



Universidad de Concepción



FACULTAD DE CIENCIAS
AMBIENTALES

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN ADULTA DE LAS COMUNIDADES DE HUALQUI Y SAN PEDRO DE ATACAMA RESPECTO AL REÚSO DE AGUAS SERVIDAS TRATADAS

Habilitación presentada para optar al título de

Ingeniero Ambiental

DANIELA FRANCISCA SEGURA ALARCÓN

CONCEPCIÓN (CHILE), 2017



Universidad de Concepción



FACULTAD DE CIENCIAS
AMBIENTALES

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN ADULTA DE LAS COMUNIDADES DE HUALQUI Y SAN PEDRO DE ATACAMA RESPECTO AL REÚSO DE AGUAS SERVIDAS TRATADAS

Habilitación presentada para optar al título de

Ingeniero Ambiental

DANIELA FRANCISCA SEGURA ALARCÓN

Profesora Guía: Dra. Gladys Cecilia Vidal Sáez

Profesor Co-Guía: Mg. Marcelo Araya Mardones

CONCEPCIÓN (CHILE), 2017

*A mi familia y mis amigos.
A mis tías Nina y Nana y mi abuelita Aleja,
me hubiese gustado que estuvieran aquí.*



2016

GRUPO DE INGENIERIA Y BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL (GIBA)

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES EULA – CHILE

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

ÍNDICE

INDICE DE TABLAS	iii
INDICE DE FIGURAS	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	ix
1. INTRODUCCION.....	1
1.1. Escasez del recurso hídrico	1
1.2. Estado de los recursos hídricos en Chile	2
1.3. Reúso de aguas servidas tratadas.....	7
1.3.1. Tipos de aguas servidas.....	7
1.3.2. Producción de aguas servidas.....	9
1.3.3. Tratamiento de aguas servidas.....	10
1.3.4. Reúso de aguas servidas tratadas	12
1.4. Percepción frente al reúso de aguas servidas tratadas.....	14
1.4.1. Percepción social de la ciencia.....	14
1.4.2. Percepción de la comunidad frente al reúso de aguas servidas tratadas.....	16
1.4.3. Factores influyentes en la percepción frente al reúso de aguas servidas tratadas	17
1.5. Educación ambiental y su contribución al cambio en la percepción pública.	22
1.5.1. Educación ambiental formal y no formal.....	22
1.5.2. Educación ambiental y el éxito de esquemas de reúso de aguas servidas tratadas en Estados Unidos	24
2. HIPÓTESIS.....	26
3. OBJETIVOS.....	26
3.1. Objetivo general	26
3.2. Objetivos específicos	26
4. METODOLOGÍA	27
4.1. Contexto del estudio.....	27

4.1.1.	Características de las áreas de estudio	27
4.1.2.	Participantes y procedimientos	32
4.1.3.	Determinación de la muestra	33
4.2.	Adaptación y validación del instrumento	35
4.2.1.	Modificación y construcción del instrumento	35
4.2.2.	Validación del instrumento con expertos	36
4.2.3.	Validación de campo	37
4.2.4.	Proyecto piloto	37
4.2.5.	Aplicación del instrumento	38
4.3.	Análisis de datos	39
4.3.1.	Tratamiento de los datos	39
4.4.	Descripción del conocimiento.....	40
4.4.1.	Conocimiento sobre los recursos hídricos locales	40
4.4.2.	Conocimiento respecto al reúso de aguas servidas tratadas	42
4.5.	Identificación de la percepción y aceptación respecto al reúso de aguas servidas tratadas.....	43
4.6.	Elaboración de lineamientos de educación ambiental en relación al reúso de aguas servidas tratadas	45
5.	RESULTADOS y DISCUSIÓN	46
5.1.	Adaptación y validación.....	46
5.2.	Caracterización demográfica.....	47
5.3.	Descripción del conocimiento de las poblaciones en estudio.....	511
5.3.1.	Conocimiento de los recursos hídricos locales.....	511
5.3.2.	Conocimiento sobre el reúso de aguas servidas tratadas	579
5.4.	Identificación de la percepción y aceptación frente al reúso de aguas servidas tratadas.....	625
5.4.1.	Percepción respecto al reúso de aguas servidas tratadas	625
5.4.2.	Aceptación respecto al reúso de aguas servidas tratadas.....	680
5.5.	Plan de educación ambiental no formal	735
5.5.1.	Introducción	735

5.5.2. Objetivos.....	746
6. CONCLUSIONES	814
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
8. ANEXOS.....	96

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Balance hídrico regional actual y futuro en m ³ /s.....	5
Tabla 2: Parámetros típicos encontrados en las aguas servidas (sin tratar) en zonas urbanas y rurales.	11
Tabla 3: Categorías de reúso de agua y sus aplicaciones más comunes.....	14
Tabla 4: Caracterización de las áreas de estudio.....	27
Tabla 5: Población de Hualqui por grupos de edad 2002 y 2012.....	32
Tabla 6: Población de San Pedro de Atacama por grupos de edad 2002 y 2012.	33
Tabla 7: Datos solicitados por software STATS para el cálculo de tamaño de muestra.	34
Tabla 8: Factores observados que afectan la percepción de la población.	43
Tabla 9: Procedimiento para generar un programa de educación ambiental no formal.	45
Tabla 10: Modificación del instrumento original.....	46
Tabla 11: Caracterización demográfica de la muestra en Hualqui.	48
Tabla 12: Caracterización demográfica de la muestra en San Pedro de Atacama. ...	50
Tabla 13: Comparación entre las respuestas de conocimiento sobre los recursos hídricos.....	53
Tabla 14: PTAS en la zona de estudio y en la capital de Chile.	55
Tabla 15: Resultados pruebas de hipótesis para independencia del conocimiento recursos hídricos respecto a la edad y el nivel educacional.....	56
Tabla 16: Comparación entre las respuestas de conocimiento sobre el reúso de aguas servidas tratadas.	59
Tabla 17: Resultados pruebas de hipótesis para independencia del conocimiento del reúso de aguas servidas tratadas respecto a la edad y el nivel educacional. .	60

Tabla 18: Normativa aplicable a los recursos hídricos.	61
Tabla 19: Aceptación frente al reúso de aguas servidas tratadas en Hualqui (Unidad %)	70
Tabla 20: Aceptación frente al reúso de aguas servidas tratadas en San Pedro de Atacama (Unidad %)	71
Tabla 21: Resultados pruebas de hipótesis para independencia de la aceptación del reúso de aguas servidas tratadas respecto a la edad y el nivel educacional. .	72
Tabla 22: Programa de educación ambiental no formal.	75

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la comuna de Hualqui.	29
Figura 2: Ubicación de la comuna de San Pedro de Atacama.	31
Figura 3. Opinión de los encuestados respecto a la utilidad del reúso de aguas servidas tratadas para hacer frente a la escasez hídrica	66
Figura 4. Organismo a cargo de generar el reúso de aguas servidas tratadas. ...	66
Figura 5. Opinión de los encuestados respecto a si confiarían en la calidad del agua generada a partir de aguas servidas tratadas.	67
Figura 6. Respuesta de los encuestados al ser consultados si estarían dispuestos a pagar por el tratamiento adicional.	67

AGRADECIMIENTOS

Mis primeras palabras de agradecimiento van a la maravillosa familia en la que el Universo me instaló, sin ellos nada de esto sería posible ya que son el pilar fundamental de mi vida. A mi madre Valentina Alarcón, que se levantó hasta el último mes de estos largos 6 años a hacerme almuerzo, que me hacía papas fritas o tallarines a las diez de la noche, que me tenía la estufa prendida en invierno, que me aguantó con mi mal genio y me acompañó en mis traspasos, que siempre estuvo ahí con un *“Tu puedes Dani, eres seca”*. Todo lo que soy y lo que algún día seré se lo debo a ella, a su enseñanza moral, intelectual y física. A mi padre Marcelo Segura, por su apoyo y preocupación constante, sus *“como van los ramos”* y sus *“tienes que morir con las botas puestas”*, por ir a insolarse conmigo una semana a San Pedro de Atacama y recorrer todo el pueblo haciendo encuestas. A mi hermana Lucia, por contenerme cuando nadie más lo vio, por encerrarnos en la pieza y abrazarme cuando ya no podía más, sus mensajes de aliento y por siempre creer en mí y en que podía hacer todo. A mi hermano Darío, por hacerme reír, por las distracciones con el play y por darme siempre la solución a todos los problemas *“la respuesta siempre es 2”*. Siento que agradecerles es poco, pero igual gracias infinitas y sepan que los amo con todo mi corazón. No se me puede olvidar mencionar dentro de nuestra familia a los dispensadores de cariño y risas; Aby, Otto y Neo, que siempre va a estar en nuestros corazones.

A los Alarcón-Cuevas por apoyarme siempre estando en las buenas y en las malas, por todas las buenas energías, la preocupación y el cariño que me entregaron en todo este proceso, por todos los buenos momentos vividos en familia y por aguantar mi humor de perro en las últimas visitas.

A los Hernández-Cáceres por estar siempre pendiente de nosotros a pesar de todo, por celebrar mis éxitos y apoyarme cuando me bajoneaba, por todo el cariño infinito que entregan con cada risa en cada junta, al Tato y al Pipo por su inocencia que siempre ayudaba a distraerme del estrés, los quiero mucho.

Gracias a mis tías Segura-Coloma y a mi prima Nicole, que cada vez que me veían me preguntaban cuanto me faltaba y me incentivaban a que le pusiera bueno para algún día ver las recompensas del esfuerzo.

A mi hermana del alma, mi Jose que a pesar de tomar caminos diferentes, siempre estuvimos en contacto, por apoyarme cuando le decía que estaba cansada, por siempre estar preocupada y por su cariño y amistad incondicional.

Quiero agradecer también a mis amigas de la carrera, Eve, Carla, Naty y Caro, que me ayudaron a enfrentar esta nueva etapa y a salir adelante juntas, les deseo el mayor de los éxitos ahora y siempre.

Y como nunca es tarde para hacer amigos, gracias a las últimas dos contrataciones, Adrián y Mario. A Adrián por todo su apoyo y las palabras de contención cuando sentía que las cosas andaban lentas, por nunca dejar de ser amigos a pesar de los extras en nuestra relación, por creer en mí, animarme a siempre ser mejor y por todo ese amor nuevo y potente. A Mario por su siempre buena disposición a ayudar, por ser un buen amigo y por las risas en “mi” oficina. Gracias a ambos por toda su ayuda, por recorrer las calles de Hualqui, golpear puertas en casas abandonadas y poner caras de niños buenos para que las señoras contestaran las preguntas.

Agradecer a mi profesora guía la Dra. Gladys Vidal, por su ingenio al proponerme un tema que se escapa del ámbito en el que se desenvuelve diariamente, adecuándose a mis gustos y necesidades de conocimiento, resultando en este trabajo novedoso en el que las dos aprendimos y que a pesar de todas las dificultades en el camino, logró salir a flote y realizarse de buena manera. Por su apoyo, paciencia y por siempre exigirme un poco más, para que todo se hiciera de manera correcta.

Quiero hacer mención al profesor Francisco Remonsellez, por el apoyo y preocupación brindados y principalmente por hacer la conexión con Vale Carrillo, que sacrificó una semana de entrenamiento y de sus vacaciones para recorrer

todo San Pedro en busca de personas que quisieran responder las encuestas. Gracias a toda su ayuda fue posible hacer las 255 encuestas del norte en tiempo record.

Al profesor Marcelo Araya, agradecer su buena disposición ante mis dudas y por guiarme en el camino más “social” de la Ingeniería Ambiental, por su paciencia ante mis constantes consultas sobre las muestras, los programas estadísticos, la facilitación de los datos de poblaciones y por toda su buena onda.

Se agradece su contribución a los integrantes del Grupo GIBA; Javier, Daniela y Sujey, por darme ideas de cómo conseguir más encuestas, preguntarme cómo iba avanzando y guiarme con los formatos de trabajo.

Mencionar a Cristian Villegas docente del Colegio Alonso de Ercilla de Hualqui por hacer las gestiones con la Directora del establecimiento y facilitarme un espacio durante los días de matrícula, lo cual agilizó la realización de las encuestas en la zona y me salvo de unos cuantos días de caminata bajo el sol, muchas gracias a ambos por su buena disposición y por los conocimientos que me brindaron sobre la comuna y sus recursos hídricos.

A todas las personas de Florida, Coelemu, Hualqui y San Pedro de Atacama que me dieron 15 minutos de sus vidas y aceptaron contestar la encuesta, muchísimas gracias. Por ser la base de este estudio y por su colaboración fundamental en el término de esta habilitación profesional.

Finalmente quiero agradecer a los que empezaron conmigo este camino y que por diversos motivos ya no están en él, porque de igual manera formaron parte de lo que hoy en día soy y me apoyaron para lograr mis metas.

Gracias totales.

Daniela Segura Alarcón.

Esta tesis fue realizada con financiamiento otorgado por:

Proyecto 2016-67529

Programa de Apoyo a la realización de tesis de
Pregrado

Gobierno Regional, Octava Región, Chile



Beca de Pregrado

Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y
la Minería (CRHIAM)

Universidad de Concepción, Chile



RESUMEN

Diversos organismos han señalado que los recursos hídricos se hacen cada vez más escasos como consecuencia del crecimiento de la población, del desarrollo económico y los efectos del cambio climático. Chile al igual que otros países de la región, no escapa a este dilema que se agudiza bajo el contexto de cambio climático. Actualmente existe un balance negativo entre la oferta y la demanda hídrica desde la región de Arica y Parinacota a la región Metropolitana. Es por esto que en la discusión de alternativas a la escasez hídrica, es importante examinar no sólo las soluciones técnicas, sino también los aspectos socioeconómicos tales como la disposición a pagar y la percepción pública.

Una metodología utilizada para conocer la aceptación de la comunidad frente a políticas científicas es la aplicación de cuestionarios sobre percepción social de la ciencia. Es por esto que se empleó una encuesta en las comunidades de San Pedro de Atacama (Región de Antofagasta) y Hualqui (Región del Biobío) para identificar la percepción frente al reúso de aguas servidas tratadas.

Para obtener las muestras representativas se trabajó con un máximo error porcentual de 5%, un nivel de confianza de un 90% y con un valor p de 0,5. Así para los 5.605 habitantes de San Pedro de Atacama, la muestra corresponde a 255 y para Hualqui cuya población es de 23.016 habitantes, la muestra es de 268 personas.

Los resultados arrojaron que la población de San Pedro de Atacama está consciente del estado de sus recursos hídricos, declarando un 86% que existe escasez durante alguna época del año. Por el contrario, en Hualqui un 49% expresó que existe agua suficiente. En relación al conocimiento respecto al reúso de aguas servidas tratadas, en San Pedro de Atacama un 47% dijo entender el concepto, al contrario de la población de Hualqui, donde sólo un 27% presentaba nociones del proceso de tratamiento. En relación a la aceptación frente al reúso, los resultados fueron similares teniendo una mejor acogida aquellos usos destinados a fines no potables.

1. INTRODUCCION

1.1. Escasez del recurso hídrico.

Históricamente, la gestión de los recursos hídricos ha centrado su actuar en el suministro de agua para las diversas actividades desarrolladas por el humano, bajo la suposición intrínseca que las soluciones tecnológicas podrían aventajar las crecientes demandas del recurso y los cada vez más exigentes requerimientos de calidad del mismo. El pasado desarrollo del recurso hídrico estaba basado en manipular el ciclo hidrológico natural en una región, tratando de equilibrar la disponibilidad del agua con las necesidades colectivas considerando el contexto de la situación social y económica de la población junto al grado de urbanización (Metcalf & Eddy, 2007).

