aparición de carbonato. Los bicarbonatos tienen un rango de 385 a 489 ppm en los pozos, existiendo valores inferiores en ambos ríos.

Los sulfatos están presentes en el rango de 283 a 470 ppm (pozo PPR - 1), siendo su promedio de 349 ppm. El alto contenido en las aguas muestreadas deriva de la significativa presencia de minerales evaporíticos, tales como yeso y anhidrita, en la zona.

Los cloruros poseen un rango de 1.770 a 2.140 ppm, con una concentración promedio en los pozos de 1.980 ppm.

Consecuentemente en los altos contenidos de cloruros, el sodio también presenta fuertes concentraciones: de 1.020 a 1.219 ppm, con un promedio de 1.151 ppm. Estas concentraciones generan un alto índice SAR, el cual se basa en los contenidos de Na, Ca, y Mg. Los valores resultantes oscilan entre 14,11 a 15,81 ppm.

El potasio presenta rangos de 70 a 84 ppm, con un promedio de 75,6 ppm. Comúnmente, la concentración de K es superior a 10 g; rara vez supera los 15 ppm, aunque en salmuera pueda alcanzar varios miles de ppm.

El calcio tiene un rango de concentración de 233 a 294 ppm, con un promedio de 263 ppm. En las aguas de escurrimiento superficial, los valores son en general inferiores (200 ppm para el Río Loa y 166 ppm para la Vertiente San Lorenzo). Resulta evidentemente fácil de explicar el alto contenido en Ca en estos acuíferos calcáreos.

El magnesio tiene un rango de concentración de 95 a 127 ppm, con un promedio de 110 ppm. La baja relación entre Ca y Mg (2,4) indicaría una probable presencia de calizas dolomíticas.

En arsénico se halla en concentraciones de entre 1,61 y 1,96 ppm, con un promedio de 1,74 ppm. El límite máximo permitido por la Norma de Agua Potable, tanto en Chile como Estados Unidos, es de 0,05 ppm. En las vertientes se alcanzan valores aún más altos: San Lorenzo: 2,42 ppm, Ojo de Opache: 2,15 ppm. El Río Loa tiene un valor más bajo 1,05 ppm, mientras que el Río San Salvador está en el rango 1,60 ppm.

Los contenidos de hierro total se hallan en el rango de 0,05 a 0,56 ppm (pozo PPR - 1). El hierro soluble (Fe^{++}) se halla debajo del límite de detección (0,05 ppm) en todas las muestras analizadas.

El manganeso presenta una concentración superior al límite de detección en un solo caso, al pozo PPR - 4 con 0,16 ppm. No existe una aplicación evidente de tal fenómeno, siendo que el Fe de esta muestra no presenta valores altos; esto podría atribuirse a la presencia de sedimentos limo arcillosos, que liberan Fe y Mn.

El boro presenta concentraciones muy altas, de 42 a 61 ppm, y un promedio de 53 ppm. El Río Loa tiene un contenido más bajo (37 ppm). Su origen está relacionado con gases volcánicos ricos en ácido bórico o halogénidos. En el norte de Chile, las aguas ligadas a vertientes

hidrotermales y con volcanismo reciente presentan altos contenidos de boro, elemento perjudicial para las plantas en concentraciones superiores a 1 – 2 ppm.

El flúor presenta contenidos de entre 0,3 y 0,6 ppm. Los demás parámetros físicos químicos analizados presentan concentraciones inferiores al límite de detección para todas las muestras. Este es el caso de cadmio (<0,02 ppm), cobre (<0,05 ppm), cromo total (< 0,05 ppm), plomo (<0,05 ppm), zinc (<0,04 ppm) molibdeno (<0,04 ppm, excepto el Río San Salvador con 0,05 ppm), antimonio (< 0,5 ppm), mercurio (<0,001 ppm), selenio (<0,001 ppm), cianuro total (<0,1 ppm), compuesto fenólicos (0,002 ppm) y detergentes (<0,2 ppm). Cabe señalar que estos últimos parámetros enumerados, fueron exclusivamente analizados en nuestra agua proveniente de los pozos.

3.1.3.3. - Parámetros Bacteriológicos e Isotópicos

Los parámetros bacteriológicos fueron analizados para las muestras de agua provenientes de los pozos, fundamentalmente para tener un conocimiento completo de la muestra, aún cuando ya ha quedado claro que esta agua no es potable.

Tanto los coliformes fecales como totales presentan un recuento nulo en todas las muestras. Los heterótrofos tienen valores de entre 500 y 16.833, adjudicándose los pozos PPR – 1 y PPR – 2 los valores más altos, lo cual podría atribuirse a un cierto grado de contaminación bacteriana.

El análisis de los isótopos ^{18}O y deuterio (^2H), permite establecer la existencia de diferentes tipos de agua, debido fundamentalmente al tiempo de residencia de las aguas en la formación rocosa. Seis de las muestras analizadas presentan concentraciones de ^{18}O de - 8,2 a 8,7 %, siendo que el error analítico es de $\pm 0,5\%$; los contenidos en ^2H son de - 63 a - 67 %, con error analítico de $\pm 2\%$ (todos los valores están expresados con respecto al Standard Mean Ocean Water, SMOW). Sólo una muestra, aquella proveniente del pozo PPR – 2 posee valores situados fuera de estos rangos, - 7,8 %, para ^{18}O y - 59 %, para el ^2H .

Al graficar las 7 muestras en un gráfico ^{18}O - ^2H , en combinación con la "recta de agua meteórica", elaborada por GRAIG in DREVER (1982), se obtiene la superposición de 2 puntos sobre la recta. Los dos puntos representan por una parte la muestra del pozo PPR – 2 y por otra las muestras de los restantes pozos, de la Vertiente Ojo de Opache y Río San Salvador. Se concluye, por lo tanto, que todas las aguas muestreadas son de origen meteórico.

3.1.3.4.- Comentarios con Respecto a Aportes Subterráneos hacia Aguas Superficiales

Según estudios de ESPILDORA y otros (1973), la sección del Río Loa comprendida entre las estaciones de aforo fluviométrico, Yalquincha y Chintoraste (aproximadamente 4 km aguas arriba y 12 km aguas debajo de Calama, respectivamente), manifiesta una fuerte variación hidroquímica, descrita como "contaminación adicional". La conductividad eléctrica asciende de 4.000 a 5.700 mmhos, lo cual se traduce en valores aproximados para el TSD en 2.630 ppm y 3.750 ppm respectivamente; el boro sube 7 ppm al rango 9,7 – 20 ppm; el arsénico sube de 0,4 ppm a 1,3 – 4,7 ppm; el SAR sube de 9,8 a unos 14 y los contenidos en cloruros y sodio suben aproximadamente un 50%. Se ha concluido que esta brusca variación de la calidad del agua no se produce sólo por la concentración de las aguas de riego agrícola; sería más bien una prueba de la incorporación al flujo superficial, de aportes subterráneos provenientes de la alta

cordillera. Este fenómeno ocurriría en este sector por el estrechamiento notorio de las unidades permeables en el sector de Calama, con la presencia de la Sierra del Medio y la Sierra Limón Verde. Estas deducciones son, además, coherentes con la fuerte similitud entre las aguas de los pozos, Río Loa y las vertientes del sector.

3.1.3.5.- Acuíferos Kársticos

El acuífero superficial estudiado, se desarrolla preferentemente en calizas, que se caracteriza porque el agua subterránea circula entre grietas oquedades, geo-canales, cuevas y otras cavidades que se forman debido a la disolución y lixiviación de las calizas, dolomitas, yesos, anhidritas y sales (halitas y otros). Estas cavidades que incluso pueden ser microscópicas o de varios metros, pueden extenderse por varios centenares de metros, total o parcialmente llenas de agua con y sin interconexiones, a veces formando verdaderos "ríos subterráneos".

A diferencia del movimiento de las aguas subterráneas en las rocas fisuradas insolubles, las vías de circulación de las aguas Kársticas en las rocas solubles pueden ampliarse, por eso el movimiento de las aguas subterráneas transcurre más intensamente. Además, el régimen predominante de movimiento de las aguas kársticas en la zona de saturación completa, es laminar y solo en la zona de aireación y cerca de la frontera superior de la zona de saturación puede formarse un régimen turbulento de movimiento.

