



**ANALISIS GENERAL DEL IMPACTO ECONOMICO DE NORMA SECUNDARIA
DE CALIDAD DE AGUAS DEL RÍO LOA EN EL SECTOR
SILVOAGROPECUARIO**

Informe Final
Revisión 5

Elaborado para SAG
Región de Antofagasta

Octubre de 2005

INDICE

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUCCIÓN..... | 5 |
| 2 | ANÁLISIS DE NIVEL ESTRATÉGICO | 5 |
| 2.1 | Levantamiento de estrategias de desarrollo en la cuenca..... | 5 |
| 2.2 | Levantamiento de estrategias de desarrollo agropecuarias | 10 |
| 3 | CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA ECONOMÍA DE LA II REGIÓN Y DE LA CUENCA DEL RÍO LOA..... | 14 |
| 3.1 | Economía de la cuenca del río Loa. | 19 |
| 3.1.1 | Comuna de Calama..... | 19 |
| 3.1.1.1 | Minería..... | 20 |
| 3.1.1.2 | Actividad silvoagropecuaria | 21 |
| 3.1.1.3 | Otras actividades económicas | 26 |
| 3.1.2 | Comuna de María Elena..... | 28 |
| 3.1.2.1 | Minería..... | 28 |
| 3.1.2.2 | Actividad silvoagropecuaria | 29 |
| 3.1.2.3 | Otras actividades económicas..... | 31 |
| 4 | CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA PROBLEMÁTICA DE CALIDAD DE AGUAS EN LA CUENCA DEL LOA..... | 33 |
| 4.1 | Principales elementos que afectan la calidad de las aguas..... | 33 |
| 4.2 | Principales manifestaciones de impactos por problemas de calidad | 37 |
| 4.2.1 | Sector agropecuario | 37 |
| 4.2.2 | Impactos sobre la población | 40 |
| 5 | ANÁLISIS GENERAL DEL IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL DEL ANTEPROYECTO DE NORMA..... | 43 |
| 5.1 | Análisis del anteproyecto..... | 43 |
| 5.2 | Análisis de usos y relaciones con la calidad del recurso hídrico..... | 45 |
| 5.2.1 | Usos agropecuarios..... | 45 |
| 5.2.1.1 | Estimación económica de la actividad agrícola en la comuna de Calama | 45 |
| 5.2.1.2 | Estimación económica de la actividad agropecuaria en la comuna de María Elena en la localidad de Quillagua | 50 |
| 5.2.2 | Usos no agropecuarios..... | 52 |
| 5.2.2.1 | Turismo y uso recreacional..... | 52 |
| 5.2.2.2 | Otros tipos de usos y su valoración económica..... | 56 |
| 5.2.2.2.1 | Valores de uso indirecto..... | 56 |
| 5.2.2.2.2 | Valores de no-uso | 57 |
| 5.2.2.2.3 | Métodos indirectos | 57 |
| 5.2.2.2.4 | Métodos directos..... | 59 |
| 5.2.3 | Uso minero | 61 |
| 5.3 | Análisis costo - beneficio | 65 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 6 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 71 |
| 6.1 | Conclusiones del análisis costo beneficio..... | 71 |
| 6.2 | Respecto de lo que se concluye del análisis económico y social para los pasos futuros de gestión de calidad del agua..... | 72 |
| 6.3 | Respecto al apoyo a las comunidades locales y los usos del agua..... | 73 |
| 6.4 | Respecto a la formulación de planes de descontaminación en contextos de incertidumbre..... | 75 |
| 7 | BIBLIOGRAFÍA..... | 79 |
| 8 | ANEXO: FOTOGRAFÍAS..... | 81 |
| 9 | ANEXO: ANTEPROYECTO DE NORMA VERSIÓN 2..... | 85 |

1 Introducción

El presente documento corresponde al informe final de la consultoría denominada " APOYO PROFESIONAL PARA EL ANALISIS GENERAL DE IMPACTO ECONOMICO Y SOCIAL DE LA NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS DEL RÍO LOA " asignada luego de una licitación por medio del sistema Chilecompra a la empresa ECONAT Consultores Ltda.

El presente informe se inicia con el análisis de nivel estratégico, posteriormente se realiza una caracterización general de la economía de la II Región y de la cuenca del río Loa. Dentro de ello, se aborda con especial énfasis al sector agropecuario de la cuenca puesto que es el principal uso afectado por los problemas de calidad.

Posteriormente, se realiza una caracterización general de la problemática de calidad de aguas en la cuenca del Loa.

Luego, se realiza el análisis general del impacto económico de la norma, para finalmente, presentar las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio.

2 Análisis de nivel estratégico

2.1 Levantamiento de estrategias de desarrollo en la cuenca

Uno de los principales referentes de la estrategia de desarrollo de la cuenca del río Loa es la Estrategia Regional de Desarrollo de la Región de Antofagasta¹. De ésta, se pueden derivar diversos lineamientos que generan un contexto relevante para la política de control de la contaminación hídrica.

En primer lugar, la ERDRA hace un claro reconocimiento a la vocación minera de la región y pone este elemento de desarrollo como el elemento central de sus perspectivas futuras. Sin embargo, incluye diversas consideraciones en las cuales se señala la necesidad de compatibilizar el desarrollo minero con el respeto por el medio ambiente y por las comunidades rurales. A modo de ejemplo, se pueden señalar las siguientes citas:

En la caracterización de la situación regional se señala lo siguientes elementos especialmente destacables:

"Como toda actividad productiva, la minería es contaminante. Las faenas anteriores a la ley de bases del medio ambiente han efectuado importantes

¹ ERDRA (2000). Estrategia Regional de Desarrollo de la Región de Antofagasta. Gobierno de Chile. Región de Antofagasta 2000-2006.

inversiones para implementar planes de descontaminación que están en plena ejecución. Las nuevas empresas mineras, que iniciaron faenas desde finales de los años ochenta hacia delante, en general, han introducido tecnologías limpias de producción y han desarrollado una cultura que fomenta el respeto ambiental y el cumplimiento de la normativa vigente."

"El gran consumo de agua que requiere la minería ha afectado la producción de cultivos y a la fauna, también ha generado contaminación en algunos puntos de zonas costeras. Sin duda, el tema del agua constituye uno de los grandes desafíos ambientales de nuestra región."

Lo anterior, revela un importante reconocimiento de los fenómenos que afectan la calidad del agua en la Región. Más adelante, se señala:

"María Elena y Pedro de Valdivia existen por la explotación del salitre con características de campamento, de propiedad de la empresa minera privada, sin desarrollo de actividades complementarias. Toda su población es dependiente directa o indirectamente de la producción salitrera, con innegables efectos de incertidumbre laboral derivado de las condiciones competitivas en los mercados internacionales. Los antecedentes disponibles permiten presumir que en el mediano o largo plazo estas localidades tenderán a disminuir y eventualmente desaparecer, manteniéndose sólo como faenas mineras, sin población residente."

El reconocimiento de que las localidades tenderían a desaparecer en el mediano o largo plazo sitúa a la localidad de Quillagua en un contexto adverso, puesto que no sólo tiende a desaparecer por restricciones hídricas sino porque su población circundante tiende a decrecer. Sin embargo, también genera una oportunidad puesto que se podría constituir a Quillagua como comuna con lo cual tendría mejores oportunidades de optar por apoyo público y privado.

"En la comuna de Calama se localiza el más grande mineral de cobre a rajo abierto del mundo, con grandes reservas en desarrollo y en perspectivas de explotación. No obstante la importancia económica histórica de la explotación del cobre, ello no se ha reflejado en un mejoramiento de la calidad de vida de la población de Calama, subsistiendo aún las desigualdades en sus niveles de ingreso. Además, la población de Calama y Chuquicamata ha estado expuesta a serios efectos de la contaminación ambiental (polución atmosférica, derivada de las chimeneas), situación que está siendo corregida por CODELCO, con la implementación de un plan de descontaminación. Calama es una de las dos comunas con actividad agrícola de la región, llevada a cabo en las riberas del Río Loa, actividad que se desarrolla desde mucho antes de la explotación de los yacimientos mineros. La ciudad de Calama se verá impactada por el traslado de los trabajadores que en la actualidad viven en el campamento de Chuquicamata, lo que da una oportunidad a su desarrollo urbano."

"En lo cultural se aprecia, en parte importante de su población, una actitud de desarraigo derivada de las características productivas que atraen a trabajadores

del resto del país y del exterior, sólo como un lugar de trabajo y no como lugar de radicación. Ayuda a ello la poca disponibilidad de lugares de esparcimiento y de actividades culturales. Estas últimas muestran un despertar en los últimos años, pero aún no suficiente y poco percibida por la población en general."

Lo anterior, revela que el recurso hídrico no sólo puede generar valor para la sociedad aplicado a actividades agropecuarias sino que también para generación de áreas verdes de esparcimiento que son un recurso muy escaso en la región, con lo cual, se puede intuir una fuerte valoración potencial de la población por bienes de este tipo.

En lo referido a los Lineamientos Estratégicos específicos de la ERDRA se pueden destacar los siguientes:

"Es una región de carácter predominantemente urbano y de baja densidad poblacional (3,2 hab/km²). Se caracteriza también por su gran potencial económico derivado de sus recursos mineros, su patrimonio históricocultural, paisajes únicos en el mundo, posibilidades de desarrollo del turismo científico, recreativo y cultural, avalado por la existencia de centros científicos como Chajnantor y Paranal, 500 kms de costa con grandes beneficios climáticos, sus oasis, el río más largo de Chile y la existencia de comunidades indígenas con fuertes raíces en el territorio e importantes tradiciones e identidad histórica milenaria."

"Objetivos:

1. Impulsar el desarrollo y ocupación planificada y sustentable del territorio, en especial del borde costero - ribereño, y generar la infraestructura necesaria de mitigación de desastres naturales.
2. Valorizar y rescatar los recursos paisajísticos, científicos, históricos y culturales de la región.
3. Mejorar la calidad, uso, manejo y protección de los recursos hídricos regionales.
4. Impulsar una legislación especial de uso y manejo del recurso hídrico para la macrozona norte.
5. Garantizar el desarrollo cultural de los habitantes de la región, generando espacios para fortalecer nuestra identidad regional, valores históricos, patrimoniales, costumbres, tradiciones, etc.
6. Protección y desarrollo de la biodiversidad regional, reservas naturales, oasis regionales, vegas y bofedales, etc.
7. Mejoramiento de las conectividades regionales: físicas, operativas y comunicacionales.
8. Asegurar el servicio de agua potable a la población en las mejores condiciones de calidad y precio."

Como se ve, dentro de los objetivos de política, la conservación del recurso hídrico aparece claramente en un rol primordial.

Posteriormente, la ERDRA desarrolla objetivos para el ámbito rural que se presentan textualmente a continuación:

"Asentamiento Rural"

"La II Región concentra en su territorio una diversidad de asentamientos rurales dedicados ancestralmente a la explotación agrícola, pesca, ganadería y artesanía. En las últimas décadas han presentado fuertes amenazas de despoblamiento, producto de la débil capacidad para fortalecer su infraestructura productiva, social y cultural. El desafío para mejorar las condiciones de vida deberá estar orientado a fortalecer la sustentabilidad ² del desarrollo económico, ambiental y en la búsqueda de la equidad social que necesitan estos asentamientos rurales."

"Objetivos:

1. Fortalecer el desarrollo productivo y crecimiento económico con identidad de los asentamientos rurales de la región³.
2. Enfrentar y ejecutar programas de desarrollo social para disminuir los niveles de indigencia y pobreza rural.
3. Potenciar, reconocer y consolidar el desarrollo indígena regional.
4. Reconocer y fortalecer la conservación y protección del agua y la tierra como recursos esenciales en la ruralidad regional.
5. Mejorar la cobertura de los programas de salud, educación, vivienda y agua potable.
6. Estructurar programas de fortalecimiento de las organizaciones comunitarias rurales.
7. Reconocer, respetar e integrar las tradiciones y costumbres propias de las comunidades rurales."

En definitiva, la estrategia reconoce claramente los desafíos en torno a la gestión de los recursos hídricos y en torno al desarrollo de las comunidades indígenas y de pueblos originarios, junto con lo cual, se plantea como línea fundamental consolidarse como complejo productivo minero, industrial y de servicios.

Otro referente importante es la Política Ambiental de la Región de Antofagasta⁴. Esta se nutre de los desafíos que desde el punto de vista ambiental se derivan de la Estrategia Regional de Desarrollo y porque se trata a la vez de la expresión

² Respecto de la sustentabilidad mencionada en esta parte, vale la pena destacar la observación de CONADI al presente estudio, en el sentido que "los indígenas tienen una relación muy estrecha con el medio, donde está implícito la idea de una reciprocidad y una complementariedad con el medio. Las amenazas por el despoblamiento no son de carácter social o cultural, es una visión errada de la realidad, el único motivo de migración es la poca cantidad de agua que tienen para seguir desarrollando una agricultura competitiva, agregando a esto las variables tradicionales como; educación, trabajo y salud, entre otros".

³ Vale la pena señalar en relación al término "asentamientos rurales" que, en opinión de CONADI, es más adecuado el término "comunidades indígenas".

⁴ PARA. Política Ambiental de la Región de Antofagasta. Obtenida de www.CONAMA.cl a Julio de 2005.

regional de la Política Ambiental Nacional. Específicamente, en el ámbito hídrico y para la cuenca del río Loa este documento estratégico señala algunos alcances destacables tales como los siguientes:

En sus líneas de acción propone:

- "Diseño y establecimiento de una política específica para la recuperación del río Loa.⁵
- Plan de ordenamiento territorial del Oasis de Calama en las áreas sensibles desde el punto de vista de la mantención de la masa vegetal.
- Diseño y ejecución de un programa incorporando la identificación y medidas de conservación para los humedales y salares altoandinos de la región.
- Desarrollo de un Plan de Ordenamiento Territorial Ambiental Interregional de la Ribera del Río Loa incluyendo el área de la desembocadura.
- Diseño e implementación de un programa de manejo de las principales cuencas de la región.
- Diseño e implementación de una política de reciclaje de agua servidas e industriales y la reutilización de agua dulce.
- Diseño e implementación de un programa de fomento del uso de agua de mar desalinizada en los procesos de faenas industriales y mineras.
- Realización de un estudio tendiente a evaluar el caudal ecológico regional de los principales ecosistemas frágiles de la región.
- Modificación del Reglamento de Vegas y Bofedales con la incorporación de las vegas del oasis de Calama.
- Declaración de agotamiento de la cuenca del río Loa, respecto al otorgamiento de derechos de agua.⁶

Lo anterior, revela la importancia de la problemática hídrica dentro de la gestión ambiental propuesta para la Región de Antofagasta, la cual es quizás la más crítica a nivel nacional.

Por otro lado, desde el ámbito de la problemática indígena, actualmente, se está desarrollando el programa Orígenes a cargo de Mideplan. Recientemente, luego de cuatro años, culminó su primera fase en la II Región (Atacama La Grande) con una inversión de 523 millones de pesos, mientras que el total de la inversión pública involucró alrededor de 1.112 millones de pesos, beneficiando a mil 120 familias atacameñas y cerca de tres mil personas. Dentro de las líneas de acción del programa se tienen los componentes desarrollo productivo, fortalecimiento, educación intercultural, Cultura y Salud Intercultural.

Un importante componente que ha ido propiciando una nueva forma de compatibilización entre la minería y las comunidades indígenas tiene que ver con

⁵ Es interesante notar que se hace referencia a una política específica para el río Loa, lo cual, a la luz de los antecedentes que se presentan más adelante resulta particularmente importante.

⁶ Esto ya estaría implementado en lo que se refiere a aguas superficiales, pero no respecto de las aguas subterráneas.

las acciones de apoyo a las comunidades locales que han implementado las empresas mineras. Al principio las empresas privadas lideraron esta tendencia, pero actualmente, las empresas públicas también se han sumado a ella. Todo ello, posibilita un proceso de acercamiento para la colaboración y también la posibilidad de una negociación de compensaciones.

Un ejemplo de ésta tendencia es la creación de un fondo de desarrollo del Pueblo Atacameño de Peine con objeto de compensar a la comunidad por la adquisición de los derechos de agua por parte de Minera Escondida. En ésta línea, Lagos et. al.⁷ señala que "tanto el Estado como la industria tienen grandes oportunidades de avanzar en la resolución de estas inquietudes ya que, tal como lo demuestra una experiencia exitosa realizada en la zona, los costos asociados a las soluciones no están fuera del alcance de las empresas ni del Estado. Uno de los problemas centrales radica en la comprensión de la perspectiva de dichos pueblos, y en abrir mayor espacio para la comunicación y participación. Ello se puede lograr con la participación del Estado, de la industria y de la sociedad civil en general, en la resolución de los grandes temas sociales locales, y en especial definiendo en forma más nítida cuáles son los límites de cada cual, y cómo deberían contribuir a resolver ésta pregunta".

2.2 Levantamiento de estrategias de desarrollo agropecuarias

En el estudio CNR⁸ (2000) se hace una revisión de las estrategias de desarrollo agropecuarias en la cuenca del Loa citándose documentos de la Secretaría Regional Ministerial de Agricultura de 1996, de cuyo diagnóstico se rescatan los siguientes elementos:

En el ámbito de las debilidades se menciona la distribución, manejo y calidad del recurso hídrico, señalándose que hay elementos de fragilidad en la distribución y manejo del agua que podrían, eventualmente, corregirse. No obstante, se señala que lo que "no puede ocurrir en términos económicos es modificar la calidad del recurso"⁹.

Además, se identifican otros elementos clave como el "creciente proceso migratorio", "escasa disponibilidad de suelos", "débil comercialización de productos", "baja rentabilidad económica", "inexistencia de instrumentos de coordinación y articulación", "confusión de ofertas de programas y acciones", "escasa capacidad profesional", "débil disponibilidad de recursos económicos para

⁷ Gustavo E. Lagos, Hernán Blanco, Valeria Torres y Beatriz Bustos (2001). Minería y minerales de Chile en la transición hacia el desarrollo sustentable. Santiago, Chile Versión 17 de Diciembre, 2001. Cipma-IIPM, Proyecto MMSD América del Sur.

⁸ CNR: Comisión Nacional de Riego

⁹ Probablemente, ello se refiere al ámbito de iniciativas localizadas o sin una óptica de cuenca o tiene que ver con un juicio respecto de la factibilidad económica de modificar la calidad de las aguas.

contratar profesionales" y "centralismo y escaso criterio en aplicar acciones en el sector rural".

Por otro lado, se menciona la creación de nuevas instancias para analizar y resolver problemas locales que afectan al sector productivo. Dentro de ellas, se menciona el Comité de Sustentabilidad del Oasis de Calama en el cual participan los servicios públicos sectoriales, el Municipio y CODELCO.

Adicionalmente, Aghon et. al. (2001)¹⁰ describe el funcionamiento de la Iniciativa de Desarrollo Económico Local de El Loa, que se basa en una alianza entre el gobierno regional y la división minera Chuquicamata de CODELCO, actual CODELCO Norte. Esta alianza, se habría formado con la finalidad de superar la tensión existente alrededor del uso del agua y llevar a cabo un trabajo conjunto para mejorar las condiciones de vida de la población rural. Gracias a ésta iniciativa, el gobierno regional suscribió desde 1995 dos convenios con los representantes de CODELCO, para trabajar conjuntamente en la mejora del uso del agua, de acuerdo con las condiciones productivas y sociales de la población de las comunidades afectadas por la canalización del recurso para la actividad minera. El primer convenio de los años 1995-1998 fue parte de las iniciativas del gobierno regional para atraer la colaboración de los organismos públicos y privados hacia el progreso de la zona. Este fue firmado con la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena (CONADI) y permitió la instalación en el municipio de Calama de un programa para el desarrollo de las comunidades indígenas. El segundo convenio fue introduciendo nuevos componentes para el desarrollo de los sistemas productivos locales. CODELCO hizo un aporte financiero de 250.000 dólares, destinados a intensificar la introducción de nuevos cultivos y de tecnologías más avanzadas en el manejo del agua.

Aghon et. al. destaca que "los resultados visibles, en términos de productividad y mejora de los patrones productivos, que ha alcanzado el Programa Agrícola, permiten mostrar que se hace un uso claro y provechoso de los recursos, lo que es un importante aval para la continuidad del proyecto". Sin embargo, también señala que uno de los ámbitos más débiles de este programa es el de la calidad del agua, en el sentido de que existirían dudas de las reales posibilidades de cooperación, en el tema de calidad del agua.

Lo anterior, puede ser identificado como un signo de la dificultad para abordar el problema de calidad de agua en la cuenca y probablemente por los altos costos que involucraría una iniciativa de este tipo y por la incertidumbre de las posibilidades de solucionar los problemas de calidad.

¹⁰ Aghon, Gabriel, Francisco Alburquerque y Patricia Cortés. (2001). Desarrollo Económico Local y Descentralización en América Latina. Publicado en CEPAL Publicaciones de Desarrollo Económico.

Posteriormente, CNR (2002)¹¹ señala que "dado que las condiciones son adversas para la agricultura y favorables para la minería, pudiera pensarse en una región exclusivamente minera, o bien el Estado invierte y subsidia para mantener la agricultura de subsistencia¹². Para ello, es condición necesaria que se defina, como política de Estado, qué se espera de la actividad productiva en la región y cómo se compatibiliza eso con la realidad social y étnica existente en la región. Mientras tanto, se debe mejorar la eficiencia en el uso del agua de riego, sobretudo en los pequeños oasis y ayllus, mediante la implementación de medidas que permitan optimizar el manejo de los sistemas de riego, como por ejemplo la capacitación y fortalecimiento de las organizaciones de usuarios".

Respecto de los antecedentes recolectados y citados en la presente sección, vale la pena mencionar los comentarios de CONADI en el sentido del riesgo de que una visión ortodoxa sobre la eficiencia de uso del recurso hídrico en el sector agropecuario puede llevar a justificar una reasignación del recurso hacia otros usos. En forma más específica CONADI, ha señalado que lo citado en el presente documento muestra "la justificación de que la agricultura no es rentable" y que si, bien como consecuencia de dicho argumento se podría pensar en destinar el agua hacia un sector que produce mucho más ello es, en definitiva, algo irracional.

Sin duda que la problemática del agua en la cuenca del río Loa va mucho más allá de cómo asignar un recurso natural escaso para maximizar el valor de la producción, lo cual sería la materia de un análisis económico puro. Evidentemente, en el caso del río Loa, el valor del agua tiene una dimensión más allá de la dimensión económica pura que tiene relación con la dimensión étnica, territorial, de ocupación del territorio y de mantención de comunidades indígenas.

Ello involucra decisiones de política pública coherentes con una visión común respecto de la solución de fondo de los principales problemas de asignación del recurso, las cuales en muchos casos pueden requerir la adecuación de los marcos normativos vigentes y de las políticas generales que se aplican en el resto del país.

En términos más específicos CONADI ha planteado como observación al presente informe que "desde todos los ángulos se planteado las respectivas denuncias con

¹¹ CNR (2002). Diagnóstico Actual del Riego y Drenaje en Chile y su Proyección. Comisión Nacional de Riego. Elaborado por Ayala, Cabrera y Asociados Ltda.