En muchas regiones bajo escasez de agua, el intensivo desarrollo industrial, la contaminación de los cuerpos de agua superficial y subterránea; la distribución desigual del recurso hídrico (Silva *et al.*, 2008) junto con el aumento de la población especialmente en las ciudades, ha provocado una fuerte presión sobre los recursos hídricos locales. Además, se prevé que el cambio climático comprometa aún más la calidad y disponibilidad del agua, así como el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos lo que genera la necesidad de encontrar soluciones sostenibles a este apremiante problema (Sowers *et al.*, 2011).

Se han desarrollado diversas estrategias a lo largo de los años para satisfacer las crecientes demandas de agua, como la construcción de infraestructuras para el almacenamiento y transporte de agua a las zonas que presentan escasez. En consideración a la fuerte inversión económica que dichas estrategias necesitan, es que se están proponiendo soluciones alternativas, como la desalación de agua marina o salobre, el reúso de aguas servidas tratadas y las medidas de conservación del recurso utilizando tecnologías de bajo consumo, como el riego por goteo y sistemas de descarga de bajo volumen. Al momento de discutir las soluciones alternativas, es importante examinar no sólo los aspectos técnicos, sino

también las particularidades socioeconómicas tales como la disposición a pagar, la percepción pública, análisis de riesgos, evaluación de los beneficios monetarios y no monetarios, así como los impactos ambientales (Lazarova *et al.*, 2001).

Pereira *et al* (2002) afirmaron que con la finalidad de hacer frente a la escasez de agua, una de las prácticas de gestión y suministro más prometedoras a ser explorada es el reúso de aguas servidas tratadas. Si bien, el riego es la práctica más tradicional y factible para el reúso de aguas servidas tratadas, los avances tecnológicos en el campo de tratamiento han permitido a las instalaciones de tratamiento obtener agua de calidad apta para suministro urbano e incluso para agua potable (Maliva y Missimer, 2012).

El desarrollo e implementación de prácticas de reúso de aguas servidas tratadas alrededor del mundo han demostrado que es un recurso alternativo fiable, que puede ser vendido como un nuevo producto: el agua reciclada. Más importante aún, esta estrategia puede traer un enfoque completamente nuevo y holístico para la administración del agua: la gestión integrada del recurso con el tratamiento, el manejo y la reutilización de las aguas residuales. Este enfoque se dirige a ambos extremos del proceso: la demanda y suministro de agua y la eliminación de aguas servidas y protección del medio ambiente. Estos dos aspectos de la gestión del agua son considerados como complementarios, hebras que interactúan para avanzar hacia un desarrollo más sostenible (Lazarova *et al.*, 2001).

1.2. Estado de los recursos hídricos en Chile.

Diversos organismos y agencias especializadas han señalado que el agua dulce y los recursos hídricos en general, se hacen cada vez más escasos como consecuencia del crecimiento de la población, del desarrollo económico-social y los efectos del cambio climático (Centro de Ciencias del Clima y la Resiliencia, 2015). La creciente demanda por agua y el aumento de actores que la utilizan ha llevado a un importante número de países a adecuar sus legislaciones, reordenar sus instituciones, mejorar y tecnificar los sistemas de riego, implementar nuevas

tecnologías de captura y reúso del agua, ejecutar programas de cosechas de aguas lluvias y recarga de acuíferos y en los últimos años se observa una creciente tendencia a construir plantas desaladoras (Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2015).

Chile al igual que otros países de la región, no escapa a este dilema que se agudiza severamente bajo el contexto de cambio climático. Este proceso altera el régimen de precipitaciones y temperaturas, impactando negativamente sobre los bosques y la cobertura vegetal en general, lo que junto a las actividades humanas contribuye a incrementar la erosión y degradación de las tierras, disminuyendo las reservas de aguas superficiales y subterráneas. Los registros de precipitaciones entre el sur de la región de Coquimbo y el norte del Biobío muestran que cerca de un cuarto de los años comprendidos entre 1940 y 2010 presentan un déficit de precipitación superior al 30%, porcentaje indicativo de una sequía pluviométrica. La mayoría de estos años secos ocurren en forma aislada, pero también se han presentado como parte de cuatro eventos multianuales: El primero abarca desde 1945 a 1947, el segundo se ubica entre 1967 y 1969, un tercero desde 1988 a 1990 y finalmente el periodo 2010 al 2015. Este último evento, aún en desarrollo, es el de mayor duración y extensión territorial en el registro instrumental, por lo cual el Centro de ciencias del clima y la resiliencia lo ha denominado como “mega sequía” (Centro de Ciencias del Clima y la Resiliencia, 2015).

Sumado a dichos antecedentes, es importante considerar el cambio en la economía chilena, donde el Producto Interno Bruto (PIB) del año 1990 era apenas un 30% de lo registrado en 2013, es decir el tamaño actual de la economía es más de 3 veces de lo que era 25 años atrás. Lo anterior debido al desarrollo de nuevos sectores productivos, los cuales están estrechamente vinculados a una mayor demanda de agua, lo que deja en manifiesto que por lo menos en materia de oferta y demanda de agua el país exhibe una situación diametralmente distinta de la observada hace un cuarto de siglo. Por otro lado, la creciente urbanización presiona para asegurar agua para el consumo humano, pero también la requieren

las comunidades rurales, la minería y la agricultura. Se necesita agua, por ejemplo, para generar energía eléctrica, la industria, turismo y medio ambiente, ampliando la brecha entre la disponibilidad efectiva del agua y su demanda (Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2015).

Al año 2013 el sector agrícola era el principal usuario de agua, con extracciones de alrededor de un 73% y la minería y los usos industriales compartían un 21%. La hidroelectricidad efectúa el mayor uso no consuntivo del recurso hídrico. El nivel de competencia entre estos usos varía a lo largo del país y es particularmente aguda en las áreas norte y central, donde desde mediados del siglo XX toda el agua superficial ya fue asignada (Ministerio de Obras Públicas, 2013).

A pesar de ello la disponibilidad de agua en Chile sigue siendo más o menos la misma y representa 10 veces el promedio mundial, aunque sigue estando muy asimétricamente distribuida de norte a sur y de cordillera a mar. Es así, por ejemplo, que la mayoría de los lagos de mayor tamaño existentes en el país se localizan entre las regiones de La Araucanía y Magallanes, representando alrededor del 1,5% del territorio nacional. La escorrentía media total en Chile es de 53.000 m³/habitante/año, valor 8 veces mayor que el promedio mundial (6.600 m³/habitante/año) y 26,5 veces a lo que se considera internacionalmente como umbral mínimo para el desarrollo sostenible (2.000 m³/habitante/año) y más lejos aún del llamado umbral de penuria (1.000 m³/habitante/año). Como todo promedio, este valor esconde situaciones de gran disparidad como las de las zonas áridas y semiáridas al norte de Santiago, donde la disponibilidad de agua es menos de 800 m³/habitante/año (Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2015).

En relación a los recursos hídricos y, más específicamente, a las dificultades que se observan en muchas comunidades por el acceso al agua para consumo humano, el escalamiento de este problema ha obligado a los organismos internacionales, en los que Chile forma parte, a establecer el concepto de los Derechos Humanos al Agua. Se define el derecho al agua como el derecho de

cada uno a disponer de agua suficiente, saludable, aceptable, físicamente accesible y asequible para su uso personal y doméstico.

En la Tabla 1 se presentan los balances del recurso hídrico realizados por la Dirección General de Aguas (DGA) y las proyecciones realizadas en función del crecimiento económico y de la infraestructura prevista a construir. En ésta se puede apreciar el registro de un déficit entre oferta y demanda entre la Región de Arica y Parinacota y la Región Metropolitana. Considerando las áreas de estudio, en la segunda región de Antofagasta el balance alcanza los $-22,0 \text{ m}^3/\text{s}$ escenario que incrementará sustantivamente hacia un horizonte de 15 años más registrando un balance de $-33,8 \text{ m}^3/\text{s}$. La octava región del Biobío si bien presenta un balance hídrico positivo ($1.638,0 \text{ m}^3/\text{s}$) éste presenta una disminución de $604,7 \text{ m}^3/\text{s}$ transcurridos 15 años llegando a $1.033,3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabla 1: Balance hídrico regional actual y futuro en m^3/s .

Región	Demanda Actual	Oferta Actual	Balance Actual	Demanda 15 años	Oferta 15 años	Balance 15 años
Arica y Parinacota - Tarapacá	16,7	11,9	-7,4	26,3	11,9	-17,0
Antofagasta	23,0	0,9	-22,0	34,8	0,9	-33,8
Atacama	16,7	1,9	-14,8	22,4	1,9	-20,5
Coquimbo	35,0	22,2	-12,8	41,8	21,1	-20,7
Valparaíso	55,5	40,7	-27,4	64,2	36,6	-38,7
Metropolitana	116,3	103,0	-35,6	124,9	92,7	-51,4
Libertador Bernardo O'Higgins	113,5	205,0	38,7	119,1	184,5	18,7
Maule	177,1	767,0	442,5	184,5	690,3	383,6

Continuación Tabla 1

Biobío	148,0	1.638,0	1.249,1	246,0	1.474,2	1.033,3
Araucanía	25,5	1.041,0	767,3	38,3	936,9	675,4
Los ríos – Los Lagos	12,0	5.155,0	3.905,8	17,9	4.639,5	3.058,1
Aisén	24,9	10.134,0	8.284,9	27	10.134	8.282,9
Magallanes	8,4	10.124,0	8.284,6	15,7	10.124	8.387,2
Total País	772,6	29.244,6	22.962,7	962,8	28.349	22.107,1

Fuente: DGA (2011)

Sequías de uno o dos años han afectado de manera recurrente la zona central de Chile durante su historia, asociadas a variaciones climáticas de origen natural. Ocasionalmente, el déficit hídrico ha superado el 50% (como sucedió en los años 1925, 1968 y 1989) impulsando la construcción de embalses, la creación de subsidios agrícolas y otras medidas paliativas frente a eventos extraordinarios.

Producto de la mega sequía que afecta al territorio desde el año 2010, que coincide con la década más cálida de los últimos 100 años y que se define como extraordinaria por su persistencia temporal, la extensión espacial y los impactos generados, es que la sociedad ha respondido de diversas formas, no obstante, en general, lo ha hecho suponiendo que este es un evento transitorio. Sin embargo, al menos un 25% del déficit de precipitación durante la mega sequía es atribuible al cambio climático antrópico. Este impacto, se prevé, seguirá contribuyendo durante el siglo XXI a una progresiva aridificación de la zona centro y sur de Chile, incrementando la ocurrencia de sequías extensas y prolongadas como la actual.

La preocupación ante la sequía también tiene su correlato en los medios de comunicación. Un análisis de las apariciones del concepto “sequía” en prensa escrita a nivel nacional y regional muestra que en 2014 fueron publicadas 554 noticias relacionadas directamente con el tema. De ellas, la mayor parte se

concentran en las regiones de Coquimbo, Metropolitana y del Biobío, correspondiendo al área geográfica más afectada por este fenómeno (Centro de Ciencias del Clima y la Resiliencia, 2015).

Como consecuencia de la escasez hídrica entre las regiones de Tarapacá y Los Lagos, ha sido necesario atender severas emergencias de abastecimiento de agua potable a la población, para lo cual se ha organizado un sistema basado en camiones aljibes, solución de alto costo. Las estimaciones realizadas, dan cuenta de costos de alrededor de 4,5 millones de dólares por mes.

En la actualidad, se realizan, a través de los gobiernos regionales, municipios y oficinas regionales de emergencia, la repartición de agua en camiones aljibe, canalizando la ayuda que se entrega a las familias que no disponen de agua potable. Esta situación se vive en 13 de las 15 regiones del país, abasteciendo aproximadamente a 400.000 personas de forma mensual (Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2015).

Por su parte, el sector privado y la sociedad civil tienden a planificar a escala local, con prácticas como la profundización de pozos, mejoramiento en la tecnificación e infraestructura de riego y talleres de educación para el cuidado del agua. Esta diversidad de actores y niveles de decisión, así como la ausencia de un marco de gestión coordinada de los recursos hídricos, podría estar afectando la eficacia de las prácticas y haciéndolas más costosas para todos los involucrados en su gestión (Centro de Ciencias del Clima y la Resiliencia, 2015).

1.3. Reúso de aguas servidas tratadas.

1.3.1. Tipos de aguas servidas.

Se denominan aguas servidas a los residuos líquidos originados por actividades humanas y dispuestos en un sistema de alcantarillado central o separado (Romero, 2004). En un sistema de alcantarillado central, el agua servida es una mezcla de tres fuentes principales: a) residuos líquidos domésticos (incluyendo

residencias, instituciones y comercio) b) aguas de infiltraciones y precipitaciones y c) Residuos Industriales Líquidos (RILES). En un sistema de alcantarillado separado, se componen principalmente de residuos líquidos domésticos (Von Sperling, 2007).

La cantidad y concentración de las aguas servidas es función de su origen y de sus componentes, por lo que valores de concentración y contribuciones per cápita varían de un lugar a otro (Romero, 2004). Dentro de esta clasificación se encuentran las aguas servidas urbanas y rurales, donde el primer grupo posee características diversas debido a los distintos orígenes de los que puede provenir, ya sea de núcleos con una mayor densidad poblacional o de sitios con presencia de actividades industriales que generen una mayor cantidad de residuos (Henze, 2002). La aguas servidas rurales en cambio, se compone de los desechos humanos (heces y orina), junto con el agua utilizada para inodoros y junto con el agua resultante de aseo personal, preparación de alimento, lavado de ropa y limpieza utensilios caseros (Mara, 2004). Dicha clasificación se puede realizar basándose en 2 criterios: a) cantidad producida, b) población. De acuerdo a la producción, la USEPA clasifica como aguas servidas de tipo rural a los residuos líquidos originados en poblaciones que producen menos de 3800 m³ al día de aguas servidas (USEPA, 2000).

La OCDE considera como rurales los territorios por debajo de 150 habitantes/km² (OCDE, 2006). Para el caso de Chile, se considera que las aguas servidas de tipo rural se originan en asentamientos rurales, o en asentamientos humanos concentrados o dispersos que poseen 1000 o menos habitantes, o entre 1001 y 2000 habitantes con menos del 50% de su población económicamente activa dedicada a actividades secundarias y/o terciarias (INE, 2002).

1.3.2. Producción de aguas servidas.

La cantidad de agua servida generada por una población es proporcional con el consumo de agua potable abastecida. A nivel país, el consumo de agua potable en zonas urbanas fue de 1109 millones de m³ en el año 2014, que se traduce en una dotación promedio por habitante de 138 litros por habitante al día, oscilando entre 73 y 491 L/(hab·d) (SISS, 2014). En el caso de las poblaciones rurales, de acuerdo a Villarroel (2012), la dotación promedio alcanza los 124 L/(hab·d), oscilando entre 15 y 210 L/(hab·d).

En la práctica, entre el 60% y el 85% del agua de abastecimiento consumida se transforma en aguas servidas, dependiendo este porcentaje del consumo de agua en actividades particulares como el riego de zonas verdes, de la existencia de fugas, del empleo del agua en procesos productivos, etc. (Alianza por el Agua, 2008). Sin embargo, a nivel internacional generalmente se estima que una población urbana tiene una producción de aguas servidas de alrededor de 200 L/(hab·d) (Henze *et al.*, 2002). Además, se estima que las poblaciones urbanas presentan un consumo 20% superior respecto a las poblaciones rurales, presentando, por tanto, una mayor producción de aguas servidas (Von Sperling, 2007). En este sentido, a nivel internacional, para las poblaciones rurales se ha estimado una producción de aguas servidas de alrededor de 150 L/(hab·d) (Barrera, 1999).