Las condiciones hidrogeológicas de las rocas kársticas y las rocas fisuradas se parecen en mucho, pero en condiciones de Karst (sobre toda en la zona superior), el movimiento de las aguas subterráneas transcurre más intensamente y el rendimiento de las corrientes de aguas kársticas suele ser mucho mayor. El caudal de algunas fuentes kársticas importantes constituye decenas de metros cúbicos por segundo, alcanzando, a veces, 150 m³/seg (por ejemplo, la fuente Vaucluse en Francia).

El régimen de las aguas kársticas se distingue por grandes fluctuaciones del caudal y de nivel, lo cual se haya totalmente condicionado por el carácter inestable de alimentación. El caudal de las fuentes varía bruscamente: sus valores máximos y mínimos difieren en decenas y centenares de veces. En algunas partes del planeta se registran fluctuaciones considerables de nivel de las aguas kársticas, sin embargo, la mineralización y temperatura de ellas, no experimentan tales fluctuaciones.

En los territorios constituidos por rocas kársticas carbonatadas se pierden los riachuelos e incluso se reduce el caudal de los grandes ríos (del tipo del Angará). Así pues, la relación de las aguas superficiales y subterráneas en las regiones donde están desarrolladas las rocas kársticas es no sólo muy íntima, sino que también suele ser muy compleja. Si por volumen de desagüe subterráneo se adopta el caudal total de todas las fuentes presentes en la región, es posible llegar a conclusiones incorrectas, ya que algunas fuentes aparecen en la superficie varias veces.

Al realizar investigaciones hidrogeológicas en regiones kársticas, se presta gran atención al estudio de la zonación hidrodinámica vertical de las aguas kársticas y al establecimiento de las regiones, de su extensión, alimentación y desagüe, así como a la anisotropía de filtración de las rocas kársticas.

En las regiones constituidas por potentes series de rocas kársticas, se destacan cuatro zonas hidrodinámicas verticales, que se distinguen una de otra por las condiciones de movimiento y el régimen de las aguas kársticas.

A.- Zona de aireación, en la que ocurre principalmente el movimiento descendente de las aguas de infiltración y aflujo. Su potencia es diferente en distintas regiones y depende del clima de la región kárstica, de las condiciones de infiltración y aflujo de las aguas atmosféricas, de la permeabilidad de las rocas, de la profundidad de los valles de denudación en la región y de otros factores.

En algunos lugares, en la zona de aireación yacen las llamadas aguas kársticas suspendidas (o colgadas) que se forman a consecuencia de la permeabilidad heterogénea de las propias rocas kársticas y la presencia en ellas de intercalaciones hidrófugas locales; calizas arcillosas o monolíticas, sectores colmatados y lentes. Las intercalaciones hidrófugas locales detienen la infiltración y el aflujo, lo cual precisamente conduce a la formación de corrientes kársticas suspendidas que actúan estacionalmente o durante todo el año.

B.- Zona de fluctuación estacional de las aguas kársticas, la cual en los períodos de intensa alimentación y ascenso del nivel se fusiona con la zona inferior, y en los períodos de merma se une con la zona que se mueve horizontalmente y cuando permanece bajo, verticalmente.

El espesor de la zona de fluctuación estacional del nivel de las aguas kársticas varía no sólo en distintas regiones, sino también dentro de los límites de cada una de ellas. Dichas variaciones están determinadas por: 1) la cantidad irregular de precipitación atmosférica que recibe durante el año la zona de aireación; 2) la distinta deformación kárstica de las rocas y su permeabilidad diferente; 3) las fluctuaciones del nivel del río con el que se halla relacionada la zona; y 4) la presencia, en la zona aireación, de aguas suspendidas que detienen las aguas de infiltración y asimismo reducen la amplitud de las fluctuaciones del nivel de las aguas kársticas de la zona de saturación.

C.- Zona de saturación completa, la cual yace en la esfera de influencia drenadora de la red hidrográfica local que atraviesa el macizo de rocas Kársticas. El agua en la zona se mueve hacia el valle fluvial. El hecho de que esta zona permanece bajo el horizonte de aguas superficiales, radica en que se mueve de abajo hacia arriba.

La zona de saturación completa contiene las principales reservas de aguas Kársticas. La profundidad de yacimiento de su frontera inferior depende de muchos factores naturales, pero los principales de ellos son: 1) la profundidad del valle de denudación (cuando más profundo sea ese valle tanto más potente será la zona de saturación); 2) la anchura del valle fluvial (cuando más ancho sea éste, tanto mayor profundidad alcanzará la frontera inferior de la zona de saturación); 3) la permeabilidad de las rocas (la capas poco permeable o impermeables pueden ser frontera inferior de la zona de saturación); 4) la diferencia de los niveles de agua en el río y en la divisoria de aguas del macizo cárstico (cuando más grande sea esa diferencia, tanto mayor será la potencia de la zona de saturación); y 5) la variación de la fisuración y deformación cárstica de las rocas con la profundidad (cuando más profundamente se manifieste la fisuración y deformación cárstica de las rocas, tanto más potente será la zona de saturación).

D.- Zona de circulación profunda, donde el movimiento del agua ocurre fuera de la influencia drenadora directa de la red hidrográfica local. La dirección de las aguas subterráneas aquí está determinada principalmente por las particularidades de la estructura tectónica y la posición de las regiones de descarga, que pueden permanecer más arriba o más abajo del nivel del mar.

En la descarga de las aguas de esta zona desempeñan un papel muy importante las grietas tectónicas profundas y dislocaciones de rotura. Las aguas subterráneas se mueven lentamente hacia las depresiones tectónicas o hacia los valles de denudación aún más profundos, que se encuentran fuera de los límites del macizo kárstico.

Las velocidades de movimiento se miden en centímetros al año y tanto el intercambio de agua como el proceso kárstico transcurren muy lentamente.

La referida característica de movimiento de las aguas subterráneas en las regiones kársticas es general. En condiciones naturales a menudo se observan desviaciones de la regularidad general.

En el plano horizontal del territorio karstico se destacan tres regiones: 1) la región de difusión de las aguas Karsticas, que puede coincidir (carst oculto) con el área de desarrollo de las rocas kársticas; 2) la región de alimentación de las aguas kársticas, que corresponde al área de infiltración y aflujo de las precipitaciones atmosféricas; y 3) la región de descarga de las aguas kársticas, que puede permanecer más arriba y mas abajo del nivel del mar, es decir, puede ser sub-aérea y submarina.

La composición química y la mineralización de las aguas kárstica están determinadas por la composición de las rocas kársticas, la zonación hidrodinámica de la corteza terrestre y los procesos químicos, bioquímicos y otros.

Las aguas kársticas de las calizas, dolomitas y mármoles de la zona de intenso intercambio de agua suelen obstaculizado son aguas mineralizadas, sulfáticas y cloruradas; y las de la zona de intercambio de agua muy obstaculizado son por lo general, aguas saladas altamente mineralizadas, y también salmueras de composición clorurada. Las aguas kársticas de los yesos y las anhidritas de la zona de intenso intercambio de agua son sulfáticas, y en la zona de intercambio de agua obstaculizado y muy obstaculizado son aguas cloruradas, frecuentemente del tipo de salmuera.

Las aguas kársticas de las sales, en las tres zonas, son saladas de composición cloruradas.

3.1.4. - Acuífero Profundo

El acuífero profundo que sub-yace bajo Planta Río Loa y que no tiene riesgos con los efluentes del proceso de elaboración de explosivos de Enaex, se ubica bajo una capa de arcilla altamente impermeable y de 50 m de espesor mínimo (valor medio = 150 m). Considerando que el acuífero superior (desarrollado en calizas) se desarrolla sobre la capa de arcilla y hasta una profundidad promedio de 65 m, se puede señalar que el acuífero mas profundo, de todas maneras se ubica bajo los 100 m desde terreno natural.

Por otra parte, la roca basal bajo todo el Valle de Calama y que conecte (por ejemplo) Sierra de Moctezuma y Cerro la Cruz, se ubica bajo los 300 m, desde la cota promedio del valle; en

razón de lo anterior, el acuífero mas profundo (desarrollado en gravas) alcanzan un espesor mínimo de 200 m, mucho mayor que el acuífero superficial.

Este acuífero ha sido explorado por Cía Minera Lomas Bayas y el pozo CMG – 1 (H = 300 m) cuenta con derechos consuntivos por 31 l/seg, está ubicado unos 2 km al NW de planta Río Loa y unos 500 m al NE del cauce Río Loa en el sector Dupont.

