



**GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS**

**ANÁLISIS VOCACIÓN PRODUCTIVA
REGIONAL PARA LA GESTIÓN DE LOS
RECURSOS HÍDRICOS CUENCA DEL RIO
COPIAPÓ
III REGIÓN DE ATACAMA**

INFORME FINAL

**REALIZADO POR:
MINEURITA LTDA**

S.I.T. N° 355

Santiago, Noviembre de 2015

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Ministro de Obras Públicas
Ingeniero Comercial Sr. Alberto Undurraga Vicuña

Director General de Aguas
Abogado Sr. Carlos Estévez Valencia

Jefe División de Estudios y Planificación
Ingeniero Civil Sr. Adrián Lillo Zenteno

Inspector Fiscal
Ingeniero Civil Sr. Juan Carlos Salgado

Profesionales Participantes
Jefe Área Modelación
Ingeniero Civil Sr. Miguel Ángel Caro H.

MINERURITA LTDA.

Ejecutor del Proyecto
Nicolás. Jadue Majluf
Ingeniero Civil Industrial

**ANÁLISIS VOCACIÓN PRODUCTIVA
REGIONAL PARA LA GESTIÓN DE LOS
RECURSOS HÍDRICOS CUENCA DEL RIO
COPIAPÓ
III REGIÓN DE ATACAMA**

**SECCIÓN I:
OBJETIVOS DEL PROYECTO
MARCO CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO**

1	PANORÁMICA GENERAL DEL PROYECTO	9
1.1	Motivación y Desafíos del Estudio	9
1.2	La Gestión Moderna	10
1.3	Objetivos.....	11
1.3.1	Generales.....	11
1.3.2	Específicos	11
1.4	Enfoque metodológico general	12
2	Marco Conceptual Modelación HIDRO-ECONÓMICA	13
2.1	Conceptualización del problema	13
3	LA MATRIZ ECONÓMICA-SOCIAL -AMBIENTAL	16
3.1	Reflexión Preliminar: Sustentabilidad	16
3.2	Racionalización Económica.....	17
3.2.1	Condición de equilibrio 1 →Renovación de Activos.....	18
3.2.2	Condición de equilibrio 2: Sustitución de Activos	18
3.2.3	Condición de equilibrio 3 Sustitución Bienes y Servicios (Bienestar)	19
3.2.4	Capital Humano Educación, Base de Conocimiento y Salud	19
3.3	Economía y Sociedad	20
3.4	Los Procesos Económicos: Un Sistema Económico Interconectado	20
3.5	Importancia de la Actividad Sectorial dentro del Sistema.....	22
3.6	Evaluación de Desempeño de la Base Productiva	22
3.6.1	Vulnerabilidad- Nivel de Concentración del PIB.....	23
3.6.2	Alineamiento de las Cadenas Productivas	23
3.6.3	Perfil de Consumo Final de la Población	23
3.6.4	Contaminación AMBIENTAL Emisiones -- RESIDUOS- BIODIVERSIDAD ...	23
3.6.5	Contaminación Social Delincuencia e Índice De Corrupción	24
4	Indicadores de Sustentabilidad Regional	24
5	La Matriz Económica Regional.....	26
5.1	Modelamiento multidimensional del sistema económico-social-ambiental.....	26
5.2	Proceso Productivo con base en estructura Matriz Insumo Producto	27
5.3	Balances Económico- Contable Oferta y Demanda	28
5.4	Driver Económico centrado en las exportaciones	28
5.5	Cada Región o Zona es una parte del Sistema Nacional	29

5.6	Criterio de Racionalidad y convergencia del Modelo.....	30
5.7	EQUILIBRIO Multidimensional del MODELO	31
6	Valores y Objetivos de la Región y Cuenca en Particular	34
6.1	Introducción	34
6.2	Estrategia Regional de Desarrollo 2007-2017.....	34
6.3	Visión e Imagen Objetivo Atacama 2017	35
6.3.1	Atributos Contenidos en la Visión	35
6.3.2	Lineamientos Estratégicos	35
7	Caracterización Económica de la III Región y Cuenca Copiapó.....	38
7.1	Ubicación y División Administrativa (PRIGRH-MOP Atacama).....	38
7.2	Hidrografía General	39
7.3	Población.....	41
7.4	Fuerza de Trabajo-2012	42
7.5	Resultados Económicos	43
7.5.1	PIB Regional	43
7.5.2	Exportaciones	44
7.6	Actividades Económicas Principales.....	47
7.6.1	Actividad Agrícola.....	47
7.6.2	Actividad Minera	50
7.6.3	Referencia Actividad Energía.....	53
8	ANÁLISIS ECONÓMICO Regional	55
8.1	Análisis Nivel Región: III Región Atacama	56
8.1.1	Ficha Económica Regional.....	57
8.1.2	Balanza Comercial	58
8.1.3	Ficha de Encadenamiento Interregional	59
8.1.4	Ficha de Encadenamiento Exportaciones del Sector Minería	60
8.1.5	Ficha de Encadenamiento Exportaciones Sector Agropecuario-Silvícola ...	61
8.1.6	Ficha Sectorial Minería	62
8.1.7	Ficha Sectorial Agropecuaria Silvícola	63
8.1.8	Ficha Sectorial: EGA	64
8.1.9	Ficha Sectorial Construcción	65
8.2	Evaluación de la Estrategia Regional	66
8.2.1	La gente de Atacama es protagonista de su desarrollo	66
8.2.2	Formación de Capital Humano	67

8.2.3	Vulnerabilidad y Diversificación	67
9	Modelamiento económico Cuenca COPIAPO	73
9.1	Caso Base 2012: Cuenca del Copiapó	73
9.1.1	Ficha Económica Regional.....	74
9.1.2	Balanza Comercial	75
9.1.3	Ficha de Encadenamiento Cuenca → País	76
9.1.4	Ficha de Encadenamiento Productos del Sector Minería	77
9.1.5	Ficha de Encadenamiento Exportaciones Sector Agropecuario-Silvícola ...	78
9.2	Estimaciones del Valor del Agua	79
10	MODELAMIENTO DE LA Matriz HÍDRICA de la Cuenca Copiapó	81
10.1	Criterios Generales de Modelamiento	81
10.2	Traducción del Modelo Hídrico DGA a la Topología de REDES.....	82
10.3	Oferta Hídrica: Aportes Naturales y Cuencas laterales	84
10.4	Subsistema de Transferencia Superficial.....	85
10.4.1	Nodos Superficiales (Nodos NO-XX).....	85
10.4.2	Tramos de Ríos (TR-XX).....	87
10.4.3	Tramos canales (CA-XX)	89
10.4.4	Nodos de canales Auxiliares de Regadío (Nodos CA-XX-YY)	90
10.4.5	Embalse Lautaro (Nodos EM-XX)	90
10.4.6	Subsistema Transferencia subterránea: Acuíferos.....	90
10.5	Demanda Hídrica- Riego.....	92
10.6	Demanda Hídrica Sector Minería.....	93
10.7	Demanda Agua Potable	96
11	SIMULACIÓN Modelamiento Integrado Cuenca	97
11.1	Escenario Base:	97
11.1.1	Demandas de Producción	97
11.1.2	Impacto Económico General	98
11.1.3	Balance Cuenca-Valle Completo	99
11.1.4	Balance por Acuíferos	100
11.1.5	Balance en Nodos Relevantes	104
11.2	Caso Desarrollo: Cuenca del Copiapó	105
11.2.1	Caracterización Económica	105
11.2.2	Resultados Económicos	105
	Balance Hídrico.....	107

12 EVALUACIÓN DE ESCENARIOS	109
12.1 Escenario 'A-o' ➔ Caso Base.....	109
12.1.1 Producciones Mineras.....	109
12.1.2 Resumen Hidro económico	109
12.2 Escenarios A-1: Operación Hídrica Sustentable Cuenca	110
12.2.1 Resumen Hidro económico	110
12.3 Escenario A-2: Recupera Case Base con Agua Externa (desalación)	111
12.3.1 Resumen Hidro económico	111
12.4 Escenarios B-1 ➔ Caso Caserones.....	112
12.4.1 Producciones	112
12.4.2 Plantas y Consumo Agua	112
12.4.3 Resumen Impacto	112
12.4.4 Comentarios	112
12.4.5 Sustento Agua Externa	113
12.5 Escenario B-2 ➔ Resto Faenas Mineras	113
12.5.1 Producciones	113
12.5.2 Plantas Tratamiento y Aguas	114
12.5.3 Impacto Hidro económico	114
12.5.4 Análisis y Comentarios	114
12.6 Sustento Hídrico con Aguas Externas (desalada)	115
12.6.1 Plantas Tratamiento y Aguas	115
12.6.2 Impacto Hidro económico	115

Tabla 7-1: Cuencas Principales Región de Atacama	39
Tabla 7-2: Características Principales de Acuíferos Regionales	40
Tabla 7-3: Población Residente Región de Atacama – Censo 2012	41
Tabla 7-4: FUERZA TRABAJO POR PROVINCIA	42
Tabla 7-5: SERIE PIB REGION ATACAMA 2008-2012	43
Tabla 7-6: EXPORTACIONES REGION ATACAMA	44
Tabla 7-7: Valor Exportaciones Región Atacama	45
Tabla 7-8: Exportaciones Atacama en Toneladas (INE Boletín Exportaciones oct-dic: 2013)	46
Tabla 7-9: Superficie Riego Región Atacama Fuente: ODEPA formación Regional 2014, base VII Censo Nacional Agropecuario INE 2007.	47
Tabla 7-10: Superficie por Tipo Cultivo Atacama	48
Tabla 7-11: Zonas y Superficies Riego Cuenca Copiapó	49
Tabla 7-12: PRODUCCIONES MINERA III REGIÓN (FUENTE ESTADÍSTICAS SERNAGEOMIN)	50
Tabla 7-13: Capacidad Plantas Beneficios III Región	50
Tabla 7-14: FAENAS MINERAS III REGION (PARTE 1)	51
Tabla 7-15: FAENAS MINERAS III REGION (PARTE 2)	52
Tabla 7-16: DISTRIBUCION ENERGIA ELECTRICA III REGION	53
Tabla 7-17: TASAS DE CONSUMO HIDRICO Y NERGETICO POR SECTOR ECONOMICO	54
Tabla 8-1: BALANCE COMERCIAL III REGION ATACAMA	58
Tabla 8-2: FICHA ENCADENAMIENTO INTERREGIONAL	59
Tabla 8-3: BALANCE RECURSOS ESTRATEGICOS	59
Tabla 8-4: FICHA ENCADENAMIENTO EXPORTACIONES MINERAS	60
Tabla 8-5: FICHA ENCADENAMIENTO EXPORTACIONES AGROPECUARIAS	61
Tabla 8-6: FICHA SECTORIAL DE MINERIA	62
Tabla 8-7: FICHA SECTORIAL AGROPECUARIA SILVICOLA	63
Tabla 8-8: FICHA SECTORIAL ELECTRICIDAD GAS Y AGUA	64
Tabla 8-9: FICHA SECTORIAL DE LA CONSTRUCCION	65
Tabla 9-1: FICHA RESUMEN CUENCA COPIAPO	73
Tabla 9-2: FICHA ECONÓMICA CUENCA COPIAPO	74
Tabla 9-3: BALNCE COMERCIAL COPIAPO	75
Tabla 9-4: ENCADENAMIENTO INTERREGIONAL DEL COPIAPÓ	76
Tabla 9-5: ENCADENAMIENTO MINERO DEL COPIAPÓ	77
Tabla 9-6: ENCADENAMIENTO AGRÍCOLA DEL COPIAPO	78
Tabla 10-1: APORTES NATURALES CUENCA COPIAPO	84
Tabla 10-2: NODOS SUPERFICIALES CUENCA COPIAPO	85
Tabla 10-3: TRAMOS RIO COPIAPO MODELO AQUATOOL	88
Tabla 10-4: CANALES AQUATOOL COPIAPÓ	89
Tabla 10-5: PARAMETROS Acuíferos Copiapó l/s	91
Tabla 10-6: DERECHOS DE AGUA SUBTERRANEOS	91
Tabla 10-7: SECTORES DE RIEGO COPIAPÓ	92
Tabla 11-1: IMPACTO ECONÓMICO PROYECTOS MINEROS	98
Tabla 11-2: IMPACTOS EN DEMANDAS RECURSOS ESTRATÉGICOS	108

1 PANORÁMICA GENERAL DEL PROYECTO

1.1 Motivación y Desafíos del Estudio

El desafío de este proyecto consiste en la articulación y confección de un instrumento metodológico capaz de vincular el comportamiento hídrico de la cuenca del río Copiapó, que forma parte del mapa hidrológico de la III Región de Atacama, con sus principales indicadores y resultados socio-económicos. En la Región de Atacama como en el resto de las regiones del norte del país y en particular en la cuenca del Copiapó, el recurso hídrico se hace cada vez más escaso mostrando señales claras de sobreexplotación. En un escenario como éste, se hacía relevante la necesidad de establecer un sistema de métricas que permitiera correlacionar de una manera científica, la oferta hídrica de la región, con las demandas provenientes de la población y de los diferentes sectores económicos, y así evaluar capacidades para la generación de empleo, como también las estrategias para un desarrollo y crecimiento sustentable para la región.

La base conceptual sobre el cual se articula el modelo, se sustenta en la formulación de la Función General de Producción de la Región. Ella se obtiene integrando la red macroeconómica de producción regional, que se construye a partir de la Matriz Insumo Producto regionalizada, con la oferta del Factor Hídrico que se abastece desde la red hidrológica de la cuenca del Copiapó. Como resultado se obtiene un modelo integrado HIDRO-ECONÓMICO con capacidades para predecir resultados en los planos económicos por decisiones tomadas en el plano hídrico y viceversa. La conexión entre las matrices económica e hídrica, se realiza a través de tres sectores representativos del consumo: Agrícola; Minería, Energía y Agua Potable.

El instrumento metodológico, con la representación de la Función Global de Producción de la III Región, resuelve interrogantes tales como: a) ¿Cuál es el impacto Económico y Social en la Región, al traspasar recursos hídricos entre los sectores Agrícola y Minero?; b) Dada la matriz HIDRO-ECONÓMICA de la región, ¿Cuál es la vocación productiva de sus recursos hídricos evaluada en las perspectivas económica, social y ambiental? Y en adición a lo anterior, otorga una visión global de los recursos hídricos de la cuenca y métricas de evaluación de impacto a nivel regional, más allá de los aportes particulares que este recurso brinda parcialmente a uno u otro sector de la economía, revelando así posibles imperfecciones y externalidades del mercado que debieran ser corregidas.

Esta situación de escasez hídrica conjuntamente con la fuerte interacción entre las actividades económicas, impone escenarios de gestión de alta complejidad en donde la modelación hídrica del comportamiento de sus cuencas no es suficiente. Para comprender cabalmente el escenario de gestión de manera integral se requiere complementar e integrar las modelaciones hidrológicas con la dinámica del proceso económico, social y sus consecuentes impactos ambientales, de manera tal

de converger hacia condiciones de sustentabilidad global. Esta integración es el desafío esencial de esta propuesta metodológica.

1.2 La Gestión Moderna

El dilema de gestión al que se enfrentan las organizaciones modernas, cualquiera sea el ámbito en que ella se aplique, se focaliza esencialmente en cómo lograr un mejor alineamiento e integración entre los procesos y la gente que los ejecuta. Y es que mientras los procesos operan e interactúan en estructuras de redes, la organización de sus personas a cargo de estos procesos, se estructuran en estancos independientes. No se gestionan las normales interrelaciones entre los procesos y los resultados convergen a óptimos locales en desmedro del logro del óptimo global del sistema gestionado. La integración del sistema resulta así una tarea imposible o muy difícil de realizar.

El recurso hídrico es un insumo transversal para múltiples actividades económicas y domésticas a través del consumo de las personas. Es así que evaluar el impacto de las decisiones hídricas sobre nuestra economía y viceversa, requiere un análisis integrado, multidimensional y dinámico que nos permita formular adecuadamente la Función de Producción Agregada de la economía (nacional, regional, o cuenca) que sea capaz de reflejar las funciones de transformación intersectoriales propias de los procesos económicos como también la interacción entre ellas y los recursos hídricos disponibles en las diferentes secciones de una cuenca.

Para representar la Función de Producción de una Región en particular se conceptualiza su sistema económico completo como una red interconectada de actividades concurrentes por donde fluyen productos, servicios, recursos, unidades físicas y monetarias, que se intercambian entre las actividades de la red realizadas por sus respectivos agentes económicos.

Las dimensiones de las variables que se definan son de ámbito Económico, Social y Ambiental, se contextualizan en un modelo conceptual representado en la siguiente figura Nº 1

Figura 1-1: Contextualización Problema Modelamiento



La tercera componente relevante, y que no alcanza a ser graficada en la figura anterior, guarda relación con el **Mapa Estratégico de Gestión de la Región**. Disponer de un modelo de comportamiento (Producción) de la Red Hídrico-Económica de la Región es sólo una condición necesaria a la hora de definir soluciones. Es fundamental colocar este sistema de producción sobre un mapa estratégico de gestión, que imponga los lineamientos, directrices y estrategias de desarrollo, a los cuales se debiera someter tal sistema de producción. De esta manera la modelación es completa. Y es que el uso óptimo del recurso hídrico, si el objetivo general es la maximización del Valor Presente, podría ser diferente a si el objetivo fuere maximizar el empleo o la protección ambiental. En ambos casos el modelo de la red hídrico económica es el mismo, lo que cambia será la función objetivo a la cual se somete.

1.3 Objetivos

1.3.1 Generales

El objetivo general de este proyecto es modelar, en un contexto de maqueta metodológica, la **arquitectura económica de la Cuenca del Copiapó** tomando como centro analítico del sistema, el "**Recurso Hídrico**" como uno de los factores económicos relevantes que determinan el desarrollo económico de la región. Este Artefacto Metodológico permitirá realizar estimaciones balances económicos y Precio Social (Precios Sombras) del recurso hídrico a través de una metodología propia que combina fundamentos de Economía Matemática con Teoría de Redes y Modelos de Optimización.

1.3.2 Específicos

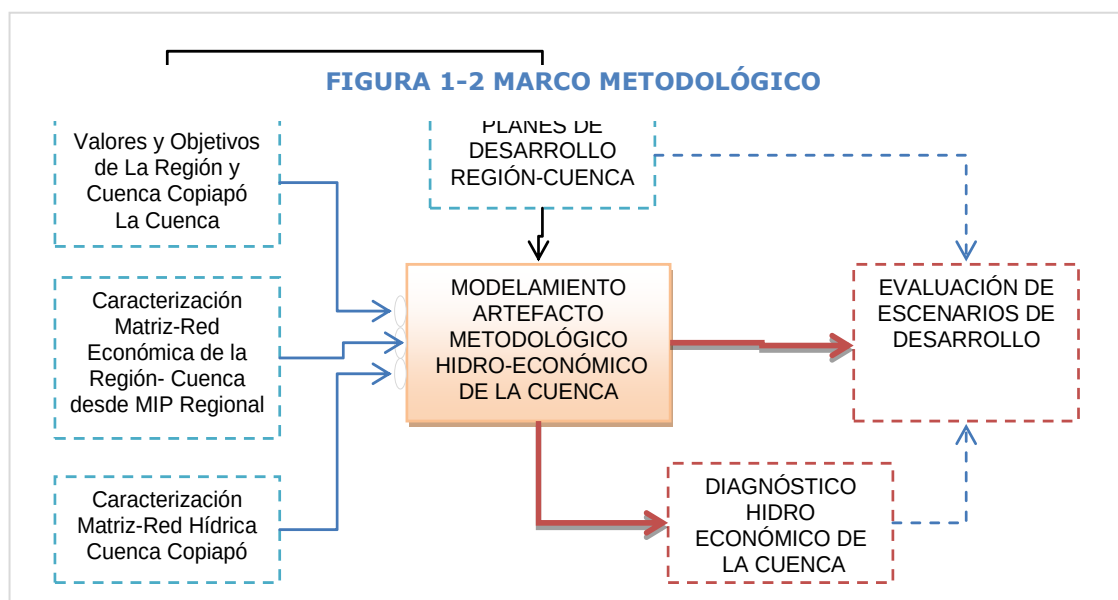
Entendiendo que el objetivo general de este proyecto es disponer de una representación global de la **Cuenca del Copiapó** como objeto de gestión integrada, para así evaluar el grado de alineamiento que existe entre los objetivos de la Región y Cuenca en particular con respecto a los intereses individuales de los diferentes agentes económico sociales que en ella participan, se hace necesario definir los siguientes objetivos específicos o intermedios:

- Disponer de una racionalización de los objetivos, valores y principios que determinan la estrategia de desarrollo de la III Región de Atacama y sus cuencas. Este resultado es de suma relevancia pues permite establecer un **punto de referencia** con el cual evaluar la situación actual y de desarrollo futuro del comportamiento económico, hídrico, social y ambiental de la cuenca.
- Modelación de la Matriz Insumo Producto regional, con el objetivo de disponer de una representación de los procesos económicos de la cuenca, sus interacciones y encadenamientos directos e indirectos. Interesa en este objetivo tener un mapa con las principales actividades mineras, agrícolas, industriales, energéticas, sanitarias, de manera de vincular estas actividades con sus demandas hídricas.

- Transportar los modelos hidrológicos actualizados de la Cuenca del Copiapó (residentes en plataformas Aquatool, Modflow) hacia una versión simplificada que permita integrarse con matrices y modelaciones económicas
- En función de las matrices anteriores definir procedimientos para valorizar escenarios bases y proyectados de los usos de recursos hídricos superficiales y subterráneos en las diferentes zonas de la región.
- Disponer de mecanismos y procedimientos dentro del artefacto que permitan la evaluación y optimización de escenarios actuales y futuros relacionados con proyectos de utilización de los recursos hídricos.
- Disponer de un diagnóstico de la eficiencia de la Red Hídrica de la Región, y cómo se impacta esta red en virtud de diferentes proyectos de desarrollo regional.
- Disponer de un marco analítico conceptual para la evaluación racional de proyectos de desarrollo regional relacionados con la gestión y mantención del recurso hídrico de la zona.

1.4 Enfoque metodológico general

El esquema metodológico con el cual se aborda el desarrollo de este proyecto y que se presenta en la figura adjunta considera una primera fase de recolección y



análisis de información, básicamente de la estrategia regional y sus valores, una caracterización macroeconómica de la región, sus principales actividades y resultados, y finalmente tomar conocimiento de la red hidrológica y sus flujos de oferta y demanda. Habiendo tomado conocimiento integral de estas tres dimensiones de información, el paso siguiente consiste en el desarrollo de un instrumento metodológico que permita representar adecuadamente las variables estratégicas de la región, y su matriz económica y social sobre la cual se soporta

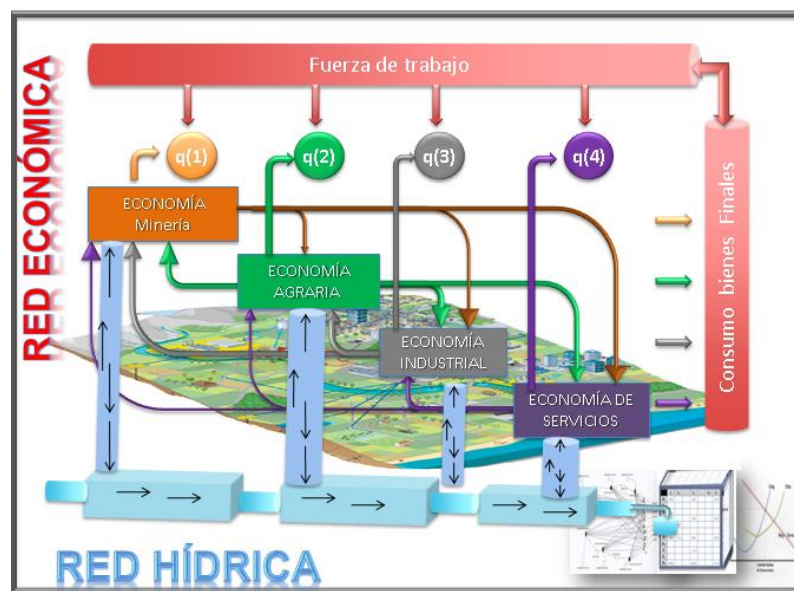
su modelo estratégico de desarrollo, y finalmente la matriz de abastecimiento de recursos hídricos como uno de los factores estratégicos relevantes del desarrollo económico y social del territorio en estudio.

2 MARCO CONCEPTUAL MODELACIÓN HIDRO-ECONÓMICA

2.1 Conceptualización del problema

La gráfica siguiente expone en un esquema integrado la interoperación que ocurre entre las **redes hídricas con las redes de actividades económicas** de una región en particular.

Figura 2-1: RED CONCEPTUAL DEL MODELO INTEGRADO



La figura muestra las correlaciones de intercambios de bienes intermedios entre cada rama económica, como las demandas finales tanto de bienes como de factores, en este último caso, se han consignado principalmente los Factores Trabajo y Recursos Hídricos.

El tema de análisis que aborda esta propuesta, se refiere específicamente, a la cuantificación, mediante métodos económicos-científicos, de las productividades del factor hídrico en las diferentes ramas de actividad como también en los índices de producción global de una región en particular.

La tercera componente relevante, y que no alcanza a ser graficada en la figura anterior, guarda relación con el **Mapa Estratégico de Gestión de la Región**. Disponer de un modelo de comportamiento (Producción) de la Red Hídrico-Económica de la Región es sólo una condición necesaria a la hora de definir soluciones. Es fundamental colocar este sistema de producción sobre un mapa estratégico de gestión, que imponga los lineamientos, directrices y estrategias de

desarrollo, a los cuales se debiera someter tal sistema de producción. De esta manera la modelación es completa. Y es que el uso óptimo del recurso hídrico, si el objetivo general es la maximización del Valor Presente, podría ser diferente a si el objetivo fuere maximizar el empleo o la protección ambiental. En ambos casos el modelo de la red hídrico económica es el mismo, lo que cambia será la función objetivo a la cual se somete.

RECUADRO 1: MODELAMIENTO MATEMÁTICO HIDRO-ECONÓMICO DE CUENCAS

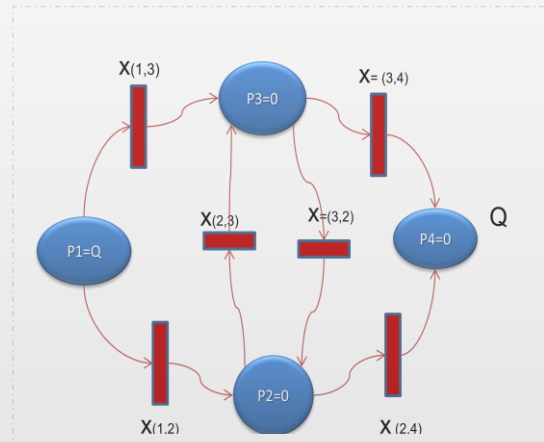
Para representar la Función de Producción de una Región en particular se conceptualiza su sistema económico completo como una red interconectada de actividades concurrentes por donde fluyen productos, servicios, recursos, unidades físicas y monetarias, que se intercambian entre las actividades de la red realizadas por sus respectivos agentes económicos.

Con este foco conceptual la función de producción regional es representada formalmente por Grafo y su matemática subyacente particularmente basada en Teoría de Redes de Petri.

$$Q = \mathbf{F} (K; L; M; H) \rightarrow Q = \mathbf{G} (N; A)$$

Un grafo $G(N; A)$, es un conjunto, no vacío, de objetos llamados **NODOS** y una selección de pares de Nodos, llamados **Aristas o ACTIVIDADES** que pueden ser orientados o no. Típicamente, un grafo se representa mediante una serie de puntos (los vértices) conectados por líneas (las aristas).

Un grafo se representa por un conjunto de **N** ecuaciones y **A** variables que se resuelven mediante técnicas de optimización lineal o no-lineal especificando un objetivo específico y manteniendo las condiciones de balance y conservación de flujos en cada uno de los nodos del grafo.



En el concepto de Grafo de este trabajo se conjugan dos redes esenciales: Un grafo "**H**" que represente el comportamiento y dinámica de las redes hídricas de las cuencas de una región, y un grafo "**E**" representativo del comportamiento y dinámica económica de los agentes económicos de la región en cuestión.

El Grafo Económico “Ge”

El grafo económico **Ge** (**Ne**; **Ae**) tiene por objeto representar la red de interrelaciones entre las actividades sectoriales que definen el sistema económico de la región. En teoría la modelación de esta red es una aproximación a un modelo de equilibrio general de la región, y este último también es una aproximación a la estructura económica regional.

En esta red o grafo económico “Ge”:

- el conjunto de nodos **Ne**: se asocian a los productos y servicios que emanan de las actividades productivas; los recursos que requieren tales trabajo, capital, recursos hídricos, las importaciones, exportaciones; el consumo; y las inversiones.
- Las variables **Ae** por su parte, representan a las acciones o actividades que se ejecutan dentro del sistema: Actividades Sectoriales: Agro, Minería, Industria, servicios, otras; acción de consumir; acción de invertir; acción de importar; acción de exportar.

La estructura, parámetros y variables que determinan el grafo **Ge** provienen exactamente a la representación matemática y formal de las matrices insumo producto de un país o región y por ende a partir de ellas es posible formularlo.

El Grafo Hídrico “Gh”

El grafo hídrico **Gh** (**Nh** ; **Ah**) tiene por objeto representar la topología hidrológica de las cuencas que pertenecen a la región en análisis.

- el conjunto de nodos **Nh**: En este grafos los nodos se asocian a: Embalses; nodos de tramos de ríos; fuentes de aportes naturales; representar abastecimientos por cuencas laterales; Acuíferos; zonas de demanda hídrica a lo largo de la cuenca (regadío; industrial; potable; minero; otros).
- Las variables **Ae** por su parte, representan a las acciones de flujo hídrico entre nodos tales como tramos de ríos; canales de regadío; bombeos de acuíferos para demandas; afloramientos de acuíferos; percolaciones; precipitaciones y otros movimientos auxiliares.

Las topologías de las redes hídricas de las diferentes cuencas del país se encuentran todas muy bien modeladas y caracterizadas por la DGA en cuanto a sus flujos y parámetros hidrológicos e hidro- geológicos. Lo necesario es remodelarla en esta estructura de red lineal de optimización, de modo que pueda ser fácilmente integrada con la red o grafo económico, y así realizar evaluaciones conjuntas.

3 LA MATRIZ ECONÓMICA-SOCIAL -AMBIENTAL

3.1 Reflexión Preliminar: Sustentabilidad

De acuerdo con la propuesta metodológica que guía el desarrollo de este proyecto, se hace necesario interconectar los objetivos que define la estrategia de la región con la matriz socio-económica que determina las actividades productivas de la gente de la región. El artefacto metodológico representativo de la arquitectura económica de la cuenca del Copiapó y de la Región se constituye en el vínculo que permite alinear el sistema de producción regional con el mapa estratégico general al cual se somete.

Por definición, el objetivo de la economía se concentra en el diseño de formas y medios para satisfacer las necesidades humanas mediante recursos generalmente escasos. La economía es entonces un medio, y no un fin en sí mismo, orientado a brindar bienestar a la sociedad, tanto para hoy como también para mañana. Así, **la sustentabilidad** es uno de los objetivos explícitos de la economía.

Los intereses individuales que subyacen en los conceptos de Sociedad, Economía y Medio ambiente, *-Bienestar, Eficiencia y Crecimiento, y Sustentabilidad respectivamente-*, en su génesis son convergentes. La crítica a la que se encuentra sometido el modelo económico de estar procurando crecimiento pero sin incrementos de bienestar y con riesgos en la sustentabilidad del medio ambiente, nos estaría indicando que 'algo' no estamos haciendo bien.

El desarrollo sustentable busca el equilibrio entre las dimensiones económica, social y ambiental. Que el crecimiento en una de las dimensiones no signifique un perjuicio en las dos restantes, sino que también crezcan en forma simultánea. El crecimiento económico no tendrá por qué ser a costa de un sacrificio social ni ambiental; como tampoco un desarrollo ambiental deberá perjudicar el crecimiento social ni económico. Estos conceptos se encuentran plenamente incorporados en la estrategia de desarrollo regional, particularmente en la visión que se postula para ella, y en los atributos que la caracterizan. Un desafío interesante será evaluar o al menos opinar, si el modelo de gestión con que se dirige el aparataje productivo regional los conduce en esta dirección.

El o los **indicadores de desarrollo (sustentable)**, que se postulen deben ser valores que permitan evaluar el nivel de cumplimiento del objetivo de sustentabilidad recién definido, y por otra parte, ayudar a identificar caminos de intervención que permitan acercar los niveles actuales del indicador, a los valores deseados correspondientes a un objetivo planteado.

La **eficiencia y eficacia** de los sistemas y modelos económicos se debiera medir en sus extremos. En primer lugar, en la sociedad, a través de **indicadores de bienestar social**, y en segundo, en el entorno, mediante indicadores de sustentabilidad de los recursos escasos que nos entrega la naturaleza. De lo contrario solo estaríamos polarizando nuestras estrategias en los medios de producción sin mayor preocupación en los fines últimos que estos sistemas tienen: las personas y la sociedad.

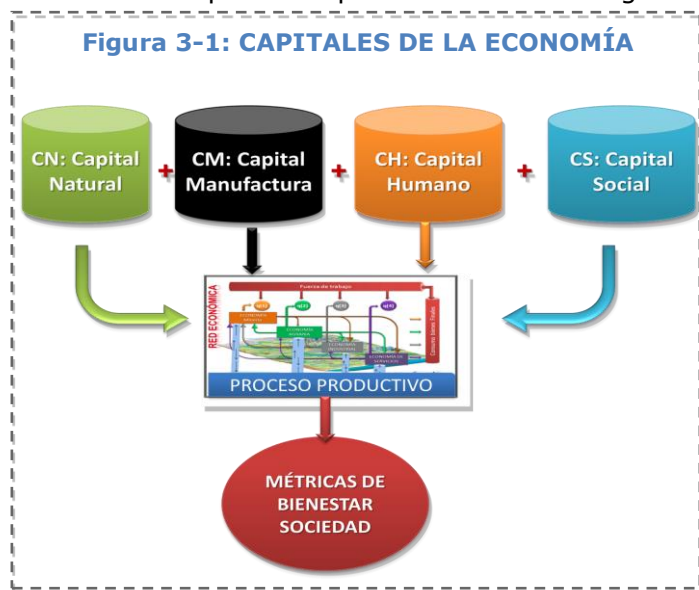
El afán de crecimiento centrado en los sistemas productivos en sí mismos (Crecimiento Sectorial), está convergiendo a una desincronización entre los ciclos productivos del hombre con los ciclos productivos propios de la Naturaleza. En este sentido no estamos respetando el proceso de renovación de nuestros recursos naturales, hídricos, pesqueros, aire y otros que posiblemente aun no alcanzamos a percibir.

3.2 Racionalización Económica

La **riqueza** de un país corresponde al conjunto de activos que utilizan los **procesos productivos** del hombre con el propósito de obtener el **bienestar** que necesitan. Si cambia la **función de bienestar** de la gente, entonces también cambiará la valoración de los activos. Ellos son fundamentalmente los siguientes: **CN=Capital Natural**: Conforman las riquezas provistas por la Naturaleza, algunas no renovables, y otras cuyo proceso o ciclo de renovación subyace en la propia naturaleza. En esta categoría es posible destacar los recursos forestales; recursos pesqueros; tierras cultivables; combustibles fósiles como petróleo, gas natural, carbón; recursos minerales como cobre, oro, plata, y otros; **CM=Capital Manufacturado**: Corresponden a los activos e inversiones realizadas por el hombre para soportar sus procesos productivos. En este ámbito se encuentran las maquinarias, equipos, caminos, puertos, y tecnologías en general; **CH=Capital Humano**: En esta categoría se encuentra el potencial de desarrollo provisto por las personas y sus habilidades, su educación y conocimiento, ciencia y tecnología, como también su salud; **CS=Capital Social**: En esta sección se catalogan aquellos activos informales que de una u otra manera condicionan la asignación de recursos en los sistemas productivos e inciden en el bienestar de la sociedad.

La conjugación de estos capitales al interior de los procesos productivos de la Región o Valle, conllevan a la generación de bienestar para la sociedad en general. Esta conceptualización nos genera dos condicionantes al camino de la sustentabilidad.

- Que los capitales o riquezas del Valle se mantengan o aumenten en el tiempo, como resultado de la operación de los procesos productivos; y,
- Que el bienestar para la población y gente del Valle, que genera el resultado de la operación de los procesos productivos, sean consecuentes con los aportes y esfuerzos que ellos realicen en el ejercicio de tales procesos.



Con este acercamiento metodológico, se empieza a visualizar la conexión entre la matriz económica con los pilares estratégico que define la región. Cada una de los lineamientos

estratégicos que define la región se asocia a alguno de los tipos de capital que se ha definido anteriormente (Desarrollo Capital Humano; Modernización institucional; Investigación y Desarrollo; Protección Social y otros), y cada uno de los capitales son insumos y resultados (productos) de la matriz económica productiva, la que en definitiva debiera bajo ciertas restricciones o condiciones para lograr un equilibrio.

3.2.1 Condición de equilibrio 1 → Renovación de Activos

La condición de **renovación** es esencial para mantener la **sustentabilidad** del sistema, y se aplica sobre cada uno de los activos o capitales estratégicos:

- ✓ **Capital Manufacturado:** Este ítem de capital se renueva o desarrolla comúnmente mediante los procesos de inversión privada que realizan las empresas para mantener operativos sus sistemas de producción, o también inversiones públicas que mantienen y desarrollan las obras de infraestructura nacionales, tales como caminos, puertos, redes de aeropuertos, y otros elementos relevantes.
- ✓ **Capital Natural:** Muchos de los componentes que conforman el capital ambiental o natural de una región, tales como el agua, el aire y las virtudes de cultivo de su tierra, fundan el proceso de renovación en la magia propia de los ciclos de la naturaleza. En estos casos, la condición de renovación que impone el desarrollo sustentable, requiere que NO se alteren estos ciclos. (depredación de recursos). En el caso de los recursos o activos no renovables, tales como un yacimiento minero, disponibilidades recursos energéticos, que son generalmente escasos y de alto valor, la condición de sustentabilidad exigiría al menos un uso eficiente de estos recursos, y también la aplicación de la **condición sustitución de activos** que se explica más adelante.
- ✓ **Capital Humano:** En este punto es imposible saltarse una reflexión que tiene relación con la asignación de los derechos de propiedad que comúnmente existen en el resto de los factores de capital. Quien escribe estas líneas no cree que la gente sea un “recurso” humano, ni tampoco ahora “capital” resulta ser suficiente. En la racionalidad del modelo conceptual que se está desarrollando en este proyecto, se observa que la gente, con sus virtudes y necesidades, se encuentra en ambos lados de la ecuación de equilibrio. Primero como Capital Humano, pero también como destinatario final de todos los esfuerzos que el proceso productivo conlleva: la función de bienestar. **El capital humano**, debe ser renovado y potenciado sistemáticamente a través de la provisión de bienes de **CONSUMO_BASICO; SALUD y EDUCACIÓN**.
- ✓ **Capital Social:** En esta dimensión es necesario cautelar que la operación y dinámica de los procesos económicos y sociales no conlleve al deterioro del capital social disponible. Los índices de delincuencia y corrupción en instituciones públicas como privadas, la cantidad de juicios laborales y comerciales, y variables tan obvias como cantidad de accidentes de tránsito, reclamos del SERNAC, dan señales que van en contra del potenciamiento y desarrollo de este fundamental capital.