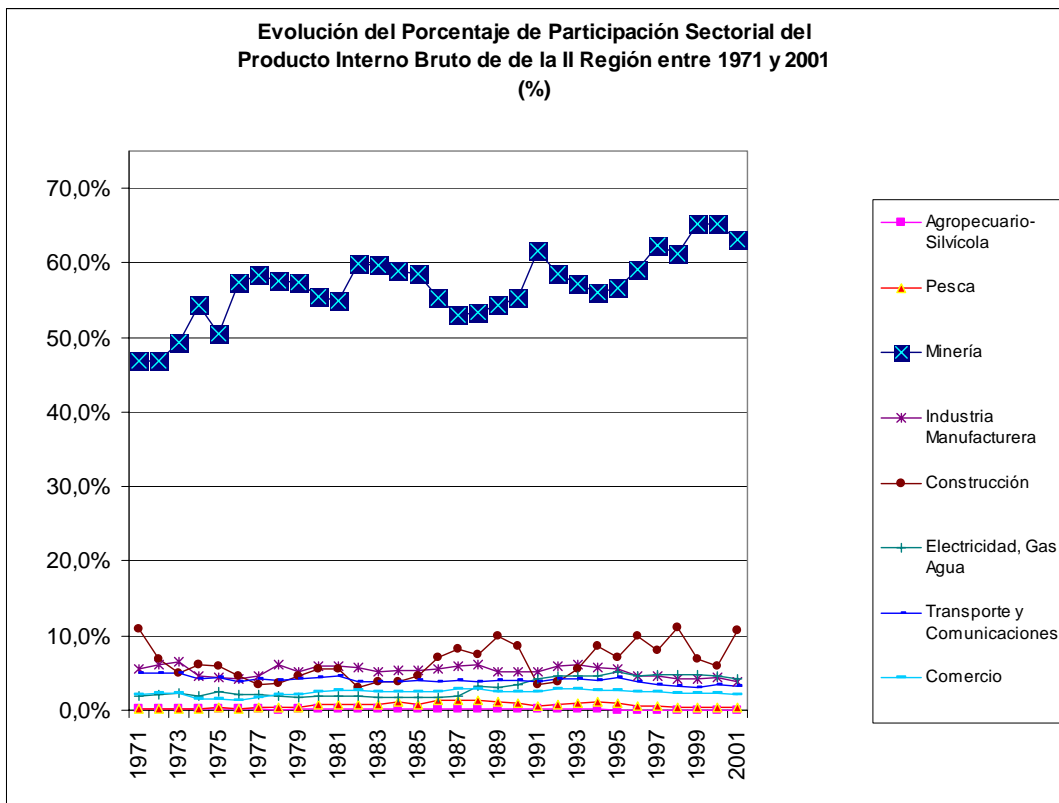
¹² Tal como se ha intentado señalar previamente, tal como diversas otras referencias, CNR (2002) hace un diagnóstico de la existencia de una agricultura de subsistencia, lo cual tiene diversas implicancias para las futuras líneas de trabajo de la temática agropecuaria e hídrica. Al respecto vale la pena señalar lo siguiente: una economía de subsistencia puede ser una opción de los productores o alternativamente puede ser el resultado de una condición adversa. Los antecedentes recopilados en terreno muestran que en las zonas altas de la cuenca, a pesar de un clima más adverso, dado que la calidad del agua es mejor se observan mayores niveles de productividad agrícola e inserción en los mercados (sin perjuicio de que en las zonas extremas se produce una limitación por distancia excesiva). Esto y otros antecedentes, dan a entender que la condición de subsistencia no es por opción sino porque existe una condición general adversa, dentro de la cual, la calidad del recurso hídrico es una de las más difíciles de superar.

respecto a establecer la posibilidad de “optimizar” el manejo de los sistemas de riego, lo cual solo afecta a una actividad, es decir, mejorar el sistema de riego significa en la practica utilizar menos el recurso a favor de la actividad minera, siendo esta última la que debiera generar otros mecanismos que le permitan utilizar el agua de mejor forma y, ya en pleno siglo XXI, generar tecnología para utilizar agua de mar. Aunque al comienzo esto encarezca los costos, a la larga generará beneficios de sustentabilidad."

3 Caracterización general de la economía de la II Región y de la cuenca del río Loa

La economía de la región de Antofagasta tiene una fuerte vinculación con la actividad minera. Dicha actividad, genera una muy alta proporción del PIB (más del 60%, ver Gráfico 1) y de hecho, corresponde a la más alta tasa de participación minera de todas las regiones del país. Además, a nivel regional la minería es una de las actividades con mayores tasas de crecimiento junto con otras actividades como la construcción (ver Gráfico 3 y Gráfico 4). En definitiva, es un hecho evidente que ésta actividad constituye el motor de la economía regional y la actividad que se desarrolla en la cuenca del río Loa tiene, además, una muy alta relevancia para la economía nacional, puesto que más del 45% del PIB minero del país se genera en la II Región (ERDRA 2000-2006). A continuación, se presentan diversos gráficos que ilustran las tendencias de la economía regional.

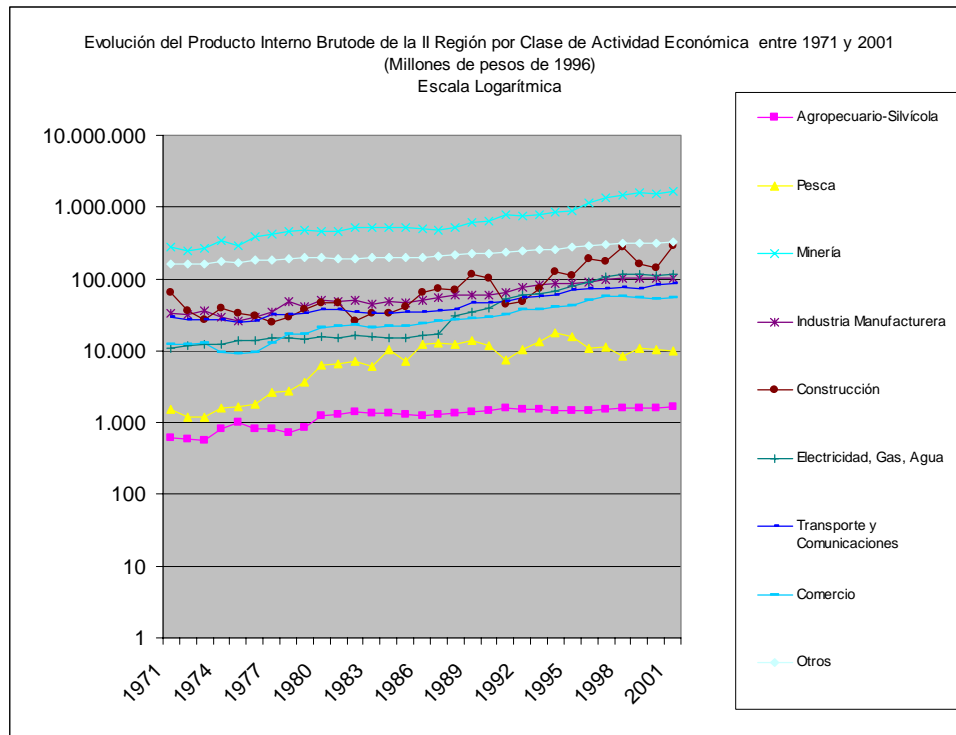
Gráfico 1



Fuente: Elaboración propia en base a datos Mideplan (2004).

En el gráfico precedente se puede apreciar como el sector minero no sólo tiene una alta tasa de participación, sino que su importancia tiende a crecer en el tiempo. A continuación, en el Gráfico 2, se presenta la evolución del PIB en moneda de 1996, en el cual se ha tenido que utilizar una escala logarítmica debido a la alta diferencia entre el peso relativo de los sectores de la economía regional.

Gráfico 2



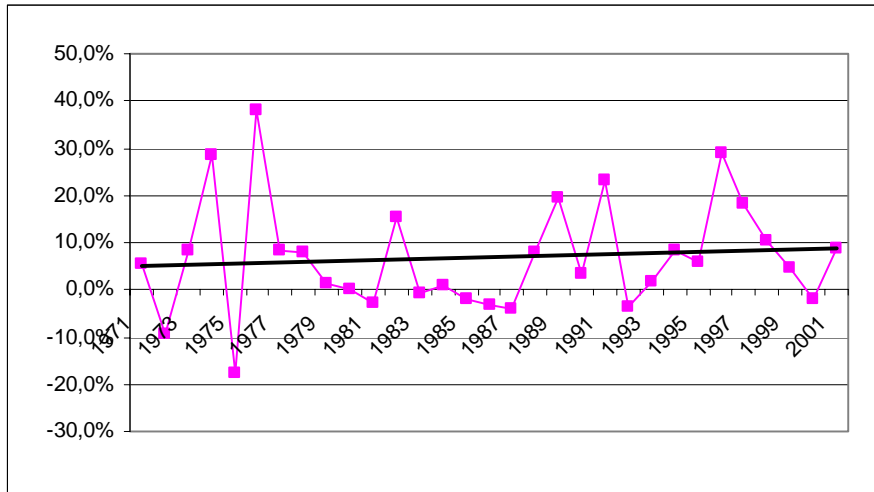
Fuente: Elaboración propia en base a datos Mideplan (2004).

Lo descrito en los gráficos precedentes no sólo tiene que ver con tendencias históricas sino con la visión que se tiene en la región sobre su futuro. De hecho, la estrategia regional de desarrollo (2000-2006)¹³ se caracteriza por poner a la actividad minera en un rol central y por poner como objetivo que el desarrollo minero pase a tener un carácter integral. Para ello, se considera fundamental potenciar los encadenamientos productivos de la actividad minera de manera que exista una red de empresas proveedoras de bienes y servicios que generen tecnologías y conocimientos que permitan proyectar el desarrollo de un enclave o *cluster* minero que logre un liderazgo de nivel internacional.

¹³ ERDRA (2000). Estrategia Regional de Desarrollo de la Región de Antofagasta. Gobierno de Chile. Región de Antofagasta 2000-2006.

Gráfico 3

Evolución de la tasa de crecimiento del PIB minero de la II Región



Fuente: Elaboración propia en base a datos Mideplan (2004).

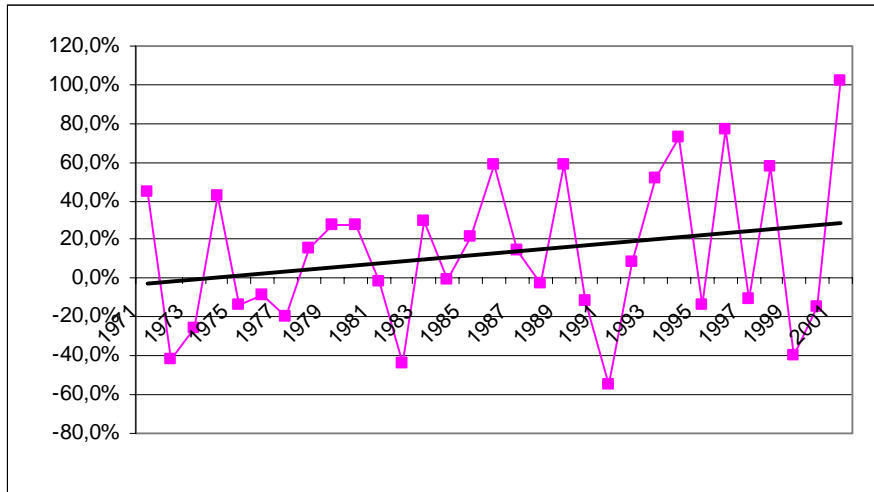
La Estrategia Regional de Desarrollo (2000-2006) señala que después de la Región Metropolitana, la II Región es la segunda región captadora de inversiones extranjeras, las cuales se concentran en grandes proyectos mineros. Ello, ha generado importantes inversiones en el sector energético lo que se ha traducido en una disminución de costos, y por ende, del precio de la energía eléctrica, tanto para el sector productivo como para los consumidores. La construcción de dos gasoductos desde Argentina favoreció aún más los precios de la energía, lo que a la vez está permitiendo dar solución a la escasez de agua mediante la desalinización de agua de mar para el consumo de las localidades costeras, si bien la continuidad en el tiempo de este tipo de alternativas depende de los precios de la energía.

Al año 2001 existían cerca de 25 empresas dedicadas a la explotación minera con 143 faenas de distintas categorías. Más de la mitad (80) eran faenas que emplean a menos de 80 trabajadores y sólo 36 a más de 400. La mayoría de ellas tienen como producto principal el cobre. Entre los minerales no metálicos se destaca la producción de nitratos y del carbonato de calcio y en tercer lugar los cuarzos, los que han presentado un aumento de casi 100 por ciento en el período 1990-1998 (CORFO, 2001).

Junto con la minería, que es el motor de la economía regional, existen otras actividades que crecen más bien en función del desarrollo minero, tales como la construcción (Gráfico 4) y los servicios como el transporte, las telecomunicaciones, gas luz y agua.

Gráfico 4

Evolución de la tasa de crecimiento del PIB del sector construcción de la II Región



Fuente: Elaboración propia en base a datos Mideplan (2004).

Las demás actividades primarias, tales como la actividad silvoagropecuaria y la pesca tienen tendencias de crecimiento decrecientes (Gráfico 5 y Gráfico 6), por lo cual, no tienen un rol central dentro de las estrategias de desarrollo regional, pero tienen un rol importante desde otros puntos de vista, tales como actuar como fuente de sustento para una proporción de la población regional y por sustentar la ocupación del territorio.

Según la Estrategia de Desarrollo Regional (2000-2006) "la actividad silvoagropecuaria es poco gravitante en términos regionales debido a la escasez de recursos hídricos y a la calidad de los suelos que son eminentemente salinos y de gran aridez. Sin embargo, tiene una gran importancia para las comunidades de los valles y oasis del interior, para las cuales más que una actividad económica es una forma de vida y el establecimiento de una economía de subsistencia¹⁴.

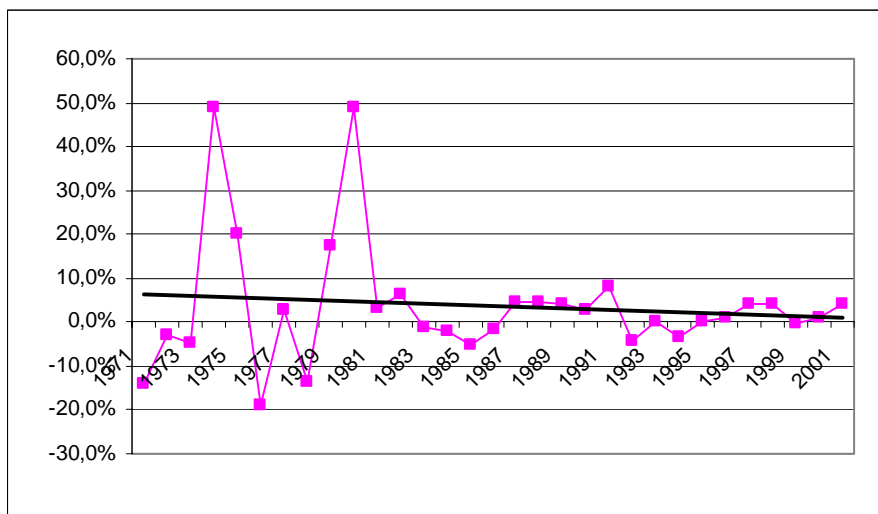
¹⁴ El concepto de economía de subsistencia citado proviene del documento Estrategia de Desarrollo Regional (2000-2006). Probablemente, dicho concepto ha sido utilizado como ayuda para explicar el contexto productivo de las comunidades locales. Sin embargo, vale la pena señalar lo siguiente: primero, no debe confundirse el término "de subsistencia" con "de autoconsumo". Segundo, normalmente, el contexto productivo de subsistencia involucra un estado intermedio donde se comercializa una proporción de la producción. Tercero, en el caso particular de las comunidades agropecuarias de la Región de Antofagasta, existen antecedentes para señalar que el carácter "de subsistencia" no proviene de la tradición o de una opción de vida que aleje a los productores del objetivo de una adecuada inserción en los mercados. En otras palabras, muchas veces las comunidades no tienen una fuerte inserción en los mercados no porque así lo quieran sino porque están impedidos de lograrlo por diversos factores. De los antecedentes recopilados en terreno, se ha determinado que en muchos casos es justamente el recurso hídrico, tanto en calidad como en cantidad, el que impide una inserción más fuerte de las comunidades en los mercados, ya sea limitando el tipo de cultivo producido o aumentando el riesgo de la producción producto de la incertidumbre de abastecimiento hídrico.

Inversiones recientes buscan mejorar la infraestructura de riego y elevar el autoabastecimiento hortofrutícola regional.

Respecto del recurso hídrico, ésta misma fuente señala que el gran consumo de agua que requiere la minería ha afectado la producción de cultivos y a la fauna, también ha generado contaminación en algunos puntos de zonas costeras y reconoce que, el tema del agua constituye uno de los grandes desafíos ambientales de la región".

Gráfico 5

Evolución de la tasa de crecimiento del PIB del sector silvoagropecuario de la II Región

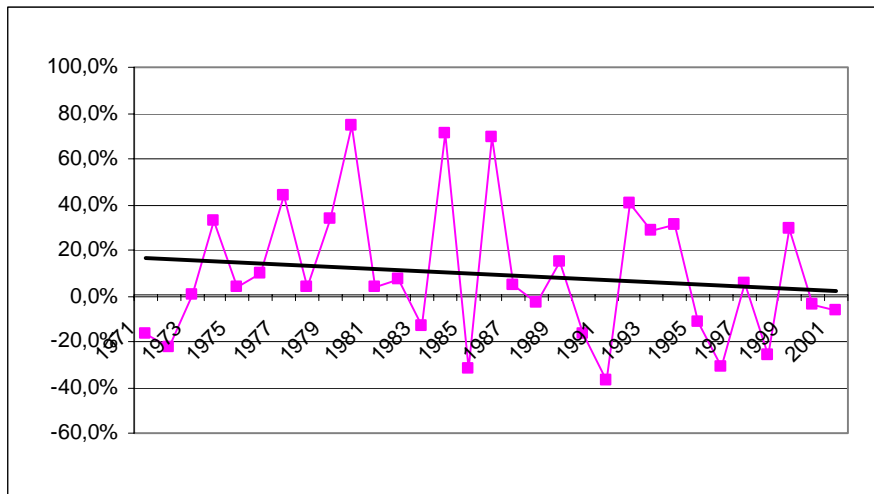


Fuente: Elaboración propia en base a datos Mideplan (2004).

En el caso de la pesca, en el último tiempo la industria de harina de pescado ha disminuido su producción claramente sensible a las fluctuaciones de los precios internacionales y la escasez de los recursos hidrobiológicos derivada de la sobre explotación de las especies o por los efectos de la Corriente del Niño (ERD 2000-2006). Las principales perspectivas de desarrollo en el ámbito de los recursos hidrobiológicos está en el desarrollo de la acuicultura.

Gráfico 6

Evolución de la tasa de crecimiento del PIB del sector pesca de la II Región



Fuente: Elaboración propia en base a datos Mideplan (2004).

A continuación, se pasa a analizar con mayor detalle la economía de la zona bajo estudio.

3.1 Economía de la cuenca del río Loa.

Desde un punto de vista territorial, la cuenca del río Loa coincide en la división político-administrativa nacional por comunas con las comunas de Calama y María Elena principalmente. La comuna de Calama, abarca la parte principal de la cuenca alta y media del río Loa, mientras que la comuna de María Elena abarca gran parte de la zona baja de la cuenca. La comuna de Tocopilla también abarca una parte de la cuenca, pero solo se trata de un tramo final del río hasta su desembocadura, el cual, además constituye, el límite con la primera Región. La parte de la cuenca que corresponde a la comuna de Tocopilla no presenta asentamientos humanos y no tiene mayor actividad económica, por lo cual, no se incluye en el presente análisis.

A continuación, se realiza un análisis de la actividad económica local de la cuenca presentando la información para cada comuna.

3.1.1 Comuna de Calama

La Comuna de Calama comprende una superficie de 15.597 km². y cuenta con una población estimada para el año 2002 de 138.402 habitantes que viven predominantemente en la zona urbana (Censo Poblacional INE, 2002).

3.1.1.1 Minería

La mayor parte de la actividad minera comunal se explica por la explotación de las minas de Chuquicamata y Radomiro Tomic, por parte de la división CODELCO Norte y además, por la presencia de Minera El Abra, cuyo detalle se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1

FAENAS MINERAS DE LA COMUNA DE CALAMA

| EMPRESA | FAENA | OPERACIÓN PROCESO | Y/O | PASTA |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----|---------------------|
| CEDRIC FERNANDEZ BOGDANIC | COLINA LARGA | MINA RAJO ABIERTO | | CARBONATO DE CALCIO |
| CODELCO CHILE DIVISION CHUQUICAMATA | MINA CHUQUI | MINA RAJO ABIERTO | | COBRE |
| CODELCO CHILE DIVISION CHUQUICAMATA | PLANTA SULFUROS | PLANTA MOL.-FLOT. | | COBRE |
| CODELCO CHILE DIVISION CHUQUICAMATA | PLANTA OXIDOS | PLANTA LIX.-PRECIP. | | COBRE |
| CODELCO CHILE DIVISION CHUQUICAMATA | PLANTA CATODOS | PLANTA LIX.-SX-EW | | COBRE |
| CODELCO CHILE DIVISION CHUQUICAMATA | FUNDICION Y REFINERIA | FUNDICION Y REFINERIA | | COBRE |
| CODELCO CHILE DIVISION RADOMIRO TOMIC | MINA RADOMIRO TOMIC | MINA RAJO ABIERTO | | COBRE |
| CODELCO CHILE DIVISION RADOMIRO TOMIC | PLANTA OXIDOS | PLANTA LIX.-SX-EW | | COBRE |
| SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA EL ABRA | MINA EL ABRA | MINA RAJO ABIERTO | | COBRE |
| SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA EL ABRA | PLANTA LIXIVIACION | PLANTA CHANC.-LIX | | COBRE |
| SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA EL ABRA | PLANTA CATODOS | PLANTA SX-EW | | COBRE |
| MINERA PORVENIR S.C.M. | TUINA | MINA RAJO ABIERTO | | COBRE |

Fuente: Ministerio de Minería. 2005.

La producción de CODELCO Norte es de unas 982.817 toneladas métricas de cobre fino con una pureza de 99,99 por ciento de cobre. También produce unas 24.271 toneladas métricas de contenido fino de molibdeno. Además, se obtienen otros subproductos, como barros anódicos y ácido sulfúrico (CODELCO, 2005¹⁵). La producción total de cobre de CODELCO, es de alrededor de 1,84 millones de tmf (2004), con lo cual la división CODELCO Norte reporta un cerca de 53% de la producción total de la empresa.

En el ejercicio 2004 la producción de CODELCO Norte implicó alrededor de 4.350 millones de dólares de ventas, con un margen de explotación de aproximadamente 84% dados los altos precios del cobre de los últimos años.

¹⁵ Fuente: CODELCO, por medio de sitio web al 21-07-05.

Cuadro 2

Precio del cobre (US\$/lb)

| Año | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|---------------------|------|------|------|------|-------|
| BML cátodos grado A | 82,3 | 71,6 | 70,6 | 80,7 | 130,1 |

Fuente: CODELCO, 2005.

La división CODELCO Norte genera empleo directo para 8.210 trabajadores (2004), junto con generar empleo indirecto en diversas empresas contratistas y de servicios.

Por su parte, minera El Abra empresa que inicia operaciones en 1995 y que actualmente es controlada por Phelps Dodge, pero en la cual CODELCO también tiene una participación importante. Esta empresa produce alrededor de 250 mil toneladas de cobre fino y emplea en forma directa a alrededor de 820 trabajadores (2003).

3.1.1.2 Actividad silvoagropecuaria

El río Loa y sus tributarios sustentan la actividad agropecuaria que se desarrolla principalmente en el oasis de Calama y en las comunidades indígenas de Chiu Chiu, Lasana, Aiquina y Caspana, entre otras. A continuación, se presentan cuadros con la información disponible de nivel comunal con el fin de caracterizar la actividad agropecuaria de la comuna de Calama.

En el Cuadro 3, se presenta la superficie dividida en los principales usos del suelo a nivel comunal. En este se aprecia que los suelos de cultivo se utilizan principalmente para barbecho y descanso y para praderas sembradas, el resto de los suelos agropecuarios se utiliza principalmente para la explotación de praderas naturales. Ello configura una actividad agropecuaria basada principalmente en la ganadería.

Cuadro 3
USO DEL SUELO AGROPECUARIO EN LA COMUNA DE CALAMA

| TIPOS DE SUELO | Hectáreas |
|--|------------------|
| TOTAL EXPLOTACIONES | |
| Número de predios | 774 |
| Superficie | 6.631,9 |
| SUELOS DE CULTIVO | 2.300,5 |
| Cultivos anuales y permanentes | 447,9 |
| Praderas sembradas perm. y de rotación | 608,3 |
| En barbecho y descanso | 1.244,3 |
| OTROS SUELOS | 4.331,4 |
| Praderas mejoradas | 84,1 |
| Praderas naturales | 2.951,3 |
| Plantaciones forestales | 40,8 |
| Bosques naturales y montes | 0,5 |
| De uso indirecto | 38,8 |
| Estériles (áridos, pedreg. y arenales) | 1.215,9 |

Fuente: VI Censo Nacional Agropecuario - Año 1997.

La importancia de la ganadería se confirma aún más por el hecho que gran parte de los suelos cultivados presenta especies forrajeras (Cuadro 4). Fuera de los cultivos asociados a la actividad ganadera, los cultivos más importantes son las hortalizas, las cuales están orientadas a abastecer la demanda local de Calama y de las demás ciudades de la Región e incluso se están enviando actualmente hasta la Cuarta Región.