Puesto que este acuífero profundo no se relaciona con los efluentes de Planta Río Loa, a continuación sólo se hace una descripción muy general de éste.

3.1.4.1. - Clasificación y Coeficiente Elásticos del Acuífero Profundo

Conforme se ha señalado precedentemente y debido básicamente a la existencia de una capa de arcilla con espesor mínimo de 50 m sobre el acuífero profundo, este último puede clasificarse con toda seguridad, como "confinado".

Las propiedades o coeficientes elásticos para este acuífero profundo y confinado, determinados durante las pruebas de bombeo en el pozo CMG – 1, son los siguientes :

- Coeficiente de Almacenamiento (S) = $1 \times 10^{-5} = 0,00001$
- Coeficiente de transmisibilidad (T) = 80 m² /día

3.1.4.2.- Calidad Físico Química del Agua en el Acuífero Profundo

El origen de la napa es Salino (Cloruro – Sódicos) al igual que el Río Loa, pero con bajo contenido de Arsénico en el acuífero, a diferencia del río, lo cual permite concluir que entre acuífero profundo y Río Loa, no existe conexión geo- hidráulica; misma conclusión de desconexión pueda extrapolarse a los acuíferos analizados, esto es: el acuífero superficial y el más profundo (separado por una fuerte capa de arcilla)no están hidráulicamente conectados.

3.2.- Clasificación y Coeficiente Elásticos del Acuífero en Evaluación

Los puntos se descargan de riles en Planta Río Loa de Enaex se podrían relacionar con el acuífero superficial del sector cuyo nivel freático esta entre los 16 m bajo terreno natural y se desarrolla en calizas.

Este acuífero superficial se clasifica como "No Confinado", también conocido como acuífero libre o freático, el cual puede caracterizarse con los siguientes parámetros elásticos promedio :

- S = $1 \times 10^{-3} = 0,001$
- T = 2.000 m²/día

3.3.- Método para evaluar Vulnerabilidad de Acuíferos

3.3.1.- Criterios de selección

Para seleccionar el método teórico que evaluará la vulnerabilidad de un acuífero, se debe considerar lo siguiente :

- Información Disponible : Actualmente el órgano Estatal Chileno a cargo de los recursos hídricos continentales, superficiales o subterráneos, Dirección General de Aguas (DGA) no cuenta con un catastro procesado y concluidos de calidad de las aguas en la cuenca del Río Loa, no ha identificado acuíferos vulnerables, como le obliga el Art.4 del Decreto 46/2002 y recién está concluyendo un estudio de calidad de las aguas del Río Loa y sus afluentes; la información expuesta en este informe, respecto del acuífero superficial de Calama, fue preparada por un particular (Minera Leonor) faltando conocer otros sectores del acuífero para cruzar información. Para este informe entonces, se concluye que la información disponible es moderadamente útil, pues carece de medios de contraste para verificar su autenticidad o exactitud, si se quiere así.
- Alcance de la Evaluación : Planta Río Loa de Enaex cubre menos del 1 % de la superficie del acuífero sobre el que se ubica, razón por la que esta evaluación de vulnerabilidad se corresponde con un análisis bastante focalizado o localizado.
- Validación de Resultados: Los resultados de vulnerabilidad de un acuífero deben validarse conociendo la situación previa y actual de calidad, pero en este caso solo existen datos para validar la vulnerabilidad intrínseca de la napa.

Cada uno de los tópicos anteriores, mas el criterio del especialista, permitirán concluir acerca de que método conviene más utilizar.

3.3.2.- Métodos para Evaluar Vulnerabilidad de Acuíferos

3.3.2.1.- Introducción

Desde que Margat (1968) introdujera el término "vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación", se han sucedido numerosas definiciones, calificaciones y metodologías sobre el mismo, en muchos casos orientados a su representación cartográfica.

Hasta la fecha, sin embargo, no se ha logrado consenso sobre el alcance del término y en este sentido, existen dos grandes corrientes.

Una corriente o tendencia está representada por aquellas investigaciones que consideran a la vulnerabilidad como una propiedad referida exclusivamente al medio (tipo de acuífero y cobertura, permeabilidad, profundidad, recarga, etc.) sin tener en cuenta la incidencia de las sustancias contaminantes (vulnerabilidad intrínseca) y en la otra tendencia, se agrupan los que si le otorgan, además del comportamiento del medio, trascendencia al tipo y carga de contaminante (vulnerabilidad específica).

También existen divergencias respecto a la utilidad de las representaciones cartográficas y si la vulnerabilidad debe mantenerse en un marco cualitativo o pasar a otro cuantitativo.

A continuación se hace una breve referencia a las definiciones, a los componentes y a los métodos mas difundidos para caracterizar a la vulnerabilidad del agua subterránea respecto de la contaminación o agentes contaminantes, incluyéndose métodos para acuíferos libres y para semi-confinados.

3.3.2.2.- Definiciones

Vrba y Zaporozec (1994) definen a la vulnerabilidad como "una propiedad intrínseca del sistema de una agua subterránea que depende de la sensibilidad del mismo a los impactos humanos y/o naturales". De la definición se desprende que los autores incluyen en la misma tanto al sistema subterráneo como los contaminantes y dentro de éstos, a los artificiales y a los naturales.

Foster e Hirata (1991) dicen que la "vulnerabilidad del acuífero a la contaminación, representa su sensibilidad para ser adversamente afectado por una carga contaminante impuesta". En este caso al citar a una carga contaminante impuesta, los autores parecen referirse solamente a una contaminación de origen artificial.

Custodio (1995) señala "la vulnerabilidad a la polución expresa la incapacidad del sistema para absorber las alteraciones, tanto naturales como artificiales". Vuelven a aparecer aquí procesos naturales y/o artificiales, como potenciales generadores de la alteración.

Carbonell (1993) define la vulnerabilidad a la contaminación, como la tendencia de los contaminantes a localizarse en el sistema de agua subterránea, luego de ser introducidos por encima del acuífero más somero. En este caso el autor considera solamente la acción de los contaminantes.

EPA (1991) hace referencia a la vulnerabilidad subterránea respecto a un plaguicida, como la facilidad con que un contaminante aplicado en la superficie, puede alcanzar al acuífero en función de las prácticas agrícolas empleadas, la características del plaguicida y la susceptibilidad hidrogeológica. Esta definición incorpora, además de las condiciones del medio, las propiedades del contaminante y las prácticas de cultivo (vulnerabilidad específica).

Otro concepto íntimamente asociado a la vulnerabilidad es el riesgo a la contaminación, aunque este también genera diferencias en su definición, utilidad y técnicas para el mapeo.

En las aguas subterráneas, el riesgo de contaminación esta compuesto por dos partes :

- La pasiva, representada por la vulnerabilidad, que no depende de la actividad humana y no cambia perceptiblemente en el tiempo y
- La amenaza, relacionada con la vida humana en la superficie o sub superficie

Algunos autores (Foster, 1987) definen al riesgo como el peligro de deterioro en la calidad de un acuífero, por la existencia real o potencial de sustancias contaminantes en su entorno. Otros (Vrba y Zaporozec, 1994) lo asimilan a la vulnerabilidad específica, que se refiere al peligro de contaminación del agua subterránea respecto a un contaminante de características y comportamientos similares (nitratos, hidrocarburos livianos o pesados, plaguicidas, materias orgánicas, fenoles, metales, etc.)

En nuestro caso la vulnerabilidad intrínseca tiene mayor utilidad en los trabajos de planificación de uso del territorio y del agua, particularmente en el que respecta a la presentación de la calidad del recurso, en los sitios donde no esta afectado, ni se realizan prácticas como

fertilización, aplicación de plaguicidas, riego, cría y concentración de ganado, ni actividad doméstica, urbanas, o industriales, que por su intensidad pudieren afectarlo.

La vulnerabilidad específica incluye parcialmente el concepto de riesgo, toda vez que se refiere al peligro del deterioro en relación con sustancias contaminantes específicas.

Con el objeto de clarificar, se cita un ejemplo sencillo :

- a) Un depósito con puerta sin llave ni candado, ubicado en la zona rural, es muy vulnerable debido al fácil acceso; sin embargo el riesgo de hurto o robo es bajo, porque en la región no hay vándalos.
- b) Otro depósito, ubicado en la zona urbana y provisto de fuerte cerraduras, candados y ventanas enrejadas, es poco vulnerable pero de alto riesgo, debido a la presencia de delincuentes en a región.

