

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**ADAPTACIÓN Y APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE POBREZA HÍDRICA EN EL
VALLE DE AZAPA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA, PARA APOYAR LA
GESTIÓN TERRITORIAL E INSTITUCIONAL**

DÁMARE ARAYA VALENZUELA

**SANTIAGO- CHILE
2015**

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**ADAPTACIÓN Y APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE POBREZA HÍDRICA EN EL
VALLE DE AZAPA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA, PARA APOYAR LA
GESTIÓN TERRITORIAL E INSTITUCIONAL**

**ADAPTATION AND APLICATION OF THE WATER POVERTY INDEX IN
AZAPA VALLEY, ARICA Y PARINACOTA REGION, TO SUPPORT THE
LOCAL AND INSTITUTIONAL MANAGEMENT**

DÁMARE ARAYA VALENZUELA

**SANTIAGO- CHILE
2015**

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

ESCUELA DE PREGRADO

**ADAPTACIÓN Y APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE POBREZA HÍDRICA EN EL
VALLE DE AZAPA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA, PARA APOYAR LA
GESTIÓN TERRITORIAL E INSTITUCIONAL.**

Memoria para optar al título profesional de
Ingeniera en Recursos Naturales Renovables

DÁMARE ARAYA VALENZUELA

Profesores Guías	Calificaciones
Sr. Rodrigo Fuster G. Ingeniero Agrónomo, M. S. Dr.	6,5
Sr. Juan Manuel Uribe M. Ingeniero Agrónomo	7,0
Profesores Evaluadores	
Sr. Andrés De la Fuente De la F. Ingeniero Agrónomo	7,0
Sr. Manuel Paneque C. Bioquímico, Dr.	5,5
Colaborador	
Sra. Caroline Sullivan, Dr.	

**SANTIAGO - CHILE
2015**

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Iván y Hebe por apoyarme en todo el proceso,

A mi hermana Marisol, por bajar el volumen cuando necesitaba el silencio,

A mis mascotas, Tomi, Pulga, Nico, Cora y Clo, por ser motivo para perder el tiempo,

A mis amigas y amigos de la universidad, en especial a Carola, Sole, Consu, Vale y Marcelo, por permanecer amigos aún cuando el contacto se redujo,

A mi amiga Paula, por apoyarme y fingir que trabajamos,

A mi amiga Yuly, por hablar y hablar de la tesis por más de dos años,

A mis Tatis y mis padrinos, por recibirme los dos meses que duró la toma de datos de esta memoria,

A Juan Manuel, por ser un generoso amigo y profesor presente,

Al equipo de Escuela, Cristian, Massi, Ale, Anita y Annelie, por las risas y los sumarios,

A los agricultores del valle de Azapa, por prestarme su tiempo y experiencia, a los que espero esta memoria sea útil,

A mi ciudad Arica, por ser fuente de inspiración personal y profesional,

A la vida por hacerme lo que soy y poner en mi camino la gente que ha puesto.

ÍNDICE

Resumen	3
Abstract.....	4
Introducción.....	5
Objetivos.....	6
Materiales y métodos.....	7
Área de estudio	7
Método.....	11
Resultados y discusión.....	15
Entrevistas.....	15
Taller focal 1: Identificación de variables	17
Descripción y evaluación de factibilidad de medición de las variables.....	19
Taller focal 2: Pesos relativos e indicadores.....	22
Determinación del estado de las variables.....	27
Identificación de variables de importancia	30
Comparación.....	34
Recomendaciones	37
Conclusión	38
Del proceso de adaptación.....	38
Del Índice de Pobreza Hídrica del Valle de Azapa	38
Bibliografía.....	39
Apéndices	45
Apéndice 1: Estructura y pauta de entrevistas preliminares.....	45
Apéndice 2: Presentaciones utilizadas en talleres.....	46
Apéndice 3: Fichas indicadores generados.....	50
Apéndice 4: Variables y sus indicadores	59
Apéndice 5: Cálculo y análisis del estado de las variables.....	66

TABLA DE CUADROS

Cuadro 1: Categorización WPI.....	12
Cuadro 2: Escala de valor para la comparación de pares.	13
Cuadro 3: Matriz modelo de comparación de pares.	13
Cuadro 4: Variables preliminares detectadas mediante entrevistas.....	15
Cuadro 5: Variables determinadas en 1 ^{er} taller focal.....	18
Cuadro 6: Descripción de las variables planteadas en taller N°1.	20
Cuadro 7: Pesos relativos para cada variable del Índice de Pobreza Hídrica.	22
Cuadro 8: Indicadores utilizados.	24
Cuadro 9: Estado de las variables.....	27
Cuadro 10: Variables en orden descendente de importancia relativa en el WPI.....	30
Cuadro 11: Análisis prospectivo de variables de alta importancia relativa en el WPI.....	31
Cuadro 12: Condiciones de mejora y su complejidad.	32
Cuadro 13: Análisis prospectivo de variables de baja complejidad de intervención.	33

TABLA DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudio.....	7
Figura 2: Cuenca Río San José.	8
Figura 3: Modelo de construcción del índice de Pobreza Hídrica.....	11
Figura 4: Pesos relativos para cada ámbito dentro del Índice de Pobreza Hídrica.....	22
Figura 5: Nivel de cumplimiento por variable.....	28
Figura 6: Comparación entre aporte potencial y real para cada variable.	28
Figura 7: Comparación radial WPI obtenido versus el potencial.....	29
Figura 8: Comparación con situaciones locales sudamericanas.....	35
Figura 9: Comparación de casos locales no americanos.	36
Figura 10: Comparación internacional a escala país.	36

RESUMEN

El Índice de Pobreza Hídrica (WPI, por sus siglas en inglés) es un índice compuesto, desarrollado por el Centro para la Ecología e Hidrología de Reino Unido en 2002, que busca apoyar el proceso de toma de decisiones respecto a la gestión de los recursos hídricos. El índice integra factores humanos, técnicos y ambientales, que reflejen la condición actual de un territorio. Siguiendo una estructura compuesta, en base a 5 ámbitos: Recurso, Acceso, Capacidad, Uso y Ambiente. Cada uno de los ámbitos se compone de variables, que al ser evaluadas a través de indicadores, entregan un valor de WPI, variando de 0 a 100, donde 0 es alta pobreza hídrica, es decir, la ausencia de alguna dimensión de la gestión hídrica obstaculizan el desarrollo de la población, a 100, nula pobreza hídrica, donde la gestión favorece el desarrollo.

El presente trabajo adaptó el Índice de Pobreza Hídrica para el Valle de Azapa, Región de Arica y Parinacota, mediante metodologías participativas. Este proceso constó de tres etapas:

- 1) Identificación de variables relevantes (entrevistas y primer grupo focal)
- 2) Búsqueda y análisis de indicadores e información para determinar la factibilidad de evaluar las variables identificadas (trabajo de gabinete)
- 3) Aprobación de variables e indicadores y determinación de pesos relativos de variables y ámbitos (segundo grupo focal).

Se evaluaron un total de 10 variables, resultando un valor de Índice de Pobreza Hídrica de 49,81, equivalente a alta pobreza hídrica (poco seguro), es decir, a una condición de vulnerabilidad, asociada a los recursos hídricos, donde el equilibrio entre los sistemas ambientales, sociales y económicos permiten el desarrollo, pero es inseguro.

Posteriormente se identificaron las variables relevantes para mejorar esta situación, reconociendo dos vías de análisis, una que agrupa a las variables con mayor influencia en el Índice (mayor peso relativo), y otra que selecciona las variables de menor complejidad de intervención (que la decisión recaiga sólo en un actor y/o que actualmente existan mecanismos que permitan su mejora). De ambos grupos, el que mayor impacto genera es el segundo, que incluye las variables Estado de canales (Acceso), Escuelas (Capacidad), Capacitaciones (Capacidad), y Tecnificación (Uso), generando un aumento de 23,34 puntos, resultando en un Índice de Pobreza Hídrica de 73,15, alcanzando la seguridad hídrica.

Palabras claves: Índice Pobreza Hídrica, Agua, Valle de Azapa.

ABSTRACT

The Water Poverty Index (WPI) is a composite index developed by the Centre for Ecology and Hydrology of the United Kingdom in 2002, that aims to support the decision making process regarding water resources. The index integrates human, technical and environmental factors that reflect the territory's conditions, through a composite structure based in 5 components: Resources, Access, Capacity, Use and Environment. Each of them is formed by variables, which, after being evaluated through indicators, create a WPI value that moves from 0, meaning high water poverty- the lack of any dimension of water management hinders development- and 100, null water poverty, where management facilitates the territory's development.

The present work adapted the Water Poverty Index in Azapa Valley, Arica y Parinacota Region, through participatory methods (interviews and focal groups). This process was developed in three phases:

1. Identification of important variables (through interviews and a first focal group)
2. Research and analysis of indicators and information to determined the feasibility of evaluating the identified variables.
3. Approval of variables and indicators and determination of relative weights (second focal group)

A total of 10 variables were evaluated, resulting in a WPI of 49,81, high water poverty, meaning a vulnerability condition, associated to water resources, where the balance among the social, environmental and economical systems allows development, but is unsafe.

After the variables' identification and evaluation, an analysis to determine which variables were relevant to improve the situation was made, recognizing two possible intervention lines: one that works with the variables that have more influence in the WPI value and a second line that considers actions in those variables with lower intervention complexity (were the decision making process is only depending on one actor or that currently have improvement mechanisms). The line that more impact caused in the final WPI value was the second, including the variables of Canals' condition (Access), Schools (Capacity), Trainings (Capacity) and Technification of irrigation systems (Use), producing an increment of 23,34 points, resulting in a WPI of 73,15, reaching water security.

Keywords: Water Poverty Index, Water, Azapa Valley.

INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para la vida y hacer un uso efectivo y eficiente de ella es requisito fundamental para el desarrollo de cualquier territorio (UNESCO-WWPA, 2003).

La gestión de los recursos hídricos se caracteriza por ser inherentemente local: si bien involucra distintos niveles de decisión, existe una estrecha relación entre el recurso físico, las interacciones humanas a nivel local y el nivel tecnológico presente en el territorio (Alexander et al., 2010), que se traducen en un proceso exitoso cuando se cuenta con disponibilidad hídrica suficiente, acceso adecuado y las habilidades y capacidades para hacer un correcto uso (Sullivan, 2002). Es por esta estrecha relación, que cualquier actividad humana no regulada, informal y/o peligrosa puede conllevar serios impactos negativos (Manandhar et al., 2012).

A esta multidimensionalidad que vuelve compleja la gestión del agua, se suman condiciones de sobreexplotación de los recursos y una nueva realidad climática que afecta a gran parte del mundo, con efectos previstos de intensificación de los periodos secos y aumento de las temperaturas, acrecentando los conflictos entre usos y desafiando a los territorios a plantearse nuevas y mejores formas de manejar sus recursos hídricos (IPCC WG I, 2013). Es por esto que surge la imperativa necesidad de contar con nuevas herramientas de gestión y planificación, que sean útiles y comprensibles para todos los actores involucrados en la gestión hídrica (Wilk y Jonsson, 2013), especialmente para los usuarios finales, ya que cualquier medida será exitosa sólo si se comprende desde la realidad y cultura local (Kainer et al., 2009).

Nuestro país no se encuentra exento de esta compleja realidad, y existen varios casos donde la escases natural de agua, el crecimiento de la población y de los usos productivos, junto a una gestión poco efectiva han llevado a la falta de abastecimiento para consumo humano, desaparición de agricultura y ausencia de agua en cauces naturales (Larraín y Poo, 2010; Bottaro et al. 2014; Torres y García, 2009). Gran parte de estos casos se ven en regiones áridas, donde la recarga natural es baja y la ausencia de mecanismos legales que prioricen entre usos han llevado a que los actores que cuentan con los medios para extraer agua sean quienes hacen uso de los recursos. Uno de los mecanismos de respuesta de parte del Estado ha sido apoyar la mejora de las estructuras de gestión y gobernanza en las diferentes cuencas, facilitando la formación de organizaciones de usuarios, mejorando la calidad de la información y propiciando instancias de comunicación entre usos (Dourojeanni et al., 2010).

Con el fin de apoyar la gestión local de los recursos hídricos, el año 2002 el Centro para la Ecología e Hidrología de Reino Unido desarrolló el Índice de Pobreza Hídrica (WPI, por sus siglas en inglés), el cual integra factores humanos, técnicos y ambientales siguiendo una estructura compuesta (Sullivan, 2002), para así entregar un único valor que refleje la condición actual de un territorio, bajo la premisa que una combinación de variables

relevantes puede proporcionar una perspectiva más completa de la realidad local que la obtenida de una variable o de análisis particulares (López et al., 2013). El WPI originalmente se construye de manera participativa con usuarios finales del agua, y aunque es aplicable a diferentes escalas, sus primeras aplicaciones se realizaron localmente. Se propone facilitar a políticos y tomadores de decisión la comprensión de la realidad hídrica de un territorio, ser una herramienta diagnóstica transparente y empoderar a las comunidades locales mediante su inclusión (Sullivan et al., 2003).

El uso de herramientas como el WPI para la elaboración de políticas públicas presenta una serie de beneficios, dentro de los que destacan el permitir develar cuáles son las temáticas de importancia para la población y dar un grado mayor de certeza respecto a la aceptación de las medidas incluidas en dichas políticas. Considerar a la población en la identificación de necesidades y discutir en conjunto las medidas posibles de ejecutar generan un vínculo entre los habitantes del territorio, los tomadores de decisión y la esfera política, que permite discutir no sólo la forma en que las distintas medidas pueden llevarse a cabo, sino también el rol y las necesidades de cada actor dentro de ellas, lo que otorga un grado mayor de certeza en su desarrollo e impacto positivo (Lahera, 2004).

Con el fin de aportar a la gestión de los recursos hídricos en contexto de extrema aridez, el presente trabajo adapta y aplica el Índice de Pobreza Hídrica al Valle de Azapa -valle preferentemente agrícola inserto en la cuenca del Río San José, de régimen efímero, cuyo acuífero fue declarado zona de prohibición¹-. Actualmente la cuenca presenta conflictos entre usos dada la dependencia hídrica de la ciudad de Arica, el aumento de la superficie regada y el cambio de tecnologías de riego, elementos que junto al sobre otorgamiento de derechos de aprovechamiento de agua, atentan contra la sostenibilidad del sistema hídrico (González et al., 2013).

Objetivos

El objetivo general de la memoria es aplicar el Índice de Pobreza Hídrica en el Valle de Azapa, región de Arica y Parinacota, con el fin de apoyar la toma de decisiones sobre el territorio. Como objetivos específicos se contemplan:

1. Identificar las variables que sean determinantes en la medición de la pobreza hídrica.
2. Jerarquizar las variables identificadas para apoyar la gestión del territorio.

¹Según el artículo 63 del Código de Aguas (DFL 1.122) la Dirección General de Aguas puede establecer zonas de prohibición para nuevas explotaciones, lo que se traduce en la imposibilidad de constituir nuevos derechos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Valle de Azapa se ubica en la comuna de Arica, Región de Arica y Parinacota y su extensión agrícola comprende aproximadamente 43 km de mar a cordillera. La zona considerada en el presente trabajo se ubica entre los 364219,75 m E 7955198,23 m S y los 398486 E 7945401,56 m S (UTM, WGS84, huso 19), siendo parte de la zona baja de la cuenca del Río San José y abarcando aproximadamente 38 km de la ruta A-27 –o Camino a Azapa- (Figura 1).

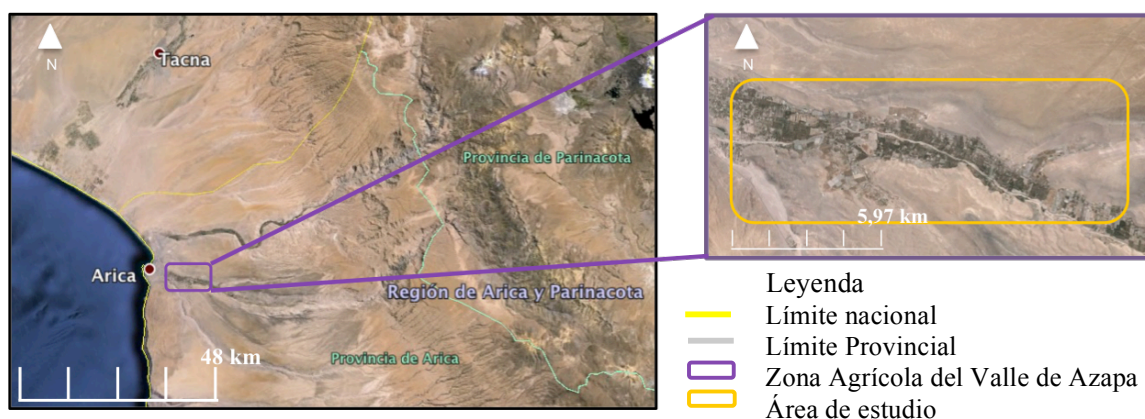


Figura 1: Área de estudio

Fuente: Elaboración propia en base a imágenes Landsat proporcionadas por Google Earth®.

El Valle se inserta en la cuenca del Río San José, la que abarca 3.187 km². Es alimentada por 3 cursos de agua: los ríos Seco, Laco y Tignamar (DGA, 2010) (Figura 2) y se encuentra inserta en la macrozona climática desértica, bajo dos sub-tipos: Desértico tropical marino y Desértico subtropical marino (DOH, 2011). Las precipitaciones se localizan en la zona alta de la cuenca, donde el clima es de carácter altiplánico, con incidencia de lluvias estivales –conocido como invierno boliviano-, alcanzando precipitaciones por sobre los 300 mm (para los distritos agroclimáticos de la zona altiplánica, por sobre los 4000 msnm), mientras en la zona baja de la cuenca las precipitaciones son prácticamente nulas (1,1 mm anual para el distrito agroclimático zona costera) (CNR, 2003). Según la zonificación hídrica realizada por Uribe et al. (2012) el Valle de Azapa se encuentra en condición Hiperárida, caracterizada por un período seco de 11 a 12 meses y precipitaciones medias anuales nulas.

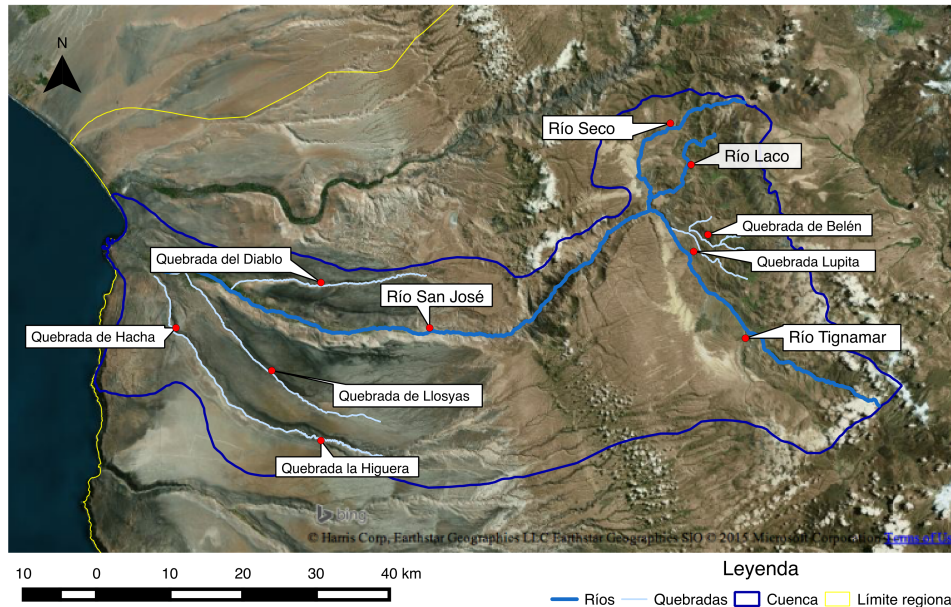


Figura 2: Cuenca Río San José.

Fuente: Elaboración propia.

Sistema Hídrico Las precipitaciones en el área agrícola del Valle son prácticamente nulas, existiendo una estación con registros desde el año 1980 con 11 entradas mensuales (acumulados) con precipitaciones distintas de 0, el mes con mayor precipitación según esta información es marzo de 2003 con 8,2 mm. (DGA, 2015).

El Río San José es un río de régimen pluvial, que alcanza el mar sólo en periodo estival, generalmente los meses de febrero y/o marzo, cuando las lluvias son abundantes en la cabecera de la cuenca. El caudal natural del Río San José, medido en Ausipar, antes de ingresar al sector agrícola del Valle, corresponde en promedio a $305 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, variando según las precipitaciones caídas en las cuencas afluentes (JICA, 1995).

El acuífero dentro del sistema es el Azapa, que se constituye a partir de depósitos de terrazas marinas y fluviales, siendo un acuífero de tipo no confinado y con una capacidad de almacenamiento aproximada de 302 millones de m^3 (JICA, 1995), siendo 100 millones de m^3 el volumen aprovechable (DGA, 2010). La recarga media del acuífero se estima en $725 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, siendo aproximadamente el 50% de esta producto de infiltración de precipitaciones en la parte alta de la cuenca (DGA, 2009a).

Para suplir la escasas hídrica del Valle, en 1962 se inaugura el sistema de trasvase de aguas Lauca-Azapa, que se oficializa en derechos de aprovechamiento de aguas (DAA) el año 1989, a través de la Resolución DGA N°320, con un volumen máximo de extracción de $35.718.308 \text{ m}^3$, en 2.166,44 acciones, siendo ampliados a $43.911.907 \text{ m}^3$ por la Resolución

DGA N°450 del año 2001. Estos derechos son administrados por la Comunidad de Aguas del Canal de Azapa (COMCA).

Suelos. Según REG (2002, citado por DOH, 2011) existen dos tipos de formaciones geológicas: terrazas –de no más de tres niveles- y conos – de poco desarrollo, pendientes suaves y de distribución esporádica a lo largo del valle-. La misma fuente indica que son suelos “moderadamente profundos a delgados, de texturas moderadas a gruesas, que varían entre franco arenoso a arenas francosas, que presentan un moderado contenido salino, ya que las precipitaciones escasas del valle no han removido suficientemente las sales de los materiales que les dieron origen”.