En Chile, una estimación preliminar indicaría una producción promedio de aguas servidas urbanas que varía en el rango de 84 a 120 L/(hab·d) (SISS, 2012). También para Chile, Vera (2012), estimó producciones de aguas servidas de tipo urbano cercanas a los 170 L/(hab·d) y para las aguas servidas de tipo rural un valor de 160 L/(hab·d). Este valor estimado para las aguas servidas de tipo rural, resulta similar con una diferencia máxima de 10% al valor de 150 L/(hab·d) que ha sido estimado a nivel internacional (Vidal y Araya, 2014).

1.3.3. Tratamiento de aguas servidas.

Las aguas servidas pueden ser caracterizadas basándose en sus constituyentes físicos, químicos y biológicos, permitiendo cuantificar los contaminantes presentes. La Tabla 2 muestra la comparación entre la caracterización fisicoquímica de las aguas servidas urbanas y las aguas servidas rurales. Se puede ver que las aguas servidas de origen rural presentan mayores rangos en contaminantes como el nitrógeno total (35-100 mg/L), fósforo total (6-30 mg/L) y fosfato (6-25 mg/L) que las aguas servidas urbanas. Para el resto de los contaminantes, las aguas servidas de origen urbano, presentan rangos mayores de concentración que las rurales.

Además de los ya mencionados, los principales contaminantes que pueden ser encontrados en las aguas servidas son (Alianza por el Agua, 2008):

- Material grueso: trozos de madera, trapos, plásticos, etc., que son arrojados a la red de alcantarillado.
- Arenas: incluye las arenas propiamente dichas, gravas y partículas más o menos grandes de origen mineral u orgánico.
- Grasas y aceites: sustancias que al no mezclarse con el agua permanecen en su superficie. Su procedencia puede ser doméstica o industrial.
- Sólidos en suspensión: partículas de pequeño tamaño y de naturaleza y procedencia muy variadas.
- Sustancias con requerimientos de oxígeno y nutrientes: compuestos orgánicos e inorgánicos fácilmente biodegradables y que pueden provocar eutrofización en los cuerpos de aguas receptores.
- Agentes patógenos: organismos (bacterias, protozoos, helmintos y virus), presentes en mayor o menor cantidad en las aguas servidas y que pueden producir o transmitir enfermedades.

- Contaminantes emergentes: estas sustancias provienen principalmente de productos de cuidado personal, productos de limpieza doméstica, productos farmacéuticos, etc.

Tabla 2: Parámetros típicos encontrados en las aguas servidas (sin tratar) en zonas urbanas y rurales.

Parámetro	Tipo de asentamiento	
	Urbano	Rural
DBO ₅ (mg/L)	110 – 800	200 – 500
DQO (mg/L)	210 – 1600	200 – 1600
NT (mg/L)	20 – 85	35 – 100
NH ₄ ⁺ (mg/L)	12 – 50	6 – 60
NO ₃ ⁻ (mg/L)	< 1	< 1
PT (mg/L)	2 – 23	6 – 30
PO ₄ ⁻³ (mg/L)	3 – 14	6 – 25
SST (mg/L)	120 – 450	100 – 500
SSV (mg/L)	95 – 315	-
Coliformes fecales (NMP/ 100 ml)	1*10 ³ – 1,8*10 ⁸	1*10 ⁶ – 1*10 ¹⁰

Fuente: Vera (2012)

Los sistemas de recolección y tratamiento de aguas servidas están diseñados y manejados para proteger la salud humana y ambiental (Muga y Mihelcic, 2008). Cada etapa de tratamiento presenta un objetivo específico. El tratamiento primario se encarga de la eliminación de sólidos gruesos y de partículas sedimentables. Por su parte, el tratamiento secundario se encarga de la eliminación de

compuestos solubles presentes en el agua servida, siendo principalmente aplicada para la eliminación de materia orgánica. Finalmente, el tratamiento terciario se ocupa también de la eliminación de compuestos solubles, pero busca la eliminación de sustancias particulares, siendo aplicado principalmente para la eliminación de nutrientes (nitrógeno y fósforo y organismos patógenos). En la reutilización de aguas servidas, el factor que normalmente determina el grado de tratamiento necesario y el nivel de confianza deseado de los procesos y operaciones de tratamiento suele ser el uso para el que se destina el agua; en el caso del reúso agrícola, depende también de la permeabilidad y otras características del suelo y del tipo de cultivo (Gutiérrez, 2003).

En el país, existen más de 260 sistemas de tratamiento de aguas servidas operando y autorizados por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, los que atienden a más de once millones y medio de habitantes de todo el país. La tecnología de tratamiento predominante corresponde a lodos activados con casi un 60% respecto al número de plantas de tratamiento de aguas servidas (SISS, 2016).

1.3.4. Reúso de aguas servidas tratadas.

El reúso de aguas servidas tratadas está definido como su aprovechamiento en actividades diferentes a las cuales fueron originadas (Ministerio de Medio Ambiente de Colombia, 2001). Las aguas servidas se pueden reutilizar después de aplicado algún tratamiento o en ocasiones apenas tratadas para una variedad de fines beneficiosos (Bouwer, 2000).

El uso de aguas servidas en la agricultura, comenzó en Australia, Francia, Alemania, India, Reino Unido y en Estados Unidos a finales del siglo XIX, fue llamado “cultivo con aguas negras”. Fue empleada como un sustituto del riego con aguas frescas, las aguas servidas desempeñan una importante función en el ordenamiento de los recursos hídricos (OMS, 2006). En Chile existe prohibición del reúso de aguas servidas ya que no existe normativa que regule esta práctica.

A pesar de esto, existen localidades rurales donde se puede estar dando el reúso indirecto de aguas servidas en la agricultura a través de las descargas de estas a los ríos, lagos y distintas fuentes de agua que son utilizados para riego (Ministerio de Desarrollo Social, 2015).

Considerando el reúso de aguas servidas cuando estas son usadas después de aplicado algún tipo de tratamiento y/o cuando son usadas sin tratar (aguas servidas crudas) y teniendo en cuenta la interacción de los cuerpos de agua en el ciclo hidrológico, tres principales tipos de reúso de aguas servidas se presentan a continuación:

- *Reúso directo de aguas servidas tratadas:* Los sistemas de reúso directo de aguas servidas tratadas consisten en utilizar directamente los efluentes recuperados para fines urbanos o agrícolas. Efluentes residuales sin tratar o apenas tratados pueden usarse para el riego de cultivos siguiendo algunas directrices técnicas para reducir los riesgos ambientales y a la salud (OMS, 2006). A pesar de los posibles usos potables, el empleo con fines no potables son más razonables, como para el riego agrícola y de parques urbanos, piscicultura, usos industriales (refrigeración, procesamiento), combate contra incendios, control de polvo y descarga del inodoro entre otros. Los beneficios del uso directo de las aguas servidas tratadas se mencionan regularmente en la literatura de reúso. El más relevante de ellos es convertirlas en una nueva fuente de suministro de agua potable (Friedler, 2001).
- *Incremento de cuerpos de agua:* Las aguas servidas tratadas pueden ser usadas para restaurar las características ecológicas anteriores de las masas de agua naturales (Plumle *et al.*, 2012).
- *Reúso indirecto de aguas servidas tratadas:* Los sistemas de reúso indirecto corresponden a la purificación del recurso después de pasar por una superficie o mediante el aumento de masas de aguas subterráneas. Planeado o no, el reúso indirecto de aguas servidas tratadas disminuye la presión de extracción

de agua en los cuerpos tanto subterráneos como superficiales. El reúso potable de este tipo de sistema es más fiable que el reúso directo (Angelakis y Durham, 2008).

La Tabla 3 muestra las diversas categorías de reúso de aguas servidas tratadas que han sido exploradas en el extranjero y sus aplicaciones más comunes.

Tabla 3: Categorías de reúso de agua y sus aplicaciones más comunes.

Categoría	Aplicación típica
Riego agrícola	Riego de cultivos, viveros comerciales
Riego de jardines	Parques, patios de escuelas, campos de golf, cementerios, riego residencial
Reciclaje y reúso industrial	Aguas de enfriamiento, alimentación de calderas, aguas de procesos
Recargas de aguas subterráneas	Reposición de aguas subterráneas, control de intrusiones salinas
Usos recreacionales y ambientales	Lagos y estanques, mejora de pantanos, aumento de caudales, nieve artificial
Reúso potable	Mezclada en embalses de abastecimiento de agua y en aguas subterráneas, suministro directo en tuberías

Fuente: Metcalf y Eddy (2007)

1.4. Percepción frente al reúso de aguas servidas tratadas.

1.4.1. Percepción social de la ciencia.

El objetivo de los cuestionarios sobre percepción social de la ciencia es identificar el apoyo popular que tienen las políticas científicas y tecnológicas, para lo que se utiliza como hipótesis explicativa el modelo de déficit cognitivo. Dicho modelo establece que el conocimiento como factor general e independiente sirve para entender el nivel de legitimación social, al establecer una correlación entre nivel de

conocimiento y percepción social ante la ciencia y la tecnología. En parte debido a ello se comprenden también los conceptos de ciencia y cultura científicas, presupuesto, así como otros aspectos técnicos y metodológicos de los cuestionarios.

Estos estudios se emplean como herramienta para evaluar el grado de conocimiento científico de los ciudadanos, como bien indican el concepto de “alfabetización científica” que se emplea en los Estados Unidos y el uso de la expresión “comprensión pública de la ciencia” en Europa (Lewenstein, 1992). Puede decirse que el objetivo no es conocer las preocupaciones y expectativas sociales, como justificar la emergente oposición al avance científico y tecnológico que recelan las instituciones.

Las nociones de alfabetización y comprensión apuntan justamente a la orientación que adoptan los cuestionarios sobre percepción social de la ciencia. Comúnmente, la alfabetización se entiende como aquel conocimiento necesario para leer y a continuación escribir sobre un tema, pero la comprensión sobre un hecho incluye la consideración de los ámbitos en que se emplea y se aplica en la vida cotidiana. En relación a la ciencia y la tecnología, Shen (1975), distingue tres áreas distintas que compromete su comprensión: la alfabetización científica cívica se centra en el ámbito de las políticas públicas y está relacionada con la destreza necesaria para deliberar sobre controversias sociales en torno a la ciencia y la tecnología; la alfabetización científica práctica que hace referencia al conocimiento científico necesario para afrontar problemas cotidianos (hogar, empresa, ocio); y la alfabetización típica de los científicos y técnicos en su ámbito de investigación. Si bien no son mutuamente excluyentes, sus objetivos, audiencias, contenidos y modos de deliberación son diferentes.

Los estudios sobre percepción social de la ciencia remiten a la alfabetización científica cívica, ya que su objetivo es revelar el entendimiento social de las controversias y de esa manera advertir el nivel de legitimación popular. Así es como se formulan los ejes e indicadores de los cuestionarios que estructuran el

conocimiento científico de los ciudadanos. Miller (1983) propone tres dimensiones para conceptualizar la alfabetización científica cívica: el conocimiento del vocabulario científico, la comprensión del método científico y la consideración de los aspectos sociales e institucionales de la ciencia. Un cuestionario que diseña y pone a prueba aquellas dimensiones, se entiende que demuestra el nivel de apoyo popular a las políticas de promoción de la investigación básica. No obstante, un análisis exhaustivo de los cuestionarios realizados en las últimas décadas confirma que el concepto de percepción social de la ciencia se ha estructurado a través, exclusivamente, de las dos primeras dimensiones. Esta conceptualización presupone que una persona que dispone de un alto nivel de conocimiento del vocabulario y método científico es capaz de comprender y participar en el debate político concerniente a los temas científicos y tecnológicos y que dicha persona está bien informada para interpretar de manera realista las diferentes alternativas sobre impactos del cambio tecnológico, por lo que coincidiría con las políticas promovidas por las instituciones (Miller, 1998).

1.4.2. Percepción de la comunidad frente al reúso de aguas servidas tratadas.

Diversos proyectos de reúso de aguas servidas tratadas han sido implementados de forma exitosa en diversos países, tales como Singapur, Israel, Namibia, Estados Unidos, Australia y muchos países europeos. La ejecución de proyectos de reúso ha estado basada en la necesidad de superar la escasez de agua. El primer esquema de reúso directo de aguas servidas tratadas con un fin potable fue introducido en la capital de Namibia, Windhoek en 1968, mientras que sistemas de reúso indirecto con fines potables han tenido lugar en Estados Unidos (por ejemplo en California) desde hace más de 30 años. Proyectos exitosos de reúso indirecto de aguas servidas tratadas con usos potables que han sido implementados en los Estados Unidos incluyen los de “Water Factory 21” en California, “Fred Harvey Water Reclamation Facility” ubicada en El Paso, Texas y el “Upper Occoquan Sewerage Authority Water Recycling Project” en Virginia del

Norte. La información técnica en estos proyectos era abundante pero no se encontró información sobre ninguna encuesta realizada a la comunidad, educación pública o programas de inclusión de las poblaciones. Algunos investigadores señalaron esto como la norma de la participación pública en los procesos de toma de decisiones del momento (Recycled Water Task Force, 2003). Los proyectos de reúso fueron introducidos en una época en que el público confiaba en los expertos y en los gobiernos para que tomaran las decisiones correctas y comúnmente no participaban o desafiaban las disposiciones relacionadas a estos. Sin mayores incidentes, la comunidad confiaba en dichos planes y continuaban sin controversia.

Dado la amplia cantidad de fracasos en la implementación de proyectos de reúso de aguas servidas tratadas, es que existe en la actualidad una creciente preocupación entre los profesionales de los recursos hídricos hacia la necesidad de incluir al público en los procesos de toma de decisiones. El éxito de los esquemas de reutilización recae en que las aguas regeneradas sean destinadas sólo a propósitos no potables. Proyectos con fines potables han enfrentado una fuerte oposición por parte de la comunidad, con muy pocas excepciones (Por ejemplo: El proyecto NEWater, de Singapur). Sin embargo, hay un rango de factores sociales que aplican a todos los esquemas de reúso de aguas servidas tratadas, de forma independiente de si es para usos potables u otros. El grado en que cada factor pueda ser un problema en la percepción de la comunidad puede cambiar de acuerdo al uso, pero todos deben ser incluidos en la discusión.

1.4.3. Factores influyentes en la percepción frente al reúso de aguas servidas tratadas.

El primer uso planeado de agua servida tratada para beber se llevó a cabo hacia la década de los 1950. Sin embargo, no fue hasta 20 años después que los investigadores comenzaron a preocuparse e investigar sobre la percepción del público y su aceptación hacia el reúso de las aguas servidas tratadas. La mayoría

de estos estudios fueron desarrollados en Estados Unidos, su alcance era limitado y a menudo tenían el objetivo de aumentar la aceptación del público utilizando métodos del comportamiento aplicado, como por ejemplo, el uso de incentivos y otras técnicas de persuasión. De hecho, desde el proceso de planeación de un esquema de reutilización, a menudo se consideraba la aceptación pública como el principal “obstáculo” para la implementación de cualquier proyecto de reciclaje.