En este informe y conforme lo señala el Decreto 46/2002 (Art.4) la vulnerabilidad específica de un acuífero dice relación con la velocidad con la que un contaminante puede migrar hasta la zona saturada del acuífero clasificándose como alta, media y/o baja, en términos tales que – en general – se tendrá que a mayor rapidez mayor vulnerabilidad.

3.3.2.3.- Métodos para la Evaluación de Vulnerabilidad

Se exponen las metodologías más empleadas actualmente para la evaluación, cualificación y el mapeo de la vulnerabilidad de un acuífero.

A.- DRASTIC.

Fue desarrollado por Aller et al (1987) para EPA, con el objeto de evaluar la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos. Es un método de uso muy difundido, tanto para la cualificación (evaluación cualitativa) como para el mapeo y se basa en la asignación de índices que van de 1 a 10, de acuerdo a las características y el comportamiento de las variables consideradas en el acrónimo DRASTIC :

- D (depth – profundidad del agua freática)
- R (recharge – recarga neta)
- A (aquifer – litología del acuífero)
- S (soil – tipo de suelo)
- T (topography - topografía)
- I (impact – litología de la sección subsaturada)
- C (hydraulic conductivity – conductividad hidráulica del acuífero).

El índice 1 indica la mínima vulnerabilidad y el 10 la máxima

Además, a cada variable se le asigna una ponderación, de acuerdo a la influencia respecto a la vulnerabilidad. Para el peso ponderado se emplean índices entre 1 y 5, adoptando los autores el mayor (5) para la profundidad del agua (D) y litología de la sección subsaturada (I) y el menor (1) para la topografía (T).

Ambos índices se multiplican y luego se suman los 7 resultados, para obtener un valor final o índice de vulnerabilidad, cuyos extremos son 23 (mínima) y 230 (máxima), aunque en la práctica el índice generalmente varía entre 50 y 200.

- DRASTIC también considera la incidencia de las actividades agrícolas, en particular de los pesticidas.
- Tanto este como el resto de los métodos que aquí se mencionan, califican a la vulnerabilidad en forma cualitativa y su mayor utilidad es que permiten realizar comparaciones relativas dentro de una misma región, o entre regiones distintas.

B.- SINTACS.

Es una derivación del DRASTIC, desarrollado por Civita et al (1990) para adecuarlo a las diversas características hidrogeológicas de Italia y al requerimiento de un mapeo de mayor detalle. El acrónimo SINTACS significa letra por letra, lo siguiente :

S (soggiacenza – profundidad del agua)
I (infiltrazione – infiltración)
N (nom saturo – sección saturada – zona no saturada)
T (tipología della copertura – tipo de suelo)
A (acuífero – características hidrogeológicas del acuífero)
C (conducibilita – conductividad hidráulica)
S (superficie topográfica – pendiente topográfica)

Este método presenta una estructura compleja, tanto para la entrada de datos como para la salida, por lo que su operación se realiza mediante un programa computacional preparado especialmente para el mismo. A las variables mencionadas, que influyen en la vulnerabilidad intrínseca, se les puede añadir la incidencia del agua superficial y el uso de la tierra.

C.- GOD

Este método propuesto por Foster (1987), se basa en la asignación de índices entre 0 y 1 a 3 variables que son las que nominan el acrónimo:

G (ground water occurrence – tipo de acuífero)
O (overall aquifer class – litología de la cobertura)
D (depth – profundidad del agua o del acuífero)

Otros métodos similares a los descriptos, pero menos conocidos y utilizados, son los desarrollados por Fenge (1976), Zaporozec (1985), Marcolongo y Pretto (1987), Sotornikova y Vrba (1987), Villumsen et al (1983).

D.- EPIK.

Es un método paramétrico desarrollado por Doerfliger y Zwahlen (1997) para acuíferos kársticos. El acrónimo EPIK significa desglosadamente lo siguiente :

- E (Epikarst)
- P (Protective cover)
- I (Infiltration conditions)
- K (Karst network development)

El Epikarst es una zona de intensa karstificación y elevada permeabilidad, cercana a la superficie (Tripet et al, 1997), al que se asignan 3 valores:

- E1= corresponde a la red kárstica típica (dolomita, depresiones, cavidades, grutas, etc.)
- E2= cuando hay superficies de debilidad en la zona matricial que generan alineamientos (valles secos, alineación de dolinas, etc.)
- E3= ausencia de morfología epikárstica.

El Protective cover está formado por el suelo y otros materiales de cobertura como depósito glaciales, loess, limos aluviales, derrubios de falda, etc. A este parámetro se le asignan 4 valores (de P1 a P4), en función del espesor de la cobertura.

El parámetro Infiltration (infiltración) es el de más complicada estimación.

- a) I1 se aplica a regiones con vías accesibles para la infiltración directa.
- b) I2 e I3 se emplean para zonas con pendientes topográficas entre 0 y 25%.

Contrariamente a otros métodos paramétricos, en éste la vulnerabilidad aumenta con el incremento de la pendiente, que favorece la concentración de la escorrentía en los sitios más karstificados.

Al parámetro Karst network (red kárstica) se le asigna 3 valores:

- K1= para una red karstica bien desarrollada.
- K2= para zonas pobremente karstificadas.
- K3= para acuíferos kársticos con descarga en medios porosos, o que presentan fisuración, pero subordinada.

El método incluye 4 factores de ponderación (α β γ δ), aplicables a cada parámetro (EPIK), para valorar su peso relativo en el cálculo del índice de vulnerabilidad intrínseca. Este índice de vulnerabilidad, denominado también factor de protección es:

$$V_i = (\alpha \cdot E_i) + (\beta \cdot P_i) + (\gamma \cdot I_i) + (\delta \cdot K_i)$$

Donde:

- V_i = índice de vulnerabilidad en el área i
- E_i, P_i, I_i, K_i = valores relativos de los parámetros E, P, I, K
- $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ = factores de ponderación correspondiente a los parámetros EPIK.

Los valores relativos para los parámetros E, P, I y K son :

E1	E2	E3	P1	P2	P3	P4	I1	I2	I3	I4	K1	K2	K3
1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3

A diferencia de la mayoría de los otros métodos, el EPIK brinda vulnerabilidad creciente a medida que disminuyen los valores relativos de los parámetros considerados. Lo anterior, porque el método apunta a definir el factor de protección para el agua subterránea, más que la vulnerabilidad.

Para los factores de ponderación Doerfliger y Zawahlem (1977) proponen:

$$\alpha = 3 \quad \beta = 1 \quad \gamma = 3 \quad \delta = 2$$

Considerando los valores relativos y los factores de ponderación, surge que el índice de vulnerabilidad o factor de protección de un acuífero en medio kárstico puede variar entre extremos de 9 (más vulnerables) y 34 (menos vulnerable). Los mismos autores recomiendan emplear las siguientes categorías:

- Vulnerabilidad alta (9 – 19)
- Vulnerabilidad media (20 – 25)
- Vulnerabilidad baja (26 – 34)
- Vulnerabilidad muy baja cuando exista una cobertura de suelo detrítico, de por lo menos 8 m de espesor, con baja conductividad hidráulica.

E.- Ekv

Auge (1995), considera que la vulnerabilidad "es un concepto cualitativo, que en la generalidad se refiere al grado de protección natural de un acuífero frente a la contaminación. Por ello también se la conoce como protección o defensa natural".

En relación a los acuíferos libres desarrolla una clasificación basada en la profundidad de la superficie freática (E) y la permeabilidad vertical de la zona subsaturada (Kv), parámetro que también considera el método AVI (Acuifer Vulnerability Index).