3.2.2 Condición de equilibrio 2: Sustitución de Activos

Continuando con este razonamiento conceptual, se ha establecido que la creación de Valor o Bienestar es una función de los activos disponibles. Por la degradación de las disponibilidades de algunos de estos activos de Capital Natural, es condición para el

desarrollo sustentable que el stock de riqueza disponible del país no disminuya, y por lo tanto, si se consumen Activos Naturales no-renovables, entonces el sistema productivo debiera realizar las inversiones necesarias para poder reemplazarlos por una mezcla de nuevos activos, ya sea de capitales manufacturados, humanos, o sociales que en definitiva mantengan la potencia de generación de valor al sistema para sustentar las demandas de bienestar de periodos futuros.

En esta dirección, en donde las condiciones de sustentabilidad estarían imponiendo cambios radicales en las estructuras de las bases productivas de una región, se hace necesaria la participación conjunta de las esferas públicas y privadas.

3.2.3 Condición de equilibrio 3 Sustitución Bienes y Servicios (Bienestar)

Si por efectos de las acciones del proceso productivo se ve reducido el nivel de producción de un servicio (Q_i) que se encuentra en la mezcla de productos que satisfacen el bienestar de la gente, por ejemplo “bañarse o pescar en un río”, “correr”, “respirar”, o consumir una determinada fruta, entonces el sistema debe sustituir la provisión de ese bien por bienes alternativos que en teoría se encuentren en la frontera de indiferencia de la población.

En los casos de bienes y servicios de carácter más tangibles, como el consumo de bienes agrícolas, el sistema es capaz de responder reemplazando estos bienes por la vía de las importaciones. Sin embargo en el caso de bienes intangibles como el apreciar un paisaje, impactar la biodiversidad, y la contaminación del ambiente, que son no transables, su reemplazo no resulta ser tan objetivo, y por ende lo más razonable es establecer criterios de carácter normativo que impidan estos perjuicios ambientales. Ejemplos: Caudal Ecológico; Normas de Material Particulado; Contaminación atmosférica.

3.2.4 Capital Humano Educación, Base de Conocimiento y Salud

La cantidad de conocimiento residente en un país, y la transferencia de conocimiento a la gente mediante el proceso de educación y/o capacitación, y por otra parte, el estado general de salud de la población y su mantención mediante los procesos de atención de salud, son factores claves para el **desarrollo** de un país, región o zona geográfica. No necesariamente la disposición de estos factores implica o garantiza un **crecimiento** concreto, el que se logra en la medida que este nuevo potencial se active en el proceso productivo. Sí impacta el potencial de crecimiento que es el desarrollo. Con ellos se potencia y renueva el capital humano (**CH**) en la dimensiones de cantidad y Valor lo que sin dudas converge hacia aumentos en la **productividad y eficiencia** del sistema productivo, como también en su propio bienestar.

3.3 Economía y Sociedad

El principio de **escasez** de recursos para abastecer las crecientes demandas de la sociedad motiva el surgimiento de la **ECONOMÍA (E)** como una ciencia e instrumento de ayuda para optimizar el proceso de transferencias y producción de bienes desde la Naturaleza hacia la Sociedad.

La economía es entonces un **mecanismo**, es una función, un **instrumento** mediante el cual el hombre satisface de mejor manera (principio de optimalidad) sus necesidades de subsistencia y también progreso y crecimiento natural.



La economía en general se encuentra conformada por aquellas acciones diseñadas, coordinadas y ejecutadas por el hombre mediante las cuales se relaciona la Naturaleza con la Sociedad para el beneficio sustentable de ambas. La Economía es un MEDIO y no un FIN.

El beneficiario final de los resultados del Proceso Económico es la Sociedad, la que puede acceder a los bienes y servicios generadoras del bienestar que sus personas demandan. Este **bienestar** guarda directa relación con la cantidad y calidad de los "**bienes** y no males" que todo el sistema produce. Estos bienes son aquellos productos finales a los que acceden las personas (*desde el punto de vista económico, sólo se deben considerar los bienes finales del sistema, y no sus productos intermedios*), pueden ser tangibles e intangibles; y elaborados por la naturaleza o por los procesos económicos productivos.

Si en el sistema como un todo prevalece que el objetivo final de los procesos económicos es la maximización del bienestar de la sociedad sujeto a recursos escasos provistos por los servicios de la naturaleza, debiera lograrse un equilibrio natural entre las demandas de la sociedad con la oferta de la naturaleza. Si el sistema funciona en forma coherente y consistente, una sobre utilización de los recursos naturales estaría explicado por un sobre beneficio por parte de la sociedad basado en sus demandas también excesivas. (Es necesario cautelar que la instalación del sistema económico no se transforme en un FIN en sí mismo, y capture para sí los recursos de la naturaleza y de la sociedad).

3.4 Los Procesos Económicos: Un Sistema Económico Interconectado

El sostenido aumento de las necesidades humanas, tanto en volumen de gente como en intensidad y calidad de requerimientos de nuevos servicios, ha inducido un equivalente aumento en la complejidad del proceso económico. Los avances científicos y la creación de nuevas tecnologías, en su búsqueda de mayores eficiencias en los sistemas de producción, conlleva naturalmente a la segmentación del trabajo y también de las actividades económicas. La producción de cada uno de los bienes necesarios se desarrolla

a través de procesos en donde intervienen múltiples participantes. En este esquema todo individuo requiere interactuar con otros para elaborar los bienes que la sociedad requiere. Nadie puede ser absolutamente independiente. Este fenómeno también se observa a nivel macroeconómico GLOBAL en donde nuestro país es parte de un sistema económico más amplio, y por ende su economía es abierta al mundo.

El esquema adjunto, en una versión simple, muestra el encadenamiento de procesos productivos para generar el bien (k) que requiere la sociedad. Sin embargo para ello ha sido necesario elaborar bienes intermedios (1) y (2) por diferentes agentes económicos no percibidos por la demanda final. Quien tiene la misión de realizar la transferencia final a la sociedad es, en este caso, la actividad económica E_k . De este modo, es a través de las empresas (agrupaciones sociales) como la sociedad y el sistema económico se organiza para capturar y transmitir el bienestar desde la naturaleza hasta la sociedad.

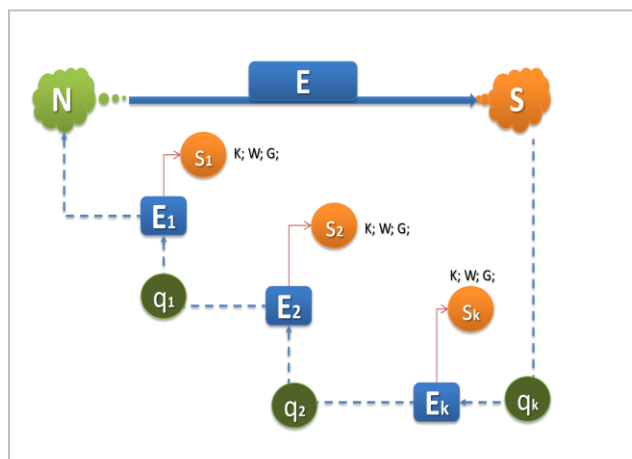


Figura 3-3: BASE ENCADENAMIENTO PRODUCTIVO

Las **Actividades Sectoriales** (minería, agricultura, industria y otras) son parte integrante del Proceso Económico Nacional y como tal, se encuentran integradas e interconectadas entre sí, de manera tal que el sistema como un todo logre evacuar aquellos bienes y servicios que la sociedad requiere para su bienestar.

A modo de ejemplo analicemos la actividad minera para así entender, racionalizar y medir la forma cómo ella se conecta con el resto de las actividades del sistema económico y visualizar su aporte de valor y bienestar a la sociedad. Con este objetivo se identifican los siguientes aspectos de interés para el análisis:

- El producto final que evacúa la actividad minera en un alto porcentaje se destina a las exportaciones;
- Con lo anterior, los beneficiarios de las virtudes del producto no se encuentran en nuestro país, sino que son personas y empresas del exterior;
- Tampoco encadena actividades productivos hacia adelante dentro del sistema nacional, sino que se conecta con procesos productivos de otros países;

En este escenario se puede inferir en forma preliminar que el resultado de las exportaciones mineras no generaría bienestar directo a la sociedad chilena. Lo que si induce es un **"Bienestar Potencial"** medido en el plano (monetario) de los factores (remuneraciones del trabajo y del capital) y las divisas extranjeras (dólares). Lo llamamos Potencial, pues estos pagos monetarios preliminares resultan ser instrumentales para que a posteriori puedan ser utilizados tanto para la adquisición de

los productos-bienes finales como también de aquellos insumos extranjeros requeridos por nuestros procesos productivos.

Otro aspecto interesante que emana de este análisis, es que el bienestar que induce la actividad minera depende por una parte de ella misma, pero también de la forma y reglas con que se encadena hacia atrás con los recursos naturales, y sus empresas proveedoras, y hacia adelante, con el resto de las actividades del sistema económico. De esta manera es como el bienestar potencial se transformará en bienestar real para la sociedad.

3.5 Importancia de la Actividad Sectorial dentro del Sistema

Para evaluar la inducción o marcas de valor de una actividad económica dentro del entorno económico y social de nuestro país, es necesario analizar el sistema desde varias perspectivas:

- Perspectiva de la Producción, Valores agregados propios e inducidos
- Perspectiva Comercial y Macroeconómica; Generación de Divisas desde sus exportaciones e importaciones,
- Perspectiva de los Factores, a través de las remuneraciones al trabajo, capital y gobierno.

En la perspectiva de los factores (bienestar potencial), y el análisis de las remuneraciones es relevante poder identificar cómo ellas se filtran en el resto del sistema para que finalmente se genere bienestar real.

De esta manera identifican los siguientes tipos de encadenamientos:

- Encadenamiento de Primer Orden: que corresponde al resultado económico – social directo de la actividad; (dimensión de la producción)
- Encadenamiento de Segundo Orden: correspondiente al valor inducido en las actividades económicas que sirven de insumo a los procesos; (dimensión de la producción)
- Encadenamiento de Tercer Orden: equivalentes al valor inducidos en los sistemas productivos por efecto de las demandas de bienes finales por parte de población involucrada en los procesos anteriores. (dimensión de la producción)
- Encadenamiento potencial, que es el que emana a partir de las compensaciones a los factores trabajo, capital e impuestos que realiza la actividad propiamente tal como resultado de sus operaciones económicas. (dimensión de los factores)

3.6 Evaluación de Desempeño de la Base Productiva

La base productiva de una región es el motor en donde se activan y rentabilizan los potenciales de riqueza disponibles, y mediante el cual se obtienen los bienes, y servicios que se les entrega a la población para satisfacer sus necesidades de bienestar.

En esta dimensión, los indicadores de sustentabilidad deben medir la eficiencia con que opera el proceso de transformación de los activos utilizados en el proceso productivo en bienes y servicios finales.

3.6.1 Vulnerabilidad- Nivel de Concentración del PIB

- ✓ Concentración PIB en sector productivo
- ✓ Dependencia PIB de los mercados externos : Exportaciones/PIB
- ✓ Dependencia PIB de Recursos Naturales y Actividades Primarias: PIB (primarios)/ PIB Total

3.6.2 Alineamiento de las Cadenas Productivas

Alrededor del concepto de alineamiento productivo se pretende resguardar que alguno de los sectores económicos muestre un crecimiento desmedido en relación con el resto de los sectores. Ello podría estar significando pérdidas relevantes de productividad de la cadena completa, y por ende también pérdidas de competitividad de nuestros productos. A modo de ejemplo, si el sector energía o aguas crece en sus indicadores económicos, y no se observa un crecimiento similar en aquellos sectores que hacen uso de estos bienes y servicios, entonces la situación pasa a ser preocupante, pues el eventual aumento del PIB es netamente aumento de costos y no de beneficios para el sistema completo.

3.6.3 Perfil de Consumo Final de la Población

Que el consumo de bienes finales por parte de población aumente, si bien contribuye al crecimiento económico del país, no siempre es una buena noticia, si lo que se persigue son indicadores coherentes de sustentabilidad. Comprar un vidrio de la ventana de una casa, porque alguien en un acto de vandalismo arrojó una piedra y lo quebró, suma al resultado económico nacional, pero resta en el concepto de sustentabilidad pues se realizó un gasto que no debió haberse hecho. Lo mismo ocurre con múltiples otros bienes y servicios como pagos por primas de seguros de robos, accidentes cuyos orígenes se basan en índices de desconfianzas y **pérdidas de capital social** del país.

3.6.4 Contaminación AMBIENTAL Emisiones -- RESIDUOS- BIODIVERSIDAD

Estas variables que son resultados de las operaciones de la base productiva como también del consumo de la población impactan en los indicadores de desarrollo sustentable pues disminuyen las disponibilidades de uno o varios de los Activos Estratégicos.

- ✓ **Residuos:** La disposición de residuos en cauces de ríos genera impactos en las disponibilidades de recursos hídricos, que es uno de los activos que componen el Capital Natural. Si la disposición de los residuos se realiza en vertederos, entonces el impacto es sobre el capital natural "Tierra".
- ✓ **Emisiones y Material Particulado:** La generación de estos "males o malestares" por parte del proceso productivo, como también de las propias personas (transporte; calefacción, otros) impacta en el índice de sustentabilidad pues disminuye la calidad del Aire (Capital Natural), en algunos caso degrada el potencial de tierras agrícolas (Capital Natural), y afecta la salud de la población,

(Capital Humano). En definitiva son variables que disminuyen la potencia de desarrollo y crecimiento de la zona en análisis.

3.6.5 Contaminación Social Delincuencia e Índice De Corrupción

Temas como normas de comportamiento de la sociedad y las instituciones, delincuencia, corrupción, confianza entre las personas, cultura y tradiciones conforman activos sociales relevantes que influyen en la valoración del resto de los activos estratégicos del sistema. La forma en que funcionen las instituciones, los sistemas financieros, los sistemas de información, las políticas macroeconómicas, las relaciones público privadas, resultan ser factores de suma relevancia que inciden finalmente en el bienestar de las personas y el desarrollo y operación de la base productiva del país. La 'delincuencia' y falta de confianza entre la gente es CONTAMINACIÓN SOCIAL que debe ser erradicada.

4 INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD REGIONAL

Para la evaluación de la vocación económica de una cuenca y región, se plantea una propuesta de un conjunto de indicadores agrupados en las siguientes dimensiones:

- Creación de Riqueza
- Distribución de Riqueza
- Aporte al Sistema Económico y Estado
- Encadenamiento Económico

Cada uno de los indicadores definidos para la evaluación de impacto económico involucra una cuantificación de una métrica de magnitud del impacto conjuntamente con una calificación de la calidad o desempeño de tal impacto. La conjugación de ambos en una tabla de doble entrada mostrará la valoración final de cada uno de los indicadores.

En el desafío de avanzar en el proceso de construcción de indicadores coherentes y razonables que midan el grado de sustentabilidad y de alineamiento estratégico de la región, el primer paso es racionalizar las variables relevantes sobre las cuales se funde el cálculo de estos indicadores. Con este propósito, a partir de la conceptualización realizada anteriormente se ha identificado una lista de variables y parámetros de evaluación, incorporando en la medida de lo posible, los conceptos de Renovación, Sustitución, y Desempeños y dimensiones Económica, Social y Ambiental.

Por otra parte, el desarrollo de indicadores de sustentabilidad de una región, y del Valle COPIAPÓ en particular, se determinará en función del **comportamiento relativo** de las variables que se definen, con respecto al desempeño de estas mismas variables a nivel nacional.

VARIABLES ECONÓMICAS	
X / M (dentro y fuera país)	Esta variable muestra la relación entre lo que vende y compra el país, la región o valle, y por lo tanto expone su macro equilibrio comercial.
PIB/X	La relación entre el PIB y las exportaciones, representan el efecto multiplicador de estas últimas sobre la economía interna o doméstica. En la medida

	que este valor aumente significa que también aumenta el grado de diversificación de la matriz productiva
PIB/ TRABAJO	Esta variable expone la capacidad del puesto de trabajo para generar Valor Agregado en el sistema productivo en el que se desempeña.
INVERSION/PIB	Esta variable muestra la proporción del PIB territorial que se reinvierte en bienes de capital (manufacturado), tanto para mantener o aumentar la capacidad del sistema productivo

VARIABLES AMBIENTALES

PIB / ENERGIA	A través de esta variable se evalúa la productividad del consumo energético en la creación del valor económico dentro del territorio.
PIB / AGUAS	IDEM ANTERIOR, aplicado en la productividad económica del Recurso Hídrico.
Stress Hídrico	Esta variable se calcula como la razón entre la Oferta y Demanda Hídrica. Al igual que el resto de las variables, lo deseado es que sus valores sean altos.
km2 / SOx	Estas variable miden las densidades inversas de contaminación SOx; NOx; MP2,5 por km2 del territorio
km2 / NOx	
km2 / MP 2,5	

VARIABLES SOCIALES

CONSUMO/PIB	Esta relación pretende exponer la proporción del PIB que es capturado en el territorio por la vía del Consumo de sus habitantes, como una medida preliminar del grado de bienestar de la gente.
Remuneración /PIB	El PIB, en su valoración por factores, equivale a Remuneraciones del Trabajo, Remuneraciones del Capital, remuneraciones al Gobierno y Utilidades del Ejercicio. Este índice nos permite verificar si la productividad del puesto de trabajo es consistente con el valor de las remuneraciones apreciadas en la zona.
Remuneración / Consumo	Con esta variable se quiere la proporción del consumo (bienestar) que es accedido mediante la renta del Trabajo.
PIB(social)/ PIB Total	Dentro de este sector se registran las transacciones asociadas a las áreas de Educación, Salud; y otras actividades comunitarias y de servicios personales. En el contexto de este proyecto, esta variable representa un acercamiento a las inversiones en capital social y humano.

5 LA MATRIZ ECONÓMICA REGIONAL

5.1 Modelamiento multidimensional del sistema económico-social-ambiental

El objetivo del Modelamiento es disponer de una **representación matemática multidimensional**, del sistema **económico-social-ambiental**, del escenario de gestión que define a la **III Región y en particular al Valle del COPIAPO**. Se requiere una visión global y de red de modo tal que el modelo permita visualizar el impacto que en la red o sistema completo, generan diferentes intervenciones, acciones o estrategias regionales.

El paso siguiente consiste en vincular el sistema productivo con sus impactos en consumos de factores claves tales como energías y aguas, y su impacto ambiental.

Con este objetivo, a cada uno de los vectores de producción sectorial, se le construyen los **coeficientes** necesarios para estimar las demandas de energía, aguas y generación de contaminación ambiental. En la medida de lo posible y en función de la disponibilidad de información, los coeficientes técnicos que vinculan las matrices hídricas, energéticas, y de contaminación con las matrices económicas se realizarán en unidades físicas de producción, hectáreas, toneladas de mineral, GWh y otros. Si ello no es factible, el referente de producción se plantea en función del nivel de actividad en unidades monetarias a precios constantes (reales).

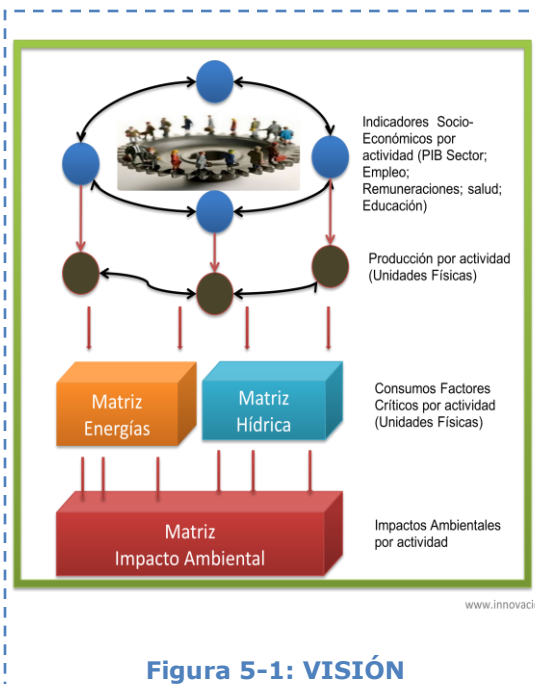


Figura 5-1: VISIÓN

Para comprender más eficazmente nuestra arquitectura económica resulta fundamental modelarla conceptual y cuantitativamente. Conceptos, métricas y números son fundamentales. Los modelos nos sirven para dos tipos de objetivos. En una primera dirección, como una metodología para poder interpretar el comportamiento de un determinado sistema, físico, social, económico, u otro; en la dirección opuesta, a partir de la creación de un modelo, podemos también, identificando sus variables críticas, inducir y recrear un determinado comportamiento en un sistema. Entonces, lo importante no solo es el modelamiento de las ecuaciones de optimización de un sistema económico, esto solo es una condición necesaria. La condición de suficiencia se logra cuando somos capaces de generar el comportamiento señalado por nuestro modelo en los agentes reales que componen el sistema modelado.

El **sistema económico** se puede entender como un conjunto de operaciones o actividades (económicas) concurrentes que interactúan entre sí, brindándose bienes y

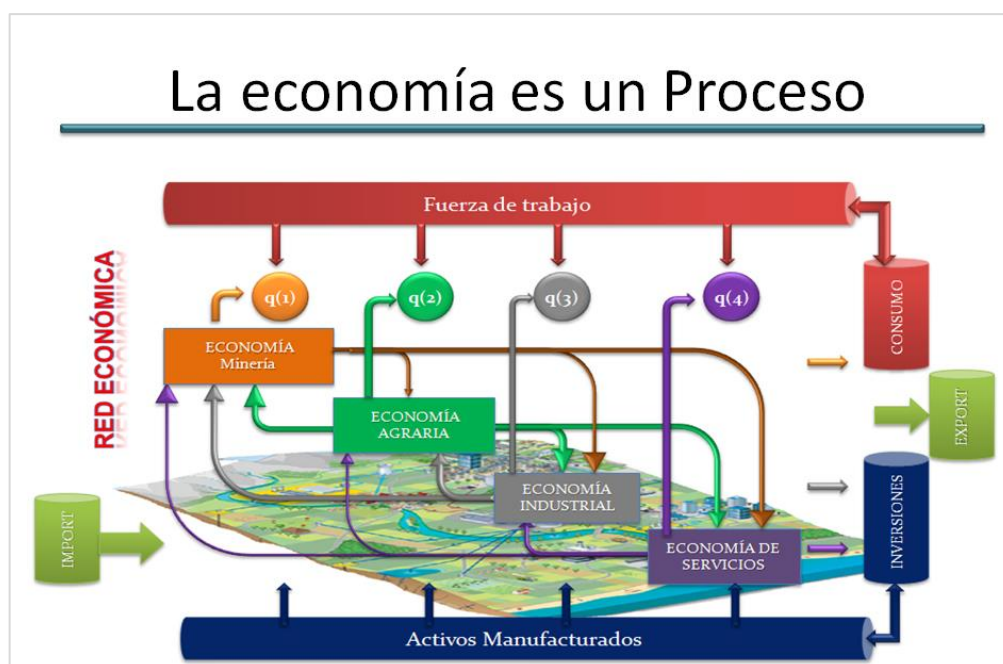
servicios que son necesarios para abastecer sus respectivos sistemas de producción y también las demandas finales. En su esencia, es una **RED** interactiva, en donde sus **nodos** representan los recursos disponibles y los bienes, productos y servicios, y las **transiciones** por su parte, representan a las actividades económicas que consumen y producen los respectivos bienes y servicios que se demandan. Matemáticamente, una red es un conjunto de ecuaciones de balance de flujo, cuyas variables corresponden a las intensidades de actividad de cada una de las restricciones, y la cantidad de ecuaciones equivale a la cantidad de nodos o productos que fluyen a través de la red.

Para el caso de las economías de los países, y en particular el caso chileno, las matrices que determinan tal sistema de ecuaciones se encuentran implícitas en las **matrices Insumo-Producto, o Cuadros de Referencia** que periódicamente entrega el Banco Central. Así entonces, la economía chilena se encuentra prácticamente modelada, y utilizaremos al álgebra matricial que soporta este modelo, para comprender y evaluar su arquitectura productiva. Las dimensiones social y ambiental, se integrarán a las matrices económicas mediante indicadores que correlacionen los índices de actividad sectorial con el impacto social y ambiental que ellos generan.

5.2 Proceso Productivo con base en estructura Matriz Insumo Producto

La caracterización de las cadenas productivas de la economía se sustenta en la estructura del sistema productivo nacional cuya modelación se encuentra implícita en la Matriz Insumo Producto de Chile y sus regiones. Haciendo uso del álgebra matricial que subyace en las definiciones conceptuales de los cuadros INPUT/OUTPUT es factible estimar con precisión los niveles de actividad de cada uno de los sectores económicos que permiten producir los bienes finales de exportación que se desean elaborar.

Figura 5-2: DIAGRAMA CONCEPTUAL MATRIZ INSUMO-PRODUCTO

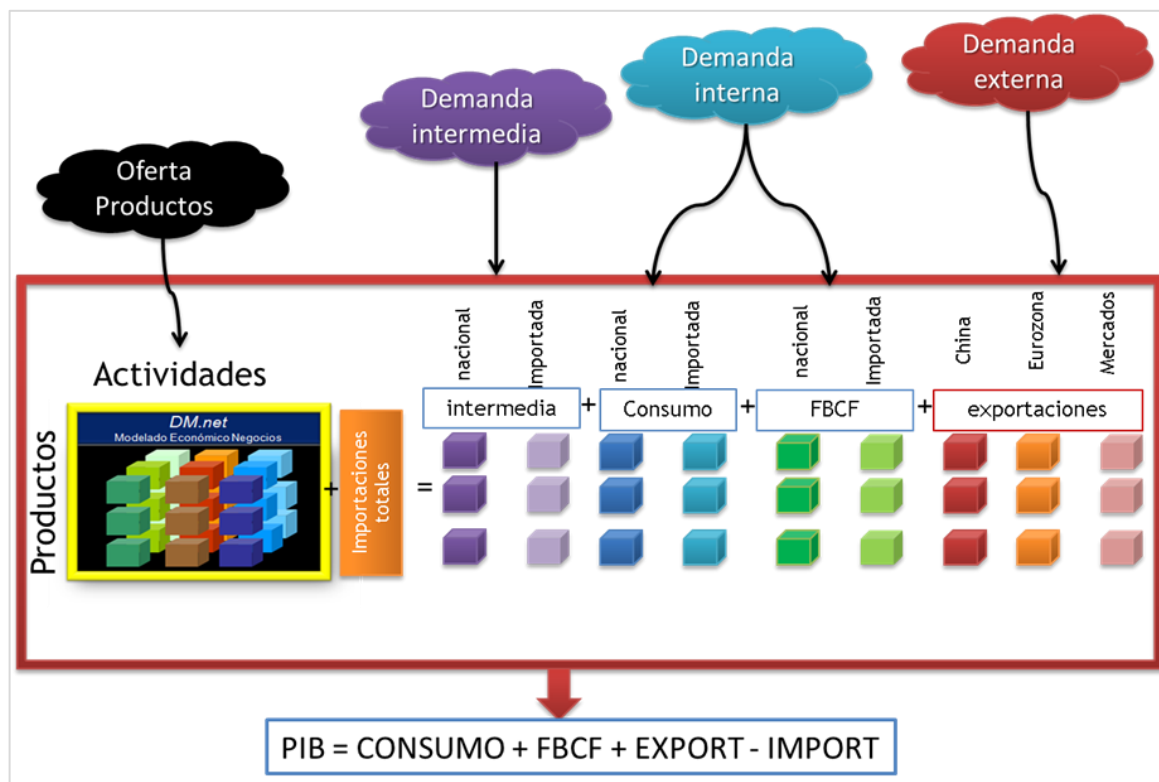


Por la definición propia de las matrices input/output, al conocer los niveles de actividad de cada uno de los sectores económicos, se dispone también de las demandas intermedias de productos-insumos provenientes de todo el resto de los sectores.

5.3 Balances Económico- Contable Oferta y Demanda

Para establecer las condiciones de equilibrio del sistema productivo es necesario conciliar las ofertas y demandas totales de bienes a nivel nacional, regional o zonal.

Figura 5-3: BALANCE MACROECONÓMICO



La oferta total de productos proviene de las producciones internas de cada sector económico más las importaciones totales. Y la demanda o utilización de estos productos es para abastecer la demanda intermedia de los sistemas de producción, el consumo final de las personas, inversiones y exportaciones. En este contexto, los aumentos de producción de un sector en particular debe tener su contrapartida en sus correspondientes aumentos de demanda, y esta última como se ha mencionado, puede ser orientada a exportaciones, a consumo interno, a inversiones, o a bienes intermedios requeridos por otros sectores que han definido aumentar sus niveles de actividad.

5.4 Driver Económico centrado en las exportaciones

A la luz del modelo conceptual articulado sobre una estructura de redes, es posible referenciar el comportamiento de las variables del sistema en función de cualquiera de

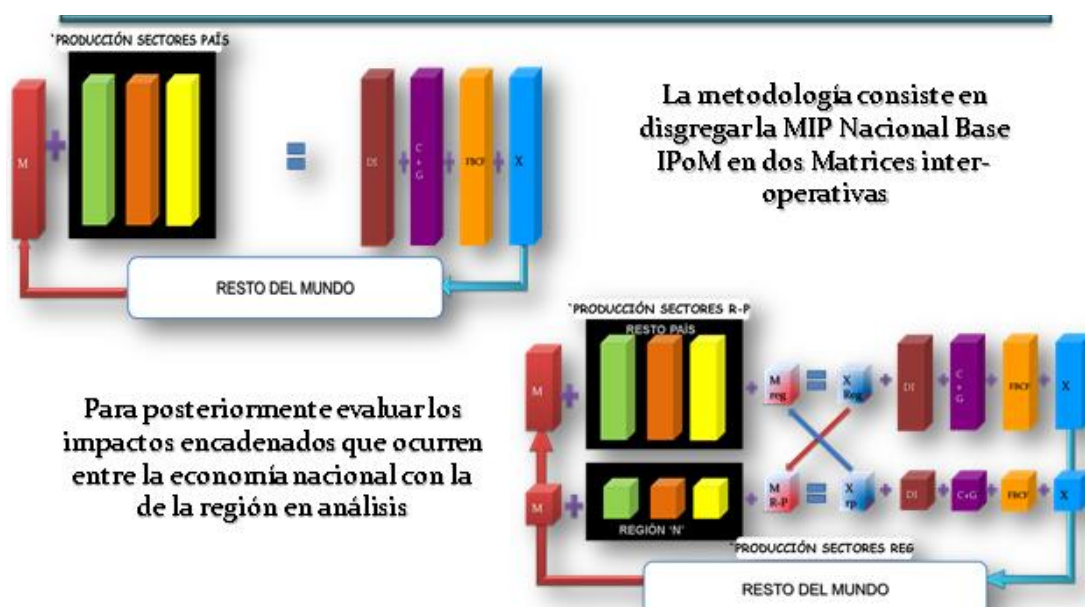
las variables de flujo de la red en cuestión. Sin embargo, en consistencia con el modelo económico nacional, el modelamiento utilizado se referencia en función del volumen de exportaciones del país, región o zona en análisis.

Con este supuesto analítico, la economía nacional queda vectorizada en función de sus exportaciones, y cadenas productivas que se generan para cumplir con este cometido. Por ejemplo si nuestro objetivo es exportar productos del sector Minería en un volumen X, activa un encadenamiento de producción con demandas de **bienes intermedios** de otros sectores de la economía y una determinada **fuerza de trabajo**. Los bienes intermedios provenientes de otros sectores de la economía requieren sus propios bienes intermedios y fuerza de trabajo. La fuerza de trabajo total que se va induciendo genera una población que demanda adicionalmente bienes de **consumo final** que también deben ser producidos o importados por el sistema. Este encadenamiento iterativo converge a un punto equilibrio en donde la producción total elaborada resulta ser bastante mayor y diversa que el objetivo de producir solamente el volumen X- Minero.

5.5 Cada Región o Zona es una parte del Sistema Nacional

Este supuesto es de suma relevancia, pues para establecer un indicador de sustentabilidad de un valle o región es necesario comprenderla como parte de un sistema mayor.

Figura 5-4: DIAGRAMA DE REGIONALIZACIÓN



Sobre el supuesto de una economía orientada a la producción de bienes de exportación, una región o zona en particular podrá estar clasificada en tres estados posibles:

- **Nivel 1 - ACTIVA:** La región o zona es productora de bienes finales de exportación, por lo que su producción aporta valor al sistema nacional, y por supuesto al regional;

- **Nivel 2 - SUBSIDIARIA:** La región si bien no produce bienes de exportación, es subsidiaria de este esquema exportando bienes y servicios a otras regiones del país como parte integrante de la cadena productiva total.
- **Nivel 3 - NEUTRA:** La región o zona, es auto-sostenida o cerrada, produce para la propia región, y sus productos son capaces de abastecer todos los bienes y servicios que requiere su población (Poco probable).
- **Nivel 3 - PASIVA:** La región o zona no desarrolla las actividades productivas suficientes para abastecer a su población y por ende requiere ser provista de bienes y servicios desde otras regiones del país.

En este contexto, resulta posible racionalizar algunas estrategias de desarrollo regional. Si por ejemplo una zona o región, dispone de opciones para elaborar productos de exportación (Nivel 1), (driver de la cadena de negocios) deberá establecer criterios de decisión para determinar qué porcentaje del valor agregado que es capaz de generar, resulta factible que quede en la región. En el encadenamiento productivo inducido, existirán bienes y servicios de consumo intermedio y final que serán más rentables importarlos desde otras regiones del país, o desde el exterior. Del mismo modo, la región deberá desarrollar competencias para que sus productos y servicios sean también requeridos por demandas provenientes de otros encadenamientos productivos.

5.6 Criterio de Racionalidad y convergencia del Modelo

Con este modelo de comportamiento, no solo se deseará aumentar el volumen de las exportaciones **X**. Para que el sistema converja a productividades competitivas y sustentables es fundamental que se tienda a **MINIMIZAR** todas aquellas variables que ingresan a la red, que en definitiva resultan ser insumos y factores de producción:

- Importaciones (M)
- Recursos Naturales (RRNN; Agua; Tierra; Aire)
- Perjuicios ambientales (Variable negativa)
- Uso de Capital (K)
- Uso de Trabajo (L)

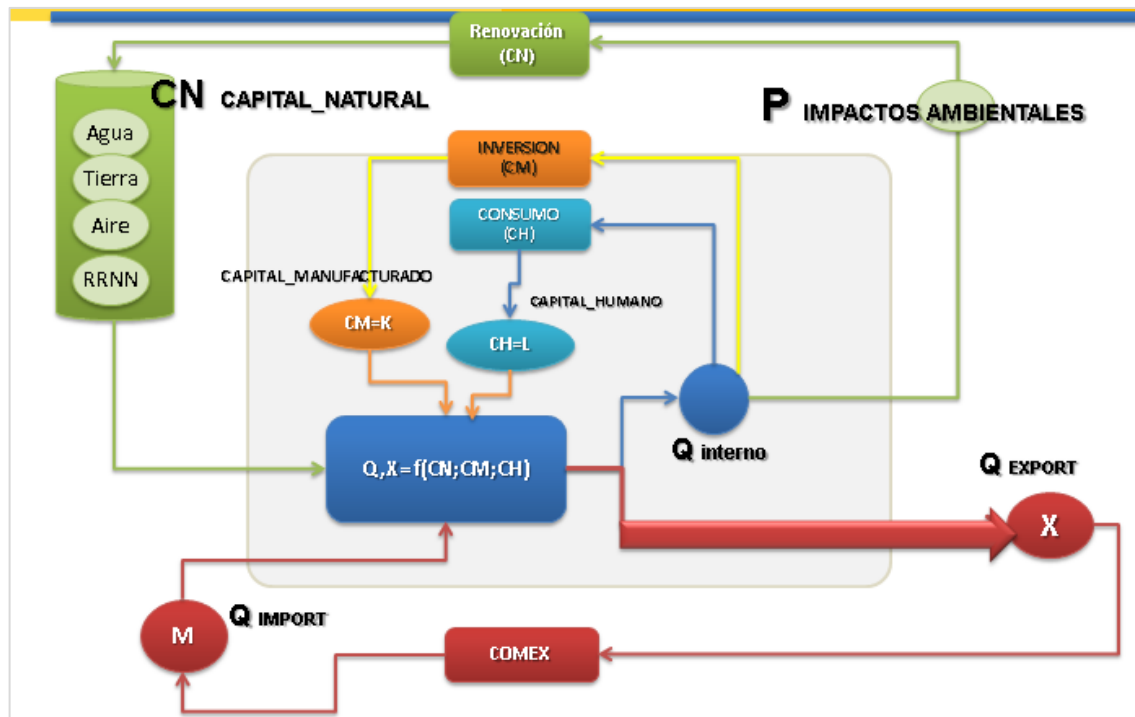
Con este paradigma analítico es posible evidenciar que el indicador del PIB no constituye un indicador absoluto del desempeño económico del país o región. Que este indicador aumente no siempre es en un factor positivo para la sustentabilidad. Es necesario analizar los valores del PIB en forma relativa y en referencia con un indicador de objetivos, como por ejemplo el desempeño de las exportaciones, o bien más general, el **bienestar de la sociedad**. En esta dirección, y a modo de ejemplo, es positivo que aumente el **PIB del Sector EGA: Energías, Gas y Aguas**, siempre y cuando quienes demandan estos bienes también aumenten su nivel de actividad en forma consistente. Al aumentar el EGA en forma aislada el sistema está mostrando solo aumentos de costos y por ende pérdidas de productividad y competitividad, y en definitiva de sustentabilidad.

Es necesario aclarar que cuando se declara la intención de minimizar el **empleo** y las **inversiones** de capital, no se está diciendo que el objetivo es aumentar el desempleo, sino que la cantidad de trabajo y capital se encuentre alineada con la productividad del sistema.