En la actualidad, es generalmente, aceptado que la publicidad social y la persuasión no son efectivas influenciando a la población con la finalidad que usen aguas servidas tratadas. La percepción pública y la aceptación hacia el reúso de aguas servidas tratadas, son ahora reconocidas como los principales ingredientes en el éxito de cualquier esquema de reúso (Po *et al.*, 2003). Sin la aceptación del público, sería complicado para cualquier entidad localizar, financiar, desarrollar y operar cualquier planta de generación de aguas servidas tratadas. Además, la participación del público es esencial para satisfacer las necesidades particulares, canalizar el conocimiento local para mejorar el diseño del proyecto y para la vital construcción de una confianza institucional (Bdour *et al.*, 2009).

No importa qué tan razonable puede ser una política, la resistencia del público hará de la aplicación de políticas relacionadas al agua u otros recursos un proceso mucho más difícil. (Zhang y Balay, 2014). Dentro de los factores encontrados en la literatura que se ha comprobado pueden condicionar la percepción de la comunidad hacia el uso de aguas servidas tratadas, se encuentran los siguientes:

- *Desagrado o factor asco*: Este factor es reconocido por la población como una barrera psicológica que surge al momento de usar agua reciclada (Kaercher *et al.*, 2003). El factor asco, se define como la aversión instintiva por parte del público a beber o a estar en contacto con agua potable producida a partir de aguas servidas tratadas (Metcalf y Eddy, 2007). Entre los objetos que comúnmente pueden desencadenar reacciones de desagrado en las personas se incluyen excrementos, orina, saliva, suciedad y barro. Una reacción de disgusto hacia el uso de aguas servidas tratadas se puede generar en una

persona que perciba “suciedad” y que ésta le provoque miedo al contagio de enfermedades (Po *et al.*, 2003).

- *Percepción del riesgo asociado al reúso de aguas servidas tratadas:* Otro importante factor que influencia la aceptación del público es el riesgo percibido por usar este tipo de aguas. En el contexto del reúso de aguas servidas tratadas, la percepción del riesgo es con frecuencia relacionada a problemas en la salud del público por su consumo (Kaercher *et al.*, 2003). La mayoría de los encuestados (89%) en un estudio realizado por Jeffrey y Jefferson (2002) en Reino Unido estuvieron de acuerdo con la declaración “No tengo objeción en el uso de aguas servidas tratadas siempre y cuando la seguridad esté garantizada”. Esto sucede porque el público tiende a tener un concepto más amplio de riesgo, incorporando atributos tales como incertidumbre, miedo, potencial catastrófico, capacidad de control y la equidad (Slovic, 1998). Basado en estos atributos, se puede proponer que las personas perciben que el reúso de aguas servidas tratadas puede ser riesgoso porque: la utilización de esta fuente de agua no es natural, puede ser dañino para las personas, pueden existir consecuencias desconocidas a futuro, su decisión frente al uso de este recurso puede ser irreversible y porque la calidad y seguridad del agua no está bajo su control (Frewer *et al.*, 1998). Finalmente, desde que el reúso de aguas servidas tratadas es considerado riesgoso, las comunidades se inclinan a evitar su uso en orden de reducir el potencial de arrepentimiento (Po *et al.*, 2003).
- *Usos del agua reciclada:* Un estudio desarrollado por ARCWIS en el año 2002, demostró que el reúso de aguas servidas tratadas con propósitos no potables como para el riego de campos de golf y parques o para ser utilizadas en las industrias son bien aceptados por la comunidad. Para riego agrícola, es generalmente aceptado. En comparación a otros usos, el uso dentro del hogar era menos respaldado. La aceptación hacia el reúso de aguas servidas tratadas decrece substancialmente desde los usos en áreas públicas hasta

dentro del hogar y desde la descarga del baño, el lavado de ropa, a los usos en la cocina para consumirla.

- *Origen del agua a reciclar:* Kaercher *et al* (2003) señalaron que el origen de las aguas servidas tratadas o la “historia de uso” del agua, también afecta la percepción y la aceptabilidad hacia las aguas regeneradas. Específicamente el reúso de las aguas grises o las aguas servidas tratadas provenientes del propio hogar de los encuestados, era más aceptado que el reúso de aguas servidas de origen público (Nancarrow *et al.*, 2002). Este descubrimiento puede ser asociado al sentimiento de desagrado descrito anteriormente, donde la gente percibe que usar sus propios desperdicios es menos desagradable que usar los de otras personas (Kaercher *et al.*, 2003).
- *Problemas de alternativas:* En lugares donde existen problemas de escasez de agua, se ha reportado que la población se encuentra más fácilmente dispuesta a aceptar el reúso de aguas servidas tratadas, debido a una mayor conciencia sobre la necesidad de conservar el recurso. En Israel, no fue necesario convencer al público de la necesidad de implementar las aguas servidas tratadas como una fuente alternativa de abastecimiento, porque todos estaban al tanto de los problemas de sequía en el país. En instancias en que otra fuente de abastecimiento se encuentra disponible, las personas cuestionan la necesidad del reúso (Dishman *et al.*, 1989).
- *Confianza en las autoridades y el conocimiento científico:* La confianza en las autoridades, las investigaciones científicas y las tecnologías de tratamiento disponibles, para que en conjunto entreguen aguas servidas tratadas seguras y de buena calidad puede jugar un rol crucial en determinar la percepción del público. A pesar de la confianza de las personas en ciertas instituciones para establecer y controlar la calidad del agua reciclada, Jeffrey y Jefferson (2002) encontraron que las personas pueden permanecer indispuestos a utilizar aguas servidas tratadas para aplicaciones de mayor riesgo. Descubrieron que la gente a menudo basaba sus impresiones sobre la calidad del agua para decidir

- si podían aceptar el reúso de aguas servidas tratadas (Jeffrey y Jefferson, 2002).
- *Conductas hacia el cuidado del medio ambiente:* Las personas que han tomado medidas de ahorro de agua en sus hogares se encuentran más preparadas para reusar aguas servidas tratadas con propósitos no potables (Jeffrey y Jefferson, 2002). Un estudio realizado en Sydney en 1999 arrojó entre sus resultados que la población que apoyaba la necesidad de conservar el recurso hídrico y el reúso de aguas servidas tratadas para todos los propósitos (excepto cocinar y beber) tienden a ser aquellos que creen fuertemente en la importancia de los problemas ambientales y en su habilidad para hacer la diferencia.
 - *Problemas de justicia ambiental:* Uno de los fuertes oponentes del proyecto de repurificación de San Diego, Herman Collins, dijo que su oposición al proyecto se debió a la injusticia percibida hacia las comunidades de bajos y medianos ingresos, ya que se les considero como los principales receptores del agua reciclada. Es así como la justicia percibida en relación al proceso de toma de decisiones es también importante, ya que si los pobladores no son consultados ni involucrados en la concepción del proyecto suelen expresar su rechazo, llevando el esquema al fracaso (Recycled Water Task Force, 2003). En adición a esto, existe la percepción de que cualquier proyecto de reúso de agua deberían empezar con los grandes usuarios del recurso, tales como las diferentes industrias antes que las personas en sus hogares (Kaercher *et al.*, 2003).
 - *Costo monetario por la producción de aguas servidas tratadas:* Marks (2002) descubrió que las personas generalmente esperan pagar menos por usar aguas servidas tratadas ya que se considera que es de menor calidad y por las restricciones que incluye el uso de esta fuente alternativa. Algunos residentes expresaron que un precio más bajo era necesario para fomentar la aceptación y las inversiones iniciales.

- *Factores socio demográficos:* Finalmente, algunos factores demográficos han sido identificados como influyentes en la percepción pública hacia el reúso de aguas servidas tratadas. McKay y Hurlimann (2003) determinaron que el mayor grado de oposición hacia la nueva fuente de abastecimiento de agua, provenía de personas pertenecientes al grupo etario de 50 años y más. Como resultado, recomendaron planes de educación y campañas de información para atender a este grupo específico de edad. Además se comprobó que no existe una relación global significativa entre la edad, el género y el ingreso económico y la aceptación o rechazo hacia la reutilización con propósitos potables. Gu *et al.* (2015) comprobó que la falta de conocimientos sobre la cantidad de agua disponible, modifica la receptividad hacia el uso de aguas servidas tratadas. Es por esto, que como solución propuso planes de educación ambiental, ya que estos garantizarían una promoción del conocimiento público de los recursos hídricos, fuentes alternativas de abastecimiento y tecnologías disponibles.

1.5. Educación ambiental y su contribución al cambio en la percepción pública.

1.5.1. Educación ambiental formal y no formal.

La educación y los conocimientos se reconocieron como factores determinantes de la percepción, es por esto, que el uso de la educación ambiental como herramienta de gestión permitirá concientizar a las comunidades de los problemas del medio ambiente. El propósito fundamental de la educación ambiental es la formación de una ciudadanía responsable de los ambientes naturales y sociales donde se desenvuelve. Para ello se reconoce la importancia de promover la formación de personas y grupos sociales. Los individuos formados entienden cómo las actividades humanas causan impactos diversos sobre el medio ambiente. Además, utilizan estos conocimientos para decidir de manera informada y razonada y asumiendo responsabilidades sociales y políticas. La educación

ambiental no formal comúnmente se inicia en entornos locales, alentando a quienes intervienen en las decisiones a identificar y construir relaciones con su entorno aledaño. La conciencia ambiental, el conocimiento y las habilidades para lograr un aprendizaje sobre la realidad local proveen buenas bases para poder afrontar sistemas más grandes y temas más complejos y alcanzar una mejor comprensión de las causas, conexiones y consecuencias de los problemas existentes.

Ya sea con grupos de infantes o adultos, la educación ambiental no formal está centrada en el aprendizaje no secuencial de temas y provee a los participantes oportunidades para construir su propio entendimiento mediante el análisis de situaciones prácticas de su vida cotidiana y entorno vital. Los participantes, al involucrarse en la resolución de problemas que les afectan y en experiencias directas, son desafiados a aplicar habilidades de pensamiento e intervención. La educación ambiental no formal provee contextos y temas del mundo real para aprender conceptos, adquirir habilidades y desarrollar hábitos, actitudes y valores para toda la vida.

El término programa de educación ambiental es empleado para dar a entender una secuencia integrada de experiencias y materiales educativos, planeados con la intención de alcanzar objetivos particulares. Los programas, en general, son instrumentos estratégicos para lograr las metas de una organización.

Los programas de educación ambiental no formal están diseñados para atender las necesidades ambientales, educativas y comunitarias previamente identificadas, así como para producir beneficios que atiendan responsablemente dichas necesidades. Estos deben diseñarse con metas y objetivos bien definidos que muestren cómo contribuirán a que las personas tomen conciencia y a la alfabetización ambiental sobre su entorno natural y social (North American Association for Environmental Education, 2009).

En Chile la Política Nacional de Educación (EDS) es el referente principal para el diseño e implementación de planes de acción de Educación Ambiental. Con esta

política, el Gobierno de Chile propone “establecer, fortalecer y consolidar mecanismos de cooperación nacional y regional que promuevan el desarrollo de espacios para la discusión, facilitación e intercambio de experiencias y conocimientos, así como la coordinación de políticas dirigidas a potenciar los programas de la educación en los ámbitos medio ambientales y del desarrollo sustentable.

1.5.2. Educación ambiental y el éxito de esquemas de reúso de aguas servidas tratadas en Estados Unidos.

California es el Estado pionero en reciclaje de agua en los Estados Unidos con más de 230 proyectos de reúso operando al año 2003. La mayoría de dichos proyectos son con propósitos no potables y solo 4 son con fines potables indirectos (Recycled Water Task Force, 2003).

El “Programa de Reciclaje de Agua de Irvine Ranch” es reconocido como uno de los más exitosos esquemas de reúso de aguas servidas tratadas en California para múltiples propósitos. El Distrito de Agua de Irvine Ranch importa el 50% de su agua para alcanzar la demanda para riego y requerimientos domésticos. Es con la finalidad de reducir la dependencia de la importación de agua que dicho distrito incorporó el reúso de aguas servidas tratadas para el sector agrícola local durante el año 1967 (D’Angelo Report, 1998). Desde entonces las aguas servidas tratadas han sido ampliamente usadas en la zona para el riego de cultivos locales, campos de golf, parques, patios de colegios, áreas verdes, paisajes de autopista, usos industriales e incluso para la descarga de inodoros en centros comerciales. También se ha suministrado de aguas servidas tratadas para usos no potables a propietarios de viviendas por medio de un sistema de distribución dual (Holliman, 1998).

El éxito del “Programa de Reciclaje de Agua de Irvine Ranch” se puede atribuir a su compromiso por informar y educar a la comunidad local acerca del uso y reúso eficiente del agua, a través de la creación de conciencia sobre los problemas de sequía existentes. El reúso de aguas servidas tratadas fue promovido al público

como un medio de proteger el medio ambiente, ahorrar dinero y energía y proveer un suministro constante de agua en caso de escasez (D'Angelo Report, 1998).

Programas intensivos de conservación de agua combinados con educación en los colegios, programas de divulgación y educación de la comunidad fueron plenamente utilizados para difundir el reúso del agua.

Otro proyecto exitoso en California fue el "Proyecto de Reciclaje del Condado de Monterrey". Éste fue diseñado para minimizar la intrusión de agua salina en las aguas subterráneas locales mediante el uso de aguas servidas tratadas para riego, en lugar de usar la extraída de los acuíferos bajo tierra (Sheikh *et al.*, 1999). Más de 53 billones de litros de aguas servidas tratadas fueron producidos para el riego de cultivos de alta calidad, tales como, alcachofas, lechugas, coliflor, apio y fresas.

El éxito del proyecto se le atribuye a años de cuidadosa planificación con un gran énfasis en la inclusión del público. Tomó cerca de 20 años de planificar antes de que el proyecto estuviese completamente operacional el año 1998 (Recycled Water Task Force, 2003).

2. HIPÓTESIS

La percepción de la población adulta de la comunidad de San Pedro de Atacama respecto al reúso de aguas servidas tratadas es más positiva que la percepción de la población de Hualqui.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general.

Realizar un análisis comparativo sobre la percepción de la población adulta de los sectores rurales de Hualqui y San Pedro de Atacama respecto al reúso de aguas servidas tratadas.

3.2. Objetivos específicos.

- Adaptar y validar un instrumento que será utilizado para determinar la percepción de la población adulta de las comunidades de Hualqui y San Pedro de Atacama respecto al reúso de aguas servidas tratadas.
- Caracterizar demográficamente a las muestras seleccionadas de las comunas de Hualqui y San Pedro de Atacama.
- Describir el conocimiento que tiene la población adulta de las comunidades de Hualqui y San Pedro de Atacama en relación a sus recursos hídricos locales y frente al reúso de aguas servidas tratadas.
- Determinar la percepción y la aceptación existentes en la población adulta de las comunidades en Hualqui y San Pedro de Atacama respecto al reúso de aguas servidas tratadas.
- Elaborar lineamientos para un programa de educación ambiental no formal basado en el reúso de aguas servidas tratadas.

4. METODOLOGÍA

4.1. Contexto del estudio.

4.1.1. Características de las áreas de estudio.

Se seleccionaron dos comunas de Chile para aplicar el instrumento, las cuales son Hualqui y San Pedro de Atacama. La Tabla 4 presenta una caracterización resumida de las mencionadas comunas donde se pueden ver el contraste entre ambas. Las principales diferencias se presentan en los climas, temperaturas medias anuales y precipitaciones medias mensuales.

Tabla 4: Caracterización de las áreas de estudio.