Cuadro 4
SUPERFICIE TOTAL SEMBRADA O PLANTADA POR GRUPOS DE CULTIVOS EN LA COMUNA DE CALAMA

| ESPECIE | Hectáreas |
|---|----------------|
| Cereales | 16,2 |
| Chacras | 0,8 |
| Industriales | 0,0 |
| Hortalizas al aire libre e invernadero | 414,3 |
| Flores | 3,5 |
| Forrajeras anuales y permanentes | 608,3 |
| Frutales caseros y de plantación | 13,7 |
| Viñas y parronales | 0,0 |
| Viveros | 0,0 |
| Semilleros | 0,2 |
| Forestales | 40,8 |
| Total superficie cultivada (ha.) | 1.097,8 |
| Total superficie explotaciones comerciantes (ha) | 2.556,6 |

Fuente: VI Censo Nacional Agropecuario - Año 1997

En la comuna de Calama se encuentra un 38% de las existencias de ganado de la II Región, lo cual revela la importancia relativa de ésta actividad. Las principales especies son los ovinos, caprinos y camélidos andinos.

Cuadro 5
EXISTENCIA DE GANADO EN LAS EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS EN LA COMUNA DE CALAMA, POR ESPECIE

| ESPECIE | 1996/97 (Nº DE CABEZAS) | 2004/05 (Nº DE CABEZAS) |
|--|----------------------------|----------------------------|
| Bovinos | 314 | 217 |
| Ovinos | 6.283 | 6.886 |
| Porcinos | 1.381 | 1.265 |
| Equinos (caballares, mulares, asnales) | 699 | 1.095 |
| Caprinos | 2.364 | 2.903 |
| Camélidos (alpacas, llamas) | 1.716 | 2.871 |
| Total cabezas | 12.757 | 15.237 |

Fuente: VI Censo Nacional Agropecuario - Año 1997 y Censo Pecuario SAG 2004-2005.

La ganadería puede realizarse en base a suelos que reciben aportes hídricos desde el río Loa y sus afluentes en forma natural, como es el caso de las vegas y

bofedales¹⁶. Por otro lado, las actividades de cultivo requieren necesariamente de riego.

Los humedales, en sus formaciones de vegas y bofedales, han constituido el centro de la economía pastoril altoandina. El ciclo anual de pastoreo contempla una tipología de humedales de acuerdo a estacionalidad y tiempo de uso. El tiempo de uso se refiere al tiempo que el ganado puede permanecer en un lugar considerando la percepción de capacidad de carga que posea el pastor. En general, pastoreo en humedales suele estar asociado con técnicas de conducción y almacenamiento -canales y represas- del agua, con la finalidad de lograr, tanto la reproducción de las especies vegetales que lo conforman como la ampliación de la superficie¹⁷.

Por su parte, el Censo Nacional Agropecuario de 1997, reporta un total de 1.126 hectáreas regadas en la comuna, de las cuales sólo 42 hectáreas presentan sistemas de riego tecnificado, por lo cual, el riego más frecuente es el gravitacional. Ello, puede ser identificado como un indicador del desarrollo de una agricultura tradicional, lo cual se asocia a cultivos básicos y mercados locales. No obstante lo anterior, en la zona el uso de sistemas de riego tecnificado puede presentar la desventaja de aumentar la salinidad de los suelos en el caso de realizarse sin un adecuado control ni lavado de suelos. Sin perjuicio de lo anterior, el riego tradicional también puede conducir a una salinización si no se agrega una fracción de lavado.

Tal como se puede apreciar en el Cuadro 6, la infraestructura de distribución también es bastante básica.

Cuadro 6

Características de la infraestructura de riego de las principales localidades de la comuna de Calama

| Localidad | Número de canales | Características | Superficie regable (ha.) |
|------------------|--------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Lasana | 8 | Sin revestir | 100 |
| Chiu Chiu | 4 | s/i | s/i |
| Calama | 12 | Sin revestir y con revestimiento | 1600 |

Fuente: CNR (2002).

¹⁶ En la cuenca del río Loa, Castro (1993) detectó la existencia de 41 vegas y bofedales. Vale la pena comentar que este es un dato aproximado y no necesariamente corresponde a las identificadas por la fuente oficial, que es la DGA.

¹⁷ Milka Castro Lucic (1993). EL CAMPESINADO ALTOANDINO DEL NORTE DE CHILE.. DEPARTAMENTO DE ANTROPOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE CHILE. Actas del II Simposio Internacional de Estudios Altiplánicos 19 al 21 de Octubre de 1993, Arica, Chile.

Sin duda que los recursos hídricos son muy escasos para la agricultura y el aumento de su eficiencia de uso constituye un desafío tecnológico, ambiental y cultural, por lo cual, es un ámbito de trabajo fundamental para que la actividad agropecuaria de la comuna perdure. Junto con ello, uno de los grandes desafíos es optimizar el uso de los suelos con el fin de minimizar la salinización.

Un aspecto positivo para la agricultura comunal es el desarrollo de plantas de tratamiento de aguas servidas por parte de las empresas de servicios sanitarios, que podría posibilitar el desarrollo de superficies adicionales de cultivo agrícola en torno a Calama. Sin embargo, se trata de aguas que tienen un alto precio, por lo cual CNR (2000) determinó que la agricultura no tenía una alta capacidad de pago por ésta agua. No obstante lo anterior, en visita a terreno se pudo observar que la planta de tratamiento está entregando un porcentaje de sus aguas para su uso en cultivos agrícolas (entre 10 y 5% aproximadamente). Además, en la Resolución de Calificación Ambiental del proyecto "Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Calama", se sugiere al titular que a través de convenios u otros, permita que las aguas tratadas sean utilizadas en actividades agrícolas, por lo que esta posibilidad está abierta y se requieren realizar las gestiones pertinentes.

En general, la actividad agropecuaria de la comuna se caracteriza por ser de pequeña escala comercial (hortalizas) o de subsistencia (ganadería). En el caso particular de las comunidades agropecuarias de la Región de Antofagasta, existen antecedentes para señalar que el carácter "de subsistencia" no necesariamente proviene de la tradición o de una opción de vida que aleje a los productores del objetivo de una adecuada inserción en los mercados. En otras palabras, muchas veces las comunidades no tienen una fuerte inserción en los mercados porque así lo quieren sino porque están impedidos de lograrlo por diversos factores. De los antecedentes recopilados en terreno, se ha determinado que en muchos casos es justamente el recurso hídrico, tanto en calidad como en cantidad, el que impide una inserción más fuerte de las comunidades en los mercados, ya sea limitando el tipo de cultivo producido o aumentando el riesgo de la producción producto de la incertidumbre de abastecimiento hídrico. Asimismo, se ha determinado que con apoyo de las instituciones gubernamentales (INDAP, SAG y CONADI, entre otras) diversos productores han logrado una mayor inserción en los mercados regionales. Sin embargo, también se ha detectado que en algunos casos, la mala calidad del agua ha limitado el éxito de algunas iniciativas. Con todo, más que el factor clima, distancia o capacidad técnica se ha identificado que el factor agua es un elemento condicionante del éxito del proceso de fomento productivo en la zona.

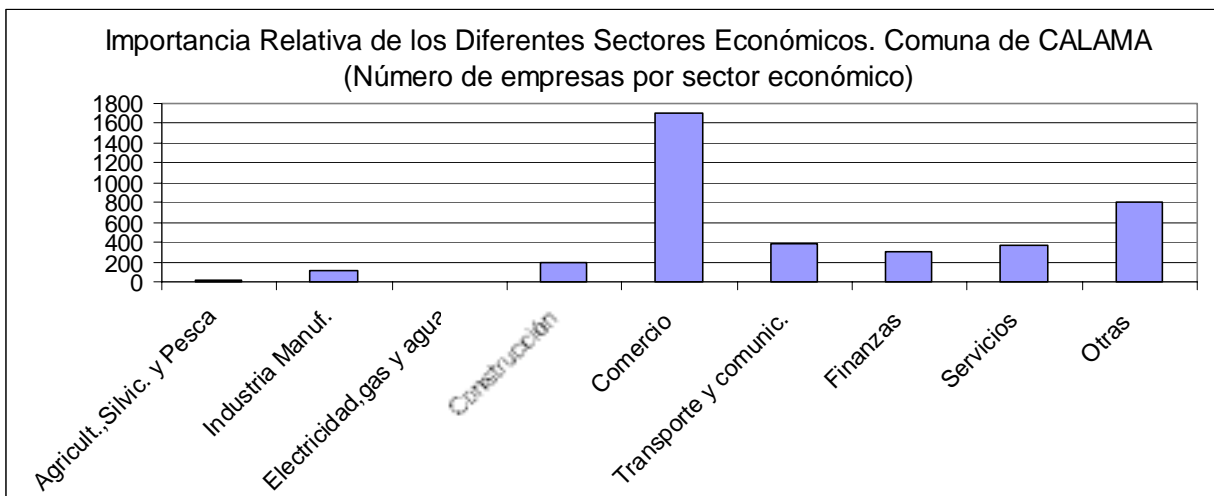
Según CONADI a la fecha existen 26 comunidades indígenas, 24 atacameñas y 2 quechuas, todas autónomas. La Asociación Consejo de Pueblos Atacameños reúne a 20 de ellas. El Sector Alto Loa reúne a siete de estas.

Con todo, según el VI Censo Nacional Agropecuario de 1997, la actividad agropecuaria genera empleo para 1.691 personas en la comuna, posibilitando la subsistencia de diversas comunidades rurales que en la región corresponden mayoritariamente a comunidades indígenas.

3.1.1.3 Otras actividades económicas

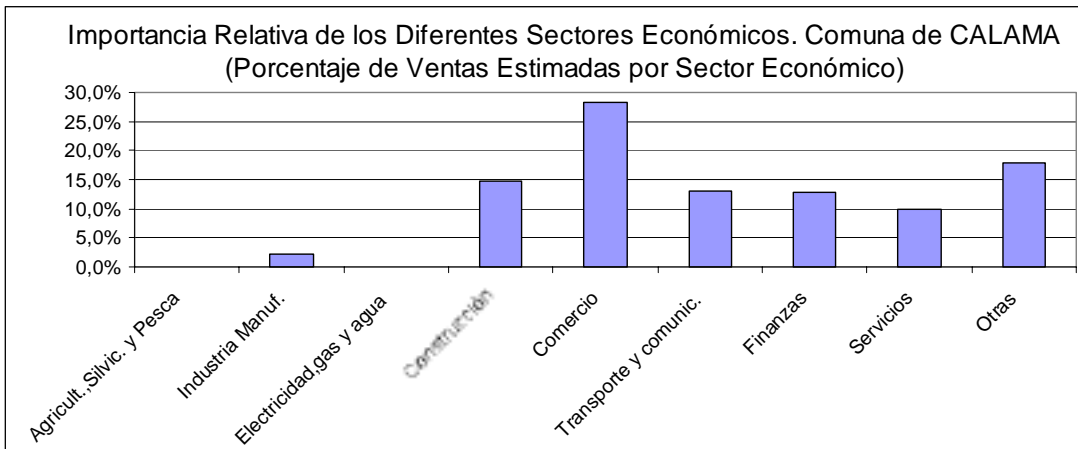
Tal como se puede apreciar en el Gráfico 7, fuera de la actividad minera, que no se presenta en el gráfico, la actividad más frecuente en la comuna es el comercio, el cual se realiza principalmente en la ciudad de Calama.

Gráfico 7



Fuente: elaboración propia en base a datos Mideplan (1998).

Gráfico 8



Fuente: elaboración propia en base a datos Mideplan (1998).¹⁸

A continuación, en el Cuadro 7, se presentan las ventas aproximadas de los otros sectores de la economía comunal, adicionales a la actividad minera y agropecuaria.

Cuadro 7

Ventas Anuales Estimadas por Sector de la Economía de las Empresas de la Comuna de Calama

| Sector | Total (MM\$ 1997 /año) |
|-----------------------------|------------------------|
| Industria Manufacturera | 5.543 |
| Construcción | 39.918 |
| Comercio | 76.045 |
| Transporte y comunicaciones | 35.406 |
| Finanzas | 34.534 |
| Servicios | 26.470 |
| Otras | 48.311 |
| Total | 266.269 |

Nota: los datos son estimativos puesto que se basan en información reportada indirectamente en base a número de empresas por rangos de ventas.

Fuente: Elaboración propia en base a datos Mideplan.

La preponderancia económica de la actividad minera se puede apreciar claramente al comparar las cifras de cuadro precedente con las cifras de la minería. Tal como se señaló anteriormente, en el ejercicio 2004 la producción de

¹⁸ La actividad agropecuaria que tiende a estar sub representada en la estadística presentada debido a que, por el esquema de tributación por renta presunta, la actividad agropecuaria no reporta ventas al Servicio de Impuestos Internos, desde cuya base de datos Mideplan elaboró la estadística presentada.

CODELCO Norte implicó alrededor de 4.350 millones de dólares de ventas, esto es unos 2.336.820 millones de pesos¹⁹.

Por su parte, respecto a la agricultura se pueden citar los datos de ventas estimadas de la actividad agrícola, cuyo cálculo detallado se presenta más adelante en este informe, el resultado de ello es de alrededor de 2.210 millones de pesos anuales.

3.1.2 Comuna de María Elena

La Comuna de María Elena cuenta con una población estimada para el año 2002 de 7.530 habitantes con la mayoría de sus habitantes en la zona urbana y se caracteriza por una tendencia a la disminución de su población (INE, 2002).

3.1.2.1 Minería

La actividad económica comunal se explica en gran parte por actividad minera, particularmente a la explotación del salitre. Las empresas más importantes son SQM, la Sociedad Minera de Chile y Procesos Mineros Ltda., con una planta de chancado, las cuales generan gran parte del empleo comunal.

Cuadro 8

FAENAS MINERAS DE LA COMUNA DE MARÍA ELENA.

| EMPRESA | FAENA | OPERACIÓN PROCESO | Y/O | PASTA |
|---------------------------------|----------------------------|---------------------|-----|---------|
| SOCIEDAD MINERA DE CHILE S.A. | MINA PEDRO DE VALDIVIA | ESCARPE SUPERFICIAL | | SALITRE |
| PROCESOS MINEROS LTDA | CHANCADO PEDRO DE VALDIVIA | PLANTA CHANC. | | SALITRE |
| SQM QUIMICOS S.A. | PLANTA PEDRO DE VALDIVIA | PLANTA LIX.-CONC. | | YODO |
| SQM NITRATOS S.A. | PLANTA PEDRO DE VALDIVIA | PLANTA EVAP.-CRIST. | | NITRATO |
| SOCIEDAD MINERA DE CHILE S.A. | MINA MARIA ELENA | ESCARPE SUPERFICIAL | | SALITRE |
| PROCESOS MINEROS LTDA | CHANCADO MARIA ELENA | PLANTA CHANC. | | SALITRE |
| SQM QUIMICOS S.A. | PLANTA MARIA ELENA | PLANTA LIX.-CONC. | | YODO |
| SQM NITRATOS S.A. | PLANTA MARIA ELENA | PLANTA EVAP.-CRIST. | | NITRATO |
| INDUSTRIA QUIMICA DEL YODO S.A. | PLANTA COYA SUR | PLANTA QUIMICA | | YODO |
| SQM QUIMICOS S.A. | PLANTA COYA SUR | PLANTA LIX.-CONC. | | YODO |
| SQM NITRATOS S.A. | PLANTA COYA SUR | PLANTA EVAP.-CRIST. | | NITRATO |

Fuente: Ministerio de Minería. 2005.

Las empresas SQM reportaron ventas por 788.516 millones de dólares y utilidades netas de 74.232 millones de dólares en el ejercicio 2004. Todo ello, sobre la base del caliche que se extrae de las minas ubicadas en Pedro de Valdivia, María Elena

¹⁹ Tipo de cambio interbancario 14.10.05.

y Pampa Blanca. El caliche se somete a procesos de chancado, lixiviación, evaporación y cristalización para obtener nitrato de sodio, nitrato de potasio, sulfato de sodio y yodo, que son los principales productos vendidos por la empresa.

3.1.2.2 Actividad silvoagropecuaria

La comuna de María Elena corresponde a la parte baja de la cuenca del Loa, en la cual las precipitaciones son más escasas que en la parte alta y donde el río Loa y su tributario, el río San Salvador son las principales fuentes de recursos hídricos.

Tal como se puede apreciar en el Cuadro 9, a 1997 existía una superficie de 127 hectáreas de uso agropecuario, lo cual revela la escasez de aguas y suelos para la producción. Adicionalmente, de las 127 hectáreas, 92 se reportan en barbecho y descanso, lo cual, según lo observado en terreno es un indicador de una compleja situación productiva puesto que no responde a prácticas normales.

Cuadro 9

USO DEL SUELO AGROPECUARIO EN LA COMUNA DE MARÍA ELENA

| TIPOS DE SUELO | Hectáreas |
|--|--------------|
| TOTAL EXPLOTACIONES | |
| Número de predios | 29 |
| Superficie | 127,8 |
| SUELOS DE CULTIVO | 115,3 |
| Cultivos anuales y permanentes | 1,0 |
| Praderas sembradas perm. y de rotación | 22,3 |
| En barbecho y descanso | 92,0 |
| OTROS SUELOS | 12,5 |
| Praderas mejoradas | 0,0 |
| Praderas naturales | 0,0 |
| Plantaciones forestales | 5,6 |
| Bosques naturales y montes | 0,0 |
| De uso indirecto | 1,2 |
| Estériles (áridos, pedreg. y arenales) | 5,7 |

Fuente: VI Censo Nacional Agropecuario - Año 1997.

En la práctica, la mayor parte de la superficie corresponde a especies forrajeras como la alfalfa que se utilizan posteriormente en la producción pecuaria.

Cuadro 10

| ESPECIE | 1996/97 (Nº de cabezas) | 2003 (Nº de cabezas) |
|--------------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Bovinos | 0 | S/I |
| Ovinos | 89 | 49 |
| Porcinos | 160 | 115 |
| Equinos (caballares,mulares,asnales) | 7 | S/I |
| Caprinos | 37 | 50 |
| Camélidos (alpacas,llamas) | 23 | S/I |
| Total cabezas | 316 | S/I |

Fuente: VI Censo Nacional Agropecuario - Año 1997 y Informe SAG 2003.

La actividad silvoagropecuaria de la comuna se desarrolla prácticamente en forma exclusiva en la localidad de Quillagua en el límite con la I Región y que se encuentra a 81 kilómetros de la ciudad de María Elena.

La situación histórica y demográfica de la población de Quillagua de las últimas cuatro décadas muestra una fuerte tendencia a la baja con tasa de crecimiento negativo, debido a la fuerte presión migratoria generada por las escasas expectativas de desarrollo económico en la localidad y la contratación de obra de mano joven y adulta por parte de las empresas de la minería o de servicios (Bustos, 2001)²⁰.

Cuadro 11

Evolución de la población de la localidad de Quillagua.

| AÑO | Número de HABITANTES |
|------|----------------------|
| 1960 | 445 |
| 1970 | 625 |
| 1982 | 203 |
| 1992 | 190 |
| 2002 | 102 |

Fuente: Elaboración propia en base a Bustos (2001) y a Censos Poblacional INE 2002.

²⁰ Alejandro Bustos C. 2001. Impacto Socioeconómico del Deterioro Agrícola en Quillagua (II región, Chile). Cuarto Congreso Chileno Antropología 19 al 23 de noviembre 2001 Campus Juan Gómez Millas de la Universidad de Chile.

Bustos (2001) realizó un análisis sobre el contexto agropecuario de Quillagua llegando a la conclusión de que la actividad enfrenta una situación de crisis producto de los problemas de abastecimiento de agua para riego, tanto por problemas de calidad como de cantidad. "La actividad agropecuaria de Quillagua basada en predios en su mayoría de propiedad familiar de escasa productividad ha sufrido en los últimos años un fuerte proceso de desintegración comunitaria al no existir expectativas de nuevas alternativas de producción agrícola que ha tenido como consecuencia el abandono de las tierras agrícolas, una disminución de los recursos forestales, el aumento del proceso de desertificación y un empobrecimiento rural generalizado".

Además, señala que "en ésta localidad el aumento de la salinidad de los suelos es mayor que en el curso superior y medio del río Loa. Los niveles freáticos en el curso inferior se encuentran muy superficialmente, lo que se refleja en un nivel salino más alto afectando notablemente a los cultivos."

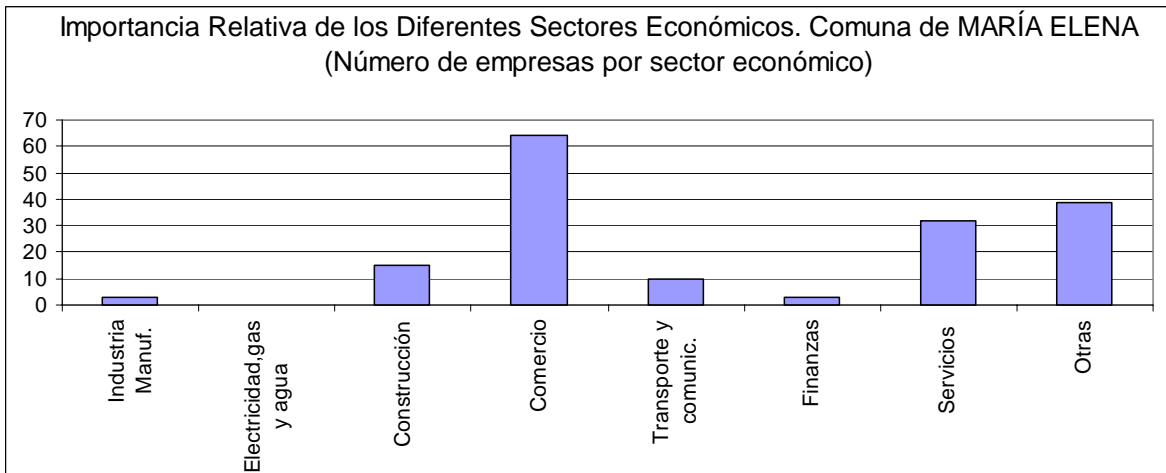
La realidad socioeconómica y cultural de Quillagua es diferente a la de las localidades de la parte alta de la cuenca del Loa, si bien ha estado habitada desde tiempos precolombinos, tuvo una fuerte transformación en la época de explotación del salitre como centro de producción de forraje para los animales de tiro utilizados en las faenas mineras antiguas. Además, tuvo un emplazamiento importante por contar con estación de tren y por estar adyacente a la Ruta 5. Todos esos factores generadores de actividad han desaparecido puesto que la explotación del salitre ya no requiere alimentos para animales, el tren ha disminuido su importancia, y además, ha quedado fuera del eje norte sur porque se le ha construido un By-pass en la Ruta 5, con lo cual, la localidad ha sufrido una fuerte pérdida de protagonismo.

Con todo, la producción agropecuaria de la localidad es muy baja. Para dar un orden de magnitud de ello, se puede señalar que 22,3 hectáreas de alfalfa generan ventas anuales del orden de 13 millones de pesos al año.

3.1.2.3 Otras actividades económicas

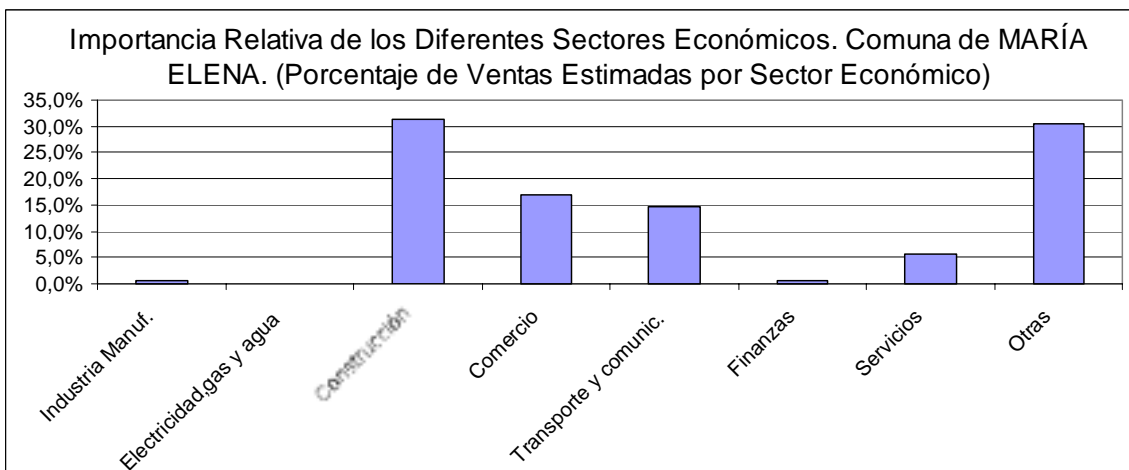
Respecto de las otras actividades económicas en la comuna, se puede señalar que el comercio y los servicios tienen una posición de relevancia importancia, tal como se puede apreciar en el Gráfico 9 y el Gráfico 10.