5.7 EQUILIBRIO Multidimensional del MODELO

Con el propósito de acercarnos hacia la construcción de indicadores de sustentabilidad racionales y medibles, y que adicionalmente contemple un criterio multidimensional del sistema a evaluar, el análisis se realiza sobre el modelo contextual representado en la siguiente figura:

Figura 5-5: MODELO DE EQUILIBRIO GENERAL



Las características de este esquema metodológico se pueden resumir como sigue:

1. Si bien el modelamiento podría verse sesgado en la representación del sistema en su dimensión económica, incorpora en su justa medida las variables relevantes de la dimensión ambiental, y un primer acercamiento objetivo a la dimensión social, a través de las variables empleo, niveles de consumo y de bienestar.
2. La dimensión económica constituye un punto de partida para iniciar el análisis, a partir del cual posteriormente se analiza el resto de las dimensiones.
3. El modelamiento se sustenta sobre una arquitectura de red, por lo tanto permitirá capturar adecuadamente las interacciones y correlaciones entre el desarrollo en la dimensión económica y sus impactos en las dimensiones ambientales y sociales, y viceversa, desarrollos ambientales en recursos naturales y su impacto en las posibilidades de desarrollo económico y social.

Las condiciones de equilibrio de esta topología de red, que representa el comportamiento del sistema en análisis, se evalúan en cada uno de los procesos, a saber:

- a. **Sistema Productivo:** las relaciones de entrada (importaciones y utilización de factores) y salida (exportaciones, producción interna) permite generar indicadores de eficiencia y productividad, que resultan ser fundamentales para la sustentabilidad económica del sistema.
- b. **COMEX:** También es esencial para la sustentabilidad económica que las exportaciones se encuentren equilibradas con la necesidad de importaciones de bienes.
- c. **Consumo:** Población que demanda bienes que requieren ser elaborados por el proceso productivo, aporta fuerza de **trabajo y capacidad de gestión** al mismo sistema.
- d. **Inversiones:** Es necesario cautelar que el proceso procure los recursos necesarios para mantener y dotar los activos de capital que requiere el sistema productivo para que brinde los bienes y servicios actuales y futuros demandados por la sociedad.
- e. **Renovación Ambiental:** Es relevante que la dinámica natural del proceso de renovación ambiental mantenga los recursos naturales necesarios por el sistema en sus niveles adecuados. Los perjuicios ambientales que induce el proceso productivo puede impactar, por una parte la tasa de renovación de los activos ambientales, y por otra, en alguno de los índices de calidad del proceso productivo propiamente tal, por ejemplo el proceso de salud.

**ANÁLISIS VOCACIÓN PRODUCTIVA
REGIONAL PARA LA GESTIÓN DE LOS
RECURSOS HÍDRICOS CUENCA DEL RIO
COPIAPÓ
III REGIÓN DE ATACAMA**

**SECCIÓN II:
VALORES Y OBJETIVOS REGIONALES Y
CARACTERIZACIÓN ECONÓMICA A NIVEL DE
LA III REGIÓN ATACAMA**

6 VALORES Y OBJETIVOS DE LA REGIÓN Y CUENCA EN PARTICULAR

6.1 Introducción

Esta sección aborda los temas relacionados con la estrategia regional de desarrollo y rescata de ella las directrices que debieran seguir los planes actuales y futuros. Las variables y aspectos a considerar guardan relación con disponer de una visión clara de los valores y principios rectores de la región en temas de igualdad de oportunidades, pobreza, ejes de desarrollo y crecimiento económico, diversificación productiva, cuidado del medio ambiente y en definitiva la sustentabilidad global del territorio. A la luz de la amplitud de temas, no se trata de hacer un análisis exhaustivo de cada uno de ellos, sino de visualizar y rescatar aquellos factores esenciales que se relacionan con la gestión de los recursos hídricos de la región en general y de la cuenca del Copiapó en particular.

6.2 Estrategia Regional de Desarrollo 2007-2017

La Estrategia Regional de Desarrollo (**ERD**) se define como el instrumento rector de la planificación regional, con una orientación de mediano y largo plazo. De acuerdo a la Ley de Gobierno, le corresponde al Intendente Regional la función de formular las políticas de desarrollo de la Región, y al Consejo Regional aprobarlas. Las Estrategias Regionales de Desarrollo han sido concebidas como un instrumento participativo de planificación, que de acuerdo a las metodologías desarrolladas en el país, debe contemplar una visión de futuro o imagen objetivo para la Región, un diagnóstico de la realidad regional, lineamientos estratégicos, objetivos, metas y un modelo de gestión consistente con los criterios definidos para la administración de los recursos, humanos y materiales, de que se dispone para el desarrollo de la estrategia.

Del análisis de la EDR de la III Región de Atacama se rescatan tres principios relevantes: Desarrollo Endógeno; Enfoque Territorial; Centrado en las Personas. El desarrollo **endógeno** apunta al desarrollo de las capacidades integrales de un territorio, generando una dinámica sinérgica entre las distintas dimensiones que conforman un sistema.

El proceso de actualización de la Estrategia Regional de Desarrollo Región de Atacama, ha contemplado también la incorporación de la dimensión y **enfoque territorial** en su desarrollo. De la misma forma, los lineamientos estratégicos que componen el núcleo de la estrategia, consideran en todos los casos objetivos y metas con un claro enfoque sistémico en función de unidades territoriales.

Por último la ERD señala que la Región de Atacama ha puesto en el centro de su preocupación a las personas, con un capital social altamente fortalecido, y donde los hombres y mujeres tienen igualdad de oportunidades. El objetivo de ello es lograr una región social y territorialmente equilibrada; urbanística y ambientalmente sustentable.

6.3 Visión e Imagen Objetivo Atacama 2017

Visión para Atacama, es el escenario que los actores de la región quieren construir y en función del cual se orientarán sus esfuerzos. El documento ERD define la siguiente visión:

Centrada en la persona y en el desafío de construir una región desarrollada económicamente, socialmente equilibrada, con una clara identidad cultural y ambientalmente sustentable.

6.3.1 Atributos Contenidos en la Visión

A continuación se detallan los atributos que determinan la visión regional. Con estos atributos será posible, durante el avance del desarrollo de este proyecto, evaluar cuantitativamente los niveles de efectividad en el acercamiento a esta visión.

- *Atacama es una región en donde las personas, hombres y mujeres, son beneficiarios y protagonistas de su desarrollo, tanto desde la perspectiva de mejorar sus condiciones, entorno y calidad de vida, como de considerarlo un factor gravitante para poder alcanzar este desarrollo.*
- *Que ha logrado optimizar el uso de todas sus potencialidades, ofreciendo condiciones ambientalmente adecuadas para que la vida de las personas mejore, garantizando a la vez la calidad y disponibilidad presente y futura de los recursos en los que se basa su bienestar presente y su desarrollo futuro.*
- *Que posee una economía diversificada que detecta y captura nuevas oportunidades de mercado, y que se sustenta en un virtuoso encadenamiento de pequeñas y medianas empresas a las principales inversiones y actividades económicas regionales, y que es capaz de agregar valor y calidad a los bienes y servicios a través de una práctica y cultura innovadora.*
- *Que su desarrollo no solo respeta y resguarda su historia y cultura, sino que estos aspectos se constituyen en factores fundamentales para lograr este desarrollo, integrando nuestros procesos sociales y económicos en territorios con identidad y con un fuerte liderazgo de la comunidad local.*

6.3.2 Lineamientos Estratégicos

A continuación se definieron los lineamientos estratégicos, dando cuenta de esta forma de los temas que constituyen las verdaderas variables motrices para el desarrollo de Atacama, como lo son la problemática asociada al **Agua, al Capital Humano, a la Economía y a la Innovación.**

La III Región de Atacama tiene definido 9 pilares estratégicos en torno a los cuales se debe orientar el trabajo, y por ende también los proyectos que se realicen:

1. Desarrollo del Capital Humano:

- Consolidación de un Sistema Regional de Formación y Capacitación acorde con los requerimientos del mercado laboral y con el proyecto desarrollo de la Región de Atacama

2. Modernización Institucional y de la gestión regional

- Profundizar y consolidar una gestión pública regional más autónoma; articulada entre sus diferentes niveles y órganos; eficiente; y con una mejor calidad en los servicios que ofrece.

3. Promoción de la Investigación e Innovación

- Desarrollar I+D+i para potenciar el desarrollo de sectores productivos que contribuyan a una diversificación de la base económica regional; y para darle sustentabilidad a su explotación y procesos productivos.

4. Protección Social

- Garantizar con calidad y pertinencia el acceso a las prestaciones diferenciadas y a los servicios, según el ciclo de vida de las personas, de la familia y las características del territorio, que sean oportunas y eficaces orientadas a disminuir los riesgos asociados a las vulnerabilidades sociales, económicas, ambientales e inequidades de género.

5. Diversificación y Mayor Dinamismo de la Economía Regional

- Promover una región diversificada, tanto en su canasta de productos, como en los países de destino, sustentada en una producción de bienes y servicios que incorpora nuevos conocimientos e innovación permanente, a partir del desarrollo de actividades basadas en el uso eficiente de sus recursos y potencialidades, en el marco de un desarrollo sustentable ambiental y territorialmente.

6. Integración y Ordenamiento del Territorio para un Desarrollo Armónico

- Gestión integrada del territorio de Atacama, que articule en forma coherente los distintos instrumentos regulatorios del uso del suelo. Crecimiento de las ciudades armónico y sustentable, que considere la disponibilidad de recurso hídrico.

7. Implementación y Consolidación de un Modelo de Desarrollo que garantice el uso eficiente y sustentable del recurso hídrico.

- Modificar el marco legal e institucional regulatorio del uso del recurso hídrico regional, de manera de garantizar la sustentabilidad de este recurso. Desarrollar estrategias que apunten a hacer más eficiente el uso en la región de los recursos hídricos disponibles. Detección y desarrollo de nuevas fuentes de recursos hídricos.

8. Promoción de la Cultura y Patrimonio Regional

- Promover un desarrollo cultural armónico, equitativo y pluralista en la Región de Atacama. Desarrollar una política multicultural que respete la identidad de los pueblos indígenas. Desarrollar una cultura regional que respete el patrimonio cultural y artístico de la Región de Atacama

9. Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable

- Fortalecer la institucionalidad regional encargada de la planificación e implementación de las Políticas Públicas de Medioambiente en Atacama. Gestionar el uso sustentable del patrimonio natural regional, promoviendo el desarrollo de una Educación para la Sustentabilidad y garantizando el acceso ciudadano a la Información Ambiental.

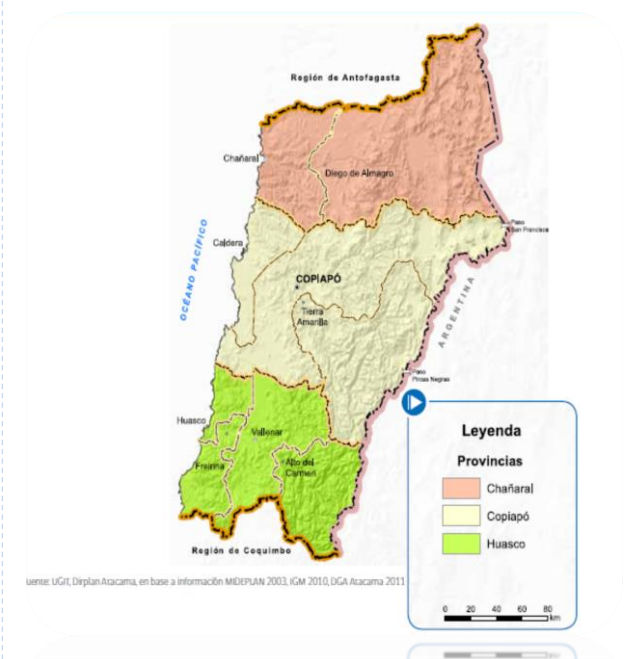
7 CARACTERIZACIÓN ECONÓMICA DE LA III REGIÓN Y CUENCA COPIAPÓ

Esta sección tiene el propósito de presentar las características principales de la III Región de Atacama para comprender su economía, sus recursos, su gente y la forma en que se distribuyen los procesos de generación de valor. Es relevante evaluar con cifras cuantitativas el grado de alineamiento que expone el desempeño económico y social con los lineamientos estratégicos definidos para la región.

7.1 Ubicación y División Administrativa (PRIGRH-MOP Atacama)

La región limita por el Oeste con el océano Pacífico, por el Este con Argentina, por el Norte con la Región de Antofagasta y por el Sur con la Región de Coquimbo. La Región de Atacama se extiende entre los 25°17' y los 29°30' de latitud Sur y desde los 68°17' longitud Oeste hacia el Pacífico. Alcanza una superficie de 75.176,2 km². Su capital regional es Copiapó y está dividida en tres provincias: Chañaral (capital: Chañaral), Copiapó (capital: Copiapó) y Huasco (capital: Vallenar). La provincia de Chañaral está compuesta por las comunas de Chañaral y Diego de Almagro; la provincia de Copiapó por las comunas de Caldera, Copiapó y Tierra Amarilla; por último, la provincia de Huasco por las comunas de Huasco, Freirina, Vallenar y Alto del Carmen.

Figura 7-1: División Político Administrativa Región de Atacama



Las características climáticas de Atacama, están determinadas principalmente por la presencia del anticiclón subtropical del Pacífico Sur y la corriente fría de Humboldt. Estos factores más la compleja topografía de la región, determinan bajas tasas de precipitación concentradas en unos pocos días en los meses de invierno, lo que produce una zona de tránsito entre el árido Norte Grande de Chile y el fértil valle central del país, siendo categorizada como un clima desértico hasta semidesértico, con extensas superficies desprovistas de vegetación. El aire húmedo proveniente del mar da origen a intensas neblinas costeras. Hacia el interior, el clima es seco con bajas tasas de humedad relativa, salvo en zonas cultivadas y valles que permiten el ingreso de aire húmedo costero, las temperaturas son altas y con ciclos diarios muy marcados. Por su parte, en las "alturas" se encuentra un desierto frío, con una tasa de precipitaciones elevadas, los sectores bajos pertenecen a un desierto de calor con una baja cantidad de precipitaciones. La vegetación es escasa y solamente densa en algunos oasis donde se encuentran hierbas y arbustos aislados. Durante el fenómeno del "desierto florido" la vegetación, por un corto

tiempo, cubre el desierto en una forma más densa. Lo anterior, se presenta sólo en algunos años, cuando el fenómeno de “El Niño” genera el aumento de las precipitaciones, incrementando el contenido de agua del suelo, permitiendo así, el desarrollo de vegetación en zonas usualmente desprovistas de ella.

7.2 Hidrografía General

Esta exposición hidrográfica es general y de carácter introductorio de modo de contextualizar los recursos hídricos de la región con el resto de los activos de la zona. La presentación detallada de la topología de la cuenca del Copiapó es desarrollada en una sección individual de este informe.

Atacama posee cuatro sistemas de cuencas hidrográficas importantes, estos son: río del Salado, el río Copiapó, el río Huasco y las cuencas altiplánicas; en estas últimas, existen grandes salares, como son Pedernales, Maricunga y algunos cuerpos lacustres, como laguna Verde, laguna Santa Rosa y laguna del Negro Francisco. Además, existe una red hídrica de cauces con escurrimientos permanentes (ríos La Ola, Astaburuaga, Lamas, Valle Ancho y Barros Negros).

El río Copiapó posee una hoya hidrográfica de 18.704,07 km² y una longitud de 162 km. Nace de la unión de los tributarios Jorquera, Pulido y Manflas; y sus regímenes presentan una notable independencia entre ellos. La presencia de terrazas fluviales y sectores de vega, con abundante humedad permiten que el río Copiapó sea intensamente utilizado en faenas agrícolas. Por su parte, el río Huasco ubicado en el sur de la región, tiene una hoya hidrográfica de 9.813,74 km², y sus tributarios son dos ríos, El Tránsito y El Carmen, su régimen de alimentación es mixto.

Aguas Superficiales

Los ríos de Atacama se dividen en dos sectores, los que se ubican al norte del río Copiapó que son de característica endorreica, es decir, no tienen salida al mar y los del sector sur que son de característica exorreica, con salida al mar. Es relevante destacar, que los ríos de Chile ubicados desde Copiapó hacia el sur poseen características exorreicas. Otros ríos importantes y que sirven para el consumo humano, actividades agroindustriales y mineras son el Huasco y el Salado.

Tabla 7-1: Cuencas Principales Región de Atacama

Cuenca	Área Cuenca (km ²)	Régimen Hidrológico	Caudal Medio Anual	Tributarios	Principales Cuerpos de Agua
Río Copiapó	18.704,07	Nivo-pluvial	2,28 (medias años 1947-2010)	Ríos Pulido, Jorquera y Manflas (afuentes) y Quebrada de Paipote	Embalse Lautaro
Río Huasco	9.813,74	Nivo-pluvial	6,6 (medias años 1994-2010)	Río El Carmen y El Tránsito (afuentes)	Embalse Santa Juana
Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	15.618,22	Nival	0,63 (medias años 1995-2010)	Ríos Astaburuaga, La Ola, Lamas, Valle Ancho y Barros Negros	Salares Maricunga y Pedernales; Lagunas Verde, Santa Rosa y Del Negro Francisco

Fuente: D.G.A. Región de Atacama, 2011

Fuente: MOP, 2012; PRIGRH REGION ATACAMA 2021

Aguas Subterráneas

La disponibilidad de las aguas subterráneas, está asociada a depósitos de sedimentos no consolidados, ya sea rellenos de carácter fluvial, lacustre y/o aluvional, de acuerdo al proceso que lo haya generado. La porosidad propia de estos materiales asegura la recarga de agua a napas subterráneas que subyacen bajo estos suelos. También existe acumulación de agua subterránea en torno a los escurrimientos de quebradas intermitentes, las que filtran agua a través de los sedimentos depositados recientemente. Las principales unidades hidrogeológicas de la región son: Acuífero Copiapó, Acuífero Huasco, Acuíferos Altiplánicos y Acuíferos Cuencas Costeras.

Tabla 7-2: Características Principales de Acuíferos Regionales
MOP-PRIGRH 2021

Unidad Hidrogeológica	Volumen Geométrico (Hm³) ¹	Tipo de acuífero	Volumen de Agua Almacenada (Hm³) ¹	Recarga (m³/s)	Profundidad media napa (m)	Gasto específico promedio (m³/h/m)
Acuífero Copiapó(1)	96.720	Libre	9.672	4,1	5 - 70	18,0
Acuífero Huasco(2)	11.560	Libre	578	2,7	2 - 20	12,0
Acuíferos Altiplánicos	S/I	Libre, confinado y semiconfinado (3)	S/I	2	0,1 - 113 (3)	90,0
	S/I	S/I	S/I	1,4	7,7 - 111 (4)	26,0
Acuíferos Cuencas Costeras (5)	286.160	Libre	34.300	0,2	1 - 48	93

Fuente: DGA Región de Atacama, 2012

Notas:

(1) Análisis Integrado de Gestión en Cuenca del río Copiapó, 2010, DGA-DICTUC.

(2) Aguas abajo embalse Santa Juana, Fuente: Informe técnico DARH

(3) Cuenca salar de Pedernales, Fuente: Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, Regiones XV, I, II Y III, 2009, DGA- DICTUC.

(4) Cuenca Salar de Maricunga, Fuente: Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, Regiones XV, I, II Y III, 2009, DGA- DICTUC.

(5) Cuencas Costeras al Sur del Copiapó, Análisis y Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de los Acuíferos Costeros Ubicados Entre los Ríos Salado y Huasco, III Región de Atacama, 2010, DGA.

S/I: Sin información

7.3 Población

Presentar los antecedentes de población de la región no sólo cumple propósitos descriptivos. Se constituye además en una información fundamental para la calibración del Modelo HIDRO-ECONÓMICO que es materia central de este proyecto. La población de la región y de la cuenca en particular define las necesidades de consumo de los bienes y servicios que debe ser abastecido por el sistema productivo regional, y por tanto es motor inductor de actividades económicas. Por otra parte, y desde la dimensión hídrica, la cantidad de población determina la demanda de agua potable que debe ser suministrada a partir de los recursos de la cuenca.

La población regional alcanzó el año 2012 a 290.581 habitantes aumentando su participación a nivel nacional de 1,68% que representaba el año 2002 a 1,75% el año 2012, según el Censo de Población y Vivienda 2012 (Resultados Preliminares) publicado recientemente por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE).

La región experimentó en la última década un crecimiento anual de 1,39% superior al 0,97% a nivel nacional y un crecimiento acumulado de un 14,8% para el período 2002-2012, superior al 10,1% de crecimiento poblacional del país. Tanto por el crecimiento anual, como por el crecimiento de su población acumulado en el período 2002-2012, la región ocupa el tercer lugar en el ranking nacional. La población residente desagregada por provincia y comuna, se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 7-3: Población Residente Región de Atacama – Censo 2012

Provincia	Comuna	Censo 1992	Censo 2002	Censo 2012 (resultados preliminares)	Variación intercensal 1992-2002	Variación intercensal 2002-2012
Copiapó	Copiapó	100.426	129.279	158.438	28,7%	22,6%
	Caldera	11.673	13.305	16.070	14,0%	20,8%
	Tierra Amarilla	11.269	12.266	13.507	8,8%	10,1%
Sub Total		123.368	154.850	188.015	25,5%	21,4%
Chañaral	Chañaral	13.856	13.303	13.546	-4,0%	1,8%
	Diego de Almagro	27.462	18.227	16.301	-33,6%	-10,6%
Sub Total		41.318	31.530	29.847	-23,7%	-5,3%
Huasco	Vallenar	47.267	48.369	52.147	2,3%	7,8%
	Alto del Carmen	4.668	4.695	5.229	0,6%	11,4%
	Freirina	5.222	5.809	6.367	11,2%	9,6%
	Huasco	7.311	7.952	8.976	8,8%	12,9%
Sub Total		64.468	66.825	72.719	3,7%	8,8%
Total Región		229.154	253.205	290.581	10,5%	14,8%

Fuente: INE, Censo 2012 (Resultados Preliminares), 2012

7.4 Fuerza de Trabajo-2012

Al igual que la información poblacional, la fuerza de trabajo es también una información relevante para la calibración de los modelos HIDRO-ECONÓMICOS. Con esta variable y su correlación con la población, el modelo permite evaluar los encadenamientos productivos de las actividades agrícolas, mineras y otras, y así disponer de una visión global e integrada del impacto de las transferencias hídricas entre sectores.

Tabla 7-4: FUERZA TRABAJO POR PROVINCIA

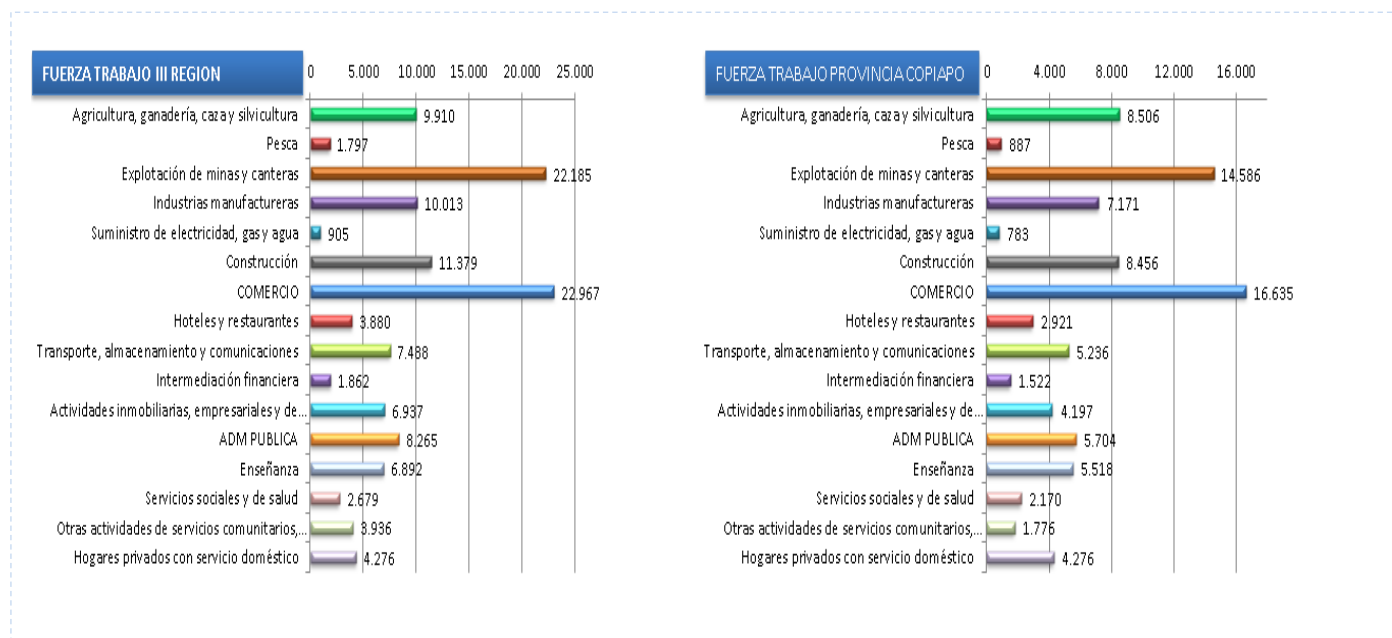
Rubro de Actividad Económica	CHAÑARAL	COPIAPO	HUASCO	Total Región
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	238	5.552	4.238	9.910
Pesca	207	887	704	1.797
Explotación de minas y canteras	3.450	14.586	4.149	22.185
Industrias manufactureras	1.284	7.171	1.558	10.013
Suministro de electricidad, gas y agua	5	783	117	905
Construcción	1.500	8.456	1.423	11.379
COMERCIO	2.389	16.635	3.943	22.967
Hoteles y restaurantes	250	2.921	709	3.880
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	1.114	5.236	1.138	7.488
Intermediación financiera	50	1.522	290	1.862
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	950	4.197	1.790	6.937
ADM PUBLICA	147	5.704	2.415	8.265
Enseñanza	622	5.518	751	6.892
Servicios sociales y de salud	40	2.170	469	2.679
Otros servicios comunitarios, sociales y personales	1.247	1.776	913	3.936
Hogares privados con servicio doméstico	0	4.276	0	4.276
Totales	13.279	90.343	21.750	125.373

Fuente: Elaboración propia con base Encuesta Empleo INE; SII Empresas por Región y Rubro

RECUADRO: Para la estimación de la fuerza de trabajo por provincia se toma como base de cálculo la información disponible en SII, la que detalla la cantidad de empleados nominados por rama de actividad y provincia. Estas cifras son menores a las informadas por la encuesta empleo del INE, debido que sólo incluyen aquellos trabajadores vinculados con una empresa, mientras que en el empleo se incluyen además trabajadores por cuenta propia, empleadores, personal de servicio, familiar no remunerado. Con la distribución porcentual de trabajadores por rama-provincia y el empleo total de la región informada por INE se obtiene la asignación por provincia.

Las cifras del cuadro anterior evidencian que la Provincia de Copiapó concentra del orden del 72% de la fuerza laboral regional, mostrando estructuras similares en cuanto a su distribución por sector económico.

Figura 7-2: FUERZA DE TRABAJO POR ACTIVIDAD



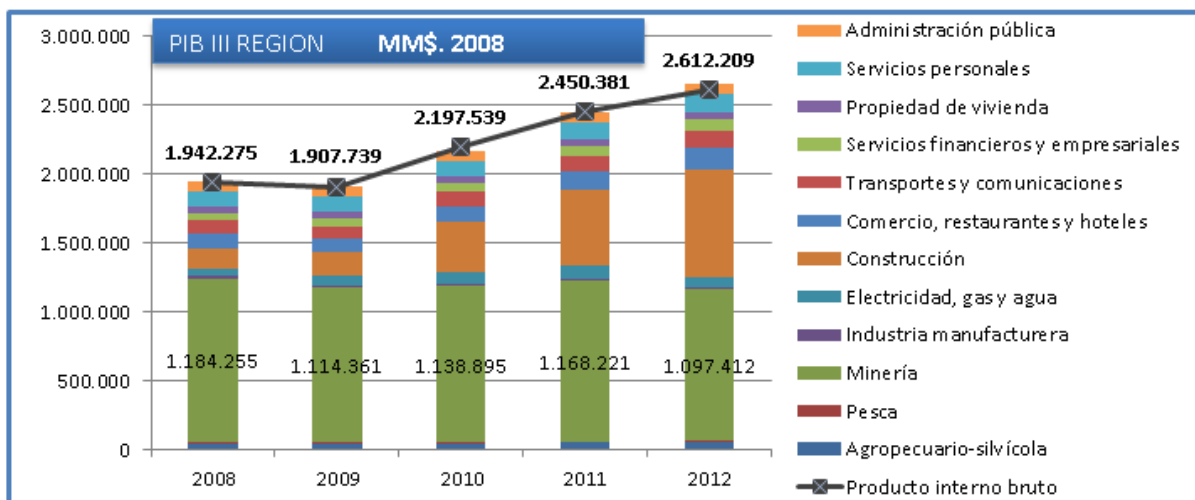
7.5 Resultados Económicos

7.5.1 PIB Regional

Tabla 7-5: SERIE PIB REGION ATACAMA 2008-2012

Serie	2008	2009	2010	2011	2012
Agropecuario-silvícola	49.010	49.619	43.735	52.388	57.584
Pesca	11.437	9.323	8.078	7.129	5.996
Minería	1.184.255	1.114.361	1.138.895	1.168.221	1.097.412
Industria manufacturera	13.928	12.703	13.084	13.859	13.905
Electricidad, gas y agua	59.499	77.096	84.079	93.818	80.206
Construcción	142.738	170.609	364.827	553.961	779.033
Comercio, restaurantes y hoteles	106.101	93.915	115.891	134.396	159.530
Transportes y comunicaciones	97.788	89.985	101.309	110.180	120.336
Servicios financieros y empresariales	54.142	56.533	60.386	67.562	81.013
Propiedad de vivienda	51.424	53.141	54.876	56.187	58.212
Servicios personales	102.657	106.983	113.135	117.035	125.454
Administración pública	69.294	73.471	75.342	77.526	80.411
Producto interno bruto	1.942.275	1.907.739	2.197.539	2.450.381	2.612.209
1		-1,8%	15,2%	11,5%	6,6%

Fuente: Cuentas Nacionales Banco Central



Las cifras de evolución del producto regional muestran crecimientos anuales superiores al crecimiento del país, sustentados principalmente por las fuertes inversiones en el sector minero, las cuales si bien no se ven reflejadas aún en un crecimiento propio del sector, si se evidencian en alto crecimiento que expone el sector construcción y el de servicios financieros y empresariales.

7.5.2 Exportaciones

La región de Atacama tiene una fuerte vocación exportadora, con una alta concentración en el sector minería. El cuadro siguiente da cuenta de la evolución de las exportaciones por tipo producto, las cuales prácticamente se han quintuplicado entre el 2003 y el 2012.

Tabla 7-6: EXPORTACIONES REGION ATACAMA

EXPORTACIONES REGION Atacama						
VALORES FOB MILLONES DE DOLARES						
AÑO	TOTAL	AGROPECUARIO	PESCA	MINERIA	INDUSTRIA	OTROS
2003	919	103,91	6,38	738,90	70,00	-
2004	1.492	100,67	6,95	1.297,38	86,61	0,06
2005	1.913	118,86	7,59	1.670,56	115,91	0,36
2006	3.306	148,49	7,30	2.989,02	160,31	0,58
2007	4.575	119,78	11,51	4.176,69	266,48	0,57
2008	5.340	202,06	14,46	4.435,57	687,87	0,39
2009	3.459	157,49	18,75	3.052,30	230,55	0,29
2010	5.639	149,85	18,13	5.140,00	330,76	-
2011	7.113	164,36	18,44	6.650,75	279,22	-
2012	5.536	148,80	24,10	5.252,70	109,70	0,40

Fuente: INE Informes Estadísticos Regionales

En el cuadro siguiente proveniente de las estadísticas del INE se muestra con mayor detalle las exportaciones por rubro de la región de Atacama. Interesa de estas cifras la composición de las exportaciones agropecuarias, pues ellas se concentran principalmente en el sector frutícola y particularmente en las uvas.

La minería por su parte, concentra el 75% de sus exportaciones en la minería del cobre. Le sigue el hierro con un 19%, y la minería del oro y plata con un 6%. Para el caso de la minería del cobre se destaca que 75% de sus exportaciones corresponden a embarques de cobre refinado.

Figura 7-3: Exportaciones Atacama

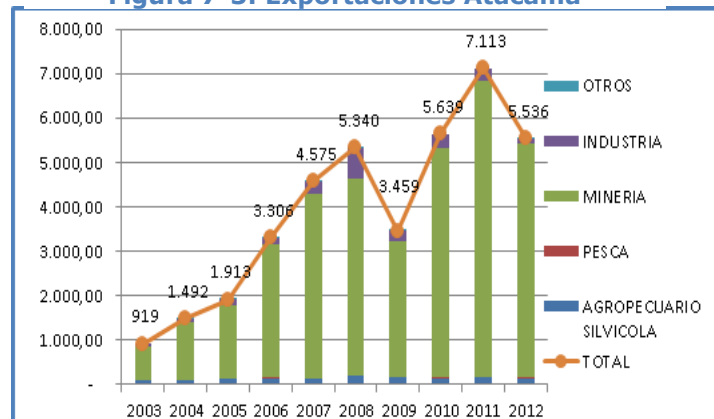


Tabla 7-7: Valor Exportaciones Región Atacama



1.7 VALOR DE LAS EXPORTACIONES DE LA REGIÓN DE ATACAMA, SEGÚN RAMA DE ACTIVIDAD ECONÓMICA Y PRODUCTO, ENERO-DICIEMBRE 2012, ENERO-DICIEMBRE 2013 Y VARIACIÓN PORCENTUAL

Rama/Producto	Exportaciones (US\$ F.O.B.)		Variación (%)
	Ene-Dic 2012	Ene-Dic 2013	
TOTAL EXPORTACIONES	5.535.727.632	5.756.671.603	4,0
AGRICULTURA Y PESCA	172.915.558	188.755.741	9,2
Agricultura	218.477	-	-100,0
Fruticultura	148.824.587	148.179.838	-0,4
Uvas	134.154.421	138.626.483	3,3
Resto de frutas	14.670.166	9.553.355	-34,9
Ganadería	93.240	12.147	-87,0
Pesca Extractiva	23.779.254	40.563.755	70,6
MINERÍA	5.252.744.438	5.444.273.720	3,6
Cobre y hierro	4.930.348.245	5.130.560.116	4,1
Cobre refinado	2.901.735.859	2.730.048.748	-5,9
Concentrado de cobre	1.027.210.398	1.359.712.221	32,4
Hierro	1.001.401.988	1.040.799.147	3,9
Resto de minería metálica	322.274.913	313.713.604	-2,7
Minería no metálica	121.280	-	-100,0
RESTO EXPORTACIONES	110.067.636	123.642.143	12,3

Otra información relevante para la integración de las cifras económicas con la matriz hídrica se refiere a las producciones físicas. El cuadro siguiente expone las exportaciones en Toneladas.

Tabla 7-8: Exportaciones Atacama en Toneladas (INE Boletín Exportaciones oct-dic: 2013)



1.8 TOTAL DE LAS EXPORTACIONES DE LA REGIÓN DE ATACAMA, SEGÚN RAMA DE ACTIVIDAD ECONÓMICA Y PRODUCTO, ENERO-DICIEMBRE 2012, ENERO-DICIEMBRE 2013 Y VARIACIÓN PORCENTUAL

Rama/Producto	Exportaciones (toneladas brutas)		Variación (%)
	Ene-Dic 2012	Ene-Dic 2013	
TOTAL EXPORTACIONES	9.953.788,8	10.499.059,2	5,5
AGRICULTURA Y PESCA	87.803,3	87.561,8	-0,3
Agricultura	30,9	-	-100,0
Fruticultura	65.825,0	60.101,9	-8,7
Uvas	55.387,8	55.949,3	1,0
Resto de frutas	10.437,3	4.152,6	-60,2
Ganadería	37,9	4,3	-88,7
Pesca Extractiva	21.909,5	27.455,6	25,3
Minería	9.845.406,0	10.399.703,3	5,6
Cobre y hierro	9.845.068,6	10.399.587,0	5,6
Cobre refinado	364.958,2	366.923,8	0,5
Concentrado de cobre	454.900,4	689.946,5	51,7
Hierro	9.025.210,0	9.342.716,7	3,5
Resto de minería metálica	175,0	-	-100,0
Minería no metálica	162,4	116,3	-28,4
RESTO EXPORTACIONES	20.579,5	11.794,1	-42,7

La región de Atacama y en particular la cuenca del Copiapó han absorbido durante los últimos años fuertes inversiones en el sector minería, y muchas de ellas no han entrado en plena producción y por ende no se encuentran en régimen en cuanto a sus consumos hídricos. Para tales efectos, en secciones posteriores se realiza un inventario de las principales faenas mineras, tanto en operación como en proyectos de modo de especificar sus ritmos de producción y sus tasas de consumo hídrico.

7.6 Actividades Económicas Principales

7.6.1 Actividad Agrícola

7.6.1.1 Agrícola Regional

La actividad agrícola de la región se distribuye a través de sus tres principales cuencas, Copiapó, Huasco y Chañaral, sumando un total de 19.636 hectáreas de riego. En la cuenca del Copiapó el sistema de riego predominante (88% de su superficie) es por goteo, y de alta eficiencia. En el Huasco los sistemas predominantes son riego por tendido y surco.

Riego

Superficie total con riego por provincia y región (ha)

Provincia y total	Total Regado
Copiapó	11.001,0
Huasco	8.397,9
Chañaral	238,3
Región	19.637,2

Tabla 7-9: Superficie Riego Región Atacama Fuente: ODEPA formación Regional 2014, base VII Censo Nacional Agropecuario INE 2007.