IREN (1976) indica que desde las terrazas de bocatoma (lugar donde se re-captan las aguas provenientes del sistema Lauca), la garganta formada por el eje fluvial del río se ensancha, permitiendo el desarrollo de las actividades agrícolas. Según la misma fuente, los depósitos de esta zona del valle corresponden a aluviones superpuestos, con materiales más gruesos en la zona aguas arriba y disminuyendo el tamaño a medida que se avanza hacia la ciudad, predominando en la zona alta las texturas gruesas, en la zona media las francas y en la zona baja las finas.

Las asociaciones agrícolas de suelo halladas en el Inventario de Recursos Naturales de IREN (1976) son: Asociación Maitas, Savona, Diablo, Sobraya, Acha, Cabuza y Auspisar. Según CNR (2003) las categorías de uso de suelo encontradas son 2-3-4-7 y 8.

Flora. Según la clasificación de Gajardo (1994) la vegetación natural corresponde a la formación denominada “Matorral Ripario de las quebradas y los oasis”. Esta se caracteriza por ser de origen antrópico y estar presente en aquellas áreas favorables para los cultivos intensivos y plantaciones, y se conforma principalmente de plantas introducidas –de origen tropical y mediterráneo- con comportamiento de maleza. El mismo autor declara que el alto grado de intervención humana y la inexistencia de información hacen difícil establecer la vegetación original.

Sistema Agrícola. El valle posee vocación agrícola y se considera productivo en una extensión de 65 km (IREN, 1976) desde su inicio en la ciudad de Arica, aunque, debido a la gran cercanía a la ciudad, los primeros 2 km han sufrido un fuerte cambio de uso de suelo², urbanizándose cada día más, y los últimos kilómetros presentan pequeñas extensiones productivas debido al paisaje y complejo acceso al agua. Los cultivos del valle son básicamente de dos tipos, frutales y hortalizas, siendo el Olivo el más reconocido y con mayor extensión de cultivo (con el 35% de área del valle agrícola), mientras que el tomate es la hortaliza de mayor producción (ODEPA, 2007). Otros productos de importancia son los frutos tropicales: mango, maracuyá y guayaba; y hortalizas como poroto verde y pimentón.

² En base a análisis visual en Google Earth se puede observar un cambio de uso de suelo agrícola a urbano en 150 ha en los primeros 2,5 km de Valle entre los años 2003 y 2015.

Dado lo interesante de los retornos económicos de las hortalizas, especialmente los que provienen del mercado del tomate, es que el área cultivable del valle se ha expandido (de 3500 a 5000 ha aproximadamente, cultivando en ladera de cerro) y se han reemplazado plantaciones de frutales (principalmente olivo) por hortalizas (Universidad de Chile, 2013).

Este nivel de agricultura no se concibe hasta el año 1962, en que se recurre al trasvase de aguas desde el sistema Lauca. Previamente las prácticas de riego consistían en aprovechar las “bajadas” de río, inundando los terrenos - lo cual ayudaba a lavar los suelos de exceso de sales (Céspedes, 1996) y aumentaba la tasa de recarga del acuífero-, mientras durante el año, se aprovechaban las aguas subterráneas a través de pozo o afloramientos naturales.

Agricultores y Organizaciones de regantes. En el Valle de Azapa existen 6 organizaciones de usuarios de aguas, 5 de ellas utilizan aguas subterráneas para abastecerse (considerando que los afloramientos y vertientes también hallan su origen en el acuífero), y sólo COMCA posee DAA superficiales continuos, que corresponden a las aguas de trasvase.

Las organizaciones presentes son:

- Comunidad de Aguas San Miguel y La Concepción, inscrita el año 1987, perteneciente a la Cooperativa Agrícola Juan Noé Crevani Ltda. Aprovecha aguas corrientes de la lumbrera San Miguel, formada con las lumbreras San Miguel Norte y San Miguel Sur y las aguas de la vertiente La Concepción (DGA, 1998).
- Comunidad de Aguas Los Albarracines, inscrita el año 1988, con 192 acciones equivalentes a 192 horas de riego, con un promedio anual de $70 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Comprende las vertientes: Socavón, Las Animas, El Río, Matavaca, Pejerrey, Conchalique, El Estanque, Condenados, El Quintay y El Pleito. Las aguas se recolectan por un canal distribuidor único denominado Canal Comunal Los Albarracines (DGA, 1998).
- Comunidad de Aguas Vertiente El Gallito, el año 1991. Registra 168 acciones (DGA, 1998).
- Comunidad de Aguas Vertiente Mita Chica, inscrita el año 1992. Registra 168 acciones (DGA, 1998).
- Comunidad de Aprovechamiento de Aguas Vertiente Media Luna, inscrita el año 1993. Registra 168 acciones que representan un caudal de $100 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ (DGA, 1998).
- Comunidad de Aguas del Canal de Azapa: Registra $43.911.907 \text{ m}^3$ en 2.663,41 acciones, constituida en 1991 (DGA, 2001).

Método

Índice de pobreza Hídrica. El Índice de Pobreza Hídrica (WPI, por sus siglas en inglés) fue desarrollado el año 2002 por el Centro para la Ecología e Hidrología de Reino Unido. Es un índice compuesto que se construye a partir de 5 ámbitos que buscan medir distintos aspectos de la pobreza hídrica³ (Sullivan y Meigh, 2006):

- **Recurso:** Busca determinar la disponibilidad natural de agua, tomando en cuenta la variabilidad estacional e interanual, volumen y la calidad.
- **Acceso:** Busca medir cuán bien prevista está la población, considerando como bases el agua para uso doméstico e irrigación.
- **Capacidad:** Busca evaluar la capacidad de las personas para manejar el recurso.
- **Uso:** Busca rescatar todos los usos que se le da al agua, y su contribución al desarrollo efectivo de la población.
- **Ambiente:** Busca reflejar el impacto ambiental que el manejo actual del agua tiene sobre la integridad de los ecosistemas.

Cada uno de los ámbitos es determinado a partir de variables, las cuales son evaluadas a través de indicadores. La importancia de cada ámbito y cada variable se otorga a través de pesos relativos, lo que entrega un mayor grado de localidad a la configuración del índice (Sullivan, 2002) (Figura 3).

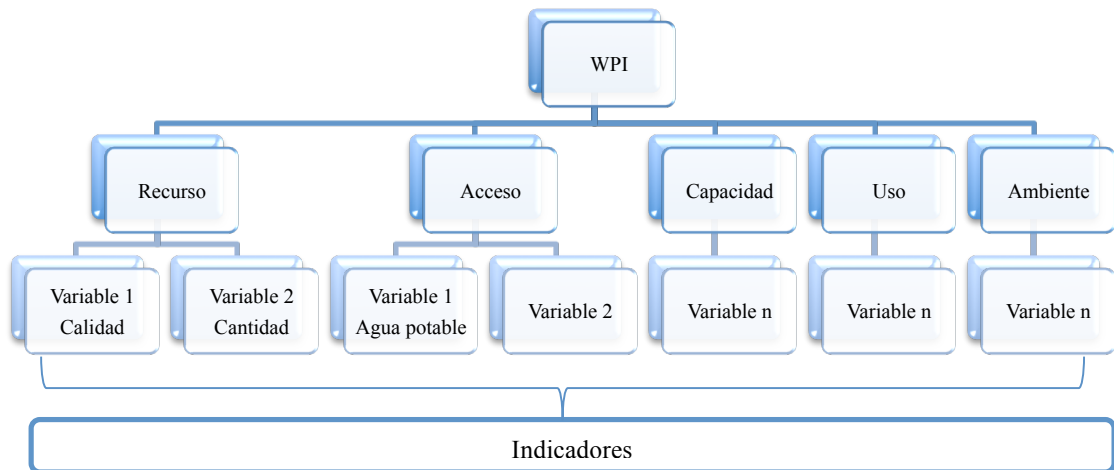


Figura 3: Modelo de construcción del índice de Pobreza Hídrica.

Fuente: Elaboración propia en base a Sullivan, 2002.

³ Pobreza hídrica, en el contexto del WPI, es un concepto que se basa en la comprensión del agua como medio para el desarrollo (Sullivan, 2002), por lo que es posible definirlo como la ausencia de alguna de las dimensiones que abarca el uso de los recursos hídricos que merma el desarrollo efectivo de la población.

Los valores que el Índice alcanza varían entre 0 y 100, siendo 0 máxima pobreza hídrica y 100 nula. La calificación realizada por Gong et al. (2013), distingue 5 categorías, presentadas en el Cuadro 1, que varían desde un estado Muy Inseguro, de alta pobreza hídrica, donde los recursos hídricos, y los componentes sociales y ambientales que de él dependen, están seriamente degradados y esto obstaculiza el desarrollo sustentable del territorio, hasta Muy Seguro, donde el sistema hídrico (recurso natural, medio ambiente, tecnología y gestión) se encuentran en alta coordinación, favoreciendo el desarrollo.

Cuadro 1: Categorización WPI.

Calificación	Valor
Muy Inseguro (Pobreza extrema)	<35
Inseguro (Pobreza severa)	35 – 47,9
Poco Seguro (Pobreza alta)	48 - 55,9
Seguro (Pobreza Media)	56 – 61,9
Muy Seguro (Baja pobreza)	>62

Fuente: Elaboración propia en base a Gong et al. (2013)

Adaptación al Valle de Azapa. La adaptación del Índice de Pobreza Hídrica en el Valle de Azapa se realizó utilizando métodos participativos para la identificación de las variables de cada ámbito, realizando dos tipos de acercamientos cualitativos: entrevistas y talleres focales con actores claves. La población objetivo fueron aquellos agricultores del Valle de Azapa que tuvieran derechos de aprovechamiento de agua, fuesen propietarios de tierra, y vivieran en la zona desde hace más de 15 años –con el fin de evitar la inclusión o exclusión de variables debido al desconocimiento de las dinámicas hidro-climáticas de la zona-.

Las entrevistas tuvieron como objetivo reconocer las variables relevantes para los agricultores de manera exploratoria, mejorando la comprensión del lenguaje y contexto local para facilitar la comprensión en los talleres focales. Bajo un diseño semi-estructurado (estructura y pauta de entrevista en Apéndice 1), se realizaron considerando 3 grupos de poseedores de derechos de aprovechamiento de agua –pequeños, medianos y grandes⁴, con el fin de recoger la mayor diversidad. El número de encuestas consideraba un mínimo de 6, con el fin de triangular (manteniendo las diferencias por grupo), y un máximo indefinido, buscando saturar respuestas. La aproximación a la identificación de las variables no es directa, no se explica a fondo cada uno de los ámbitos, sino que se levantan a lo largo de la conversación, la cual se enmarca en la escases hídrica del valle, para así lograr la identificación personal, por parte del agricultor, de “elementos necesarios de conocer” para cambiar esta situación.

El primer taller focal se desarrolló en dependencias de COMCA, con invitación ampliada. Se presentaron y explicaron los 5 ámbitos, ejemplificando para cada uno una variable

⁴ Esta clasificación se hizo en base al análisis de derechos de aprovechamientos de aguas entregados para aguas subterráneas y superficiales de cuenca del Río San José y de las aguas provenientes del sistema Lauca, considerando pequeños a quienes poseen menos de 10 l·s⁻¹, medianos a quienes poseen entre 10 y 20 l·s⁻¹ y grandes a quienes poseen más de 20 l·s⁻¹.

posible a medir (presentación de Taller 1 en Apéndice 2); acto seguido se convocó a identificar aquellas variables relevantes, a través del diálogo, lo que permitió que aquellas variables poco relevantes (propuestas en el mismo taller, o reconocidas en las entrevistas) fuesen descartadas por los propios asistentes.

Posterior a la identificación de variables, y en trabajo de gabinete, se procedió a evaluar la factibilidad de incorporarlas al índice, esto en base a la disponibilidad de información respecto al estado de la variable o a la posibilidad de levantar aquella información.

Una vez determinadas las variables que tienen factibilidad de medición, se presentaron en un segundo taller focal para su discusión, junto con la forma de evaluarlas, para asegurar que se mantenga concordancia con lo determinado en el taller 1 (presentación introductoria Taller 2 en Apéndice 2). A este segundo taller se llamó a los mismos actores del taller 1, haciendo además extensiva la invitación vía COMCA y Servicio País⁵ intervención Azapa. En él, además, se determinaron las importancias relativas entre variables y entre ámbitos, para lo cual se utilizó el método de comparación de pares, con una escala de valores de 5 criterios (Cuadro 2), inferida a partir del primer taller⁶.

Cuadro 2: Escala de valor para la comparación de pares.

Grado de importancia	Valor
Mucho más importante	3
Más Importante	2
Igual de importante	1
Menos importante	1/2
Mucho menos importante	1/3

La matriz de comparación utilizada en la evaluación sigue el modelo que se presenta en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Matriz modelo de comparación de pares.

Ámbito	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3	Ítem 4	Ítem 5
Ítem 1	1	X^{-1}	Y^{-1}	...	...
Ítem 2	X	1	Z^{-1}	...	...
Ítem 3	Y	Z	1	...	...
Ítem 4	...	...	...	1	...
Ítem 5	...	...	...	...	1

Fuente: Saaty (2008).

⁵ Programa de intervención de la Fundación Superación de la Pobreza, que busca apoyar y mejorar el bienestar y competitividad de territorios vulnerables (FSP, 2014).

⁶ Esta inferencia difiere de la clásica escala de 9 ítems de Saaty (1980, citado por Saaty, 2008), dejando fuera los criterios de “ligera” y “demostrablemente” más - o menos- importante, ya que en el desarrollo del debate del primer taller las declaraciones apuntaban a una marcada diferencia entre las variables, y sumar los dos criterios podía interrumpir la dinámica resolutoria del segundo taller.

Posteriormente, se asignó un peso porcentual a cada variable a través del desarrollo de la metodología de comparación de pares expuesta por Toskano (2005). Del mismo modo se hizo con los 5 ámbitos del índice.

Una vez definida la composición del índice, se procedió a la búsqueda de información para cada variable. Como el índice requiere de entradas numéricas, se buscaron indicadores que cumplieran con esa condición. Aquellas variables que no contaban con información previa o que no tenían un indicador cuantitativo, se adaptaron de forma tal que lograsen ser incluidos en el índice.

Habiendo obtenido los valores para cada indicador, y por ende para el Índice de Pobreza Hídrica del valle, se procedió a identificar las variables a mejorar, cuyo impacto supondrá una reducción de la pobreza hídrica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se detallan las variables identificadas a través de entrevistas (de manera preliminar) y un primer taller focal. Posteriormente, se detallan los indicadores utilizados para evaluar su estado y los resultados de dicha evaluación, a partir de lo que se jerarquizan a través de dos criterios: intervención en aquellas variables que mayor impacto generarán dado su alta importancia en el WPI e intervención en las variables de menor dificultad. Junto con esto, se realiza una breve comparación con valores de WPI existentes para zonas climáticamente similares (a escala local) y con realidades a escala nacional.

Entrevistas

Se realizó un total de ocho⁷ entrevistas, identificando 12 variables preliminares, presentadas en el Cuadro 4. A partir de la séptima entrevista se logró la saturación – las respuestas nuevas no aportaban mayor información-, pero hubo variables que sólo lograron triangulación mínima -identificación por parte de 3 personas- (Cuadro 4, en cursiva).

Cuadro 4: Variables preliminares detectadas mediante entrevistas.

Ámbito	Variable
Recurso	Explotación: cantidad de agua utilizada respecto a la recarga
	<i>Calidad de las aguas</i>
Acceso	Cobertura de agua potable
	Estado de los canales- Canalización de acequias
Capacidad	<i>Extracción real desde cada pozo, respecto al derecho asignado</i>
	Tipos de riego implementados en el valle y cobertura
Uso	Capacitaciones y <i>Asistencia técnica</i>
	<i>Aguas del Altiplano</i>
	Cantidad de agua utilizada por cada uso.
Ambiente	<i>Comercialización de aguas</i>
	Deforestación de Olivos
	<i>Deforestación vegetación “nativa”</i>
	<i>Estado de las aves</i>

De las variables expuestas en cursiva cabe señalar ciertos elementos que son relevantes para el proceso de levantamiento de información:

⁷ Cabe declarar que del total de 10 entrevistas, las dos primeras no se incluyen en el resumen de variables, ya que son consideradas testeo del instrumento (Pezo, 2012) – prueba inicial para definir la forma de aproximación y evitar direccionar las respuestas-.

- La variable Calidad de las Aguas fue considerada importante por aquellas personas que realizaban cultivo de hortalizas o que demostraban conocimiento relativo a la alta contaminación por agroquímicos.
- La variable Asistencia Técnica fue detectada por tres agricultores, y fue asociada a instancias de capacitación propuestas por empresas proveedoras de tecnología de riego a las cuales habían asistido. Declararon también haber participado, en el corto plazo (5 años), en capacitaciones de riego propuestas por instancias públicas – INIA y Universidad de Tarapacá principalmente-.
- Aguas del Altiplano corresponde a la empresa proveedora de agua potable para la ciudad de Arica, y se reconoce como relevante dada la continua extracción de aguas desde el acuífero y a los conflictos por robo de agua que se han detectado⁸.
- Comercialización de las Aguas fue una variable distinguida claramente como tal sólo por dos personas, pero se logró inferir de al menos 2 personas más, que se referían a ella como “los usos nuevos que se le dan al agua” o “el agua para las pesqueras” (refiriéndose a volúmenes de agua vendidos a empresas pesqueras para actividades de limpieza) u otros.
- La variable Extracción de Agua de Pozo respecto al derecho asignado fue identificada sólo por agricultores que contaban con pozos en sus predios. A partir de las entrevistas se pudo constatar que si bien el valle no cuenta en su totalidad con una red de agua potable, la alternativa para el consumo humano es la extracción de agua de pozo, por lo que esta variable cobraba más importancia cuando la exponía un agricultor que hace uso de ellos para agua de bebida, algunos de los cuales, dada la baja en los niveles freáticos e imposibilidad de profundizar sus pozos, fueron o aún son abastecidos por camiones aljibes o deben comprar agua embotellada.

Otro aspecto a señalar es que la variable fue reconocida tanto por agricultores que poseen derechos del Sistema Lauca, como por quienes no, por lo que la estabilidad respecto al riego (cualidad que se asocia a quienes poseen derechos COMCA), que podría suponer una menor preocupación por la situación de los pozos, no parece un aspecto que incida.

- Tanto la variable Deforestación de Vegetación “Nativa” como Estado de las Aves fueron identificadas por 4 personas, todas nacidas y criadas en el valle. Se relaciona a la vegetación existente en la ribera del río, sin hacer distinción entre nativas y exóticas con características de maleza. Además, a partir de la conversación, se logra

⁸ Como situaciones relevantes detectadas en las entrevistas se reconocen la imposibilidad de “usar los pozos ya que la empresa chupaba (extraía) agua todo el día, dejaba los pozos secos” (entrevista 6) y la dificultad de defender sus DAA dado “el poder que tiene la empresa, con toda la plata (dinero) que tienen, no se hacen problema y acá (los agricultores del valle) no podemos defendernos” (entrevista 3). Declaraciones respaldadas por demandas interpuestas por COMCA dadas a conocer en la prensa local (Salgado, 2011).

deducir que la presencia de este tipo de vegetación se asocia no sólo a un menor nivel de producción en el valle, si no también al riego por inundación que se daba antaño.

- En cuanto a Estado de las Aves, parece estar asociada principalmente al picaflor de Arica, especie que ha sido altamente mediatizada en el valle. Sólo una persona reconoce el rol ecosistémico de la especie, las otras tres la asocian al concepto “medio ambiente” de manera genérica, sin nexos claros al agua.
- Cabe destacar que la variable Deforestación de Olivos fue declarada como ambiental relacionando el tipo de riego que tradicionalmente se aplica a la especie – surco o poza- a la recarga del acuífero. Esta asociación, junto con otras dentro del proceso de entrevistas, develó el conocimiento que tiene el agricultor respecto a los procesos hídricos de la cuenca y a la influencia que tiene la actividad humana sobre él.

Taller focal 1: Identificación de variables

El primer taller, cuyo objetivo fue identificar las variables a evaluar en el WPI, tuvo una participación de 12 personas, todos agricultores de acuerdo al perfil, y se logró representar una extensión aproximada de 30 km. La duración del taller fue de 2,5 horas, una más de la esperada, debido a la discusión que se dio entre los actores. Las variables detectadas se indican en el Cuadro 5.

En estos resultados preliminares se observa que gran parte de las variables identificadas en entrevistas se repiten en el taller, incorporándose: la inclusión de temáticas hídricas en la educación de los jóvenes del valle y el Estado de las Plagas.

La variable Estado de las Plagas junto con el resto de las variables consideradas para el ámbito ambiente fueron las que ocuparon gran parte de la conversación, el ámbito en sí fue de difícil desarrollo, no por falta de comprensión, si no por el hecho de declarar la inexistencia de elementos “medioambientales de carácter natural” en el valle. En la discusión fueron claves ciertos asistentes que tienen relación a la conservación de fauna nativa (picaflor de Arica y Cora; *Eulida yarrelli* y *Thaumastura cora*) y a gestiones municipales, motivo por el cual la conversación derivó en aquellos aspectos que afectan la avifauna del lugar: la deforestación de olivo y la aplicación de plaguicidas (que se tradujo en el estado de las plagas en el valle). Cabe declarar que esta última variable tuvo un nivel de aceptación relativamente bajo, no por restarle importancia, si no, porque al modificarla

Cuadro 5: Variables determinadas en 1^{er} taller focal.