Gráfico 9



Fuente: elaboración propia en base a datos Mideplan (1998).

Gráfico 10



Fuente: elaboración propia en base a datos Mideplan (1998).

No obstante, la minería constituye claramente la principal actividad económica de la comuna, puesto que tal como se señala precedentemente las empresas SQM generan ventas por 788.516 millones de dólares, mientras que de los datos presentados en el Cuadro 10, se derivan ventas del resto de los sectores de la economía comunal de solo 18 millones de dólares, que corresponde actividad derivada de abastecer las necesidades de la población local, principalmente, en María Elena.

Por su parte, tal como se ha señalado previamente, la actividad del sector agropecuario realizada en la localidad de Quillagua, generaría ventas de un orden de magnitud menor.

4 Caracterización general de la problemática de calidad de aguas en la cuenca del Loa

4.1 Principales elementos que afectan la calidad de las aguas

El río Loa tiene una serie de características que determinan que la problemática de calidad de aguas sea particularmente compleja. Algunas de sus principales características son las siguientes:

- Existen, a la vez, aportes naturales y aportes antrópicos de elementos biotóxicos
- Los aportes antrópicos ocurrirían, en la forma de emisiones difusas puesto que no existen emisiones puntuales significativas.
- Existe una fuerte interrelación entre la calidad de las aguas superficiales y las aguas subterráneas.
- Existe una importante acumulación de elementos que afectan la calidad de las aguas, tanto sobre el territorio de la cuenca como en los sedimentos del cauce y en los embalses de regulación.
- Existe y ha existido históricamente una fuerte demanda de uso industrial, minero y para agua potable sobre las aguas, la cual determina que la cantidad de recursos que fluyen por el río tiendan a ser cada vez menores.
- Existe una relación entre disminución de cantidad y calidad, en el sentido que mientras más es la cantidad de agua extraída para los diversos usos mayores son las concentraciones de diversos compuestos que afectan la calidad de las aguas.
- No obstante lo anterior, además existe una relación inversa entre los aumentos de caudal y la calidad del agua. En particular, durante el fenómeno denominado “Invierno Altiplánico” que ocurre en los meses de verano, particularmente en los meses de Febrero o Marzo, en vez de una dilución de elementos químicos, se produce un aumento significativo de la presencia de químicos. Ello, produce episodios críticos de mala calidad de aguas. Esto, se debería a un fenómeno complejo que estaría asociado tanto a aportes difusos en la cuenca como a la remoción de sedimentos ricos en elementos tóxicos en los embalses y, probablemente, también en la caja del río.

Todo lo anterior, configura un cuadro bastante complejo para la gestión de la calidad de aguas en la cuenca. A continuación, se pasa a revisar en mayor detalle la situación general de la calidad de las aguas del río Loa.

En términos resumidos, los metales pesados constituyen el problema ambiental más importante del ecosistema del Loa, el cual presenta un acelerado proceso de propagación. El impacto tiene orígenes geogénicos y antrópicos²¹.

Los elementos más frecuentemente mencionados como críticos en la cuenca son el Arsénico y el Boro. Sin embargo, no son los únicos, puesto que se han descrito niveles elevados de una serie de otros parámetros de calidad. A continuación, se presenta un resumen de las conclusiones establecidas en una serie de fuentes consultadas que permiten ilustrar en forma resumida los problemas de calidad de la cuenca del río Loa.

En el estudio DGA (2004)²², fuera de los problemas de arsénico y boro, se menciona la conductividad eléctrica, cobre, molibdeno y aluminio como parámetros que se encuentran presentes en todos los cauces de la cuenca. Además, se llega a la conclusión que los siguientes parámetros presentan una calidad peor que la clase 3 en, al menos, uno de los tramos de la cuenca:

- Conductividad eléctrica
- pH
- RAS
- SD
- SST
- Cl⁻
- SO₄²⁻
- CN⁻
- NO₂⁻
- S²⁻
- HC
- Mn
- Zn
- Sn
- Hg

Vale la pena destacar que el proceso de elaboración del anteproyecto de norma que es sujeto de análisis del presente documento²³ involucró una revisión exhaustiva de cada parámetro para determinar los valores de la norma. En dicho

²¹ Román Silva, Domingo. LA CUENCA DEL LOA UN ECOSISTEMA EN RIESGO Y SU PROPAGACIÓN. 2000, citando a Davydova (1999). 1er Simposio sobre Medio Ambiente "Gestión Ambiental e Investigación en Metales Pesados en el Norte de Chile", CREA – Universidad de Antofagasta, 14 – 16 Diciembre de 2000.

²² DGA (2004). DIAGNOSTICO Y CLASIFICACION DE LOS CURSOS Y CUERPOS DE AGUA SEGUN OBJETIVOS DE CALIDAD. CUENCA RIO LOA. Diciembre de 2004. Elaborado por Cade - Idepe.

²³ Versión 2 del "BORRADOR ANTEPROYECTO NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS DEL RÍO LOA." recibido con fecha 7 de Julio de 2005 (el cual se adjunta como anexo al final del presente documento).

proceso, se detectó que en algunos casos la información sobre los parámetros citados previamente requería ciertos ajuste o no se contaba con suficiente información como para afirmar en forma certera que no cumplieran con la clase 3 de la Guía CONAMA. Ello implica ajustar a la baja la lista de parámetros presentada precedentemente. En particular, en CN⁻ se detectó que los datos eran insuficientes. En pH se detectó que todos los valores estaban dentro del rango 6,5 a 8,5, rango establecido para todas las clases. Para SST, Zn y Hg no se detectaron valores en clase inferior a 3 y en Sulfuros se detectó inconsistencia en las unidades y valores. En definitiva, la versión 2 de anteproyecto denomina con el símbolo " 3* " a aquellos parámetros o elementos cuyas concentraciones, rangos o unidades naturales exceden el umbral de la clase de calidad 3. Para mayor detalle, se puede consultar el anteproyecto en los anexos del presente documento.

Adicionalmente, el estudio DGA (2004) estima las siguientes consideraciones en torno a los factores antrópicos y naturales incidentes en la calidad de las aguas en la cuenca:

- "En general, la calidad natural del río es clasificada como de regular a mala calidad, donde exceden la clase de excepción los metales como el cobre, cromo, molibdeno, boro, aluminio, los sólidos disueltos y conductividad eléctrica.
- La parte media de la cuenca posee actividad minera importante cuyos efectos antrópicos han cambiado la calidad natural, las que sumadas a las lixiviaciones naturales de las franjas metalogénicas han ocasionado presencia de metales como el cobre, hierro y cromo.
- Los factores incidentes en la calidad del agua de la cuenca se pueden dividir en tres zonas geomorfológicas: Altiplano, zona media y desierto: En el Altiplano predominan los factores climáticos y litológicos, en la zona media los efectos de la franja metalogénica F-8, y en la zona de desierto el efecto del suelo rico en componentes inorgánicos.
- La calidad natural de los tributarios de la parte media y alta de la cuenca, presenta gran cantidad de metales e iones en solución, los que son de origen natural y cuyo origen está influenciado especialmente por la franja metalogénica F-8.
- La existencia de dos franjas metalogénicas F-8 y F-7 son las grandes modificadoras de la calidad natural en la cuenca, en lo referente a metales.
- El río Salado provoca una alteración importante en la calidad natural del río Loa debido a que en él existen suelos salinos y surgencia de aguas.
- Existen varias recargas de aguas subterráneas en el río Loa que modifican significativamente la calidad natural del río Loa.
- La existencia de tranques (Santa Fe y Sloman) modifican la calidad natural del agua del río, introduciendo disminución del oxígeno disuelto, y provocando un aumento de metales e iones concentrados en los sedimentos de estos tranques.
- La alta radiación solar contribuye de manera activa a concentrar la mayoría de los parámetros de calidad"

En forma previa al estudio citado precedentemente, se han realizado diversos informes sobre los episodios críticos de mala calidad de aguas del río Loa, los cuales son importantes puesto que son los que han provocado impactos más críticos sobre los sectores usuarios, la población y el ecosistema. Al respecto, Román y Valdovinos (2001)²⁴ señalan que "el río Loa ha sido afectado por episodios que han alterado las características físicoquímicas de sus aguas (citando a Arroyo et al, 1999). Estos episodios ocurrieron en Marzo de 1997 y febrero del 2000. El fenómeno coincidió con el llamado invierno Altiplánico y se caracterizó por un aumento considerable del caudal del río. El episodio del año 2000, se comenzó a observar notoriamente algunos kilómetros aguas abajo de la junta de los ríos Loa y San Salvador, en el sector denominado Balneario María Elena, extendiéndose desde este sector por más de 150 kilómetros hasta la desembocadura del río Loa en el Océano Pacífico. A diferencia del fenómeno de 1997, en año 2000, no se registró muerte de peces e invertebrados en el río. Estos fenómenos afectaron significativamente las actividades agropecuarias que se desarrollan en la cuenca del río Loa, anteriormente descritas. También fue afectada la zona costera adyacente a la desembocadura del río Loa, en la que se desarrolla una importante extracción de recursos marinos gran parte destinado al consumo humano".

Debido a la imposibilidad de atribuir el fenómeno a causas puntuales, a la presencia de aportes naturales de elementos tóxicos y a la evidencia analítica que daba cuenta de la presencia de compuestos orgánicos xenobióticos, la búsqueda de factores causantes del problema no resultó sencilla. Finalmente, H. Román y C. Valdovinos (2001) llegan a la conclusión que "la cuenca del río Loa se encuentra antropogénica y significativamente intervenida por una serie de actividades industriales que la utiliza de diversa forma. De acuerdo a las sustancias contaminantes orgánicas xenobióticas encontradas en distintos puntos del curso del río Loa y a sus concentraciones, se puede concluir que el fenómeno obedece a una contaminación de origen antropogénico. La cual en su manifestación visual y organoléptica es gatillada por un fenómeno natural como lo es la crecida del río originada por las lluvias estivales del altiplano. El deterioro progresivo del río desde su parte superior hacia aguas abajo es constante a lo largo del año, es decir no existen diferencias entre las crecidas y los periodos normales salvo en la magnitud de las concentraciones de los contaminantes inorgánicos, los que se elevan significativamente en los períodos de crecida".

Coincidentemente, D. Román (2000)²⁵ llega a la conclusión que "el ecosistema de la cuenca del Loa está sometido a un estrés medioambiental crónico, cuya

²⁴ Hugo Román y Carlos Valdovinos. UNA APROXIMACIÓN AL ESTUDIO INTEGRAL DE LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO LOA, II REGIÓN, CHILE. PERÍODO MARZO 1997 – FEBRERO 2000. En: III ENCUENTRO DE LAS AGUAS Santiago – Chile, Octubre 2001.

²⁵ Domingo A. Román Silva. (2000) LA CUENCA DEL LOA UN ECOSISTEMA EN RIESGO Y SU

manifestación macroscópica se revela con el fenómeno climático denominado "Invierno Altiplánico", el cual sólo pone de manifiesto la resultante vectorial de varias componentes antrópicas, en que la actividad minera es la más importante".

En la misma línea de pensamiento, Bembow y Rojas (2005)²⁶ citando a Romero (2003) señalan que "se han observado remobilizaciones altamente contaminantes importantes asociadas a eventos puntuales de lluvia en exceso durante los años 1997, 2000 y 2001, constituyéndose en el mayor riesgo ambiental. Durante estos eventos el retrabajamiento de sedimentos contaminados y de desechos mineros abandonados en grandes cantidades a lo largo y cerca del lecho del río en especial donde hay acumulaciones artificiales de sedimentos como ocurre en los tranques Sloman y Santa Fe, existe un gran peligro potencial que puede afectar la cuenca aguas abajo e incluso el litoral, después de la desembocadura."

Adicionalmente, se mencionan en diversos casos relaciones entre aspectos de cantidad y calidad de aguas. Por ejemplo, Bembow y Rojas (2005) señalan que la cada vez más baja capacidad de dilución del río genera mayores problemas de calidad. En particular, que "es una realidad que los cursos menos afectados por contaminantes son aquellos de los tramos Loa-1 (inicio del río), San Pedro-1 y Toconce-1. Por ello, obviamente las mayores captaciones / aducciones de agua para fines absolutamente necesarios tales como el uso doméstico e industrial provienen desde estos sectores. Sin embargo, con el fin de al menos mantener las malas condiciones hidroquímicas actuales del río Loa es necesario que se restrinjan al mínimo nuevas captaciones/abducciones de agua ya sea desde los cursos o acuíferos, los cuales podrían provocar una disminución aun mayor de la recarga al río produciendo una mayor concentración de los parámetros, especialmente hacia la zonas media e inferior".

En definitiva, la cuenca es pobre en su capacidad de asimilación de nuevos aportes tóxicos, puesto que se encuentra saturada y es pobre en recursos hídricos puesto que las extracciones concentrarían los elementos presentes.

4.2 Principales manifestaciones de impactos por problemas de calidad

4.2.1 Sector agropecuario

PROPAGACIÓN. Laboratorio de Química Inorgánica, Bio-Inorgánica y Analítica Ambiental. Departamento de Química, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Antofagasta. 1er Simposio sobre Medio Ambiente "Gestión Ambiental e Investigación en Metales Pesados en el Norte de Chile", CREA – Universidad de Antofagasta, 14 – 16 Diciembre de 2000.

²⁶ Marisol Bembow y Constanza Rojas (2005). INFORME FINAL "APOYO PROFESIONAL PARA LA GENERACIÓN DE INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA EN EL MARCO DE LA ELABORACIÓN DE LA NORMA SECUNDARIA PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS DEL RÍO LOA". Departamento de Ciencias Geológicas. UNIVERSIDAD CATOLICA DEL NORTE. Realizado para CONAMA II Región. 10 de Marzo, 2005.

Los principales impactos derivados de la mala calidad de las aguas que se pueden producir sobre cultivos son disminuciones de rendimiento, pérdida de cosechas, disminuciones de la diversidad de especies cultivables y cambios en la calidad e inocuidad de los alimentos producidos. Por su parte, en el caso del ganado, los principales impactos pueden ser desde la disminución de la ganancia de peso, problemas de salud animal hasta la muerte de animales por ingesta de aguas con altos niveles de elementos tóxicos.

Dado que la presencia de elementos tóxicos en la cuenca del Loa se explica, en parte, por aportes naturales, en general, los cultivos de la cuenca pueden estar seleccionados en forma histórica por su relativa tolerancia a la presencia de sales y elementos como el arsénico y el boro.

Por otro lado, en cuanto a la cría de ganado, ésta se realiza más bien de manera tradicional, por lo cual, las tasas de ganancia de peso no son factores de competitividad para insertarse en el mercado, si bien influyen en las posibilidades de subsistencia de la población rural²⁷.

A continuación, en el Cuadro 12 se presentan niveles de tolerancia de los cultivos a diferentes parámetros de calidad.

Cuadro 12

Niveles de tolerancia de los cultivos a diferentes parámetros de calidad

| Nivel de tolerancia de diferentes cultivos a la salinidad | |
|--|---|
| Nivel de tolerancia | Cultivos |
| Tolerantes | Espárrago, cebada, betarraga, palma datilera |
| Moderadamente Tolerantes | Acelga, alcachofa, pepino dulce, betarraga hortícola, zapallo, olivo, trigo, gramíneas, clavel, higuera, gladiolo |
| Moderadamente sensibles | Maíz, melón, ají, lechuga, tomate, pimentón, papa, haba, arveja, vid, alfalfa |
| Sensibles | Frejol, cebolla, peral. |
| Nivel de tolerancia al sodio | |
| Tolerante | Alfalfa, betarraga |
| Semi tolerante | Cebolla, trigo, lechuga y haba |
| Sensible | Maíz y peral |
| Nivel de tolerancia al boro | |
| Muy tolerantes | Espárrago |
| Tolerantes | Alfalfa, betarraga y tomate |
| Moderadamente tolerantes | Repollo, maíz, apio, alcachofa, zapallo, melón y lechuga |
| Moderadamente sensibles | Arveja, papa y pimentón |

²⁷ Al respecto, se averiguó en terreno que en la localidad de Quillagua no se les puede suministrar agua del río a los animales debido a que pueden incluso morir.

| | |
|--------------------------|-------------------------------|
| Sensibles | Ajo, trigo y haba |
| Extremadamente sensibles | Peral, higuera, vid y cebolla |

Fuente: CNR (2000) citando datos FAO.

Tal como se puede observar en el Cuadro 12, si bien teóricamente debiera haber una cierta tendencia a una selección natural de las especies resistentes se puede observar que especies importantes en las partes altas de la comuna de Calama, como el maíz y la lechuga son moderadamente sensibles a la presencia de sales. Asimismo, el peral que es una de las especies frutales más frecuentes en las zonas altas (Caspana) está clasificado como sensible al sodio y extremadamente sensible al boro. La excepción a esta aparente contradicción es la alfalfa, que figura como tolerante al boro y al sodio, y de hecho es el cultivo más frecuente en toda la cuenca.

La aparente contradicción en la selección de los cultivos puede deberse a que estos se seleccionan más bien en función de la demanda de los mercados locales y a los usos y costumbres de los agricultores, más que a la tolerancia a la presencia de sales. Esto deja abierta una posibilidad de mitigación de los efectos de la calidad de las aguas en base a la migración hacia cultivos más tolerantes, siempre y cuando, la demanda de los mercados locales entregue señales de precios que posibiliten el cambio.

En cuanto al impacto en los rendimientos de los cultivos, estos van disminuyendo prácticamente en forma lineal a medida que se aumenta la salinidad en el agua de riego y en el sustrato saturado de suelo. (CNR, 2000).

Dada la presencia de arsénico en las aguas de la cuenca del Loa y al hecho que la ingesta de este elemento se asocia a trastornos cardiovasculares, efectos adversos en la piel, cáncer a la piel y también cáncer al riñón, vejiga, hígado y pulmón, resulta de primera importancia para la salud de la población local evaluar la presencia de este elemento en los alimentos.

En el estudio CNR (2000)²⁸, se analizó la bibliografía disponible sobre el tema llegándose a las siguientes conclusiones sintéticas de la literatura analizada:

- La presencia de arsénico en los vegetales está relacionada con el nivel en que se encuentra en las aguas de riego y en el suelo.
- En 1993, en estudios realizados por Fundación Chile para CODELCO en las localidades de la comuna de Calama se tomaron muestras de vegetales de los cultivos más representativos, junto con muestras de suelo y de agua de riego. Tomando como referencia los estándares del Reglamento Sanitario de los Alimentos (MINSAL, 1982) que indican un máximo de 1 y 0,12 ppm de arsénico para alimentos sólidos y líquidos respectivamente, se

²⁸ CNR (2000). Diagnóstico y Propuesta de Fomento a la Agricultura Regada en la II Región. Elaborado para la Comisión Nacional de Riego y el Gobierno Regional de la II Región por el consorcio consultor Geofun-Procivil.

llegó a la conclusión que en todos los casos menos uno se superaban dichos límites en el caso de las muestras de follaje de cultivos.

- En el grupo de vegetales de grano en ningún caso se superó el estándar citado.
- En el caso de los vegetales de bulbos o raíces se detectaron niveles superiores a la norma sólo en el caso de la betarraga, a pesar de provenir de suelos clasificados como de niveles bajos y medios de arsénico.
- Distintas especies vegetales tienen diferentes habilidades para absorber y acumular arsénico.
- Distintos cultivares o ecotipos tienen diferentes habilidades para absorber y acumular arsénico.
- La cantidad de arsénico presente en una especie depende de la cantidad acumulada en el suelo.
- El arsénico no alcanza a moverse desde las hojas a los granos y aunque el suelo sea arsenical las especies estudiadas traslocan sólo pequeñas cantidades de arsénico a los frutos y semillas.

Por lo tanto, la información disponible indica que para minimizar los impactos a la agricultura local y los potenciales impactos a la salud de la población se debería priorizar el cultivo de especies resistentes a la salinidad y al boro, y a la vez especies que no acumulen altos niveles de arsénico en el producto final tal como especies de grano y en menor medida bulbos. En particular, especies tales como: alfalfa, maíz, palma datilera, trigo, cebada y tomate. Sin embargo, las prácticas de los agricultores sólo coinciden con lo recomendado por los antecedentes experimentales con la alfalfa y el maíz. Además, las hortalizas que se cultivan en las localidades altas de la comuna de Calama se desarrollan gracias a que las aguas de esas zonas tienen niveles significativamente menores de sales.

4.2.2 Impactos sobre la población

Los efectos de la mala calidad de las aguas, tanto de origen natural como antrópica son complejos puesto que se ven influidos por una serie de fenómenos.

Por un lado, los pueblos originarios presentarían un cierto grado de tolerancia a los elementos tóxicos naturales a pesar de manifestar signos crecientes de lesiones cutáneas en función de los niveles de concentración de las aguas de bebida. Ello ha sido establecido por Sancha et. al. (1993)²⁹ en un estudio con poblaciones locales que tuvo una duración de tres años y que abarcó una muestra de la población de las localidades de Ayquina, Camar, Caspana, Cupo, Chiu-Chiu, Lasana, Peine, Río Grande, San Pedro de Atacama, Socaire, Talabre, Toconao y

²⁹ Sancha, A. M., F. Vega, S. Fuentes, H. Venturino, A.M. Barón y A. M. Salazar (1993). EXPOSICIÓN AL ARSÉNICO DE LA POBLACIÓN ATACAMEÑA. En Actas del II Simposio Internacional de Estudios Altiplánicos. Desde el 19 al 21 de Octubre de 1993. Arica. Publicado por el Depto. de Postgrado y Postítulo, Vicerrectoría Académica y Estudiantil en 1997.

Toconce. En éste, se tomó una población con características similares en cuanto a dieta, estilo de vida y características socio-demográficas y se determinó la concentración de arsénico en las fuentes de agua de la población, usándose este antecedente para clasificarla en tres grupos de concentración. Luego, se analizó la prevalencia de lesiones cutáneas para cada uno de los tres grupos observándose una clara relación en términos crecientes de la exposición - respuesta entre concentración de arsénico en el agua de consumo y frecuencia de lesiones dérmicas. Sin embargo, el estudio clínico reveló que el único signo de arsenicismo en la población atacameña era la presencia de placas leucomelanodérmicas en grado variable de acuerdo al nivel de Arsénico del agua de consumo, por lo cual, se menciona que la escasez de efectos observados en la salud de la población atacameña puede ser explicada por diferencias en la susceptibilidad a los efectos del Arsénico debido a una mayor capacidad de detoxificación que puede estar influenciada por factores genéticos, dietéticos o de estilo de vida.

Por otro lado, las aguas y alimentos con altos contenidos de arsénico no son las únicas fuentes de exposición de la población regional a este elemento, por cuanto, existe presencia de arsénico en el aire producto de las emisiones de fundiciones y producto de la dispersión de material particulado en suspensión desde los suelos del desierto por los vientos. Por ello, no es fácil determinar cuanto de los efectos en la salud de la población se deben a la mala calidad de las aguas.

D. Román (2000)³⁰, en base a datos del Servicio de Salud de Antofagasta, señala que la Segunda Región se caracteriza porque "el cáncer bronco-pulmonar presenta la más alta incidencia del país, llegando a triplicar el promedio nacional. En la ciudad de Antofagasta fue la primera causa de defunción en 1994, y en la Región la segunda causa después del infarto al miocardio. El cáncer vesical en la Región presenta una incidencia cuatro veces mayor que el promedio nacional y junto al cáncer renal contribuyen a que la II Región tenga una de las incidencias de cáncer más altas del país. Los tumores constituyen la primera causa de consulta en el policlínico de especialidades del Hospital Regional de Antofagasta". Además, cita a Smith et. al. en el sentido que en "un reciente estudio se ha encontrado que el impacto de As sobre la mortalidad en la II Región es la más grande que a la fecha se haya informado por exposición a un carcinógeno en cualquier otra parte". Además, señala que "es importante dejar en claro que el problema del impacto del As es sólo el más conocido y está ampliamente acreditado en la literatura. Sin embargo, varios otros metales pesados pueden estar impactando la calidad de vida de mineros y habitantes de la cuenca del Loa".

³⁰ Domingo A. Román Silva. (2000) LA CUENCA DEL LOA UN ECOSISTEMA EN RIESGO Y SU PROPAGACIÓN. Laboratorio de Química Inorgánica, Bio-Inorgánica y Analítica Ambiental. Departamento de Química, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Antofagasta. 1er Simposio sobre Medio Ambiente "Gestión Ambiental e Investigación en Metales Pesados en el Norte de Chile", CREA – Universidad de Antofagasta, 14 – 16 Diciembre de 2000.