A ambas les asigna índices que van de 1 (menos vulnerables) a 5 (más vulnerable), finalizando en el diagrama de la tabla 3 donde Kv es la permeabilidad vertical y E el espesor de la sección subsaturada. Ambos valores se suman brindando un índice final, con extremos de 2 y 10. Para índices de E + Kv entre 2 y 4 la vulnerabilidad es baja, entre 5 y 7 media y de 8 a 10 alta

TABLA
Valor del índice según el espesor de la zona subsaturada

	ESPESOR DE LA ZONA SUBSATURADA (E)				
m	> 30	> 10 a 30	> 5 a 10	> 2 a 5	< 2
índice	1	2	3	4	5

TABLA

Valor índice según la permeabilidad vertical

PERMEABILIDAD VERTICAL DE LA ZONA SUBSATURADA (Kv.)					
m/día	$< 1 \cdot 10^{-3}$	$> 1 \cdot 10^{-3}$ a 0,01	$> 0,01$ a 1	$> 0,1$ a 50	> 50 a 500
índice	1	2	3	4	5

Vulnerabilidad	Muy baja	baja	media	alta	Muy alta
----------------	----------	------	-------	------	----------

- 5: con permeabilidades verticales (Kv) de 50 a 500 m/día, esta representado por arena mediana y gruesa, grava arenosa y grava.
- 4: Kv. de 1 a 50 m/d, por arena muy fina a limosa, arena fina y arena mediana gruesa.
- 3: Kv. de 0,01 a 1 m/d, por limo y limo arenoso
- 2: Kv. de 0,001 a 0,01 m/d, por limo y limo arcilloso.
- 1: Kv < de 0,001 m/d, por acilla y arcilla limosa

TABLA
Diagrama de vulnerabilidad – acuíferos libres

1	6	5	4	3	2
2	7	6	5	4	3
3	8	7	6	5	4
4	9	8	7	6	5
5	10	9	8	7	6
Kv	5	4	3	2	1

E

Es muy poco lo que se ha hecho respecto a la vulnerabilidad de acuíferos parcialmente confinados o semiconfinados.

F.- AhT' (Relación de potenciales hidráulico)

Apto para establecer la vulnerabilidad de acuíferos confinados, bajo otro superior y que en consecuencia está controlado por las propiedades físicas y geométricas del acuífero que conforma su techo (permeabilidad vertical, porosidad, espesor y continuidad) y también por la diferencia de potencial hidráulico que guarda con el acuífero libre sobrepuesto. Esta diferencia, que bajo condiciones de no alteración generalmente es pequeña (algunos dm a pocos m), se amplifica durante la explotación, donde puede alcanzar decenas y aún centenas de metros.

La permeabilidad vertical del acuitardo (K') y su transmisividad vertical ($T' = K'/e'$) no son de fácil determinación. Una forma es mediante ensayos hidráulicos, pero estos pueden brindar valores bastante mas altos que los reales, particularmente cuando las perforaciones ensayadas

carecen de un buen aislamiento entre el acuífero libre y semiconfinado. Más representativo es comparar la freaticimetría con la piezometría de la misma zona y obtener un mapa residual, con las diferencias de potencial hidráulico entre el freático y el acuífero semiconfinado y a partir de este último, conociendo el flujo por el acuífero parcialmente confinado, estimar el valor de T' (Augue, 1986). Magnitudes de T' entre 10^{-3} y 10^{-6} día⁻¹, significa que por cada metro de diferencia de potencial hidráulico entre el acuífero parcialmente confinado y el freático, pasarán por una superficie de 1 m² del sellante, 5×10^{-4} m³ (0,5 litros), al cabo de 1 día. Esta magnitud que parece despreciable, deja de serlo cuando el ámbito involucrado en el pasaje, adquiere dimensiones naturales (cientos de miles de km²).

Los potenciales hidráulicos relativos de las unidades hidrogeológicas involucradas resultan fundamentales, pues condicionan el flujo vertical. Si los niveles son parecidos el flujo vertical a través del acuitardo estará limitado, pero la dinámica vertical se acentúa notoriamente en condiciones de alteración artificial o la presencia y explotación de pozos.

G.- Flujo a través del acuitardo por variación de la transmisividad vertical.-

Considerando ambas variables (potenciales hidráulicos y transmisividades verticales) se pueden establecer 3 grados de vulnerabilidad (alta, media y baja), determinados primariamente por el gradiente vertical de potenciales hidráulicos y secundariamente por la T' .

Resulta importante señalar que los potenciales hidráulicos pueden variar, tanto por causas naturales (periodos de exceso o déficit) como artificiales (extracción) y que ello pueden modificar el sentido del flujo vertical. Por lo tanto deben seguirse periódicamente (monitoreo) la evolución espacial y temporal de los mismos.

TABLA
Vulnerabilidad de un acuífero semiconfinado en
Relación al potencial hidráulico respecto al del libre asociado

$H_2 > H_1$	Vulnerabilidad baja
$H_2 = H_1$	Vulnerabilidad media
$H_2 < H_1$	Vulnerabilidad alta

A esto se le puede adicionar la resistencia hidráulica que ofrece el sellante al pasaje vertical, utilizando la siguiente tabla.

TABLA
Vulnerabilidad de un acuífero semiconfinado en relación a
Transmisividad vertical del acuitardo sobrepuesto

$T' < 10^{-5}$ 1/día	Vulnerabilidad baja
$10^{-5} < T' < 10^{-3}$ 1/día	Vulnerabilidad media
$T' > 10^{-3}$ 1/día	Vulnerabilidad alta

3.3.3.- Vulnerabilidad del Acuífero Superficial Bajo Planta Río Loa de Enaex S.A.

Se evalúan los métodos más apropiados a este caso :

A.- DRASTIC

- Factores de profundidad (D) con NF = 16 m, implica $D_r = 3$, mientras $D_w = 5$, tanto para el caso pesticida como no pesticida.
- Factores de Recarga Neta (R) con pluviometría inferior a 50 mm por evento, se tiene $R_r = 1$ y $R_w = 4$ casos con o sin pesticida.
- Acuífero en calizas Karsticas (A) implica $A_r = 10$ y valores $A_w = 3$ para casos de pesticidas y no pesticidas.
- Acuíferos con calizas con limos (S) implica $S_r = 4$ y factores de $S_w = 5$ casos pesticidas y $S_w = 2$ para no pesticidas.
- Topografía del lugar (T) con pendiente media inferior al 2% implica $T_r = 10$ y $T_w = 1$ caso no pesticida y $T_w = 3$ pesticidas
- Factor de la zona no saturada (I), conformada aquí por caliza Karstica, luego $I_r = 10$ y con $I_w = 4$ pesticida o $I_w = 5$ en el caso de no pesticida.
- La conductividad hidráulica del acuífero (C) con promedio máximo de 4×10^{-4} (cm/seg) implica $C_r = 6$, acompañado de $C_w = 2$ caso pesticida y $C_w = 3$ no pesticida.

Evaluando la ecuación de contaminación potencial (CP) dada por :

$$CP = D_r D_w + R_r R_w + A_r A_w + S_r S_w + T_r T_w + I_r I_w + C_r C_w$$

CP = 123 para el caso de no pesticida (rango 101 – 135) y

CP = 151 para el caso pesticida (rango 121 – 160)

En consecuencia, para ambos casos se tiene vulnerabilidad "media" del acuífero.

B.- GOD

- Condiciones de confinamiento del acuífero (G) = 0,9 pues se trata de un reservorio de aguas subterráneas calizoso no confinado.
- Litología y consolidación del subsuelo (o) = 0,95 pues se trata de limos aluvionales (Formación del Río Loa) inmersos en una matriz de calizas blandas, duras y caliche.
- Ubicación de NF (D) = 0,7 pues la napa a 16 m esta en el rango entre 5 y 20 de hondura.

Luego el índice de vulnerabilidad (IV) = $6 * 0 * D$, resultando $IV = 0,5985 \approx 0,6$ ubicable en el rango 0,5 a 0,7 asociado con una vulnerabilidad "alta".

C.- EPIK

Considerando que se trata de un método válido en acuíferos kársticos, resulta también apropiado al acuífero calameño (superficial), ubicado bajo Planta Río Loa. En este caso si, debe observarse que se evalúa con esta metodología la vulnerabilidad intrínseca (vi).

Para el caso del acuífero bajo Planta Río Loa, los parámetros o coeficientes del método, tendrían las siguientes asignaciones o valores :

I = considerando que el terreno del sector en estudio tiene una pendiente comprendida en el rango 0 a 25 %, se adopta $I = 2$.

K = tratándose de un acuífero con fracturación, manifestada – por ejemplo – en Vertiente Ojos de Opache, este coeficiente se asume $K = 3$.

E = Este lugar de la Comuna de Calama corresponde evidentemente a un valle seco porque está fuera (aguas abajo) del territorio agrícola de Calama y puede asumirse $E = 2$.