Superficie con riego por provincia y región por sistema de riego (ha)

Detalle Provincia y total	Por Tendido	Por surco	Otro Tradicional	Por Aspersión Tradicional	Por Carrete o Pivote	Por Goteo o Cinta	Micro-Aspersión y Microjet
Copiapó	395,6	829,6	59,9	4,5	-	9.711,0	0,4
Huasco	3.381,5	2.484,8	137,8	5,0	60,0	2.267,8	61,0
Chañaral	1,4	209,3	6,5	-	-	21,1	-
Región	3.778,5	3.523,7	204,2	9,5	60,0	11.999,9	61,4

Fuente: ODEPA formación Regional 2014, base VII Censo Nacional Agropecuario INE 2007

La Región de Atacama abarca el 0,4% de la superficie nacional dedicada a cultivos (19.744,6 hectáreas), según el censo agropecuario de 2007, correspondiendo sus usos principales a frutales con 67,4% de dicho total; plantas forrajeras, con 11,5%, y hortalizas, con 8,4%. Estos tres usos concentran el 87,3% de los suelos de cultivo de la región. En relación al país, el único grupo que destaca es el de frutales, cuya superficie alcanza el 4,3% del total nacional en dicho grupo. (Fuente ODEPA Informe 2014)

Tabla 7-10: Superficie por Tipo Cultivo Atacama

Grupo	Región (ha)	Cultivo/Región (%)	País (ha)	Región/País (%)
Cereales	260,2	1,3%	480.602,6	0,1%
Hortalizas	1.652,0	8,4%	95.953,7	1,7%
Frutales	13.313,5	67,4%	310.043,5	4,3%
Huertos caseros	296,2	1,5%	16.138,2	1,8%
Leguminosas y tubérculos	287,4	1,5%	71.389,6	0,4%
Cultivos industriales	316,6	1,6%	69.998,0	0,5%
Forrajes	2.271,0	11,5%	513.190,8	0,4%
Plantaciones forestales	523,8	2,7%	2.706.038,3	0,0%
Flores	27,6	0,1%	2.176,4	1,3%
Viñas y parronales	723,2	3,7%	130.440,8	0,6%
Viveros	2,0	0,0%	3.103,1	0,1%
Semilleros y almacigos	71,1	0,4%	42.511,1	0,2%
Total	19.744,6	100,0%	4.441.586,2	0,4%

Fuente: elaborado por Odepa a partir de información del VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal; Odepa - INE, 2007.

Esta estructura productiva, combinada con la información económica expuesta más arriba permite generar la siguiente ficha técnica:

- Hectáreas disponibles: 19.744 has
- PIB Sector Agropecuario silvícola; 57.584 MM\$.2008
- Empleo: 9.910 puestos de trabajo
- Exportaciones: 148,8 MM US\$

7.6.1.2 Actividad Agrícola Cuenca del Copiapó

La descripción de la actividad agrícola, y por ende de la estimación de la demanda hídrica del sector para la cuenca del Copiapó, se obtiene del estudio y análisis de la cuenca realizado por HIDROMAS-2013.

En este estudio se ha identificado 20 sectores o zonas de riego a lo largo de la cuenca siendo sus características las siguientes:

Tabla 7-11: Zonas y Superficies Riego Cuenca Copiapó

SECTORES DE RIEGO	COD	LPS/HA	Has	Has
R1a-01 Manflas	ZR-01	0,323	342	421
R1b-02 Pulido	ZR-02	0,341	279	344
R1c-03 Jorquera	ZR-03	0,317	328	404
R1d-04 Junta - Lautaro	ZR-04	0,400	338	417
R2a-05 Lautaro - La Capilla	ZR-05	0,409	1.152	1.419
R2a-06 La Capilla - San Antonio	ZR-06	0,409	368	453
R2a-07 San Antonio - La Puerta	ZR-07	0,409	337	415
R3a-08 La Puerta - La Turbina	ZR-08	0,397	59	73
R3a-09 La Turbina - El Yeso	ZR-09	0,397	577	711
R3a-10 El Yeso - Comp. Negras	ZR-10	0,397	500	616
R3a-11 Comp. Negras - Pabellón	ZR-11	0,397	77	95
R3b-12 Pabellón - Cerrillos	ZR-12	0,395	616	759
R3b-13 Cerrillos - Mal Paso	ZR-13	0,395	765	943
R4a-14 Mal Paso - Palermo	ZR-14	0,579	106	130
R4a-15 Palermo - La Florida	ZR-15	0,579	227	280
R4a-16 La Florida - Copiapó	ZR-16	0,579	575	709
R5a-17 Copiapó - Chamonate	ZR-17	0,340	1.122	1.383
R5a-18 Chamonate - Piedra Colgada	ZR-18	0,340	847	1.043
R6a-19 Piedra Colgada - Valle Fértil	ZR-19	0,382	1.131	1.393
R6b-20 Valle Fértil - Angostura	ZR-20	0,206	394	485

0,389	10.139	12.493
	cnr-2012	dictuc 2010

Fuente: HIDROMÁS ACTUALIZACIÓN MODELACIÓN CUENCA COPIAPÓ DICIEMBRE 2013

Las estimaciones de demanda hídrica del estudio HIDROMAS-2013 toman en consideración el tipo de cultivo por zona, su evotranspiración, y la técnica de riego utilizada en cada sector.

7.6.2 Actividad Minera

7.6.2.1 Minería Regional

La actividad económica minera de la III Región se concentra en minerales de cobre, hierro, oro y plata. La evolución de las cifras de producción se resume en el cuadro siguiente:

Tabla 7-12: PRODUCCIONES MINERA III REGIÓN (FUENTE ESTADÍSTICAS SERNAGEOMIN)

PRODUCCIÓN MINERA - III REGIÓN DE ATACAMA					
I. MINERÍA METÁLICA	2008	2009	2010	2011	2012
COBRE (TM de fino)	453.310	428.927	418.259	427.500	389.329
MOLIBDENO (TM de fino)	872	1.148	1.043	1.024	1.153
ORO (Kg de fino) / Gold (Kg Fine Content)	17.913	18.972	15.122	15.891	16.039
PLATA (Kg de fino) / Silver (Kg Fine Content)	353.033	285.891	260.792	293.271	226.319
HIERRO (TM de mineral)	7.595.871	6.450.107	6.968.390	8.879.215	13.705.173
MANGANESO (TM de mineral)	-	-	-	-	-

Fuente Sernageomin

Los precios de los diferentes minerales correspondientes al año 2012 según Anuario SERNAGEOMIN 2013, fueron los siguientes:

- Minería del Cobre → **p= 8.013,1 Miles US\$/Kton**
- Minería del Hierro →; **p = 112,8 Miles US\$/Kton**
- Minería del Oro → **p = 58.862 US\$/Kg**
- Minería de la Plata → **p = 1.098 US\$/Kg**

Desde el punto de vista de los consumos hídricos y energéticos es relevante disponer de los antecedentes de las capacidades de las plantas de tratamiento, pues en ellas se concentran los principales consumos hídricos. Las capacidades de las plantas de beneficio de la región de Atacama ascienden a:

Tabla 7-13: Capacidad Plantas Beneficios III Región

TIPO TRATAMIENTO	Capacidad Región Kilo Tons por Día	Tasa Consumo Hídrico
FLOTACIÓN	250,8	0,65 m3/Ton
LIXIVIACIÓN	144,8	0,17 m3/ Ton

Fuente: Anuario SERNAGEOMIN 2013, COCHILCO 2013, recopilación estudios inversión e insumos estratégicos

Estos valores se aplican sobre el mineral que ingresa a las plantas concentradoras en el caso del cobre y el mineral concentrado o procesado en el caso del hierro.

A partir de la información presentada en Anuario 2013 de SERNAGEOMIN más información del Informe Actualizado COCHILCO 2013, a continuación se detalla las capacidades de las plantas de beneficio por faena:

Tabla 7-14: FAENAS MINERAS III REGION (PARTE 1)

VALLE		Faenas Mineras	Producciones Anuales				CAPACIDAD PLANTAS KTPD	
			Ktons cu f	OZ ORO	OZ PLATA	Ktons HIERRO	flotación	lixiviación
CHAÑARAL	OP	SALVADOR	70				36	22
COPIAPO	OP	CANDELARIA	122				79	
COPIAPO	OP	MANTO VERDE	62					42
COPIAPO	OP	PUCOBRE	46				11	3,5
COPIAPO	OP	CMP Atacama				8.000	74	
COPIAPO	OP	COEMIN	10				5	
COPIAPO	OP	KOZAN	10				5	
COPIAPO	OP	ENAMI Y OTROS	60				30	4,5
COPIAPO	OP	MANTO DE ORO		150.000				18
COPIAPO	OP	CASERONES (LUMINA)	20				10	50
VALLENAR	OP	CMP Planta Pellets				6.500	35	
VALLENAR	OP	MARICUNGA		333.000				50
REGION			400	483.000	0	14.500	285	190

VALLE		PROYECTOS Mineras	Producciones Anuales				CAPACIDAD PLANTAS KTPD	
			Ktons cu f	OZ ORO	OZ PLATA	Ktons HIERRO	flotación	lixiviación
CHAÑARAL	pr	SANTA FE - CARMEN				1.800	19	0
CHAÑARAL	pr	SANTO DOMINGO	80	15.000		4.000	?	
COPIAPO	pr	CASPICHE	110	696.000	846.000		150	72
COPIAPO	pr	NUEVA ESPERANZA (	150	355.000			6	0
COPIAPO	pr	CASERONES (LUMINA)	150				100	50
COPIAPO	pr	SANTA FE BELLAVISTA				2.500	19	0
COPIAPO	pr	CERRO CASALE	120	900.000			150	75
COPIAPO	pr	LOBO MARTE		330.000			0	47
COPIAPO	pr	VOLCAN		283.000			11	44
COPIAPO	pr	CERRO NEGRO CMP				4.000	20	
VALLENAR	pr	LOS COLORADOS CMP				9.150	30	0
VALLENAR	pr	PASCUA LAMA	110	850.000	35.000.000		150	72
VALLENAR	pr	RELINCHO COBRE	110				140	0
VALLENAR	pr	EL MORRO	150	353.000	3.571.429		90	0
VALLENAR	pr	EL ESPINO PUCOBRE	40	51.000			90	0
TOTALES REGION			1.020	3.833.000	39.417.429	21.450	975	360

Fuente: Anuario SERNAGEOMIN 2013, COCHILCO 2013, recopilación estudios inversión e insumos estratégicos; REVISTA NUEVAMINERIA FEBRERO,2012

Los planes de inversión existentes en la zona evidencian la existencia de un potencial de recursos mineros cuyos planes de explotación más que triplicaría los niveles de producción actuales que expone la región. En función de las capacidades de las plantas de beneficios será posible hacer una estimación de las demandas hídricas futuras a las que se expondrá la cuenca del COPIAPO, y que proporción de ella debiera ser abastecida desde fuentes de agua de mar.

Tabla 7-15: FAENAS MINERAS III REGION (PARTE 2)

VALLE		Faenas Mineras	CAPACIDAD PLANTAS KTPD		m ³ /SEG ↓	SECTOR HIDROGEOLÓGICO COPIAPO					
			flotación	lixiviación		1	2	3	4	5	6
COPIAPO	OP	CANDELARIA	79		0,594				1		
COPIAPO	OP	MANTO VERDE		42	0,083					1	
COPIAPO	OP	PUCOBRE	15	3,5	0,120			1	1		
COPIAPO	OP	CMP Atacama	74		0,557				1		
COPIAPO	OP	COEMIN	5		0,038				1		
COPIAPO	OP	KOZAN	5		0,038				1		
COPIAPO	OP	ENAMI Y OTROS	30	4,5	0,235				1		
COPIAPO	OP	MANTO DE ORO LA COIPA		18	0,035				1		
COPIAPO	OP	CASERONES (LUMINA)	10	50	0,174		1	1			
VALLE		PROYECTOS Faenas Mineras	CAPACIDAD PLANTAS KTPD		m ³ /SEG ↓	SECTOR HIDROGEOLÓGICO COPIAPO					
			flotación	lixiviación		1	2	3	4	5	6
COPIAPO	pr	CASPICHE	150	72	1,270				1		
COPIAPO	pr	NUOVA ESPERANZA (ARQUEROS)	6	0	0,045				1		
COPIAPO	pr	CASERONES (LUMINA)	100	50	0,851		1	1			
COPIAPO	pr	SANTA FE BELLAVISTA	19	0	0,144				1		
COPIAPO	pr	CERRO CASALE	150	75	1,276				1		
COPIAPO	pr	LOBO MARTE	0	47	0,092				1		
COPIAPO	pr	VOLCAN	11	44	0,169				1		
COPIAPO	pr	CERRO NEGRO CMP	20		0,150				1	1	

Observaciones:

1. Considerando las capacidades de las plantas de beneficios y los rendimientos hídricos medios estimados por COCHILCO, la demanda de agua de procesos actual asciende a aproximadamente 1,9 m³/seg,
2. El informe HIDROMAS señala que la demanda de agua de la minería desde el acuífero COPIAPO asciende a 0,632 m³/seg, por lo que la diferencia estaría siendo abastecida por agua de mar;
3. La suma de proyectos en cartera, con los mismos supuestos de rendimiento hídrico, requerirán del orden de 4 m³/seg adicionales de recursos hídricos, lo que significa que en el estado actual de la cuenca, deberán ser abastecidos por agua de mar, o bien van a ejercer una presión de demanda para los tenedores de Derechos de Agua del sector agrícola.

7.6.3 Referencia Actividad Energía

La capacidad de generación de energía eléctrica de la región se encuentra balanceada con la demanda de los diferentes sectores. En los cuadros siguientes se muestran las cifras de generación y distribución de energía eléctrica en la región por sector económico.

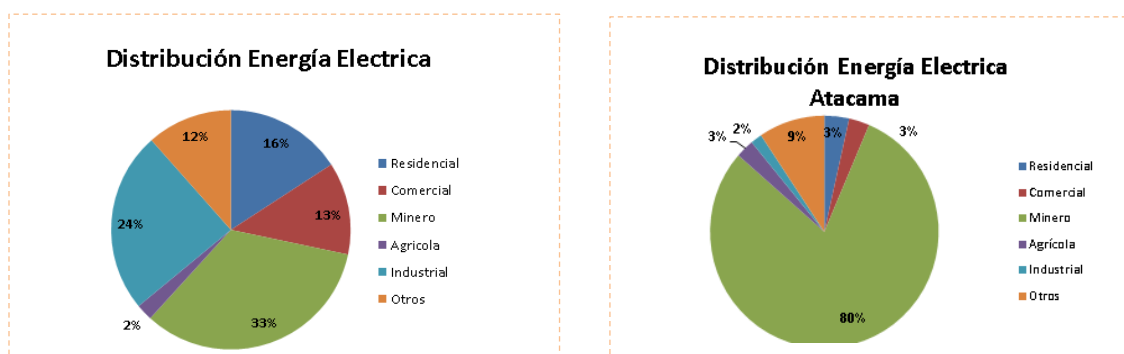
Tabla 7-16 DISTRIBUCION ENERGIA ELECTRICA III REGION

 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS DIRECCIÓN REGIONAL DE ATACAMA							
0323403							
DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA (M.W.h) POR SECTOR. REGIÓN DE ATACAMA. AÑO 1995 EN ADELANTE.							
AÑO Y MES	TOTAL	Residencial	Comercial	Minero	Agrícola	Industrial	Otros
2008	3.157.912	118.097	59.997	2.511.087	89.400	77.275	302.056
2009	3.139.570	119.263	70.980	2.599.256	89.561	69.900	190.610
2010	3.469.011	125.194	81.489	2.995.653	91.434	62.047	113.194
2011	3.548.086	138.901	99.543	2.970.785	96.473	66.260	176.124
2012 ^{P/}	4.250.030	148.832	123.797	3.401.201	109.635	68.423	398.142
2013 ^{P/}	4.100.479	157.566	123.909	3.524.886	93.552	64.423	136.143

El consumo energético de algunos sectores económicos de la región de Atacama muestra algunas divergencias respecto al promedio nacional. A continuación se exponen algunos resultados interesantes:

7.6.3.1 Distribución General

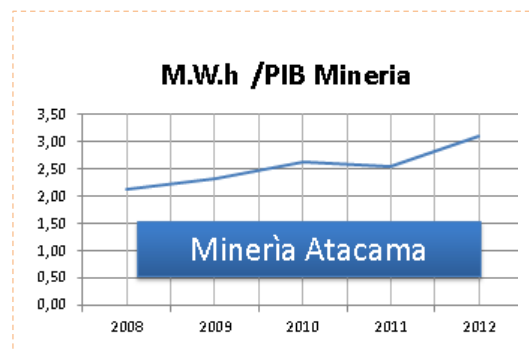
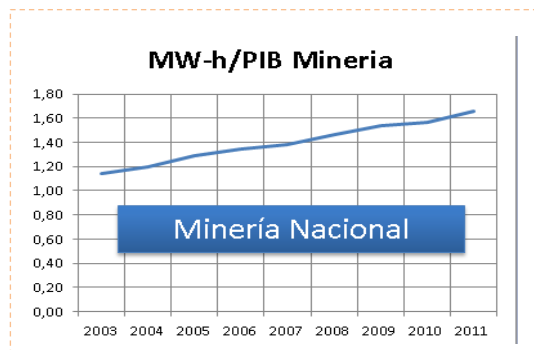
Los gráficos siguientes muestran la distribución de energía eléctrica por tipo de cliente tanto a nivel nacional como regional.



Los gráficos muestran claramente la intensidad de uso de energía eléctrica que existe en la Región de Atacama. En esta región el 80 % de la energía se destina a consumo minero, mientras que a nivel nacional esta cifra es cercana al 33%. En este sentido es de interés analizar el rendimiento energético del sector minería.

7.6.3.2 Sector Minería

Los gráficos siguientes muestran el rendimiento económico de la energía aplicada en el sector minero, tanto a nivel nacional como regional.



Las cifras evidencian que mientras a nivel nacional durante el 2012, se requiere de 1,63 MW.h por cada MM \$ de Valor agregado del sector minero, en la región de Atacama este factor prácticamente se duplica a 3,1 MW.h por cada MM \$ de Valor agregado minero, probablemente influenciado por la minería del hierro

En la tabla siguiente se exponen las productividades del uso de energía en los diferentes sectores económicos relevantes.

Se destacan las diferencias relevantes que exponen los sectores Agrícola e Industria. El primero de ellos estaría evidenciando el mayor consumo energético en el agro debido la tecnificación del sistema de riego, En el caso de la Industria se debe a que en la región la industria predominante es relativamente pesada, y vinculada al procesamiento de metales.

Tabla 7-17 TASAS DE CONSUMO HIDRICO Y NERGETICO POR SECTOR ECONOMICO

TASA DE CONSUMO ENERGÍA ELECTRICA POR PIB

SECTOR ECONOMICO	Atacama	Nacional
	MW-h / PIB	GW-h / PIB
1 Agropecuario-silvícola	1,90	0,47
2 Pesca		
3 Minería	3,10	1,65
4 Industria manufacturera	4,92	1,40
5 Electricidad, gas y agua		
6 Construcción		
7 Comercio, restaurantes y hoteles	0,78	0,73
8 Transportes y comunicaciones		
9 Servicios financieros y empresariales		
10 Propiedad de vivienda		
11 Servicios personales		
12 Administración pública		
OTROS		
	GW-h / PIB TOTAL	
	0,106	0,075
Residencial		
	MW-h / hbte	
	0,51	0,57

8 ANÁLISIS ECONÓMICO REGIONAL

El objetivo de esta sección es hacer un análisis más profundo de la economía regional y de la cuenca en particular. Este análisis más fragmentado cumple dos propósitos. En primer lugar poder evaluar con parámetros concretos el grado de cumplimiento de algunos de los lineamientos estratégicos que se han planteado para la región. Y en segundo lugar, para poder conectar las matrices económicas con el modelo hidrológico de la cuenca del Copiapó.

La modelación de la arquitectura productiva de la región se realiza usando como modelo subyacente la caracterización de su matriz insumo producto regional, y su proyección a la cuenca del Copiapó en particular. Los cómputos de las Cuentas Nacionales del país emiten y actualizan periódicamente las matrices insumo producto que describen nuestra economía. Para el caso de las cuentas regionales, sólo existe un ejercicio realizado para el año 1996 por **MIDEPLAN** y el INE.

Si bien resulta técnicamente factible sustentar el análisis en las MIP Regionales del 1996, en este proyecto en particular se opta por utilizar los Cuadros de Referencia Nacional por las razones siguientes:

- La antigüedad de la Base 1996 en relación a una situación actual, 2013, requiere realizar supuestos demasiado fuertes acerca de invariabilidad de las estructuras productivas. Esta base, estimada con coeficientes tecnológicos y estructura de precios observados para el 1996, dificulta la proyecciones de escenarios más actualizados;
- En contraste con lo anterior, los Cuadros de Referencias nacionales se actualizan periódicamente, por lo que para efectos de este proyecto, sus bases analíticas resultan ser más sustentables en el tiempo.
- En definitiva, se está modelando el sistema productivo nacional, dentro del cual cada región o sector forma parte elaborando los bienes y servicios propios de su territorio.

El criterio de diseño para el modelamiento del escenario económico de la región sobre las bases de la MIP Nacional arrastra algunos supuestos importantes:

1. Que la tecnología productiva de la región es igual al promedio nacional.
2. Por lo mismo anterior, las proporciones de bienes intermedios importados por cada sector también se mantienen constante.
3. Que el consumo unitario de la población de la región es igual al consumo unitario medio de la población nacional.

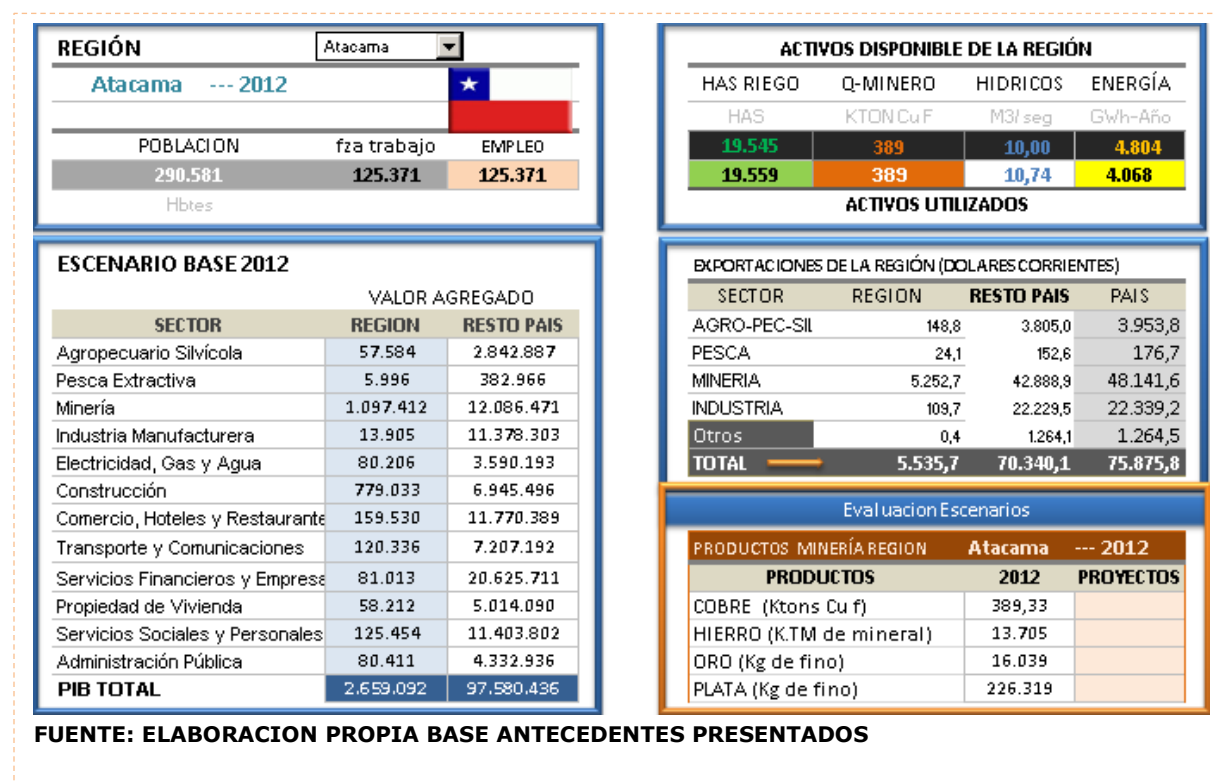
8.1 Análisis Nivel Región: III Región Atacama

De acuerdo con el procedimiento metodológico descrito en secciones anteriores de este documento se ha procedido a calibrar la matriz económica de la III Región de Atacama.

La ficha regional que se muestra a continuación expone los datos de población y fuerza de trabajo, a partir de los cuales se estima el consumo regional y el empleo por sector de actividad económica. Por otro lado se resumen los activos relevantes de la región completa en cuanto su disponibilidad de hectáreas cultivables, las producciones minera, la disponibilidad hídrica y la capacidad de generación de energía eléctrica.

Adicionalmente se muestra un resumen de las exportaciones regionales y del país, variable que se utiliza como inductor principal de actividad económica, y finalmente un resumen de parámetros mediante los cuales se relacionan las producciones físicas de los sectores relevantes (agro, minería, energía) desde la perspectiva hídrica con sus resultados macroeconómicos.

Figura 8-1: FICHA RESUMEN ANTECEDENTES REGIONALES



Haciendo uso de la simulación económica que permite la automatización de la matriz insumo-producto regional a continuación se hace una exposición de diferentes análisis.

8.1.1 Ficha Económica Regional

En el capítulo anterior se ha expuesto la evolución en el tiempo que ha mostrado el PIB de la región durante los últimos años. Corresponde en esta sección analizar la estructura y composición del PIB en sus dimensiones internas.

Este cuadro siguiente resume el resultado de la calibración de la MIP regional evidenciando la estructura de costos intermedios por sector por origen nacional e importado. Dado que para estos cálculos se ha considerado la misma estructura productiva que la Matriz Nacional, las proporciones de costos importados y nacionales son constantes comparándolas entre región versus país completo. Lo que si va arrojar diferencias entre regiones como también con la media del país es las proporciones regionales de insumos importados pues ella depende de la composición de productos que elabore cada una de las regiones.

Figura 8-2: FICHA ESTRUCTURA COSTOS PIB III REGION ATACAMA

Atacama		Economía Matemática Aplicada en la Gestión			
2012		Ing. NICOLÁS C. JADUE MAJLUF			
Composición del PIB		FICHA ESCENARIO SIMULADO			
Base= 2008					
Atacama		PIB (VA)	Prod. Bruta Región	Costos Intermedios	
				Nacional	Resto País (e)
					Importada
1	Agropecuario Silvícola	57.626	151.615	68.145	0
2	Pesca Extractiva	6.024	39.296	29.637	0
3	Minería	1.097.414	1.947.021	675.742	0
4	Industria Manufacturera	13.915	57.209	27.083	0
5	Electricidad, Gas y Agua	80.216	216.925	102.972	0
6	Construcción	779.151	1.752.781	730.499	0
7	Comercio, Hoteles y Restaurantes	159.575	321.270	144.449	0
8	Transporte y Comunicaciones	120.353	339.045	131.837	0
9	Intermediación Financiera y Servicios Empresarial	81.028	113.759	27.686	0
10	Propiedad de Vivienda	58.233	78.361	20.128	0
11	Servicios Sociales y Personales	125.498	185.168	53.160	0
12	Administración Pública	80.440	126.940	37.067	0
		2.659.473	5.329.389	2.048.403	0
					621.513

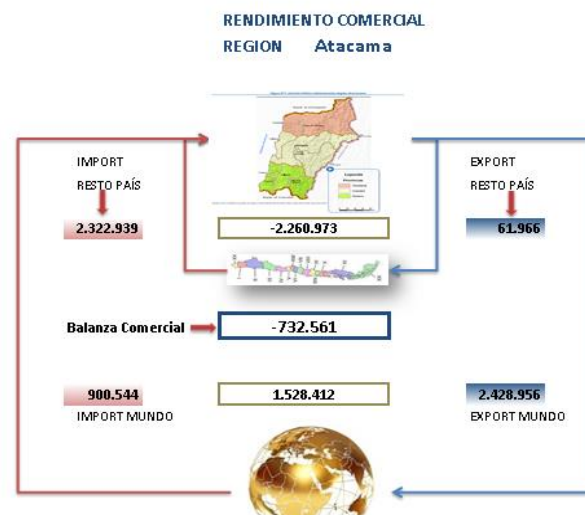
Para el interés de este proyecto se destaca lo siguiente:

- La minería y construcción concentran más del 70% del PIB regional;
- Estos mismos sectores se constituyen también en los grandes compradores y por ende activadores de la economía de la región.
- Dentro de los ítems relevantes que adquieren estos sectores destacan los servicios profesionales y personales, los que en gran parte son importados desde el resto del país.

8.1.2 Balanza Comercial

Los antecedentes de producción, gasto, consumo, exportaciones y el resto de los presentados en las tablas anteriores son todas variables de flujo, las que en general para la región exponen resultados alentadores, en cuanto al crecimiento regional. Sin embargo es también importante la calidad comercial de estas transacciones, y para ello un indicador relevante es el resultado de su balanza comercial.

Figura 8-3: BALANZA COMERCIAL III



En función de lo expresado en la primera sección metodológica, la calibración de las matrices regionales se efectúa esencialmente a través del ajuste de las variables de intercambio interregional. Es decir, calculando las exportaciones e importaciones entre la región y el resto del país, para así cuadrar las ecuaciones de oferta y demanda de productos por sector, teniendo como dato conocido el PIB regional que informa el Banco Central. Habiendo realizado los ajustes pertinentes al modelo, el cuadro siguiente muestra los resultados del balance de exportaciones e importaciones totales.

Tabla 8-1: BALANCE COMERCIAL III REGION ATACAMA

EXPORT-IMPORT		Exportaciones		Balance	Importaciones	
		Extranjera	Resto País		P-Usuario	DI+IVA Imp
1	Agropecuaria Silvícola	85.148	37.453	117.428	6.089	-916
2	Pesca Extractiva	5.592	24.512	29.824	293	-12
3	Minería	1.936.624	0	1.567.468	40.068	-585
4	Industria Manufacturera	73.085	0	-1.728.805	1.052.262	-265.366
5	Electricidad, Gas y Agua	0	0	-51.711	587	-26
6	Construcción	0	0	-4	4	-0
7	Comercio, Hoteles y Restaurantes	26.392	0	-39.326	3.329	-261
8	Transporte y Comunicaciones	246.653	0	20.563	34.338	-886
9	Intermediación Financiera y Servicios Empresariales	54.720	0	-515.740	30.517	-730
10	Propiedad de Vivienda	0	0	-35.649	0	0
11	Servicios Sociales y Personales	741	0	-96.608	1.887	-49
12	Administración Pública	0	0	0	0	0
		2.428.956	61.966	-732.561	1.169.374	-268.830
						2.322.939

En resumen, los resultados son alentadores en cuanto a superávit de la región respecto a sus transacciones comerciales con el mundo internacional (MM\$⁻²⁰⁰⁸ **1.528.482**), sin embargo exhibe un déficit comercial respecto a sus transacciones con el resto del país (MM\$⁻²⁰⁰⁸ **-2.260.973**).

8.1.3 Ficha de Encadenamiento Interregional

El análisis que se expone a continuación pues revela el encadenamiento productivo que induce la región sobre el resto de las regiones del país. Más adelante se verá los encadenamiento particulares relevantes a nivel sectorial, Minería y agrícola.

Tabla 8-2: FICHA ENCADENAMIENTO INTERREGIONAL

Atacama ----- 2012				
% Captura-Región		2,65%	% Induc-País	
VA		VA	VA	
Sectores	Referencial	Escenario Reg sol.	Variación	Inducc Resto País
	2.659.092	2.659.473	0,0%	5.673.479
1 Agropecuario Silvícola	57.584	57.626	➡ 0,1%	123.215
2 Pesca Extractiva	5.996	6.024	➡ 0,5%	22.457
3 Minería	1.097.412	1.097.414	➡ 0,0%	231.832
4 Industria Manufacturera	13.905	13.915	➡ 0,1%	679.192
5 Electricidad, Gas y Agua	80.206	80.216	➡ 0,0%	212.245
6 Construcción	779.033	779.151	➡ 0,0%	428.329
7 Comercio, Hoteles y Restaurantes	159.530	159.575	➡ 0,0%	677.414
8 Transporte y Comunicaciones	120.336	120.353	➡ 0,0%	397.344
9 Intermediación Financiera y Servicio	81.013	81.028	➡ 0,0%	1.552.878
10 Propiedad de Vivienda	58.212	58.233	➡ 0,0%	314.678
11 Servicios Sociales y Personales	125.454	125.498	➡ 0,0%	722.908
12 Administración Pública	80.411	80.440	➡ 0,0%	250.327

El resultado de la simulación que se muestra en el cuadro anterior indica que si bien las actividades productivas que se desarrollan en la región absorben o capturan el 2,65% del PIB Nacional, ellas mismas inducen, adicionalmente, un 5,7% del PIB Nacional hacia el resto de las regiones del país. Este hecho se interpreta como que la región, con el propósito de producir los bienes y servicios que demandan sus exportaciones, realiza dentro de la región solo algunas actividades del proceso productivo completo, y requiere **Tabla 8-3: BALANCE RECURSOS** abastecerse de bienes y servicios importados desde el resto de las regiones del país.

El Balance Recursos Estratégicos se expone en el cuadro adjunto podrían estar evidenciando que una de las fuertes restricciones para el

desarrollo interno de la propia región sería la escasez de recursos hídricos, lo que se encuentran al límite de sus capacidades.

Fuerza Trabajo	125.371	125.416	➡ 0,0%
ENERGIA GWh/Año	4.804	4.068	⬇ -15,3%
AGUAS m3/seg	11,0	10,7	⬇ -2,4%
Has	19.545	19.559	➡ 0,1%
Ktons	389	389	➡ 0,0%
Poblacion cuenca	290.581	290.685	➡ 0,0%

8.1.4 Ficha de Encadenamiento Exportaciones del Sector Minería

El interés del cuadro que se muestra a continuación es evaluar el encadenamiento global que induce el proceso de exportaciones de los productos mineros. Con ello se podrá disponer de un referente en cuanto a la vulnerabilidad económica de la región en cuanto a su dependencia de lo que ocurra tanto en el Resto del País y del Mundo.

Tabla 8-4: FICHA ENCADENAMIENTO EXPORTACIONES MINERAS

Atacama ----- 2012				
		% Captura-Región	2,65%	% Induc-País 4,91%
		VA	VA	VA
		Referencial	Escenario Reg sol.	Variación
Induc Resto País				
Sectores	2.659.092	2.456.216	-7,6%	4.923.650
1 Agropecuario Silvícola	57.584	24.837	-56,9%	105.335
2 Pesca Extractiva	5.996	4.786	-20,2%	19.130
3 Minería	1.097.412	1.096.213	-0,1%	281.520
4 Industria Manufacturera	13.905	7.500	-46,1%	578.230
5 Electricidad, Gas y Agua	80.206	74.315	-6,6%	186.387
6 Construcción	779.033	717.852	-7,9%	371.629
7 Comercio, Hoteles y Restaurantes	159.530	131.748	-17,4%	580.782
8 Transporte y Comunicaciones	120.336	107.270	-10,9%	344.666
9 Intermediación Financiera y Servicio	81.013	74.264	-8,3%	1.350.827
10 Propiedad de Vivienda	58.212	47.731	-18,0%	269.833
11 Servicios Sociales y Personales	125.454	103.167	-17,8%	619.790
12 Administración Pública	80.411	65.933	-18,0%	215.521
Fuerza Trabajo	125.371	102.798	-18,0%	
ENERGIA GW-hr/Año	4.804	3.903	-18,8%	
AGUAS m3/seg	11,0	6,3	-42,8%	
Has	19.545	8.430	-56,3%	
Ktons	389	389	-0,1%	
Poblacion cuenca	290.581	238.263	-18,0%	

El resultado de la simulación señala que si la región sólo procura abastecer la demanda de los productos de exportación minera que actualmente dispone, su PIB regional se disminuiría en sólo un 7,6%. Este resultado se lee también como que el sector Minero de la Región de Atacama si bien representa el 41% del PIB regional, por efectos de los encadenamientos de primer y segundo orden, induce el 92,4% del PIB de la región, más un 4,91% del PIB del resto de las regiones del país.

Efecto Multiplicador de la Minería

Al analizar con más detalles las cifras del cuadro anterior, se observa que PIB propio del sector minería es de MM\$⁻²⁰⁰⁸ 1.096.213 pero encadena en la misma región un total de MM\$⁻²⁰⁰⁸ 2.456.216, e induce en el resto del país un total MM\$⁻²⁰⁰⁸ 4.923.650. Con ello el efecto multiplicador económico total de la Minería de Atacama es de 6,7 veces, y para la región este efecto es de 2,3 veces. (El multiplicador promedio nacional de la minería es del orden de 3,6 veces. El mayor valor observado para la región se encuentra influenciado por la mayor intensidad de inversiones a la que ella ha estado sometida durante los últimos años)

8.1.5 Ficha de Encadenamiento Exportaciones Sector Agropecuario-Silvícola

El mismo ejercicio anterior realizado ahora sobre el sector agropecuario, indica que si la región se avocara sólo a elaborar los productos agrícolas que demandas sus exportaciones, el PIB regional descendería en un 90,7%. El agro encadena sólo un 9,3% del PIB regional, pero sólo captura un 2,2%.