Ámbito	Variable
Recurso	Explotación de aguas
	Calidad de las aguas
Acceso	Cobertura de agua potable
	Estado de la red de canales
Capacidad	Capacitaciones realizadas en los último 10 años (privados y público)
	Personas realmente capacitadas en riego
	Inclusión de riego y manejo de agua en escuelas del valle
Uso	Tecnología en el valle
	Usos reales del agua
	Presión (demanda) hídrica desde Arica
Ambiente	Deforestación de Olivo
	Estado de plagas
	Estado de las aves

se vería afectada la economía del valle: disminuir el nivel de plagas significa aumentar la aplicación de agroquímicos, dañando el medio, pero la no aplicación significa pérdida de ingresos.

La variable Deforestación de Olivo, fue comprendida bajo dos visiones dentro de lo ambiental: como hábitat -sustituto de la vegetación natural- y medio para la recarga del acuífero, debido al riego por inundación y tendido que aún se realiza en algunos predios.

Otra de las variables más debatidas fue la Presión Hídrica desde Arica, debido al crecimiento de la ciudad. La discusión de esta variable en el taller se desarrolló a partir de 5 ejes: la extracción continua de agua desde el acuífero que el Código de Aguas (DFL 1.122) permite, los conflictos debido a la extracción desde pozos ilegales, el crecimiento desmedido de la ciudad de Arica (y la preocupación por inmigración debido a proyectos mineros proyectados para el futuro), el traspaso de DAA desde Arica (zona baja del acuífero) hacia la zona agrícola, y la declaración de los pozos ubicados en Pampa Concordia como “no aptos para el consumo humano”.

Respecto al ámbito Capacidad, se reconoció de manera unánime el auto aprendizaje y la falta de capacitación en técnicas de riego, las que si bien han ido mejorando, no alcanzan rendimientos ideales y evolucionan con un desfase de tiempo (según los agricultores, el valle se moderniza en técnicas de riego 10 años después de la implementación de tal tecnología en el sur de Chile o países en condición de escasas hídrica). Dentro de la discusión se establece que hace más de 10 años se realizaron las últimas capacitaciones o asistencias técnicas de entidades públicas o privadas, y reconociendo que la tecnología avanza cada día más, es que la cantidad de personas capacitadas durante este período de tiempo y las capacitaciones efectivamente realizadas fueron consideradas variables importantes de evaluar. Debido a lo mismo, se consideró pertinente incluir la educación en

manejo de aguas que reciben los jóvenes del valle, ya que se espera que, dada la existencia de la carrera de técnico agrícola, estén más informados y conozcan mejor las distintas técnicas de riego.

Descripción y evaluación de factibilidad de medición de las variables.

Habiendo determinado las variables en conjunto con los agricultores se procedió a describir cada variable en base a la discusión desarrollada en el taller, para posteriormente determinar qué indicador utilizar en su medición y la factibilidad de realizar dicha medición. Se consideraron factibles aquellas variables que tuviesen información disponible –o su levantamiento fuese viable temporal y económicamente -, y la existencia, o facilidad de adaptación, de indicadores para su medición.

La descripción de las variables (Cuadro 6) se realizó en base a lo consensuado en el taller N°1. La dinámica propia del taller junto con el grado de conocimiento de las distintas variables generaron descripciones relativamente heterogéneas entre sí, siendo algunas bastante más cercanas a un indicador - en cuanto a expresión matemática- y otras sólo a una idea o concepto.

Se efectuó una revisión de la información disponible para cada variable, acudiendo a fuentes secundarias y primarias, con el fin de determinar la factibilidad de ser evaluadas, seleccionando sólo 10 variables, quedando fuera: Explotación de Aguas Superficiales, Estado de Plagas, Estado de las Aves y Personas Capacitadas en Riego.

La variable Explotación de Aguas Superficiales queda fuera dada la inoperancia de evaluarla. Sólo COMCA lleva registro de uso de las aguas procedentes de trasvasije, informando a DGA, y utilizan un sistema de alícuotas (reducción porcentual igualitario entre socios) cuando el volumen extraíble es menor a sus DAA –informado por DGA a partir de evaluaciones de estado del sistema Lauca- por lo que no se develarán situaciones de sobrexplotación. El caso de las vertientes y afloramientos es inviable dada la falta de registros, y, por otro lado, si se considera que ambas son afloramientos de aguas subterráneas, su uso sólo se llevará a cabo cuando las condiciones del acuífero sean favorables.

Cuadro 6: Descripción de las variables planteadas en taller N°1.

Ámbito	Variable	Descripción
Recurso	Explotación de aguas subterráneas	Cantidad de agua extraída desde el acuífero Azapa, respecto a su recarga.
	Explotación de aguas superficiales	Cantidad de agua extraída desde las fuentes superficiales (vertientes y afloramientos; diferenciado de aguas provenientes del Canal Lauca), respecto al caudal superficial anual.
	Calidad de las aguas	Condición bioquímica del agua para desarrollar actividades agrícolas.
Acceso	Cobertura de agua potable	Cobertura de las distintas fuentes de agua potable presentes en el valle.
	Estado de la red de canales ⁹	Porción de la red que se encuentra entubada. Pérdida de agua debido a infiltración o evaporación desde los canales.
Capacidad	Capacitaciones realizadas en los último 10 años (privados y público)	Instrucciones provenientes desde organismos públicos o privados cuyo objetivo sea mejorar el manejo de las aguas.
	Personas (realmente) capacitadas en riego	Número de agricultores capacitados en riego en los últimos 10 años, respecto al total de agricultores.
	Inclusión de riego y manejo de agua en escuelas del valle	Presencia de la temática hídrica, sistemas de riego y eficiencia en los establecimientos del valle.
Uso	Tecnología en el valle	Cobertura de los distintos tipos de riego presente en el valle.
	Usos reales del agua	Usos que se le dan al agua del valle, incluyendo aquellos productos de la venta de agua.
	Presión (demanda) hídrica desde Arica	Grado de impacto generado por el crecimiento poblacional de Arica sobre el acuífero de Azapa.
Ambiente	Deforestación de Olivo	Hectáreas deforestadas de olivos.
	Estado de plagas	Porción del valle infectada con plagas cuyo control afecta el medioambiente.
	Estado de las aves	Estado de las aves en el valle, ya sea su diversidad, afección de hábitat u otro.

⁹ Se consideran dos maneras de medir la variable, estando ambas relacionadas. Este hecho da cierta libertad en la búsqueda de información para la determinación del estado, pero a su vez obliga a determinar cuál de las dos aporta de mejor manera a la medición de la pobreza hídrica del valle.

La variable Estado de Plagas en el Valle no se consideró por falta de información disponible para elaborar un indicador; habiendo conversado con la SEREMI de Agricultura y SAG presentes en la región se establecieron tres parámetros básicos para medir esta componente (siguiendo el matiz de la variable): el tipo de plaga, el área afectada y el manejo que se le da a estas. Para esto, y considerando que la variable surge como afección a los componentes bióticos naturales del valle, se necesitaba saber cuáles son los agroquímicos que afectan la flora y fauna, para así conocer quiénes (y en cuántas hectáreas; “área contaminante”) han hecho uso de ellos; el primer elemento podría investigarse en un plazo pertinente, no así lograr dimensionar el “área contaminante”, lo que hubiese requerido una toma de datos del valle completo en base a encuestas, o entrevistas persona a persona con los aplicadores autorizados (lo que tampoco hubiese sido útil debido a la aplicación fuera de norma que se reconoce en el Valle¹⁰).

La tercera variable, Estado de las Aves, fue eliminada debido a la falta de elementos de comparación en la zona (no existen registros de las comunidades originales) y a que variables como abundancia serían poco pertinentes debido al comportamiento de las especies –alta competencia entre ellas ha generado pérdidas de hábitat-. Teniendo como premisa que el ámbito Ambiente no tiene mayor consideración dentro de la población objetivo, es que se vuelve poco eficiente adentrarse en esta temática¹¹.

La cuarta variable no considerada, Personas Capacitadas en el Valle, fue eliminada por la imposibilidad de conocer el número preciso. La falta de registros de las capacitaciones realizadas (o de las listas de asistencia) en algunos servicios públicos, y la imposibilidad de entrevistar a todos los agricultores y empleados presentes en el valle, volvió imposible contabilizar esta variable.

Resolviendo no considerar estas 4 variables, se determinó un indicador para cada una de las 10 variables restantes. Las variables Capacitaciones, Escuelas, Usos Presentes y Presión Hídrica de Arica presentan dificultad al no poder ser representadas por un indicador ya existente, pero su presencia en el índice es clave para los agricultores. Para estas 4 se generaron “propuestas de indicadores”, los cuales, de ser considerados apropiados para su aplicación en el futuro, deben ser validados a través de mecanismos pertinentes (consulta a expertos, actores atinentes y/o consulta pública) y aplicados a una muestra determinada estadísticamente válida (cuando corresponda). Cabe aquí mencionar que la variable “Capacitaciones realizadas en los último 10 años (privados y público)” fue acotada sólo a las ofrecidas por entidades públicas, dada la no respuesta por parte de entidades privadas relacionadas a tecnología de riego. En el Apéndice 3 se hayan fichas para cada uno de estos cuatro indicadores, considerando el formato establecido por la CEPAL (Quiroga, 2009) para la elaboración de indicadores, que incluye: su descripción, relevancia, tendencia, direccionalidad, limitaciones, fórmula de cálculo, definición de variables, periodicidad,

¹⁰ Situación declarada en el taller focal 1 como parte de las técnicas auto aprendidas junto a la implementación de tecnologías de riego.

¹¹ Argumento en base a conversaciones con Herreros (2012 y Estados (2012) quienes han investigado por más de 10 años el estado de la avifauna del valle.

discusión y el origen de la información. El Apéndice 4 contiene, bajo el mismo formato, los indicadores para las 6 variables restantes, y ambos apéndices se encuentran resumidos en el cuadro 8 de la sección siguiente.

Taller focal 2: Pesos relativos e indicadores

El grupo de 10 variables finales se presentaron en un segundo taller, que tuvo por objetivo establecer pesos relativos entre las variables de un mismo ámbito y entre ámbitos, utilizando el método de comparación de pares, y aprobar los indicadores a utilizar. A este taller asistieron 8 personas, 6 participantes previos y 2 nuevas. El taller tuvo una duración de 1,5 horas aproximadamente, existiendo bastante consenso respecto a la valoración de cada ámbito y variable.

El resultado de este taller se presenta en la Figura 4 y Cuadro 7.

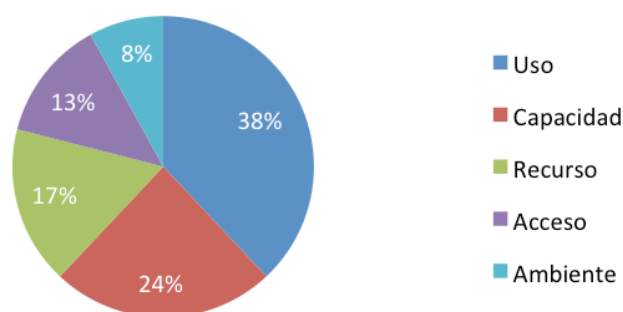


Figura 4: Pesos relativos para cada ámbito dentro del Índice de Pobreza Hídrica.

Cuadro 7: Pesos relativos para cada variable del Índice de Pobreza Hídrica.

Ámbito	Variable	Peso relativo	Peso en WPI *
Recurso	Calidad	14%	2%
	Explotación subterránea	86%	15%
Acceso	Cobertura Potable	25%	3%
	Estado de los canales	75%	10%
Capacidad	Capacitaciones	33%	8%
	Escuelas	67%	16%
Uso	Tecnificación	23%	9%
	Presión de Arica	45%	17%
	Usos presentes	32%	12%
Ambiente	Deforestación	100%	8%
Total			100%

* Se considera "Peso en WPI" el peso relativo de la variable multiplicado por el peso del ámbito.

Como se muestra, el ámbito más importante es Uso, siendo más de 4 veces mayor a Ambiente, lo que es coherente con la discusión planteada anteriormente. Así mismo, las variables de mayor influencia dentro del índice son la Presión ejercida desde Arica, la entrega de conocimientos respecto al manejo del agua en las Escuelas del Valle, los Usos Presentes y el Estado de los Canales.

Llama la atención el alto porcentaje final obtenido por la variable Escuelas, del ámbito Capacidad, lo que tiene directa relación con la no consideración de la variable “Personas realmente capacitadas” que buscaba determinar el real conocimiento respecto al manejo del agua en el valle, provocando que los agricultores asistentes trasladen esta inquietud hacia el desarrollo de los jóvenes. El alto grado de diferencia de la variable Escuelas respecto a Capacitaciones tiene relación con la amplia aceptación de ser autodidactas, de haber implementado nueva tecnología y haber desarrollado habilidades durante el último tiempo sin mayores aportes intelectuales por parte del Estado, logrando aumentar su eficiencia. Cabe además considerar que a lo largo del taller se lograron conocer ciertas situaciones que alejan al agricultor de los servicios públicos, como la no adjudicación de bonos o subsidios, que suma un antecedente a la valoración dada.

Las cinco variables que resultan de mayor importancia en el cálculo del WPI son, en orden decreciente: la Presión de Arica, Escuelas, Explotación de Agua Subterránea, Usos presentes y Estado de los Canales; siendo esto consecuente con la discusión que se llevó a cabo en ambos talleres. Las variables, a excepción de Escuelas, son bastante coherentes con la discusión, historia y contingencia del Valle: la disminución de los caudales subterráneos (identificada como consecuencia directa de la dependencia de Arica a las aguas del valle) y superficiales (por condiciones naturales y el estado de la red distribuidora), y el cambio de uso del agua, situación no regularizada que genera tensiones entre los mismos agricultores.

La variable menos importante resulta ser Calidad de las Aguas, hecho que si bien no resulta del todo sorprendente –dado el consenso que la calidad de las aguas de Valle es buena, respecto a los valles aledaños-, sí llama la atención que se haya valorado menos que la variable Deforestación, situación que es confusa dada la discusión del primer taller, donde no se reconoció como relevante el ámbito Ambiente en sí. Esta situación da pie a pensar que en la comparación de pares realizada para el ámbito Recurso posiblemente se necesitó de al menos un criterio más – “ligeramente más importante”- que lograra una mejor o más exacta determinación del grado de importancia de la variable Calidad, y así ser más fiel a la percepción de los asistentes.

Al presentar los indicadores (resumidos en Cuadro 8) con los cuales se medirían las variables, no hubo reparos. Este hecho debe tomarse con precaución, ya que pudo intervenir en ello el haber presentado los indicadores al final del taller, posterior a la discusión para definir las ponderaciones, existiendo mayor cansancio en los asistentes.

Cuadro 1: Indicadores utilizados.

Variable	Indicador	Fórmula	Fuente de la información
Calidad de Aguas	Índice de Calidad de Aguas	$ICA_{Azapa} = \frac{ICAS_{Lauca} + IC_{Azapa}}{2}$ <p>Donde: ICA_{Azapa}: es el índice de calidad de aguas para el valle de Azapa $ICAS_{Lauca}$: es el índice de calidad de aguas superficiales para el río Lauca y sus tributarios. IC_{Azapa}: es el índice de calidad de aguas para el acuífero de Azapa.</p>	DGA, 2004. DGA, 2009a. Lubell, 2009. Torres y Acevedo, 2008.
Explotación de Aguas Subterráneas	Nivel de explotación de aguas subterráneas	$E_{Sub} = \frac{Ra A}{Total DAA} \times 100$ <p>Donde: E_{Sub}: es el nivel de explotación de aguas subterráneas RaA: es la recarga anual del acuífero, expresada como caudal. $Total DAA$: Es el caudal total de agua subterránea otorgado mediante derechos de aprovechamiento.</p> <p>Cualquier valor superior a 1 debe indicarse como 1 en el WPI.</p>	DGA, 2013a.
Cobertura de Agua de Bebida	Nivel de cobertura de agua para consumo humano	$CAP = \frac{A + B}{TF} \times 100$ <p>Donde: CAP: Cobertura de agua bebida A: Total de hogares abastecidos de agua proveniente de red B: Total de hogares abastecidos de agua de pozo TF: Total de hogares en el valle</p>	INE, 2012a.

(continua)

Cuadro 8: Indicadores utilizados (continuación)

Variable	Indicador	Fórmula	Fuente de la información
Estado red de Canales	Eficiencia de la red de canales	$Ec = \frac{\sum Aa}{AT} \times 100$ <p>Donde: Ec: eficiencia del canal en conducir el agua. Aa: caudal de agua medido en cada aforo (diferenciado por tramo). At: caudal pasante en el canal matriz</p>	DOH, 2011.
Capacitaciones	Importancia dada al manejo del agua	$IMA = \frac{PCS}{PC} \times 100$ <p>Donde: IMA: Importancia dada al Manejo de Agua; énfasis dado al manejo sustentable del recurso hídrico PCr: Número de personas que se capacitan en sistemas sustentables de aprovechamiento de agua (sea para riego o consumo humano) PC: Número de personas que asisten a instancias de capacitación donde se trate de manera directa e indirecta el manejo y aprovechamiento del agua.</p>	INIA-URURI, 2013.
Escuelas	Representatividad escolar de la temática hídrica	$R_{H20} = \frac{R30}{RT} \times 100$ <p>Donde: R_{H20}: Es la representatividad que tiene la temática hídrica en la especialidad. R30: Ramos de la especialidad en los cuales los contenidos que tratan la temática hídrica alcanza o supera el 30%. RT: Ramos totales de la especialidad.</p>	MINEDUC, 2012. Quiroz, 2012.
Tecnificación de riego en el valle	Nivel de tecnificación de riego	$N Tec = \frac{\sum H_{RT}}{H_T} \times 100$ <p>Donde N Tec: es el nivel de tecnificación H_{RT}: Hectáreas con riego tecnificado H_T: Hectáreas totales cultivadas</p>	INE, 2007. Morales, 2012. Universidad de Chile, 2013.

(continua)

Cuadro 8: Indicadores utilizados (continuación)

Variable	Indicador	Fórmula	Fuente de la información
Presión hídrica	Capacidad de suplir la demanda hídrica de Arica	$SP = \frac{Rd}{D.P} \times 100$ <p>Donde: SP: es la capacidad de suplir la demanda hídrica para consumo humano proveniente de la zona urbana de la ciudad. Rd: Recarga disponible para usos no propios del valle D.P.: es la demanda hídrica de la población urbana</p>	DGA, 2009b. DGA, 2013a. DGA, 2013b. INE, 2014. SISS, 2009.
Usos presentes	Estabilidad de los usos tradicionales	$Est. de los usos = \left(1 - \frac{TV Q_{subA_b}}{Q_{subA_g a}}\right) \times 100$ <p>Donde: Est. de los usos: es el nivel de estabilidad de los usos (Agua potable rural – APR- y Agricultura) TVQ_{subA_b}: es el total de transacciones de caudales subterráneos de propiedad de agricultores o APR vendidos de manera expresa a empresas cuyo rubro no es el agrícola durante un año “a” Q_{subA_ga}: Es el total de caudal destinado a agricultura y APR a inicios del año “a”.</p>	DGA, 2013b.
Deforestación de olivo	Variación de superficie de olivo	$VO = \frac{OA}{OH} \times 100$ <p>Donde: VO: es la variación intercensal de hectáreas ocupadas por olivos. OA: son las hectáreas en producción en base al último censo agropecuario. OH: son las hectáreas en producción en base al penúltimo censo agropecuario.</p>	INE, 2012b.

Determinación del estado de las variables

Como resultado del segundo taller focal se contó con la aprobación de los indicadores y la determinación de pesos relativos para los distintos ámbitos y las variables que los conforman, con lo cual se evaluó cada variable y se construyó el Índice de Pobreza Hídrica, alcanzando un valor de 49,81, de alta pobreza hídrica, que según Gong (2013), es un estado donde los sistemas naturales, sociales y económicos se coordinan de manera que permiten un desarrollo de baja satisfacción, donde la seguridad de dicho equilibrio es baja. El Apéndice 5 contiene las fichas detalladas del cálculo para cada variable, considerando las fuentes utilizadas y los criterios de construcción. El Cuadro 9 resume los resultados de dichas fichas.

Cuadro 9: Estado de las variables.

Ámbito	Variable	Indicador	Estado	Aporte al WPI*
Recurso	Calidad de Aguas	Índice de Calidad de Aguas	70,50	1,68
	Explotación de Aguas Subterráneas	Nivel de explotación de aguas subterráneas	45,23	6,78
Acceso	Cobertura de agua de bebida	Nivel de cobertura de agua para consumo humano	81,01	2,63
	Estado red de Canales	Eficiencia de la red de canales	80,00	7,80
Capacidad	Capacitaciones	Importancia dada al manejo del agua	38,49	3,05
	Escuelas	Representatividad escolar de la temática hídrica	13,33	2,14
Uso	Tecnificación de riego en el Valle	Nivel de tecnificación de riego	75,00	6,56
	Presión de Arica	Capacidad de suplir la demanda hídrica de Arica	0,00	0
	Usos Presentes	Estabilidad de los usos tradicionales	91,83	11,17
Amb.	Deforestación de Olivo	Variación de superficie de olivo	100	8
WPI				49,81

* Múltiplo de: estado de la variable, peso de la variable y peso del ámbito.

Tal como se puede apreciar en la Figura 5, Escuelas y Presión de Arica son las variables que menor cumplimiento alcanzan, y Deforestación y Usos Presentes los de mayor. En la Figura 6 se pueden observar los aportes relativos potenciales y reales de cada variable; según esto, mejoras en las variables Presión de Arica, Escuelas y Explotación Subterránea tendrían mayor impacto en disminuir la pobreza hídrica del Valle.