P = siendo este factor dependiente de la posición del NF y estando esta variable sujeta (a futuro) a descensos por explotación del pozo CMG-1, se prefiere sensibilizar el análisis en torno a esta variable, evaluando la ecuación de V_i para sus valores extremos, con lo cual se tiene :

$P = 1$ implica $V_i = 19$ y $P = 4$ implica $V_i = 22$, con lo cual es posible y racional trabajar con un valor promedio y en consecuencia $v_i = 20$, asociado a una vulnerabilidad media.

D.- Ekv

Ya que Planta Río Loa se ubica sobre un acuífero libre, este método es adecuado, aún cuando la metodología depende de la profundidad del NF (factor E) y de la permeabilidad vertical (factor K_v).

De los antecedentes expuestos anteriormente, en especial respecto del pozo CMG-1, puede decirse que $NF = 16$ m, factible de ubicar en el rango 10 a 30 m y luego $E = 2$.

Para determinar el factor de permeabilidad vertical (k_v) se realizaron pruebas de campo, similares a las que exige el Servicio Nacional de Salud para determinar el índice de adsorción de terrenos y a partir de ellos, se obtuvo una permeabilidad vertical media y representativa de Planta Río Loa, de 10 m/día asociable con un factor $K_v = 4$.

En consecuencia el factor $E + K_v = 6$ que se corresponde con una vulnerabilidad media, para este acuífero.

CAPITULO IV : CONCLUSIONES

4.1. – Ubicación Relativa del Acuífero en la Cuenca

El acuífero que sub-yace bajo Planta Río Loa, corresponde al Acuífero Superficial del Valle de Calama y está hidrogeológicamente ubicado aguas debajo de otros sectores anteriores que podrían provocar o han provocado contaminaciones en esta reservorio de aguas subterráneas (que da origen entre otras, a Vertiente Ojos de Opache), por diversas causas o accidentes. Al respecto, debe destacarse entre estos sectores, a los denominados Salar de Talabre y Rudolph Brinkerkoiff (frente a Angostura), donde se acumula y acumularán, respectivamente, grandes cantidades o volúmenes de efluentes o relaves, posiblemente clasificables como riles. Más cerca, también debe ponerse atención al sector donde opera el actual relleno sanitario o vertedero municipal de la ciudad, pues ahí también podrían provocarse percolaciones profundas de líquidos indeseables para esta napa.

Igualmente esta acuífero de Planta Río Loa, está ubicado debajo de sectores de explotación de aguas subterránea (pozos de Leonor y Lomas Bayas) y al mismo tiempo, lamentablemente, lejos de sectores de recargas subterráneas.

4.2.- Profundidad del Acuífero y Monitoreo

La zona no saturada del acuífero existente bajo Planta Río Loa, estimada en un promedio no inferior a los 15 metros, ha permitido disipar efectos nocivos en las descargas de efluentes, gracias a su composición calcárea y estratificación casi horizontal, pues ofrece una resistencia física (permeabilidad) al escurrimiento vertical y además impone una resistencia química, pues la cal o caliza actúa neutralizando en forma natural, posibles percolaciones de fluidos (no riles) contaminantes en dirección a la napa.

Sin perjuicio de lo anterior, a modo de monitorear el movimiento y vulnerabilidad de la napa que está bajo Planta Río Loa, Enaex S.A.debería evaluar la posibilidad de perforar un pozo en el cual se pueda medir, bajo un Plan de Monitoreo directamente relacionado con sus procesos y la emisión de efluentes, la posición y variación del NF (por ejemplo previniendo efectos producto de la explotación del pozo CMG-1) y en el cual cada cierto tiempo, además, se pueda verificar la calidad físico – química de estas aguas. Este pozo de monitoreo debería ubicarse en el sector de menor cota superficial de los predios de Enaex, aguas abajo de todos los puntos de descarga actuales y futuros de efluentes, y sin descartar o renunciar a la posibilidad de constituir derechos de aprovechamiento de aguas en éste, por ejemplo acogiéndose a uso doméstico privado (lavado de baños, control de emisiones, riego de áreas verdes, etc.) que por estar en sus tierras, le correspondería por el sólo Ministerio de la Ley (no se solicitarían a la Dirección General de Aguas).

4.3.- Magnitud de las Descargas de Enaex

Tratándose de 13 puntos de descarga que en total implica un caudal inferior a 4 l/seg en forma discontinua y en la mayoría de ellos bajo medio l/seg (también eventuales, no siempre), puede señalarse que en términos medios las descargas se ubican bajo los 30 m³/día, con lo cual a su vez se puede decir que las descargas son bajas, por ejemplo en comparación con el riego del valle de Calama (78,6 m³/Ha/día, más del doble), este último aplicado a una superficie mucho mayor y no en puntos específicos.

4.4.- Vulnerabilidad Intrínseca de la Napa

De acuerdo con el Art.4 N°14 del Decreto 46-2002, corresponde a la Dirección General de Aguas determinar la vulnerabilidad de un acuífero, a partir de la determinación del contenido natural de determinados elementos ubicados en la zona saturada de ese cuerpo de aguas subterráneas (N° 5 del mismo Art.4). Sin embargo a esta fecha (Mayo 2004) el Organismo Estatal aludido no ha realizado ni lo uno ni lo otro, de manera que incumpliendo la autoridad esta normativa, en opinión de este consultor, al menos dicha Institución no está en condiciones ni cuenta con pié jurídico, para exigir el cumplimiento de tales o cuales normativas a los usuarios, en este caso a las empresas catalogadas como fuentes emisoras, según el Decreto 46-2002. Además y como si fuese poco, consecuencia de lo anterior, tampoco hoy existe un método o metodología oficial específica que los usuarios deban respetar o seguir, para evaluar la vulnerabilidad intrínseca de un acuífero continental en Chile.

Sin perjuicio de lo señalado y conforme las metodologías actualmente en práctica y los cálculos realizados, la vulnerabilidad intrínseca del acuífero que sub-yace bajo Planta Río Loa se clasifica como media, aún cuando su estado actual pudo ser deteriorado por terceros ubicados aguas arriba, tiempo atrás, como se indicó en el cuerpo principal de este informe, sin necesariamente tener responsabilidad exclusiva Enaex S.A..

4.5.- Consecuencias según Decreto 46-2002

Interpretando el fondo del Art.13 del Decreto aludido, Planta Río Loa de Enaex S.A., como fuente emisora de efluentes hacia un acuífero de vulnerabilidad media, cuenta con plazo de 3 años, desde el día 8 de Marzo del año 2002, para procurar cumplir con las tolerancias o límites máximos permitidos para sus descargas, según la Tabla N° 1 identificada en el Art.10 del citado cuerpo legal.

Lo anterior, sin perjuicio de que finalmente los efluentes de Planta Río Loa, sean catalogados como efluentes no riles y entonces, su sometimiento a esta normativa, sería voluntario.

4.6.- Aprovechamiento de Efluentes o Riles

Actualmente existen procesos mineros que gustan de utilizar las aguas libres (previa evaporación) que resulten de cosechar este tipo de efluentes de procesos, razón por la que podría ser atractivo a Planta Río Loa, en un futuro no muy lejano, asociar un valor agregado a estas descargas de sus procesos, vendiéndolas a terceros, previo tratamiento.

En efecto, la cosecha que generalmente se proyecta para este tipo de situaciones, se logra gracias a un sistema de circulación gravitacional al interior de piscinas de tierras recubiertas interiormente con geomembranas impermeables que eviten infiltración al suelo o aseguren sólo evaporación de líquidos, donde se provoque mediante circulación interna a baja velocidad del flujo, tanto la cosecha como la evaporación. Los resultados del procesos, en un caso (cosecha) se acumulan en un estanque acumulador y los líquidos para procesos de terceros, se transportan a distintas faenas mineras o industriales, mediante camiones pertinentes.