La mala calidad de las fuentes de agua potable ha debido enfrentarse con la instalación de cuatro plantas de tratamiento de remoción de As del agua para entregar a la población del norte de Chile un agua para consumo con niveles de arsénico de acuerdo a las recomendaciones internacionales. Sin embargo, D. Román (2000) señala que aún así en trabajos recientes se detectan resultados similarmente adversos.

5 Análisis general del impacto económico y social del anteproyecto de norma

5.1 Análisis del anteproyecto

El anteproyecto de norma que se ha tenido a la vista para el análisis corresponde a la versión 2 del "BORRADOR ANTEPROYECTO NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS DEL RÍO LOA." recibido con fecha 7 de Julio de 2005. Este se adjunta como anexo al final del presente documento.

Es importante señalar que el proceso de elaboración del anteproyecto es dinámico y aún no se encuentra zanjado, por lo cual, en forma posterior a la fecha del presente informe este puede experimentar modificaciones. No obstante, el presente documento intenta establecer recomendaciones que puedan tener vigencia a pesar que el anteproyecto experimente ciertas modificaciones.

Al analizar el anteproyecto, lo primero que se puede ver es que éste fija valores críticos específicos para cada uno de los parámetros a normar, los cuales en conjunto no necesariamente equivalen a una misma clase de calidad objetivo. Originalmente en la "GUIA CONAMA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LAS NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUAS CONTINENTALES SUPERFICIALES Y MARINAS³¹" se establecía una propuesta de clases comunes donde se optaba por una clase para todos los parámetros a la vez. En otras palabras, para cada área de vigilancia, se ha optado por un enfoque parámetro - específico en vez de un enfoque de clases rígidas. Este es un importante cambio en el enfoque normativo que vale la pena analizar con más detalle.

En términos generales, la opción normativa tomada responde a una estrategia que busca impedir que se generen espacios para el empeoramiento de la calidad en las aguas del río Loa.

De optar por el sistema de clases, se opta en bloque por un valor crítico para una serie de parámetros al mismo tiempo. Desde el momento en que existen parámetros más restrictivos que otros, al optar por una clase apropiada para un parámetro en particular y fijar los demás en el nivel de una clase en particular, se genera el espacio para el empeoramiento futuro de la calidad de aguas en aquellos parámetros inicialmente menos críticos. Esto, pues tal como se ha señalado previamente, el sistema de clases de calidad actúa en bloque.

³¹ Documento CONAMA.

En el caso del río Loa, en el que existen la presencia natural de elementos como el arsénico, el boro y muchos otros minerales, la adopción del sistema de clases corre el riesgo de generar espacios para el empeoramiento de la calidad en parámetros menos críticos.

Por ello, se ha optado en primera instancia por fijar para cada parámetro un nivel particular que puede pertenecer al rango de algunas de las clases definidas en la Guía CONAMA o incluso a consecuencia de la estimación de calidad natural pueden haber parámetros o elementos que excedan el umbral de la clase de calidad 3 de la Guía CONAMA.

En conclusión, la propuesta normativa tiene la estrategia de no permitir el empeoramiento futuro a consecuencia de una elección de una clase en particular. Es importante destacar que ésta opción normativa está contenida en las alternativas planteadas por la Guía CONAMA puesto que ésta señala que "en el proceso de dictación de la norma secundaria de calidad para cada área de vigilancia, los valores de concentración de los elementos o compuestos que se proponen en la Guía, podrán ser modificados sobre la base de la calidad natural y de los criterios sitio-específicos". En conclusión, se pueden generar excepciones. En la práctica, lo que sucede en el caso del río Loa es que se trata de un río donde un gran número de parámetros tienen un comportamiento que requiere excepciones y existe un grado de heterogeneidad tal que no justifica utilizar clases homogéneas.

Otro aspecto importante del anteproyecto es que los valores normados responden al criterio de establecer la calidad natural basándose en la calidad actual de las áreas de vigilancia del río.

El principio es establecer la calidad natural del río como estándar normado. Sin embargo, no existen mediciones históricas que permitan establecer la calidad natural antes de las principales intervenciones de origen antrópico. Al respecto la Guía CONAMA señala que la calidad natural de las aguas es "el valor de la unidad o valor de la concentración de un elemento o compuesto en el cuerpo y/o curso de agua continental superficial, que corresponde a la estimación de la situación original del agua sin intervención antrópica más las situaciones permanentes, irreversibles o inmodificables de origen antrópico". Esta última frase ilustra lo aplicado en el caso del Loa, puesto que, además de que no existen datos históricos de larga data, no existe una cuantificación certera de la proporción de los elementos presentes en el agua que pudieran ser de origen antrópico, y junto con ello, pareciera haber un alto grado de irreversibilidad³².

Debido al contexto complejo del río Loa, se ha debido asumir una concesión en lo ambiental, por el hecho de renunciar a mejorar la calidad del río y como

³² Si bien no existe cuantificación certera de efectos antrópicos existen antecedentes que indican una salinización progresiva de tramos del río, sin embargo, no existe una explicación cuantitativa de las causas.

contrapartida de este "costo ambiental", se ha logrado un "beneficio", que es el hecho de impedir la posibilidad de generar espacios de empeoramiento de la calidad al optar por un sistema de clase homogénea.

Finalmente, en lo que respecta a la interpretación de la relación entre la norma y los usos prioritarios de la Guía CONAMA, la opción normativa tomada implica reconocer que los usos del agua en la cuenca del río Loa presentan una adaptación a las condiciones del agua, con lo cual se podría interpretar que tienen umbrales críticos diferentes a los observados en otras zonas. Al respecto, lo fundamental es considerar que la relación entre la norma y los usos es indirecta, puesto que la norma no tiene por objeto prohibir ni potenciar usos sino servir de valor de referencia para dictaminar si hay contaminación (saturación o latencia) y de ahí actuar para reestablecer la calidad al valor normado con un plan de descontaminación.

5.2 Análisis de usos y relaciones con la calidad del recurso hídrico

5.2.1 Usos agropecuarios

En el presente capítulo se presenta los antecedentes sobre el uso agropecuario como uso afectado por la calidad. El análisis se divide entre la comuna de Calama y la comuna de María Elena (localidad de Quillagua). En ambos casos, se intenta determinar si con la calidad disponible el uso agropecuario presenta ya un cierto nivel de problemas y se intenta entregar antecedentes sobre la importancia económica y social de la actividad.

5.2.1.1 Estimación económica de la actividad agrícola en la comuna de Calama

Con el fin de estimar cuantitativamente el peso relativo de la actividad económica se realizó una revisión bibliográfica de estudios agro económicos realizados en la zona, dentro de los cuáles se identificó un estudio realizado por la CNR (2000)³³ que caracteriza en detalle la agricultura de la comuna de Calama³⁴. Sobre la base de los antecedentes de este estudio se estima el valor de la producción a nivel

³³ CNR (2000). Diagnóstico y Propuesta de Fomento a la Agricultura Regada en la II Región. Elaborado para la Comisión Nacional de Riego y el Gobierno Regional de la II Región por el consorcio consultor Geofun-Procivil.

³⁴ Este estudio fue realizado para evaluar la factibilidad de utilizar las aguas servidas de la ciudad de Calama sometidas a tratamiento en una planta de la empresa ESSAN. Dicho proyecto, llegó a la conclusión que a la luz de los estándares productivos de la zona y las tarifas referenciales informadas por parte de la empresa sanitaria a esa fecha no resultaba económicamente factible utilizar dichas aguas en producción agrícola. Además, este estudio reveló un uso informal de aguas servidas no tratadas (hasta esa fecha) por parte de los agricultores del Oasis de Calama. En la visita a terreno efectuada en el presente estudio se averiguó que alrededor de un 5% del agua de la planta de tratamiento de aguas servidas es entregada para uso agropecuario en la parte baja del oasis de Calama.

total de la comuna de Calama, lo cual es presentado a continuación. Ello, involucra la producción del Oasis de Calama y de las localidades rurales que se encuentran en la comuna.

Cuadro 13

Valor de la Producción (Ventas) según tipo de Cultivo y Nivel de Rendimiento (\$ de 12-2000)

| | Alto | Medio | Bajo |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Cebolla | 2.284.800 | 1.820.700 | 1.713.600 |
| Choclo Local | 1.740.800 | 1.305.600 | 1.142.400 |
| Lechuga | 1.836.000 | 1.560.600 | 1.377.000 |
| Repollo | 1.630.125 | 1.385.606 | 1.069.770 |
| Zanahoria | 1.335.140 | 1.542.240 | 1.275.750 |
| Alfalfa de la Alta Sierra | 938.000 | 562.800 | 281.400 |

Fuente: CNR (2000).

Cuadro 14

Margen Neto (Utilidad) según tipo de Cultivo y Nivel de Rendimiento (\$ 12-2000)

| | Alto | Medio | Bajo |
|---------------------|---------|---------|---------|
| Cebolla | 852.724 | 414.476 | 316.458 |
| Choclo Local | 780.140 | 393.946 | 251.258 |
| Lechuga | 480.827 | 263.418 | 128.062 |
| Repollo | 560.097 | 353.681 | 75.947 |
| Zanahoria | 592.660 | 256.202 | 32.529 |
| Alfalfa Alta Sierra | 595.705 | 302.407 | 82.433 |

Fuente: CNR (2000).

En general, los valores de la producción y los márgenes netos determinados para la zona son menores que los que se observan en el norte chico o en la zona central del país.

Los estándares económicos presentados en los cuadros precedentes están asociados a los resultados de cultivos que demoran menos de un año en desarrollarse. Por ello, con un esquema de rotaciones es posible obtener más de una cosecha al año. A continuación, se presentan las rotaciones anuales presentadas por CNR (2000).

- Lechuga - Cebolla
- Lechuga - Lechuga - Choclo
- Lechuga - Repollo - Choclo
- Lechuga - Zanahoria - Choclo
- Choclo - Choclo
- Alfalfa

Sobre la base de las rotaciones planteadas, los márgenes netos anuales susceptibles de ser logrados en promedio en una hectárea cultivada son los siguientes:

Cuadro 15

Ventas y Margen Neto Anual Según Tipo de Rotación

| Tipo de Cultivo | Rotación Anual | Venta Anual (\$ de 2000/ha/año) | Margen Neto Anual (\$ de 2000/ha/año) |
|-----------------|------------------------------|---------------------------------------|---|
| Hortalizas | Lechuga - Cebolla | 3.381.300 | 677.894 |
| | Lechuga - Lechuga - Choclo | 4.426.800 | 920.782 |
| | Lechuga - Repollo - Choclo | 4.251.806 | 1.011.045 |
| | Lechuga - Zanahoria - Choclo | 4.408.440 | 913.566 |
| | Choclo - Choclo | 2.611.200 | 787.892 |
| Pradera | Alfalfa | 562.800 | 302.407 |

Fuente: Elaboración propia en base a datos CNR (2000).

Dado que la mayoría de los cultivos presentes en la comuna son justamente hortalizas y praderas (93% de la superficie) con estos datos es posible obtener una muy buena aproximación del valor de la producción total de la agricultura de la comuna. Ello se presenta en el Cuadro 16, donde para los otros cultivos, para los cuales no se dispone de información agro económica, se ha utilizado el mismo estándar promedio que para las hortalizas, puesto que se trata de una mezcla de rubros intensivos y extensivos como frutales y cereales respectivamente.

Cuadro 16

Estimación de ventas y margen neto de la actividad agrícola en la comuna de Calama

| Tipo de Cultivos | Ventas \$/ha/año | Margen Neto \$/ha/año | Superficie Ha | Ventas MM\$/año | Margen Neto MM\$/año |
|---------------------|---------------------|-----------------------------|------------------|--------------------|----------------------------|
| Promedio Hortalizas | 3.815.909 | 862.236 | 414,3 | 1.581 | 357 |
| Promedio Praderas | 562.800 | 302.407 | 608,3 | 342 | 184 |
| Otros | | | 75 | 287 | 65 |
| Totales | | | 1.098 | 2.210 | 606 |

Nota: valores en moneda de 2000.

Fuente: Elaboración propia en base a datos CNR (2000).

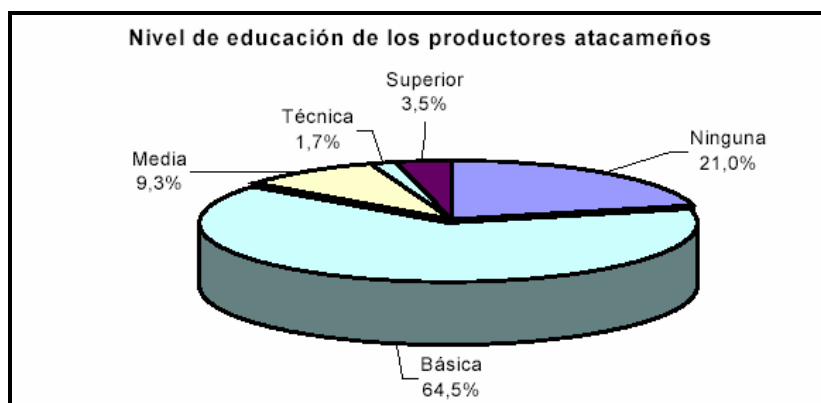
Tal como se puede apreciar en el Cuadro 16, el valor total de la producción de la comuna de Calama es de unos 2.210 millones de pesos anuales, esto es, aproximadamente de unos 4 millones de dólares anuales. Para poner en perspectiva esta cifra se puede señalar que la producción por trabajador es de 1,3 millones de pesos anuales dado que existen 1691 trabajadores agrícolas en la

comuna según INE (1997), entonces sólo se logra una venta de 108 mil pesos mensuales por trabajador. Esta cifra es muy baja y se explica, por ejemplo, por la existencia de una agricultura que usa mano de obra familiar.

Lo anterior, es consistente con lo detectado por el estudio CNR (2000), el cual realizó entrevistas semi estructuradas entre los agricultores de la zona. En particular, ésta fuente señala que "las principales fuentes de ingresos de los agricultores entrevistados son la minería y los servicios siendo relevante también la jubilación de ex - trabajadores de la empresa CODELCO." Además, se señala que "la agricultura se destaca como un rubro complementario". Este fenómeno no sólo se observó en la comuna de Calama, sino también en la comuna de San Pedro de Atacama.

Adicionalmente, tal como se puede apreciar en el Gráfico 11, los agricultores tienen un muy bajo nivel de educación, lo que dificulta su capacitación en técnicas más avanzadas de riego y en su inserción a actividades productivas más rentables.

Gráfico 11



Fuente: ODEPA-CONADI. (2002) Agricultura Aymara y Atacameña: Análisis Socio Espacial a partir del VI Censo Agrropecuario. Documento de trabajo N° 7.

No obstante lo anterior, en la visita a terreno efectuada como parte de las actividades del presente estudio se pudo detectar que existe un cierto grado de variabilidad de la dinámica agrícola en la comuna. En general, se pudo observar que en las partes altas de la cuenca a pesar de enfrentar condiciones climáticas más influenciadas por la cordillera la producción agrícola era más exitosa. Tal como se puede observar en la Ilustración 7 del anexo fotográfico en el sector de Lasana se pudo observar el cultivo de hortalizas en invernadero con buenas condiciones de crecimiento, mientras que en el oasis de Calama, sólo se pudo observar el cultivo de alfalfa. Realizando entrevistas en terreno se pudo detectar que en el oasis de Calama los agricultores manifestaban que el agua tenía un

nivel de salinidad excesivo que dañaba cualquier cultivo que no fuera alfalfa. De hecho, en terreno se supo de proyectos de fomento con el desarrollo de invernaderos en los cuales no hubo un desarrollo adecuado de las hortalizas plantadas en el área de Calama, lo cual fue atribuido a la salinidad del agua.

Consistentemente, de los antecedentes del anteproyecto de norma en el sector de Lasana (Area de Vigilancia Loa 2) propone un estándar de conductividad eléctrica de 3.760 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que en el oasis de Calama la conductividad de las aguas sería de 10.960 $\mu\text{S}/\text{cm}$, incluso superior al nivel del agua del río Salado de 6940 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Si ello responde o no a factores antrópicos resulta difícil de afirmar sobre la base de evidencia científica, sin embargo, los agricultores de la zona tienen la percepción que se trata de un problema que ha venido agravándose desde la década de 1960 en adelante producto de la actividad minera.

En Chiu Chiu, se observó cultivo de Zanahorias. Por otra parte, en las localidades de Toconce y Ayquina se observó una actividad agropecuaria menguada, principalmente, por el traspaso de los derechos de aprovechamiento de las aguas para su uso minero y por la migración de la mayoría de la población, más que por problemas de calidad.

Según CNR (2002) la superficie bajo aprovechamiento agrícola ha disminuido, debido a la migración campo-ciudad, la baja rentabilidad de los cultivos y la baja productividad de los suelos

Otro aspecto interesante de evaluar desde la perspectiva del análisis económico del recurso hídrico es el valor económico creado con la producción agrícola. Para ello, se ha determinado que el valor creado por metro cúbico de agua usada en la agricultura es de 68 pesos (valor de la producción sobre cantidad de agua aplicada). Este resulta un valor bastante bajo en comparación con otras zonas en las cuales el agua tiene un menor nivel de escasez relativa, tales como la zona central. Si ese estándar se lleva a posibilidades de pago por agua, calculándolo sobre la base del margen neto generado por metro cúbico, se llega a un valor máximo de 19 pesos por metro cúbico que también es comparativamente bajo.

Lo anterior, lleva a una muy alta presión de reasignación del recurso entre el uso minero y el uso agrícola. Ello se manifiesta, en la práctica, en que el valor de mercado de los derechos de aprovechamiento sea tan alto que la producción agrícola no pueda pagar el costo de oportunidad de los recursos. Esto determina concretamente en que el agricultor ve que el valor de los derechos de aprovechamiento depositado en un banco supera por lejos la posibilidad de generación de recursos que se puede hacer en la actividad agrícola. Entonces, son otros factores ajenos a las consideraciones económicas los que han sostenido la existencia de actividades agropecuarias en la zona, tales como el deseo de permanecer en la zona y el hecho de que existen muchas comunidades indígenas

que, dado el marco regulatorio de la propiedad indígena, no pueden vender sus derechos.

Adicionalmente, se debe señalar también que no sólo el recurso hídrico fue identificado como un factor de limitación creciente de la actividad agropecuaria de la comuna de Calama, sino que se identificaron otros procesos que son responsables en parte del proceso de decrecimiento descrito. Principalmente, la presión de la expansión de la ciudad de Calama fue observada en terreno. En términos sucintos, se observa un evidente proceso de sub urbanización con la construcción de viviendas y uso de terrenos agrícolas para otros fines. Adicionalmente, se observaron signos de degradación ambiental por proliferación de escombros y vertido ilegal de basuras, lo cual se debe a la escasa fiscalización, por falta de recursos públicos y falta de competencias claras. En conclusión, el oasis de Calama se encuentra sumido en un proceso de deterioro agropecuario, producto de la actuación de una serie de procesos en paralelo, dentro de los cuales los principales son la disminución de los derechos de aprovechamiento de uso agrícola por su transferencia a otros usos, la salinidad de las aguas y de los suelos, el uso de suelos agrícolas para uso urbano en sitios de más de 5000 metros y finalmente, la proliferación de basura y escombros.

5.2.1.2 Estimación económica de la actividad agropecuaria en la comuna de María Elena en la localidad de Quillagua

La actividad agropecuaria de la comuna de María Elena se desarrolla en el oasis de Quillagua. Tal como se ha señalado en capítulos precedentes en Quillagua esta actividad enfrenta una situación de crisis producto de los problemas de abastecimiento de agua para riego, tanto por problemas de cantidad como de calidad.

La actividad agropecuaria de Quillagua ha sufrido en los últimos años un fuerte proceso de desintegración al no existir expectativas de nuevas alternativas de producción agrícola, lo cual que ha tenido como consecuencia el abandono de las tierras agrícolas, una disminución de los recursos forestales, el aumento del proceso de desertificación y un empobrecimiento rural generalizado.

Muchos predios fueron vendidos a empresas mineras, las cuales los adquirieron por sus derechos de aprovechamiento de aguas superficiales. Una vez adquiridos, las aguas se redestinaron a uso minero. Por ello, gran parte de los suelos no se cultivan.

En la visita a terreno efectuada se pudo entrevistar a productores, ex - productores y dirigentes vecinales, con lo cual se pudo obtener más información respecto del contexto de las posibilidades de solución de los problemas de Quillagua. En primer lugar, se pudo observar que gran parte de la superficie de sus suelos están en descanso, se pudo observar suelos endurecidos por la acumulación de sales y se pudo escuchar las opiniones de los agricultores respecto de como la salinidad del

agua limitaba la producción de alfalfa e imposibilitaba prácticamente el desarrollo de cualquier otra especie de mayor nivel de sensibilidad.

En este tramo del río (Loa 5) la calidad actual del río, establecida por el anteproyecto, involucraría una salinidad de 13990 $\mu\text{S}/\text{cm}$, bastante más elevada que la observada en Calama.

En general, en la zona existe la percepción que el problema de calidad y cantidad de recursos van muy unidos y son insolubles. En particular durante la segunda mitad del siglo XX, con el auge de la minería del cobre, se habrían producido extracciones crecientes de recursos hídricos para la minería. Ello, habría acarreado una salinización creciente del río que no fue del todo limitante debido a que el Oasis de Quillagua estaba especializado en la producción de alfalfa, una especie muy resistente a la salinidad. Junto con ello, se ha producido una disminución de los caudales de la parte baja del río Loa junto con una venta de derechos de aprovechamiento por parte de los agricultores de esta localidad. Con ello, los residentes que aún tienen derechos de agua se ven expuestos a severos déficits entre diciembre y febrero. Durante la visita a terreno se pudo observar como el río Loa aún presentaba un caudal importante durante el mes de agosto, pero según los residentes y el SAG desde diciembre en adelante se produce una fuerte disminución de los caudales incluso llegando a secarse el cauce.

Actualmente, los residentes habrían constituido una comunidad indígena y bajo esta forma de organización se está intentando establecer un sistema de derechos de aprovechamiento de aguas que serían de carácter comunitario, y por tanto, más difíciles de enajenar. Además, se está intentando potenciar otras actividades tales como la artesanía en madera de algarrobo.

Respecto del agua, la percepción local es que una alternativa de solución sería la construcción de un embalse que permitiera regular las aguas del río Loa. Sin embargo, una solución de este tipo tendría que superar algunas limitantes dentro de las cuales las principales parecerían ser en primer lugar, conseguir un subsidio debido a los requisitos de rentabilidad social exigido por el Estado para este tipo de obras. Es muy probable que el proyecto no resulte rentable por la alta inversión de una obra de este tipo y por el uso de las aguas en cultivos de bajo valor agregado. Por otro lado, una obra de este tipo tendría que considerar un sistema para evitar el embancamiento con sedimentos arrastrados por las crecidas, puesto que de lo contrario podría ver reducida su vida útil. Otra limitante es que una obra de este tipo tendría que compatibilizar su regulación con la mantención de la vida acuática aguas abajo de Quillagua.

El hecho que el anteproyecto de norma no esté siendo diseñado para mejorar la calidad de las aguas de ésta zona, sino para mantenerla implica que la vía de solución de los problemas de este pequeño Oasis deben ir por otro mecanismo. Aunque no existen datos concretos, pareciera muy probable que los costos de revertir los problemas de calidad de agua en Quillagua por la vía de la norma superen ampliamente los beneficios monetarios puesto que se trata de procesos

difíciles de revertir y donde existe alto nivel de incertidumbre. Por ello, la lógica económica indica que en ese caso sería más adecuado adoptar un esquema de compensación o de subsidio y un esquema de fomento al desarrollo local en el cual las empresas mineras pueden contribuir. Se espera que a futuro la tendencia de cooperación de las empresas sea cada vez más significativa producto de la evolución de conceptos como la responsabilidad social.

5.2.2 Usos no agropecuarios

5.2.2.1 Turismo y uso recreacional

Ya en 1994, Espinoza et. al.³⁵ detectaron que en la Región de Antofagasta existía una "falta de espacios abiertos de uso recreacional" y un "déficit de áreas verdes y de recreación debido a la escasez de agua". Junto con una "destrucción del paisaje y pérdida de la belleza escénica por actividades industriales y mineras". Por ello, puede decirse que la relación entre el agua y la actividad recreativa ha estado siempre marcada por una fuerte escasez del recurso hídrico. En general, dado que la población regional dispone de pocas alternativas de recreación en áreas verdes, es lógico suponer que las pocas áreas verdes presentes en la región debieran tener un alto valor para la comunidad debido a su escasez relativa. Sin embargo, la valoración de la comunidad local del río Loa no siempre es tan marcada, puesto que por ejemplo, las riberas del río Loa en su paso por Calama han estado sometidas a un cierto nivel de degradación por una falta de protección de los efectos de la actividad urbana de una ciudad que más bien le da la espalda al río.