Características	Hualqui	San Pedro de Atacama
Región	VII del Biobío	II de Antofagasta
Provincia	Concepción	El Loa
Latitud	36° 57' 36" Sur	22° 55' 0"
Longitud	72° 55' 48" Oeste	68° 12' 0"
Clima	Templado cálido (Csb)	Desértico frío (BWk')
Temperatura media anual	12 °C	17 °C
Precipitación media anual	663,11 mm	44,57 mm
Actividades económicas 1º y 2º	Extracciones de bórax, sodio, potasio, litio	Agricultura, plantaciones de pino
Actividades económicas 3º	Turismo	Turismo

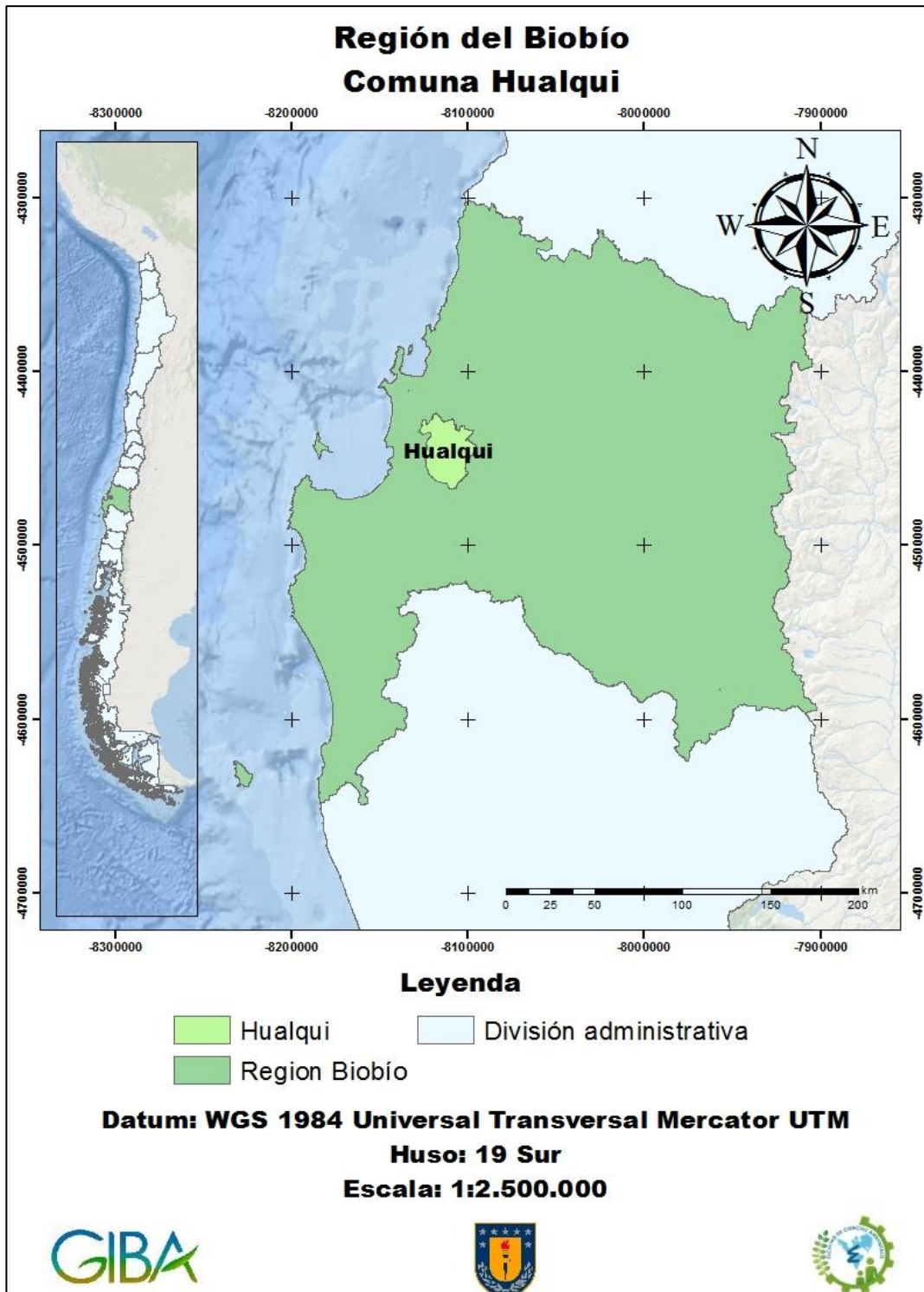
Fuente: IGM (2007); DGA (2016)

- *Hualqui*: La comuna de Hualqui abarca una superficie de 534,2 km², forma parte de la provincia de Concepción y pertenece a la Región del Biobío, como se aprecia en la Figura 1. Se encuentra ubicada a 24 kilómetros al sur-este de la ciudad de Concepción, en la hoya hidrográfica del Río Biobío. La hidrografía comunal se ve caracterizada por tres sistemas locales que conforman micro cuencas y que confluyen al río Biobío los cuales son: el estero Quilacoya, el estero Hualqui y la subcuenca del río Gomero. Dicha subcuenca sólo se encuentra parcialmente en el territorio comunal; de hecho es el eje del río Gomero el que constituye el límite entre las comunas de Hualqui y San Rosendo. (Ilustre Municipalidad de Hualqui, 2011).

La comuna presenta una clasificación climática de Köppen Csb, lo que significa que presenta un clima templado cálido con lluvias invernales (IGM, 2007). La temperatura media del mes más frío es inferior a 18°C y superior a -3°C. Por otro lado la temperatura media del mes más cálido es menor a los 22°C y presenta al menos cuatro meses con temperaturas promedio superior a los 10°C (Rioseco y Tesser, 2016).

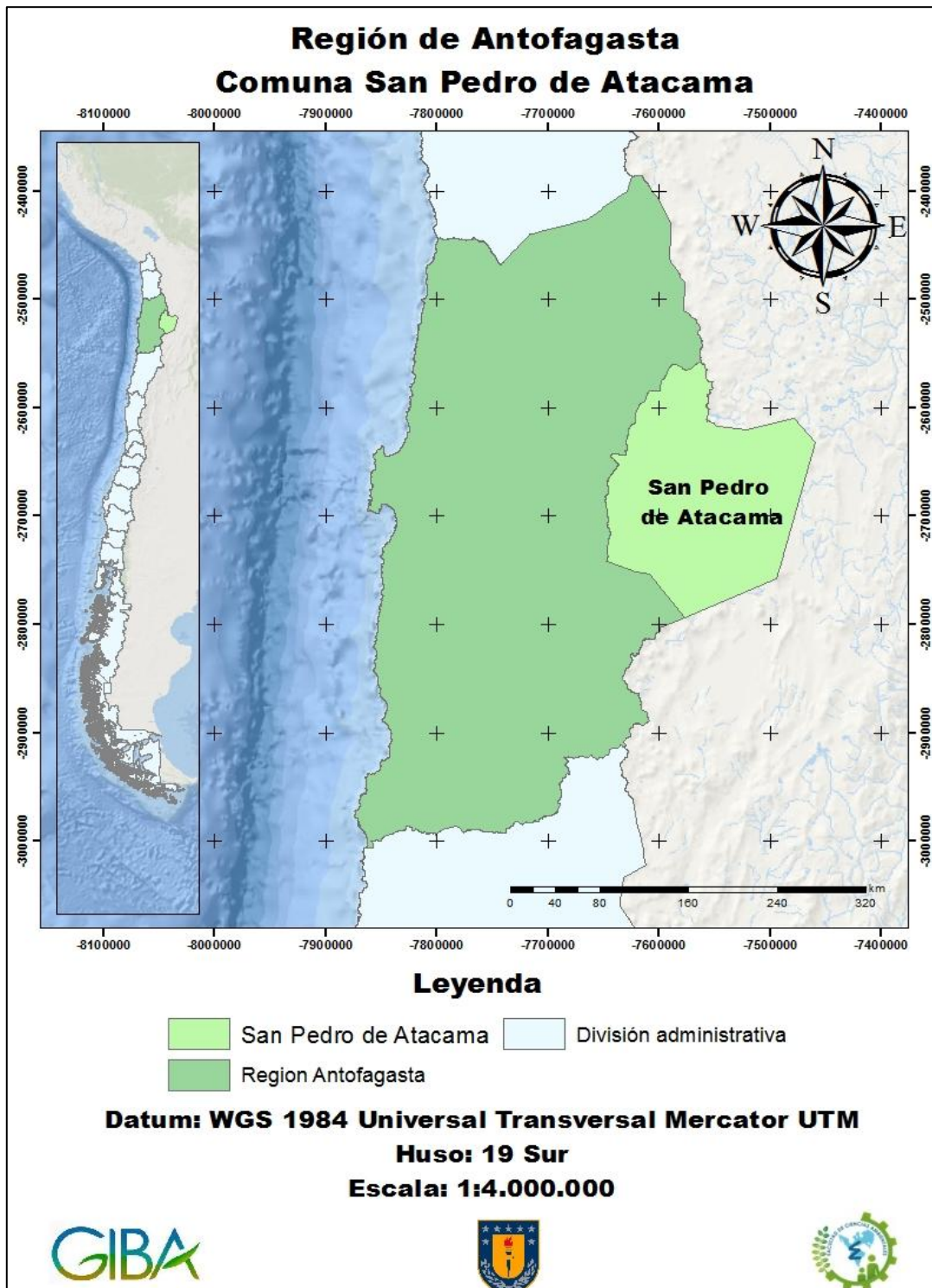
Las principales actividades económicas de la comuna de Hualqui son: la explotación forestal, la agricultura y el turismo (Ilustre Municipalidad de Hualqui, 2011).

Figura 1: Ubicación de la comuna de Hualqui.
Fuente: Elaboración propia en base ARGIS



- *San Pedro de Atacama*: La comuna de San Pedro de Atacama posee una superficie de 23.438,8 km², forma parte de la provincia de El Loa y pertenece a la Segunda Región de Antofagasta, como se muestra en la Figura 2. Se encuentra ubicada a 98 kilómetros de Calama (IGM, 2007). En relación a la hidrografía, en la región de Antofagasta se presenta sólo un río que desemboca en el mar: el río Loa. Tiene tres principales afluentes: el río Salado, el río San Pedro y el río San Salvador (BCN, 2016). Para esta región el agua potable se genera a partir de las extracciones que se hacen en ríos de la cuenca del río Loa y de agua de mar desalada (Ministerio del interior y seguridad pública, 2015). La comuna presenta una clasificación climática de Köppen BWk', lo que significa que presenta un clima desértico frío (IGM, 2007). Estos climas se caracterizan por una precipitación anual escasa, por lo que la evaporación supera a la precipitación. Los inviernos son muy fríos y los veranos cálidos. Las temperaturas media anual y media mensual del mes más cálido es inferior a 18 °C (Rioseco y Tesser, 2016). En las últimas décadas, San Pedro de Atacama se ha convertido en uno de los principales polos turísticos de Chile, siendo el punto de partida para los diversos recorridos por el altiplano atacameño (Ilustre Municipalidad de San Pedro de Atacama, 2016). En la zona también se realizan extracciones de sodio, bórax, potasio y litio (IGM, 2007).

Figura 2: Ubicación de la comuna de San Pedro de Atacama.
Fuente: Elaboración propia en base a ARGIS



4.1.2. Participantes y procedimientos

La población varía entre las comunas, por lo que se procedió a realizar una caracterización demográfica para cada una.

- *Hualqui*: Según datos preliminares del Censo del año 2012 la población total de Hualqui alcanzaba las 23.016 personas donde 11.252 eran hombres y 11.764 mujeres. La Tabla 5 muestra la distribución de la población de Hualqui por grupos de edad para los años 2002 (en la segunda columna) y 2012 (en la tercera columna). Al año 2012, el rango entre los 45 y 64 años presenta el mayor crecimiento con 2.071 personas más que el año 2002, lo que corresponde a un aumento del 68%. Los rangos etarios de 0 a 14, 15 a 29, 30 a 44 y 65 y más, presentan aumentos del 2%, 26%, 6% y 36% respectivamente.

Tabla 5: Población de Hualqui por grupos de edad 2002 y 2012.

Edad	Población (2002)	Población (2012)
0 a 14	5.169	5.308
15 a 29	4.406	5.575
30 a 44	4.553	4.845
45 a 64	3.039	5.110
65 y más	1.601	2.178
Total	18.768	23.016

Fuente: Fuente: INE (2002); INE (2012)

- *San Pedro de Atacama*: Los resultados preliminares del Censo del año 2012 estimaban que la población total de San Pedro de Atacama alcanzaba las 5.605 personas donde 2.780 eran hombres y 2.825 mujeres. La tabla 6

muestra la distribución de la población de San Pedro de Atacama por grupos de edad para los años 2002 (en la segunda columna) y para el año 2012 (en la tercera columna). Al año 2012, el rango entre los 0 y 14 años presenta el mayor crecimiento con 370 personas más que el año 2002, lo que corresponde a un aumento del 45%. Por otro lado, el rango etario de los 15 a 29 años presenta una disminución de 315 personas en su población, lo que corresponde a un 20% menos. Los grupos de edad de los 30 a 44, 45 a 64 y 65 y más, presentan aumentos del 6%, 36%, 31% respectivamente.

Tabla 6: Población de San Pedro de Atacama por grupos de edad 2002 y 2012.

Edad	Población (2002)	Población (2012)
0 a 14	1008	1458
15 a 29	1535	1220
30 a 44	1249	1336
45 a 64	785	1074
65 y más	392	517
Total	4969	5605

Fuente: Fuente: INE (2002); INE (2012)

4.1.3. Determinación de la muestra.

Se elaboró una muestra probabilística en la que se tuvieron en consideración dos procedimientos. El primero fue calcular un tamaño de muestra que fuera representativo de las diferentes poblaciones de Hualqui y de San Pedro de Atacama. El segundo consistía en seleccionar los elementos muestrales de manera que al inicio todos tengan la misma posibilidad de ser elegidos.

Para el cálculo del tamaño de la muestra se utilizó el software estadístico STATS[®], el cual cuenta con un subprograma “Tamaño de la muestra”. La Tabla 7 muestra los datos que exige el programa para determinar el tamaño muestral representativo. Estos datos son el tamaño del universo, error máximo aceptable, porcentaje estimado de la muestra y el nivel deseado de confianza. El programa considera que la población o tamaño del universo es finito y conocido.

Tabla 7: Datos solicitados por software STATS para el cálculo de tamaño de muestra.

Datos	San Pedro de Atacama	Hualqui
Tamaño del universo (personas)	4.127	17.625
Error máximo aceptable (%)	5	5
Porcentaje estimado de la muestra (%)	50	50
Nivel deseado de confianza (%)	90%	90%
Tamaño de la muestra (personas)	255	268

Fuente: INE (2012); Sampieri (2006)

El tamaño del universo o población fue determinado seleccionando al total de personas pertenecientes al rango etario desde los 15 hasta los 90 años, obteniéndose los datos desde los resultados preliminares del Censo de Población y Vivienda realizado el año 2012.

El error máximo aceptable se define como el error potencial que se admite como tolerancia que la muestra no sea representativa de la población y en este caso se fijó en un 5% ya que es uno de los más comúnmente utilizados en la investigación y es el más usual en las ciencias sociales. El porcentaje estimado de la muestra es la probabilidad de ocurrencia del fenómeno, la cual se estima sobre marcos de muestreos previos o se define. La certeza total siempre es igual a uno, las

posibilidades a partir de esto son “p” de que sí ocurra y “q” de que no ocurra ($p+q = 1$). Cuando no se tienen marcos de muestreo previos, como es el caso de esta investigación, se usa un porcentaje estimado de 50%, con lo que se asume que “p” y “q” tienen igual probabilidad (Sampieri, 2006).