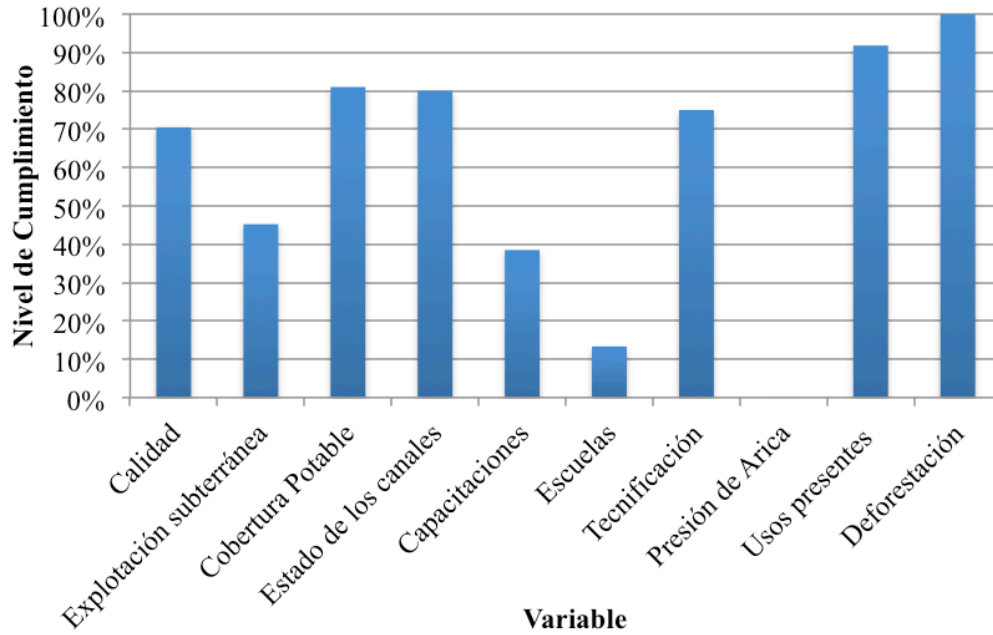


Figura 5: Nivel de cumplimiento por variable.

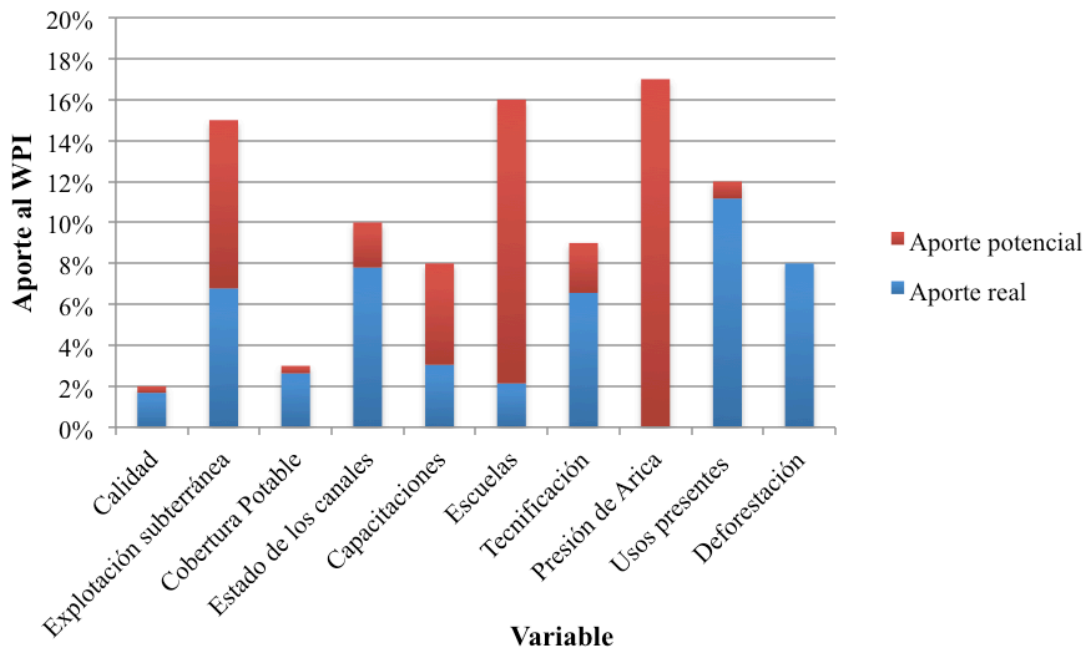


Figura 6: Comparación entre aporte potencial y real para cada variable.

En cuanto a los ámbitos, el único que logra alcanzar el 100% de su valor potencial es Ambiente, seguido por Acceso 80%, Recurso 48,77%, Uso 46,14% y por último Capacidad con un 21,63%. De ellos, como se puede apreciar en la Figura 7, los dos más importantes en la composición del WPI, Uso y Capacidad, se encuentran muy por debajo de lo ideal, pero aún así el ámbito Uso sigue siendo el de mayor aporte al WPI, seguido por Acceso.

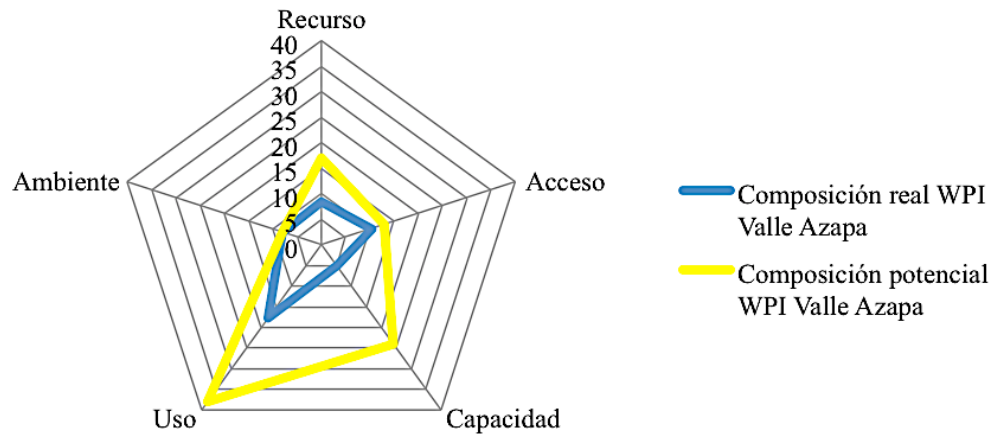


Figura 7: Comparación radial WPI obtenido versus el potencial.

Identificación de variables de importancia

Dada la necesidad de gestionar las variables en el territorio, mediante el desarrollo de estrategias que involucran a diversos actores, se vuelve relevante identificar de manera previa aquellas variables cuyo cambio tendrá impactos reales sobre el Índice de Pobreza Hídrica del Valle. De los resultados se pueden vislumbrar, al menos, dos vías de análisis para determinar qué variables son de mayor importancia para reducir la pobreza hídrica:

- I. La primera vía agrupa aquellas variables que por su importancia relativa dentro del WPI permitirían alcanzar un valor de seguridad (>62)
- II. La segunda vía agrupa a las variables menos problemáticas de intervenir.

El primer grupo incluye, en orden descendente de importancia relativa: Presión de Arica, Escuelas, Explotación subterránea, Usos presentes y Estado de canales. Tal como se puede observar en el Cuadro 10, el aporte actual de esas variables alcanza un WPI acumulado de 27,89, teniendo un potencial de 70, es decir, existen 32,11 puntos posibles de aumentar al intervenir en estas variables.

Cuadro 10: Variables en orden descendente de importancia relativa en el WPI.

Variable	Aporte potencial	WPI potencial acumulado	Aporte actual	WPI real acumulado
Presión de Arica	17	17	0	0
Escuelas	16	33	2,14	2,14
Explotación subterránea	15	48	6,78	8,92
Usos presentes	12	60	11,17	20,09
Estado de los canales	10	70	7,80	27,89
Tecnificación	9	79	6,56	34,45
Capacitaciones	8	87	3,05	37,5
Deforestación	8	95	8	45,5
Cobertura Potable	3	98	2,63	48,13
Calidad	2	100	1,68	49,81

Proyectando cambios en dichas variables en un corto-mediano plazo¹², Usos Presentes puede considerarse menos compleja, dado que el análisis del indicador muestra que la transferencia de DAA desde el sector agrícola y rural hacia otros fuera del valle ha sido de un 8% durante 16 años, lo que permitiría suponer que, de no haber situaciones que alteren la composición económica y detonen el aumento en la tasa de intercambio de derechos de aprovechamiento de aguas, no existirán mayores cambios en dicha variable. Por su lado, Estado de Canales ya cuenta con un proyecto en marcha que permitirá la disminución de las

¹² Corto- mediano plazo en el que se requerirá, como base, de estabilidad y voluntad política para dichos cambios, por lo que se consideran los 4 años de duración de un periodo presidencial.

pérdidas - proyecto Entubamiento del Canal de Azapa (MOP, 2012) -, por lo que su mejora es un evento futuro altamente probable. La variable Escuelas requiere de un trabajo a nivel central de ajuste curricular de la educación media diferenciada técnico profesional, lo que involucra mayores recursos, pero sólo considera actores del sector público, lo que minimiza los conflictos de interés. Ahora bien, las variables Presión de Arica y Explotación Subterránea, para mejorar su actual situación, requieren reducir la demanda de forma tal que se encuentre en equilibrio con la recarga y capacidad de almacenamiento del acuífero, considerando esfuerzos en cambiar de hábitos de consumo en las áreas urbanas (presencia de áreas verdes, reutilización de aguas, etc.), y de cultivo en las zonas rurales (no expansión del área irrigada, mantener los volúmenes de agua ahorrados gracias a la eficiencia, y otros), procesos que requieren de intervenciones multi-actor a largo plazo.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se pueden proyectar mejoras en las variables Escuelas y Estado de Canales e invariabilidad en Usos Presentes, Presión de Arica y Explotación Subterránea. Si a esto se le suma la estabilidad de las otras 5 variables, es posible concebir, en el corto-mediano plazo, un aumento aproximado de 16 puntos (Cuadro 11), equivalente a un WPI de 65,76, alcanzando la seguridad hídrica.

Cuadro 11: Análisis prospectivo de variables de alta importancia relativa en el WPI.

Variable	Aporte actual	Variación	Estado futuro	Nuevo Aporte al WPI
Presión de Arica	0	-	0	0
Escuelas	2,14	↑	16,00	13,86
Explotación subterránea	6,78	-	6,78	0
Usos presentes	11,17	-	11,17	0
Estado de canales	7,80	↑	10,00	2,20

Se debe tener en consideración que esta vía de análisis para la selección de variables requiere mantener el estado actual de aquellas de alta complejidad: Presión de Arica y Explotación Subterránea. En el primer caso, debido a que el valor actual es 0, la demanda hídrica de Arica puede aumentar sin reflejarse en el WPI¹³, por lo que mecanismos de monitoreo deben ser desarrollados, y en el segundo, donde la situación ya es crítica, con un otorgamiento de DAA que duplica la recarga (DGA, 2009^a; DGA, 2013a), deben, de manera urgente, tomarse decisiones políticas que apunten al uso sustentable de las aguas del acuífero de Azapa.

El segundo grupo corresponde a aquellas variables cuya intervención es menos compleja a corto plazo, por la existencia de medidas para su mejora o por no generar conflictos de

¹³ En el Apéndice 5, ficha 8, se puede apreciar que dada la configuración del indicador, mientras la recarga no supla la demanda de los usos del valle el indicador será siempre 0, lo que no significa que la demanda de la ciudad sufra cambios. Ahora bien, si la recarga suple la demanda del valle, el indicador reflejará el porcentaje que cubre de la demanda de Arica, por lo que el valor es 1 siempre y cuando supla la totalidad de la demanda y 0 cuando no puede suplir, no refleja variaciones de la demanda de Arica.

interés), e incluye: Estado de Canales, Escuelas, Capacitaciones, y Tecnificación, tal como se puede apreciar en el Cuadro 12.

Cuadro 12: Condiciones de mejora y su complejidad.

Variable	Condición para mejorar	Complejidad
Presión de Arica	Disminución de la demanda hídrica de los habitantes de la ciudad	Alta, por intervención multi-actor
Escuelas	Cambios en malla curricular de formación técnico profesional	Medio-bajo, requiere disposición de recursos, pero intervienen sólo actores estatales
Explotación subterránea	Disminución de la demanda hídrica de los distintos usos	Alta, por intervención multi-actor
Usos presentes	Prohibición de venta de agua a usos distintos al original	Alta, por no estar afecto a ley
Estado de los canales	Entubación y recubrimiento de canales	Baja, mecanismos de subvención existentes y proyecto en marcha
Tecnificación	Implementar sistemas de riego tecnificados y monitoreados	Baja, por mecanismos de subvención existentes
Capacitaciones	Aumentar el número de personas capacitadas por organismos públicos en materia hídrica	Medio-bajo, requiere invertir recursos, e intervienen actores estatales y agricultores
Deforestación	No aplica por cumplimiento 100%	No aplica
Cobertura Potable	Aumentar la cobertura de la red de abastecimiento (agua potable rural o agua potable por Aguas del Altiplano)	Media, dado que implica la gestión entre privados y requiere apoyo financiero.
Calidad	No aplica por ser condición natural ¹⁴	No aplica

Las variables Estado de Canales y Escuelas fueron analizadas previamente, por lo que se asume que el aumento en el WPI producto de una mejora en ellas alcanzaría los 16 puntos. Capacitaciones es una variable de alto interés para los agricultores, por lo que es factible suponer que, con la difusión pertinente por parte de los organismos públicos, existiría un aumento de asistentes; así también, y considerando la estructura del indicador, es conveniente que se realicen esfuerzos por incluir el manejo sustentable del agua en las diversas capacitaciones a realizar, de manera tal de asegurar que los asistentes reciban o actualicen siempre sus conocimientos hídricos. Tecnificación, por su parte, puede mejorar en base a los mecanismos presentes en la Ley 18.450, siendo plausible proyectar alcanzar el 100% de esta variable en el mediano plazo. Considerando una mejora total de ambas variables, junto al de Estado de Canales y Escuelas, el aumento generado al WPI alcanzaría los 23,45 puntos (Cuadro 13), dando lugar a un WPI igual a 73,26, superando con creces el valor límite de seguridad hídrica.

¹⁴ Condición que podría variar si se establecen sistemas de medición de calidad de agua en distintos puntos del Valle.

Cuadro 13: Análisis prospectivo de variables de baja complejidad de intervención.

Variable	Estado actual	Variación	Estado futuro	Aporte al WPI
Escuelas	2,14	↑	16	13,86
Estado de canales	7,80	↑	10	2,20
Capacitaciones	3,05	↑	8	4,95
Tecnificación	6,56	↑	9	2,44

Como se puede apreciar, esta segunda vía de análisis para determinar las variables relevantes de intervenir incluye dos de las variables consideradas de alta importancia relativa (primera vía de análisis), y genera un mayor impacto en el valor de WPI. Este hecho no resta importancia a las consideraciones realizadas para las variables Presión de Arica y Explotación Subterránea, del primer grupo, dado que ambas situaciones atentan contra la sustentabilidad del sistema hídrico del valle.

Comparación

Los resultados para el Valle de Azapa distan de la realidad evaluada a nivel país por Lawrence et al. (2002), quienes determinaron un WPI de 70,5 para Chile, uno de los más altos en Sudamérica, donde el ámbito de Acceso es el mejor evaluado. Esta diferencia ha de producirse por dos motivos: la condición de extrema aridez del Valle de Azapa, que no es condición general del país, y de los indicadores y ponderaciones utilizados para evaluar los ámbitos del WPI, que difieren ampliamente de los utilizados por el autor. Aún así, es posible determinar que tomando medidas en aquellas variables de menor complejidad el Valle puede acercarse a la condición declarada para el país.

A modo de comparación a nivel sudamericano, la Figura 8 presenta valores normalizados de los componentes del Índice de Pobreza Hídrica evaluados para el Departamento de Lavalle, provincia de Mendoza, Argentina (Abraham et al., 2005), el Valle de San Luis de Potosí, México (López et al., 2013) y la Provincia del Limarí, Chile (Parga et al., 2006), siendo el WPI de Lavalle 38,6; San Luis de Potosí de 46 y de Limarí 64,1. Es posible observar que la composición de todos es bastante variada, con mayor similitud en el ámbito Acceso, probablemente debido a que las variables utilizadas son semejantes –en especial el acceso al agua para bebida- y a que la condición hídrica de los 4 territorios es árida o semiárida, lo que obliga a un manejo artificial del recurso hídrico que garantice la disponibilidad.

El ámbito que menor valor alcanza respecto a los otros casos es Capacidad, siendo aún más bajo que el de Lavalle, que posee un WPI de 38,6, 11,2 puntos por debajo del Valle de Azapa. Esta variable es evaluada tradicionalmente considerando el nivel de escolaridad de los habitantes del territorio y los ingresos que poseen, ambas no presentes en el WPI del Valle de Azapa, donde el enfoque fue hacia las habilidades y capacidades adquiridas por las personas en su rol de agricultores.

Ambiente es el ámbito que más destaca por ser el único caso en el que se alcanza el valor de 100%, hecho que se justifica dada la excepción de considerar sólo una variable para su medición. Esto además debe interpretarse con precaución, ya que la adaptación del WPI del Valle de Azapa es la única en este grupo que considera una construcción participativa, por lo que la importancia dada, desde las personas, al medio ambiente, puede variar de manera sustancial respecto a la otorgada por la esfera política e investigadores.

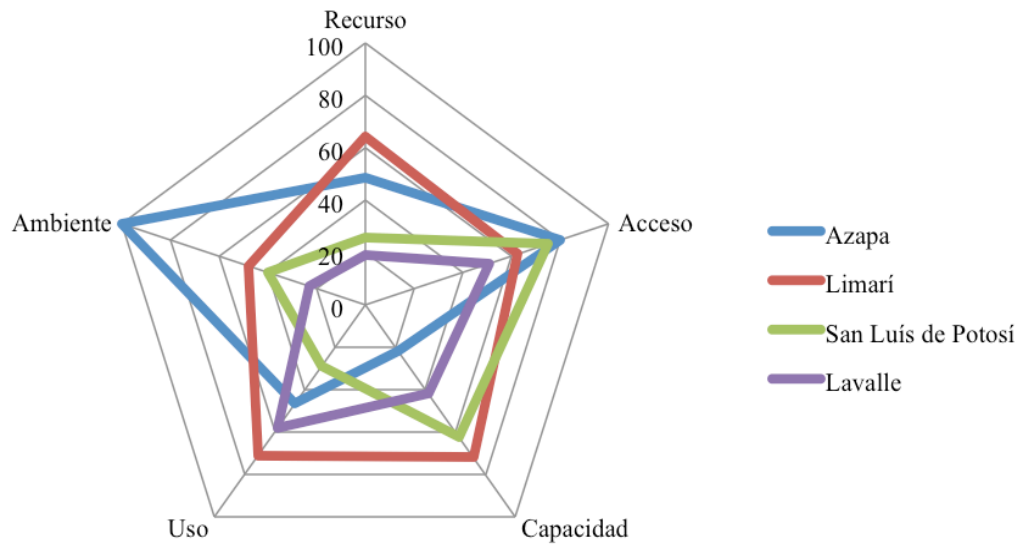


Figura 8: Comparación con situaciones locales sudamericanas.

Fuente: Elaboración propia en base a Abraham et al. (2005), López et al. (2013) y Parga et al. (2006).

En comparación a situaciones locales (o distritales) fuera de América, el Valle de Azapa sigue teniendo una conformación distinta al resto de los casos (Figura 9), especialmente en el ámbito Ambiente, donde el caso que más cercano es el distrito de Nikoaronga, Tanzania, con más de 40 puntos de diferencia (Sullivan et al., 2003), mientras que para Recurso se asemeja más a la condición determinada para Ethembeni, Sudáfrica (Sullivan et al., 2003), con un valor cercano a 50 en ambos casos, compartiendo, además, el uso de variables relacionadas al acceso al agua subterránea y calidad de las aguas.

La cuenca del Río Kali Gandaki, Nepal (Manandhar et al., 2012) y el distrito de Shandong, China (Xin et al., 2011) poseen un valor similar al Valle de Azapa en el ámbito Acceso, cercano a los 80 puntos, aún cuando las variables utilizadas en ambos casos son completamente disimiles a las utilizadas en el Valle de Azapa, aunque coincidentes entre ellos (medición del agua *per cápita* y variabilidad del recurso).

Como se puede observar, el Valle de Azapa comparte casi igual valor en el ámbito Uso con Ethembeni, Sudáfrica (Sullivan et al., 2003) y Gansu, China (Xin et al., 2011), con quien además se asemeja en Capacidad. En ambos casos, las variables utilizadas en Uso consideran una de las variables no factibles de medir, el agua utilizada por usos, y para ambos casos se utilizó la información oficial, lo que en el caso del Valle de Azapa no presentaba ninguna utilidad dada la falta de registros de las transacciones de volúmenes de agua entre privados; de todas maneras, la presencia de esta variable en gran parte de los casos donde se ha aplicado el Índice de Pobreza Hídrica, confirma su importancia y utilidad en la gestión de los recursos hídricos.

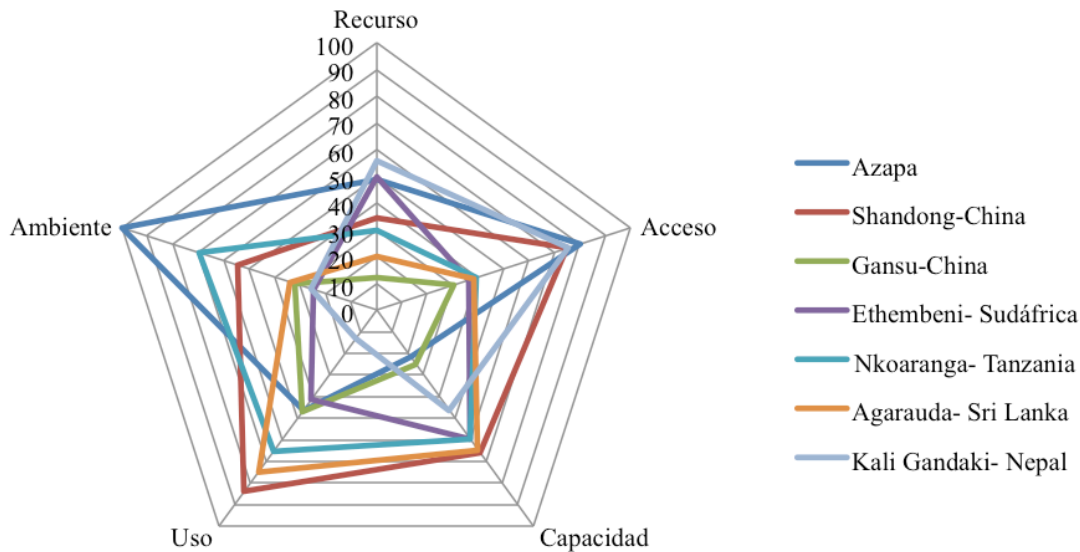


Figura 9: Comparación de casos locales no americanos.
 Fuente: Elaboración propia en base a Sullivan et al (2003), Xin et al. (2011) y Manandhar et al. (2012).