En particular, la caja del río sufre los efectos del vertido ilegal de basuras y escombros, lo cual con los actuales mecanismos institucionales de fiscalización ha sido difícil de revertir. No obstante lo anterior, existen evidencias de la intención de poner en valor las riberas del río Loa. Por ejemplo, como parte de los proyectos para el bicentenario de la República, se ha considerado la inclusión de un proyecto urbano de recuperación del borde fluvial urbano río Loa y un proyecto de construcción de un paseo del río Loa en Calama.

Por otra parte, en lo que respecta al turismo, vale la pena destacar que la Región se ha especializado en un turismo de pasajes desérticos y zonas de altura, donde la mayor parte de la actividad turística se desarrolla en la cuenca del salar de Atacama. Por ello, se puede decir que el turismo local se ha especializado en destacar el atractivo de las zonas áridas. En ésta línea ha logrado un gran éxito sobretodo en turistas extranjeros así como también con turistas nacionales. En este contexto, en opinión del consultor, las áreas verdes asociadas al río Loa resultan un elemento de contraste que debe actuar en forma de complemento a la oferta regional.

³⁵ Espinoza G., P. Gross y E R. Hajek. 1994. Percepción de los problemas ambientales en las regiones de Chile.

En términos generales, en la mayor parte de los documentos con información oficial sobre turismo realizados por SERNATUR, se distingue la zona de San Pedro de Atacama como epicentro de la actividad e inversión turística regional, la cual se encuentra fuera de la zona de análisis del presente estudio.

San Pedro de Atacama constituye el lugar que reúne la muestra del patrimonio arqueológico y etnocultural más importante del norte grande de Chile. Fue declarado Zona Típica en 1980 y el año 2002 fue declarada Zona de Interés Turístico tomando a San Pedro de Atacama y a la Cuenca Geotérmica de los Geysers de El Tatio como la gran unidad turística.

En ésta zona se realizan diversas actividades, muchas de las cuales no tienen relación directa con los recursos hídricos. Dentro de las diversas actividades turísticas que se desarrollan en ésta zona, las más vinculadas al recurso hídrico son la pesca deportiva y las termas, junto con la vista de paisajes donde la belleza escénica que genera la flora y fauna circundante a los ríos resulta un elemento de contraste.

La zona de San Pedro de Atacama presenta importantes inversiones turísticas, importantes aumentos del número de visitantes a las áreas silvestres protegidas circundantes e importantes aumentos en la llegada de turistas medidas por el tráfico vehicular en su camino de acceso. De hecho, la zona de San Pedro de Atacama puede considerarse uno de los tres grandes polos de atracción turística del país, junto con Torres del Paine en la XII Región e Isla de Pascua en la V Región. Sin embargo, dado que el presente estudio se focaliza en la cuenca del Loa no se entrará en mayor detalle respecto de la actividad turística en San Pedro de Atacama, sino que se toma como contexto para la actividad turística de la zona bajo análisis. En definitiva, los indicadores muestran un fuerte auge y una dinámica con su propia problemática para las comunidades locales, sobre la cual no es pertinente ahondar en el presente documento.

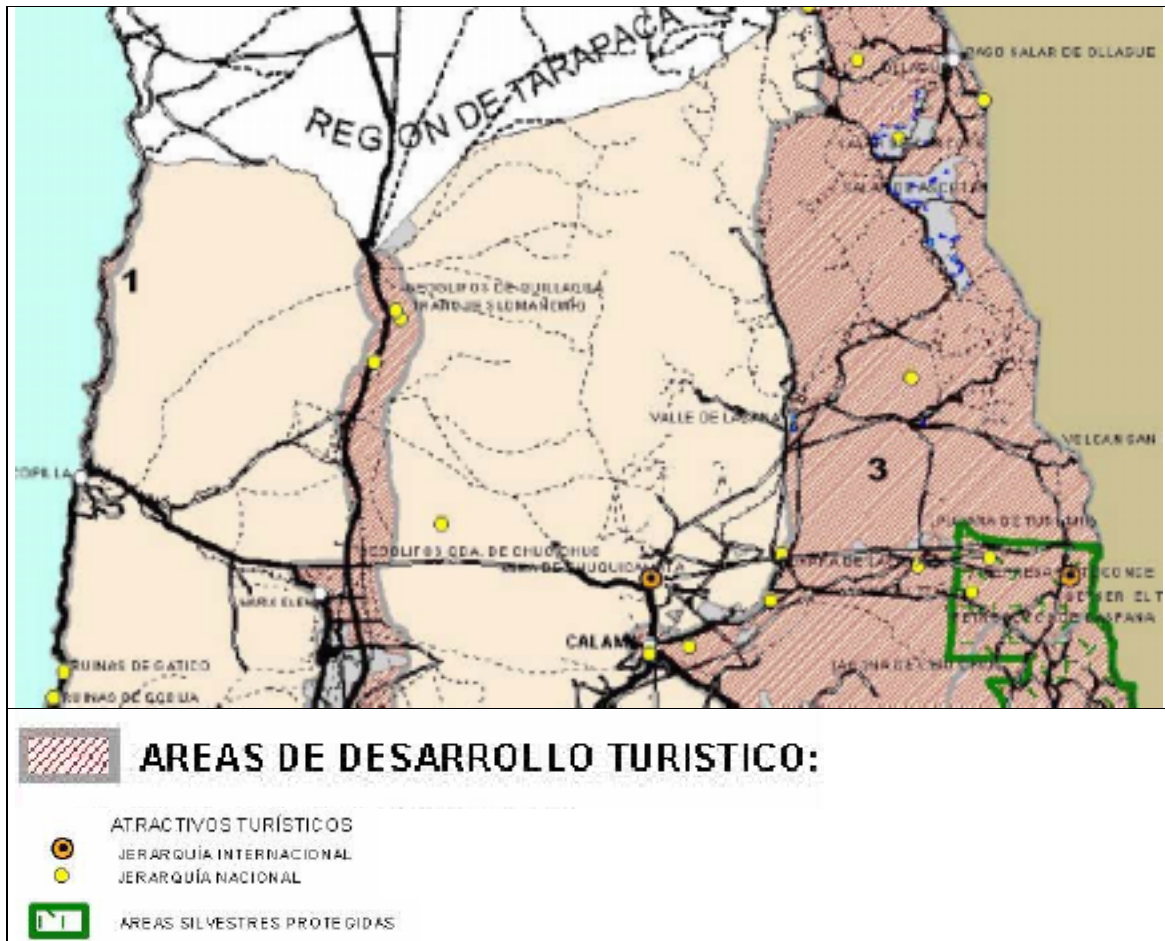
Podría decirse que gran parte de la actividad económica ligada al turismo que se desarrolla en la cuenca del Loa tiene relación con el proceso gatillado por San Pedro de Atacama. Ello, por cuanto, gran parte de las agencias de turismo y las empresas de servicios (por ejemplo, de arriendo de vehículos u otros) tienen su base en la ciudad de Calama. Por esto, podría decirse que Calama proyecta una oferta turística en base a la oferta de actividades que se desarrollan fuera de la comuna, en la zona de San Pedro. Sin embargo, la oferta de actividades de turismo está ampliándose hacia actividades intracomunales. Por ejemplo, recorridos de villorrios rurales de la comuna, tales como Lasana, Ayquina y Toconao. Hasta el momento ésta actividad es incipiente³⁶.

³⁶ No obstante, vale la pena citar el trabajo de la Mesa de Turismo Alto Loa o lo que ha realizado en materia de Turismo Rural: Indap, el Programa Agrícola y la Red Likan Wasi, entre otros.

Dentro de las actividades del presente estudio, se realizó un levantamiento de información sobre proyectos turísticos regionales en SERNATUR. Como resultado de ello se detectó que estos estaban radicados en su mayoría en San Pedro de Atacama. En la comuna de Calama se detectaron proyectos de hoteles y ampliación de hoteles existentes, los cuales no sólo tienen que ver con alojamiento de turistas, sino con clientes derivados de la actividad minera. Por ello, puede decirse que el turismo en la cuenca del río Loa es incipiente, pero tiene la potencialidad de estar ubicado cerca de un importante polo de atracción turística, por lo cual, constituye una zona lógica de expansión de la actividad turística actual.

A continuación, en la Ilustración 1, se presenta el conjunto de áreas turísticas prioritarias en la cuenca del Loa según SERNATUR:

Ilustración 1



Fuente: SERNATUR.

Tal como se puede apreciar en la Ilustración 1, tanto la parte alta como la parte baja de la cuenca del río Loa están definidas como áreas de desarrollo turístico. La parte alta de la cuenca corresponde a una zona de expansión de la localidad de San Pedro de Atacama.

Adicionalmente, vale la pena mencionar que se ha definido un área de la Comuna de San Pedro de Atacama y de la Comuna de Calama como ZOIT (Zona de Interés Turístico Nacional "Área de San Pedro de Atacama – Cuenca Geotérmica del Tatio", según Resolución Exenta N° : 775, del 01 de Agosto de 2002).

Para ello, se ha considerado como antecedente o fundamento "que todos los estudios existentes sobre el territorio referido identifican tanto en sus áreas urbanas como rurales, zonas de valor arqueológico, arquitectónico, ecológico y paisajístico, las cuales requieren ser preservadas y que constituyen un potencial de recurso significativo de relevante importancia para la actividad turística".

Ya a nivel de la gestión del desarrollo turístico de la zona, se debe destacar el Plan de Desarrollo Turístico Alto Loa que constituye un trabajo detallado y riguroso sobre las comunidades indígenas del sector, para proyectar un desarrollo de la actividad turística de manera sustentable y planificada.

Como uno de los principales antecedentes cabe mencionar que según la fuente citada el Ministerio de Bienes Nacionales traspasó, en calidad de concesión, una serie de atractivos turísticos a las comunidades del Alto Loa para su usufructo y administración. Las localidades en cuestión corresponden a: Chiu Chiu, Ayquina, Turi, Conchi, Lasana, Cupo, Paniri, Caspana, Toconce, Estación San Pedro, y Ollagüe³⁷. Las formas de turismo susceptibles de desarrollar en la zona corresponden a un turismo cultural, un turismo de naturaleza, un ecoturismo y un turismo de pueblos.³⁸

Adicionalmente, existen una serie de otras iniciativas de fomento del turismo tales como la Mesa de Turismo Alto Loa, las iniciativas de turismo rural desarrolladas por el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y el Programa Agrícola y la creación de la red Likan Wasi.

Entonces, en términos resumidos, se puede señalar que en la comuna de Calama, tanto el oasis de Calama como la zona alta de la comuna con sus comunidades indígenas y territorio circundante han sido establecidas como zonas de interés turístico. Por otra parte, en la comuna de María Elena, la caja del río Loa y la localidad de Quillagua se encuentran dentro de una zona demarcada como de

³⁷ No obstante lo citado, CONADI ha observado que sólo se han entregado el Pukara a Lasana, el Pukara de Chiu-chiu, los Geisers del Tatio a Caspana y Toconce.

³⁸ "ACTUALIZACIÓN PLAN MAESTRO TURÍSTICO" DIRECCIÓN REGIONAL DE TURISMO. II REGIÓN DE ANTOFAGASTA. I ETAPA. DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA ACTIVIDAD TURÍSTICA. Elaborado por la Universidad Andrés Bello. (2004).

interés turístico por SERNATUR. La única parte de la cuenca río Loa que no ha sido establecida con tal condición es su parte media.

Respecto de la relación entre la actividad turística y la calidad del recurso hídrico, se puede señalar que es una relación más bien indirecta. El recurso hídrico actúa como elemento que permite la existencia de comunidades indígenas y la presencia de recursos de flora y fauna que son muy escasos en términos en relación a la presencia que se da en otras regiones del país. Sin duda que la preservación de dichas áreas depende fuertemente de la preservación del recurso tanto en calidad como en cantidad, a pesar que el factor cantidad tiende a pesar más que el factor calidad.

En otras palabras, la necesidad de recursos hídricos en la zona es patente y extracción de más recursos hídricos puede afectar la existencia de recursos turísticos en la cuenca del río Loa. Por otro lado, las aguas del río Loa, a pesar de contener altos niveles de compuestos como el arsénico y el boro, tienen un aspecto limpio por su transparencia, y además, a pesar de la presencia de tales elementos en muchas partes de la cuenca existen abundante presencia de peces, fauna y vegetación. Por lo cual, hasta el momento no existe una situación adversa para el turismo derivada de la calidad del agua del río Loa en la zona.

Por lo tanto, desde el punto de vista del turismo lo relevante es una gestión de los aspectos de cantidad en conjunto con la mantención de la calidad de las aguas. Adicionalmente, la preservación de las áreas de mayor potencial requiere también de una activa fiscalización de otras normas para prevenir otras fuentes de deterioro, tales como el vertido ilegal de escombros y basura, los cuales están impactando diversas zonas del río Loa sobretodo en la cercanía de Calama.

Finalmente, vale la pena destacar la importancia del desarrollo del turismo, puesto que en opinión de CONADI no solo es una actividad que genera oportunidades económicas sino que existe un beneficio en el ámbito social, en el sentido de la oportunidad que presenta esta actividad para, desde allí, reforzar las prácticas culturales de los pueblos indígenas de la II región.

5.2.2.2 Otros tipos de usos y su valoración económica

Los recursos naturales tienen usos que van más allá de su uso directo en actividades productivas, por lo cual, en el presente capítulo se intenta resumir estos conceptos y la información disponible en el caso de la cuenca del río Loa.

5.2.2.2.1 Valores de uso indirecto

Los valores de uso directo tienen relación con el beneficio que la gente obtiene por el uso del recurso hídrico de la cuenca hidrográfica, como puede ser el consumo de agua, pescado o leña. En forma adicional a los valores de uso directo, que son los más comunes, también existen valores de uso indirecto, los cuales son derivados principalmente de las funciones de protección y de apoyo que la cuenca

hidrográfica proporciona. Por ejemplo, la protección a las propiedades, la tierra y las actividades económicas desarrolladas por el ser humano. Por otra parte, existen valores de uso indirecto que pueden referirse a su contribución a la cultura y el patrimonio y/o a mantener la diversidad biológica.

Estos tipos de valores "de soporte" son particularmente difíciles de estimar, sobretodo en el caso de la estimación del valor de la biodiversidad, lo cual es intentado normalmente por medio de métodos de valoración contingente (lo cual se detalla más adelante). Una forma particular de valor de uso indirecto es el valor de opción, el cual tiene relación con el valor de mantener abierta la opción de utilizar un recurso en el futuro.

5.2.2.2 Valores de no-uso

El valor de no-uso tiene relación con dos conceptos: el valor de legado, es decir el deseo de que las futuras generaciones gocen de una cierta dotación de recursos naturales y el valor de existencia, que se asocia simplemente con el conocimiento de que el recurso existe y que se basa principalmente en el altruismo.

A continuación, se presenta un resumen de los principales métodos de valoración que pueden ser utilizados para determinar los diferentes tipos de valores en una cuenca hidrográfica.

5.2.2.3 Métodos indirectos

Los métodos de valoración de bienes ambientales tienen el objetivo básico de determinar la importancia relativa que conceden las personas y por ende, la sociedad, a las funciones que desempeñan los recursos naturales y ambientales. Estos recursos generan bienestar a la sociedad a través de distintas formas:

- Participan en la función de producción de bienes y servicios
- Forman parte de la función de utilidad de las personas

La idea de determinar un valor monetario asociado a la importancia relativa que conceden las personas a los bienes ambientales nace de la necesidad de decidir entre opciones alternativas. La dificultad radica en que, normalmente, los servicios ambientales carecen de mercado, por lo que no existen precios revelados, que puedan utilizarse para estimar los valores que las personas entregan a estos bienes, por lo cual, es difícil aplicar un análisis económico tradicional.

Por lo anterior, se han desarrollado métodos específicos de valoración de bienes y servicios ambientales, que se pueden clasificar en indirectos y directos. Los

primeros se basan en estimar el valor a través de las preferencias reveladas de las personas en bienes o servicios relacionadas, que sí tienen mercados. La relación puede ser de complementariedad o de sustitución. Estos se presentan a continuación.

Métodos basados en la función de producción.

Estos métodos infieren el valor de un recurso natural, como puede ser el recurso hídrico, a través de su participación en la función de producción de otros bienes o servicios que sí tienen mercado. Para ello, es necesario cuantificar la relación entre el recurso ambiental y el bien final a partir de funciones dosis-respuesta. Luego, se estima el impacto de la variación en la dotación del recurso y/o su calidad en el cambio que se genera en el excedente del productor.

Costos de reposición

Tal como su nombre lo indica, este método consiste en calcular los costos necesarios para reponer a su estado original todos aquellos activos afectados negativamente por un cambio en la calidad del recurso, como podría ser la calidad del agua. No obstante, esto no considera que lo eficiente es que los afectados puedan elegir su combinación preferida de atributos ambientales y bienes privados. Por ello, es más conveniente no considerar una reposición exacta sino una tal que el recurso pueda reanudar sus funciones más que volver a su condición original. En general, este método lleva a estimaciones que no son validadas por el público en la práctica.

Asociado a este método existe el método de gasto en mitigación, que estima el costo en que incurren las personas para mantener o alcanzar una calidad del recurso ambiental deseada.

Método del coste de viaje

Este método se basa en el hecho que el bienestar que una persona obtiene de las actividades recreativas en la naturaleza va asociado al hecho de incurrir en costos de viaje, por lo cual en el costo está implícita una valoración del bien ambiental. En definitiva, lo anterior permite determinar el excedente del consumidor de un visitante representativo y, desde ahí, calcular el valor de los servicios recreativos que el ambiente proporciona, en función del número de visitantes y su origen geográfico. Sin embargo, el método presenta ciertas dificultades de estimación dado que los viajes dependen de múltiples propósitos, por lo que el método involucra modelar diversas decisiones a la vez. Por ejemplo, la decisión de un viaje depende de la elección de la actividad, del sitio y de la duración de la actividad. Cualquier cambio en la calidad del agua, o del entorno, puede afectar cada una de estas decisiones, en forma diferente para distintos grupos de personas, dificultando la estimación del impacto total.

Método de la función de precios hedónicos

Algunos bienes ambientales pueden ser considerados como atributos de otros bienes que son transados en el mercado. Ejemplos de esto, lo constituyen algunas características de los bienes inmuebles como el nivel de ruido o cercanía a calles ruidosas, nivel de contaminación del aire y acceso a parques o vistas escénicas. El bien raíz reflejará la calidad del atributo en su precio, generándose, de ésta forma, una demanda implícita por el bien ambiental. Con este método se pretende conocer aquella parte del precio que se debe a los atributos ambientales del bien raíz, cuánta gente está dispuesta a pagar por un cambio en el bien ambiental y cuál es el valor social asociado a un cambio en el nivel del bien ambiental.

La estimación del efecto del bien ambiental en el precio del inmueble se realiza a través de una estimación econométrica usando una regresión múltiple sobre la base de información en series de tiempo o de datos de corte transversal.

En general, este método requiere un alto grado de información y muchas veces enfrenta dificultades en la estimación econométrica del valor.

5.2.2.2.4 Métodos directos

Los métodos directos se denominan así debido a que el valor se obtiene directamente desde las personas por medio de encuestas, es decir se basa en preferencias declaradas. A continuación, se presentan resumidamente los principales métodos:

Método de la valoración contingente

Con este método se determina el valor que otorgan las personas al agua o a cambios en su cantidad, calidad o accesibilidad, sobre la base de encuestas, en las cuales se pregunta por la disposición a pagar por el bien ambiental o por un cambio en sus características. Tiene la ventaja de ser el único método que permite determinar el valor de no-uso de un determinado recurso ambiental. Las críticas a este método se han concentrado, principalmente, en su operatividad para determinar los valores de no-uso, cuya misma existencia puede llegar a ser cuestionada en muchos casos.

Método de la ordenación contingente

Este método es una variante de la valoración contingente, en el cual, en vez de consultar por un valor se le otorga al encuestado una serie de alternativas con diversos niveles de calidad ambiental y precios para que éste las ordene según sus preferencias. Sobre la base de ello, se puede determinar el valor implícito en tales preferencias.

Trasferencia de beneficios

En general, los ejercicios de valoración son intensivos en el uso de recursos, puesto que implican el uso de trabajo calificado y la generación de mucha información. Por ello, resulta conveniente analizar la posibilidad de extrapolar resultados desde unos casos a otros para economizar recursos de investigación. La transferencia de beneficios es la rama que investiga las condiciones que deben darse para poder extrapolar tales resultados. Existen diversos métodos; sin embargo, en la literatura también se reconocen una serie de limitantes a la transferencia de beneficios, tales como que la calidad del valor utilizado en transferencia nunca es mejor que el valor original y que en el proceso de transferencia puede aumentar considerablemente el grado de imprecisión del valor, lo cual hace perder confiabilidad a los resultados finales.

5.2.2.2.4.1 Revisión de estudios previos en la zona bajo análisis

En el presente estudio, se realizó una revisión bibliográfica de los esfuerzos por valorar diversos usos del agua en la cuenca del río Loa. En general, se pudo detectar que la literatura de valoración de beneficios de uso indirectos y de valores de no uso del recurso hídrico ha tendido a estar concentrada en la zona sur y centro sur del país. En general, existen pocos estudios de valoración de atributos ambientales que hayan sido desarrollados en el norte grande de Chile y menos aún, referidos al caso del río Loa.

Un estudio relevante es el estudio denominado "VALORACION ECONOMICA DE UN AREA SILVESTRE PROTEGIDA: EL SECTOR SONCOR DE LA RESERVA NACIONAL "LOS FLAMENCOS"³⁹, en el cual se decidió aplicar el Método del Costo de Viaje (MCV) y el Método de Valoración Contingente (MVC). Si bien este estudio no tiene relación directa con el análisis de cambios de calidad de los recursos hídricos ni se desarrolló dentro de la cuenca del Loa, constituye uno de los pocos precedentes encontrados de estudios de este tipo en la zona. En este estudio se determinó por medio de MCV un excedente del consumidor para visitantes al sector Soncor de \$8.979 por viaje⁴⁰ para visitantes chilenos y de \$10.898 por viaje para extranjeros.

En el caso del método MVC, consultándose sobre la disposición a contribuir para la mantención de Soncor como área silvestre protegida se determinó una disposición a pagar (DAP) total de \$6.351 y \$4.245 para visitantes chilenos y extranjeros respectivamente (\$/mes/visitante adulto).

Además de calcular la DAP, se consultó a los encuestados acerca de la ponderación que le dan en su contribución a cada uno de los valores de uso y de

³⁹ "VALORACION ECONOMICA DE UN AREA SILVESTRE PROTEGIDA: EL SECTOR SONCOR DE LA RESERVA NACIONAL "LOS FLAMENCOS" Daniel Muñoz,(CONAF Oficina Central), Gabriela Omega (CONAF Oficina Central), Alejandro Santoro, (CONAF II Región). Mayo de 1996.

⁴⁰ Moneda de 1995

no uso, a pesar que en estricto rigor este método debiera ser utilizado para cálculos de valor de no uso entrevistando a usuarios, ya que, por definición, sólo se podría aplicar a quienes no utilizan el área, pues eso aseguraría que no se confunden los valores. No obstante, se determinó que del valor estimado alrededor de un 50% correspondía a valor de no-uso y dentro de ellos el valor de existencia era el más importante.

Otro estudio en la región, aunque aún no terminado es el estudio "Valoración Contingente y efecto Incrustamiento para el caso de la habilitación de playas en el borde costero de Antofagasta". Este se encontraría en desarrollo por parte de la Dirección General de Investigación y Cooperación Técnica de la Universidad Católica del Norte.