Finalmente el nivel de confianza indica el grado de certeza que se puede tener. Se expresa como un porcentaje y representa con cuánta frecuencia el porcentaje real de la población que erigiría una respuesta se encuentra dentro del intervalo de confianza. En este caso se estableció en un 90%, ya que es uno de los intervalos de confianza más utilizados.

Para el cálculo final del tamaño de la muestra el software utiliza la siguiente fórmula de “Cálculo de muestra para una población finita con universo conocido”:

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{e^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

Donde los datos de ingreso son los mostrados en la Tabla 7. Además el valor Z es un coeficiente asociado al nivel de confianza seleccionado, en este caso el valor para Z asociado al 90% de confianza es 1,65 (Pita, 2011).

Finalmente, los tamaños de muestra representativa para San Pedro de Atacama y Hualqui resultaron ser de 255 y 268 personas a encuestar, respectivamente.

4.2. Adaptación y validación del instrumento.

4.2.1. Modificación y construcción del instrumento.

El proceso de construcción y validación de un cuestionario es relativamente complejo y requiere de un conocimiento claro del aspecto que se quiere medir (Arribas, 2004). Primeramente, se debió establecer con claridad el propósito y los objetivos del estudio. Las preguntas que no tenían relación directa con lo antes mencionado, fueron candidatas firmes para la eliminación. Además se tuvo en consideración la audiencia a la que se va a encuestar (Huerta, 2005).

En base a dichos planteamientos y considerando el trabajo realizado por Gu *et al.*(2015), es que se tomó el instrumento que ya había sido aplicado a la población de Tianjin en China para determinar la percepción y aceptación pública frente al reúso de aguas servidas tratadas y se modificaron las alternativas de respuestas para que coincidieran con la realidad de Chile. Se agregaron contenidos al cuestionario en base a la definición de dimensiones o factores que se estudiaron afectan a la percepción de las comunidades frente al reúso de aguas servidas tratadas.

Se finalizó definiendo la unidad de análisis, la cual corresponde a cada una de las personas que habitan en las comunas de San Pedro de Atacama y Hualqui.

De esta manera, el instrumento inicial quedó conformado por 37 preguntas que se dividen en tres secciones: caracterización social, conocimiento sobre el recurso hídrico y el reúso de aguas servidas tratadas y recepción frente al reúso de aguas servidas tratadas.

4.2.2. Validación del instrumento con expertos.

El instrumento inicial fue ratificado en tres etapas, siendo esta la inicial. Es esta primera instancia se contó con un panel de expertos, el cual estaba conformado por 6 profesionales de distintas áreas, los que se mencionan a continuación:

- Robinson Torres, Sociólogo
- Ana Carolina Baeza, Ingeniera Civil Química
- Marcelo Araya, Sociólogo
- Gladys Vidal, Ingeniera Civil Industrial
- Cintia Beltrán, Periodista
- Claudia Saavedra, Bióloga Marina

Dichos profesionales, conocedores de la materia tratada en la investigación, proveyeron información para mejorar el instrumento para que este cumpliera con el nivel de la audiencia y con el propósito y objetivo del estudio. Las

recomendaciones del panel se orientaron a facilitar la claridad de las preguntas, la relevancia de las mismas, si el número de preguntas es adecuado, o si el tiempo que toma contestarlo es o no apropiado. Sugirieron cambiar algunas preguntas, eliminar algunas de ellas y modificar ciertas palabras que podrían haber resultado de difícil comprensión para los encuestados (Huerta, 2005).

4.2.3. Validación de campo.

El próximo paso fue comprobar la validez de campo, para esto se consultaron a 20 personas que debían ser representantes de los participantes del estudio (Huerta, 2005).

Con la finalidad de no perder población potencialmente encuestable se realizó la segunda validación en una comuna con características similares a las seleccionadas. Para facilitar la validación se buscó una comuna similar a Hualqui, por la cercanía a esta comuna. De esta manera, la comuna elegida en este caso fue Florida, debido a su índice de ruralidad, la cantidad de personas que ahí habitan y a los problemas que han tenido con el recurso hídrico durante los últimos años.

4.2.4. Proyecto piloto.

La etapa final se realizó con el propósito de averiguar la consistencia del instrumento. Para ello se les realizó la encuesta a 20 personas, las que debían poseer características similares a las de los participantes. Las personas seleccionadas para el proyecto piloto no participaron posteriormente en el estudio, por lo que al igual que en la etapa anterior, se eligió una comuna similar a Hualqui para no perder posibles casos de estudio (Huerta, 2005). Para esta fase las personas encuestadas pertenecían a la comuna de Coelemu, comuna que al igual que Florida fue elegida por su población, índice de ruralidad y los problemas con el recurso hídrico en los últimos años.

La toma de datos en todos los casos fue mediante la administración directa del instrumento, en el cual se anotaron las observaciones de las preguntas en las cuales los participantes presentaron dificultad en contestar, para así poder efectuar las debidas correcciones (Huerta, 2005).

4.2.5. Aplicación del instrumento.

Una vez validado el instrumento y determinada la forma de aplicación, se procedió a decidir si éste se aplicaría de manera personal o con la ayuda de encuestadores. Esta decisión se vio condicionada, en gran parte, por el tamaño de la muestra. Huerta (2005) recomendaba que al trabajarse con muestras de cientos o miles de personas era conveniente realizarla con la ayuda de encuestadores y que estos debieran ser informados en la manera de llevar a cabo el trabajo de campo, por lo que era necesario aleccionarlos en los siguientes temas:

- Objetivo de la encuesta, población a la que iba dirigida, muestra que se ha elegido y características que debían reunir los individuos a los cuales ha de entrevistar.
- Forma de contactar con los individuos que componían la muestra y las situaciones previstas para el caso de que no pudieran contactar con las personas elegidas.
- Como presentar la encuesta a los entrevistados. En cuanto a las preguntas: sentido de los términos técnicos utilizados y explicaciones que debían realizar.
- Manera de anotar las respuestas.
- Posibles dificultades e incidencias que se podían presentar (Oncins, 1991).

De esta manera en la comuna de San Pedro de Atacama se contó con la ayuda de dos encuestadores para realizar las 255 correspondientes a la zona, las cuales se hicieron entre el 12 y el 20 de noviembre de 2016. El financiamiento para cubrir los

gastos de viajes, pernoctación y alimentación se obtuvo de una iniciativa de apoyo brindada por el Comité de Desarrollo Productivo Regional y la CORFO (Ver Anexo 2).

En la comuna de Hualqui se contó con el apoyo de tres encuestadores para realizar las 268 encuestas respectivas a dicha área de estudio, las cuales se hicieron entre los meses de noviembre y diciembre de 2016.

4.3. Análisis de datos.

4.3.1. Tratamiento de los datos.

Una vez realizadas las encuestas a las muestras determinadas en las etapas previas, se siguió con el tratamiento estadístico de los datos. Al tener el cuestionario bien codificado no se presentaron mayores problemas a la hora de tratarlo. El tratamiento estadístico se realizó mediante la utilización del software estadístico SPSS Statistics versión 20. Para esto se tuvo que determinar la característica de los datos, que en el caso de este estudio son de tipo cualitativos, junto a las características de las variables a trabajar y las funciones que presenta el programa a utilizar.

Fue necesario tener claro cómo se querían obtener los resultados. Se realizó un análisis estadístico con la finalidad de conocer la muestra (quiénes y cuántos son) y la posición que los encuestados tenían respecto a los diferentes objetivos de la investigación (las respuestas a las preguntas formuladas).

4.4. Descripción del conocimiento.

4.4.1. Conocimiento sobre los recursos hídricos locales.

Se analizó la frecuencia de las respuestas obtenidas con la aplicación de la segunda parte del instrumento para comparar ambas comunas.

En esta sección, se eligió como variable a analizar si conocían la disponibilidad de los recursos hídricos en sus respectivas áreas de estudio, para a partir de tablas de contingencia analizar si existe alguna relación de dependencia entre las variables cualitativas objeto de estudio que en este caso son las edades y niveles educacionales de los encuestados. Para identificar relaciones de dependencia entre variables cualitativas se utilizó un contraste estadístico Chi-cuadrado, ya que su cálculo permite afirmar con un nivel de confianza determinado, en este caso un 95%, si los niveles de una variable cualitativa influyen en los niveles de la otra variable nominal analizada.

En primer lugar se definieron las hipótesis a probar. En este caso se probaron dos hipótesis nulas con sus respectivas hipótesis alternativas, la primera es:

H₀1: “El conocimiento sobre la disponibilidad de agua en la zona es independiente de la edad del encuestado”.

H₁1: “El conocimiento sobre la disponibilidad de agua en la zona es dependiente de la edad del encuestado”.

La segunda hipótesis planteada es:

H₀2: “El conocimiento sobre la disponibilidad de agua en la zona es independiente del nivel educacional del encuestado”

H₁2: “El conocimiento sobre la disponibilidad de agua en la zona es dependiente del nivel educacional del encuestado”.

Luego se debieron calcular las frecuencias esperadas, las cuales se obtuvieron de la distribución de frecuencias del total de los casos de la siguiente manera:

Por ejemplo, para la primera hipótesis en la comuna de Hualqui se encuestaron a 268 personas, la cual es la frecuencia del total de casos. De estas 268 personas dijeron que existía sequía todo el año, 90 que existía sequía en primavera y verano, 132 que existe agua suficiente y 5 no tenían conocimientos. Esa misma proporción se debería dar al interior de los cuatro grupos de edad, de manera que el cálculo siguió el siguiente razonamiento: si de 268 personas 41 dijeron que hay sequía todo el año, de 50 personas entre los 15 y 19 años ¿Cuántas dieron esa respuesta? Para tener la respuesta se aplicó regla de tres y este procedimiento se repitió con todas las frecuencias de los grupos de edad y de los niveles educacionales.

Finalmente se calculó el estadístico de prueba Chi cuadrado, el que compara las frecuencias que entregaron los datos observados de la muestra con las frecuencias esperadas y que tiene la siguiente fórmula de cálculo:

$$\chi^2 = \sum \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i}$$

Donde o_i representa cada frecuencia observada y e_i representa cada frecuencia esperada.

También se determinó con cuantos grados de libertad se iba a trabajar, utilizando la siguiente fórmula:

$$G.l = (n^\circ \text{ filas} - 1) \times (n^\circ \text{ columnas} - 1)$$

Dichos grados de libertad variaron ya que en el caso del nivel educacional se trabajaba con más variables que con la edad. El valor calculado se debió comparar con un valor de distribución de probabilidades para Chi cuadrado, el cual se eligió considerando un nivel de significación alfa de 0,05 (Vicéns y Medina, 2005).

4.4.2. Conocimiento respecto al reúso de aguas servidas tratadas.

En este caso, se eligió como variable a analizar si sabían lo que es el reúso de aguas servidas tratadas, para analizar si existe alguna relación de dependencia entre las variables cualitativas objeto de estudio que al igual que en el caso anterior son las edades y niveles educacionales de los encuestados.

Se plantearon las siguientes hipótesis a probar:

H₀1: “El conocimiento sobre el reúso de aguas servidas tratadas es independiente de la edad del encuestado”

H₁1: “El conocimiento sobre el reúso de aguas servidas tratadas es dependiente de la edad del encuestado”

H₀2: “El conocimiento sobre el reúso de aguas servidas tratadas es independiente del nivel educacional del encuestado”

H₁2: “El conocimiento sobre el reúso de aguas servidas tratadas es dependiente del nivel educacional del encuestado”

Se procedió a calcular las frecuencias esperadas, de la misma forma que en el caso anterior. Para ejemplificar, en la comuna de San Pedro de Atacama se encuestaron a 255 personas de las cuales 120 declararon saber lo que es el reúso de aguas servidas y 135 dijeron no saber. Esa misma proporción se debería dar al interior de los cuatro grupos de edad, de manera que el cálculo siguió el siguiente razonamiento: si de 255 personas 120 dijeron entender el reúso, de 49 personas entre los 15 y 19 años ¿Cuántas dieron esa respuesta?, así se calcularon las frecuencias esperadas, utilizando regla de tres.

Con las frecuencias observadas y esperadas, se procedió a calcular el estadístico Chi cuadrado teniendo las mismas consideraciones que en el caso anterior.

4.5. Identificación de la percepción y aceptación respecto al reúso de aguas servidas tratadas.

La Tabla 8 muestra los factores estudiados que influyen en la percepción de las poblaciones adultas frente al reúso de aguas servidas. Con el análisis de las preguntas expuestas se pudo determinar la percepción en ambas comunas y de esa forma comparar y entender las diferencias presentes.

Tabla 8: Factores observados que afectan la percepción de la población.

Pregunta	Factor observado
¿El reúso de aguas servidas tratadas sería útil para hacer frente a la sequía?	Opinión general de los encuestados hacia esta fuente alternativa de abastecimiento
Continuación Tabla 8.	
¿Qué organismo debería estar a cargo de generar el reúso de aguas servidas tratadas?	Nivel de confianza hacia las instituciones a cargo del tratamiento de las aguas y hacia las nuevas tecnologías
¿Confiaría en que el proceso se ejecute de manera que el agua resultante sea de la mejor calidad y que este bajo la norma usada en Chile?	Confianza hacia la buena ejecución del proceso y en el rol fiscalizador del estado
¿Estaría dispuesto a pagar por el tratamiento adicional con la finalidad de alcanzar un estándar de calidad para que sea utilizable?	Confianza hacia la calidad del agua

Fuente: Elaboración propia.

Para identificar la aceptación de los encuestados, se les preguntó su nivel de recepción frente a once escenarios en los que se planeaba reusar aguas servidas tratadas. Las opciones de respuestas iban desde muy de acuerdo a muy en desacuerdo. Además se calculo la intención de uso para estas preguntas, donde a

las cinco respuestas posibles se les dio una puntuación de “5”, “4”, “3”, “2” y “1”, siendo el “5” la opción más favorable, en este caso la respuesta muy de acuerdo. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$W_j = \frac{(S_5 \times 5) + (S_4 \times 4) + (S_3 \times 3) + (S_2 \times 2) + (S_1 \times 1)}{(S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5)}$$

Donde W_j

Corresponde a la intención de uso para los distintos escenarios propuestos y S_1 , S_2 , S_3 , S_4 y S_5 , respectivamente, el número de encuestados que eligieron la primera, segunda, tercera, cuarta y quinta opción (Gu, 2015).

En esta sección también se realizó un análisis de dependencia de variables por medio del estadístico Chi cuadrado. Se plantearon las siguientes variables:

H_01 : “La aceptación hacia el reúso de aguas servidas tratadas con fines domésticos potables es independiente de la edad del encuestado”

H_11 : “La aceptación hacia el reúso de aguas servidas tratadas con fines domésticos potables es dependiente de la edad del encuestado”

H_02 : “La aceptación hacia el reúso de aguas servidas tratadas con fines domésticos no potables es independiente de la edad del encuestado”

H_12 : “La aceptación hacia el reúso de aguas servidas tratadas con fines domésticos no potables es dependiente de la edad del encuestado”

H_03 : “La aceptación hacia el reúso de aguas servidas tratadas con fines domésticos potables es independiente del nivel educacional del encuestado”

H_13 : “La aceptación hacia el reúso de aguas servidas tratadas con fines domésticos potables es dependiente del nivel educacional del encuestado”

H_04 : “La aceptación hacia el reúso de aguas servidas tratadas con fines domésticos no potables es independiente del nivel educacional del encuestado”

H₄: “La aceptación hacia el reúso de aguas servidas tratadas con fines domésticos no potables es dependiente del nivel educacional del encuestado”

Se calcularon las frecuencias esperadas como ya se ejemplificó anteriormente. En relación al reúso con fines públicos, se calculó un promedio de las frecuencias que presentaron las distintas respuestas en estos 9 escenarios, para poder calcular las frecuencias esperadas. Se finalizó calculando el estadístico Chi cuadrado con el procedimiento ya explicado.