Tabla 8-5: FICHA ENCADDENAMIENTO EXPORTACIONES AGROPECUARIAS

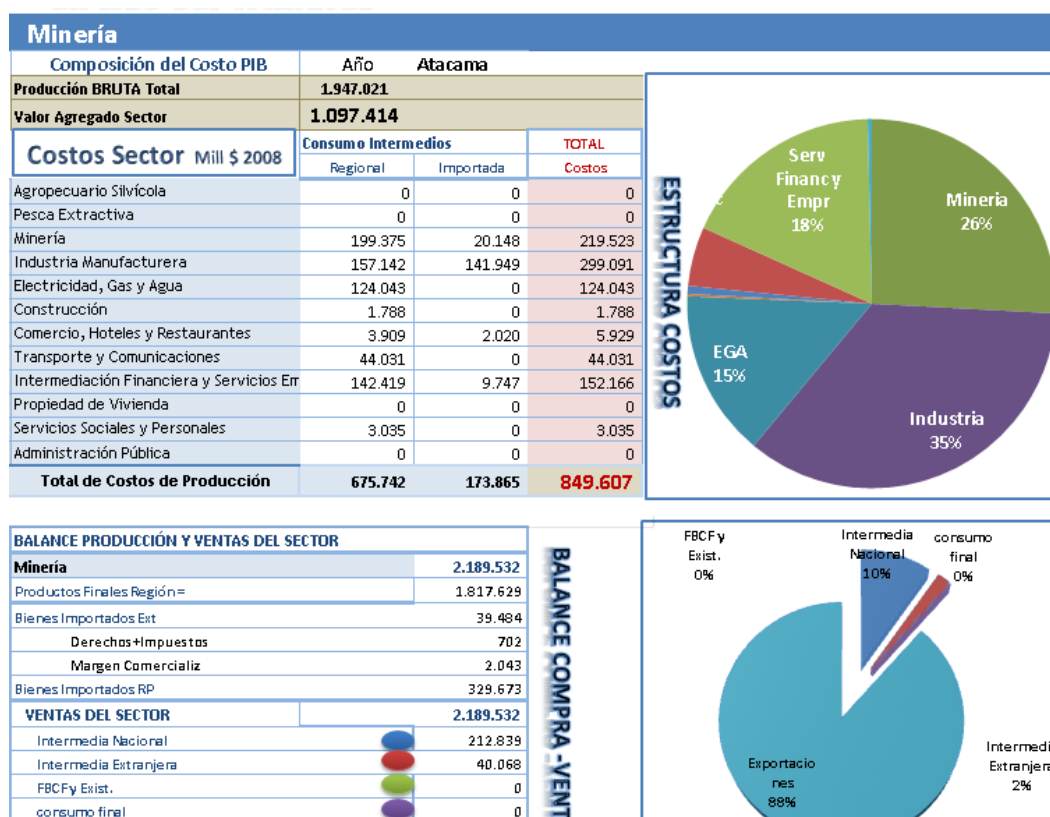
Atacama ----- 2012				
		% Captura-Región	2,65%	% Induc-País 0,73%
		VA	VA	VA
		Referencial	Escenario Reg sol.	Variación
Inducc Resto País				
Sectores	2.659.092	247.586	-90,7%	730.948
1 Agropecuario Silvícola	57.584	46.148	↓ -19,3%	16.628
2 Pesca Extractiva	5.996	4.438	↓ -25,0%	3.037
3 Minería	1.097.412	1.281	↓ -39,3%	9.523
4 Industria Manufacturera	13.905	4.331	↓ -64,5%	31.893
5 Electricidad, Gas y Agua	80.206	6.380	↓ -92,0%	25.204
6 Construcción	779.033	73.575	↓ -90,6%	56.157
7 Comercio, Hoteles y Restaurantes	159.530	34.312	↓ -78,5%	32.422
8 Transporte y Comunicaciones	120.336	12.566	↓ -89,6%	50.552
9 Intermediación Financiera y Servicio	81.013	7.161	↓ -91,2%	205.192
10 Propiedad de Vivienda	58.212	12.575	↓ -78,4%	44.386
11 Servicios Sociales y Personales	125.454	26.786	↓ -78,6%	102.366
12 Administración Pública	80.411	17.372	↓ -78,4%	33.587

Fuerza Trabajo	125.371	27.083	↓ -78,4%
ENERGIA GW-hr/Año	4.804	197	↓ -95,9%
AGUAS m3/seg	11,0	6,2	↓ -43,4%
Has	19.545	15.663	↓ -19,3%
Ktons	389	0	↓ -99,3%
Poblacion cuenca	290.581	62.772	↓ -78,4%

El efecto multiplicador del sector resulta ser sumamente relevante. PIB particular del sector agropecuario es de MM\$⁻²⁰⁰⁸ 46.148 pero encadena en la misma región un total de MM\$⁻²⁰⁰⁸ 247.586, e induce en el resto del país un total MM\$⁻²⁰⁰⁸ 730.948. El efecto multiplicador económico total de este sector es entonces de 21.2 veces, y para la región este efecto es de 5,4 veces.

8.1.6 Ficha Sectorial Minería

Tabla 8-6: FICHA SECTORIAL DE MINERÍA



El interés de este cuadro radica en evidenciar tanto la estructura de costos del sector como también el destino de sus productos. La estructura de costos refleja la capacidad del sector de encadenar actividades regionales a través de su cadena de proveedores. En este sentido las cifras exponen que los principales proveedores del sector son:

- Industria Manufacturera → 35% de sus costos
- Agentes del mismo sector minero → 26% de sus costos pero el 50% de ellos son de origen importados
- Servicios Profesionales y Financieros → 18% de sus costos
- EGA: Electricidad, Gas y Agua → 15% de sus costos

En cuanto al destino de los productos totales del sector, se evidencia claramente la vocación exportadora la que absorbe el 88% de la producción.

8.1.7 Ficha Sectorial Agropecuaria Silvícola

Tabla 8-7: FICHA SECTORIAL AGROPECUARIA SILVICOLA

FICHAS SECTORIALES			Atacama	
1 Agropecuario-silvícola				
Composición del Costo PIB		Año Atacama		
Producción BRUTA Total		151.615		
Valor Agregado Sector		57.626		
Costos Sector Mill \$ 2008		Consumo Intermedios		TOTAL
		Regional	Importada	Costos
1	Agropecuario Silvícola	10.428	3.414	13.842
2	Pesca Extractiva	0	0	0
3	Minería	747	59	806
4	Industria Manufacturera	24.273	22.303	46.576
5	Electricidad, Gas y Agua	1.984	0	1.984
6	Construcción	267	0	267
7	Comercio, Hoteles y Restaurantes	2.387	48	2.436
8	Transporte y Comunicaciones	3.187	0	3.187
9	Intermediación Financiera y Servicios En	24.421	20	24.441
10	Propiedad de Vivienda	0	0	0
11	Servicios Sociales y Personales	418	0	418
12	Administración Pública	32	0	32
Total de Costos de Producción		68.145	25.844	93.989

Este sector representa solo el 2,2% de PIB Regional pero como se señala más arriba tiene un importante efecto multiplicador en la economía tanto nacional como regional. Y por otra parte, dentro del contexto de este proyecto, presenta una fuerte demanda por los recursos hídricos de la zona (consume del orden del 70% de los recursos hídricos disponibles).

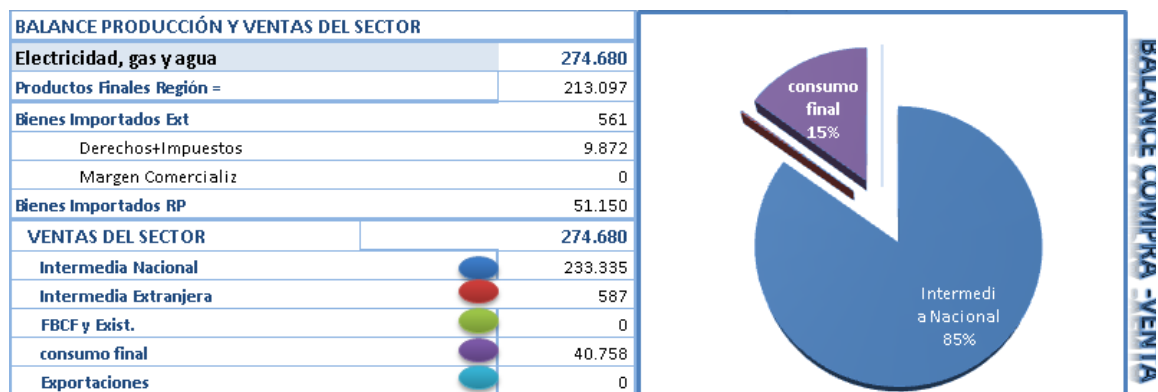
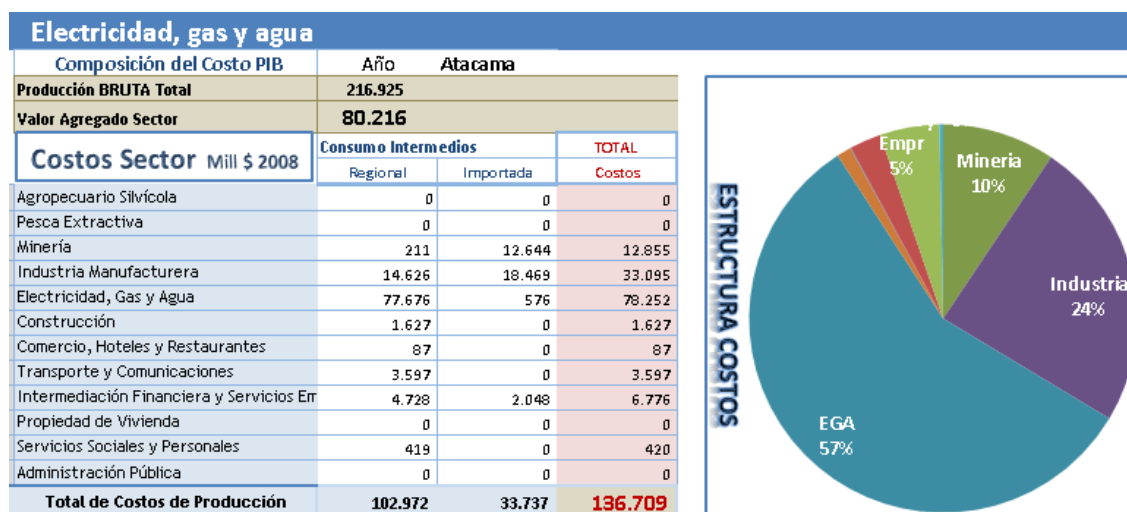
Sus principales costos intermedios se concentran básicamente en los sectores manufactura (50%), el propio agro (15%) y en servicios empresariales y financieros (26%).

En cuanto al destino de los productos del sector, el 65% de ellos va hacia exportación, un 10% para demanda intermedia del sistema productivo regional, y 20% para consumo final de la zona. A nivel nacional la estructura de distribución de productos de este sector es diferente: Las exportaciones representan sólo el 22% de la producción, y 45% es destinado como bien intermedio de otros sectores productivos, principalmente para la industria agroalimenticia.

BALANCE PRODUCCIÓN Y VENTAS DEL SECTOR	
Agropecuario-silvícola	188.024
Productos Finales Región =	139.623
Bienes Importados Ext	5.174
Derechos-Impuestos	5.342
Margen Comercializ	37.885
Bienes Importados RP	0
VENTAS DEL SECTOR	188.024
Intermedia Nacional	18.094
Intermedia Extranjera	4.418
FBCF y Exist.	5.878
consumo final	37.033
Exportaciones	122.601

8.1.8 Ficha Sectorial: EGA

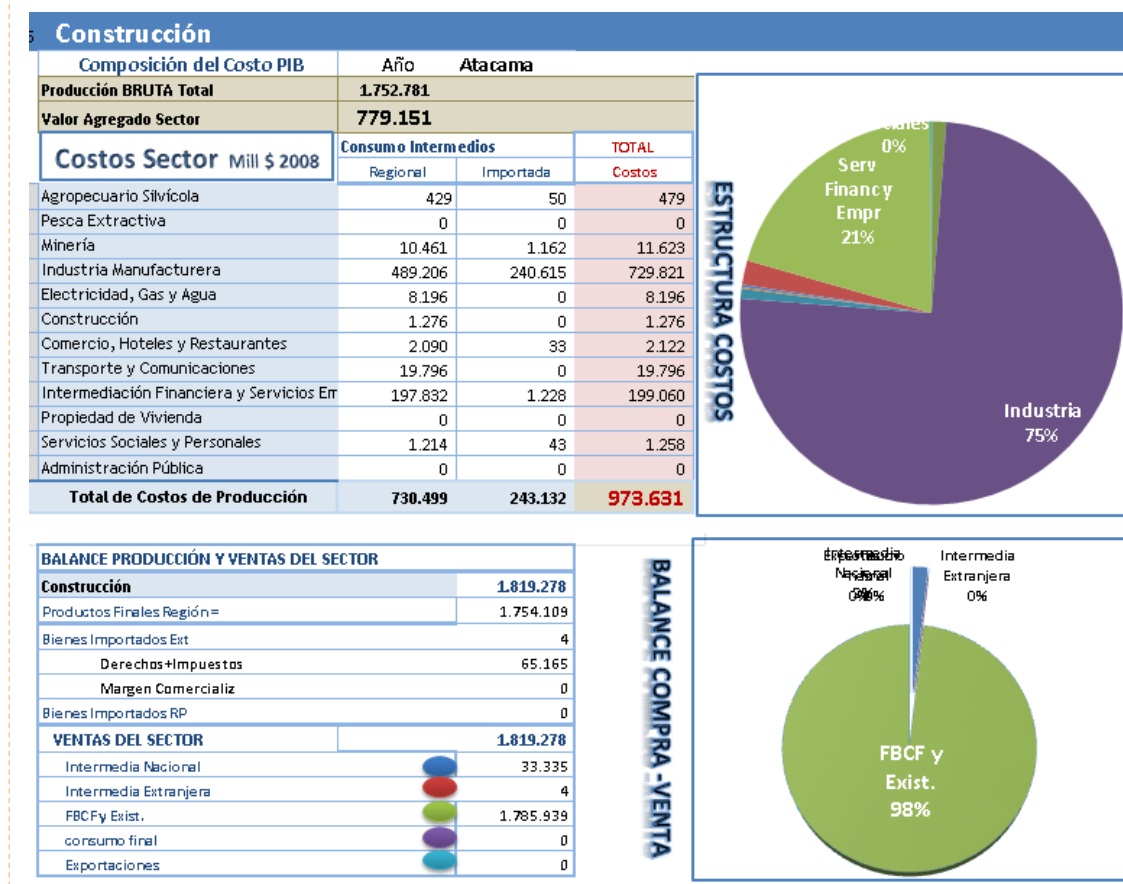
Tabla 8-8: FICHA SECTORIAL ELECTRICIDAD GAS Y AGUA



Este sector que representa sólo el 3,0% del PIB regional tiene su relevancia en que soporta toda la actividad minera, y tal como se muestra en la Ficha Minera, incide en el 15% de sus costos.

8.1.9 Ficha Sectorial Construcción

Tabla 8-9: FICHA SECTORIAL DE LA CONSTRUCCION



Este sector ha sido de relevancia en la región. El 2012, representó casi el 30% del PIB regional y es un motor inductor de actividad principalmente para la industria manufacturera y los servicios empresariales y financieros. El sector construcción ha sido impulsado fuertemente por las inversiones mineras.

8.2 Evaluación de la Estrategia Regional

Al inicio de este documento se referenciaron los lineamientos estratégicos de la III Región de Atacama, de los cuales resulta interesante analizar con cifras numéricas la situación para algunos de ellos.

8.2.1 La gente de Atacama es protagonista de su desarrollo

Para evaluar el desempeño de la región en cuanto a esta visión y línea estratégica de desarrollo se consideran como variable relevante la "Capacidad de Absorción de Valor en la Región".

En relación con este concepto la Ficha de Encadenamiento Interregional muestra que la región es capaz de capturar 2.659 miles de millones de pesos, y encadena hacia el resto del país un adicional de 5.673 miles MM\$. Es difícil pronunciarse acerca de la partición óptima de actividades a desarrollar en forma interna y cuáles externalizar en otras regiones del país. Ello depende de las condiciones de eficiencia de mercado, pero sin duda revela un campo de análisis de las actividades y conocimientos que conviene desarrollar dentro de la región. Los elementos centrales que ayudan converger hacia esta solución son por una parte las actividades de desarrollo de proveedores por parte de las empresas y actividades anclas de la región, y por otro lado la generación de redes de capacitación que alineen las necesidades de desarrollo de la región con las capacidades de su población.

En complemento con lo anterior, la Ficha de Balanza Comercial de la región refleja que gran parte de las importaciones estimadas desde otras regiones del país se concentran en productos del sector manufacturero y también servicios empresariales y financieros.

En el caso del sector Industrial, un escaso 8 a 9% de la oferta de productos manufacturados es de origen regional. El resto se distribuye equitativamente entre productos importados desde el extranjero y desde el resto del país.

BALANCE PRODUCCIÓN Y VENTAS DEL SECTOR MM\$ 2008	
Industria manufacturera	2.269.379
Productos Finales Región =	172.093
Bienes Importados Ext	786.895
Derechos + Impuestos	104.397
Margen Comercialización	190.999
Bienes Importados RP	1.014.995

8.2.2 Formación de Capital Humano

En el caso de esta dimensión analítica se puede disponer de un primer acercamiento a través de las cifras que emanan de la oferta y demanda por servicios empresariales y financieros. Si bien las cuentas nacionales agrupan estas actividades, de las cuentas nacionales se puede apreciar que los servicios empresariales absorben gran proporción (70%) de esta rama de actividad.

El caso de los servicios empresariales y financieros, fuertemente demandados por la minería y construcción, sectores claves de la región, también se aprecia una fuerte proporción de servicios importados desde el resto del país, brecha que puede constituirse en un relevante indicador de desarrollo de capital humano.

BALANCE PRODUCCIÓN Y VENTAS DEL SECTOR	
Servicios financieros y empresariales	768.311
Productos Finales Región =	192.389
Bienes Importados Ext	29.787
Derechos + Impuestos	5.461
Margen Comercialización	0
Bienes Importados RP	540.673

En adición a lo anterior a continuación se muestra una lista de ratios que permite aproximarnos a una especie de indicador socio-económico. De esta tabla se aprecia que en la región, la proporción respecto al PIB total, del PIB (servicios Sociales y Personales), en que predominan las actividades de educación y salud, es menos de la mitad de lo observado a nivel nacional.

INDICADORES SOCIALES	Nacional	Región	Factor	Índice_SOC
CONSUMO/PIB	72%	46%	0,630	0,791
Remuneración /PIB	41%	33%	0,803	
Remuneración / Consumo	56%	74%	1,320	
PIB(Social y Per)/ PIB Total	12%	5%	0,410	

8.2.3 Vulnerabilidad y Diversificación

La vulnerabilidad y diversidad del sistema productivo es otro de los elementos destacados en la visión y estrategia definidas para esta región.

La VULNERABILIDAD ECONÓMICA (VE) de la región: se puede definir como la Propensión de una Región de ver lastimada su capacidad productiva de generar riqueza, bienes y servicios que requiere su población por fuerzas del entorno o de la propia región.

A partir de la definición anterior es posible intuir y concluir que la métrica de evaluación de la **VE** de un ecosistema en particular es el resultado de la evaluación conjunta de variables como las siguientes:

- Grado de exposición del ecosistema con entornos externos exógenos a su propia gestión;
- Grado de hostilidad de aquel entorno con el cual interacciona;
- Robustez interna de los mecanismos de defensa propios del sistema tanto para adaptarse a las perturbaciones del entorno, o bien hacerles frente sin alterar el cumplimiento de sus objetivos y misiones.

En otras palabras las **VE** requiere conciliar por una parte el grado de participación del sistema en entornos fuera de su control con el grado de preparación y desarrollo de capacidades con el cual se pretende participar. No participar de un entorno, si bien puede ser positivo en términos de disminuir la vulnerabilidad de un sistema, es también negativo en términos de limitar y restringir las oportunidades de desarrollo y crecimiento del sistema. Los dichos "*Quien nada hace nada teme*"; "*Quien no se arriesga no pasa el río*" explican el tema de cierto modo el tema se está tratando de modelar.

Con el propósito de modelar y racionalizar las métricas para evaluar el nivel de vulnerabilidad económica de una región en particular se definen dos dimensiones analíticas:

8.2.3.1 Nivel de Apertura y Exposición con entornos externos;

Con esta dimensión analítica se evalúa la dependencia del sistema económico y estabilidad de sus procesos productivos con la variabilidad del comportamiento e impactos provenientes del entorno externo.

Para la evaluación de esta dimensión se proponen las siguientes variables:

- **Exposición de la economía de la región con el mercado externo.**
Para evaluar esta variable se propone medir los términos de intercambio de la región con el mercado internacional. Si los términos de intercambio aumentan también lo hace la vulnerabilidad económica de la región respecto al mercado internacional.
 - **Exposición-Externa (región) = (Exportaciones + Importaciones) / PIB**
- **Balanza Comercial:** En este mismo campo otra variable que determina el nivel de vulnerabilidad de una región expuesta al mercado internacional es el resultado de su balanza comercial con su capacidad o incapacidad de generar divisas para el país. Respecto con esta variable, si la balanza comercial aumenta y su saldo es positivo, la vulnerabilidad de la región tiende a disminuir. Se define como variable representativa de esta

dimensión a la razón entre importaciones y exportaciones de modo que si el valor resultante aumenta, también lo haga su vulnerabilidad asociada.

$$\circ \text{ B-Comercial (Región) = Importaciones / Exportaciones}$$

8.2.3.2 *Nivel de Robustez, Competencias y Capacidades Internas de adaptación*

Esta dimensión de análisis guarda relación con el manejo de las competencias internas de la región, y ellas dependen de la robustez de sus procesos productivos como también de la disponibilidad de sus recursos estratégicos (Recursos naturales, interconexión de la economía, inteligencia de negocios y otros).

- **Sustentabilidad y Renovación del Valor Agregado.** Con esta variable se pretende evaluar la capacidad del sistema de sustentar la creación de valor en el tiempo. Si una riqueza de un territorio (Valor agregado; PIB) proviene de la explotación de un recurso natural no renovable tiende a hacer más vulnerable el proceso económico de aquel sistema. (Naturalmente esto habrá que ponderarlo por la probabilidad de escasez de aquel recurso, del mismo modo como también la vulnerabilidad con el medio externo habrá que ponderarla por la probabilidad de ocurrencia de fuerzas y eventos dañinos a nuestro sistema en análisis.)

$$\circ \text{ RVA (región) = PIB (RRNN No Renovables) / PIB Total región}$$

- **Concentración Actividad Económica.** Aquí se evalúa la existencia de actividades dominantes dentro del proceso económico del sistema (región) en estudio. De este modo en la medida que exista una mayor concentración la vulnerabilidad del sistema aumenta pues se dispone de menos competencias para afrontar adversidades.

$$\circ \text{ CON (región) = } \sum j [\text{PIB}(j) / \text{PIB}]^2$$

RECUADRO ÍNDICE DE HIRSCHMAN-HERFINDAHL

Dicho índice se define como:

$$H = \sum j [\text{PIB}(j) / \text{PIB}]^2$$

Donde PIB(j) es la PIB del sector j-ésimo, ordenada en orden decreciente por tamaño, y PIB es el total del PIB del área en evaluación. Se trata pues de la suma de cuadrados de la participación de cada actividad en el total de actividad económica de la región, por lo que toma un valor 1 en el caso de que toda la población se concentrara en una comuna, y próximo a 0 si la población se divide de igual manera entre comunas. Valores de este índice por encima de 0,4 se consideran representativos de tasas de concentración elevada

8.2.3.3 Cálculo de Variables de Vulnerabilidad en Regiones Mineras

A partir de información pública disponible en cuentas nacionales de Banco Central, complementadas con cifras del INE referentes a las exportaciones por región se calcula la tabla de variables de vulnerabilidad y diversificación:

Figura 8-4: INDICADORES VULNERABILIDAD REGIONAL

Variables de Vulnerabilidad			Pais	REG. MINERAS	Tarapaca	Antofagasta	Atacama	Coquimbo	Valparaíso	Metropolitana	O'Higgins
Grado Exposición Entornos Externos	DEP (r)	Exposición Entorno = $[X(r) + M(r)] / PIB$	0,89	1,10	0,95	1,62	1,35	1,16	0,98	0,57	1,09
	BC(r)	Balance Comercial = $[M(r) / X(r)]$	1,09	0,99	0,69	0,32	0,38	0,52	1,28	2,86	0,89
Competencias Internas de la Región	RVA (r)	Renovación $Va = [PIB(r; RRNN nr) / PIB(región)]$	0,13	0,32	0,38	0,62	0,42	0,40	0,17	0,01	0,26
	CON (R)	Concentración (r) = $\sum_j [PIB(j) / PIB]^2$	0,10	0,22	0,21	0,40	0,28	0,21	0,11	0,20	0,13

Sólo para los efectos de un primer golpe de vista respecto a las variables, se han las siguientes escalas de evaluación referencial:

- **Variables de Grado Exposición Externo:** Rojo: >1,2; >Amarillo: > 0,8; Verde <0,8)
- **Variables de Competencias Internas:** Rojo:>0,38; >Amarillo: > 0,20; Verde <0,20)

Los números anteriores permiten inferir los siguientes comentarios:

- La minería y su virtud exportadora y generadora de divisas (como se demuestra en capítulos anteriores de este documento) genera un mayor grado de exposición de nuestra economía con el exterior lo que podría interpretarse como un aumento en la vulnerabilidad del sistema, pero también disminuye debido a su positivo balance comercial.
- La forma en que se gestionen los recursos de divisas que genera la actividad minera, trasciende a su propia gestión y pasa a formar parte de un ámbito de decisiones más ampliado. En todo caso vale mencionar que un porcentaje no menor de nuestras importaciones se orienta a la adquisición de bienes intermedios y de capital y por ende tienden a mantener operativo al sistema productivo nacional.
- Respecto a las competencias internas, en todas las regiones analizadas se aprecia un significativo aumento de los niveles de concentración económica, que hasta cuadriplan el promedio nacional, como también una mayor concentración del PIB asociado a la explotación de recursos naturales. Estos números desde la perspectiva regional no son alentadores. ¿Pero cuánto dependen de las decisiones de la actividad minera y cuánto de las decisiones de gestión de la propia región?
- La actividad minera genera un encadenamiento relevante en el resto de los sectores económicos del país. En este encadenamiento total generado, la actividad minera termina representado sólo del orden de un **25% a 28%** del

PIB total que induce, y el índice de Concentración toma el valor de **0,13**. (Ver recuadro), por lo tanto si en una región como Antofagasta la minería representa un 62% de la actividad total y con índice de Concentración alto de **0,40** significa que la absorción regional es baja y que muchas de las actividades que el sector encadena se estaría desarrollando en el resto de las regiones del país. Es más un tema de gestión regional.

**ANÁLISIS VOCACIÓN PRODUCTIVA
REGIONAL PARA LA GESTIÓN DE LOS
RECURSOS HÍDRICOS CUENCA DEL RIO
COPIAPÓ
III REGIÓN DE ATACAMA**

**SECCIÓN III:
CARACTERIZACIÓN HIDRO-ECONÓMICA DE LA
CUENCA DEL COPIAPÓ
III REGIÓN ATACAMA**

9 MODELAMIENTO ECONÓMICO CUENCA COPIAPO

A partir de la matriz productiva estimada para la III Región de Atacama, ahora corresponde hacer una bajada de esta matriz a nivel de la Cuenca del Copiapó. Frente a la carencia de información detallada a nivel de cuenca, es necesario realizar algunos supuestos:

- Se asume que la estructura tecnológica de producción de la cuenca es igual a la de la región (la que también se ha supuesto igual a la nacional)
- Se normaliza la producción bruta de las diferentes actividades sectorial de la región en función de la fuerza de trabajo, y entonces en función del empleo estimado para la provincia de Copiapó se hace estimación del PIB de la cuenca. Sólo para el caso del sector agropecuario silvícola su PIB se calcula en forma proporcional a las hectáreas de cada cuenca.
- El mismo supuesto se hace preliminarmente para el caso de las exportaciones.

En función de lo anterior a continuación se realiza un análisis económico para la cuenca del Copiapó similar al realizado para la región completa.

9.1 Caso Base 2012: Cuenca del Copiapó

La ficha de cuenca que se muestra a continuación expone los datos de población y fuerza de trabajo, a partir de los cuales se estima el consumo regional y el empleo por sector de actividad económica. También se muestran los activos relevantes de la cuenca en cuanto su disponibilidad de hectáreas cultivables, las producciones minera, la disponibilidad hídrica y la capacidad de generación de energía eléctrica, y una estimación de las exportaciones asociadas a la cuenca.

Tabla 9-1: FICHA RESUMEN CUENCA COPIAPO

REGIÓN			ACTIVOS DISPONIBLE DE LA REGIÓN			
Atacama			HAS RIEGO	Q-MINERO	HIDRICOS	ENERGÍA
COPIAPO --- 2012			HAS	KTON Cu F	M3/seg	GWh-Año
POBLACION	fza trabajo	EMPLEO	11.001	389	11,00	4.804
188.015	87.390	87.380	10.944	256	6,33	2.683
Hbtes			ACTIVOS UTILIZADOS			
ESCENARIO BASE 2012			EXPORTACIONES DE LA REGIÓN (DOLARES CORRIENTES)			
VALOR AGREGADO			SECTOR	REGION	RESTO PAIS	PAIS
SECTOR	REGION	RESTO PAIS	AGRO-PEC-SIL	83,4	3.870,4	3.953,8
Agropecuaria Silvícola	32.261	2.868.210	PESCA	11,9	164,8	176,7
Pesca Extractiva	2.960	386.002	MINERIA	3.453,5	44.688,1	48.141,6
Minería	721.517	12.462.366	INDUSTRIA	78,6	22.260,6	22.339,2
Industria Manufacturera	9.958	11.382.250	Otros	0,3	1.264,2	1.264,5
Electricidad, Gas y Agua	69.394	3.601.005	TOTAL	3.627,7	72.248,1	75.875,8
Construcción	578.918	7.145.611	Evaluación Escenarios			
Comercio, Hoteles y Restaurantes	116.205	11.813.714	PRODUCTOS MINERIA REGION	COPIAPO	--- 2012	
Transporte y Comunicaciones	84.145	7.243.383	PRODUCTOS	2012	PROYECTOS	
Servicios Financieros y Empresariales	53.228	20.653.496	COBRE (Ktons Cu f)	300		
Propiedad de Vivienda	35.219	5.037.083	HIERRO (K.TM de mineral)	6.000		
Servicios Sociales y Personales	96.932	11.432.324	ORO (Kg de fino)	5.034		
Administración Pública	55.495	4.357.852	PLATA (Kg de fino)	60.000		
PIB TOTAL	1.856.232	98.383.296				

9.1.1 Ficha Económica Regional

El cuadro siguiente resume el resultado de la calibración de la MIP Copiapó evidenciando la estructura de costos intermedios por sector por origen nacional e importado. Dado que para estos cálculos se ha considerado la misma estructura productiva que la Matriz Nacional y Regional, las proporciones de costos importados y nacionales son constantes comparándolas entre región versus país completo.

Tabla 9-2: FICHA ECONÓMICA CUENCA COPIAPO



Para el interés de este proyecto se destaca lo siguiente:

- La minería y construcción concentran más del 70% del PIB regional;
- Estos mismos sectores se constituyen también en los grandes compradores y por ende activadores de la economía en la cuenca.
- Dentro de los ítems relevantes que adquieren estos sectores destacan los servicios profesionales y personales, los que en gran parte son importados desde el resto del país.

9.1.2 Balanza Comercial

Es importante evaluar la calidad comercial del proceso productivo de la región y en particular de la cuenca. Para ello un indicador relevante es el resultado de su balanza comercial.

En función de lo expresado en la primera sección metodológica, la calibración de las matrices regionales se efectúa esencialmente a través del ajuste de las variables de intercambio interregional. Es decir, calculando las exportaciones e importaciones entre la región y el resto del país, para así cuadrar las ecuaciones de oferta y demanda de productos por sector, teniendo como dato conocido el PIB regional que informa el Banco Central. Habiendo realizado los ajustes pertinentes al modelo, el cuadro siguiente muestra los resultados del balance de exportaciones e importaciones totales.

Figura 9-1: BALANZA COMERCIAL COPIAPO

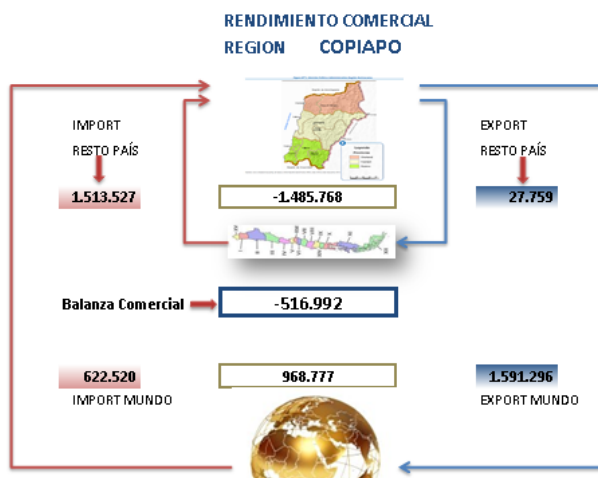


Tabla 9-3. BALNCE COMERCIAL COPIAPO

EXPORT-IMPORT		Exportaciones		Balance	Importaciones		Resto País
		Extranjera	Resto País		P-Usuario	DI+IVA Imp.	
1	Agropecuaria Silvícola	47.704	16.619	61.174	3.705	-557	0
2	Pesca Extractiva	2.760	11.140	13.758	149	-6	0
3	Minería	1.273.275	0	1.026.566	29.413	-429	217.725
4	Industria Manufacturera	52.341	0	-1.197.563	725.351	-182.924	707.477
5	Electricidad, Gas y Agua	0	0	-5.417	506	-22	4.933
6	Construcción	0	0	-3	3	-0	0
7	Comercio, Hoteles y Restaurantes	17.290	0	-6.840	2.252	-176	22.055
8	Transporte y Comunicaciones	161.591	0	20.714	23.787	-614	117.704
9	Intermediación Financiera y Servicios Empresar	35.849	0	-362.140	21.272	-509	377.226
10	Propiedad de Vivienda	0	0	-26.346	0	0	26.346
11	Servicios Sociales y Personales	485	0	-40.896	1.354	-35	40.062
12	Administración Pública	0	0	0	0	0	0
		1.591.296	27.759	-516.992	807.792	-185.273	1.513.527

En resumen, los resultados son alentadores en cuanto a superávit de la región respecto a sus transacciones comerciales con el mundo internacional (MM\$⁻²⁰⁰⁸ **968.777**), sin embargo exhibe un déficit comercial respecto a sus transacciones con el resto del país (MM\$⁻²⁰⁰⁸ **-1.485.768**).

9.1.3 Ficha de Encadenamiento Cuenca → País

El análisis que se expone a continuación pues revela el encadenamiento productivo que induce la cuenca sobre el resto del país.

Tabla 9-4: ENCADENAMIENTO INTERREGIONAL DEL COPIAPO

COPIAPO ----- 2012				
% Captura-Región		1,85%	% Induc-País	
VA		VA	VA	
Referencial		Escenario Reg sol.	Variación	Inducc Resto País
Sectores	1.856.232	1.856.138	0,0%	3.639.056
1 Agropecuario Silvícola	32.261	32.243	↓ -0,1%	80.370
2 Pesca Extractiva	2.960	2.959	↓ 0,0%	14.852
3 Minería	721.517	721.516	↓ 0,0%	192.527
4 Industria Manufacturera	9.958	9.957	↓ 0,0%	447.254
5 Electricidad, Gas y Agua	69.394	69.391	↓ 0,0%	120.841
6 Construcción	578.918	578.889	↓ 0,0%	274.047
7 Comercio, Hoteles y Restaurantes	116.205	116.192	↓ 0,0%	428.162
8 Transporte y Comunicaciones	84.145	84.141	↓ 0,0%	251.840
9 Intermediación Financiera y Servicio	53.228	53.226	↓ 0,0%	1.020.281
10 Propiedad de Vivienda	35.219	35.215	↓ 0,0%	203.323
11 Servicios Sociales y Personales	96.932	96.921	↓ 0,0%	445.998
12 Administración Pública	55.495	55.488	↓ 0,0%	159.562
Fuerza Trabajo	87.390	87.380	↓ 0,0%	
ENERGIA GW-hr/Año	2.683	2.683	↓ 0,0%	
AGUAS m3/seg	6,3	6,3	↓ 0,0%	
Has	10.944	10.944	↓ 0,0%	
Ktons	256	256	↓ 0,0%	
Poblacion cuenca	188.015	187.993	↓ 0,0%	

El resultado de la simulación que se muestra en el cuadro anterior indica que si bien las actividades productivas que se desarrollan en la región absorben o capturan el 1,85% del PIB Nacional, ellas mismas inducen, adicionalmente, un 3,63% del PIB Nacional hacia el resto de las regiones del país. Este hecho se interpreta como que la región, con el propósito de producir los bienes y servicios que demandas sus exportaciones, realiza dentro de la región solo algunas actividades del proceso productivo completo, y requiere abastecerse de bienes y servicios importados desde el resto de las regiones del país.

El Balance Recursos Estratégicos se expone en el cuadro adjunto podrían estar evidenciando que una de las fuertes restricciones para el desarrollo interno de la propia región sería la escasez de recursos hídricos, que para el caso de la cuenca sobrepasan por lejos las capacidades de recarga medias.

9.1.4 Ficha de Encadenamiento Productos del Sector Minería

Tabla 9-5: ENCADENAMIENTO MINERO DEL COPIAPÓ

COPIAPO ----- 2012				
		% Captura-Región	1,85%	% Induc-País
		VA	VA	VA
		Referencial	Escenario Reg sol.	Variación
Sectores	1.856.232			
1 Agropecuario Silvícola	32.261	13.761	-57,3%	63.586
2 Pesca Extractiva	2.960	2.313	-21,3%	12.811
3 Minería	721.517	720.758	-0,1%	186.193
4 Industria Manufacturera	9.958	5.874	-41,0%	385.551
5 Electricidad, Gas y Agua	69.394	65.225	-6,0%	106.565
6 Construcción	578.918	538.467	-7,0%	240.354
7 Comercio, Hoteles y Restaurantes	116.205	98.158	-15,5%	372.094
8 Transporte y Comunicaciones	84.145	75.734	-10,0%	221.103
9 Intermediación Financiera y Servicio	53.228	49.317	-7,3%	899.580
10 Propiedad de Vivienda	35.219	29.525	-16,2%	176.726
11 Servicios Sociales y Personales	96.932	81.478	-15,9%	388.234
12 Administración Pública	55.495	46.523	-16,2%	139.211

Fuerza Trabajo	87.390	73.261	-16,2%
ENERGIA GWh/Año	2.683	2.584	-3,7%
AGUAS m3/seg	6,3	3,8	-39,8%
Has	10.944	4.671	-57,3%
Ktons	256	256	-0,1%
Poblacion cuenca	188.015	157.617	-16,2%

El comportamiento de la cuenca es muy similar al expuesto para la región completa. El resultado de la simulación señala que si la región sólo procura abastecer la demanda de los productos de exportación minera que actualmente dispone, su PIB regional se disminuiría en sólo un 7,0%. Este resultado se lee también como que el sector Minero de la Región de Atacama si bien representa el 39% del PIB de la cuenca, por efectos de los encadenamientos de primer y segundo orden, induce el 93% del PIB de la región, más un 3,2% del PIB del resto de las regiones del país.

9.1.5 Ficha de Encadenamiento Exportaciones Sector Agropecuario-Silvícola

El mismo ejercicio anterior realizado ahora sobre el sector agropecuario, indica que si la región se avocara sólo a elaborar los productos agrícolas que demandan sus exportaciones, el PIB regional descendería en un 92,6%. El agro encadena sólo un 7,4% del PIB regional, pero sólo captura un 1,7%.