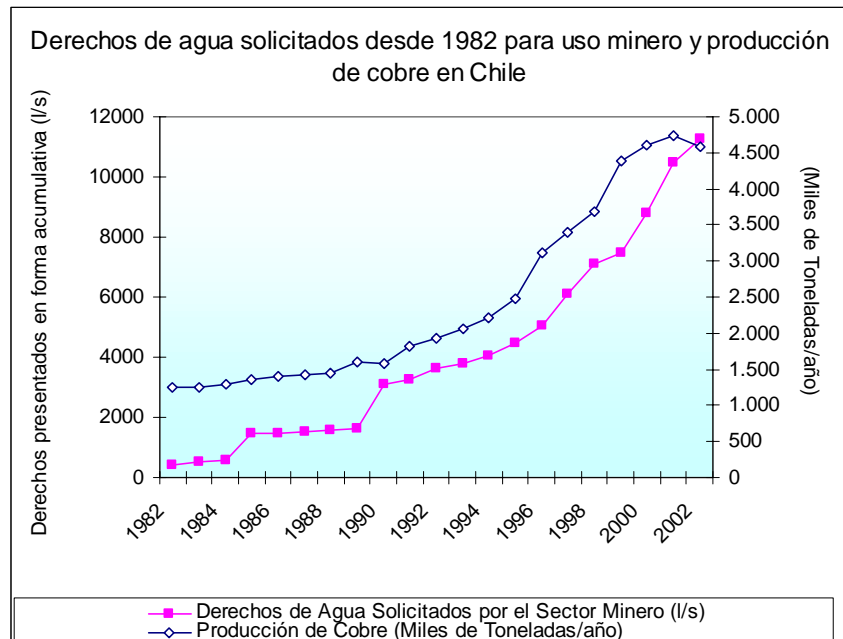
En conclusión, se recomienda la realización de un catastro de sitios de uso recreacional de las aguas del río Loa y de usos in situ, y además, se recomienda el fomento al desarrollo de estudios de valoración de los servicios ambientales del río Loa. Ello, serviría para fortalecer el análisis de futuras opciones normativas en el contexto de la aplicación de instrumentos de control de la contaminación hídrica. Por ejemplo, se sabe de diversos puntos en los que se realiza recreación o pesca deportiva.

5.2.3 Uso minero

El uso minero en la cuenca del río Loa es más bien un uso potencialmente generador de problemas de calidad de aguas. Además, los antecedentes recopilados indican que gran parte de los posibles efectos de la minería sobre los demás usos en la cuenca se relacionan más bien con los aspectos de cantidad. Por ello, en el presente capítulo se presentan antecedentes sobre ambos temas y más que nada focalizados en los aspectos de cantidad.

Tal como se puede apreciar en el Gráfico 12, a nivel nacional se ha observado en las últimas dos décadas una clara relación entre la expansión de la producción minera y la demanda de agua. Evidentemente, una tendencia similar se ha dado en la cuenca del Loa, en la cual, se han implementado importantes proyectos y se han realizado diversas ampliaciones a las capacidades de extracción y procesamiento.

Gráfico 12



Dada la gran escasez relativa de recursos hídricos en la Región de Antofagasta y los sostenidos aumentos de producción, el manejo del agua en la minería ha cambiado drásticamente en los últimos 20 años. Como resultado de ello, el sector ha aumentado sostenidamente su eficiencia de uso del recurso. En términos generales, las empresas mineras mayores agrupadas en el Consejo Minero han optado por la implementación de un sistema de Buenas Prácticas con el fin de lograr un uso eficiente de los recursos hídricos.

De acuerdo a dicho procedimientos, los programas de mejoramiento de la gestión del agua no sólo abordan la etapa de operación de la empresa sino que todas sus etapas, desde la exploración hasta el cierre de faenas. En ello, se está aplicando un enfoque doble: por un lado, interesa disminuir el impacto de la faena sobre el recurso hídrico, tanto en cantidad como en calidad, y por otro lado, disminuir el impacto de los ciclos del recurso hídrico sobre la faena (sequías, lluvias, nevadas, etc.).

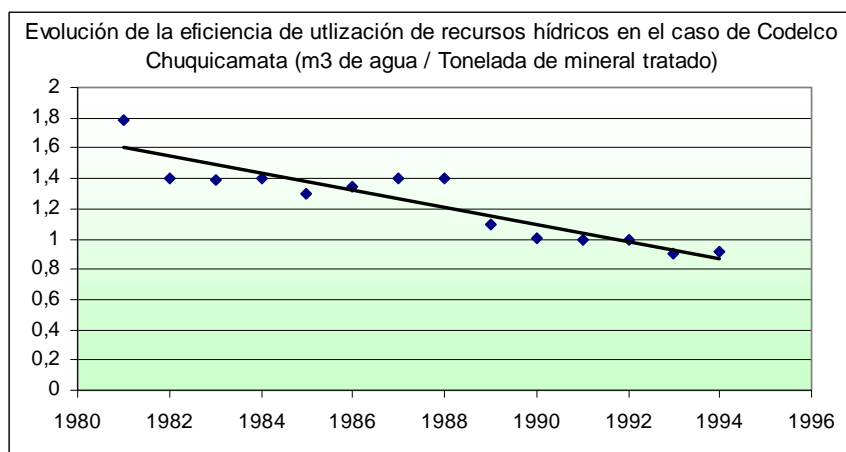
Las estrategias de manejo son aplicadas en las siguientes etapas de la gestión de los recursos hídricos:

- Manejo de fuentes
- Manejo de la extracción, transporte, almacenamiento y distribución
- Manejo de consumo en operaciones
- Tratamiento de aguas residuales y recirculación
- Manejo de usos alternativos y disposición de excedentes

Como resultado de todo lo anterior, la estrategia de gestión del recurso lleva a obtener el recurso desde las fuentes menos impactadas y más estables, llevando un monitoreo del estado de estas. Luego en la siguiente etapa, se trata de minimizar las pérdidas. Luego en la etapa de operación, se trata de reducir el consumo aumentando lo más posible los circuitos de recirculación, lo cual tiene alta relación con el tratamiento de las aguas residuales, puesto que muchas veces el tratamiento es función de la calidad mínima a restaurar para poder devolver el agua hacia el proceso productivo, mientras que en otros casos el tratamiento se hace para que el agua sea dispuesta en el medio ambiente.

A continuación, en el Gráfico 13 se muestra el resultado de los esfuerzos de optimización del uso de los recursos hídricos en el caso de CODELCO Chuquicamata, actualmente denominada CODELCO Norte.

Gráfico 13



De lo presentado se deriva que entre 1981 y 1994 la tasa de uso de agua por tonelada de mineral tratado ha disminuido a la mitad en el caso de dicha faena. Sin embargo, existen estimaciones que indican que a pesar de tal aumento de eficiencia, la cantidad de proyectos mineros determina la demanda neta de tendencia creciente en la cuenca del río Loa.

El valor creado por unidad de volumen de agua puede ser estimado considerando los estándares de uso de agua de CODELCO Norte y el valor de la producción. Considerando un coeficiente de 130 toneladas (Ton) de mineral por tonelada de cobre fino, ventas por 4.350 millones de dólares, excedentes de 3.654 millones de dólares y una producción de 982.817 toneladas de cobre fino se llega a los siguientes resultados: un promedio de 3.717 dólares por tonelada de cobre fino, que considerando el estándar de 130 Ton de mineral por Ton de cobre fino implican un estándar de 28 dólares por tonelada de mineral tratado, lo cual considerando un coeficiente estimado de 0,60 m3 de agua por tonelada de mineral

tratado implica un valor de 46 dólares de beneficio económico neto por m³ de agua o alternativamente de 25.666 \$/m³.

Si bien estos cálculos están influidos por los altos valores del cobre del último año, revela una alta disposición a pagar por obtener nuevos recursos hídricos y determina una fuerte presión de reasignación del recurso hídrico. Desde el punto de vista económico, existe una fuerte brecha entre el valor creado con el agua utilizada en minería versus el valor creado en el uso agropecuario. Por ello, se puede predecir que, de no mediar otras restricciones en el mercado de derechos de aprovechamiento de recursos hídricos, la fuerza de la reasignación podría incluso hacer desaparecer al uso agropecuario. Sin embargo, esto no es lo que se observa hasta la fecha por cuanto si bien ha habido una importante reasignación entre uso agropecuario y uso minero, la agricultura aún subsiste. Además, las empresas mineras han empezado a aplicar esquemas innovativos en lo que a abastecimiento de recursos hídricos se refiere. Un ejemplo de ello, es que existen antecedentes que Minera Escondida estaría implementando la desalinización de agua de mar y bombeando estos recursos sobre los 2.500 metros de altura.

Respecto del tema calidad, se puede señalar que, hasta la fecha, la minería no vierte directamente Riles al cauce del río Loa y su probable impacto tiene relación más que nada con los posibles aportes de tranques de relave al río, por medio de su potencial transferencia a través de los acuíferos. Según la información recopilada en el presente estudio, la cuenca del Loa es vasta, presenta diversos acuíferos, presenta relaciones complejas y difíciles de estudiar por cuanto se trata de un área de gran extensión en la cual existen diversas capas geológicas, algunas de las cuales tendrían comportamientos independientes.

Por ello, se trata de una cuenca en la cual las relaciones causa efecto tienen un alto nivel de incertidumbre. Hasta el momento se han estudiado secciones puntuales de la cuenca y no existe una visión de la hidroquímica superficial - subterránea de la cuenca. Sin embargo, existen modelaciones de partes de ésta. Un ejemplo de ello, es una modelación realizada por CODELCO Norte para la zona de Chuquicamata, donde se analiza la relación entre el tranque de relaves Talabre, las aguas subterráneas y el río Loa, en la cual se llega a la conclusión que aún no hay impacto debido a la actividad minera en los ríos Loa y San Salvador⁴¹.

A futuro, la relación entre las actividades mineras y el estado de los ríos será monitoreada mediante las mediciones realizadas como parte del sistema de medición de calidad de aguas implementado con la norma secundaria, y además, por los monitoreos realizados por las mismas empresas como resultado de las

⁴¹ HIDROGEOLOGÍA CUENCA CALAMA. GERENCIA DE GEOLOGÍA. CODELCO NORTE. Abril 2005. Presentación PPT. Modelación realizada dentro del marco de la evaluación ambiental del proyecto “Mansa Mina”.

exigencias derivadas del paso de proyectos nuevos y proyectos de ampliación por el SEIA.

En otras palabras, se debe destacar que la proyección futura de la gestión de la cuenca tiene una importante fortaleza. Esta es que los nuevos proyectos y las modificaciones de los existentes deben pasar por el SEIA, lo cual implica que las actividades más específicas de monitoreo de cambios de cantidad y calidad podrán ser abordadas en este esquema. Esto tiene la ventaja de servir como fuente de información complementaria a la red de monitoreo de la norma de calidad secundaria.

5.3 Análisis costo - beneficio

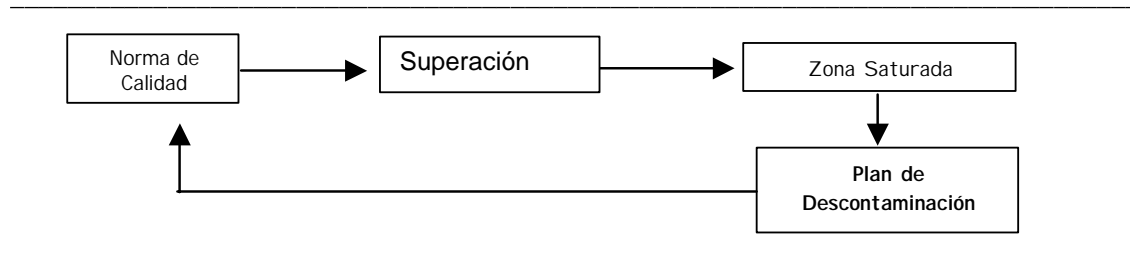
En términos simplificados, el análisis de costo - beneficio de una norma de calidad como la analizada podría hacerse suponiendo que producto de la norma se cumpliría a futuro el estándar definido, y además, estableciendo algunos elementos fundamentales como los siguientes:

- Situación proyectada sin norma de calidad de las aguas en las áreas de vigilancia del río.
- Relaciones cuantitativas entre calidad de las aguas e impacto sobre los usos del agua, en particular, en este caso, principalmente uso agrícola.
- Relaciones entre sectores generadores de problemas de calidad y costo de reducción de las emisiones.
- Relaciones cuantitativas entre emisiones y calidad de las aguas en las áreas de vigilancia de la norma.

Sin embargo, se debe tener presente algunas consideraciones que determinan que la evaluación económica de la norma no sea tan simple como lo expuesto.

En primer lugar, no es la norma la que impone costos y beneficios a los usuarios, sino que son los planes de descontaminación. Tal como se puede apreciar en la Ilustración 2, cuando la calidad del agua en un área de vigilancia genera una condición de superación, entonces, según la legislación ambiental vigente corresponde declarar zona saturada para aquellos parámetros en los que se dé tal condición. Luego de ello, corresponde programar la elaboración de un plan de descontaminación dentro del respectivo programa priorizado de elaboración de planes y normas, y finalmente, en el diseño del plan corresponde analizar los plazos en los cuales se fijarán las metas para volver el estado del medio ambiente a una condición de no superación de la norma de calidad. Por ello, es el Plan de Descontaminación el que, en la práctica, impone los costos y beneficios para los usuarios. A priori, no existe un único perfil para el plan puesto que en el diseño de este instrumento pueden, por ejemplo, considerarse grados muy distintos de gradualidad u otras consideraciones derivadas del análisis de factibilidad de las soluciones posibles.

Ilustración 2



Fuente: Elaboración propia en base a Ley 19.300 y sus reglamentos.

Por lo tanto, en estricto rigor la norma tiene utilidad como un elemento dentro de un sistema de gestión de la calidad del agua. Establece el límite después del cual se puede decir que el cuerpo o curso de agua está contaminado, pero no garantiza directamente el cumplimiento de tal estándar.

Sin perjuicio de lo anterior, sobre la base del supuesto simplificador señalado previamente se puede realizar un análisis de beneficios simplificado. En otras palabras, suponiendo que la norma garantiza la mantención de la calidad de las aguas del río Loa, se puede realizar una aproximación de los beneficios derivados de ella. Para esto, en primer lugar habría que proyectar la calidad futura de las aguas del río Loa sin norma. Ello puede ser realizado, tentativamente, sobre la base de las tendencias de los datos disponibles para los parámetros más restrictivos, dentro de los cuales los antecedentes indican que la salinidad es uno de los más críticos, pero no el único.

Frecuentemente, los suelos toman las sales a partir de mantos freáticos superficiales. Los mantos freáticos siempre contienen sales disueltas en mayor o menor proporción y en las regiones áridas estas sales ascienden a través del suelo por capilaridad. Junto con ello, el riego tiende a provocar procesos de salinización. Para dar lugar a un suelo salino además, debe ocurrir que la posible eliminación de las sales se encuentre fuertemente impedida. La eliminación se produce por la acción del drenaje y del clima. Bajo climas húmedos, las sales solubles presentes en los materiales del suelo, son lavadas y transportadas a horizontes inferiores, mientras que en climas desérticos las sales tienden a persistir. Todas las condiciones desfavorables estarían presentes en el caso de la cuenca del río Loa.

García y Dorronsoro (2004)⁴² citan a Mass & Hoffman (1977) y señalan que estos habrían encontrado que existe una relación lineal entre la salinidad del suelo y la disminución en la producción de los cultivos según la siguiente ecuación:

⁴²García y Dorronsoro (2004). CONTAMINACIÓN DEL SUELO. Estructplan Consultora S.A. Argentina.

$$Y = 100 - b (CEs - a)$$

Donde "Y" es la producción del cultivo en % con respecto al máximo, "CEs" es la conductividad eléctrica del extracto de saturación en dS/m y "a" y "b" son dos parámetros cuyos valores son constantes para cada cultivo.

La conductividad eléctrica normalmente se expresaba en mmhos/cm, mientras que hoy día las medidas se expresan más bien en dS/m (dS=deciSiemens), sin embargo, ambas medidas son equivalentes (1 mmhos/cm = 1 dS/m). A su vez, el anteproyecto de norma establece el parámetro en $\mu\text{S/cm}$, donde $1 \mu\text{S} = 1/1.000.000 \text{ S}$, por lo cual $1 \text{ dS/m} = 1000 \mu\text{S/cm}$.

Según dichos autores, la alfalfa tiene coeficientes de $a=2$ y $b=7,3$. La cebolla tiene coeficientes de 1,2 y 16, el choclo de 1,7 y 12, la lechuga de 1,3 y 13 y la zanahoria de 1 y 14, respectivamente.

Tal como se ha señalado previamente, la relación entre la salinidad del suelo y la salinidad del agua de riego no es directa, puesto que pueden ocurrir procesos de acumulación y otros procesos tales como aportes desde napas subterráneas. Por ello, en el presente capítulo se realiza una estimación tentativa en base al supuesto de que la salinidad del extracto de suelo es equivalente a la salinidad del agua de riego, lo cual es un supuesto simplificador que podría ser superado con estudios futuros en la cuenca del Loa. Sin duda que el análisis de la salinidad y sus opciones de manejo y adaptación son una línea de estudio que debiera ser priorizada en la cuenca.

Si se considera que el anteproyecto de norma fijaría para la zona de Calama un valor de conductividad de $10.960 \mu\text{S/cm}$ o $10,96 \text{ dS/m}$ (en el Área de Vigilancia Loa 4), los rendimientos para alfalfa serían actualmente de un 34% del potencial máximo. Mientras que en Lasana (Area de Vigilancia Loa 2) el anteproyecto considera $3,76 \text{ dS/m}$ lo que determina que el rendimiento sería de un 87% del potencial máximo.

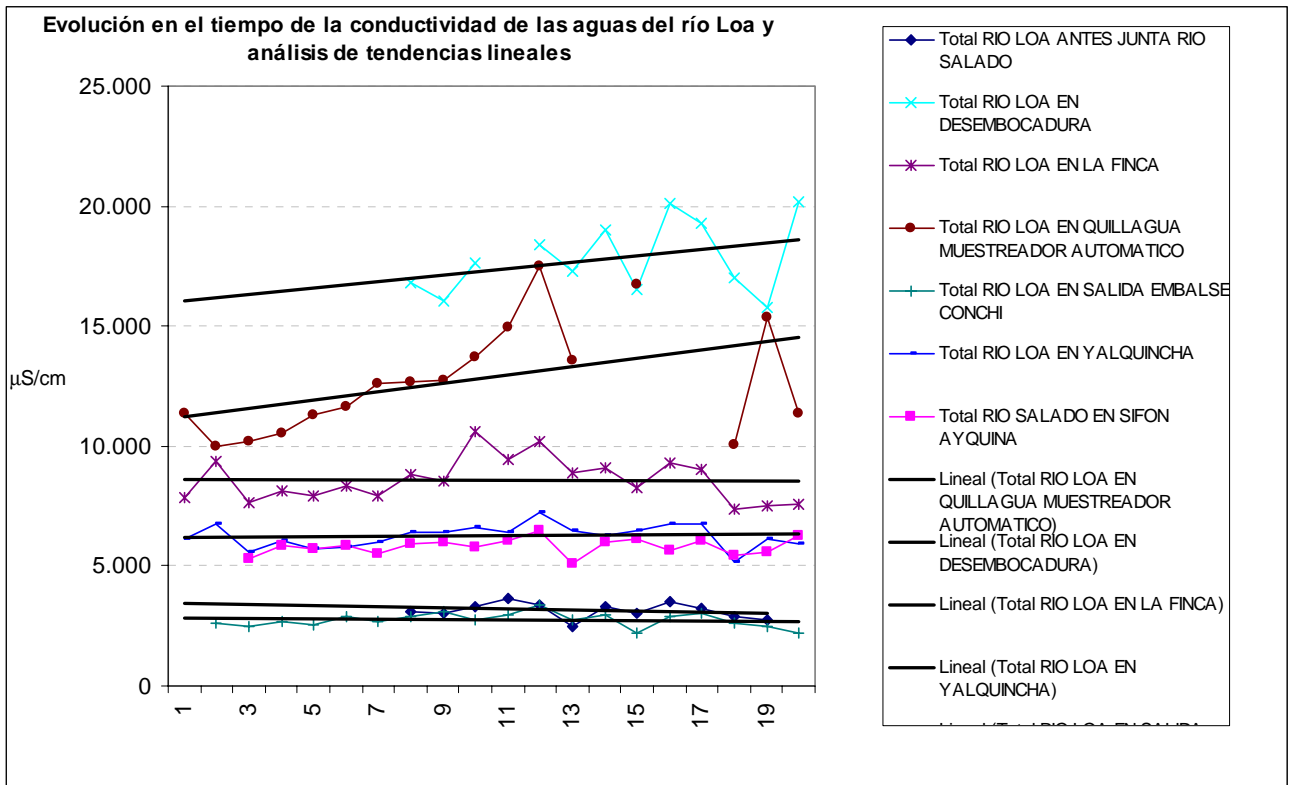
Adicionalmente, con los parámetros de la Zanahoria se llega a la conclusión que en Lasana se obtendría un 61% del rendimiento máximo potencial, mientras que en Calama, simplemente no se puede cultivar ésta especie y, ello, concuerda con lo observado en terreno, puesto que no se supo de cultivo exitoso de hortalizas en esa zona.

Más adelante, estas relaciones son utilizadas para estimar el impacto sobre la producción agrícola con y sin anteproyecto de norma.

Tal como se ha señalado previamente, uno de los antecedentes necesarios para realizar el análisis costo beneficio es determinar la situación sin proyecto. Para estimarla se analizó la tendencia histórica en los datos de conductividad en distintas estaciones de monitoreo de la calidad de agua en el río Loa.

En el Gráfico 14 se presenta el análisis de tendencia de los datos de conductividad en diferentes estaciones de monitoreo del río Loa.

Gráfico 14



Fuente: elaboración propia

De la información disponible en el gráfico precedente se puede concluir lo siguiente:

- Las aguas de la parte alta y media del río Loa no presentan tendencia a aumentar su conductividad. Por ello, las superficies agropecuarias de la comuna de Calama no estarían impactadas por aguas de riego cada vez más salinas sino por otras causas, dentro de las cuales, las hipótesis más lógicas parecen ser procesos de acumulación de sales producto del riego y producto de la ausencia de prácticas de lavado, lo cual seguramente estaría inducido por la escasez generalizada de recursos hídricos y su alto costo de oportunidad. Otra posible causa de salinización puede ser por la relación con los acuíferos de las zonas agropecuarias.
- Las aguas de la parte baja del río Loa, esto es en Quillagua y desembocadura presentan una tendencia a aumentar de conductividad. No se dispone de antecedentes científicos como para afirmar en forma certera las causas de la tendencia de aumento de la conductividad. Sin embargo,

una hipótesis podría ser que el aumento de conductividad tenga que ver con niveles crecientes de demandas y usos consuntivos (mineros, industriales), en otras palabras, una relación de los aspectos de cantidad y la calidad.

En el caso de la comuna de Calama, de la tendencia histórica se deduce que, de no mediar el impacto de alguna situación adicional a las que originan las tendencias en los datos, la situación sin norma de calidad sería una mantención de los niveles de salinidad. Previamente, se señaló que la situación con norma, en un escenario simplificado, era también una mantención de la calidad de las aguas, por lo cual, una comparación llevaría a concluir que la norma no tiene efecto en el caso de la mantención de las tendencias observadas.

No obstante, el efecto de la norma sería prevenir un cambio de tendencia producto del impacto de alguna nueva actividad antrópica que se instale a futuro en la cuenca o ante el aumento de las existentes.

En el caso de Quillagua, se llega a la conclusión que el escenario sin norma involucra una tendencia de aumento de la salinidad en el tiempo. Para construir dicho escenario, se ajustó una tendencia lineal a los datos disponibles para la estación de medición en Quillagua entre 1983 y 2002. Posteriormente, la tendencia lineal fue extrapolada 15 años hacia delante desde 2005. A continuación, se presenta la situación sin norma proyectada:

Cuadro 17

Estimación de tendencia de aumento del parámetro conductividad en la estación de monitoreo Quillagua. Río Loa.

| AÑO | AUMENTO ANUAL DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ESTIMADO | AUMENTO ACUMULADO DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA |
|------|--|---|
| 2005 | | |
| 2006 | 1,2% | 1,2% |
| 2007 | 1,2% | 2,3% |
| 2008 | 1,1% | 3,5% |
| 2009 | 1,1% | 4,6% |
| 2010 | 1,1% | 5,7% |
| 2011 | 1,1% | 6,8% |
| 2012 | 1,1% | 7,9% |
| 2013 | 1,1% | 9,0% |
| 2014 | 1,1% | 10,0% |
| 2015 | 1,1% | 11,1% |
| 2016 | 1,0% | 12,1% |
| 2017 | 1,0% | 13,2% |
| 2018 | 1,0% | 14,2% |
| 2019 | 1,0% | 15,2% |

Fuente: elaboración propia.

En este tramo del río (Loa 5) la calidad actual del agua, establecida por el anteproyecto, involucraría una salinidad de 13990 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Dados los coeficientes de sensibilidad de la alfalfa de $a=2$ y $b=7,3$ los rendimientos en 2005 serían de un 12,47% del máximo potencial y con el aumento acumulado llegarían a 0% antes de 2016.

Lo anterior, sin considerar el efecto de acumulación de sales en el suelo ni la interacción con napas subterráneas. De hecho, en terreno se pudo observar como sectores de Quillagua ya han quedado improductivos producto de la acumulación de sales.