4.6. Elaboración de lineamientos de educación ambiental en relación al reúso de aguas servidas tratadas.

La Tabla 9 muestra el procedimiento que es necesario seguir para generar un programa de educación ambiental no formal una vez analizados los resultados obtenidos al describir los conocimientos en relación a los recursos hídricos e identificar las percepciones, respecto al reúso de aguas servidas tratadas de ambas muestras con la aplicación del instrumento generado.

Tabla 9: Procedimiento para generar un programa de educación ambiental no formal.

Pasos	Acciones
Diagnóstico de necesidades ¿Qué requerimientos va a satisfacer el programa?	Identificar los temas ambientales a ser atendidos. Buscar sugerencias de la comunidad y los participantes potenciales
Definición del alcance y estructura ¿Cómo está estructurado el programa?	Elaborar los objetivos del programa Determinar el formato, las técnicas y necesidades de capacitación
Recursos para la puesta en marcha ¿Qué materiales, equipo, instalaciones y recursos humanos están disponibles?	Evaluar necesidades logísticas y de recursos Preparar instalaciones, materiales, equipo y recursos humanos.

Fuente: North American Association for Environmental Education (2009)

5. RESULTADOS y DISCUSIÓN

5.1. Adaptación y validación.

En el Anexo 1 se muestra el instrumento final y validado utilizado en ambas comunas. La Tabla 10 muestra las alternativas que fueron modificadas desde el instrumento original para adaptarse a la realidad chilena.

Tabla 10: Modificación del instrumento original.

Instrumento original	Instrumento generado
Educación: escuela secundaria; título de asociado; licenciado/a; magister y doctorados.	Nivel educacional: sin estudios; básica completa y básica incompleta; media completa y media incompleta; técnico completa y técnico incompleta; universitaria completa y universitaria incompleta.
Ocupación: desempleado; compañía privada; autónoma; trabajador del gobierno y otros.	Nivel ocupacional: estudiante; dueña/o de casa; trabajador independiente; trabajador contratado; desempleado y jubilado.
Principal fuente de agua: red pública; aguas subterráneas; ríos; agua desalada; no sabe.	Principal fuente de agua: red pública; pozo o noria; puntera; río, vertiente, lago o estero; camión aljibe; otra fuente.
Principal sector consumidor de agua: doméstico; industria; comercial; servicio público; agricultura; no sabe.	Principal consumidor de agua: agropecuaria; agua potable: industria; minería; energía; forestal; acuícola; turismo; no sabe; no responde.
Descarga de aguas servidas: PTAS; ríos y lagos; recarga de aguas subterráneas; uso agrícola.	Descarga de aguas servidas: PTAS; ríos y lagos sin tratamiento; mar por emisarios submarinos; infiltración a aguas subterráneas; no sabe.

Fuente: Gu *et al.*, (2015); INE (2012)

Se eliminaron preguntas tales como: ¿cuál es su ingreso mensual?, ¿cuánta agua consume su familia al mes? y ¿cree que el uso de agua con fines domésticos es un desperdicio de agua? por la incomodidad que generaban en los encuestados el hablar de temas personales y el tiempo que demoraban en pensar la respuesta.

Además, se agregaron preguntas para determinar la confianza hacia las autoridades, la calidad del agua generada, la disposición a pagar por el tratamiento y las actitudes de cuidado del medio ambiente.

El instrumento resultante quedó compuesto por 33 preguntas a diferencia del instrumento original generado por Gu *et al.*(2015) que estaba conformado por 39 preguntas. La diferencia en cantidad de preguntas no influyó en el cumplimiento de los objetivos propuestos.

La primera sección del instrumento permitió realizar la caracterización demográfica de las muestras seleccionadas. La segunda sección se utilizó para describir el conocimiento de los encuestados en relación a los recursos hídricos de su zona y respecto al reúso de aguas servidas tratadas. También había preguntas destinadas a conocer la percepción de las poblaciones hacia esta posible fuente de abastecimiento. Finalmente la tercera sección se utilizó para identificar la aceptación de las personas frente a diferentes aplicaciones que puede tener el reúso de aguas servidas tratadas.

5.2. Caracterización demográfica.

- *Hualqui*: Esta comuna, de acuerdo a las proyecciones de población, tendría del orden de 23 mil habitantes el año 2013, lo que representa el 1,1% de la población proyectada para la región del Biobío (INE, 2002). La Tabla 11 muestra la caracterización demográfica obtenida de los encuestados en Hualqui. Del total de personas encuestadas aproximadamente 2/3 de la población corresponde a mujeres (63,45) y el resto corresponde a hombres.

Tabla 11: Caracterización demográfica de la muestra en Hualqui.

Características demográficas	Opciones	Porcentaje	Frecuencia
Género	Masculino	36,6	98
	Femenino	63,4	170
Rango etario	15 – 29	18,7	50
	30 – 44	23,5	63
	45 – 64	39,9	107
	65 – más	17,9	48
Ocupación	Estudiante	10,1	27
	Dueña/o de casa	30,6	82
	Trabajador independiente	31,0	83
	Trabajador dependiente	17,9	48
	Desempleado	3,4	9
	Jubilado	7,1	19
Total	-	-	268

Fuente: Elaboración propia.

Según los datos de población para el año 2012 de la Tabla 5 el grupo de edad de los 15 a 29 años es el que presenta una mayor cantidad de personas, con un 24,2% de la población total. De la caracterización de los encuestados en la Tabla 11, el grupo de edad con mayor población corresponde al que abarca desde los 45 a los 64 años, con un 39,9% de la muestra total.

- *San Pedro de Atacama*: Esta comuna, de acuerdo a las proyecciones de población, tendría del orden de 10.300 habitantes el año 2013, lo que representa el 1,7 de la población proyectada para la región de Antofagasta y 0,1% del país (INE, 2002). Por otra parte, la Tabla 12 muestra la caracterización demográfica obtenida de los encuestados en San Pedro de Atacama. Al contrario de Hualqui, la proporción entre encuestados del género masculino y femenino fue más pareja, siendo hombres un 46,3% del total de la muestra y un 53,7% mujeres.

Los datos de población para el año 2012 de la Tabla 6 muestran que el grupo de edad de los 0 a 14 años es el que presenta una mayor cantidad de personas, con un 26% de la población total, pero debido a que este rango etario no está considerado en la aplicación de la encuesta, el grupo con mayor cantidad de personas es el de 30 a 44 años con un 23,8% de la población. De la caracterización de los encuestados en la Tabla 12, el grupo de edad con mayor población coincide con el anterior, con un 41,2% de la muestra total. Si bien las muestras elegidas no coinciden exactamente con las características de la población total de las comunas estudiadas, debido a que dichas muestras de la encuesta se seleccionaron al azar, esto no altera los resultados ya que se considera que son razonablemente representativas (Gu *et al.*, 2015).

Tabla 12: Caracterización demográfica de la muestra en San Pedro de Atacama.

Características demográficas	Opciones	Porcentaje	Frecuencia
	Masculino	46,3	116
	Femenino	53,7	137
	15 – 29	19,2	49
	30 – 44	41,2	105
Rango etario	45 – 64	30,6	78
	65 – más	9,0	23
	Estudiante	1,6	4
Ocupación	Dueña/o de casa	11,4	29
	Trabajador independiente	43,9	112
	Desempleado	2,4	6
	Jubilado	5,1	13
Total	-	-	255

Fuente: Elaboración propia.

5.3. Descripción del conocimiento de las poblaciones en estudio.

5.3.1. Conocimiento de los recursos hídricos locales.

La Tabla 13 muestra la comparación entre las respuestas relacionadas al conocimiento sobre los recursos hídricos locales de los encuestados en la comuna de Hualqui y los de San Pedro de Atacama. En Hualqui un 78,4% declaró que el agua que consumen a diario proviene de la red pública como agua potable y el otro 21,6% respondió que consumían agua proveniente de otras fuentes como pozos, ríos, vertientes y camiones aljibes.

Un 84,7% de los encuestados en San Pedro de Atacama respondieron que disponían de agua potable por medio de la red pública para su consumo y un 15,3% declaró consumir desde otras fuentes. El porcentaje de los encuestados que dijo disponer de agua potable en la comuna de Hualqui coincide con el índice de saneamiento considerado aceptable, que para dicha comuna alcanza un 73,5%. Un saneamiento aceptable considera a las viviendas que disponen de agua a través de llave dentro de la vivienda y además poseen WC conectado a alcantarillado (Observatorio social, 2012). Los encuestados que respondieron obtener el agua desde otras fuentes, concuerda con el índice de saneamiento calificado como deficitario, que en Hualqui alcanza el 25,8%. Un saneamiento deficitario considera a las viviendas que disponen de agua a través de llave dentro del sitio pero fuera de la vivienda, como es el caso de las extracciones desde pozos o punteras, o bien las viviendas que no disponen de agua y la acarrear, como sucede con las personas que tienen acceso al agua por medio de camiones aljibes (Observatorio social, 2012). Estos porcentajes concuerdan además con los índices de población urbana y rural de Hualqui (INE, 2012). En San Pedro de Atacama el porcentaje que respondió tener acceso a agua potable no se condice con el índice de saneamiento, ya que el calificado como aceptable en esta comuna alcanza solo un 33,2%. La diferencia entre estos valores puede explicarse con la gran cantidad de usuario de sistemas de Agua

Potable Rural (APR), que existe en la región de Antofagasta (10.548 usuarios), donde la comuna de San Pedro de Atacama presenta la mayor cantidad con 7.920 usuarios (Morales, 2014). Además en este caso, según datos del INE (2012) el 100% de la población vive en territorio rural.

Con relación al principal consumidor de agua en la zona, ninguna de las personas encuestadas en Hualqui respondió que en la región correspondía a la producción de energía, con un consumo de 1.409,240 m³/s (Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2015). Las respuestas dominantes fueron el turismo con un 27,6% y la generación de agua potable con un 26,1%. Esta diferencia se debe a la manera en que cada encuestado entendió la pregunta y a su interpretación de la palabra zona, ya que la asociaban a la comuna y no a la región.

En San Pedro de Atacama para la misma pregunta la respuesta más seleccionada fue el turismo con un 43,9%. Un 41,2% de los encuestados sabían que la minería era el principal consumidor de agua en la zona a nivel regional. El sector minero en Antofagasta presenta un consumo de 15,259 m³/s (Ministerio del Interior y seguridad Pública, 2015). El hecho que un porcentaje de la población respondiera correctamente al principal consumidor de agua, es debido a que las comunidades indígenas del norte se han visto enfrentadas a esta actividad desde la Colonia, ya que es en ésta época que la minería adquiere un lugar de importancia en las estrategias de desarrollo. Esta actividad productiva que con sus demandas de agua, en algunos casos, impactó las fuentes indígenas de aprovisionamiento, en especial en esa zona del país, donde el recurso es más escaso y menor su disponibilidad (Gundermann y González, 1989).

Tabla 13: Comparación entre las respuestas de conocimiento sobre los recursos hídricos.

Pregunta	Opciones	Hualqui		San Pedro de Atacama	
		Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia
¿De dónde viene el agua que consume a diario?	Red pública	78,4	210	84,7	216
	Puntera	7,8	21	-	-
	Pozo o noria	1,5	4	4,7	12
	Río, vertiente, lago o estero	6,3	17	4,7	12
	Camión aljibe	4,5	12	5,1	13
	Otra fuente	1,5	4	0,8	2
¿Qué sector productivo es el principal consumidor de agua en la zona?	Agropecuario	15,3	41	5,5	14
	Agua potable	26,1	70	5,1	13
	Industria	2,2	6	0,4	1
	Minería	-	-	41,2	105
	Energía	-	-	0,4	1
	Forestal	15,3	41	-	-
	Acuícola	-	-	-	-
	Turismo	27,6	74	43,9	112
No sabe	13,4	36	3,5	9	
En relación a la disponibilidad de agua	Existe sequía todo el año	15,3	41	36,5	93
	Existe sequía en primavera y verano	33,6	90	51,0	130
	Existe suficiente agua	49,3	132	12,5	32
	No tengo conocimientos	1,9	5	-	-
¿Dónde descargan las aguas servidas en el sector donde vive?	PTAS	65,3	175	76,1	194
	Ríos y lagos sin tratamiento	4,1	11	0,4	1
	Infiltración a aguas subterráneas	25,7	69	21,6	55
	No tengo conocimientos	4,9	13	2,0	5
Total	-	100 %	268	100%	255

Fuente: Elaboración propia.

Referente a la disponibilidad de agua en la comuna de Hualqui, un 49,1% indicó que existe agua suficiente en la zona. Los encuestados que respondieron eligiendo esa alternativa la justificaban por la proximidad de la comuna al río Biobío. Nadie hizo mención a una disminución en las precipitaciones, a pesar que durante la mega sequía que afectó al país desde el año 2010 al 2015, el déficit pluviométrico alcanzó un 30% hasta la región de la Araucanía. Cabe destacar que en la región del Biobío entre los años 2011 al 2014 la Oficina Nacional de Emergencias gastó 18.431 millones de pesos en agua y camiones aljibes para abastecer a las poblaciones afectadas, siendo esta la mayor inversión a nivel país en esa materia (CR2, 2015).

En cambio en San Pedro de Atacama el 51,0% respondió que sufren de sequía o escasez de agua en época estival. Los pobladores relacionaban esta falta de agua al aumento en la población flotante durante la temporada primavera – verano. Como se pudo ver en la Tabla 1 el balance actual entre oferta y demanda en la región de Antofagasta presenta cifras negativas con $-22 \text{ m}^3/\text{s}$, siendo uno de los valores más altos entre las zonas de escasez. Según proyecciones a 15 años, este escenario no tiende a mejorar alcanzando cifras de $-33,8 \text{ m}^3/\text{s}$ entre la oferta y la demanda (DGA, 2011).

En ambas áreas de estudio más del 50% de los encuestados sabían de la existencia de plantas de tratamiento de aguas servidas. Un 34,7% de los encuestados en Hualqui y un 24% en San Pedro de Atacama dijeron que las aguas servidas tratadas tenían un destino diferente a las plantas de tratamiento de aguas servidas. Por otra parte, la Tabla 14 muestra las plantas de tratamiento existentes en las áreas de estudio y las principales de la región Metropolitana. Se puede apreciar que ninguna lleva más de 15 años de funcionamiento lo que puede ser un factor influyente en el desconocimiento de las personas. Es importante mencionar que en ambas comunas existe población en sectores rurales y tomas de terrenos donde las personas que no se encuentran conectadas a la red de

alcantarillado y el destino de sus aguas servidas es la infiltración a aguas subterráneas.

Tabla 14: PTAS en la zona de estudio y en la capital de Chile.

Plata de tratamiento	Capacidad (m ³ /s)	Tipo de tecnología	Curso receptor	Norma aplicada	Comienzo de operaciones
PTAS – Gran Concepción	1,7	Lodos activados	Río Biobío	DS 90/00 – Tabla 1	2002
PTAS – Gran Antofagasta	1,5	Emisarios submarinos	Mar	DS 90/00 – Tabla 5	2003
PTAS – El Trebal	4,4	Lodos activados	Río Mapocho	DS 90/00 – Tabla 1	2001
PTAS – La Farfana	8,5	Lodos activados	Río Mapocho	DS 90/00 – Tabla 1	2003

Fuente: SISS (2016)

El uso de agua con fines públicos, como el riego de áreas verdes, control de polvo, entre otros, no fue considerado un desperdicio de agua en ambas áreas de estudio, por el contrario un 53,4% de los encuestados en Hualqui y un 62,4% en San Pedro de Atacama, lo creían necesario pero mencionando que podían implementarse medidas para gestionar de mejor forma el agua utilizada.