Tabla 9-6: ENCADENAMIENTOS AGRÍCOLA DEL COPIAPO

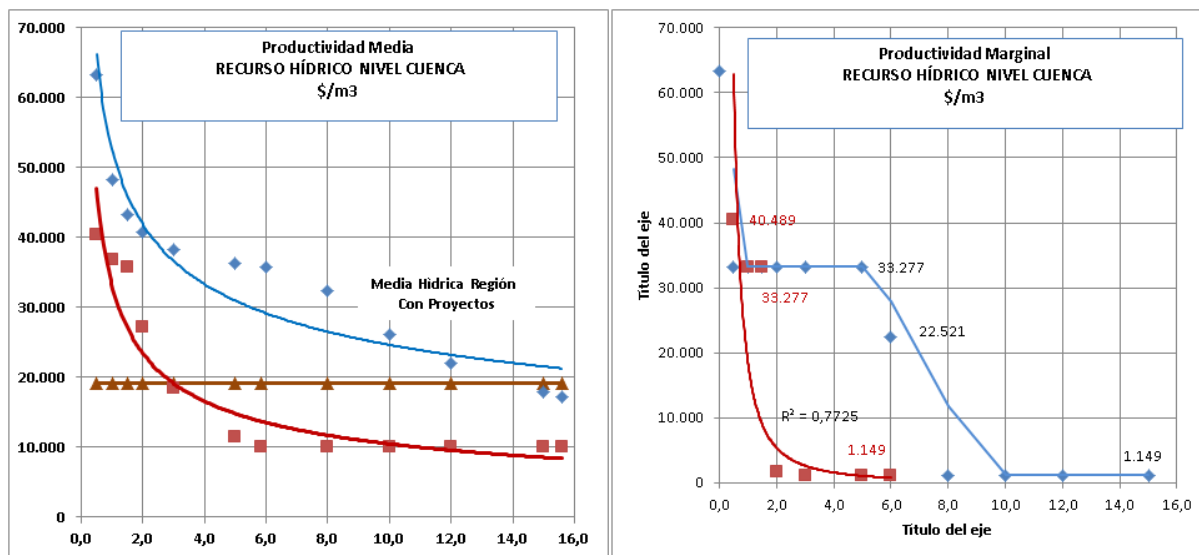
COPIAPO ----- 2012				
		% Captura-Región	1,85%	% Induc-País
		VA	VA	VA
		Referencial	Escenario Reg sol.	Variación
Induc Resto País				
Sectores		1.856.232	137.800	-92,6%
1	Agropecuaria Silvícola	32.261	24.158	-25,1%
2	Pesca Extractiva	2.960	2.057	-30,5%
3	Minería	721.517	695	-99,3%
4	Industria Manufacturera	9.958	2.510	-74,6%
5	Electricidad, Gas y Agua	69.394	4.371	-93,7%
6	Construcción	578.918	42.366	-92,7%
7	Comercio, Hoteles y Restaurantes	116.205	19.742	-83,0%
8	Transporte y Comunicaciones	84.145	7.026	-91,7%
9	Intermediación Financiera y Servicio	53.228	3.470	-93,5%
10	Propiedad de Vivienda	35.219	5.931	-83,2%
11	Servicios Sociales y Personales	96.932	16.125	-83,4%
12	Administración Pública	55.495	9.347	-83,2%

Fuerza Trabajo	87.390	14.717	-83,2%
ENERGIA GW-hr/Año	2.683	104	-96,1%
AGUAS m3/seg	6,3	3,3	-48,3%
Has	10.944	8.200	-25,1%
Ktons	256	0	-99,3%
Poblacion cuenca	188.015	31.664	-83,2%

El efecto multiplicador del sector es relevante. En la cadena productiva exportadora, PIB particular del sector agropecuario es de MM\$⁻²⁰⁰⁸ 24.158 pero encadena en la misma región un total de MM\$⁻²⁰⁰⁸ 137.800, e induce en el resto del país un total MM\$⁻²⁰⁰⁸ 355.049. El efecto multiplicador económico total de este sector es entonces de 20 veces.

9.2 Estimaciones del Valor del Agua

Figura 9-2: GRÁFICA DE CURVA DE DEMANDA HÍDRICA



Finalmente, en esta sección analítica se hace un esfuerzo en estimar la curva de demanda hídrica de la cuenca del Copiapó en los escenarios con y sin proyectos.

La demanda del recurso hídrico se estima como el Ingreso de la Productividad Marginal del recurso lo que corresponde a la valoración de la producción adicional que es capaz de producir la cuenca por cada m3 adicional de agua que se hace disponible. Esta simulación es factible en virtud de que se ha modelado la función de producción global de la cuenca mediante el método de las matrices insumo producto.

Los diagramas anteriores muestran las productividades medias y marginales del agua en la economía de la cuenca. En el gráfico de la productividad media se exponen tres curvas:

1. PIB medio por m3 de agua utilizado por Minería;
2. PIB medio de la cuenca completa, por m3 de agua disponible, en un escenario Sin Proyecto;;
3. PIB medio de la cuenca completa, por m3 de agua disponible, en un escenario con Proyectos mineros,

El gráfico de la derecha, corresponde a la productividad marginal del recurso hídrico, que equivale a la curva de demanda o precios sociales del agua en la cuenca, tanto para un escenario con proyectos y sin proyectos,

Los valores del precio de demanda social del recurso hídrico oscilan entre 1,15 mil y 40,5 mil pesos por metro cúbico. Es interesante apreciar cómo aumenta la demanda hídrica en el escenario con proyectos, lo que sin dudas presionará el precio del recurso en la zona. La productividad media del agua para el sector agrícola es de sólo 239 pesos por metro cúbico razón por la cual en forma privada no tiene opciones de competir por el recurso.

**ANÁLISIS VOCACIÓN PRODUCTIVA
REGIONAL PARA LA GESTIÓN DE LOS
RECURSOS HÍDRICOS CUENCA DEL RIO
COPIAPÓ
III REGIÓN DE ATACAMA**

**SECCIÓN IV:
MODELAMIENTO Y EVALUACIONES DE
IMPACTO EN LA MATRIZ HÍDRICA**

10 MODELAMIENTO DE LA MATRIZ HÍDRICA DE LA CUENCA COPIAPÓ

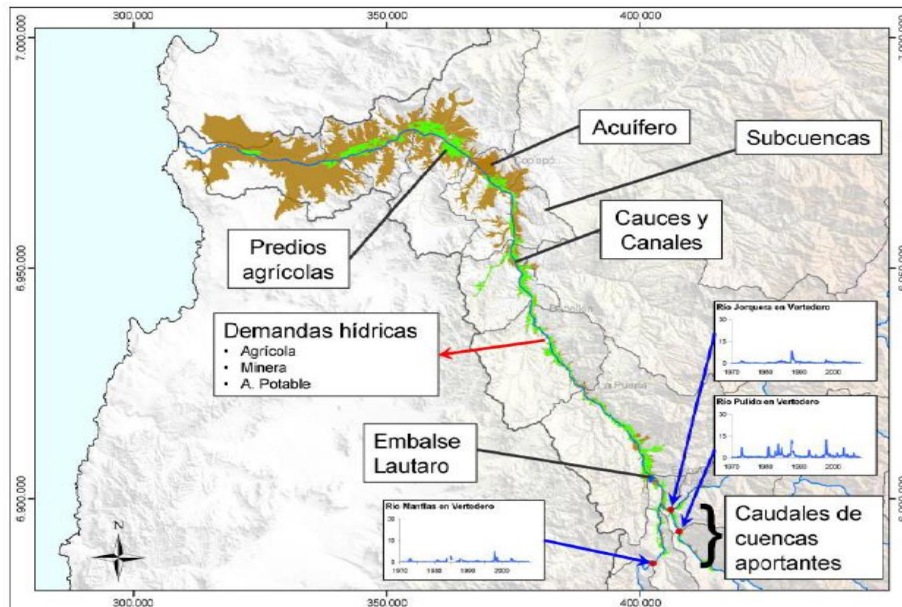
10.1 Criterios Generales de Modelamiento

Para la modelación de la red hídrica cada cuenca del Copiapó se considera elaboración de la red de distribución del agua basado en las características de la cuenca en términos de la hidrografía, morfología y parámetros hidrogeológicos e hidrológicos. Para estos propósitos la modelación se basa en el estudio Actualizado de Modelación integrada de la Cuenca Copiapó (DGA/HIDROMAS CEF 2013), del estudio DICTUC 2010.

Si bien estos estudios sustentan el modelo de información y operación sobre la plataforma Aquatool, para el objetivo de este proyecto, se reconfiguran los aspectos relevantes del modelo de operación de la cuenca sobre un Modelo Matemático formulado sobre la base de Teoría de Redes de Petri y Técnicas de Optimización. Esto permitirá representar matemática, visual y computacionalmente, el flujo y balance de aguas en la región y su interconexión la de macroeconómica modelada en el punto anterior de este informe.

Los parámetros y variables relevantes a ser rescatadas desde los modelos hidrológicos disponibles en la DGA son: *Fuentes de Agua relevantes de la cuenca (superficial y subterránea), sus ubicaciones geográficas dentro de la red, sus flujos medios por unidad de tiempo, coeficientes de pérdidas, sus trayectorias; Capacidades de flujo y almacenamiento, coeficientes de pérdidas.*

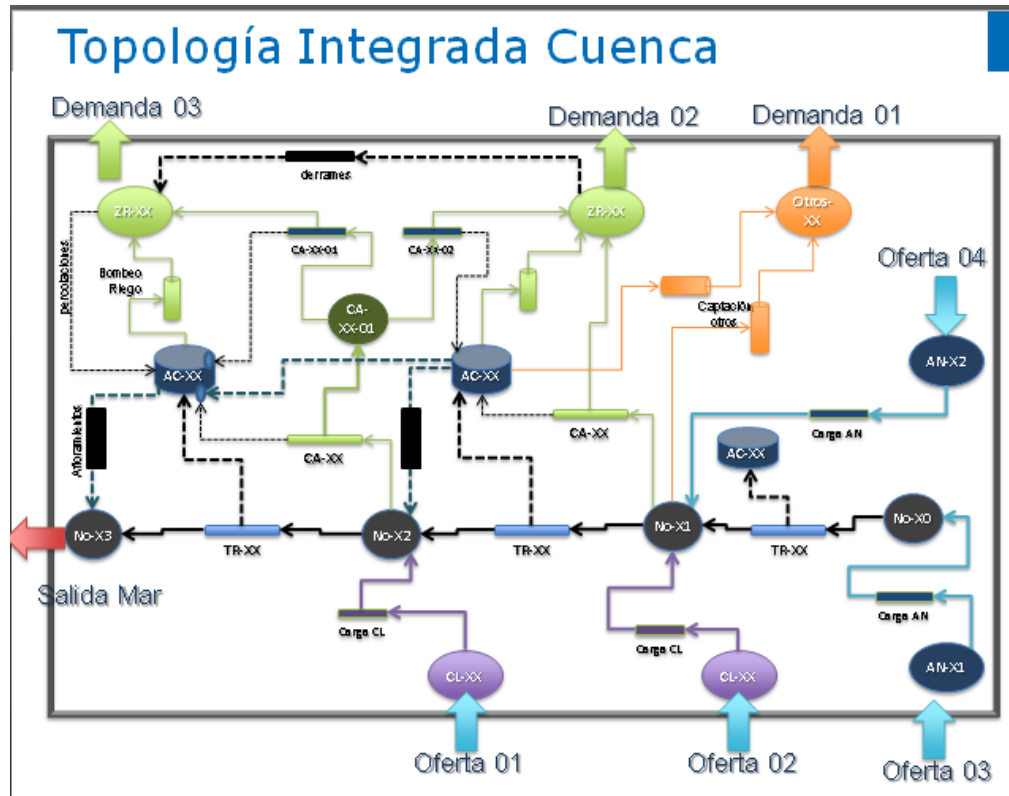
Figura 10-1: MODELO CONCEPTUAL CUENCA COPIAPÓ (DGA-DICTUC 2010)



10.2 Traducción del Modelo Hídrico DGA a la Topología de REDES

La topología de representación de redes del Modelo Aquatool (gráfica anterior) se traspa a una topología similar cuyo modelo conceptual se grafica en la siguiente figura.

Figura 10-2: TOPOLOGIA MODELACIÓN CUENCAS



NODOS:

- Puntos de Recargas Naturales
- Puntos de Afluencia laterales
- Oferta de Precipitaciones por Zonas de la Cuenca
- Acuíferos
- Embales y Tranques
- Nodos Superficiales de los Ríos
- Nodos de Bifurcación de Canales
- Puntos de Captación Superficial
- Puntos de Captación Subterráneos
- Puntos de Demanda Industrial
- Puntos de Demanda Minera
- Puntos de Demanda potables
- Puntos de Demanda Hidroeléctrica

ARISTAS o ARCOS DE TRANSFERENCIAS

- Flujo/ Tramos de Ríos
- Flujos Captación superficial Canales de Riego

- Flujos de Recarga Acuíferos
- Flujos de retorno, desde nodos de demanda
- Flujos de Percolación
- Flujos de Afloramientos desde Acuíferos
- Flujos de Evapo-transpiración
- Flujos de Captación Subterráneos
- Flujos de Demanda Industrial
- Flujos de Demanda Minera
- Flujos de Demanda potables
- Flujos de Demanda Hidroeléctrica

El sistema de distribución hídrica de una cuenca puede asimilarse a un modelo logístico de abastecimiento, en donde básicamente existe un solo bien a gestionar, el agua. Por otra parte, tanto las cantidades como la estructura general de los flujos y opciones de almacenamiento intermedio, son provistos por la naturaleza. Las decisiones de gestión del hombre en este escenario, esencialmente se circunscriben a la administración de la demanda, y eventualmente a la optimización de los sistemas de almacenamiento, tranques y embalses, y disminución de pérdidas por distribución.

Las reglas de operación que permiten determinar los flujos por el sistema de arcos y nodos de la cuenca provienen de su caracterización hidrológica. Los antecedentes necesarios para la diagramación y calibración de los modelos hidrológicos de las redes de cada una de las cuencas de la IV Región se encuentran disponibles en bases de datos de la DGA. En estas bases se dispone de los parámetros de cada uno de los Acuíferos; Embalses, Nodos Superficiales; Tramos de Ríos; Canales; Rendimientos; Percolaciones; Afloramientos; como también estadísticas de disponibilidades de recursos hídricos provenientes de cada uno de los afluentes naturales, cuencas laterales, precipitaciones.

En la topología general de la red hídrica se distinguen tres grandes secciones:

- **La oferta hídrica;** Representada por nodos que caracterizan las **precipitaciones**, otros que caracterizan los **aportes naturales**, y finalmente, nodos representativos de la disposición hídrica que ingresa a la zona de gestión por medio de **cuencas laterales**.
- **La red natural de distribución logística;** La cual representa las rutas de traspaso y transferencias, que sigue el agua a través de la cuenca, como también los nodos de almacenamiento natural (acuíferos) y artificial (Embalses y Tranques).
- **La demanda hídrica;** Que representa las necesidades del recurso desde las diferentes actividades económicas, en las cuales el recurso hídrico es fundamental: Riego; Minería; Agua Potable; Energía e Industrias en general.

Los nodos de la red hídrica, conceptual y matemáticamente, representan disponibilidad de recursos y bienes, que fluyen por la red, o estados en que se encuentran dichos recursos. Sus movimientos, usos y transiciones que afectan a los nodos de recursos se representan por actividades o procesos de la misma red.

10.3 Oferta Hídrica: Aportes Naturales y Cuencas laterales

Estos NODOS representan el aporte de caudal desde las cuencas cabeceras y laterales del sistema hacia su punto de salida, representado por un **nodo del sistema**. Este aporte corresponde a una estadística de caudales medios mensuales, la cual puede tener origen en las mediciones de una estación fluviométrica o nivométrica conocida. De acuerdo a estudio HIDROMÁS los valores de la oferta hídrica del Copiapó y sus cuencas laterales serían las siguientes. Se indican también los nodos de la topología de la red en donde ingresan estos flujos.

Tabla 10-1: APORTE NATURALES CUENCA COPIAPO

Nodo oferta	Nodo descarga	APORTE NATURALES Y SUBCUENCAS LATERALES	m3/s	Caudal Medio Aportante 1971-2012
AN-01	NO-01	Manflas	0,64	
AN-02	NO-06	Intermedia Manflas - Junta	0,0038	
AN-03	NO-02	Pulido	1,88	
AN-04	NO-04	Jorquera	0,94	
AN-05	NO-07	Junta-Lautaro	0,0002	
AN-06	NO-11	Lautaro-La Puerta	0,0025	
AN-07	NO-15	La Puerta- Pabellón	0,0009	
AN-08	NO-18	Pabellón - Mal _Paso	0,0059	
AN-09	NO-18	Lateral Quebrada-Carrizalillo	0,003	
AN-10	NO-20	Mal-Paso-Copiapó	0,0013	
AN-11	NO-20	Lateral Quebrada-Paipote	0,0213	
AN-12	NO-22	Copiapó - Piedra Colgada	0,0017	
AN-13	NO-24	Piedra Colgada _ Valle Fértil	0,0004	
AN-14	NO-26	Valle Fértil _ Angostura	0,0003	
Total Oferta Hídrica			3,5013	

10.4 Subsistema de Transferencia Superficial

10.4.1 Nodos Superficiales (Nodos NO-XX)

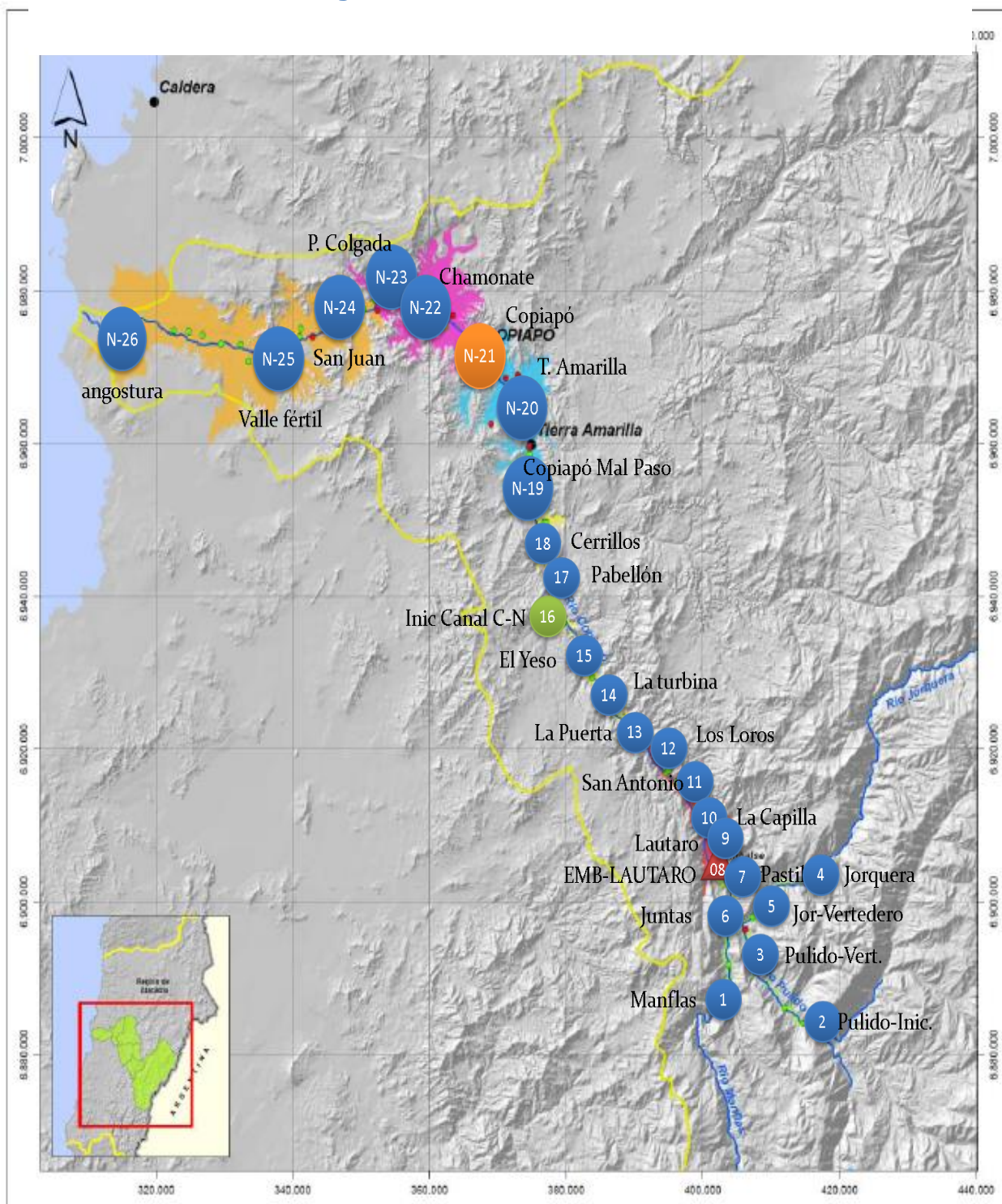
Un Nodo Superficial, representa un lugar de la cuenca donde confluyen aportes y extracciones de caudal, de modo que allí es posible efectuar un balance hidrológico. Para la cuenca del Copiapó se encuentran definidos los siguientes nodos.

Tabla 10-2: NODOS SUPERFICIALES CUENCA COPIAPO

NODO	NOMBRE DEL NODO
NO-01	MANFLAS EN VERTEDERO
NO-02	INICIO PULIDO
NO-03	PULIDO EN VERTEDERO
NO-04	INICIO JORQUERA
NO-05	JORQUERA EN VERTEDERO
NO-06	JUNTAS MANFLAS PULIDO Y JORQUERA
NO-07	COPIAPO EN PASTILLO
NO-08	EMBALSE LAUTARO
NO-09	COPIAPO EN LAUTARO
NO-10	LA CAPILLA
NO-11	SAN ANTONIO
NO-12	LOS LOROS
NO-13	COPIAPO EN LA PUERTA
NO-14	LA TURBINA
NO-15	EL YESO
NO-16	INICIO CANAL COMPUERTAS NEGRAS
NO-17	PABELLON
NO-18	CERRILLOS
NO-19	COPIAPO EN MAL PASO
NO-20	TIERRA AMARILLA
NO-21	COPIAPO EN CIUDAD COPIAPO
NO-22	CHAMONATE
NO-23	PIEDRA COLGADA
NO-24	SAN JUAN
NO-25	VALLE FERTIL
NO-26	ANGOSTURA
NO-FIN	FIN MAR

Observación: Nodo Embalse Lautaro. En estricto rigor el objeto “Embalse” debiera modelarse del mismo modo que los Acuíferos, sin embargo como el objetivo de esta modelación es hacer una copia simplificada de la modelación hídrica para efectos de integrarla con la modelación económica, se ha optado por representar el embalse como un NODO con capacidad de almacenamiento, factible de ser modelado mediante la topología de redes de Petri.

Figura 10-3: Ubicación Nodos Rio



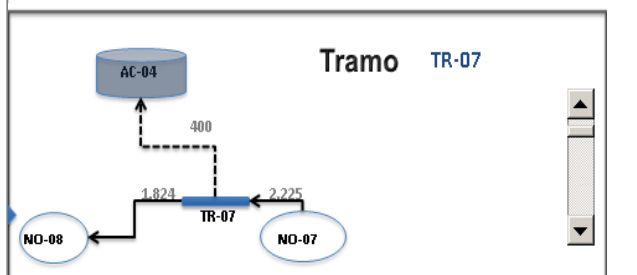
10.4.2 Tramos de Ríos (TR-XX)

Un río es un objeto que representa a cualquier cauce natural que se desee modelar (ríos, esteros, quebradas). Un río está compuesto de uno o más tramos (**TR-XX**), los cuales permiten la conducción de caudal entre un nodo inicial y un nodo final (**NO-X1**)→ (**NO-X2**), sin restricción alguna en la capacidad de conducción.

Desde la perspectiva de la topología de redes, un tramo es una acción o proceso que toma unidades de recursos disponibles en nodos de entrada, y coloca estos recursos en nodos de salida. En el caso de la figura, la transacción TR-XX, mueve el caudal hídrico disponible en el nodo NO-X1, y los traspasa a los Nodos NO-X2, y AC-XX. Las

unidades movidas al acuífero dependen de parámetros de eficiencia de conducción del tramo, y del nivel de percolación al acuífero en cuestión. Pero el balance de masa es cautelado por las ecuaciones que subyacen en la teoría de redes, sobre la cual se está desarrollando esta modelación.

Figura 10-4: ESQUEMATICA OPERACION TRAMOS RIO

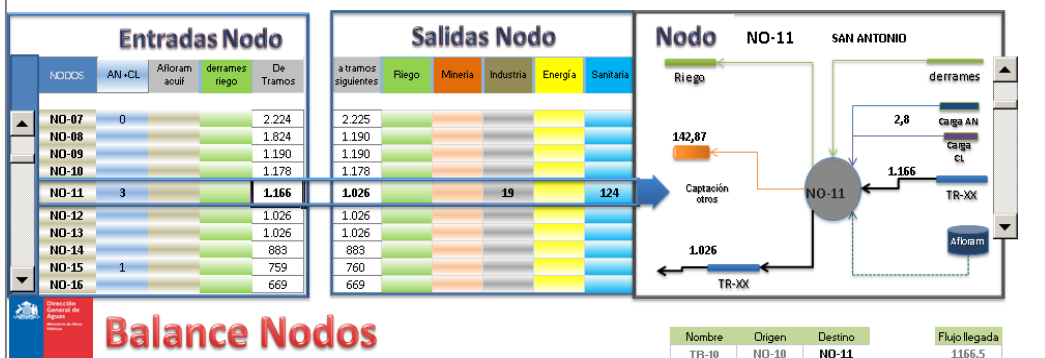


En la figura, es posible apreciar actividades u objetos que alimentan o aportan recursos al nodo, y otros que extraen recursos del nodo

Aportes: Tramos aguas arriba; Cargas de Aportes naturales; Cargas de Cuencas Laterales; Afloramientos desde Acuíferos; y derrames o devoluciones desde otros procesos de la red.

Salidas: Tramos adyacente aguas abajo; Canales de Riego; Captaciones puntuales para abastecer nodos de demanda no-agrícola (minería, industria, generación, potable)

Figura 10-5: ESQUEMA DE BALANCE NODOS



De acuerdo con la actualización de la modelación del Copiapó realizada por Hidromás, en su modelo Aquatool, los tramos y sus características técnicas se resumen a continuación:

Tabla 10-3: TRAMOS RIO COPIAPO MODELO AQUATOOL

Codigo del tramo	Q(perc)	flujos entrada	Rio	Nº	NOini	NOfin	Acuífero
TR-01	0,79	167	RIO MANFLAS	1	NO-01	NO-06	AC-01
TR-02	0,25	1.977	RIO PULIDO	2	NO-02	NO-03	AC-02
TR-03	0,25	1.490	Pulido la Junta	3	NO-03	NO-06	AC-03
TR-04	0,18	914	Rio Jorquera	4	NO-04	NO-05	AC-03
TR-05	0,18	754	Jorquera Junta	5	NO-05	NO-06	AC-04
TR-06	0,00	1.784	Junta Pstillo	6	NO-06	NO-07	AC-04
TR-07	0,16	1.784	Pastillo-Embalse	7	NO-07	NO-08	AC-04
TR-08	0,00	868	Desacarga Lautaro	8	NO-08	NO-09	AC-04
TR-09	0,01	868	Lautaro Capilla	9	NO-09	NO-10	AC-05
TR-10	0,01	860	Capilla San Antonio	10	NO-10	NO-11	AC-05
TR-11	0,00	836	San Antonio Los Loros	11	NO-11	NO-12	AC-05
TR-12	0,00	836	Los Loros La Puerta	12	NO-12	NO-13	AC-05
TR-13	0,12	1.678	La Puerta-La Turbina	13	NO-13	NO-14	AC-06
TR-14	0,12	1.182	La Turbina-El Yeso	14	NO-14	NO-15	AC-06
TR-15	0,11	787	EL Yeso-Cnegras	15	NO-15	NO-16	AC-06
TR-16	0,04	0,0	Cnegras-Pabellon	16	NO-16	NO-17	AC-07
TR-17	0,19	0,0	Pabellon- Cerrilos	17	NO-17	NO-18	AC-07
TR-18	0,00	9,9	Cerrillos-Nantoco	18	NO-18	NO-19	AC-07
TR-19	0,26	9,9	Nantoco-T Amarilla	19	NO-19	NO-20	AC-08
TR-20	0,26	524,4	T_Amarilla-Copiapó	20	NO-20	NO-21	AC-08
TR-21	0,53	0	Copiapó-Charmonate	21	NO-21	NO-22	AC-09
TR-22	0,53	0	Charmonate--Pcolgada	22	NO-22	NO-23	AC-09
TR-23	0,53	0	Pcolgada-SanJuan	23	NO-23	NO-24	AC-10
TR-24	0,53	0	SanJuan-ValleFertil	24	NO-24	NO-25	AC-10
TR-25	0,53	103	ValleFertil-Angostura	25	NO-25	NO-26	AC-11
TR-26	0,00	49	ConduccionFin	26	NO-26	NO-FIN	

10.4.3 Tramos canales (CA-XX)

Un **canal matriz** es un objeto que permite la conducción de un determinado caudal máximo entre un nodo y una **zona de riego**, o bien, entre dos nodos. Es posible definir **canales derivados**, cada uno de los cuales puede tener diferente capacidad y eficiencia de conducción. Para los efectos del modelo, los canales derivados son considerados como objetos independientes, relacionados con el canal principal, pero tienen un código individual independiente del canal principal.

Figura 10-6: ESQUEMA OPERACIÓN CANALES

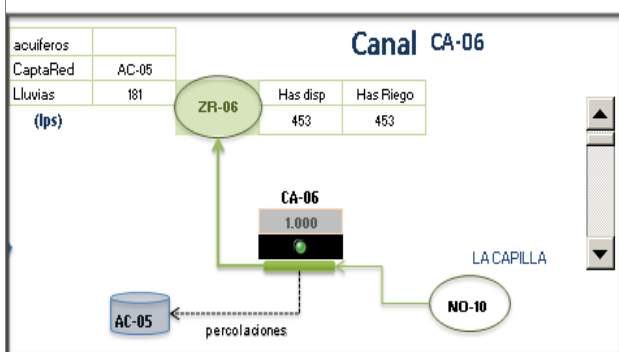


Tabla 10-4: CANALES AQUATOOL COPIAPÓ

Canal	Nodo Inicial	Objeto Final	Acuífero	Capacidad
CA-01	NO-01	ZR-01	AC-01	0,24
CA-02	NO-02	ZR-02	AC-02	0,58
CA-03	NO-04	ZR-03	AC-03	0,41
CA-04	NO-06	ZR-04	AC-04	0,21
CA-05	NO-09	ZR-05	AC-05	0,78
CA-06	NO-10	ZR-06	AC-05	1,00
CA-07	NO-12	ZR-07	AC-05	0,18
CA-08	NO-13	ZR-08	AC-06	0,11
CA-09	NO-14	ZR-09	AC-06	0,83
CA-10	NO-15	ZR-10	AC-06	11,36
CA-11	NO-16	ZR-11	AC-06	11,36
CA-12	NO-101	ZR-12	AC-07	13,33
CA-13	NO-102	ZR-13	AC-07	1,57
CA-14	NO-103	ZR-14	AC-08	0,27
CA-15	NO-104	ZR-15	AC-08	3,09
CA-16	NO-105	ZR-16	AC-08	3,33
CA-17	NO-16	NO-101	AC-07	3,33
CA-18	NO-101	NO-102	AC-07	3,33
CA-19	NO-102	NO-103	AC-07	3,33
CA-20	NO-103	NO-104	AC-08	3,33
CA-21	NO-104	NO-105	AC-08	3,33
CA-22	NO-21	ZR-17	AC-09	13,33
CA-23	NO-22	ZR-18	AC-09	13,33
CA-24	NO-24	ZR-19	AC-10	13,33
CA-25	NO-25	ZR-20	AC-11	13,33

10.4.4 Nodos de canales Auxiliares de Regadío (Nodos CA-XX-YY)

Para considerar canales derivados dentro de un canal matriz **(CA-XX)** es necesario definir, entre el nodo inicial y final del canal, la incorporación de uno más puntos conocidos como **nodos secundarios, (CA-XX-YY)** los cuales indican el término de un tramo y el comienzo de otro. Además, cada nodo secundario marca el inicio de un **canal derivado (CA-XX-01); (CA-XX-02)**, el cual aporta caudal a su objeto de destino.

Para distinguir fácilmente cuando se debe definir un canal principal o un derivado, puede observarse que un canal principal siempre nace en un nodo del sistema, en cambio, un canal derivado siempre nace en un nodo secundario de un canal matriz, pero en definitiva son nodos y tramos que permiten flujo del recurso hídrico a través de la red.

10.4.5 Embalse Lautaro (Nodos EM-XX)

Este objeto representa una obra de regulación de caudal que se ubica en un nodo del sistema. El caudal de entrada a cada embalse está constituido por el caudal afluente al nodo donde se encuentra ubicado, y los caudales de salida son: entregas libres hacia un nodo, entregas para generación de energía al pie del embalse, entregas hacia un nodo para generación de energía, rebases, evaporación y percolación.

Para los propósitos de esta modelación en particular, este objeto se ha simplificado, modelándolo como nodo simple de la red pero con capacidades de almacenamiento, en este caso de 40 millones de metros cúbicos.

10.4.6 Subsistema Transferencia subterránea: Acuíferos

Los acuíferos representan embalses o repositorios subterráneos existentes en la cuenca. La identificación de cada acuífero pasa por la definición de su geometría y de sus parámetros elásticos. Cada acuífero puede estar vinculado a un río, canal, zona de riego y/o nodo, ya sea para recibir el caudal que percola desde dichos objetos, o bien, para bombear desde el relleno saturado un caudal que constituirá un afluente para dichos objetos. Además, cada acuífero puede estar conectado a otro acuífero del cual recibe un caudal afluente o al cual aporta su caudal de Salida. En el contexto de esta modelación un ACUÍFERO es representado por una sub-red dentro de la red.

Tabla 10-5: PARAMETROS Acuíferos Copiapó l/s

Nombre	CODIGO	Qb	Qze	Qzmax	Qzs
1a-Manflas	AC-01	155,0	0	1.078	1405
1b-Pulido	AC-02	322,7	0	1.522	361
1c-Jorquera	AC-03	155,0	361	2.093	736
1d-Junta_Lautaro	AC-04	155,0	2141	5.169	1090
2a-Lautaro_LaPuerta	AC-05	3497,3	1090	18.645	93
3a-LaPuerta_Pabellon	AC-06	1279,8	93	8.149	820
3b-Pabellon_MalPaso	AC-07	1238,7	820	8.118	519
4a-MalPaso_Copiapó	AC-08	3635,0	519	32.471	5573
5a-Copiapó_PiedraColgada	AC-09	2864,6	5573	81.906	259
6a-PiedraColgada_ValleFertil	AC-10	1115,4	259	52.733	813
6b-ValleFertil_Angostura	AC-11	1000,0	813	103.437	0,0

Tabla 10-6: DERECHOS DE AGUA SUBTERRANEOS

Derechos de Agua en Acuíferos Copiapó m3/seg						
	Acuífero	Riego	Potable	Minero	Industrial	Total
1a-Manflas	AC-01	0,155	0,000	0,000	0,000	0,155
1b-Pulido	AC-02	0,155	0,000	0,168	0,000	0,323
1c-Jorquera	AC-03	0,155	0,000	0,000	0,000	0,155
1d-Junta_Lautaro	AC-04	0,155	0,000	0,000	0,000	0,155
2a-Lautaro_LaPuerta	AC-05	2,482	0,098	0,672	0,245	3,497
3a-LaPuerta_Pabellon	AC-06	1,138	0,142	0,000	0,000	1,280
3b-Pabellon_MalPaso	AC-07	1,138	0,000	0,101	0,000	1,239
4a-MalPaso_Copiapó	AC-08	0,400	1,233	2,002	0,000	3,635
5a-Copiapó_PiedraColgada	AC-09	2,172	0,256	0,418	0,019	2,865
6a-PiedraColgada_ValleFertil	AC-10	1,050	0,027	0,038	0,000	1,115
6b-ValleFertil_Angostura	AC-11	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000

10.5 Demanda Hídrica- Riego

Para la cuenca del Copiapó se han definido 20 zonas de riego, vinculadas generalmente con la disposición de los acuíferos de la cuenca, cuyos parámetros se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 10-7: SECTORES DE RIEGO COPIAPÓ

SECTORES DE RIEGO	COD	LPS/HA	Has	Has
R1a-01 Manflas	ZR-01	0,323	342	421
R1b-02 Pulido	ZR-02	0,341	279	344
R1c-03 Jorquera	ZR-03	0,317	328	404
R1d-04 Junta - Lautaro	ZR-04	0,400	338	417
R2a-05 Lautaro - La Capilla	ZR-05	0,409	1.152	1.419
R2a-06 La Capilla - San Antonio	ZR-06	0,409	368	453
R2a-07 San Antonio - La Puerta	ZR-07	0,409	337	415
R3a-08 La Puerta - La Turbina	ZR-08	0,397	59	73
R3a-09 La Turbina - El Yeso	ZR-09	0,397	577	711
R3a-10 El Yeso - Comp. Negras	ZR-10	0,397	500	616
R3a-11 Comp. Negras - Pabellón	ZR-11	0,397	77	95
R3b-12 Pabellón - Cerrillos	ZR-12	0,395	616	759
R3b-13 Cerrillos - Mal Paso	ZR-13	0,395	765	943
R4a-14 Mal Paso - Palermo	ZR-14	0,579	106	130
R4a-15 Palermo - La Florida	ZR-15	0,579	227	280
R4a-16 La Florida - Copiapó	ZR-16	0,579	575	709
R5a-17 Copiapó - Chamonate	ZR-17	0,340	1.122	1.383
R5a-18 Chamonate - Piedra Colgada	ZR-18	0,340	847	1.043
R6a-19 Piedra Colgada - Valle Fértil	ZR-19	0,382	1.131	1.393
R6b-20 Valle Fértil - Angostura	ZR-20	0,206	394	485

Fuente: HIDROMAS 2013 ACTUALIZACIÓN CUENCA COPIAPÓ

0,389	10.139	12.493
cnr-2012		DICTUC 2010

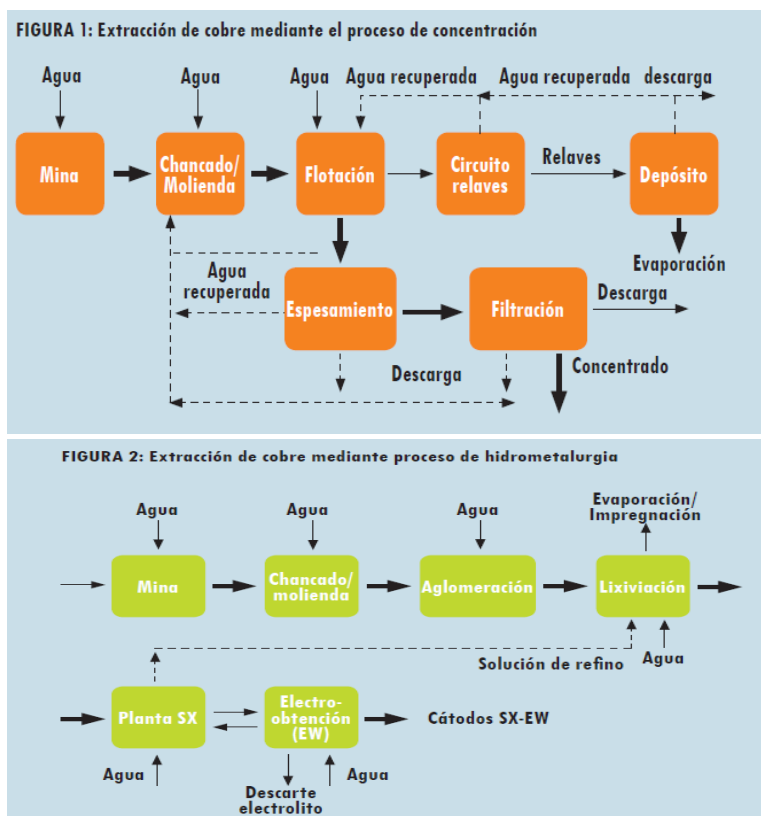
En consistencia con lo realizado en el Proyecto HIDROMAS en el caso de esta modelación se utilizan el vector de información asociado a CNR 2012.