A escala global, es posible observar (Figura 10) que valores altos de WPI generan pentágonos bastante regulares (Chile y Finlandia), mientras en el peor de los casos evaluados, Haití, el pentágono posee irregularidad producto de un valor más alto en el ámbito Capacidad. El caso del Valle de Azapa se asemeja a este último, donde el pentágono se deforma producto del alto valor de Ambiente y el bajo de Capacidad.

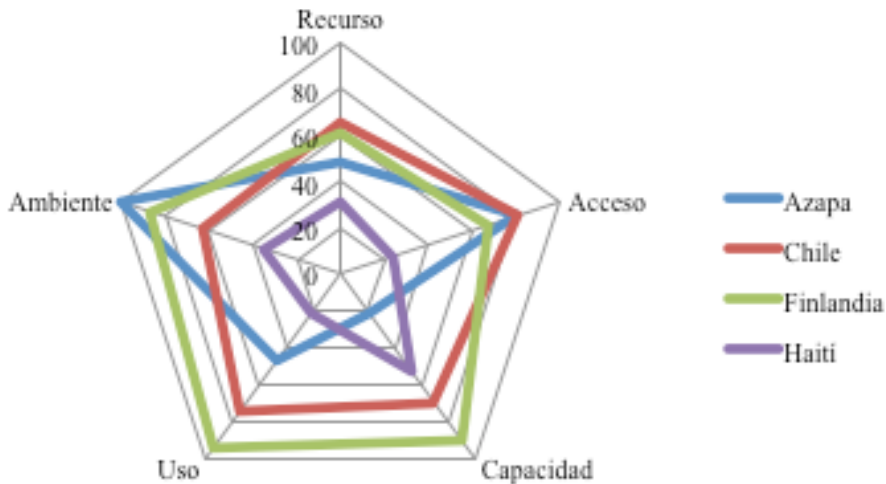


Figura 10: Comparación internacional a escala país.
 Fuente: Elaboración propia en base a Lawrence et al. (2002).

Recomendaciones

La problemática de sobre explotación del Acuífero de Azapa debe tratarse de manera intersectorial, considerando la mayor cantidad de usuarios, dado que se requiere de grandes esfuerzos para ajustar la demanda a la oferta y así alcanzar la sostenibilidad del sistema hídrico.

Siendo la variable más importante declarada por los agricultores la presión hídrica que la ciudad de Arica impone al Valle, es necesario velar por el equilibrio que permita el desarrollo urbano en coexistencia con el uso agrícola, para lo cual se debe involucrar a la población urbana en las estrategias a desarrollar, ya que la desnaturalización de los usuarios urbanos respecto al origen del agua genera una no-conciencia en el uso, que se traduce no sólo en un aumento de la demanda, si no también en no asumir la responsabilidad que se tiene en el cuidado y búsqueda de la seguridad hídrica (Anzoátegui, 2013).

Por otro lado, se debe tener precaución con variables cuyo estado se asocia a eficiencia, ya que estas pueden surgir desde intereses económicos, inhibiendo los objetivos de sustentabilidad. Es el caso de las variables Tecnificación y Estado de Canales: ambas apuntan a un mejor uso de las aguas, evitando pérdidas o aumentando la eficiencia, lo que se traduce en incrementar los volúmenes de agua disponibles y, con ello, la posibilidad de expandir los suelos irrigados. Para estas situaciones deben desarrollarse mecanismos que aseguren la mantención de los volúmenes ahorrados en el acuífero.

Es de suma importancia contar con mecanismos que permitan cuantificar de manera exacta los volúmenes de agua que se extraen desde los pozos y los que son transados de manera particular, ya que el trabajo bajo condiciones estimadas vuelve altamente incierta la toma de decisiones y resta transparencia a la gestión del acuífero.

Finalmente, el WPI aquí desarrollado se construye a partir de información mayoritariamente secundaria, por lo que es recomendable que, de ser considerado para la toma de decisiones, se realicen los esfuerzos necesarios para contar con información levantada en terreno, que permita ajustarse de mejor manera a las variables detectadas en las instancias participativas.

CONCLUSIÓN

Del proceso de adaptación

El Índice de Pobreza Hídrica es una herramienta sencilla de adaptar y permite la incorporación de los actores del territorio en la selección de variables y la determinación de importancias relativa para su evaluación. La identificación preliminar de variables a través de entrevistas se condijo con las determinadas a través de talleres focales, convirtiéndolas en un aporte relevante que redujo los tiempos de explicación en las instancias grupales. En los talleres focales, el método de comparación de pares resulta útil dado que incentiva la discusión, pero debe testearse de manera previa para determinar cuántos criterios utilizar; en el presente trabajo se utilizaron cinco criterios y al contrastar la variable Calidad de las Aguas con Deforestación de Olivo se reconoce la necesidad de utilizar al menos un criterio más.

Los métodos participativos conllevan la posibilidad cierta de detectar variables de gran importancia para la comunidad pero de difícil medición, lo que requiere considerar tiempo suficiente para desarrollar indicadores y/o levantar información, de modo tal que estas variables sean parte del resultado final, dado que su ausencia atenta contra el objetivo de construir el índice de manera participativa.

Del Índice de Pobreza Hídrica del Valle de Azapa

El Índice de Pobreza Hídrica del Valle de Azapa corresponde a 49,81, valor de pobreza hídrica alta, donde el equilibrio entre los sistemas social, ambiental y económico posee baja seguridad. El índice se determinó a través de 10 variables identificadas de manera participativa, de ellas Presión de Arica y Deforestación de Olivo son las que en peor y mejor estado se encuentran, respectivamente.

Para mejorar el valor de WPI en el Valle de Azapa la vía de intervención más exitosa corresponde a aquella que agrupa las variables de menor complejidad de intervención: Escuelas, Estado de Canales, Capacitaciones y Tecnificación. Ha de tenerse en consideración que esta vía de análisis no aborda la compleja situación de sobre explotación del Valle, por lo que deben desarrollarse mecanismos de monitoreo de variables complejas, como Presión de Arica y Explotación Subterránea.

BIBLIOGRAFÍA

Abraham, E.; M. Fusari y M. Salomón. 2005. Índice de Pobreza Hídrica: aplicación y ajuste metodológico a nivel local y de comunidades. Estudio de caso Departamento de Lavalle, Mendoza, Argentina. 19p. [en línea]. Recuperado de: http://www.asicprimerazona.com.ar/asic/publicaciones/indice_Pobreza_hidrica_lavalle_Mendoza.pdf. Consultado el: 7 de junio de 2012.

Alexander, K.; M. Moglia y C. Miller. 2010. Water needs assessment: learning to deal with scale, subjectivity and high stakes. [en línea]. *Journal of Hydrology*, 388 (3-4): 251-257. Recuperado en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169410002465>. Consultado el: 18 de octubre de 2015.

Anzoátegui, M. 2013. La necesidad de pensar la situación urbano-ambiental del Área Metropolitana de Buenos Aires desde la Filosofía del Ambiente. [en línea]. En: Jornadas de Investigación del Departamento de Filosofía FaHCE UNLP (IX, 28-07-2013, Buenos Aires, Argentina). Recuperado en: <http://jornadasfilo.fahce.unlp.edu.ar/ix-jornadas/actas-2013/a04.pdf>. Consultado el 14 de enero de 2015.

Bottaro, L.; A. Latta y M. Sola. 2014. La politización del agua en los conflictos por la megaminería: Discursos y resistencias en Chile y Argentina. *Revista europea de Estudios Latinoamericanos y del Caribe*, 97: 97-115.

Céspedes, R. 1996. La salinidad del suelo y del agua de riego y su relación con los cultivos. Cartilla divulgativa N°5. Proyecto: Validación de tecnologías de riego en el valle del Huasco. [en línea]. INIA Intihuasi -CNR. 14p. Recuperado en: <http://bibliotecadigital.ciren.cl/gsdlexterna/collect/estudios/index/assoc/HASH9d0f.dir/CNR-0282.pdf>. Consultado el: 8 de febrero de 2013.

CNR (Comisión Nacional de Riego), Chile. 2003. Diagnóstico del riego y drenaje de la I región. 125 p.

DFL (Decreto con Fuerza de Ley) 1.122. Fija el texto del Código de Aguas. [en línea]. 13 de agosto de 1981. Santiago, Chile: 29 de octubre de 1981. Recuperado en: <http://bcn.cl/1m08b>. Consultado el: 5 de Octubre de 2012.

DGA (Dirección General de Aguas), Chile. Resolución N°320 1989. Constituye derechos de aprovechamiento en el río Lauca a usuarios del canal Azapa, comuna de Putre, provincia de Parinacota, I Región.

DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 1998. Plan Director para la gestión de los recursos hídricos en la cuenca del Río San José. Volumen 1. Informe final. 334 p.

DGA (Dirección General de Aguas), Chile. Resolución N°450 2001. Rectifica Resolución DGA N° 320 del 11 de agosto de 1989 dando cumplimiento al fallo de la I. Corte de Apelaciones de Santiago, del 19 de julio de 1991, confirmado por sentencia del 4 de Abril de 1995 de la Exc. Corte Suprema de Justicia.

- DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2004. Diagnóstico y clasificación de cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. v.3, 798p.
- DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2009a. Definición de estrategias de manejo sustentable para el acuífero de Azapa, XV región. Resumen ejecutivo. 7p.
- DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2009b. Estudio Diagnóstico y clasificación de sectores de acuífero. v.1, 208p y v.2, 384p.
- DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2010. Plan de acción estratégico para el desarrollo hídrico de la región de Arica y Parinacota (Documento propuesta borrador). 90p.
- DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2013a. Derechos concedidos Azapa. Solicitud N° 17.462 mediante Ley 20.285/2008 de Acceso a la información pública.
- DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2013b. Registro consultivos de Conservador de Bienes Raíces región de Arica y Parinacota. Solicitud N° 52.015 mediante Ley 20.285/2008 de Acceso a la información pública.
- DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2015. Información Oficial Hidrometeorológica y de Calidad de Aguas. Estación Azapa. Recuperado en: <http://snia.dga.cl/BNAConsultas/reportes>. Consultado el: 18 de enero de 2015.
- DOH (Dirección de Obras Hidráulicas), Chile. 2011. Estudio de factibilidad: Conducción por cañerías del canal matriz Azapa, Región de Arica y Parinacota. [DVD]. Chile. 3 discos ópticos de almacenamiento (DVD).
- Dourojeanni, A.; Y. Chevaleraud y P. Acevedo. 2010. Las Mesas del agua y la Gestión de cuencas en Chile. 63p.
- Estades, C. 2012. Picaflor de Arica. [Entrevista personal]. Santiago, Departamento de Manejo de Recursos Forestales, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile.
- Fundación Superación de la Pobreza (FSP), Chile. 2015. Servicio País. Recuperado en: <http://www.serviciopais.cl>. Consultado el 12 de enero de 2015.
- Gajardo, R. 1994. La vegetación natural de Chile: Clasificación y distribución geográfica. Santiago: Editorial Universitaria. 165p.
- Gong, L; C. Jin y W. Sun. 2013. Water security evaluation system based on Water Poverty Index. [en línea]. *Journal of Food, Agriculture & Environment*: 11 (3-4): 2521-2526. Recuperado en: http://world-food.net/download/journals/2013-issue_3&4/2013-issue_3&4-environment/e204.pdf. Consultado el 18 de noviembre de 2012.
- González, F.; A. Riquelme; P. Contreras y P. Mazuela. 2013. Antecedentes generales para la sustentabilidad de la producción hortícola en el valle de Azapa, Arica, Chile. [en línea]. *IDESIA*: 31(4), 119-123. Recuperado en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292013000400016&lng=es&tlng=es. 10.4067/S0718-3429201300040001612. Consultado el: 10 de enero de 2015.

- Herreros, J. 2012. Picaflor de Arica y su importancia para la población del Valle. [Entrevista personal]. Arica, Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente.
- INE (Instituto Nacional de Estadísticas), Chile. 2010. Compendio estadístico. Estadísticas del medio ambiente (3.1). [en línea]. Recuperado en: <http://www.ine.cl/canales/menu/publicaciones/compendio_estadistico/pdf/2010/3.1estadm edioambte.pdf>. Leído el 2 de Enero de 2013.
- INE (Instituto Nacional de Estadísticas), Chile. Censo agropecuario 2007. Superficie regada de las explotaciones agrícolas año 2006/2007 por sistema de riego, según región, provincia, comuna y distrito. [en línea]. Recuperado en: <<http://icet.odepa.cl/>>. Consultado el 15 de Noviembre de 2012.
- INE (Instituto Nacional de Estadísticas), Chile. 2012a. Viviendas distrito 6 según origen de agua. Solicitud N° 34.416 mediante Ley 20.285/2008 de Acceso a la información pública.
- INE (Instituto Nacional de Estadísticas), Chile. 2012b. Censos agropecuarios 1997 y 2007. Requerimiento personal [DVD]. 1 disco óptico de almacenamiento.
- INE (Instituto Nacional de Estadísticas), Chile. 2014. Proyecciones de población. [en línea]. Recuperado en: <http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/demografia_y_vitales/proyecciones2014/proyecciones-de-poblacion-2014.xlsx>. Consultado el 5 de mayo de 2014.
- INIA- URURI (Instituto Nacional para la Innovación Agraria), Chile. 2013. [Solicitud presencial]. Registro capacitaciones años 2009 a 2013. INIA-URURI, Arica, Chile.
- IPCC WG I (International Panel for Climate Change, Working Group I). 2013. Climate Change 2013: The physical science basis. 1552p.
- IREN (Instituto de Recursos Naturales, actual Centro de Investigación de Recursos Naturales, CIREN), Chile. 1976. Inventario de recursos naturales por método de percepción del satélite Landsat I, Región de Tarapacá. 145p.
- JICA (Agencia de Cooperación Internacional del Japón), Japón. 1995. El estudio sobre el desarrollo de los recursos de agua en la parte North de Chile. Informe final. 278p.
- Kainer, A.; M. Digiano; M. Duchelle; L. Wadr; E. Wadt y J. Dain. 2009, sep. Partnering for greater success: Local stakeholders and research in tropical biology and conservation. *Biotropica*, 41 (5): 555-562.
- Lahera, E. 2004. Política y políticas públicas. (Serie Políticas sociales N°95), División de Desarrollo Social, CEPAL. Santiago, Chile. 32p.
- Larraín, S.y P. Poo (Eds). 2010. Los conflictos por el agua en Chile. Entre los derechos humanos y las reglas de mercado. Primera edición. Santiago: Chile Sustentable. 362p.
- Lawrence, P; J. Meigh y C. Sullivan. 2002, oct. The Water Poverty Index: an international comparison.(Res. Paper N°19), Keele Economics Research Papers. [en línea]. Staffordshire, Keele, UK: KERP. 24p. Recuperado en:<www.keele.ac.uk/depts/ec/web/wpapers/kerp0219.pdf>. Consultado el: 20 de mayo de 2013.

Ley 18.450. Aprueba normas para el fomento de la inversión privada en obras de riego y drenaje. [en línea]. 22 de octubre de 1985. Santiago, Chile. 30 de octubre de 1985. Recuperado de: <http://bcn.cl/1mm5x>. Consultado el: 23 de marzo de 2015.

López, B; J. Ramos; G. Santa Cruz; J. Morán; S. Carranco; M. Noyola et al. 2013. Cálculo del Índice de Pobreza del Agua en zonas semiáridas: caso valle de San Luis de Potosí. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29 (4): 249-260.

Lubell, E. 2009. La calidad del agua potable en Arica, con respecto a la salud. SIT *Study abroad*, primavera. 28p. [en línea]. Recuperado en: http://digitalcollections.sit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1623&context=isp_collection >. Consultado el: 17 de diciembre de 2013.

Manandhar, S.; P. Vishnu y F. Kazama. 2012, ene. Application of Water Poverty Index (WPI) in Nepalese context: A case study of Kali Gandaki River Basin (KGRB). *Water Resources Management*, 26: 89-107.

MINEDUC (Ministerio de Educación), Chile. 2012. Programas curriculares. [en línea]. Recuperado en: http://www.mineduc.cl/index2.php?id_portal=37&id_seccion=3869&id_contenido=16663. Consultado el 2 de diciembre de 2012.

MOP (Ministerio de Obras Públicas), Chile. 2012. Ministros Golborne y Mayol firman convenio para financiar el entubamiento del Canal de Azapa en Arica. Prensa. [en línea]. Recuperado de: <http://www.mop.cl/Prensa/Paginas/DetalleNoticiaSecundaiaMp.aspx?item=1036>. Consultado el: 22 de marzo de 2015.

Morales, E. 2012, julio. Riego en el valle. [Entrevista personal]. Comunidad de Aguas del Canal de Azapa.

ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas agrarias), Chile. 2007. Tabulados Censo Agropecuario 2007, en base a INE. [en línea]. Recuperado en: www.icet.odepa.cl. Consultado el: 12 de septiembre de 2012.

Parga, F.; A. León; X. Vargas y R. Fuster. 2006. El índice de Pobreza Hídrica aplicado a la cuenca del Río Limarí en Chile semiárido. [en línea]. *El Agua en Iberoamérica*, 12: 94-109. Recuperado en: http://www.cricyt.edu.ar/ladyot/publicaciones/cyted_libro_XII/articulos/093.pdf. Consultado el: 10 de diciembre de 2011.

Pezo, L. 2012, mayo. Antropólogo. Dirección y uso de entrevistas. [Correo electrónico]. Santiago.

Quiroga, R. 2009. Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe. [en línea]. *Series Manuales CEPAL* (Comisión Económica de las Naciones Unidas para América Latina y el Caribe): 61. 119p. Recuperado en: <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/5502>. Consultado el 12 de agosto de 2012.

- Quiroz, J. 2012, julio. Importancia del agua en la especialidad agropecuaria. [Entrevista personal]. Liceo Agrícola José Abelardo Núñez.
- Saaty, T. 2008. Decision making with the Analytic hierarchy process. *Int. Journal of Services Sciences*, 1 (1): 83-98.
- Salgado, G. 2011. Denuncian extracción ilegal de Aguas del Altiplano en Azapa. *Soy Chile*. [en línea]. Arica. 26 de septiembre de 2011. Recuperado en: <http://www.soychile.cl/Arica/Sociedad/2011/09/26/40822/Denuncian-extraccion-ilegal-de-agua-por-parte-de-sanitaria-en-Azapa.aspx>. Consultado el: 22 de marzo de 2015.
- SISS (Superintendencia de Servicios Sanitarios), Chile. 2009. Nivel de consumo de agua potable en el país. [en línea]. Recuperado en: http://www.siss.gob.cl/577/articulos-7663_recurso_5.pdf. Consultado el 10 de Agosto de 2013.
- Sullivan, C. 2002, jul. Calculating a Water Poverty Index. *World development*, 30 (7): 1195-1210.
- Sullivan, C.; J. Meigh; A. Giacomello, T. Fediw; P. Lawrence; M. Samad et al. 2003, ago. The Water Poverty Index: Development and application at the community scale. *Natural Resources Forum*, 27 (3):189-199.
- Sullivan, C. 2005. Method to develop and describe community level Water Poverty Index scores. CEH Wallingford, UK. 9p.
- Sullivan, C. y J. Meigh. 2006. Integration of the byophysical and social sciences using an indicator approach: Addressing water problems at different scales. *Water Resour Management* (21): 111-128.
- Torres, A y E, Acevedo. 2008, septiembre-diciembre. El problema de salinidad en los recursos suelo y agua que afectan el riego y cultivos en los valles de Lluta y Azapa. *IDESIA*, 26 (3): 31-44.
- Torres, R. y A. García. 2009. Conflictos por el agua en Chile: el gran capital contra las comunidades locales. Análisis comparativo de las cuencas de los ríos Huasco (desierto de Atacama) y Baker (patagonia austral). [en línea]. *Espacio Abierto*, 18(4): 695-708. Recuperado en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12211871005>. Consultado el: 17 de abril de 2013.
- Toskano, G. 2005. El Proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores : aplicación en la selección del proveedor para la Empresa Gráfica Comercial MyE S.R.L. [en línea]. Monografía Licenciado en investigación operativa. Lima, Perú: Facultad de Ciencias Matemáticas, Univerisidad Nacional Mayor de San Marcos, 88p. Recuperado en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/monografias/Basic/toskano_hg/contenido.htm. Consultado el 5 de julio de 2012.
- UNESCO-WWAP (World Water Assessment Programme of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization), 2003. The world water crisis (parte 1, cap 1, pp. 3-23). En: Word Water Development Report 1: "Water for People, Water for Life". 593p.

Universidad de Chile. 2013. Sistema de Soporte para la Toma de Decisiones para la Gestion Sustentable del Acuífero de Azapa. Proyecto Fondef Regional, Universidad de Chile.

Uribe, J., Cabrera,R., De la Fuente, A. y Paneque, M. 2012. Atlas bioclimático de Chile. 229p.

Wilk, J. y A. Jonsson. 2013, feb. From Water Poverty to Water Prosperity - A more participatory approach to studying local water resources management. *Water Resources Management*, 27 (3): 695-713.

Xing, X; J. Wan y J. Jieli. 2011. Application of the Water Poverty Index at the districts of the Yellow River Basin. [en línea]. *Advance Materials Research*, 250- 253: 3469-3474. Recuperado en: <http://www.scientific.net/AMR.250-253.3469>. Consultado el: 14 de Octubre de 2015

APÉNDICES

Apéndice 1: Estructura y pauta de entrevistas preliminares

Estructura

Tipología: Semi-estructurada de aproximación

Objetivo: Lograr un grupo de variables para cada ámbito que den pautas para el taller.