Antofagasta, Junio del 2.004.-

ANEXO
Plano del Informe

ANEXO

Parámetros Físico Químicos del Acuífero Superficial

ESPECIFICACIONES				CONSIDERADO EN NORMA A. P.		MUESTRA NUMERO Y LUGAR (DE OBTENCION)									
PARAMETRO	EXPRESADO COMO / EN		SI	NO											
			LIM. MAX. NORMA AGUA POTABLE		Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	
					LR-3	LR-6	LR-7	LR-8	LR-9	LR-18	LR-20	LR-21	LR-23		
					Sond. LE-1	Sond. LE-3	Sond. LE-4	Sond. LE-5	Compósito LR-3,6,7,8	Sond. PPR-5	Sond. PPR-5	Sond. PPR-3	Sond. PPR-4		
I. FISICOS															
TURBIEDAD	A	NTU		5					1,7	0,85		0,34	0,45		
COLOR APARENTE	B	Pt-Co		20					10	5		<5	10		
OLOR				Inodoro					inodoro	inodoro		Inodoro	Inodoro		
SAPOR				Insíp.					insípida	lev. sal.		Salobre	Salobre		
ALCALINIDAD	CaCO ₃	ag/l		X											
DUREZA TOTAL	CaCO ₃	ag/l		X						990		981	1167		
II. QUIMICOS															
pH				6.0-8.5	7,6	7,63	7,52	7,94	7,53(17,59)	7,14		7,50	7,22		
T.S.D.	IDEM	g/l		1†						3,99		4,02	4,90		
COND. ELECTRICA	idem	mS/m		X					5,95	634		622	729		
AMONIACO	M c/NH ₄ ⁺	ag/l		0,25						<0,30		<0,30	<0,3		
NITRATOS	M c/NO ₃ ⁻	ag/l		10†					13,6	8,2		8,5	9,8		
NITRITOS	M c/NO ₂ ⁻	ag/l		1					0,02	<0,004		0,004	0,35		
MATERIA ORGANICA	idem	ag/l								657		567	685		
BICARBONATO	HCO ₃ ⁻	ag/l		X						446		385	480		
CARBONATO	CO ₃ ⁼	ag/l		X					0	0		0	0		
SULFATOS	SO ₄ ⁼	ag/l		250†					432	300		294	399		
CLORUROS	Cl ⁻	g/l		0,25 †					1,836	1,77		1,79	2,06		
SODIO	Na	ag/l		X						1020		1039	1219		
POTASIO	K	ag/l		X						72		70	74		
CALCIO	Ca	ag/l		X						240		233	283		
MAGNESIO	Mg	ag/l		125					90	95		97	112		
ARSENICO	As	ag/l		0,05					1,8	1,8		1,61	1,65		
CADMIO	Cd	ag/l		0,01					<0,01	<0,02		<0,02	<0,02		
COBRE	Cu	ag/l		1†					<0,01	<0,05		<0,05	<0,05		
CROMO	Cr	ag/l		0,05					<0,01	<0,05		<0,05	<0,05		
HIERRO TOTAL	Fe	ag/l		0,3					<0,01	<0,05		<0,05	<0,05		
HIERRO SOLUBLE	Fe+2	ag/l		X					0,22	0,10		0,05	0,06		
MANGANESO	Mn	ag/l		0,101						<0,05		<0,05	<0,05		
PLOMO	Pb	ag/l		0,05					0,01	<0,05		<0,05	0,16		
ZINC	Zn	ag/l		5†					<0,01	<0,05		<0,05	<0,05		
MOLIBDENO	Mo	ag/l		X					<0,01	<0,04		<0,04	<0,04		
ANTIMONIO	Sb	ag/l		X					0,064	<0,4		<0,4	<0,4		
BORO	B	ag/l		X					0,65	<0,5		<0,5	<0,5		
MERCURIO	Hg	ag/l		0,001						61		48	42		
SELENIO	Se	ag/l		0,01					<0,001			<0,001	<0,001		
CIANURO	CN ⁻	ag/l		0,25					<0,01			<0,001	<0,005		
FLUOR	F ⁻	ag/l		1,5					<0,1			<0,1	<0,1		
COMP. FENOLICOS	fenoles	ag/l		0,002					0,3			0,6	0,6		
DETERGENTE	SAAM	ag/l		0,5					<0,002			<0,02	<0,002		
									<0,2			<0,2	<0,3		
III. BACTERIOLOGICOS															
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 ml				2400	<2,0	23	<2,0	170	0		0	0		
COLIFORMES FECALES	UFC/100 ml				<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	0		0	0		
HETEROTROFOS	UFC/100 ml				150000	80000	1000000	54000	150000	800		500	800		

ABREVIACIONES Y SIMBOLOGIA :

A : Unidades nefelométricas (formazina), FTU
 B : Unino-cobalto (Co-Pl)
 † : Conductividad eléctrica
 c/ : "como"
 † : El Ministerio de Salud puede aceptar un contenido mayor de estas sustancias

ESPECIFICACIONES																																								
PARAMETRO	EXPRESADO COMO / EN	<table border="1"> <tr> <td>Nº</td><td>Nº</td><td>Nº</td><td>Nº</td><td>Nº</td><td>Nº</td><td>Nº</td><td>Nº</td><td>Nº</td><td>Nº</td> </tr> <tr> <td>LR-24</td><td>LR-25</td><td>LR-26</td><td>LR-27</td><td>LR-28</td><td>LR-29</td><td>LR-30</td><td>LR-31</td><td>LR-32</td><td>LR-33</td> </tr> <tr> <td>Sond. PPR-1</td><td>Vertte. sitio B</td><td>Vertte. Sn.Lorenzo</td><td>Sond. FPR-1</td><td>Sond. PPR-2</td><td>Rio San Salvador</td><td>Vertte. Ojo Opache</td><td>Sond. PPR-5</td><td>Rio Loa</td><td>Vertte. Ojo Opache</td> </tr> </table>									Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	LR-24	LR-25	LR-26	LR-27	LR-28	LR-29	LR-30	LR-31	LR-32	LR-33	Sond. PPR-1	Vertte. sitio B	Vertte. Sn.Lorenzo	Sond. FPR-1	Sond. PPR-2	Rio San Salvador	Vertte. Ojo Opache	Sond. PPR-5	Rio Loa	Vertte. Ojo Opache
		Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº																													
LR-24	LR-25	LR-26	LR-27	LR-28	LR-29	LR-30	LR-31	LR-32	LR-33																															
Sond. PPR-1	Vertte. sitio B	Vertte. Sn.Lorenzo	Sond. FPR-1	Sond. PPR-2	Rio San Salvador	Vertte. Ojo Opache	Sond. PPR-5	Rio Loa	Vertte. Ojo Opache																															
I. FISICOS																																								
TURBIEDAD	A NTU	0,39							0,27																															
COLOR APARENTE	B Pt-Co	<5							5																															
OLOR		Inodoro							Inodoro																															
SABOR		Salobre							Salobre																															
ALCALINIDAD	CaCO3 mg/l																																							
DUREZA TOTAL	CaCO3 mg/l	1246							1151																															
II. QUIMICOS																																								
pH		7,07	7,1					7,18	7,95	7,21	6,87																													
T.S.D.	IDEM g/l	5,36	5,45	2,95					4,67	6,54	3,99	4,98																												
COND. ELECTRICA	Idem mS/m	783	772	479					740	974	646	763																												
AMONIACO	N c/NH4+	0,3							<0,30																															
NITRATOS	N c/NO3-	15,3							3,5																															
NITRITOS	N c/NO2-	<0,004							<0,004																															
MATERIA ORGANICA	Idem mg/l	851																																						
BICARBONATO	HCO3- mg/l	489	468	394					437	266	378	435																												
CARBONATO	CO3= mg/l	0	0	0					0	50	0	0																												
SULFATOS	SO4= mg/l	470	390	491					283	1,37	205	339																												
CLORUROS	Cl- g/l	2,14	2,11	1,02					2,14	2,13	1,79	2,16																												
SODIO	Na mg/l	1288	1200	750					1188	1400	950	1094																												
POTASIO	K mg/l	84	79	65					78	115	60	87																												
CALCIO	Ca mg/l	294	273	166					263	350	200	260																												
MAGNESIO	Mg mg/l	127	120	58					120	170	90	120																												
ARSENICO	As mg/l	1,96	1,89	2,42					1,68	1,60	1,05	2,15																												
CADMIO	Cd mg/l	<0,02							<0,02																															
COBRE	Cu mg/l	<0,05	<0,05	<0,05					<0,05	0,99	<0,05	<0,05																												
CROMO	Cr mg/l	<0,05							<0,05																															
HIERRO TOTAL	Fe mg/l	0,56							0,11																															
HIERRO SOLUBLE	Fe+2 mg/l	<0,05							<0,05																															
MANGANESO	Mn mg/l	<0,05							<0,05																															
PLOMO	Pb mg/l	<0,05							<0,05																															
ZINC	Zn mg/l	<0,04							<0,04																															
MOLIBDENO	Mo mg/l	<0,4	<0,4	<0,4					<0,4	0,50	<0,4	<0,4																												
ANTIMONIO	Sb mg/l	<0,5							<0,5																															
BORO	B mg/l	52	55	54					54	37	32	42																												
MERCURIO	Hg mg/l	<0,001							<0,001																															
SELENIO	Se mg/l	<0,005							<0,005																															
CIANURO	CN- mg/l	<0,1							<0,1																															
FLUOR	F- mg/l	0,4							0,4																															
COMP. FENOLICOS	fenoles mg/l	<0,002							<0,002																															
DETERGENTE	SAAM mg/l	<0,2							<0,2																															
III. BACTERIOLOGICOS																																								
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 ml	0							0																															
COLIFORMES FECALES	UFC/100 ml	0							0																															
HETEROTROFOS	UFC/100 ml	1200							16833																															