10.6 Demanda Hídrica Sector Minería

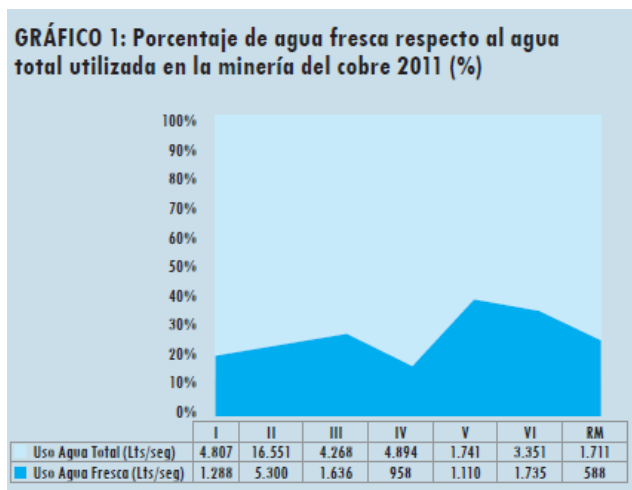
El sector minería tanto en la III Región de Atacama como particularmente en la cuenca del Copiapó expone una dinámica operacional y de desarrollo tan intensa que para la modelación no resulta suficiente considerar las actuales demandas catastradas en estudios anteriores. Se hace necesario definir un procedimiento paramétrico para estimar la demanda hídrica en función de las producciones proyectadas para cada una de las faenas mineras.

En el capítulo 4 del documento Recopilación de Estudios de COCHILCO 2013, se expone en forma extensa el consumo de agua en la minería. A continuación se rescatan los textos que se han considerados relevantes en el contexto de este proyecto en particular:

1. En las cadenas productivas mineras el agua se consume principalmente en las plantas de procesamiento de minerales;
2. El procesamiento de minerales, ya sea cobre u otros minerales se realiza por Concentración (Flotación, a partir de materiales sulfurados) y por Hidrometalurgia (Lixiviación para el caso de materiales Oxidados)



3. Aunque en ambos procesos se recircula una porcentaje relevante de agua, es necesario inyectar agua fresca a los procesos debido a que se producen algunas pérdidas ya sea por filtraciones, evaporación, retenciones en materiales y pérdidas por transporte de concentrados y relaves.



4. Las demandas de agua en las operaciones de concentración es bastante más alto que en las de lixiviación. Las estadísticas de consumos unitarios hídricos por toneladas de mineral procesados son las siguientes:

Tabla 5: Consumo unitario promedio de agua por mineral tratado en procesos de concentración e hidrometalurgia 2009-2011

PROCESO	CONSUMO UNITARIO DE AGUA FRESCA (M ³ /TON PROCESADA)		
	2009 *	2010 **	2011***
Concentrados	0,67 (0,3-2,0)	0,68 (0,3-2,8)	0,65 (0,3-1,8)
Hidrometalurgia	0,12 (0,07-0,92)	0,12 (0,06-0,8)	0,12 (0,02-0,9)

* Fuente: Cochilco, Encuestas 2009

** Fuente: Cochilco, Encuestas 2010

*** Fuente: Cochilco, Encuestas 2011

Con base en la exposición anterior es relevante disponer de los antecedentes de las capacidades de las plantas de procesamiento de la región y cuenca del Copiapó, pues en ellas se concentran los principales consumos hídricos. Las capacidades de las plantas de beneficio de la región de Atacama ascienden a:

TIPO TRATAMIENTO	Capacidad Región KTONS por Día	Tasa Consumo Hídrico
FLOTACIÓN	250,8	0,65 m3/Ton
LIXIVIACIÓN	144,8	0,12 m3/ Ton

Estos valores se aplican sobre el mineral que ingresa a las plantas concentradoras en el caso del cobre y el mineral concentrado o procesado en el caso del hierro. En el contexto de este proyecto las faenas mineras tanto en operación como proyectadas sobre la cuenca del Copiapó se resumen en las cifras siguientes:

VALLE		Faenas Mineras En producción	CAPACIDAD PLANTAS KTPD			m3 / Ton		m3/SEG ↓
			flotación	lixiviación	TOTAL	flotación	lixiviación	
COPIAPO	✓	CANDELARIA	79		79	0,65	0,12	0,594
COPIAPO	✓	MANTO VERDE		42	42	0,65	0,12	0,058
COPIAPO	✓	PUCOBRE	15	3,5	18,5	0,65	0,12	0,118
COPIAPO	✓	CMP Atacama	74		74	0,65	0,12	0,557
COPIAPO	✓	COEMIN	5		5	0,65	0,12	0,038
COPIAPO	✓	KOZAN	5		5	0,65	0,12	0,038
COPIAPO	✓	ENAMI Y OTROS	30	4,5	34,5	0,65	0,12	0,232
COPIAPO	✓	MANTO DE ORO LA COIPA		18	18	0,65	0,12	0,025
COPIAPO	✓	CASERONES (LUMINA)	10	50	60	0,35	0,12	0,110
TOTALES CUENCA COPIAPO			218	118	336			1,8

VALLE		PROYECTOS Faenas Mineras	CAPACIDAD PLANTAS KTPD			m3 / Ton		m3/SEG ↓
			flotación	lixiviación	TOTAL	flotación	lixiviación	
COPIAPO	✗	CASPICHE	150	72	222,0	0,65	0,12	1,228
COPIAPO	✗	NUEVA ESPERANZA (ARQUEF)	6		6,0	0,65	0,12	0,045
COPIAPO	✗	CASERONES (LUMINA)	100	50	150,0	0,65	0,12	0,822
COPIAPO	✗	SANTA FE BELLAVISTA	19		19,2	0,65	0,12	0,144
COPIAPO	✗	CERRO CASALE	150	75	225,0	0,65	0,12	1,233
COPIAPO	✗	LOBO MARTE		47	47,0	0,65	0,12	0,065
COPIAPO	✗	VOLCAN	11	44	55,0	0,65	0,12	0,144
COPIAPO	✗	CERRO NEGRO CMP	20		20,0	0,65	0,12	0,150
TOTALES CUENCA COPIAPO			456	288	744			3,8

Fuente: Anuario SERNAGEOMIN 2013, COCHILCO 2013, recopilación estudios inversión e insumos estratégicos; REVISTA NUEVAMINERIA FEBRERO 2012

Con este procedimiento, se hace factible evaluar diferentes escenarios de producción del sector minero ya sea por entrada o salida de faenas como por cambios en sus ritmos de producción.

10.7 Demanda Agua Potable

La demanda de agua potable se encuentra indexada a la población y su consumo. Respecto a las estadísticas de población en el cuadro siguiente se muestra una comparación de la población residente en cada una de las comunas de la región de Atacama para los censos 1992, 2002 y 2012.

Tabla N°4. Población Residente Región de Atacama - Censo 2012

Provincia	Comuna	Censo 1992	Censo 2002	Censo 2012 (resultados preliminares)	Variación intercensal 1992-2002	Variación intercensal 2002-2012
Copiapó	Copiapó	100.426	129.279	158.438	28,7%	22,6%
	Caldera	11.673	13.305	16.070	14,0%	20,8%
	Tierra Amarilla	11.269	12.266	13.507	8,8%	10,1%
Sub Total		123.368	154.850	188.015	25,5%	21,4%
Chañaral	Chañaral	13.856	13.303	13.546	-4,0%	1,8%
	Diego de Almagro	27.462	18.227	16.301	-33,6%	-10,6%
Sub Total		41.318	31.530	29.847	-23,7%	-5,3%
Huasco	Vallenar	47.267	48.369	52.147	2,3%	7,8%
	Alto del Carmen	4.668	4.695	5.229	0,6%	11,4%
	Freirina	5.222	5.809	6.367	11,2%	9,6%
	Huasco	7.311	7.952	8.976	8,8%	12,9%
Sub Total		64.468	66.825	72.719	3,7%	8,8%
Total Región		229.154	253.205	290.581	10,5%	14,8%

Fuente: INE, Censo 2012 (Resultados Preliminares), 2012

Respecto del consumo, el informe HIDROMÁS, señala que a partir de información proporcionada por ECONSSA, la demanda hídrica para el abastecimiento de agua potable ha oscilado entre 600 y 660 lps. Al dividir esta demanda por la población de Copiapó de 188 mil habitantes, se estima que la demanda bruta media es de **3,5 lps por cada 1000** habitantes, pero al corregir este factor por porcentaje de eficiencia del 60% que señala el estudio, la demanda se acerca al coeficiente estándar de 2,0 lps por cada 1000 habitantes.

11 SIMULACIÓN MODELAMIENTO INTEGRADO CUENCA

11.1 Escenario Base:

De acuerdo con lo expuesto en cuerpo de este documento a continuación se resumen los atributos del escenario económico base.

11.1.1 Demandas de Producción

El cuadro siguiente muestra las demandas y producciones efectivas de cada uno de los sectores productivos analizados.

RESUMEN MINERO CUENCA COPIAPÓ		ver proyectos Minería		
Pr M	PRODUCTOS	Q-2012	Q-Proyectos	TOTAL ESC.
8.013	COBRE (Ktons Cu f)	300,00	0,00	300,00
113	HIERRO (K.TM de mineral)	8.000	0	8.000
58,86	ORO (Kg de fino)	4.253	0	4.253
1,10	PLATA (Kg de fino)	51.030	0	51.030
Total Valor de producción (MM us\$)		3.613	0	3.613
Aumento Producción por Proyectos Mineros				0%

SECTOR	demanda	Producción
✓ Riego (Has)	10.139	10.139
✓ Minería (KTPD)	336	336,0
✓ Industria (lps)	33	33
✗ Potable (ooo Hbte)	189	189

11.1.2 Impacto Económico General

Los resultados económicos que se muestran en la tabla siguiente corresponden a las cifras de la calibración del escenario base. Las actuales producciones de la cuenca además de generar valor económico para si misma también induce un encadenamiento interregional no despreciable hacia el resto de las regiones del país.

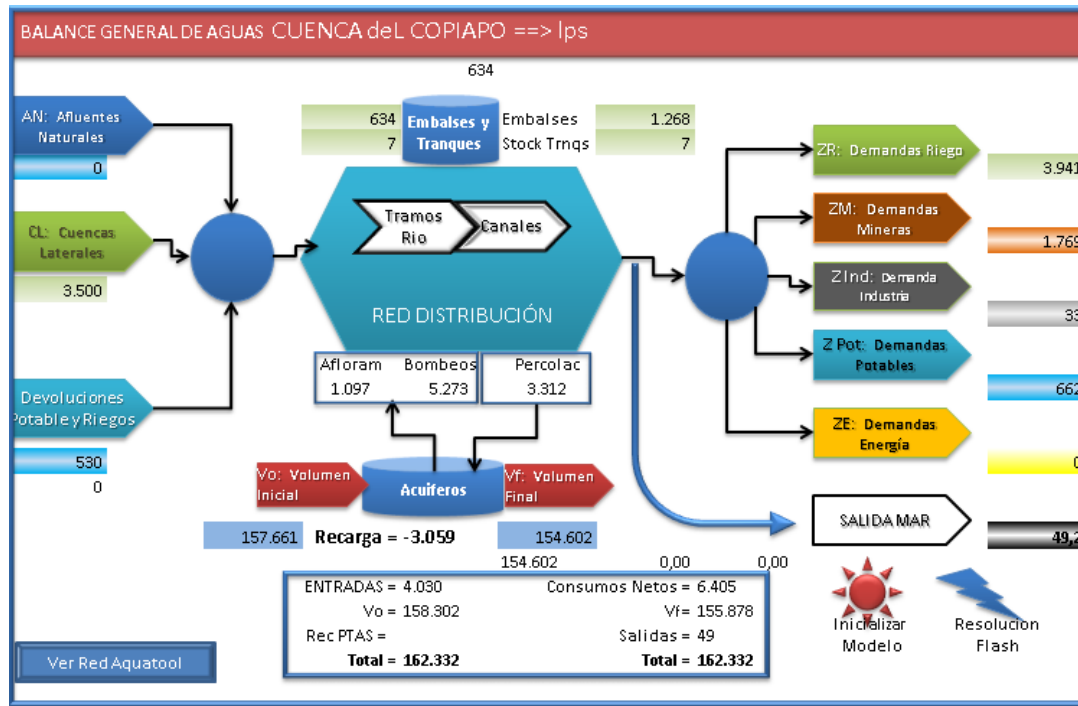
Tabla 11-1: IMPACTO ECONÓMICO PROYECTOS MINEROS

COPIAPO ----- 2012		% Captura-Región		% Induc-País	
1,86%		1,86%		3,65%	
VA		VA	Variación	VA	
Referencial		Escenario		Inducido Resto País	Resto País Adic
Sectores	1.860.810	1.860.810	0,0%	3.654.200	0
1 Agropecuario Silvícola	32.839	32.839	0,0%	80.721	0
2 Pesca Extractiva	3.206	3.206	0,0%	14.916	0
3 Minería	721.540	721.540	0,0%	192.728	0
4 Industria Manufacturera	10.064	10.064	0,0%	449.196	0
5 Electricidad, Gas y Agua	69.544	69.544	0,0%	121.332	0
6 Construcción	580.362	580.362	0,0%	275.266	0
7 Comercio, Hoteles y Restaurantes	116.793	116.793	0,0%	430.010	0
8 Transporte y Comunicaciones	84.342	84.342	0,0%	252.831	0
9 Intermediación Financiera y Servicios	53.371	53.371	0,0%	1.024.391	0
10 Propiedad de Vivienda	35.427	35.427	0,0%	204.252	0
11 Servicios Sociales y Personales	97.499	97.499	0,0%	448.004	0
12 Administración Pública	55.822	55.822	0,0%	160.554	0
Fuerza Trabajo	87.906	87.906	0,0%		
ENERGIA Gw-hr/Año	2.686	2.686	0,0%	Agro	Población
AGUAS m3/seg	5,9	6,4	7,7%	3,94	0,66
Has	10.140	10.140	0,0%	Minería	
Ktons	256	256	0,0%	1,8	
Poblacion cuenca	189.124	189.124	0,0%		

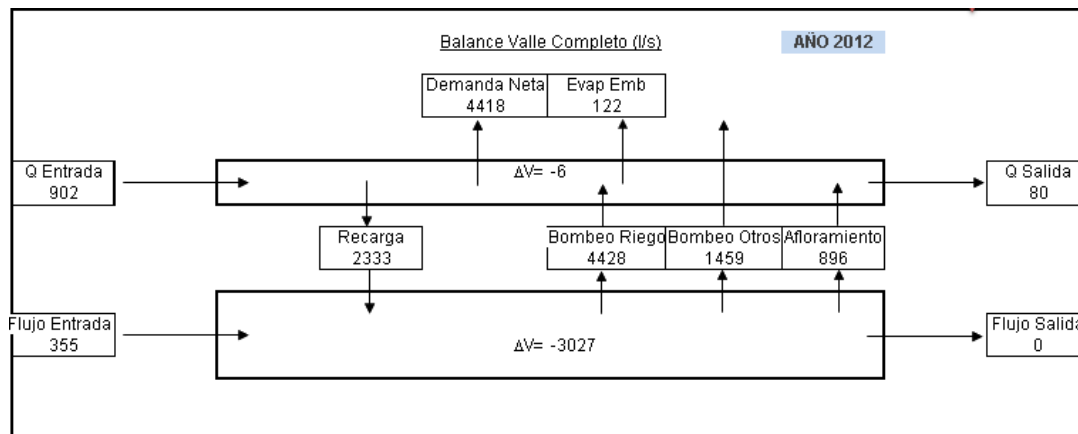
11.1.3 Balance Cuenca-Valle Completo

El balance hídrico general de la cuenca resume la relación de oferta y demanda global y el uso de los inventarios almacenados en los acuíferos y embalses.

Figura 11-1: BALANCE HIDRICO GLOBAL



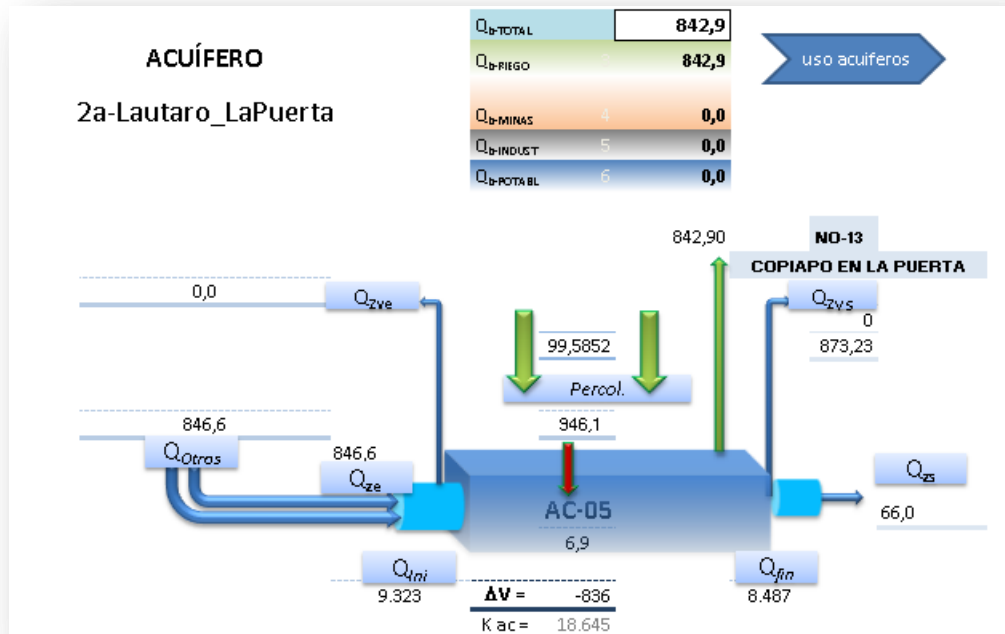
La figura detalla los consumos de las diferentes actividades económicas que caracterizan el escenario base, (cifras coincidentes con la calibración del Modelo HIDROMÁS+DICTUC) sin embargo evidencia una fuerte disminución de 3,05 metros cúbicos por segundo en la cantidad embalsada en el acuífero del COPIAPÓ.(Ref. Calibración HIDOROMAS)



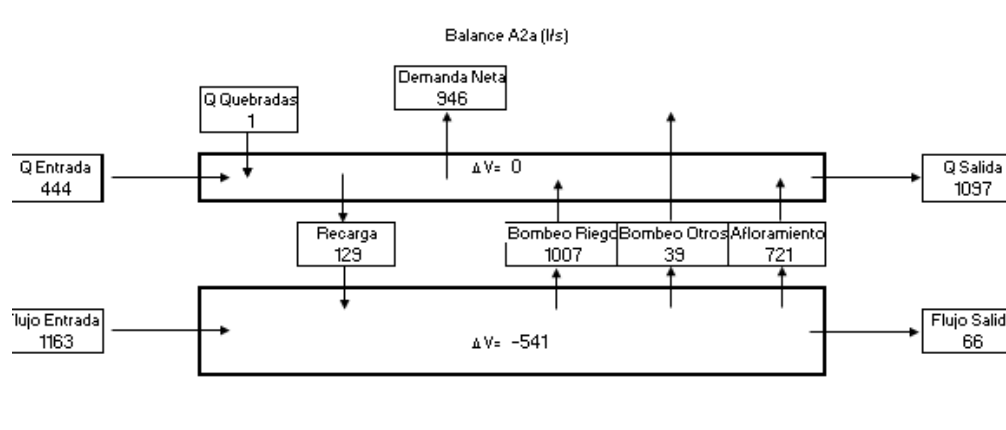
11.1.4 Balance por Acuíferos

11.1.4.1 Acuífero A-05: 2a: LAUTARO - LA PUERTA

Figura 11-2: ESQUEMA BALANCE HIDRICO ACUIFEROS 05

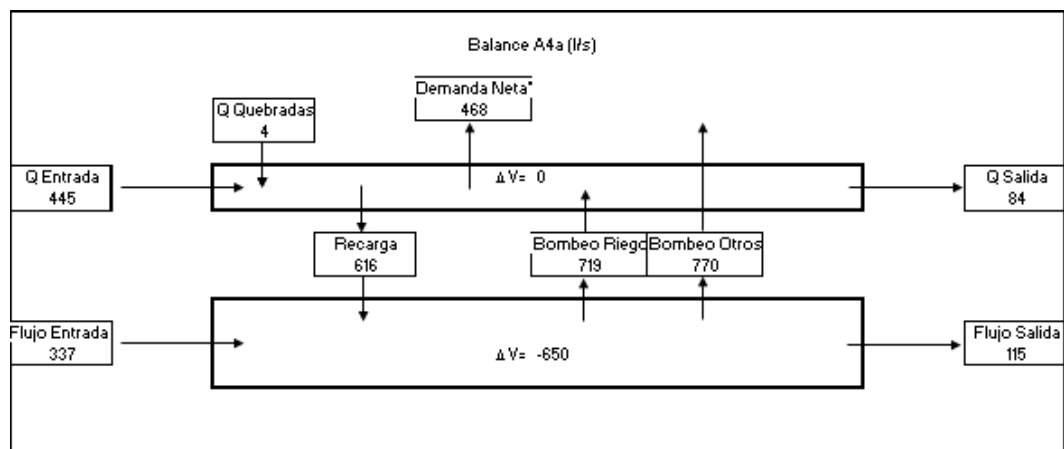
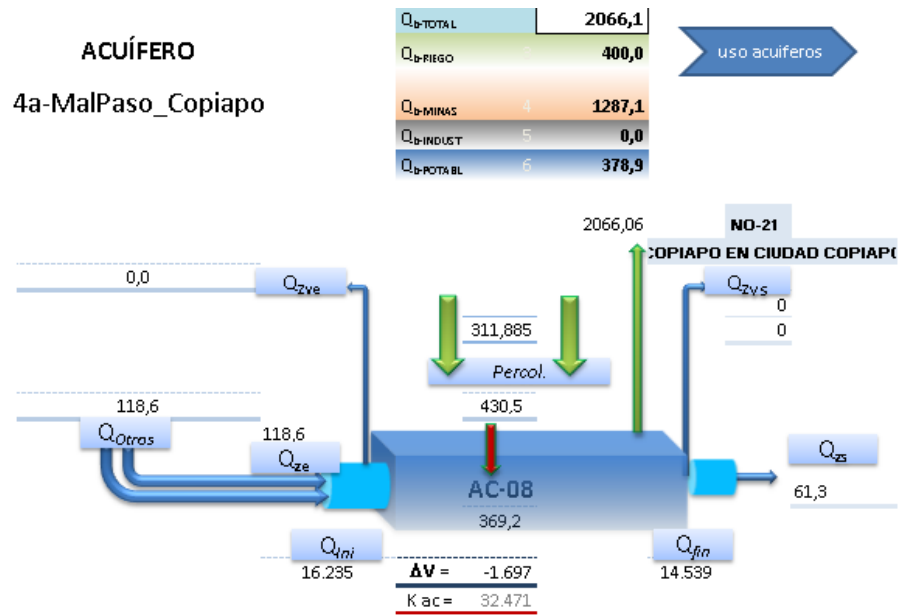


Ref: Modelo Aquatool

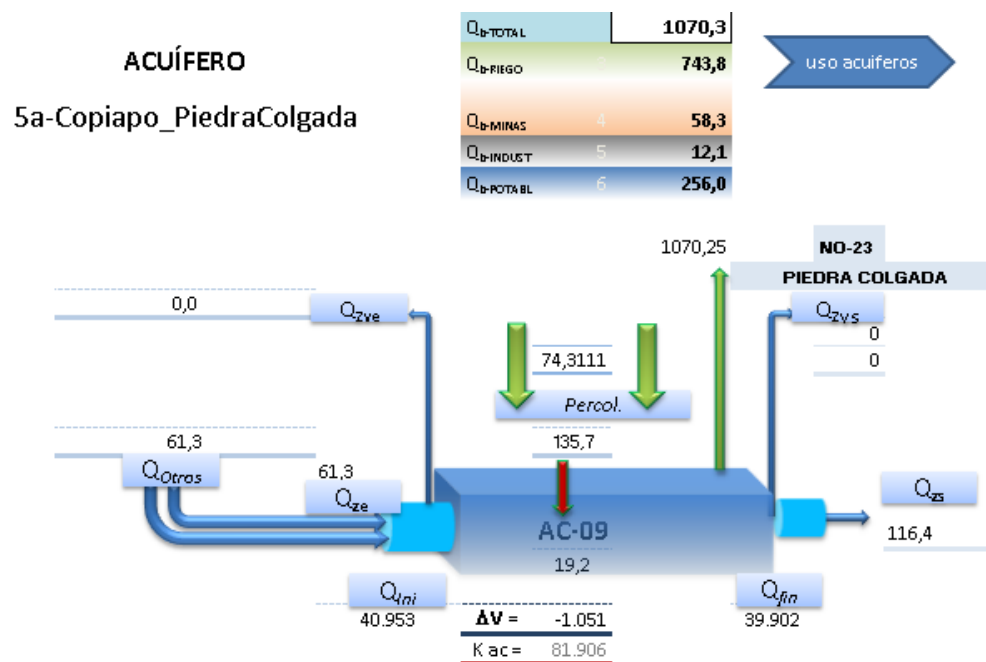


11.1.4.2 Acuífero A08:

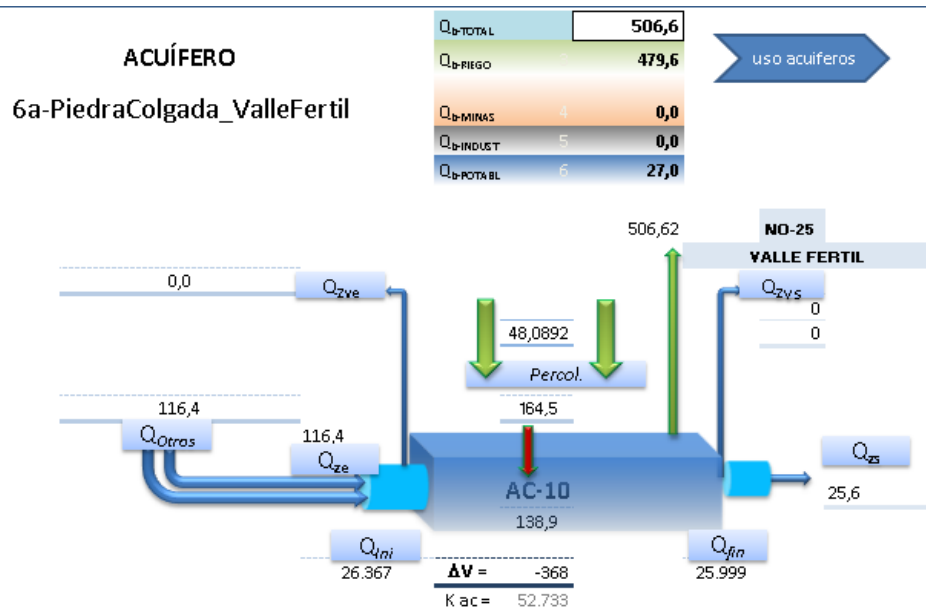
Figura 11-3: ESQUEMA BALANCE HIDRICO ACUIFERO 08



11.1.4.3 Acuífero A09



11.1.4.4 Acuífero A10

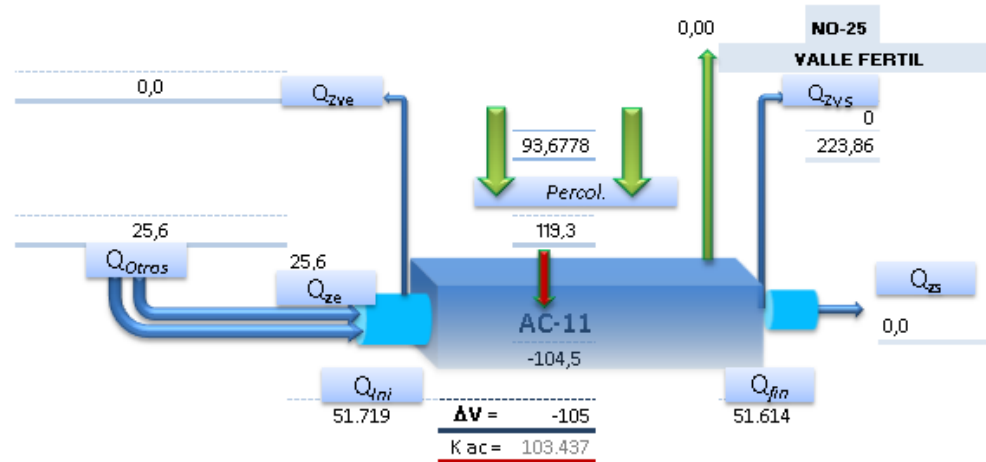


11.1.4.5 Acuífero A11:

ACUÍFERO
6b-ValleFertil_Angostura

$Q_{b-TOTAL}$		0,0
$Q_{b-RIEGO}$		0,0
$Q_{b-MINAS}$	4	0,0
$Q_{b-INDUST}$	5	0,0
$Q_{b-POTABL}$	6	0,0

uso acuíferos

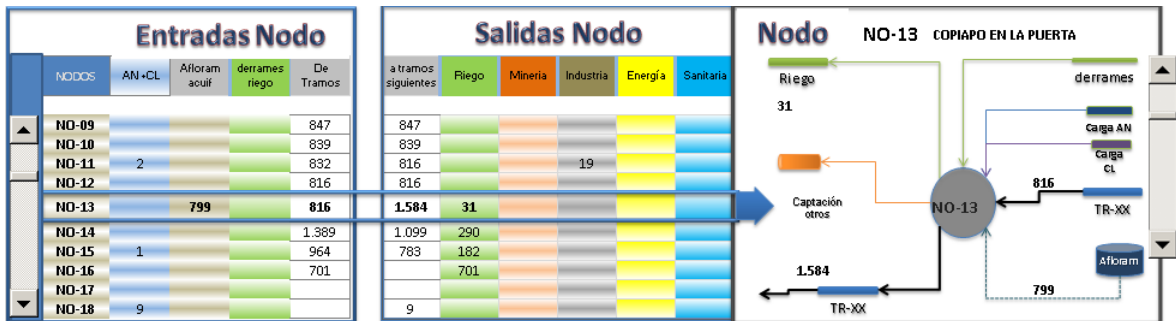


11.1.5 Balance en Nodos Relevantes

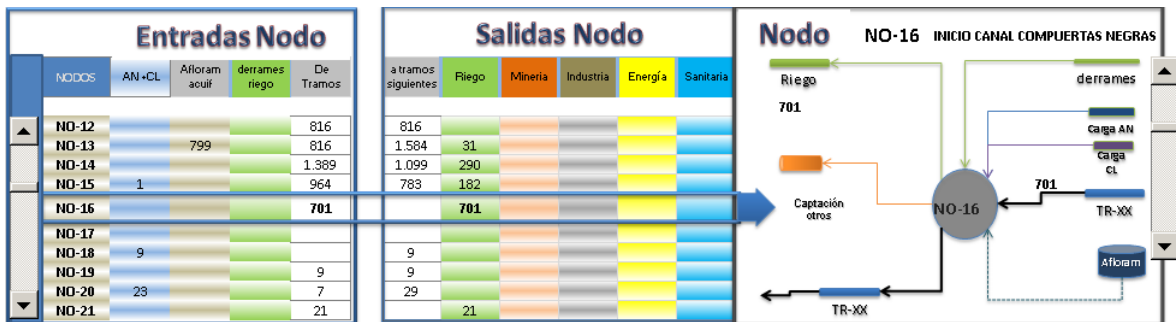
11.1.5.1 Nodo N08: Embalse Lautaro



11.1.5.2 Nodo N13: Copiapó en la Puerta



11.1.5.3 Nodo N16: Inicio Canal Compuertas Negras



11.2 Caso Desarrollo: Cuenca del Copiapó

El objetivo de esta sección es evaluar los impactos económicos, sociales y ambientales que generaría la cartera de proyectos existentes en la cuenca del Copiapó. Para ello se utiliza el mismo procedimiento analítico que se ha expuesto tanto para la región como para la cuenca, en donde se aplica el motor inductor que sobre la matriz económica calibrada para la cuenca, genera los nuevos escenarios de exportaciones mineras proyectadas para la zona.

La metodología de modelamiento propuesta para este estudio permite parametrizar fácilmente múltiples escenarios. :

- Variaciones en la Oferta hídrica
- Variaciones de Producción en sectores económicos;
- Cambios de eficiencia en sistemas de transmisión en canales de regadío, y tramos río
- Incorporación o cambios en reglas de operación de Embalses

Se evalúa a continuación el escenario macroeconómico de la cuenca, analizado económicamente en la Sección III de este informe, referido a la situación con proyectos de inversión de la gran minería.

11.2.1 Caracterización Económica

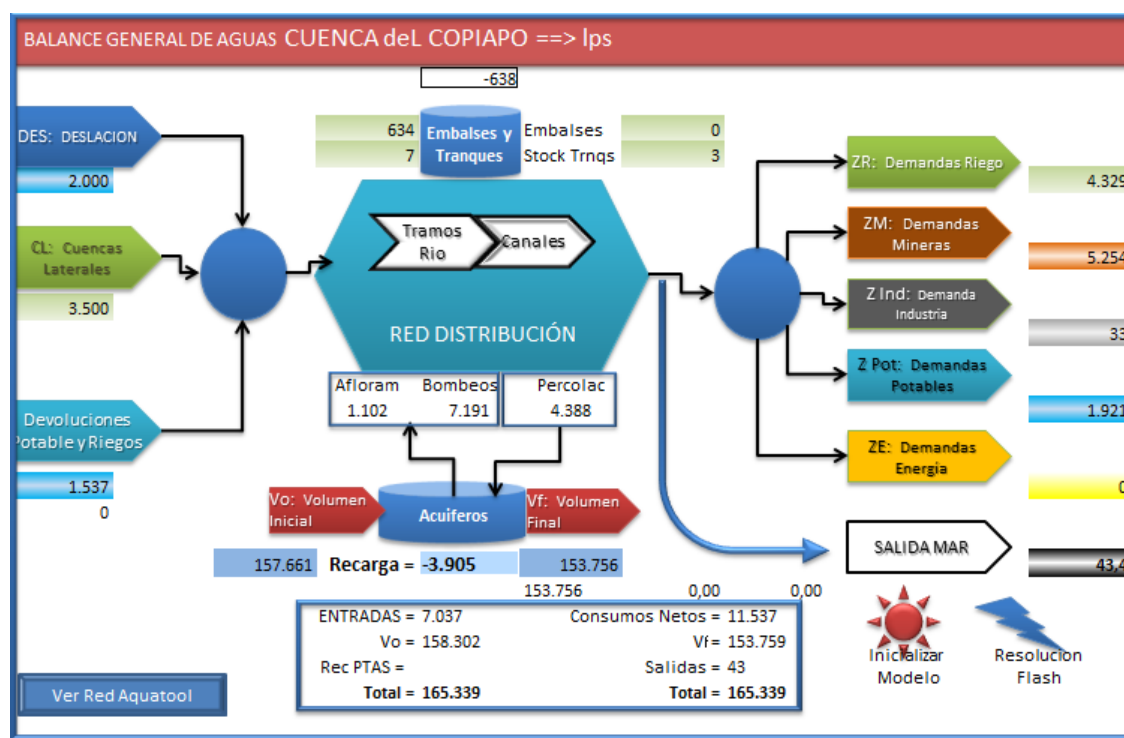
En este nuevo escenario los niveles de procesamiento de las plantas concentradores aumentan drásticamente, tal como lo muestran las cifras de la figura siguiente:

VALLE	PROYECTOS Faenas Mineras	Producciones Anuales				CAPACIDAD PLANTAS KTPD		
		Ktons cu f	OZ ORO	OZ PLATA	Ktons HIERRO	flotación	lixiviación	TOTAL
COPIAPO	✓ CASPICHE	110	696.000	846.000		150	72	222,0
COPIAPO	✓ NUEVA ESPERANZA (ARQUER)	150	355.000			6		6,0
COPIAPO	✓ CASERONES (LUMINA)	150				100	50	150,0
COPIAPO	✓ SANTA FE BELLAVISTA				2.500	19		19,2
COPIAPO	✓ CERRO CASALE	120	900.000			150	75	225,0
COPIAPO	✓ LOBO MARTE		330.000				47	47,0
COPIAPO	✓ VOLCAN		283.000			11	44	55,0
COPIAPO	✓ CERRO NEGRO CMP				4.000	20		20,0
	TOTALES CUENCA COPIAPO	530	2.564.000	846.000	6.500	456	288	744

11.2.2 Resultados Económicos

Si bien la cartera de proyectos considerados en estas estimaciones son potenciales y con plazos de inicio de actividades distribuidos durante los próximos años, permite dar una idea de su significancia económica en la zona. También muestra un perfil de cifras macros para planificar la región en un contexto de largo plazo. Algunos comentarios relevantes acerca de las cifras simuladas se enuncian a continuación:

11.2.3 Balance Hídrico



Considerando las demandas de agua potable de la población inducida, y sus devoluciones este escenario definitivamente colapsa las capacidades de la cuenca, tal como se muestra el balance global del valle, en donde se aprecia que disminución del volumen almacenado en acuíferos disminuiría a un ritmo de 4,55 m³/segundo.