Informantes Objetivo: Agricultores del Valle de Azapa.

Estructura de la entrevista:

- Presentación.
- Breve explicación respecto a cómo la escases hídrica afecta en variados sentidos la vida de las personas.
- Solicitud de variables
- Agradecimientos e invitación a participar en taller.

Pauta

- Presentación personal
- Presentación del objetivo: Se desean identificar variables relacionadas al agua que afecten el desarrollo de la vida de las personas.
- Identificación de variables a partir de problemas:
 - o ¿Ha tenido problemas hídricos? ¿el valle tiene problemas hídricos?
 - o Consultar por problemas relacionados a la disponibilidad natural del agua
 - o Consultar por problemas relacionados a las capacidades de manejo del recurso
 - o Consultar por problemas relacionados al medio ambiente producto de lo anterior
- Identificación de variables a partir de soluciones.
 - o ¿Cuáles son los aspectos que más importancia tienen para solucionar los problemas presentes en el valle? ¿porqué?

Apéndice 2: Presentaciones utilizadas en talleres

Presentación Taller 1:

<h3>Falta de agua en el Valle de Azapa</h3> <p>Determinación participativa de variables que la determinan</p> <p>Dámare Araya Valenzuela Ingeniería en Recursos Naturales Renovables Universidad de Chile</p> 	 <p>Todo esto hace que el Valle sea <u>vulnerable</u>.</p>
<h3>Falta de agua</h3> <ul style="list-style-type: none"> Sus causas se pueden agrupar en 5 ítems  	<h3>Recurso</h3> <ul style="list-style-type: none"> Tiene relación a todas las variables que se miden directamente sobre el agua (sup y sub)  <p>Ej: Calidad de agua.</p>
<h3>Acceso</h3> <ul style="list-style-type: none"> Son aquellas variables que permiten saber qué tan bien abastecidos de agua (para riego y consumo) está el Valle.  <p>Ej: Tipos y cobertura de abastecimiento de agua potable</p>	<h3>Capacidad</h3> <ul style="list-style-type: none"> Agrupar a todas las variables que reflejan la capacidad de la gente para manejar bien el agua.  <p>Ej: Personas capacitadas en tecnología de riego</p>

Uso

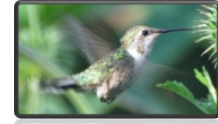
- Son todas las variables que dan a conocer la competencia generada por los distintos usos que existen en el Valle



Ej: Cantidad de agua utilizada por cada uso

Ambiente

- Agrupa a todas las variables que dan cuenta del estado del Medio Ambiente (natural) en el Valle.



Ej: Ingresos por conceptos de turismo ambiental

Propósito del taller

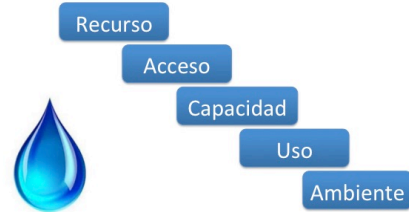
- Hallar variables para cada uno de los ítems

A conversar!



Falta de agua

- Sus causas se pueden agrupar en 5 ítems



Falta de agua en el Valle de Azapa

Determinación participativa de variables que la determinan

Dámara Araya Valenzuela
Ingeniería en Recursos Naturales Renovables
Universidad de Chile



Presentación taller 2:

 <p style="text-align: center;">Importancia relativa de variables que determinan la falta de agua</p> <p>Dámara Araya Valenzuela Ingeniería en Recursos Naturales Renovables Universidad de Chile</p>	<p style="text-align: center;">Temas a tratar...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Propuesta de Variables y su forma de medir <ul style="list-style-type: none"> – Discusión • Propuesta de importancia relativa de las Variables <ul style="list-style-type: none"> – Discusión 
<p style="text-align: center;">Recordando</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las causas de la falta de agua se pueden agrupar en 5 ítems: <div style="text-align: center;">  <p>Recurso</p> <p>Acceso</p> <p>Capacidad</p> <p>Uso</p> <p>Ambiente</p> </div> 	<p style="text-align: center;">Recurso</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de agua <ul style="list-style-type: none"> – Uso de las aguas sub. – Presión de uso sobre aguas subterráneas • Calidad de agua 
<p style="text-align: center;">Acceso</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cobertura del agua potable <ul style="list-style-type: none"> – Consideración de qué es mejor • Estado de la red de canales <ul style="list-style-type: none"> – Porcentaje de la red aún no canalizada 	<p style="text-align: center;">Capacidad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacitaciones realizadas –riego y cultivo- privadas y públicas • Personas capacitadas: viabilidad de la medición • Inclusión de temas de agua en escuelas agrícolas 

Uso

- Tecnología en el valle (ha regadas con tecnología) → **Corrección**
- Usos en el valle – **agua utilizada por cada uno***
- Presión del crecimiento de Arica



Ambiente

- Hectáreas de Olivos deforestadas
- **Aves**
- **Plagas: no se asocia al agua, análisis**



Importancia relativa



INDICADORES



Importancia relativa de variables que determinan la falta de agua

Dámara Araya Valenzuela
 Ingeniería en Recursos Naturales Renovables
 Universidad de Chile



Apéndice 3: Fichas indicadores generados.

Ámbito y variable	1. Capacidad. Capacitaciones
Nombre	Importancia dada al Manejo del Agua (IMA)
Descripción	Indicador que busca evidenciar el grado de importancia que posee el manejo sustentable del agua en las capacitaciones ofrecidas por instituciones públicas respecto al total de capacitaciones en las que el recurso se ve involucrado.
Relevancia o pertinencia	<p>Es sabido que el manejo correcto del agua es requisito para más de una práctica agrícola (aplicación de agroquímicos y manejo de salinidad del suelo, por ejemplo), por lo que un número importante de capacitaciones entregadas por organismos estatales incluyen de alguna forma este ítem, pero no es necesariamente la temática de sostenibilidad.</p> <p>Junto con esto, dos de las preocupaciones de los agricultores del valle son el atraso tecnológico que han evidenciado en el valle (declarando un atraso de 10 años en la inclusión de nuevas tecnologías), y el “autoaprendizaje” que se ha desarrollado en la implementación de sistemas de riego y aplicación de agroquímicos, incorporando tecnologías en base a lo que pareció darle buenos resultados a otro. Estas preocupaciones son resultado de un bajo nivel de capacitación formal.</p> <p>El indicador propuesto busca evaluar, de manera bastante amplia, la condición actual de las capacitaciones entregadas en materia de agua, mostrando el porcentaje de personas que son capacitadas realmente en manejo de agua, en pro de mejorar la eficiencia e integrar nuevas tecnologías, respecto al total de personas que al capacitarse reciben conocimientos de eficiencia hídrica, sea este el propósito o no. Se utiliza como unidad la población, ya que es la unidad que tiene real impacto sobre el recurso, no así la cantidad de cursos o la frecuencia de estos; variables que sin considerar la asistencia se vuelven irrelevantes.</p>
Tendencia y desafíos	Lamentablemente, debido a la escasa información disponible por parte de los servicios públicos (ya sea por pérdida de registros, desactualización de los mismos, o creación de la región, separándose de la de Tarapacá) es que no se puede observar tendencia alguna respecto a las capacitaciones, aún contando con la mayor información posible de los últimos 10 años, quedan fuera datos de organismos importantes como INDAP o CNR, contando sólo con información de INIA URURI desde el año 2009.

(continua)

(continuación)

Ámbito y variable	1. Capacidad. Capacitaciones
Nombre	Importancia dada al Manejo del Agua (IMA)
Direccionalidad	<p>El aumento del indicador reflejará que existe un aumento de personas capacitadas en manejo de agua, lo que puede deberse a tres situaciones: un aumento en el cupo de cada capacitación, un aumento del número (o frecuencia) de las capacitaciones manteniendo los niveles de asistencia y/o la inclusión del manejo de agua en capacitaciones con más de un objetivo. Se debe considerar también que un aumento del indicador puede deberse a la disminución de personas capacitadas en materias propias de los cultivos que, sin ser el objetivo principal, adquieren conocimientos respecto al manejo del agua, por lo que la evolución del indicador debe ser evaluada no sólo en base a su resultado, si no que considerando la evolución de las variables que lo componen.</p> <p>La disminución del indicador indicaría la situación contraria a las antes mencionadas.</p>
Limitaciones	<p>Este indicador:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) No evalúa el conocimiento adquirido de las personas. 2) No discrimina entre usuarios 3) El indicador puede tomar valores altos con asistencias bajas en ambas variables independientes, por lo que no da cuentas de la realidad de valle, sólo de aquellos agricultores que asisten a instancias de capacitación.
Fórmula de cálculo	$IMA = \frac{PCs}{PC} \times 100$ <p>Donde:</p> <p>IMA: Importancia dada al Manejo de Agua; énfasis dado al manejo sustentable del recurso hídrico</p> <p>PCr: Número de personas que se capacitan en sistemas sustentables de aprovechamiento de agua (sea para riego o consumo humano)</p> <p>PC: Número de personas que asisten a instancias de capacitación donde se trate de manera directa e indirecta el manejo y aprovechamiento del agua.</p>
Definición de variables	<p>Cursos de capacitación de sistemas sustentable de aprovechamiento de agua (instancias directas): son todos aquellos cursos cuyos nombres y/u objetivos declaren explícitamente intención de mejorar los conocimientos y capacidades del usuario para hacer un uso más eficiente del recurso.</p> <p>Cursos de capacitación donde se trate de manera indirecta la temática hídrica: son todos aquellos cursos en los que de una u otra manera, generalmente por necesidad, se considere el manejo del agua, al ser esta medio para ejecutar los conocimientos en él entregados.</p> <p>La variable PC es la suma de asistentes a ambos cursos.</p>

(continúa)

(continuación)

Ámbito y variable	1. Capacidad. Capacitaciones
Nombre	Importancia dada al Manejo del Agua (IMA)
Periodicidad de la toma de datos	Se recomienda la evaluación bianual, considerando que existen programas que trabajan con la estacionalidad de los cultivos.
Discusión y/o recomendaciones del indicador	<p>Este indicador, como se mencionó anteriormente, es bastante amplio y con poca especificidad respecto al significado de su variación, pero permitirá de manera preliminar evaluar la importancia que se le da al manejo del recurso hídrico. El indicador permite además contar con datos para extraer información a nivel de valle, pudiendo comparar la cantidad de personas capacitadas en manejo con la cantidad total de agricultores o usuarios de agua.</p> <p>Se recomienda hacer seguimiento temporal no sólo de la evolución del indicador, si no también de las variables que lo componen, ya que dicho análisis enriquece la información obtenida al entregar causalidad de los cambios del indicador.</p> <p>Por otro lado, se recomienda, en un futuro y con personas pertinentes, elaborar un indicador que discrimine la condición de la persona capacitada, ya que se reconoce la diferencia entre capacitar a un pequeño agricultor (cuyas condiciones económicas no le permitirán adquirir o contratar tecnología de punta y por ende necesita adquirir conocimientos que le permitan hacer más eficiente sus procesos), un técnico o profesional (cuyos conocimientos beneficiarán a más de un agricultor) o a un gran agricultor (que posiblemente tenga un mayor impacto a nivel territorial, dada la extensión de terreno y derechos de aprovechamiento de aguas que posea).</p> <p>Sumado a esto, se reconoce el valor de la difusión de las instancias de capacitación, por lo que alianzas entre comunidades (formales o no) de agricultores o usuarios de agua y los servicios públicos son de vital importancia, considerando que los recursos electrónicos no siempre son efectivos y que los servicios poseen personal y recursos escasos.</p>
Origen de información	Organismos públicos de capacitación al agricultor: INIA, INDAP, CNR.

Ámbito y variable	2. Capacidad. Escuelas
Nombre	Representatividad escolar de la temática hídrica
Descripción	Indicador que identifica la relevancia que se le da al buen manejo del agua dentro de la educación secundaria de carácter técnico. El indicador pondera la cantidad de ramos que en su plan de estudios posee como mínimo un tercio de sus contenidos dedicados a la temática hídrica, respecto a la totalidad de los ramos.
Relevancia o pertinencia	Bajo la condición de extrema aridez en la que los estudiantes han de desarrollar su vida laboral, se hace necesario conocer la importancia que se le da al manejo del agua en su formación como técnicos agropecuarios. Bajo la consideración que el agua es una temática altamente relevante y que su estudio debiese ser transversal para la carrera, es que se busca identificar si es tratada como tal.
Tendencia y desafíos	Actualmente la educación superior se encuentra estandarizada a nivel nacional, por lo que la posibilidad de aumentar el valor actual del indicador, sin hacer modificaciones curriculares, es bastante baja. Esto exige la revisión a conciencia de los planes de estudio, teniendo en consideración que las zonas extremas del país presentan desafíos agropecuarios muy distintos a la zona centro-sur, por lo que un técnico agrícola requiere de conocimientos y capacidades diferenciadas para enfrentarlos.
Direccionalidad	Como este indicador considera la declaración explícita de las unidades, al aumentar, se pueden inferir dos situaciones: se han añadido contenidos relacionados a la temática hídrica a cada ramo, o, se han integrado a los conocimientos ya existentes; situaciones no excluyentes, y que en ambos casos significa una mejora. En caso de disminuir, la situación releva una exclusión de la temática hídrica.
Limitaciones	El indicador sólo medirá la representatividad declarada, de ningún modo medirá las competencias y/o conocimientos realmente adquiridos por el estudiante. El indicador se basa en el nombre otorgado a las unidades, ante la imposibilidad técnica de revisar los contenidos de cada unidad.
Fórmula de cálculo	$R_{H2O} = \frac{R30}{RT} * 100$ <p>Donde: R_{H2O}: Es la representatividad que tiene la temática hídrica en la especialidad. R30: Ramos de la especialidad en los cuales los contenidos que tratan la temática hídrica alcanza o supera el 30%. RT: Ramos totales de la especialidad.</p>
Definición de variables	R30 considera los “contenidos que tratan la temática hídrica”, esto se evaluó como aquellos ramos cuyas unidades explicitan en su título el abordar la temática hídrica.
Periodicidad de la toma de datos	Se recomienda evaluar el indicador cada 2 años, asumiendo que los cambios se verán reflejados en aquella generación que curse la especialidad con los ajustes tanto en 3 ^{er} como en 4 ^{to} medio.

(continuación)

(continuación)

Ámbito y variable	2. Capacidad. Escuelas
Nombre	Representatividad escolar de la temática hídrica
Discusión y/o recomendaciones del indicador	<p>Es necesario estudiar con profesionales en docencia y en agricultura de zonas áridas el valor asignado para establecer representatividad. Este valor fue designado con criterio personal, a partir de las conversaciones sostenidas con el jefe de carrera del Liceo Agrícola José Abelardo Núñez y con los agricultores de la zona.</p> <p>Este indicador, como se menciona en las limitaciones, no logra medir el conocimiento y competencias que el estudiante adquiere, por lo que, sería recomendable sumar algún tipo de prueba general dónde esto se viera reflejado, tanto para conocer la calidad del técnico que egresa, como para mejorar la enseñanza y transmisión de aquellos conocimientos que no logran ser integrados.</p> <p>El indicador podría además cambiar de unidad mínima a los contenidos de las unidades, para así ser representativa de mejor manera la importancia dada al manejo del agua en las aulas.</p>
Origen de información	Ministerio de Educación. Liceo agrícola, programas de cursos.

Ámbito	3. Uso. Usos presentes
Nombre	Estabilidad de los usos tradicionales
Descripción	El indicador muestra la estabilidad de los usos tradicionales dentro del valle, considerando la estabilidad como la inexistencia de venta de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas. Esta propensión a la venta se evalúa para 2 usos (extracción comités de agua potable rural y uso agrícola) variando de 0 a 1, siendo 0 la menor propensión a la venta y 1 la mayor, por lo que el indicador es el inverso aditivo.
Relevancia o pertinencia	La incorporación de nuevos usuarios de aguas en el valle de Azapa es una preocupación generalizada en los agricultores y en quienes trabajan en pro de la sostenibilidad del sistema. Son dos las maneras en que las aguas son transferidas: a través del traspaso directo de derechos de aprovechamiento (que conlleva registro legal en el conservador de bienes raíces e informe a DGA) y la venta de volúmenes transacciones que no poseen marco legal que las regule. Ambas situaciones son posible por un aumento en la eficiencia de riego y/o por pérdida de interés en la agricultura. Si bien esto en rigor no incurre en mayores perjuicios legales, es ambientalmente perjudicial ya que el agua sale del sistema en vez de volver al ciclo (infiltración) o mantenerse reservado.
Tendencia y desafíos	Debido a los altos grados de eficiencia en el uso del agua alcanzados por el valle sumado a la pérdida de interés por la agricultura (generalmente en las sucesiones) es que se prevé una disminución en la estabilidad de los usos tradicionales del valle, especialmente en el uso agricultura.
Direccionalidad	Un aumento en el valor del indicador muestra que no han existido transacciones hacia usos distintos al agrícola y APR, una disminución indica lo contrario
Limitaciones	El indicador no muestra el traspaso de volúmenes fijos no periódicos de aguas, dada la informalidad de dichos traspasos.

$$Est. de los usos = \left(1 - \frac{TVQ_{sub}A_b}{Q_{sub}A_g a}\right)$$

Donde:

Fórmula de cálculo
 Est. de los usos: es el nombre del indicador, estabilidad de los usos (APR y Agricultura)
 TVQ_{sub}A_b: es el total de transacciones de caudales subterráneos de propiedad de agricultores o APR vendidos de manera expresa a empresas cuyo rubro no es el agrícola durante un año "a"
 Q_{sub}A_ga: Es el total de caudal destinado a agricultura y APR a inicios del año "a".

(continua)

(continuación)

Ámbito	3. Uso. Usos presentes
Nombre	Estabilidad de los usos tradicionales
Definición de variables	La variable TVQsubAb considera sólo aquellas transacciones expresas, dada la imposibilidad de conocer el rubro de todos los particulares que compran derechos de aprovechamiento. Como transacciones se entienden: Adjudicación, aporte, cesión, compra-venta, dación en pago y donación.
Periodicidad de la toma de datos	Se recomienda la aplicación anual del indicador, ya que los datos son de acceso público en el portal de la Dirección General de Aguas.
Discusión y/o recomendaciones del indicador	El indicador aporta antecedentes respecto a la sustentabilidad del acuífero, pero no logra abordar todos los temas que son de preocupación de los agricultores, por lo que se vuelve necesario considerar modificaciones a niveles institucionales respecto al uso del agua: sumar a los datos que se registran en el conservador de bienes raíces el uso que le dará el futuro propietario, para así considerar también a los particulares no agricultores en la variable TVQsubA ^b . Por otro lado, es relevante regular el traspaso de volúmenes determinados de aguade manera no periódica, lo que requeriría ser incluido en un marco regulatorio. Esta regulación puede llevarse a cabo mediante sistema de boletas, en que se le exija tanto al comprador como al vendedor demostrar el origen y receptor del agua, al igual que en la venta de otros bienes.
Origen de información	Dirección General de Aguas Conservador de Bienes Raíces

Ámbito y variable	4. Uso. Presión hídrica
Nombre	Capacidad de suplir la demanda hídrica de Arica
Descripción	El indicador pretende mostrar la relación entre las posibilidades que tiene el acuífero de abastecer las actividades en el valle y la demanda hídrica por parte de la ciudad.
Relevancia o pertinencia	Ante el aumento progresivo de la población, especialmente la inminente inmigración producto del crecimiento de la actividad minera no metálica, junto con el cierre de ciertos pozos de abastecimiento de agua potable y el traslado de derechos hacia el valle, se vuelve necesario evidenciar si el acuífero está en condiciones de suplir la demanda urbana. Es importante considerar que este indicador se construye bajo la declaración que el uso agrícola y de consumo propio del Valle son prioridad, lo que por ley no corresponde, pero permite concluir el riesgo que corre la actividad agrícola y los habitantes del Valle.
Tendencia y desafíos	La tendencia será al aumento de la presión (disminución del valor del indicador), ya que no se prevé regulación de la demanda urbana, por lo que se vuelve necesario trabajar en dos aristas: el control del crecimiento poblacional y el consumo per cápita de agua.
Direccionalidad	El aumento del indicador mostrará que las posibilidades de suplir la demanda urbana son mejores. La disminución significará que el acuífero está cada vez más presionado y que el sector agrícola pierde certeza respecto al propio abastecimiento.
Limitaciones	El indicador trabaja con un supuesto fuera del marco legal. El indicador trabaja con los volúmenes otorgados en los derechos de aprovechamiento, no con la recarga real anual o volumen efectivamente disponible del acuífero.

$$SP = \frac{Rd}{D.P}$$

Donde:

SP: es la capacidad de suplir la demanda hídrica para consumo humano proveniente de la zona urbana de la ciudad.

Rd: Recarga disponible para usos no propios del valle,

Siendo

Fórmula de cálculo

$$Rd = R - (AsG + AsP)$$

Donde:

R: Recarga anual estimada del acuífero

AsG: Volumen anual de agua subterránea otorgado para agricultura.