ANEXO

Correspondencia electrónica con Dirección Regional de Aguas

victorinoaraya

De: [REDACTED]
Para: [REDACTED]
Enviado: Viernes 16 de Abril de 2004 11:46 AM
Asunto: Decreto 46-2002 Ministerio Secretaría Gral.de la Presidencia

Sr.Marco Soto
DGA II región

El Decreto N° 46 del año 2002 evacuado por el Ministerio Secretaría Gral.de la Presidencia establece normas para las emisiones de residuos líquidos que se viertan en sectores donde existan aguas subterráneas y en su Art.4 N° 5 se menciona que a la DGA le corresponde establecer el contenido natural del acuífero.

La pregunta a este respecto dice relación con que si en los acuíferos de la II región ya se han establecidos los contenidos naturales que esta norma rige.

Si esta información existiese, le agradecería me informe acerca de cómo obtenerla y/o revisarla.

Atte., Victorino

De: [REDACTED]
Para: [REDACTED]
Enviado: Viernes 23 de Abril de 2004 11:38 AM
Asunto: DECRETO 46/2002 DE MINSEGPRES

SR. VICTORINO ARAYA

DE ACUERDO A LO SOLICITADO, INFORMO A UD., QUE A LA FECHA, NO SE HA DETERMINADO CONTENIDO NATURAL A QUE HACE REFERENCIA EL DECRETO 46/2002 DE MINSEGPRES, PARA ALGUN ACUIFERO DE LA REGION DE ANTOFAGASTA.

ATTE

ARTURO BELTRAN
DIRECTOR (S) DGA II REGION

ANEXO B

MANDATO ESPECIAL MATÍAS EDUARDO SIMS SOZA

RAUL UNDURRAGA LASO

NOTARIO PUBLICO SANTIAGO
MAC - IVER 225 - OF. 302
Fonos: 6382264-6335225
6397980 - 6397920
FAX:6339847

14539

MC

REPERTORIO 3464=18.-

MANDATO ESPECIAL

ENAEX SERVICIOS S.A.

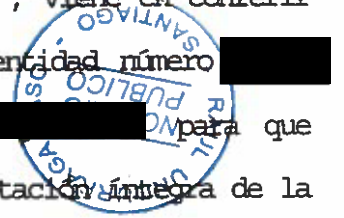
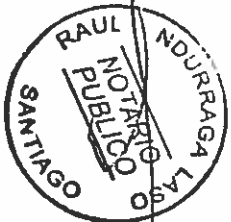
A

MATÍAS SIMS SOZA

EN SANTIAGO DE CHILE, a doce días del mes de Junio del año dos mil dieciocho, ante mí, RAUL UNDURRAGA LASO, abogado y Notario Público de Santiago, Titular de la Notaría número Veintinueve, de este domicilio, calle Mac Iver número doscientos veinticinco, oficina número trescientos dos, Comparece: don PABLO BUSQUET ERRÁZURIZ, chileno, casado, ingeniero comercial, cédula nacional de identidad número [REDACTED]

[REDACTED] a nombre y en representación de ENAEX SERVICIOS S.A., Rol Único Tributario número setenta y seis millones cuarenta y un mil ochocientos setenta y uno guión cuatro, ambos domiciliados en calle El Trovador número cuatro mil doscientos cincuenta y tres, Comuna de Las Condes, mayor de edad quien acredita su identidad con la cédula citada y expone: PRIMERO: Que en nombre y representación de la sociedad Enaex Servicios S.A., en adelante también la "Sociedad", viene en conferir poder a don Matías Sims Soza, cédula nacional de identidad número [REDACTED]

[REDACTED] para que represente a Enaex Servicios S.A. y proceda a la tramitación íntegra de la auto denuncia generada por ENAEX SERVICIOS S.A. ante la División de Sanción y Cumplimiento de la Superintendencia de Medio Ambiente, hasta su conclusión



y durante la tramitación íntegra del programa de cumplimiento por parte de la empresa auto denunciada. SEGUNDO: En el ejercicio de este mandato, el mandatario queda facultado expresamente para realizar y ejecutar todos los actos, trámites y actuaciones ante la Superintendencia del Medio Ambiente, el Servicio de Evaluación Ambiental y en general ante cualquier organismo público o privado en relación con la auto denuncia ya referida, pudiendo al efecto efectuar toda clase de presentaciones y declaraciones, modificarlas o desistirse de ellas; suscribir a nombre de la Sociedad toda clase de formularios y/o solicitudes; comparecer ante todo tipo Instituciones o Entidades y sus respectivos funcionarios, por escrito o personalmente, solicitar audiencias y reuniones donde actuará en su representación, presentar recursos y ejercer todas aquellas facultades necesarias a que se refiere el Decreto número treinta y número treinta y uno que establece el Reglamento para Cumplimiento, Autodenuncia, Reparación y Operación del Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental, /SNIFA/, la ley número veinte mil cuatrocientos diecisiete, artículo veintidós de la Ley número diecinueve mil ochocientos ochenta, Ley número veinte mil seiscientos y en general cualquier normativa referida al tema ambiental. TERCERO: El presente mandato se confiere para todo trámite o gestión en que se presente hasta la completa ejecución del encargo, pudiendo el mandatario nombrar abogados patrocinantes y apoderados con todas las facultades que en este instrumento se le confiere, y pudiendo delegar este poder y reasumir cuantas veces sea necesario. CUARTO: El presente mandato es de vigencia indefinida. La personería de don Pablo Busquet Errázuriz para representar a **ENAEX SERVICIOS S.A.**, consta de la escritura pública de fecha once de enero de dos mil dieciséis otorgada en la Notaría de Santiago de don Raúl Undurraga Laso la que no se inserta por ser conocida del Notario que autoriza. CERTIFICACION NOTARIAL: El Notario que autoriza certifica que la presente escritura se encuentra extendida y otorgada de acuerdo a la Ley. En comprobante y previa lectura firma los comparecientes. Se da copia. Doy

RAUL UNDURRAGA LASO
NOTARIO PUBLICO SANTIAGO
MAC - IVER 225 - OF. 302
Fonos: 6382264-6335225
6397980 - 6397920
FAX:6339847

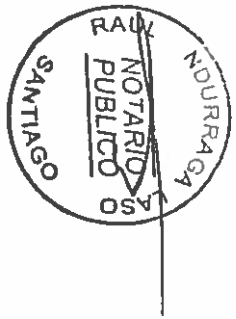
14540

Fe.

P.3 7 1
PABLO BUSQUET ERRÁZURIZ




PP ENAEX SERVICIOS S.A.



3464-2018
[Handwritten signature]

LA PRESENTE COPIA ES TESTIMONIO FIEL DE SU ORIGINAL.-
SANTIAGO, 13 DE JUNIO DE 2018.-

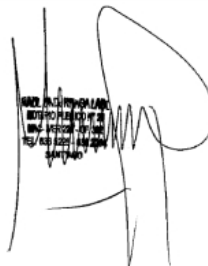


PAUL UNDUERRAGA LASO
NOTARIO PÚBLICO N° 29
MAC / MER 225 - OF. 302
TEL. 2833 1225 - 2838 2284
SANTIAGO



OTR-3464-2018

Este documento incorpora una firma electrónica avanzada, según lo indicado en la Ley N°19.799 y en el Autoacordado de la Excm. Corte Suprema. Su validez puede ser consultada en el sitio Web www.cbrchile.cl con el código de verificación indicado sobre estas líneas.



PAUL UNDUERRAGA LASO
NOTARIO PÚBLICO N° 29
MAC / MER 225 - OF. 302
TEL. 2833 1225 - 2838 2284
SANTIAGO