La suma de todos los nuevos proyectos induce un cambio relevante sobre la arquitectura productiva de la cuenca, por los grandes aumentos en las producciones de cobre, oro, plata y hierro. Para evaluar el impacto sobre la cuenca, el modelo de simulación requiere estimar el cambio en el nivel de exportaciones (producciones) de la minería y así evaluar el encadenamiento productos que ellas inducirán tanto sobre la cuenca como en el resto del país.

RESUMEN MINERO CUENCA COPIAPÓ				
Pr M us\$	PRODUCTOS	Q-2012	Q-Proyectos	TOTAL ESC.
8.013	COBRE (Ktons Cu f)	300,00	530,00	830,00
113	HIERRO (K.TM de mineral)	6.000	6.500	12.500
58,86	ORO (Kg de fino)	4.253	72.689	76.942
1,10	PLATA (Kg de fino)	51.030	23.084	74.114
	Total Valor de producción (MM us\$)	3.387	9.284	12.671

Aumento Proyectado en Productos Mineros

257%

Las cifras del cuadro anterior exponen el gran potencial de inversiones y desarrollo minero que se encuentra sustentado sobre la cuenca del Copiapó. Veamos su impacto en su sistema productivo, en el empleo y en la necesidad de recursos estratégicos de energía y aguas.

11.2.3.1 Impacto en los recursos Estratégicos

Al visualizar el impacto en la proyección de necesidades de recursos estratégicos, surgen condiciones que muy probablemente cambiarán el formato productivo de la región.

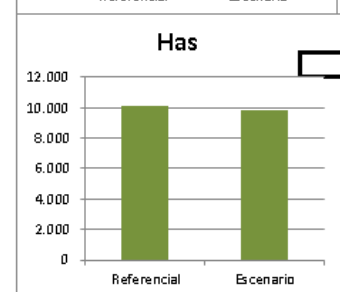
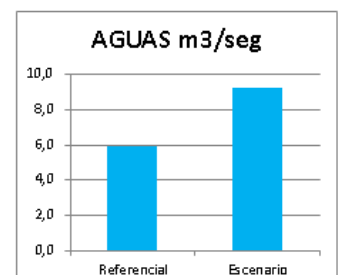
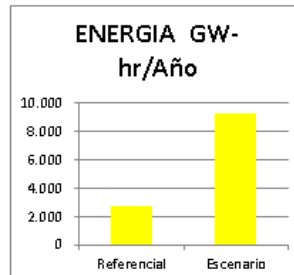
Tabla 11-2: IMPACTOS EN DEMANDAS RECURSOS ESTRATÉGICOS

Fuerza Trabajo	87.906	255.068	↑	190,2%
ENERGIA GW-hr/Año	2.686	9.183	↑	241,9%
AGUAS m3/seg	5,9	11,5	↑	94,0%
Has	10.140	11.140	↑	9,9%
Ktons	256	913	↑	256,6%
Poblacion cuenca	189.124	548.766	↑	190,2%

1. La fuerza de trabajo inducida regionalmente por los proyectos se casi cuadriplica desde 87 mil puestos hasta 255 mil., con los consecuentes aumentos de población y centros urbanos;

2. Las hectáreas necesarias para abastecer las nuevas demandas internas de la región (manteniendo el porcentaje de abastecimiento propio) también se verían duplicadas.

3. Las necesidades de recursos hídricos y energéticos se imponen como restricciones activas a este proceso de desarrollo. Los órdenes de magnitud de las nuevas demandas exceden con creces las capacidades disponibles.



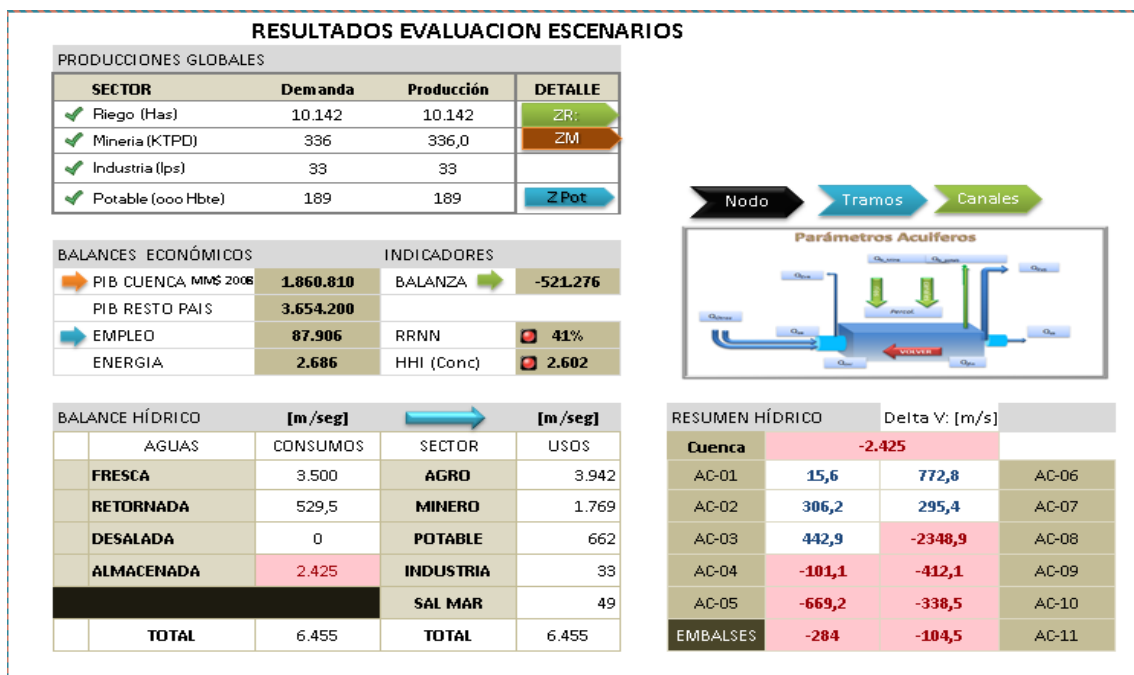
12 EVALUACIÓN DE ESCENARIOS

12.1 Escenario 'A-o' → Caso Base

12.1.1 Producciones Mineras

VALLE		Faenas Mineras En producción	Producciones Anuales				CAPACIDAD PLANTAS KTPD		
			Ktons cu f	OZ ORO	OZ PLATA	Ktons HIERRO	flotación	lixiviación	TOTAL
COPIAPO	✓	CANDELARIA	122				79		79
COPIAPO	✓	MANTO VERDE	62					42	42
COPIAPO	✓	PUCOBRE	27				15	3,5	18,5
COPIAPO	✓	CMP Atacama				8.000	74		74
COPIAPO	✓	COEMIN	7				5		5
COPIAPO	✓	KOZAN	7				5		5
COPIAPO	✓	ENAMI Y OTROS	60				30	4,5	34,5
COPIAPO	✓	MANTO DE ORO LA COIPA		150.000	1.800.000			18	18
COPIAPO	✓	CASERONES (LUMINA)	15				10	50	60
TOTALES CUENCA COPIAPO			300	150.000	1.800.000	8.000	218	118	336

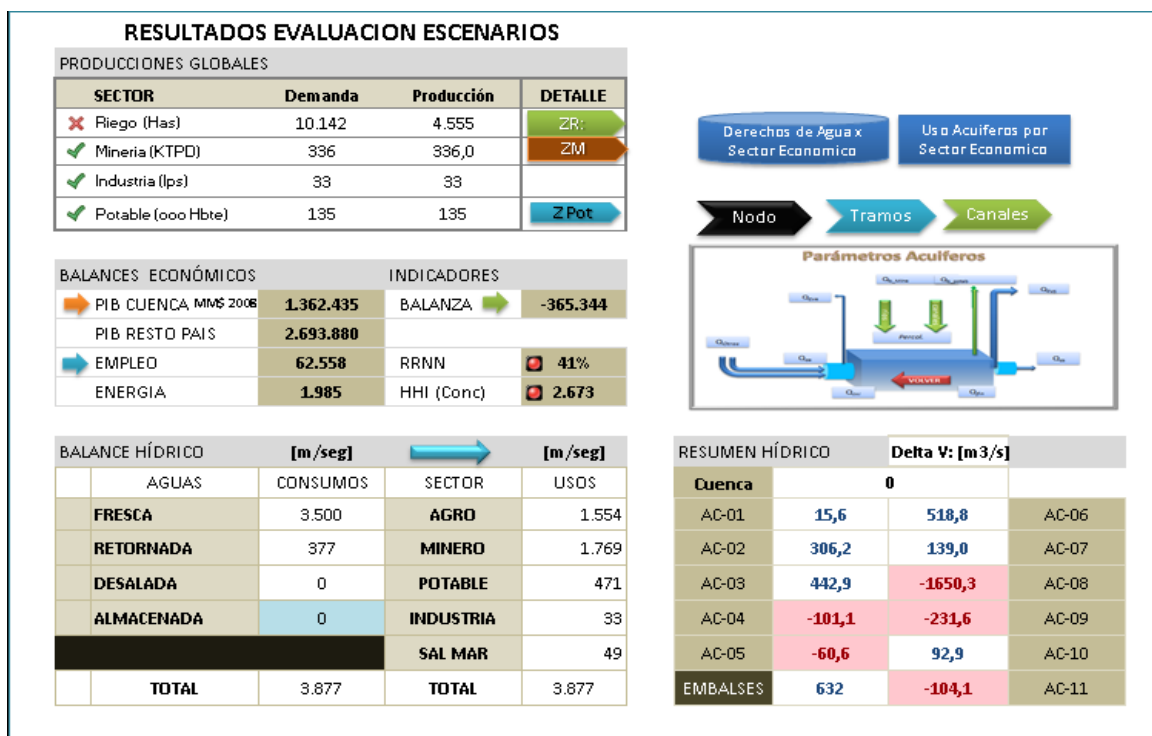
12.1.2 Resumen Hidro económico



12.2 Escenarios A-1: Operación Hídrica Sustentable Cuenca

En este escenario se paramatrizan las condiciones operacionales económicas de la cuenca de modo que sus acuíferos no sufran déficit en sus cotas de almacenamiento hídrico.

12.2.1 Resumen Hidro económico



- Con respecto a la situación Base, el PIB de la cuenca se reduce en un 26,8%;
- Así también el empleo bajaría en un 28,8%, al igual que la población de la cuenca;
- La actividad minera se mantendría intacta, pero la agricultura es la que absorbe la pérdida económica originada por la restricción hídrica;
- Al privilegiar el consumo hídrico hacia la agricultura, es la economía de la cuenca la que se hace no sustentable, pues en ese escenario su PIB se reduce en un 90%; el empleo y la población asociada, se reduce en un 78%.

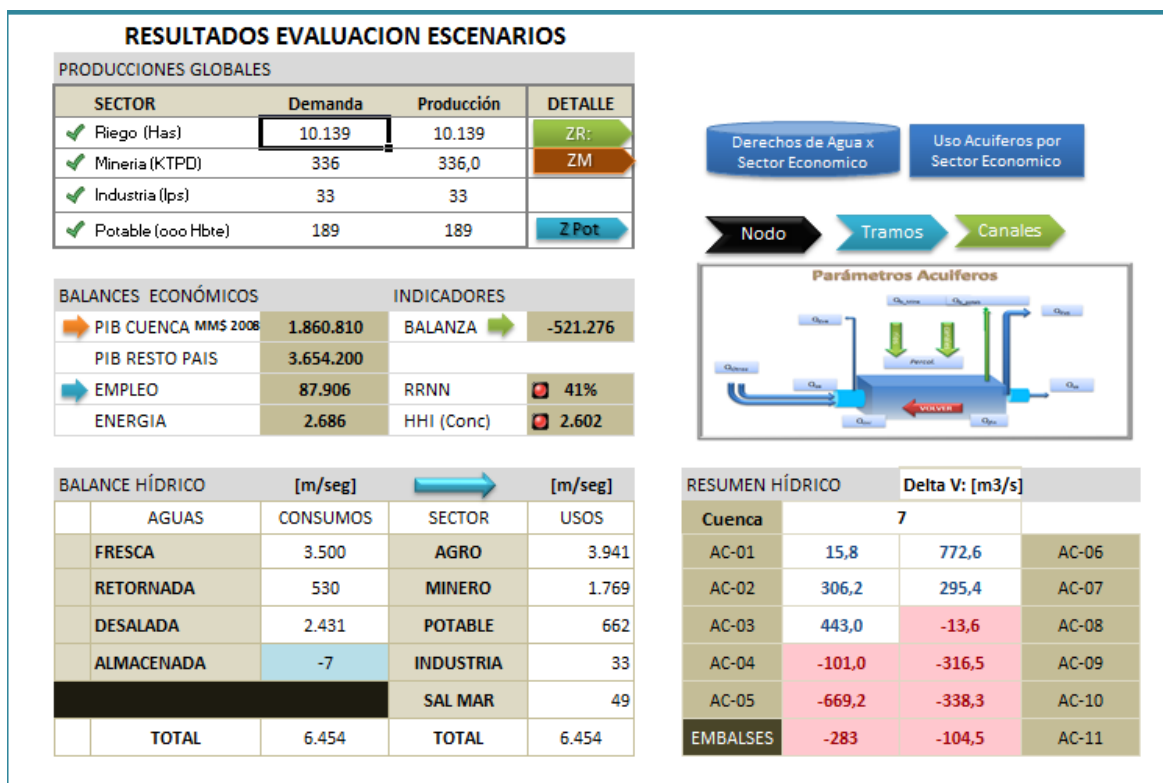
Escenario con Privilegio Agrícola



12.3 Escenario A-2: Recupera Case Base con Agua Externa (desalación)

Manteniendo los acuíferos de la cuenca sin déficit, en este escenario se estima la demanda de agua externa a la cuenca necesaria para equilibrar económica e hídricamente el escenario base.

12.3.1 Resumen Hidro económico



- Con una importación de aguas externas (Desalación) de 2,4 m3/seg, la cuenca logra un equilibrio hidro-económico, sin disminución de volumen almacenado en acuíferos y logrando todas las producciones sectoriales mineras y agrícolas.
- El consumo de agua potable se abastecería de agua externa (desalada), que además genera un importante retorno a la red.

→ Caso Caserones

IMPACTOS HIDRO ECONÓMICOS DE PROYECTOS MINEROS

12.4.1 Producciones

VALLE		PROYECTOS Faenas Mineras	Producciones Anuales			Ktons HIERRO	CAPACIDAD PLANTAS KTPD		
			Ktons cu f	OZ ORO	OZ PLATA		flotación	lixiviación	TOTAL
COPIAPO	✔	CASERONES (LUMINA)	150				100	50	150,0

12.4.2 Plantas y Consumo Agua

PROYECTOS Faenas	m3 / Ton		m3/SBG	SECTOR HIDROGEOLÓGICO COMAPO						lps / KTPD	FUENTE DE ABASTECIMIENTO	
	flotación	lixiviación		1	2	3	4	5	6		SUBTE	SUPERF
CASERONES (LUMINA)	0,35	0,12	0,475	0,0	0,5	0,5				3,2	3b-Pabellon_MalPaso	

12.4.3 Resumen Impacto

RESULTADOS EVALUACION ESCENARIOS

PRODUCCIONES GLOBALES

SECTOR	Demanda	Producción	DETALLE
✓ Riego (Has)	10.142	10.142	ZRI
✓ Minería (KTPD)	486	486,0	ZM
✓ Industria (lps)	33	33	
✓ Potable (ooo Hbte)	238	238	Z Pot

BALANCES ECONÓMICOS

		INDICADORES	
➡ PIB CUENCA, MM\$ 2006	2.420.344	BALANZA	➡ -641.583
PIB RESTO PAÍS	4.677.606		
➡ EMPLEO	110.599	RRNN	41%
ENERGIA	3.535	HHI (Conc)	2.669

BALANCE HÍDRICO

	[m/seg]		[m/seg]
AGUAS	CONSUMOS	SECTOR	USOS
FRESCA	3.500	AGRO	3.942
RETORNADA	666,3	MINERO	2.244
DESALADA	0	POTABLE	833
ALMACENADA	2.934	INDUSTRIA	33
		SAL MAR	49
TOTAL	7.100	TOTAL	7.100

Nodo

Tramos

Canales

Parámetros Acuíferos

RESUMEN HÍDRICO

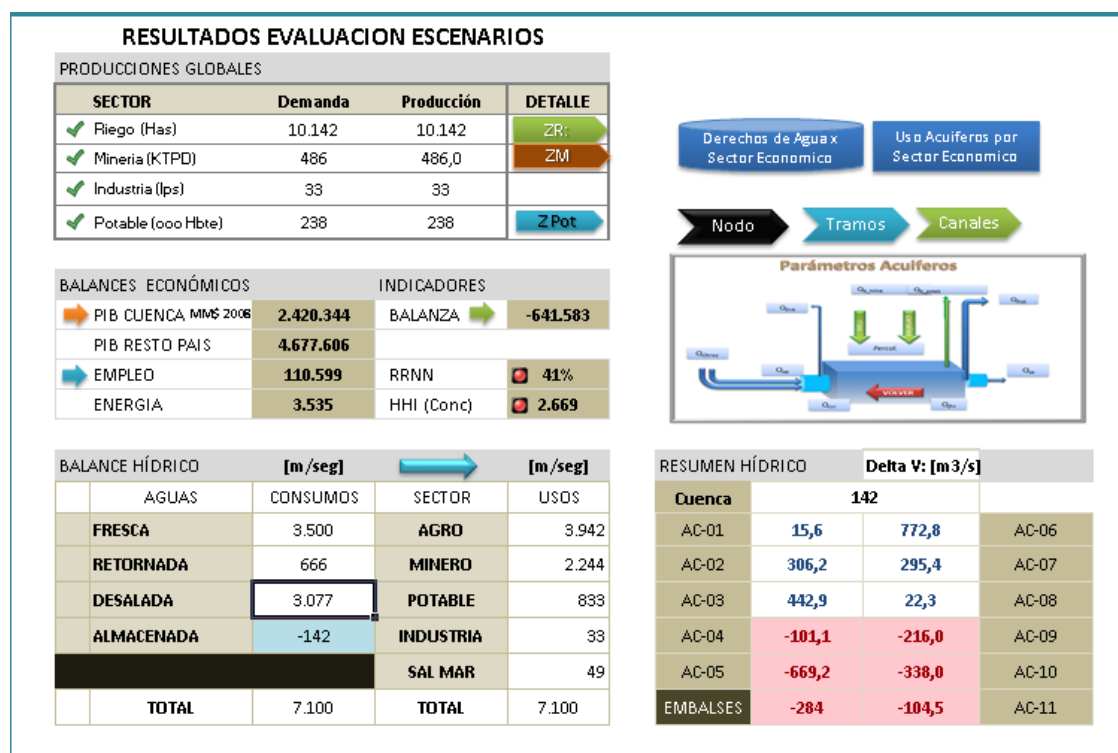
Cuenca	Delta V: [m/s]	
	-2.934	
AC-01	15,6	772,8
AC-02	306,2	295,4
AC-03	442,9	-2955,7
AC-04	-101,1	-314,3
AC-05	-669,2	-338,3
EMBALSES	-284	-104,5

12.4.4 Comentarios

- PIB>
 - Cuenca: Desde MMM\$ 1.860 ➔ MMM \$2.420 (30%)
 - Resto País: Desde MMM\$ 3.654 ➔ MMM \$4.677
 - Empleo: Desde: 87.907 ➔ 110.599
- Hídrico:
 - Aumenta Déficit hídrico de la Cuenca: de 2.425 lps hasta 2.934 lps
 - Consumo hídrico por aumentos de población de 663 lps a 833 lps

12.4.5 Sustento Agua Externa

Para mantener un balance hídrico sustentable, en donde los acuíferos no disminuyan su volumen, se asigna al modelo la opción de utilizar agua desalada (importada) en el caso de las faenas mineras y agua potable. Con ello se logra el siguiente equilibrio hidro-económico:



- Necesidad de desalación = 3,01 m3/seg;
- Almacenamiento de agua en acuíferos aumenta en 0,142 m3/seg, revirtiéndose la condición de sobre explotación hídrica de la cuenca.

12.5 Escenario B-2 → Resto Faenas Mineras

12.5.1 Producciones

VALLE		PROYECTOS Faenas Mineras	Producciones Anuales				CAPACIDAD PLANTAS KTPD		
			Ktons cuf	OZ ORO	OZ PLATA	Ktons HIERRO	flotación	lixiviación	TOTAL
COPIAPO	✓	CASPICHE	110	696.000	846.000		150	72	222,0
COPIAPO	✓	NUEVA ESPERANZA (ARQUEROS)	150	355.000			6	0	6,0
COPIAPO	✓	CASERONES (LUMINA)	150				100	50	150,0
COPIAPO	✓	SANTA FE BELLAVISTA				2.500	19	0	19,2
COPIAPO	✓	CERRO CASALE	120	900.000			150	75	225,0
COPIAPO	✗	LOBO MARTE		330.000			0	47	47,0
COPIAPO	✗	VOLCAN		283.000			11	44	55,0
COPIAPO	✗	CERRO NEGRO CMP				4.000	20		20,0
		TOTALES CUENCA COPIAPO	530	1.951.000	846.000	2.500	456	288	744
				55.311	23.984				

12.5.2 Plantas Tratamiento y Aguas

PROYECTOS Faenas Mineras	m ³ / Ton		m ³ /SEG	SECTOR HIDROGEOLÓGICO COPIAPO						lps / KTPD	FUENTE DE ABASTECIMIENTO	
	flotación	lixiviación		1	2	3	4	5	6		SUBTE	SUPERF
CASPICHE	0,65	0,12	1,228			1,0				5,5	3b-Pabellon_MalP:	NO-18
NUEVA ESPERANZA (ARQL)	0,65	0,12	0,045			1,0				7,5	3b-Pabellon_MalP:	NO-18
CASERONES (LUMINA)	0,35	0,12	0,475	0,0	0,5	0,5				3,2	4a-MalPaso_Copiapo	
SANTA FE BELLAVISTA	0,65	0,12	0,144				1,0			7,5	4a-MalPaso_Copiapo	
CERRO CASALE	0,65	0,12	1,233	0,0		1,0				5,5	3b-Pabellon_MalPaso	
LOBO MARTE	0,65	0,12	0,065			1,0				1,4	3b-Pabellon_MalPaso	
VOLCAN	0,65	0,12	0,144			1,0				2,6	3b-Pabellon_MalPaso	
CERRO NEGRO CMP	0,65	0,12	0,150				0,5	0,5		7,5	5a-Copiapo_PiedraColgada	
PROYECTOS CUENCA COPIAPO			3,5	0	75	630	29	10	0			
				0,0	3,2	4,7	7,5	7,5	0,0			

12.5.3 Impacto Hidro económico

RESULTADOS EVALUACION ESCENARIOS			
PRODUCCIONES GLOBALES			
SECTOR	Demanda	Producción	DETALLE
✓ Riego (Has)	10.142	9.857	ZR:
✓ Minería (KTPD)	958	958,2	ZM
✓ Industria (lps)	33	33	
! Potable (ooo Hbte)	492	421	ZPot
BALANCES ECONÓMICOS		INDICADORES	
➡ PIB CUENCA MMS 2008	5.434.968	BALANZA	➡ -1.251.134
➡ PIB RESTO PAIS	10.152.810		
➡ EMPLEO	228.796	RRNN	43%
ENERGIA	8.153	HHI (Conc)	2.838
BALANCE HÍDRICO		[m/seg]	
AGUAS	CONSUMOS	SECTOR	USOS
FRESCA	3.500	AGRO	3.777
RETORNADA	1.178	MINERO	4.894
DESALADA	0	POTABLE	1.473
ALMACENADA	5.548	INDUSTRIA	33
		SAL MAR	49
TOTAL	10.226	TOTAL	10.226
RESUMEN HÍDRICO		Delta V: [m ³ /s]	
Cuenca	-5.548		
AC-01	15,6	674,0	AC-06
AC-02	306,2	-328,1	AC-07
AC-03	442,9	-4222,1	AC-08
AC-04	-101,1	-472,1	AC-09
AC-05	-781,5	-338,7	AC-10
EMBALSES	-638	-104,5	AC-11

12.5.4 Análisis y Comentarios

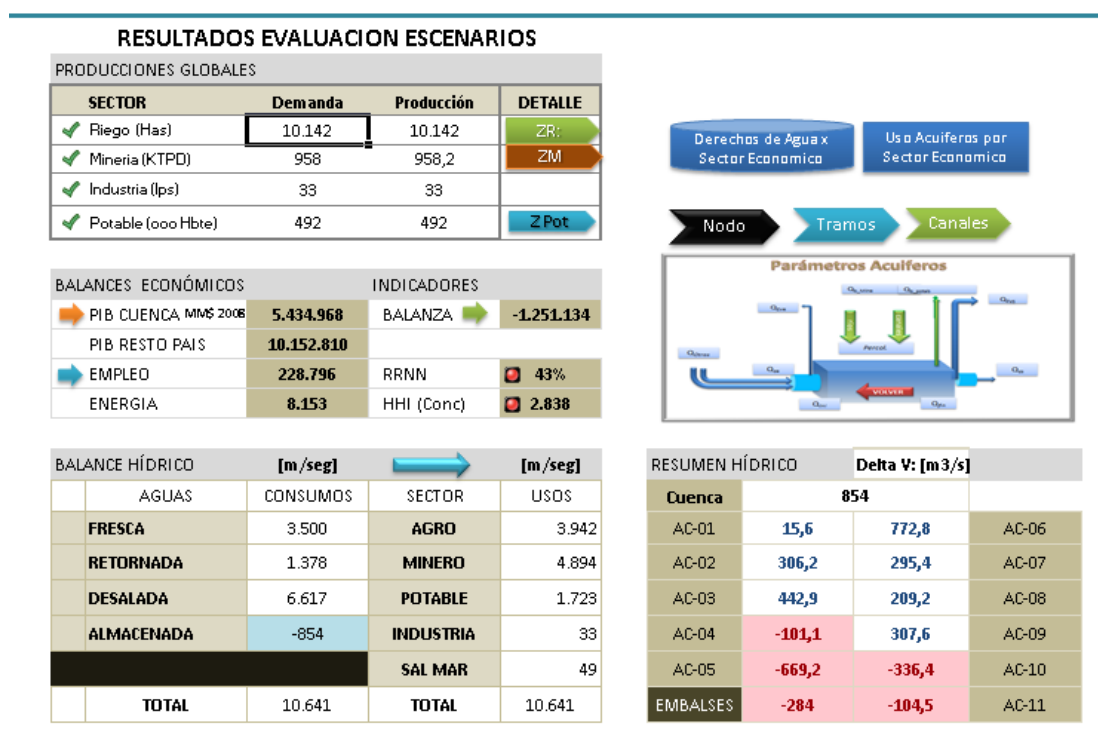
- Gran Potencial económico para la región como para el resto del país (192 crecimiento potencial) pero insuficiencia de recursos hídricos (Déficit de acuíferos insostenible, aumenta a 5,5 m³/seg)
- Con estos proyectos mineros la Cuenca sostendría del orden del 16% del PIB Nacional, pero captura sólo el 5,42%.
- Desde el punto de vista territorial, si el comportamiento económico de la cuenca se mantiene, significaría también un 160% de aumento de la población, como también induciría un aumento de igual magnitud en todo el resto de los sectores económicos (construcción, comercio, transportes, viviendas, energía).
- El otro impacto relevante es en el sector energía, que aumentaría la demanda en un 204%, pasando desde 2.686 hasta 8.153 GWh-Año.

12.6 Sustento Hídrico con Aguas Externas (desalada)

12.6.1 Plantas Tratamiento y Aguas

PROYECTOS Faenas Mineras	m3/Ton		m3/SEG ↓	SECTOR HIDROGEOLÓGICO COPIAPO						lps / KTPD	FUENTE DE ABASTECIMIENTO	
	flotación	lixiviación		1	2	3	4	5	6		SUBTE	SUPERF
CASPICHE	0,65	0,12	1,228			1,0				5,5	3b-Pabellon_MalPa	NO-DES
NUEVA ESPERANZA (ARQUE)	0,65	0,12	0,045			1,0				7,5	3b-Pabellon_MalPa	NO-DES
CASERONES (LUMINA)	0,35	0,12	0,475		0,5	0,5				3,2	4a-MalPas o_Copiap	NO-DES
SANTA FE BELLAVISTA	0,65	0,12	0,144				1,0			7,5	4a-MalPas o_Copiap	NO-DES
CERRO CASALE	0,65	0,12	1,233			1,0				5,5	4a-MalPas o_Copiap	NO-DES
LOBO MARTE	0,65	0,12	0,065			1,0				1,4	3b-Pabellon_MalPa	NO-DES
VOLCAN	0,65	0,12	0,144			1,0				2,6	3b-Pabellon_MalPa	NO-DES
CERRO NEGRO CMP	0,65	0,12	0,150				0,5	0,5		7,5	5a-Copipo_Piedra	NO-DES
PROYECTOS CUENCA COPIAPO			3,5	75 630 29 10								

12.6.2 Impacto Hidro económico



- Con esta política hídrica, se logra estabilizar los acuíferos generando una recarga anual equivalente a un ritmo de **854** lps

13 CONCLUSIONES

A través del presente estudio ha sido posible modelar cuantitativamente y con un nivel de detalle adecuado, la arquitectura productiva de la III Región de Atacama y en particular de la Cuenca del río Copiapó destacándose las relaciones existentes entre los niveles de actividad de los diferentes sectores económicos con sus respectivas demandas de recursos hídricos. Tal como se ha explicado durante el desarrollo de este proyecto, la modelación realizada es una representación matemática-económica de la función de producción global de las actividades económicas de la cuenca por lo que se constituye en una herramienta de gran valor para el diseño de un próximo modelo de gestión integrada de la cuenca.

13.1 Evaluación General de la Cuenca

En la Estrategia Regional de Desarrollo, EDR, de la III Región de Atacama se rescatan tres principios relevantes: Desarrollo Endógeno; Enfoque Territorial; Centrado en las Personas. El desarrollo **endógeno** apunta al desarrollo de las capacidades integrales de un territorio, generando una dinámica sinérgica entre las distintas dimensiones que conforman un sistema. El **enfoque territorial** en su desarrollo apunta hacia la reconciliación de los intereses económicos sectoriales con los intereses sociales y medioambientales. Su **centro en las personas**, considera a hombres y mujeres de la región beneficiarios y protagonistas de su desarrollo, tanto en lo que se refiere a percibir mejoras en sus condiciones y calidad de vida, como también ser considerados como un factor gravitante en su desarrollo.

Desarrollo

En relación con las cifras de crecimiento y desarrollo, la evolución del producto regional muestra crecimientos anuales superiores al crecimiento del país, sustentados principalmente por las fuertes inversiones en el sector minero, las cuales si bien no se ven reflejadas aún en un crecimiento propio del sector, si se evidencian en alto crecimiento que expone el sector construcción y el de servicios financieros y empresariales.

La región es eminentemente exportadora de productos de origen minero. En este sector se concentra el 75% de sus exportaciones en la minería del cobre. Le sigue el hierro con un 19%, y la minería del oro y plata con un 6%. La composición de las exportaciones agropecuarias, se concentran principalmente en el sector frutícola y particularmente en las uvas.

No obstante es importante destacar que si bien los resultados son alentadores en cuanto a superávit de la cuenca respecto a sus transacciones comerciales con el mundo internacional (MM\$⁻²⁰⁰⁸ **966.724**), también exhibe un déficit comercial respecto a sus transacciones con el resto del país (MM\$⁻²⁰⁰⁸ **-1.488.000**). Y en resumen, el balance comercial integral (externo e interno) es deficitario para la cuenca. Comercialmente, los

ingresos de la cuenca provenientes de su comercio internacional no resultan ser suficientes para balancear las compras totales que deben ser importadas desde el extranjero como desde el resto del país.

Diversificación

Respecto a las competencias internas, en las regiones mineras del norte y en particular Atacama, se aprecia un significativo aumento de los niveles de concentración económica, que hasta cuadriplican el promedio nacional, como también una mayor concentración del PIB asociado a la explotación de recursos naturales. Estos números desde la perspectiva regional no son alentadores. ¿Pero cuánto dependen de las decisiones de la actividad minera y cuánto de las decisiones de gestión de la propia región?

La actividad minera en un contexto nacional, genera un encadenamiento relevante en el resto de los sectores económicos del país. En este encadenamiento total generado, la actividad minera termina representado sólo del orden de un **25% a 28%** del PIB total que induce, y el índice de Concentración toma el valor de **0,13**. Por lo tanto si en una región como Atacama la minería representa un 42% de la actividad total y con índice de Concentración alto de **0,28** significa que la absorción regional es baja y que muchas de las actividades que el sector encadena se estarían desarrollando en el resto de las regiones del país. Es más un tema de gestión regional.

Desarrollo Endógeno

En línea con lo anterior, las cifras analizadas permiten observar que las oportunidades de explotación económica que brindan los recursos mineros de la cuenca se enfrentan a fuertes restricciones de recursos hídricos, humanos y energéticos disponibles en la zona. En particular, al evaluar el encadenamiento productivo global que se induce a partir de las exportaciones mineras de la cuenca del Copiapó, se aprecia que se induce un PIB estimado total de 5.495 miles de millones de pesos (2008) lo que de acuerdo con las cifras del año 2012 representa del orden del 5,5% del PIB nacional total. Sin embargo la cuenca es capaz de capturar sólo 1.856 miles de millones de pesos (1,86% PIB Nacional). La baja capacidad de absorción de valor de la cuenca puede deberse a restricciones de carácter territorial dentro de las cuales es posible mencionar:

- Restricciones hídricas que limitan la cantidad de actividades capaces de ser realizadas en la región, y por ende deber realizarse en otras zonas del país, pues la demanda de 6,3 m³ por segundo, utilizados en la actualidad, sobrepasan con creces la recarga media anual de 3,6 m³ por segundo estimada para la cuenca. Esto se da por el hecho de que las actividades económicas primarias, minería y agro, son las fuertes demandantes de este recurso;
- Condiciones de mercado que hacen más conveniente la adquisición de bienes y servicios desde otras zonas del país;
- Eventual carencia de un plan territorial que fomente el desarrollo de competencias internas en la región alineadas con el gran potencial de crecimiento que expone la región de Atacama.

13.2 Vocación Productiva

En la región de Atacama las cifras de las cuentas nacionales 2012 señalan que el PIB Minero de la región representa un 41,2 % del PIB total. Para la cuenca del Copiapó en particular, este proyecto ha estimado que esta proporción cae levemente hasta un 38,8%. La región expone una alta dependencia de la minería.

El sector Minero de la cuenca del Copiapó, si bien representa el 39% del PIB de la cuenca, por efectos de los encadenamientos de primer y segundo orden, induce el 93% del PIB de la región, más un 3,2% del PIB del resto del país. El consumo hídrico estimado del sector minería es de 1,8 m³ por segundo promedio anual. Por su parte el sector agrícola induce del orden del 7% del PIB de la cuenca, y tiene un consumo hídrico de 3,9 m³ por segundo.

Estas cifras validan evidencian la relevancia de la actividad minera en la zona, y ponen de manifiesto que no sólo los mineros viven de ella. Lo importante es acercarla más a la comunidad, procurando esfuerzos de hacer minería más sustentable, con aportes de valor compartidos entre las empresas mineras y la sociedad. El mensaje es que además de alinear los esfuerzos para 'servir' al proceso minero, es necesario también 'servirse de él' para así desarrollar competencias internas en la región, factible de ser exportadas tanto al resto del mundo como al país en general.

Los consumos hídricos de parte de las diferentes actividades económicas que caracterizan el escenario base, (cifras coincidentes con la calibración del Modelo HIDROMÁS+DICTUC) evidencian una disminución de **3,0** m³ por segundo en la cantidad embalsada en el acuífero del COPIAPÓ, lo que demuestra una desincronización fuerte entre la oferta de recursos hídricos de la cuenca y los demandas de las actividades productivas y consumos de la población.

13.3 Evaluación de Escenarios

Si la promisoría situación económica actual es ambientalmente preocupante, los nuevos proyectos que existen en la zona intensifican aún más esta situación. Las faenas mineras proyectadas sobre la cuenca del Copiapó más que duplicarían los actuales niveles de producción. La suma de todos los nuevos proyectos induce un cambio relevante sobre la arquitectura productiva de la cuenca, por los grandes aumentos en las producciones de cobre, oro, plata y hierro. Las oportunidades económicas se enfrentan en pleno con los conflictos ambientales especialmente hídricos e imponen a las autoridades fuertes desafíos de gestión integral del territorio.

Si bien la cartera de proyectos considerados en estas estimaciones son potenciales y con plazos de inicio de actividades distribuidos durante los próximos años, permite dar una idea de su significancia económica en la zona. También muestra un perfil de cifras macros para planificar la región en un contexto de largo plazo. Algunos comentarios relevantes acerca de las cifras simuladas se enuncian a continuación:

5. Si la cuenca mantiene su estructura productiva en un formato similar al estimado para el 2012, significa que tendría un potencial de crecimientos de un 228% hasta

que se pongan en funcionamiento los diferentes proyectos considerados. Adicionalmente, induciría un crecimiento encadenado hacia el resto de las regiones del país que genera un crecimiento de un 11,4% en el PIB nacional.

6. Por formato productivo se entiende una mantención de porcentajes de compras que la región realiza al resto de las regiones del país.
7. El valor generado por los nuevos proyectos es independiente del formato en que se distribuyan e instalen las nuevas actividades inducidas entre actividades regionales y resto país. Ello dependerá de las restricciones y condiciones naturales, comerciales e institucionales que den en la cuenca, y en definitiva de sus capacidades de poder absorber la mayor cantidad de valor agregado en la zona.
8. Dado el nivel de absorción económica que expone la región, y el encadenamiento que induce la actividad minera, el fuerte crecimiento se observa no solo en el sector minería sino que la mayoría de los sectores económicos. Justamente aquí se encontrarían las grandes oportunidades de desarrollo de competencias que debieran internalizarse en la región.
9. No hay agua para sustentar estos proyectos. La nueva demanda hídrica prácticamente triplica la oferta. Pero esta situación no solo se aprecia respecto a los recursos hídricos. Las necesidades de fuerza de trabajo casi se triplican y lo mismo ocurre con las demandas energéticas. Será necesario entonces importar o producir internamente todos estos recursos estratégicos para el desarrollo y crecimiento de la región.
10. Una observación importante que emana del análisis de estas cifras y que guarda relación con el abastecimiento de los recursos hídricos, se refiere al autoabastecimiento hídrico de la minería a través de plantas de desalación. Por efectos del encadenamiento que genera la minería una cosa es abastecer la demanda propia del proceso minero y otra también relevante es abastecer también la demanda hídrica inducida por esta actividad. De hecho en este ejercicio particular, los nuevos proyectos mineros que requieren del orden de 2 m³ por segundo adicionales, generan también una demanda adicional de 1 m³ por segundo por parte de la población.