AsP: Volumen anual de agua subterránea otorgado para consumo humano rural

(continua)

(continuación)

Ámbito y variable	4. Uso. Presión hídrica
Nombre	Capacidad de suplir la demanda hídrica de Arica
Fórmula de cálculo (continuación)	<p>D.P.: Demanda hídrica de la población urbana. Siendo</p> $D.P = C \times pbb$ <p>Donde: C: Consumo diario por persona. Pbb: Cantidad de personas residentes en el área urbana, expresadas en miles.</p> <p>Para SP se considerará que cualquier valor mayor a 1 se incluirá en el WPI como 1.</p>
Definición de variables	Tanto el consumo cada mil personas como la cantidad de personas serán consideradas a partir de la última estimación realizada por el organismo pertinente.
Periodicidad de la toma de datos	Se recomienda la evaluación cada 5 años, debido a la posibilidad de contar con síntesis censales, y proyecciones de población y consumo entre cada periodo censal.
Discusión y/o recomendaciones del indicador	Este indicador recoge la preocupación de los agricultores respecto a la demanda cada vez más expresa por parte de las empresas abastecedoras de agua. Conocer el grado de presión sobre el acuífero permitirá aclarar la situación real, justificando o no la preocupación de los agricultores, dando bases para el manejo y resolución de conflictos entre ambos usos.
Origen de información	Instituto Nacional de Estadísticas Superintendencia de Servicios Sanitarios Dirección general de Aguas

Apéndice 4: Variables y sus indicadores

Ámbito: Recurso

Ámbito y variable	1. Recurso. Calidad de aguas
Nombre	Índice de Calidad de aguas
Descripción	<p>En este trabajo se propone el uso del Índice de Calidad de Aguas Superficiales (ICAS) para la cuenca del Lauca, presente en el estudio desarrollado por DGA (2008) “Diagnóstico y clasificación de cuencas según su objetivo de calidad de aguas”, dado el trasvase de aguas desde dicha cuenca hacia el Valle. y la aplicación del estudio “Diagnóstico y clasificación de sector de acuíferos” (DGA, 2009) para las aguas subterráneas del Acuífero Azapa.</p> <p>El indicador indica la calidad de agua de manera conjunta y equitativa para las aguas superficiales provenientes del sistema Lauca y las subterráneas del valle, dejando fuera las superficiales dado que su condición efímera las vuelven poco aprovechables durante el año.</p>
Relevancia o pertinencia	Conocer la calidad de las aguas que se utilizan en el Valle permite tener certeza del uso que se le puede dar al agua y las gestiones necesarias para aumentar su calidad.
Tendencia y desafíos	Si bien no es fácil proyectar cambios en el indicador, dada la presencia natural de contaminantes, es posible suponer una disminución del indicador producto de la contaminación por agroquímicos.
Direccionalidad	Un aumento en el indicador indicaría la mejora de la calidad de las aguas y la disminución lo contrario.
Limitaciones	El indicador no evidencia de manera inmediata el cambio de calidad particular para las aguas subterráneas y superficiales, por lo que los valores podrían mantenerse constantes aun cuando haya cambios, pero se contrarresten entre sí.
Fórmula de cálculo	$ICA_{Azapa} = \frac{ICAS_{Lauca} + IC_{Azapa}}{2}$ <p>Donde: ICA_{Azapa}: es el índice de calidad de aguas para el valle de Azapa ICAS_{Lauca}: es el índice de calidad de aguas superficiales para el río Lauca y sus tributarios. IC_{Azapa}: es el índice de calidad de aguas para el acuífero de Azapa.</p>

(continua)

(continuación)

Ámbito y variable	1. Recurso. Calidad de aguas
Nombre	Índice de Calidad de aguas
Definición de variables	<p>El valor de ICA_{Lauca} corresponderá a aquel que asemeje mejor las condiciones en el valle a la que el agua trasvasijada se expone.</p> <p>El valor de IC_{Azapa} se alcanza aplicando la metodología sólo en relación al valor numérico del IC, no la espacialización. Los datos se obtienen desde la estación “pozo Albarracines”, única con datos recientes (2001 a 2007) inserta en el área de estudio. Como parámetros locales se utilizan nitratos (obligatorio) y Boro (parámetro de alto interés agrícola (Torres y Acevedo, 2008), no se trabaja con Arsénico, ya que según registros no presenta niveles que afecten la salud humana. El valor obtenido se estandariza a partir de los parámetros por DGA (2004)</p>
Periodicidad de la toma de datos	<p>Se recomienda la evaluación anual del indicador, aún cuando la toma de datos tenga mayor frecuencia, es necesario considerar un periodo de tiempo que sea capaz de escapar a la estacionalidad y eventos puntuales.</p>
Discusión y/o recomendaciones del indicador	<p>Es necesario evaluar la calidad de las aguas de trasvasije una vez que ingresan al sistema Azapa, y en más de una sección de este, dado el cambio en condiciones ambientales y de contaminación por la actividad agrícola.</p> <p>Se recomienda concentrar esfuerzos en mejorar la cantidad y calidad de los datos de aguas subterráneas para evaluar el IC en el acuífero de Azapa a través de la metodología empleada por DGA (2009b), ya que el mismo informe determina no trabajar en el valle por baja confianza en los datos.</p>
Origen de la información	<p>DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2004. Diagnóstico y clasificación de cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. v.3, 798p.</p> <p>DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2009b. Estudio Diagnóstico y clasificación de sectores de acuífero. v.1, 208p y v.2 384p.</p>

Ámbito y variable	2. Recurso. Explotación aguas subterráneas
Nombre	Nivel de Explotación de aguas subterráneas
Descripción	Indicador que relaciona el volumen de derechos de aprovechamiento otorgados con la recarga del acuífero, considerando como uso sustentable aquel que no supera la recarga anual del mismo. El indicador tiene por objetivo alertar, valores menores a 1 deben ser revisador y buscar solución.
Relevancia o pertinencia	Dada la imposibilidad actual de evaluar la verdadera extracción desde los pozos dentro del valle, la estimación más cercana es la comparación de los derechos de aprovechamiento otorgados sobre el acuífero respecto a la recarga estimada, lo que permite evidenciar si existe un sobre otorgamiento y por ende la posibilidad de sobre explotar el acuífero.
Tendencia y desafíos	No se prevén mayores cambios en el indicador dada la condición de zona saturada del acuífero.
Direccionalidad	El ideal del indicador es el 1, que debe interpretarse como que el total de derechos asignados es igual o menor a la recarga, valores menores indican sobre otorgamiento, mientras menor el valor, mayor el sobre otorgamiento.
Limitaciones	El indicador no muestra “en cuánto” se encuentran sobre otorgados los derechos, no debe mal interpretarse un valor bajo, como 0,3, diciendo que el acuífero se encuentra sobre otorgado en un 70%. Como parámetro referencial: un acuífero sobre otorgado en 2 veces la recarga tendrá un valor de <i>Esub</i> igual a 0,5 y uno con sobre otorgamiento de 3 veces la recarga será igual a 0,33.
Fórmula de cálculo	$E_{Sub} = \frac{Ra A}{Total DAA}$ <p>Donde:</p> <p>Esub: es el nivel de explotación de aguas subterráneas. RaA: es la recarga anual del acuífero, expresada como caudal. Total DAA: Es el caudal total de agua subterránea otorgado mediante derechos de aprovechamiento. Cualquier valor superior a 1 debe indicarse como 1 en el WPI.</p>
Definición de variables	Debe tenerse en consideración hacer las transformaciones pertinentes para trabajar con unidades de caudal iguales en ambas variables independientes.
Periodicidad de la toma de datos	Dado que el acuífero es considerado zona saturada, no se otorgarán nuevos derechos, por lo que se recomienda volver a medirlo cada vez que se ingrese una solicitud de regularización u otra que sume derechos sobre el acuífero.
Discusión y/o recomendaciones del indicador	Ya que el indicador no evidencia el verdadero problema de explotación de aguas subterráneas se recomienda el cambio de la variable “Total DAA” por “Extracción efectiva” una vez implementados los equipos de monitoreo de pozos, para así relacionar volúmenes de extracción con volúmenes de recarga, y así reflejar extracciones fuera de norma y/o ahorro de agua
Origen de la información	Dirección General de Aguas (DGA): Catastro público de aguas

Ámbito Acceso

Ámbito y variable	3. Acceso. Cobertura agua de bebida
Nombre	Nivel de Cobertura de agua para consumo humano
Descripción	El indicador muestra la cobertura de agua de bebida, considerando para ello el agua de red y la de pozo, en igual importancia, dada la percepción de ello por parte de los agricultores del valle, utilizando los hogares como unidad de interés. El indicador se adaptó desde lo utilizado por Sullivan (2005).
Relevancia o pertinencia	Saber si los hogares del valle están siendo efectivamente provistas de agua para consumo es esencial, en especial cuando se sabe que el abastecimiento en base a pozos es relevante no sólo por la cantidad de personas a las que abastece, sino también porque en el Valle se le considera una fuente de agua igualmente valorizada que la de red, en un contexto de escases hídrica y conflictos por el uso de aguas subterráneas.
Tendencia y desafíos	Considerando la tendencia actual de disminución de los niveles freáticos, se prevé que menos personas sean abastecidas por agua de pozo y aumente el suministro por camiones aljibe, por lo que el indicador disminuiría su valor.
Direccionalidad	Un aumento en el valor del indicador indica una mayor cantidad de hogares siendo abastecidas por agua de bebida proveniente de red o por agua de pozo.
Limitaciones	El indicador no presenta limitaciones de comprensión o interpretación.
Fórmula de cálculo	$CAP = \frac{A + B}{TF}$ <p>Donde: CAP: Cobertura de agua para consumo humano A: Total de hogares abastecidos de agua proveniente de red B: Total de hogares abastecidos de agua de pozo TF: Total de hogares en el valle</p>
Definición de variables	La variable A considera aquellos hogares cuyo abastecimiento se realiza mediante la red de agua potable de la ciudad, operada por Aguas del Altiplano, mientras la B a aquellos que se abastecen de agua proveniente de pozo (como Comité de Agua Potable Rural o pozo en el terreno de residencia).
Periodicidad de la toma de datos	La disponibilidad actual de datos es cada 10 años, frecuencia censal, pero dada la paulatina sequía de pozos y la importancia sanitaria del agua, se recomienda realizar campañas de levantamiento de datos cada dos años, con apoyo municipal.
Discusión y/o recomendaciones del indicador	NA
Origen de la información:	Instituto Nacional de Estadísticas (INE)

Ámbito y variable	4. Acceso. Estado red de canales
Nombre	Eficiencia de la red de canales
Descripción	El indicador muestra la eficiencia que presenta el canal de Azapa, en cuanto a condiciones físicas, para transportar agua a través de su matriz, comparando el caudal de entrada en bocatoma con el caudal medido en distintos aforos a lo largo de la matriz. El indicador fue desarrollado por CONIC-BF consultores por mandato DOH (2007, citado por DOH, 2011).
Relevancia o pertinencia	La eficiencia en el transporte de agua para el riego es fundamental para asegurar y proyectar los niveles de producción del valle, especialmente para aquellos usuarios ubicados aguas abajo, quienes acumulan las pérdidas anteriores, viendo mermado el caudal al que tienen derecho.
Tendencia y desafíos	Dado que el proyecto para entubar el canal matriz ya se concreta con cofinanciamiento estatal, se asume un aumento del indicador.
Direccionalidad	Un aumento en el indicador muestra una mejor eficiencia en la transferencia de agua de riego (menos pérdidas en el transporte).
Limitaciones	El indicador no da cuentas de pérdidas de agua debido a robo.
Fórmula de cálculo	$Ec = \frac{\sum Aa}{AT}$ <p>Donde: Ec: Eficiencia del canal en conducir el agua. Aa: Caudal de agua medido en cada aforo (diferenciado por tramo). At: Caudal pasante en el canal matriz</p>
Definición de variables	Aa fue medido en un total de 9 aforos representativos de 3 tramos homogéneos del canal.
Periodicidad de la toma de datos	El estudio fue realizado en 2007, pero es recomendable que la eficiencia del canal sea evaluada al menos una vez al año, para dar cuentas de filtraciones o revelar robo de aguas.
Discusión y/o recomendaciones del indicador	Si bien no se ha estudiado el nivel de aporte desde el canal hacia el acuífero por concepto de pérdidas, es un elemento que debe ser considerado y discutido al momento de revestir el canal para mejorar la eficiencia, considerando opciones como la recarga artificial con aguas del Canal de Azapa para mantener y/o mejorar las reservas subterráneas. Por otro lado, aunque el indicador se extrae del estudio mencionado, la continuidad de las mediciones debiesen ser realizadas por COMCA, como organismo regulador de las aguas distribuidas por el canal.
Origen de la información:	Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) Comunidad de Aguas del Canal de Azapa (COMCA)

Ámbito Uso

Ámbito y variable	5. Uso. Tecnificación de riego en el Valle
Nombre	Nivel de tecnificación de riego
Descripción	El indicador muestra la porción de tierra cultivada bajo un sistema de riego tecnificado.
Relevancia o pertinencia	Conocer el nivel de tecnificación del valle da cuentas de la eficiencia con la que se utiliza el agua en la agricultura, por ende, la importancia económica que ella tiene.
Tendencia y desafíos	Dado que el Valle sigue la tendencia nacional de incorporar cada vez más, se prevé un aumento del indicador.
Direccionalidad	El indicador debe ser evaluado con precaución, realizando seguimiento del mismo, ya que si bien un aumento del valor indica la implementación de tecnología de riego en terrenos donde no la había, se ve sumamente afectado cuando se disminuyen las hectáreas totales cultivadas. Una disminución del indicador significará el retroceso tecnológico de una porción del valle, dado que es poco probable que disminuya producto de un aumento de hectáreas cultivadas (se asume que las nuevas áreas regadas lo harán necesariamente con riego tecnificado).
Limitaciones	El indicador se ve afectado por la inclusión de nuevas hectáreas de riego. El indicador no diferencia entre niveles de eficiencia de los distintos tipos de riego tecnificado.
Fórmula de cálculo	$N Tec = \frac{\sum H_{RT}}{H_T}$ <p>Donde: N Tec: es el nivel de tecnificación H_{RT}: Hectáreas con riego tecnificado H_T: Hectáreas totales cultivadas</p>
Definición de variables	H _{RT} se considerará cualquier tipo de tecnología de eficiencia (aspersión, microaspersión, goteo, borboteo y carrete).
Periodicidad de la toma de datos	Cada 10 años, manteniendo el registro que lleva INE mediante Censos agropecuarios.
Discusión y/o recomendaciones del indicador	El indicador no puede ser considerado como indicador de sustentabilidad, ya que el aumento en la eficiencia hídrica no significa, necesariamente, un ahorro de las aguas extraídas, si no también una oportunidad para regar áreas que actualmente no son productivas—como laderas de cerro— siendo entonces más intensivo el uso y mayor la demanda.
Origen de la información:	Instituto Nacional de Estadísticas, Censos agropecuarios

Ámbito Ambiente

Ámbito y variable	6. Ambiente. Deforestación de Olivo
Nombre	Variación de superficie de olivo
Descripción	El indicador busca mostrar el cambio de área utilizados por olivos adultos dada su importancia como cultivo resistente a estrés hídrico y como flora de anidación alternativa para la avifauna nativa. El indicador muestra esta variación en plazos de 10 años (variación intercensal).
Relevancia o pertinencia	El olivo se caracteriza por su alta resistencia a estrés hídrico, por lo que la demanda de agua es baja. Se suma a esto la cultura de riego asociado a él, que incluye el tendido e incluso la inundación en épocas de “bajada de río”, lo que favorece la recarga del acuífero. Otro aspecto importante del cultivo es que se considera parte del hábitat de la avifauna del valle, siendo lugar de nidificación para especies claves como el picaflor de Arica y de Cora.
Tendencia y desafíos	Actualmente existen dos condiciones dicotómicas para el área cubierta por olivos. Por un lado, el aumento de hectáreas plantadas, por ende aumento de “olivos jóvenes”, y por otro, deforestación de “olivos viejos” por cambio de cultivo o venta de terrenos a empresas semilleras.
Direccionalidad	Un aumento del indicador significa un aumento del área forestada por olivos, una disminución.
Limitaciones	Los datos de los cuales el indicador se alimenta no logran dar cuentas del servicio ecosistémico que presta el olivo, ya que son las plantaciones adultas centenarias, poco manejadas, los que actualmente cobijan la fauna del valle, por lo que es necesario ser cauto en la interpretación del indicador.
Fórmula de cálculo	$VO = \frac{OA}{OH}$ <p>Donde: VO: es la variación intercensal de hectáreas ocupadas por olivos. OA: son las hectáreas en producción en base al último censo agropecuario. OH: son las hectáreas en producción en base al penúltimo censo agropecuario.</p>
Definición de variables	
Periodicidad de la toma de datos	Cada 10 años, manteniendo el registro que lleva INE mediante Censos agropecuarios.
Discusión y/o recomendaciones del indicador	Se recomienda fijar parches de olivo relevantes (como OH) para la avifauna y la recarga del acuífero de acuerdo a criterio experto y considerar sólo esas para la medición intercensal.
Fuente de la información:	Instituto Nacional de Estadísticas, Censos agropecuarios

Apéndice 5: Cálculo y análisis del estado de las variables

Ámbito: Recurso	Variable: Calidad de aguas
1. ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUAS	
$ICA_{Azapa} = \frac{ICAS_{Lauca} + IC_{Azapa}}{2}$	
Indicador	<p>Donde:</p> <p>ICA_{Azapa}: es el índice de calidad de aguas para el valle de Azapa</p> <p>$ICAS_{Lauca}$: es el índice de calidad de aguas superficiales para el río Lauca y sus tributarios.</p> <p>IC_{Azapa}: es el índice de calidad de aguas para el acuífero de Azapa.</p>
Construcción	

Del Índice de Calidad de Aguas Superficiales (ICAS)

Consideración previa:

El ICAS se elabora con una metodología que cuantifica entre 0 (peor) a 100 (mejor) la calidad de las aguas superficiales, considerando su aptitud en base a la normativa existente (normas primarias y secundarias de calidad de aguas).

Dado que las aguas superficiales naturales del Río San José es escasa y estacional, para evaluar la calidad de las aguas superficiales del valle de Azapa se opta por considerar las aguas provenientes del trasvasije desde la cuenca del Lauca. En el informe DGA (2004), se presentan 3 resultados para la cuenca del Lauca, las 3 de distintos puntos en cauces naturales, dos puntos son realizados en el Río Lauca a distinta latitud (Río Desagüadero en Cotacotani y Río Lauca en Japu) y otro en el Río Desagüadero; los resultados obtenidos son de 93,4; 92,2 y 94,1 respectivamente.

Considerando que el agua que se trasvasa es captada desde el sistemas de lagunas Cotacotani y es conducida hasta la central termoeléctrica Chapiquiña mediante canal abierto, para luego ingresar al sistema Azapa a través del cauce natural del Río San José y nuevamente ser captada en Ausipar e ingresar al Canal de Azapa, es evidente que la calidad de las aguas que ingresan al área de estudio es distinta a la presentada anteriormente. Este cambio posee 3 causas principales:

- 1) el cambio en la concentración de los componentes por evaporación, dado que el flujo se encuentra continuamente a la intemperie,
- 2) el aumento o disminución de minerales dado el contacto con suelo, en el tramo Central Chapiquiña-Ausipar
- 3) el cambio de calidad producto del aumento de oxígeno, dado el cambio altitudinal que sufre el flujo.

Lamentablemente, no existen estimaciones de calidad de agua para el agua que ingresa al canal de Azapa, por ello se considerará el valor de 92,2, correspondiente a las aguas del Río Lauca en Japu, donde las aguas han pasado por cauce natural, y donde la latitud se acerca más a la captación de aguas en Ausipar.

(continua)

(continuación)

Construcción (continuación)

Del Índice de Calidad de Aguas Subterránea

Para la evaluar las aguas subterráneas del valle, se consideró el informe DGA (2009), en el cual se utiliza una metodología que permite determinar, para un mismo acuífero, la calidad de las aguas en distintos sectores, dadas las condiciones hidrogeológicas del interior de un cuenca. Para ello utilizan métodos de interpolación que permiten determinar el área que queda representada por los datos obtenidos en un pozo.

El índice contempla la evaluación de dos tipos de parámetros: los fijos y los singulares (o locales). Los primeros corresponden a parámetros comúnmente evaluados en calidad de aguas y los segundos a variables químicas de relevancia en la condición particular de uso del acuífero.

Parámetros Fijos	Parámetros Singulares
Sólidos Disueltos	Nitratos (NO ₃)
Totales (SDT)	Parámetro local 1
Cloruros (Cl)	Parámetro local 2
Calcio (Ca)	
Sulfatos (SO ₄)	
Sodio (Na)	
Magnesio (Mg)	

Fuente: DGA, 2009

El índice considera la evaluación de calidad para cada parámetro, en base a un rango continuo de 0 a 5, donde 0 es la mejor y 5 la peor, considerando que los valores entre 0-1 corresponden a calidad Excepcional, 1-2 Buena, 2-3 Regular, 3-4 Insuficiente y entre 4-5 Intratable, para luego determinar el valor del Índice de Calidad siguiendo los siguientes criterios:

Condición IC individual	Resultado IC general	Expresión
Si existe un parámetro con IC Intratable →	IC general es Intratable	$Si IC_{Individual} > 4$ $IC_{General} = 5$
Si alguno de los parámetros que afectan la salud humana, según NCh409, presentan IC Bueno, Regular o Insuficiente →	IC general es el peor IC individual de todos los parámetros	$Si 1 < IC_{Individual} \leq 4$ $IC_{General} = \max_{i=parámetro} (IC_i)$
Si todos los parámetros que afectan la salud humana, según NCh409, presentan IC Excepcional →	IC general es el promedio aritmético del IC individual de todos los parámetros	$Si IC_{Individual} \leq 1$ $IC_{Gral} = \frac{\sum_{i=parámetro} IC_i}{n^{\circ} de parámetros}$

Fuente: DGA, 2009

(continua)

(continuación)

Construcción (continuación)

Coincidiendo con el informe, al buscar estaciones que cuenten con información actual dentro del valle sólo se encuentra una: Estación Pozo Albarracines, por lo que se considera representativa del área de estudio, sabiendo que es necesario aumentar el número de estaciones de monitoreo para llevar a cabo la metodología de manera correcta.

La estación cuenta con información desde el año 1997 hasta el año 2007, datos con los cuales se calcula la mediana de los parámetros para calcular el IC individual, y luego calcular el índice General.