Respecto de los costos para reducir el nivel de salinidad en el río, lamentablemente, no existe suficiente información para poder efectuar un cálculo por cuanto, no existe una relación emisión calidad, sino que la relación entre calidad y actividad antrópica pasaría por realizar una modelación superficial subterránea de las variables cantidad y calidad en conjunto.

6 Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones del análisis costo beneficio

- El uso de agua más afectado por problemas de calidad en la cuenca del río Loa es el agropecuario
- Los principales problemas para el uso agropecuario tienen relación con la salinidad de las aguas, los cuales, además podrían estar agravados por la presencia de elementos minerales con grados relevantes de fito toxicidad
- El río Loa se hace más salino a medida que transcurre hacia las zonas bajas de la cuenca.
- Consistentemente, el uso agropecuario en la cuenca se observa más afectado mientras más abajo ocurre en la cuenca.
- Los niveles de salinidad presentes son restrictivos para la mayoría de las especies vegetales.
- La alfalfa es una especie tolerante que puede ser cultivada en diferentes partes de la cuenca con diferentes grados de dificultad, en función de la salinidad de las aguas de riego y las sales acumuladas en los suelos.
- En las comunidades indígenas altas de la comuna de Calama (Lasana, Chiu Chiu principalmente) se observa producción normal de hortalizas.
- En Calama, la zona agropecuaria prácticamente no produce hortalizas y algunos proyectos de desarrollo agrícola basados en la producción de hortalizas han fracasado producto del desarrollo insuficiente de las plantas. Esto es consistente con el grado de salinidad de las aguas de riego.
- El oasis de Calama, además, se encuentra impactado por otros procesos de degradación que afectan su condición agropecuaria, principalmente, escasez de recursos hídricos (alto costo de oportunidad), presión de la ciudad por ocupar suelos agropecuarios y vertido ilegal de basura, entre otros.
- Las tendencias históricas de la conductividad no indican que exista un proceso de aumento de la salinidad de las aguas que riegan el oasis de Calama, por lo cual, no existen antecedentes para suponer que la salinidad vaya a aumentar a futuro, de no mediar el impacto de nuevas actividades en la zona.
- En Quillagua, la actividad agropecuaria se encuentra muy disminuida respecto a sus máximos históricos. El nivel de salinidad de las aguas resulta muy restrictivo para la producción agrícola. Prácticamente, sólo se produce alfalfa. Junto con la calidad, la escasez de recursos hídricos (alto costo de oportunidad) resulta crítica.
- En Quillagua, las tendencias históricas del parámetro conductividad muestran un aumento en el tiempo. De mantenerse dichas tendencias, es probable que el cultivo de la alfalfa resulte imposible en un plazo no muy lejano.

- El posible agravamiento futuro de los problemas de calidad de agua en Quillagua, puede tener relación con los aspectos de gestión de la cantidad de agua.
- El sistema de gestión de la calidad de agua vigente, supone que los aspectos de cantidad y calidad son independientes. Por ello, actuando por sí solo y sin modificaciones podría no ser adecuado para la solución práctica de los problemas de la comunidad local.
- En el caso de Quillagua, se recomienda un apoyo directo al desarrollo económico de la comunidad local.

6.2 Respecto de lo que se concluye del análisis económico y social para los pasos futuros de gestión de calidad del agua

Sistemas de gestión de calidad y cantidad independientes

Es probable que los problemas de calidad no puedan ser solucionados exclusivamente sobre la base de la operación del sistema de gestión de calidad vigente, puesto que este supone que los aspectos de cantidad y calidad son independientes. Lo anterior, ilustra la importancia de buscar esquemas innovativos o alternativos para dar cuenta de la problemática de calidad de agua y de la problemática agropecuaria en la cuenca del río Loa. De hecho, en la Política Ambiental de la Región de Antofagasta se habla de la necesidad del "diseño y establecimiento de una política específica para la recuperación del río Loa"

Sobre la necesidad de una gestión integral de la cuenca

Del diagnóstico de la problemática del río Loa se llega a la conclusión que resulta recomendable una gestión integral de la cuenca. Sin embargo, no es menos cierto que este diagnóstico ha sido efectuado por los entes técnicos para la mayoría de las cuencas de Chile desde hace décadas, pero en la generalidad de los casos su implementación práctica no ha sido lograda por diversos motivos que no procede entrar en detalle en el presente informe. Por ello, en opinión del consultor es más realista optar por utilizar los instrumentos e instituciones que ya están disponibles.

El sistema de gestión de la calidad de aguas vigente dispone de un conjunto interrelacionado de instrumentos de gestión, principalmente, las normas de calidad, las normas de emisión y los planes de prevención y/o descontaminación. Al usar en forma integrada estos elementos se espera dar cuenta de la mayoría de los problemas de contaminación en el país. Sin embargo, es importante destacar que en el caso del río Loa esto pudiera no ser suficiente, puesto que tal como se ha señalado, previamente, ello no da cuenta de la interrelación entre calidad y cantidad.

Por ello, es vital potenciar la complementariedad del sistema de gestión de la calidad del agua con el SEIA coordinado por CONAMA. El uso del SEIA será vital

en el caso del río Loa por cuanto, tal como se deriva del análisis, se trata de una cuenca en la que existe una importante tendencia de desarrollo minero, lo cual determina una importante presión de la demanda por recursos hídricos. Es en el paso de los proyectos por el SEIA donde se podrán generar los requisitos de monitoreo para identificar cuales serán las fuentes de impacto sobre los recursos hídricos de la cuenca y donde probablemente se podrán abordar las relaciones entre cantidad y calidad. En otras palabras, sobre la base de los monitoreos derivados del paso de los proyectos por el SEIA es que se podrán ir subsanando los vacíos de información que determinan un alto nivel de incertidumbre. El conocimiento del comportamiento de la cuenca será fundamental para todos los usuarios de ésta. El desafío estará probablemente en poder integrar todos los esfuerzos de medición y modelación que seguramente serán desarrollados en forma puntual.

De lo anterior, se deriva una recomendación fundamental del presente estudio y que tiene relación con un estudio económico de este tipo. Se trata de la necesidad de fortalecer la capacidad de análisis y evaluación de los servicios regionales para poder enfrentar la carga de trabajo derivada del SEIA. Además, se deberá tener presente que la carga de trabajo derivada del SEIA no sólo es proporcional al número, envergadura y tipo de proyectos presentados, sino que además es proporcional a la cantidad de proyectos aprobados que se van acumulando en el tiempo. En efecto, cada vez que se emite una Resolución de Calificación Ambiental (RCA) se genera una necesidad permanente de fiscalización ambiental. Por ello, se puede decir que de no mediar un aumento proporcional de los recursos de los servicios para atender este tema es muy probable se produzca una pérdida de la capacidad de respuesta del sistema, lo cual tendría consecuencias ambientales negativas, y además, consecuencias económicas negativas para el desarrollo económico regional.

Adicionalmente, vale la pena señalar que también es un hecho bastante reconocido que un sistema como el SEIA tiene una debilidad estructural derivada de mirar los proyectos uno a uno y no ser capaz de ver los efectos aditivos, las interrelaciones de proyectos y los efectos niveles más amplios de actuación como planes, políticas y programas. Es por ello, que existe un consenso creciente a nivel internacional en la necesidad de adopción de enfoques ligados a la metodología de Evaluación Ambiental Estratégica. Sin embargo, mientras este tipo de consideraciones no sean incorporadas formalmente al SEIA es poco probable que puedan ser abordadas.

6.3 Respecto al apoyo a las comunidades locales y los usos del agua

De las posibilidades de colaboración.

Tal como se ha señalado previamente, en el presente documento se ha optado por adoptar un enfoque realista y recomendar el uso de las instancias institucionales vigentes, tales como las normas, los planes de descontaminación y el SEIA, más que optar por recomendar la generación de un comité de gestión de la cuenca basado en la colaboración de sus principales usuarios, puesto que la experiencia práctica muestra que eso es poco realista. Sin embargo, los enfoques basados en la colaboración con los grandes usuarios no deben ser descartadas.

Actualmente, bajo las nuevas tendencias presentes en los mercados globales, tales como la responsabilidad social empresarial u otros, es posible predecir que existe un gran potencial de activar la colaboración con las empresas de la zona, la cual, tal como se muestra en el documento ya ha empezado en la Región.

Si bien, puede que la colaboración respecto a temas de calidad de aguas puede que esté algo rezagada respecto a otros temas debido a la importancia estratégica del agua y a lo complejas que son las relaciones causa - efecto, es importante visualizar una línea de trabajo basada en la cooperación como una importante fuente de soluciones para los problemas prácticos de los habitantes de la cuenca. Al respecto quizás una estrategia válida sea la de reconocer que existe un problema en torno a la calidad y cantidad de agua, que es indisoluble y que independiente de cuales sean las causas de los problemas particulares, los actores de la cuenca deben unirse para ir generando soluciones prácticas para permitir que los comunidades locales puedan seguir habitando el territorio de la cuenca. Esto es especialmente relevante desde el momento en que se ha llegado a la conclusión que los instrumentos de gestión de la calidad del agua no podrán por si solos lograr una solución práctica a los problemas de todos los habitantes en los plazos que se requiere.

Respecto de las soluciones innovativas

Así como la cuenca del Loa se caracteriza por unos niveles de escasez especialmente críticos respecto del resto del país, también se caracteriza por una valoración especialmente alta del recurso hídrico, por su limitancia y por el valor agregado que puede generar en usos mineros. Si bien esto impone un costo de oportunidad que tiende a una extrema reasignación de uso, también genera un contexto particular que no es del todo negativo. En otras palabras, la alta disposición a pagar de la minería por los recursos hídricos en la Región de Antofagasta permite pensar en soluciones que en otras partes resultan impracticables. Ejemplo de ello, es la posibilidad de desalinizar aguas de mar y de elevar aguas de mar hasta grandes alturas en la zona cordillerana de la Región. Esto permite predecir que, a largo o mediano plazo, se podrán implementar soluciones que, actualmente, no se visualizan como plausibles.

Un ejemplo de solución innovativa sería establecer un sistema de intercambio de aguas de diferente calidad, por ejemplo, tratando de que los usos industriales se basen en usar más bien aguas de alta conductividad. Evidentemente, se puede

argumentar que existen diversas barreras para que algo así no ocurra, pero las barreras puedan levantarse si todos los actores se convencen de la conveniencia de una solución de este tipo.

6.4 Respecto a la formulación de planes de descontaminación en contextos de incertidumbre

Durante las entrevistas realizadas durante el estudio y producto de la revisión bibliográfica se ha detectado que el caso del río Loa reviste un importante desafío, por cuanto, se trata de un caso de aportes difusos, donde no será fácil modelar el comportamiento de la cuenca de manera de establecer relaciones causa - efecto. En otras palabras, se trata de una cuenca en la que hay un importante grado de incertidumbre al nivel que podría denominarse como una incertidumbre estructural. Si a futuro se produce la superación de la norma de calidad, se enfrentará un contexto particularmente difícil para diseñar un plan de descontaminación por ésta incertidumbre estructural.

Hay dos momentos en los que es preciso dar cuenta de una incertidumbre estructural en la formulación de un plan de descontaminación que tenga por objeto el control de una contaminación de origen difuso. El primero de ellos es la decisión sobre cual es el valor de representación de la realidad que se supone a la información disponible sobre el objeto sustantivo del plan, que es la contaminación difusa de aguas superficiales y subterráneas de origen antrópico. En primer lugar, se debe realizar un diagnóstico de cuan importante es el nivel de incertidumbre sobre las relaciones causa efecto.

La pregunta que hay que responder, y que tiene varias respuestas alternativas, es cuán concluyente puede ser el diagnóstico que se realice sobre el problema de la contaminación de aguas con los datos disponibles. Esto es muy importante, porque de un diagnóstico que concluya por ejemplo, que es muy difícil determinar relaciones causa efecto se derivará una respuesta distinta de la que derivará de otro que concluya que es factible determinarlas.

El segundo momento que presenta una situación de incertidumbre estructural es el de la decisión sobre el perfil de solución por el que se va a optar. Como el perfil del plan no se puede concluir directa y linealmente del diagnóstico, ni de una evaluación causal determinada, es necesario preguntarse qué perfil de plan es factible plantearse con los niveles de certeza alcanzados y, además, a la luz del contexto económico, social e institucional.

Es decir, hay que tomar una decisión, estrictamente hablando, sobre el nivel de profundidad y prioridad que se considera se puede dar al plan, dado que los datos y el diagnóstico probablemente no se podrán considerar “estrictamente concluyentes”.

Para que un diagnóstico sea concluyente, las relaciones de causalidad existentes entre las fuerzas motrices que dan origen a las presiones sobre el ambiente y los impactos derivados deben ser conocidas con precisión. Por su parte, las magnitudes correspondientes con los distintos indicadores de estas tensiones deben ser bien conocidas, así como su distribución, tendencia y grado de reversibilidad. El conocimiento de estos parámetros permite destacar la importancia, magnitud y cualidades del problema y, en consecuencia, obtener conclusiones sobre la dinámica de la contaminación hídrica precisas y fiables. Un diagnóstico concluyente no debiera apoyarse en indicios, sino en hechos básicamente comprobados.

Un diagnóstico débilmente concluyente se basa fundamentalmente en indicios más o menos sólidos y en un conocimiento suficiente, aunque no necesariamente profundo, de las relaciones de causalidad subyacentes. Es decir, se infiere la existencia de un problema o una presión a partir de datos no concluyentes, pero razonablemente ligados al principio de causalidad que se les supone.

Este tipo de diagnósticos débilmente concluyentes se pueden trabajar por medio de modelos cualitativos. De ésta manera, los procesos de toma de decisiones se pueden basar en relaciones sistémicas entre causas y efectos, de tal manera que un indicio suficiente en cualquiera de estos contenidos permite inferir la tendencia de comportamiento de los demás. Por ejemplo, una vez establecido el modelo cualitativo, el conocimiento de la tendencia de la superficie total de relaves no revestidos en la cuenca puede llegar a considerarse indicio suficiente de la existencia de un posible problema de contaminación.

Por último, se puede tener un diagnóstico que es definitivamente no concluyente, esto es, apoyado en indicios poco concluyentes, muy limitado en su carácter resolutorio sobre los aspectos realmente sustantivos del problema de la contaminación hídrica. En este caso, la carencia de datos suficientes impide obtener las evidencias o indicios necesarios relativos a la importancia, magnitud, distribución, reversibilidad o temporalidad de los problemas. Asimismo, las conclusiones posibles son suposiciones débiles y de carácter esencialmente tentativo. La información de este tipo puede ser útil a menudo como un sistema de vigilancia que permita detectar indicios cuando estos se manifiestan de manera más fuerte y adoptar, en ese momento, medidas destinadas a un reconocimiento más profundo y preciso, que permitan avanzar hacia un diagnóstico más concluyente.

En forma paralela a las características del diagnóstico, se debe optar adicionalmente, por un determinado perfil de gestión del problema ambiental. Una vez que se ha decidido optar por un perfil determinado, las posibles variaciones del carácter más o menos concluyente del diagnóstico permitirán sucesivas revisiones del perfil de gestión del problema. Por ejemplo, parece razonable en un escenario de alta incertidumbre adoptar en primera instancia un esquema de acción con un carácter esencialmente reactivo, de mejora de la capacidad de

diagnóstico, para luego ir aumentando el perfil de la gestión del problema en la medida en que se gane certidumbre.

En definitiva, la incertidumbre no debe constituir un impedimento para la acción pública, sino que debe asumirse como parte del problema a gestionar.

La adopción de un modelo cualitativo de causas - efecto puede utilizarse como base de conocimiento para la formulación de políticas, lo cual puede permitir gestionar de forma proactiva la incertidumbre inherente al problema y que de otra manera tiende a paralizar el proceso de gestión ambiental cuando se trata hacer basado en una perspectiva analítica determinista.

Se debe tener presente, además, que un modelo cualitativo es una forma de entender tentativamente la realidad y de sistematizar el proceso de aumento de conocimiento de las relaciones causa - efecto. Un modelo, sea determinista o cualitativo no produce la política ambiental. La política como decisión estratégica de cómo actuar frente a un problema es una cuestión de decisión y no de conocimiento. Todos los elementos que configuran una política, desde sus objetivos a sus acciones más específicas, son el resultado de un proceso decisional que se apoyan en un diagnóstico obtenido a partir de un modelo.

Tal como se ha señalado previamente, uno de los aspectos decisionales más importantes es la definición del perfil de la solución propuesta (del plan). Evidentemente, el nivel de prioridad que se otorgue a un plan de descontaminación de la cuenca estará determinado fuertemente por la capacidad de ésta para asumir los diversos costos derivados de su aplicación, esto es, costos para el sector contaminante y como contrapartida los costos ambientales o culturales. En las condiciones de incertidumbre en que deberá desarrollarse la política de control de la contaminación de la cuenca del Loa, su perfil estará determinado, en definitiva, por la capacidad o voluntad de asumir riesgos, puesto que habrá que asumir costos de medidas de eficacia no exactamente conocida.

Si se considera que con el nivel actual de conocimiento del tema, que el problema de la contaminación del río Loa es grave y que el riesgo de no adoptar medidas es mayor que el derivado de su adopción, se asumirá un plan de alto perfil, pudiéndose llegar a considerar ésta como de carácter prioritario. Sin embargo, otra estrategia posible, más conservadora, podría ser la de definir una programa marco que se limitase a dar la cobertura inicial necesaria para el desarrollo de acciones posteriores, las cuales se adoptarían a medida que los escenarios que justifiquen su aplicación se fueran volviendo más ciertos. El riesgo obvio de ésta opción es el de que la certeza sobre la existencia de un problema llegue cuando el daño ya sea difícil, imposible o costoso de revertir.

Los distintos perfiles posibles de las vías de acción pueden ir desde lo más proactivo o lo reactivo, esto es, según prevalezca el criterio de minimizar el riesgo de contaminación hídrica o el de no asumir costos innecesarios o desproporcionados en la aplicación de medidas o estrategias específicas.

Es posible caracterizar los riesgos asociados a la elección de un perfil de política en particular en la matriz que se presenta a continuación:

Matriz de riesgos asociados a las alternativas de perfil de actuación

| | Problemas ambientales graves | Problemas ambientales medianamente graves | Problemas ambientales insignificantes |
|---------------------------------------|-------------------------------------|--|--|
| Actuación de alto perfil | Actuación óptima | uso ineficiente recursos | uso altamente ineficiente de recursos |
| Actuación de perfil intermedio | pérdidas ambientales | Actuación óptima | uso ineficiente recursos |
| Actuación de bajo perfil | pérdidas ambientales graves | pérdidas ambientales | Actuación óptima |

La matriz hace evidentes los riesgos que implica optar por una u otra opción de perfil en el contexto de incertidumbre en que se enmarca la decisión. Tal riesgo oscila entre el riesgo de un alto costo de recursos económicos públicos y privados y el riesgo de pérdidas ambientales.

7 Bibliografía

Aghon, Gabriel, F. Albuquerque y P. Cortés. (2001). Desarrollo Económico Local y Descentralización en América Latina. Publicado en CEPAL Publicaciones de Desarrollo Económico.

Bembow, Marisol y C. Rojas (2005). INFORME FINAL "APOYO PROFESIONAL PARA LA GENERACIÓN DE INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA EN EL MARCO DE LA ELABORACIÓN DE LA NORMA SECUNDARIA PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS DEL RÍO LOA". Departamento de Ciencias Geológicas. UNIVERSIDAD CATOLICA DEL NORTE. Realizado para CONAMA II Región. 10 de Marzo, 2005.

Bustos C, Alejandro. 2001. Impacto Socioeconómico del Deterioro Agrícola en Quillagua (II región, Chile). Cuarto Congreso Chileno Antropología 19 al 23 de noviembre 2001 Campus Juan Gómez Millas de la Universidad de Chile.

Castro L., Milka (1993). EL CAMPESINADO ALTOANDINO DEL NORTE DE CHILE.. DEPARTAMENTO DE ANTROPOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE CHILE. Actas del II Simposio Internacional de Estudios Altiplánicos 19 al 21 de Octubre de 1993, Arica, Chile.

CNR (2000). Diagnóstico y Propuesta de Fomento a la Agricultura Regada en la II Región. Elaborado para la Comisión Nacional de Riego y el Gobierno Regional de la II Región por el consorcio consultor Geofun-Procivil.

CNR (2002). Diagnóstico Actual del Riego y Drenaje en Chile y su Proyección. Comisión Nacional de Riego. Elaborado por Ayala, Cabrera y Asociados Ltda.

CODELCO NORTE. GERENCIA DE GEOLOGÍA. (Abril 2005). HIDROGEOLOGÍA CUENCA CALAMA. Presentación PPT.

CONAMA (2005). Política Ambiental de la Región de Antofagasta (PARA). Obtenida de www.conama.cl a Julio de 2005.

DGA (2004). DIAGNOSTICO Y CLASIFICACION DE LOS CURSOS Y CUERPOS DE AGUA SEGUN OBJETIVOS DE CALIDAD. CUENCA RIO LOA. Diciembre de 2004. Elaborado por Cade - Idepe.

Espinoza G., P. Gross y E R. Hajek. 1994. Percepción de los problemas ambientales en las regiones de Chile. Alfabeta Impresores. Santiago.

García y Dorronsoro (2004). CONTAMINACIÓN DEL SUELO. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada. España. Unidad docente e investigadora de la Facultad de Ciencias.

GORE Antofagasta (2000). Estrategia Regional de Desarrollo de la Región de Antofagasta (ERDRA). Gobierno de Chile. Región de Antofagasta 2000-2006.

Lagos, Gustavo E., H. Blanco, V. Torres y B. Bustos (2001). Minería y minerales de Chile en la transición hacia el desarrollo sustentable. Santiago, Chile Versión 17 de Diciembre, 2001. Cipma-IIPM, Proyecto MMSD América del Sur.

Muñoz, Daniel; G. Omegna y A. Santoro, "VALORACION ECONOMICA DE UN AREA SILVESTRE PROTEGIDA: EL SECTOR SONCOR DE LA RESERVA NACIONAL "LOS FLAMENCOS". CONAF Oficina Central y CONAF II Región. Mayo de 1996.

Román S., Domingo A. (2000) LA CUENCA DEL LOA UN ECOSISTEMA EN RIESGO Y SU PROPAGACIÓN. Laboratorio de Química Inorgánica, Bio-Inorgánica y Analítica Ambiental. Departamento de Química, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Antofagasta. 1er Simposio sobre Medio Ambiente "Gestión Ambiental e Investigación en Metales Pesados en el Norte de Chile", CREA – Universidad de Antofagasta, 14 – 16 Diciembre de 2000.

Román, Hugo y C. Valdovinos. UNA APROXIMACIÓN AL ESTUDIO INTEGRAL DE LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO LOA, II REGIÓN, CHILE. PERÍODO MARZO 1997 – FEBRERO 2000. En: III ENCUENTRO DE LAS AGUAS Santiago – Chile, Octubre 2001.

Sancha, A. M., F. Vega, S. Fuentes, H. Venturino, A.M. Barón y A. M. Salazar (1993). EXPOSICIÓN AL ARSÉNICO DE LA POBLACIÓN ATACAMEÑA. En Actas del II Simposio Internacional de Estudios Altiplánicos. Desde el 19 al 21 de Octubre de 1993. Arica. Publicado por el Depto. de Postgrado y Postítulo, Vicerrectoría Académica y Estudiantil en 1997.

SERNATUR (2004). "ACTUALIZACIÓN PLAN MAESTRO TURÍSTICO" DIRECCIÓN REGIONAL DE TURISMO. II REGIÓN DE ANTOFAGASTA. I ETAPA. DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA ACTIVIDAD TURÍSTICA. Elaborado por la Universidad Andrés Bello. (2004).

8 Anexo: fotografías

Ilustración 3



Cultivo de alfalfa en sector Chiu Chiu

Ilustración 4



Invernaderos en sector Chiu Chiu

Ilustración 5



Animales pastando en sector Lasana

Ilustración 6



Vista del río Loa en Sector Lasana

Ilustración 7



Acelgas bajo invernadero en sector Lasana

Ilustración 8



Acelgas bajo invernadero en sector Lasana

Ilustración 9



Cosecha de alfalfa en sector Lasana

Ilustración 10



Cultivo de alfalfa en sector Lasana

Ilustración 11



Cultivo de alfalfa en sector Lasana

Ilustración 12



Vista del río Loa y cultivos aterrazados en sistema de Heras

Ilustración 13



Cosecha manual de alfalfa en sistema de Heras

Ilustración 14



Sistema de cultivos en terrazas en Caspana

Ilustración 15



Frutales y tunas cultivados en sistema de terrazas en Caspana

9 Anexo: anteproyecto de norma versión 2