Cabe señalar que, dado que el WPI requiere de un ingreso cuantitativo entre 0 y 100, se opta por estandarizar las clases a partir de la tabla entregada por el mismo estudio, señalada a continuación:

Clase	0	1	2	3	4	5
Valor	100	90	70	50	25	0

Fuente: DGA, 2009

Habiendo revisado la información disponible y las recomendaciones expresas en el mismo documento respecto a la elección de los parámetros singulares para el acuífero, se opta por considerar sólo el parámetro químico de Boro, que es el único componente que presenta medidas fuera de lo permitido y ha sido foco de estudio en la zona (Torres y Acevedo, 2008; Lubell, 2009). Como resultado, se obtuvo que los nitratos presentaban una calidad regular, por lo cual el IC general debía equivaler al peor IC individual de todos los parámetros medidos. Para este caso es la conductividad eléctrica, con 48,82, por lo que el valor final de IC corresponde a 48,82.

Evaluación	$\frac{92,2 + 48,82}{2} = 70,5$
------------	---------------------------------

Fuentes de información	<p>DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2004. Diagnóstico y clasificación de cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. v.3, 798p.</p> <p>DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2009a. Estudio Diagnóstico y clasificación de sectores de acuífero. v.1, 208p y v.2 384p.</p> <p>Lubell, E. 2009. La calidad del agua potable en Arica, con respecto a la salud. <i>SIT Study abroad</i>, primavera. 28p. Recuperado en: http://digitalcollections.sit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1623&context=isp_collection. Consultado el: 17 de diciembre de 2013.</p> <p>Torres, A y Acevedo, E. 2008, septiembre-diciembre. El problema de salinidad en los recursos suelo y agua que afectan el riego y cultivos en los valles de Lluta y Azapa. <i>IDESIA</i>, 26 (3): 31-44.</p>
------------------------	---

Comentario	<p>El indicador presenta un alto nivel de incertidumbre debido al desconocimiento de la calidad de aguas superficiales a lo largo del canal de Azapa, por lo cual el valor acá presentado, que muestra alta calidad del agua, debe tomarse con precaución.</p> <p>En el caso de la calidad de las aguas subterráneas, si bien la aplicación del índice no fue compleja, no cuenta con suficientes puntos de medición, motivo por el cual la extrapolación aquí realizada, que la metodología permite, debe tenerse en cuenta al momento de utilizar este indicador.</p>
------------	---

Ámbito: Recurso

Variable: Explotación aguas subterráneas

2. NIVEL DE EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

$$ESub = \frac{Ra A}{Total DAA} \times 100$$

Donde:

Esub: es el nivel de explotación de aguas subterráneas

Fórmula

RaA: es la recarga anual del acuífero, expresada como caudal.

Total DAA: Es el caudal total de agua subterránea otorgado mediante derechos de aprovechamiento.

Cualquier valor superior a 1 debe indicarse como 1 en el WPI.

Construcción

Considerando que la recarga del acuífero se ha estimado sea 725 l/s (DGA, 2009a) y, según DGA (2013a) el caudal total otorgado en el acuífero de Azapa corresponde a 1603 l/s; el acuífero se encuentra sobre-otorgado en más de un 200%.

Evaluación

$$ESub = \frac{725 \text{ l/s}}{1603 \text{ l/s}} \times 100 = 45,23$$

Fuentes de información

DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2009a. Definición de estrategias de manejo sustentable para el acuífero de Azapa, XV región. Resumen ejecutivo. 7p.

DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2013a. Derechos concedidos Azapa. Solicitud N° 17.462 mediante Ley 20.285/2008 de Acceso a la información pública.

Ámbito: Acceso	Variable: Cobertura agua de bebida
----------------	------------------------------------

3. NIVEL DE COBERTURA DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

$$CAP = \frac{A + B}{TF}$$

Fórmula	<p>Donde:</p> <p>CAP: Cobertura de agua bebida</p> <p>A: Total de hogares abastecidos de agua proveniente de red</p> <p>B: Total de hogares abastecidos de agua de pozo</p> <p>TF: Total de hogares en el valle</p>
---------	---

Construcción

A partir de información otorgada por el Instituto Nacional de Estadísticas de Arica, se logra identificar que un total de 4279 hogares son abastecidos de agua para consumo mediante pozo y red, de un total de 5282 hogares

Evaluación	$CAP = \frac{2452 + 1827}{5282} \times 100 = 81,01$
------------	---

Fuente de información	<p>INE (Instituto Nacional de Estadísticas), Chile. 2012a. Viviendas distrito 6 según origen de agua. Solicitud N° 34.416 mediante Ley 20.285/2008 de Acceso a la información pública.</p>
-----------------------	--

4. EFICIENCIA DE LA RED DE CANALES

$$Ec = \frac{\sum Aa}{AT} \times 100$$

Indicador

Donde:

Ec: eficiencia del canal en conducir el agua.

Aa: caudal de agua medido en cada aforo (diferenciado por tramo).

At: caudal pasante en el canal matriz

Construcción

Para la determinación de las pérdidas del canal matriz, DOH (2007) realizó:

(...) una campaña de aforos a lo largo del mismo que consistió en la medición del caudal en nueve secciones diferentes del canal, utilizando un molinete de precisión. A lo largo del trazado del canal se definieron 3 tramos homogéneos, desde el punto de vista del caudal pasante en el canal matriz. Estos tramos fueron utilizados para la estimación de pérdidas en el canal. En el Cuadro 2.4.9-1 se resume la ubicación de las secciones de aforo utilizadas y los resultados obtenidos de las estimaciones de caudales en los distintos puntos de aforo.

CUADRO 2.4.9-1
UBICACIÓN DE PUNTOS DE AFORO Y CAUDALES MEDIDOS

Sección	Km	Sector	Caudal (L/s)
1	0,25	Bocatoma Canal	589,4
2	5,25	Ticnamar-Belén	587,9
3	13,6	El Rápido	587,6
4	16,46	Tranque Sobraya	586,8
5	27,85	Cerro Moreno Sur	540,2
6	33,53	Las Riberas	469,2
7	34,3	Alto Ramírez	413,7
8	37,16	Pucara	338,8
9	43	Pago de Gómez	240,1

Fuente: Estudio CONIC-BF (2007)

Para efectos de estimar porcentajes de pérdidas a lo largo del canal, se consideraron los tramos homogéneos indicados anteriormente. Para el tramo 1 se consideraron los aforos 1 al 4, para el tramo 2 los aforos 5 y 6, y para el tramo 3 los aforos 7 al 9, de esta manera se obtienen los resultados presentados como porcentajes de pérdidas por tramos en el Cuadro 2.4.9-2. A partir de esta información, en el estudio de CONIC-BF, se propone adoptar las pérdidas por tramos presentadas en el Cuadro 2.4.9-3.

(continua)

(continuación)

 Construcción (continuación)

CUADRO 2.49-2
PORCENTAJES DE PÉRDIDAS DE CONDUCCIÓN CANAL MATRIZ AZAPA

Tramo	Secciones Aforo	Sub-Tramo	Porcentaje Pérdida (%)
1	1-4	1-2	0,25
		2-3	0,05
		3-4	0,14
2	5-6	5-6	13,14
3	7-9	7-8	18,10
		8-9	29,13

Fuente: Estudio CONIC-BF (2007)

CUADRO 2.4.9-3
PROPOSICIÓN PORCENTAJES DE PÉRDIDAS CANAL MATRIZ AZAPA

Tramo (Km-Km)	Sector	Pérdida (%)
0,0-33,5	Bocatoma hasta tranque Sobraya, hasta sector las Riberas	13,0
33,5-43,3	Las Riberas hasta sector Pago de Gómez	24,0

Fuente: Estudio CONIC-BF (2007)

Por último, para los efectos de evaluación de beneficios del canal matriz es necesario indicar un porcentaje de pérdidas actuales, se propuso considerar un promedio de las pérdidas indicadas en el Cuadro 2.4.9-3, es decir, una pérdida promedio para todo el canal matriz Azapa de un 20,0%. Sin embargo, este porcentaje de pérdidas no considera las posibles extracciones ilegales que se pueden presentar bajo condiciones normales de operación del sistema.

(CONIC-BF, mandado por DOH 2007, citado por DOH, 2011).

Evaluación	Dado que el canal presenta tres tramos que utilizan rotativamente la totalidad del canal, y conocido el trabajo realizado por CONIC-BF (2007), se determina que el nivel de eficiencia del canal es de un 80%.
Fuentes de información	DOH (Dirección de Obras Hidráulicas), Chile. 2011. Estudio de factibilidad: Conducción por cañerías del canal matriz Azapa, Región de Arica y Parinacota. v.1, cap.2. [DVD]. Chile. 3 discos ópticos de almacenamiento (DVD).

Ámbito: Capacidad	Variable: Capacitaciones
5. IMPORTANCIA DADA AL MANEJO DEL AGUA (IMA)	

$$IMA = \frac{PCs}{PC} \times 100$$

Donde:

Indicador	<p>IMA: Importancia dada al Manejo de Agua; énfasis dado al manejo sustentable del recurso hídrico</p> <p>PCr: Número de personas que se capacitan en sistemas sustentables de aprovechamiento de agua (sea para riego o consumo humano)</p> <p>PC: Número de personas que asisten a instancias de capacitación donde se trate de manera directa e indirecta el manejo y aprovechamiento del agua.</p>
-----------	--

Construcción

Para la evaluación de este indicador se consideró la búsqueda de información en 3 organismos claves: Instituto de Investigación Agraria (INIA), el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y la Comisión Nacional de Riego (CNR). Dada la presencia en la región de las dos primeras instituciones se acude directamente, y para la CNR se acude a la Secretaría Regional Ministerial de Agricultura. Sólo se logra obtener información a partir de INIA, organismo que posee representación en la región desde el año 2008 (INIA-URURI). Tanto en las oficinas de INDAP como en la SEREMI-Agricultura, no existían registro actuales disponibles, y de registros previos no se conocía paradero, siendo altamente probable su existencia en Iquique, dado que las provincias de Arica y Parinacota pertenecían, hasta el año 2007, a la región de Tarapacá.

Por lo anterior, la evaluación del indicador se realiza con la información obtenida de INIA URURI desde el año 2009 a 2013,

Evaluación	$IMA = \frac{361}{938} \times 100 = 38,49$
------------	--

Fuentes de información	INIA- URURI (Instituto Nacional para la Innovación Agraria), Chile. 2013. [Solicitud presencial]. Registro capacitaciones años 2009 a 2013. INIA-URURI, Arica, Chile.
------------------------	---

Ambito: Capacidad	Variable: Escuelas
-------------------	--------------------

6. REPRESENTATIVIDAD ESCOLAR DE LA TEMÁTICA HÍDRICA

$$R_{H2O} = \frac{R30}{RT} \times 100$$

Donde:

Indicador R_{H2O} : Es la representatividad que tiene la temática hídrica en la especialidad.
 R30: Ramos de la especialidad en los cuales los contenidos que tratan la temática hídrica alcanza o supera el 30%.
 RT: Ramos totales de la especialidad.

Construcción

Para evaluar este indicador se recurrió a la base de datos del Ministerio de Educación (MINEDUC), donde se encuentran las mallas curriculares de las especialidades para los establecimientos educacionales. Sabiendo que analizar esto no sería suficiente, ya que la aplicación de esta malla puede verse enfrentada a contratiempos o enseñarse en un orden distinto, se solicitó al jefe de carrera y profesor de Técnico Agropecuario del Liceo Agrícola José Abelardo Núñez, Don José Quiroz, informar, en base a su experiencia, el tiempo dedicado a cada una de las unidades. Con esto, se concluye que 2 de los 15 ramos de la especialidad dan relevancia a la temática hídrica, dedicando tiempo efectivo para su aprendizaje.

Evaluación $R_{H2O} = \frac{2}{15} \times 100 = 13,33$

Fuentes de información MINEDUC (Ministerio de Educación), Chile. 2012. Programas curriculares. Recuperado en: http://www.mineduc.cl/index2.php?id_portal=37&id_seccion=3869&id_contenido=16663. Consultado el 2 de diciembre de 2012.
 Quiroz, J. 2012, julio. Importancia del agua en la especialidad agropecuaria. [Entrevista personal]. Liceo Agrícola José Abelardo Núñez.

Comentario Sólo 2 de los cursos cumplieron el criterio del 30%, pero por muy poco: Sistemas de producción vegetal con 1 de 3 unidades y Factores de producción vegetal con 3 de 8 unidades, existiendo 5 ramos en los que la temática hídrica se encontraba presente en un 25%, por lo que se vuelve sumamente necesario evaluar multidisciplinariamente y con visión local el parámetro base necesario para hacer del indicador una herramienta útil y representativa .

Ámbito: Uso	Variable: Tecnificación de riego en el Valle
-------------	--

7. NIVEL DE TECNIFICACIÓN DE RIEGO

$$N Tec = \frac{\sum H_{RT}}{H_T} \times 100$$

Indicador	Donde: N Tec: es el nivel de tecnificación H_{RT} : Hectáreas con riego tecnificado H_T : Hectáreas totales cultivadas
-----------	---

Construcción

Este indicador fue evaluado de dos maneras:

- La primera consistió en recurrir a la información oficial del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), a través de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) para poder acceder a datos a escala de distrito censal. Esta información muestra un total de 1915 hectáreas irrigadas con algún tipo de tecnología de eficiencia de un total de 2986 hectáreas cultivadas.
- La segunda manera consistió en la consulta directa a Don Ernesto Morales, Repartidor General de Aguas de COMCA, respecto al mecanismo de riego de los distintos parches agrícolas identificados mediante sistemas de información geográfica por el Laboratorio de Análisis Territorial de la Universidad de Chile (LAT), cuyo resultado fue de 3134 hectáreas irrigadas con tecnología de eficiencia respecto a 4172 hectáreas cultivadas.

Evaluación	Evaluación 1: $N Tec = \frac{1915}{2986} \times 100 = 64$ Evaluación 2: $N Tec = \frac{3134}{4172} \times 100 = 75$
------------	--

Fuentes de información	INE (Instituto Nacional de Estadísticas), Chile. Censo agropecuario 2007. Superficie regada de las explotaciones agrícolas año 2006/2007 por sistema de riego, según región, provincia, comuna y distrito. Recuperado en: http://icet.odepa.cl/ . Consultado el 15 de Noviembre de 2012. Morales, E. 2012, julio. Riego en el valle. [Entrevista personal]. Comunidad de Aguas del Canal de Azapa. Universidad de Chile. 2013. Sistema de Soporte para la Toma de Decisiones para la Gestión Sustentable del Acuífero de Azapa. Proyecto FONDEF Regional, Universidad de Chile.
------------------------	---

Ámbito: Uso	Variable: Presión de Arica
-------------	----------------------------

8. CAPACIDAD DE SUPLIR LA DEMANDA HÍDRICA DE ARICA

$$SP = \frac{Rd}{D.P} \times 100$$

Donde:

SP: es la capacidad de suplir la demanda hídrica para consumo humano proveniente de la zona urbana de la ciudad.

Rd: Recarga disponible para usos no propios del valle,

Siendo

$$Rd = R - (AsG + AsP)$$

Donde:

R: Recarga anual estimada del acuífero

AsG: Volumen anual de agua subterránea otorgado para agricultura.

AsP: Volumen anual de agua subterránea otorgado para consumo humano rural

Indicador

D.P.: Demanda hídrica de la población urbana.

Siendo

$$D.P = C \times pbb$$

Donde:

C: Consumo diario por persona

Pbb: Cantidad de personas residentes en el área urbana, expresadas en miles.

Construcción

A partir del estudio "Nivel de consumo de agua potable en el país" de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (2009), se conoce que el consumo medio en la región durante el periodo 2006-2007 fue de 118 litros diarios por persona aproximadamente, lo que equivale a 0,0014 l/s.

De acuerdo a las proyecciones de población al 2014 de INE (2014), a partir del censo 2002, existirían 158.369 personas residiendo en el área urbana de Arica.

A partir del estudio de la Dirección General de Aguas (2009) se sabe que la recarga media anual estimada del acuífero es de 725 l/s .

Habiendo solicitado a la Dirección General de Aguas el listado de derechos concedidos (DGA, 2013a) y las transacciones informadas hasta la fecha (DGA, 2013b), para identificar cambio de uso en los derechos, se sabe que el agua destinada a riego y a consumo humano rural equivalen a 1296,5 l/s.

Teniendo los antecedentes, y dado que sólo los derechos otorgados a la agricultura y el consumo de agua potable rural superan la recarga del acuífero, es que se concluye que la capacidad del valle de abastecer de agua potable a la ciudad de Arica de manera sustentable es nula. La actual posibilidad de abastecer ha de realizarse consumiendo las reservas de agua del acuífero.

(continua)

(continuación)

Ámbito: Uso	Variable: Presión de Arica
8. CAPACIDAD DE SUPLIR LA DEMANDA HÍDRICA DE ARICA (continuación)	
Evaluación	$D.P = 0$ $Rd = 725 \frac{l}{s} - \left(1296,5 \frac{l}{s} \right) = -573,5 \frac{l}{s} \therefore 0$ $D.P = 0,0014 \frac{l}{s \times persona} \times 158369 \text{ personas} = 221,717 \frac{l}{s}$
Fuentes de información	<p>DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2009b. Definición de estrategias de manejo sustentable para el acuífero de Azapa, XV región. Resumen ejecutivo. 7p.</p> <p>DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2013a. Derechos concedidos Azapa. Solicitud N° 17.462 mediante Ley 20.285/2008 de Acceso a la información pública.</p> <p>DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2013b. Registro consuntivos de Conservador de Bienes Raíces región de Arica y Parinacota. Solicitud N° 52.015 mediante Ley 20.285/2008 de Acceso a la información pública.</p> <p>INE (Instituto Nacional de Estadísticas), Chile. 2014. Proyecciones de población. Recuperado en: http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/demografia_y_vitales/proyecciones2014/proyecciones-de-poblacion-2014.xlsx. Consultado el 5 de mayo de 2014.</p> <p>SISS (Superintendencia de Servicios Sanitarios), Chile. 2009. Nivel de consumo de agua potable en el país. Recuperado en: http://www.siss.gob.cl/577/articulos-7663_recurso_5.pdf. Consultado el 10 de Agosto de 2013.</p>
Comentario	<p>Cabe decir que en base a esta consulta se logra identificar que las empresas sanitarias poseen 246,4 l/s asignados, y la demanda corresponde a 221,117 l/s, por lo que el consumo no se encuentra fuera de lo otorgado en derechos de aprovechamiento.</p>

Ámbito: Uso	Variable: Usos presentes
-------------	--------------------------

9. ESTABILIDAD DE LOS USOS TRADICIONALES

$$Est. de los usos = \left(1 - \frac{TVQ_{sub}A_b}{Q_{sub}A_g_a}\right) \times 100$$

Donde:

Indicador

Est. de los usos: es Estabilidad de los usos (APR y Agricultura)
 $TVQ_{sub}A_b$: es el total de transacciones de caudales subterráneos de propiedad de agricultores o APR vendidos de manera expresa a empresas cuyo rubro no es el agrícola durante un año “a”
 $Q_{sub}A_g_a$: Es el total de caudal destinado a agricultura y APR a inicios del año “a”.

Construcción

Considerando que la utilidad de este indicador consiste en su medición y comparación periódica y que esos registros no existen, es que a partir de información solicitada a la Dirección General de Aguas respecto a las transacciones realizadas desde la implementación de derechos de aprovechamiento (DGA, 2013b) se evaluó la estabilidad de los usos agricultura y agua potable rural durante todo el período que dichas transacciones abarcan (1997 en adelante). En base a esta revisión se concluye que 105,5 l/s, correspondientes a 12 transacciones, han cambiado de uso, de agrícola a otros usos (industrias e inmobiliarias).

Evaluación

$$Est. de los usos = \left(1 - \frac{105,5}{1296,5}\right) \times 100 = 91,83$$

Fuentes de información

DGA (Dirección General de Aguas), Chile. 2013b. Registro consultivos de Conservador de Bienes Raíces región de Arica y Parinacota. Solicitud N° 52.015 mediante Ley 20.285/2008 de Acceso a la información pública.

Comentarios

Cabe destacar que el proceso de transferencia de información de las transacciones realizadas desde el Conservador de Bienes Raíces a la Dirección General de Aguas no está normado por el Código de Aguas (DFL 1.122), motivo por el cual la posibilidad de conocer de manera efectiva las transacciones realizadas es sumamente baja. Junto con esto, la no obligatoriedad de informar el uso que se le dará al agua, genera altos niveles de incertidumbre para este indicador. Es necesario reiterar que el indicador no logra dar satisfacción a la necesidad de informar en qué se está ocupando el agua, detectada en los talleres focales, ya que aquellas transacciones de volúmenes fijos no se informan bajo ningún mecanismo.

Ámbito: Ambiente	Variable: Deforestación de Olivo
10. VARIACIÓN DE SUPERFICIE DE OLIVO	
	$VO = \frac{OA}{OH} \times 100$
Indicador	<p>Donde:</p> <p>VO: es la variación intercensal de hectáreas ocupadas por olivos.</p> <p>OA: son las hectáreas en producción en base al último censo agropecuario.</p> <p>OH: son las hectáreas en producción en base al penúltimo censo agropecuario.</p>
Construcción	
<p>Para la evaluación de este indicador se recurrió a la información censal agropecuaria de los años 1997 y 2007, del Instituto Nacional de Estadísticas en oficinas centrales, dado que la información del año 1997 no se encuentra en línea a nivel de distrito.</p>	
Evaluación	$VO = \frac{1462}{1210,89} \times 100 = 120 \therefore 100$
Fuentes de información	INE (Instituto Nacional de Estadísticas), Chile. 2012b. Censos agropecuarios 1997 y 2007. Requerimiento personal [DVD]. 1 disco óptico de almacenamiento.
Comentarios	<p>Los resultados del indicador se contraponen al conocimiento local ya que en los registros oficiales no es posible reconocer la edad de las plantaciones ni su ubicación, motivo por el cual todas las plantaciones realizadas durante los últimos años en zonas de laderas (que no cumplen funciones ambientales como permitir la recarga del acuífero o anidar fauna endémica) se suman al indicador, pero le restan funcionalidad.</p> <p>Para conservar el olivo como indicador ambiental se sugiere revisar las recomendaciones realizadas en la ficha parte del Apéndice 4.</p>