Al consultarles si usaban de manera responsable el agua en sus hogares, en Hualqui un 91,0% respondió que sí y en San Pedro de Atacama el 96,1% dio la misma respuesta. Relacionada a la pregunta anterior se les consultó si tomaban medidas de ahorro en sus hogares y en ambas comunas la respuesta afirmativa superó el 75%. Dentro de las medidas mencionadas se encontraban el reúso de aguas grises, la recolección de aguas lluvias, evitar fugas y goteos, tener un uso regulado no dejando las llaves de paso abiertas y duchas cortas.

En relación al cálculo del estadístico Chi cuadrado, la Tabla 15 muestra los resultados obtenidos para las diferentes hipótesis planteadas en ambas comunas. La primera hipótesis nula (H_01) corresponde a la de independencia de variables, en este caso para ambas comunas el enunciado es “el conocimiento sobre la disponibilidad de agua en la zona es independiente de la edad del encuestado” y la segunda hipótesis nula (H_02) corresponde al análisis si “el conocimiento sobre la disponibilidad de agua en la zona es independiente del nivel educacional del encuestado”.

Tabla 15: Resultados pruebas de hipótesis para independencia del conocimiento recursos hídricos respecto a la edad y el nivel educacional.

Comuna	Hipótesis	Grados de libertad	Nivel de confianza	Nivel de significancia	X^2 calculado	X^2 crítico
Hualqui	H_01	9	95%	0,05	16,8	16,92
	H_02	24	95%	0,05	12,4	36,4
San Pedro de Atacama	H_01	9	95%	0,05	3,2	16,92
	H_02	24	95%	0,05	10,3	36,4

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar para todas las pruebas de hipótesis el valor de Chi cuadrado calculado resultó ser menor que el valor crítico Chi cuadrado, lo que significa que las diferencias entre las frecuencias observadas y las frecuencias esperadas no son elevadas y por lo tanto, se puede decir que no existe dependencia entre los atributos analizados.

Resumiendo:

$X^2_{\text{calculado}} > X^2_{\text{crítico}}$: Se rechaza la hipótesis nula (dependencia de variables)

$X^2_{\text{calculado}} < X^2_{\text{critico}}$: Se acepta la hipótesis nula (independencia de variables)

Así el conocimiento del estado de los recursos hídricos en ambas comunas no presenta dependencia con la edad, ni con el nivel educacional. En la zona norte del país la percepción de atacameños del comportamiento del clima está basada en la experiencia y observación directa de los fenómenos relacionados con la ocurrencia de precipitaciones de lluvia y nieve y, de cómo, año a año, influyen en la disponibilidad de pastos y aguas. La manifestación de los fenómenos que permiten detectar modificaciones en el comportamiento del clima, pueden ser mejor percibidas en ambientes más frágiles, es decir, glaciares y nieves y en aquellas zonas donde los montos de precipitación son bajos y hay pocas aguas superficiales y escasa vegetación estacional asociadas a las lluvias. Esos ambientes son los desiertos y es por eso que las comunidades atacameñas que habitan en el desierto de Atacama, han logrado percibir los cambios ocurridos desde mediados del siglo XX hasta la fecha, a partir del ejercicio de sus actividades tradicionales, especialmente la ganadería y la agricultura. En los relatos de atacameños de mayor edad, se señalan periodos de sequía recurrentes y se distinguen los cambios ocurridos desde los años cincuenta hasta la actualidad. Estos cambios percibidos por ellos, se relacionan con la disponibilidad de aguas y pastos para las actividades ganaderas, agrícolas y de recolección y con la forma en que se expresan estos fenómenos en sus territorios (Yáñez y Molina, 2011). Eso explicaría por qué las personas en San Pedro de Atacama perciben más la sequía que las de Hualqui.

5.3.2. Conocimiento sobre el reúso de aguas servidas tratadas.

La Tabla 16 resume las respuestas de los encuestados en relación a sus conocimientos sobre el reúso de aguas servidas tratadas. En Hualqui sólo un 29,1% de los encuestados declararon saber lo que es el reúso de aguas servidas tratadas y un 70,9 dijo no conocer ni entender el concepto. En esta comuna la medida de ahorro de agua más común fue no dejar corriendo el agua de las llaves

con un 24,9% de las preferencias. Aquí no se apreciaron propagandas de cuidado del agua y los encuestados declararon que eran pocas las instancias de información y las campañas donde se promueva el uso responsable del recurso.

En San Pedro de Atacama las respuestas a la misma pregunta presentaron una diferencia de 5,8%, entre los que sabían lo que era el reúso de aguas servidas tratadas y los que no, siendo la última opción la más seleccionada. Esto se explica por la conciencia de cuidado del recurso que existe en el norte del país debido a la baja disponibilidad de agua, donde técnicas como el reúso de aguas grises se practicaba en un 45,5% de los hogares de los encuestados. En el Anexo 3 se pueden ver fotografías capturadas en San Pedro de Atacama donde se insta a la población a cuidar el agua. Además, Alvarado (2007) realizó la primera caracterización de aguas grises conocida en el país, constituida por muestras de dos casas de las ciudades de Calama y Vallenar y propuso un proyecto de tratamiento que se insertó en un complejo hotelero en Calama, hecho que las personas conocían y comentaban al hacer esta pregunta. Por otro lado en China, con la aplicación del instrumento original un 80,3% de los encuestados dijo saber lo que era el reúso de aguas servidas tratadas (Gu *et al.*, 2015).

Cuando se les consulto a las personas que respondieron afirmativamente a la pregunta de conocimiento sobre el reúso de aguas servidas tratadas, de donde habían escuchado el termino o adquirido el conocimiento, en Hualqui la mayoría (17,9%) respondió que por los medios de comunicación y en San Pedro de Atacama el 16,5% de los encuestados dijeron tener la noción por su experiencia profesional y un 16,1% de los medios de comunicación. Para la misma pregunta, un 51,0% de los encuestados en Tianjin dijeron tener el conocimiento desde los medios de comunicación (Gu *et al.*, 2015).

Tabla 16: Comparación entre las respuestas de conocimiento sobre el reúso de aguas servidas tratadas.

Preguntas	Opciones	Hualqui		San Pedro de Atacama	
		Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia
¿Sabe lo que es el reúso de AST?	Si	29,1	78	47,1	120
	No	70,9	190	52,9	135
¿De dónde sabe lo que es el reúso de aguas servidas tratadas?	Medios de comunicación	17,9	48	16,1	41
	Organizaciones sociales	1,1	3	7,5	19
	Organizaciones gubernamentales	-	-	0,8	2
	Amigos y/o familiares	2,2	6	6,3	16
	Conocimiento profesional	7,8	21	16,5	42
	No corresponde	70,9	190	52,9	135
Total	-	100%	268	100%	255

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 17 muestra los resultados del cálculo del estadístico Chi cuadrado, para determinar la relación entre las edades y los niveles educacionales y el conocimiento sobre el reúso de aguas servidas tratadas. En este caso la primera hipótesis nula (H_01), válida para ambas áreas en estudio, dice que “el conocimiento sobre el reúso de aguas servidas tratadas es independiente de la edad del encuestado” y la segunda hipótesis nula (H_02) corresponde a averiguar si “el conocimiento sobre el reúso de aguas servidas tratadas es independiente del nivel educacional del encuestado”.

Tabla 17: Resultados pruebas de hipótesis para independencia del conocimiento del reúso de aguas servidas tratadas respecto a la edad y el nivel educacional.

Comuna	Hipótesis	Grados de libertad	Nivel de confianza	Nivel de significancia	X^2 calculado	X^2 crítico
Hualqui	H_01	3	95%	0,05	3,5	7,81
	H_02	8	95%	0,05	7,3	15,51
San Pedro de Atacama	H_01	3	95%	0,05	4,6	7,81
	H_02	8	95%	0,05	36,2	15,51

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que para el caso de Hualqui para cf hipótesis el valor de Chi cuadrado calculado resulto ser menor que el valor crítico del estadístico Chi, por lo que se aceptan las hipótesis nulas y el conocimiento respecto al reúso de aguas servidas tratadas es independiente de la edad y del nivel educacional de los encuestados. En San Pedro de Atacama se acepta la primera hipótesis y se rechaza la segunda por ser el valor calculado mayor que el valor crítico determinado. En este caso el conocimiento sobre el reúso de aguas servidas es independiente de la edad del encuestado pero dependiente del nivel educacional del mismo.

La Tabla 18 muestra algunas legislaciones relacionadas al recurso hídrico, para velar por su calidad y regular las sustancias o elementos que pueden contaminarlos.

Tabla 18: Normativa aplicable a los recursos hídricos.

Norma	Año de publicación	Título
Ley 19.300	1994	Ley sobre bases generales del medio ambiente
NCh 1.333	1978	Norma chilena sobre requisitos de calidad del agua para diferentes usos
DS 90	2000	Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales
DS 609	1998	Norma de emisión para la regularización de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado
NCh 409	2005	Norma de calidad de agua potable

Fuente: MINSEGPRES (2016); INN (1987); MINSEGPRES (2001); MOP (2004); INN (2005)

Además, en la Tabla 18 se hace mención a la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente la cual en su Título II define los instrumentos de gestión ambiental, entre los que se encuentra la educación ambiental. Dicho Título define a la educación ambiental como un proceso permanente de carácter interdisciplinario, destinado a la formación de una ciudadanía que reconozca valores, aclare conceptos y desarrolle las habilidades y las actitudes necesarias para una convivencia armónica entre seres humanos, su cultura y su medio biofísico circundante. Esto puede explicar el por qué en San Pedro de Atacama el conocimiento sobre el reúso de aguas servidas tratadas es dependiente del nivel educacional, ya que por

la educación ambiental deben incluirse en las mallas curriculares conceptos para generar conciencia del ambiente que rodea a las poblaciones, en este caso un ambiente con condiciones de desierto en el que los recursos hídricos son escasos y deben cuidarse y optimizarse.

Gu *et al.* (2015) comprobó que la edad, el nivel educación y el nivel socioeconómico, esta moderada a débilmente relacionada al conocimiento de los encuestados en relación al reúso de aguas servidas tratadas. Las personas jóvenes (bajo los 25 años) y los adultos (sobre los 55 años) tenían más conocimientos sobre el tratamiento de las aguas servidas y los beneficios del reúso de estas aguas, por lo que estaban mayormente dispuestos a su utilización. También determinó que las personas con un nivel de educación superior completo, con grados de Magíster y Doctorado presentan mayores conocimientos sobre fuentes de abastecimientos alternativas, incluido el reúso de aguas servidas tratadas.

Debe considerarse que el test de Chi cuadrado está influenciado por el tamaño muestral, es decir, que a mayor sea la muestra más fácil será que se rechace la hipótesis nula de independencia (Vicéns y Medina, 2005).

5.4. Identificación de la percepción y aceptación frente al reúso de aguas servidas tratadas.

5.4.1. Percepción respecto al reúso de aguas servidas tratadas.

La Figura 3 muestra la opinión de los encuestados en ambas comunas respecto a la utilidad del reúso de aguas servidas tratadas para hacer frente a la escasez de agua. En Hualqui existe una mayor negativa a aceptar los beneficios de esta fuente alternativa que en San Pedro de Atacama, ya que en la primera comuna un 20,5% de los encuestados declararon que no sería útil implementar esta medida, al contrario de la comuna del Norte donde solo un 9,4% no la considera una solución a los problemas de escasez.

Los participantes del grupo de trabajo de Melbourne Water (1998) respondieron que debía existir una auténtica necesidad para reusar aguas servidas tratadas y sólo debía ser considerada si no existía ninguna opción mejor. Así las personas conscientes de la existencia de sequía y de los requerimientos de agua por parte de la población están más dispuestas a aceptar los beneficios de esta alternativa que las que creen que existe agua suficiente.

La Figura 4 muestra las respuestas de los encuestados al ser consultados por ¿qué organismo debería estar a cargo de generar el reúso de aguas servidas tratadas?, las respuestas igual difieren entre las comunas. En San Pedro de Atacama un 45,5% respondió que debía ser tarea del estado, la otra respuesta dominante fue la comunidad con un 32,2%. Por otro lado en Hualqui las respuestas con mayor frecuencia fueron el estado con un 75,4% y la empresa privada con un 16,4%. Se puede apreciar que la confianza en las autoridades a cargo de generar el reúso para que éstas provean agua segura juega un rol crucial en formar la percepción de las personas. La diferencia entre las respuestas de los encuestados en Hualqui y en San Pedro de Atacama puede estar influenciada por los conflictos relacionados al agua entre las comunidades del norte de Chile, empresas y el Estado. En esta zona geográfica existe una larga historia de pérdida de derechos ancestrales de aprovechamiento de las aguas indígenas. En la legislación chilena se señala que las aguas que nacen y mueren dentro de una misma heredad son propiedad del titular del dominio; pero que, cuando estas son subterráneas, se encuentran en terrenos fiscales o escurren fuera de la propiedad indígena, los derechos pueden constituirse a favor de empresas, el Estado o particulares. Además el carácter de bien nacional de uso público, entregó a la discrecionalidad del Estado el otorgamiento de derechos de aprovechamientos o mercedes de aguas, incluido el derecho a expropiarlas para fines de abastecimiento sanitario o para empresas públicas. Debido a tales disposiciones, las comunidades indígenas vieron sistemáticamente amenazado el uso y aprovechamiento tradicional de las aguas y quedaron expuestas a la enajenación de sus derechos, para con ellos satisfacer las necesidades de las actividades

económicas que se instalaron dentro en la periferia o alejados de sus territorios (Yáñez y Molina, 2011).

En la zona sur del país las comunidades mapuches han tenido conflictos por los derechos de agua, los que se concentran en la región de la Araucanía y en la región del Biobío. La demanda por la constitución de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en territorio mapuche, coincide con el agotamiento de los derechos sobre caudales superficiales solicitados por usuarios no indígenas y la monopolización de derechos sobre los principales ríos de la región por parte de empresas hidroeléctricas (Yáñez y Molina, 2011). A pesar de esto, ninguna de estas empresas se encuentra emplazada en la provincia de Concepción, por lo que los encuestados en Hualqui no se ven afectados por las demandas de las comunidades indígenas y no existen mayores conflictos ni desconfianzas con el Estado.

La Figura 5 muestra las diferencias en las respuestas respecto a la confianza a que el proceso se ejecute de manera apropiada y que el agua generada tenga una calidad óptima para su utilización. De los encuestados en la comuna de Hualqui un 49,3% dijo que si confiaría y un 42,9% que no confiaría. En cambio en las personas de San Pedro de Atacama se aprecia un nivel mayor de confianza ya que un 69,8% de los encuestados declaró que confiaría en la calidad del agua y un 24,7% dijo que no lo haría.

El 59% de los participantes de un estudio en Australia declararon no confiar en la calidad del agua generada y que su principal preocupación sobre reusar aguas servidas tratadas eran la letalidad potencial de patógenos en el agua y el impacto desconocido de los productos químicos utilizados para el tratamiento (Sydney Water, 2002). Así el riesgo percibido por reusar aguas servidas tratadas es otro importante factor que puede alterar la percepción de las personas.

Finalmente, la Figura 6 muestra la disposición a pagar por el tratamiento adicional en ambas comunas. El 60,8% de los encuestados en Hualqui estaría dispuesto a asumir el alza en la cuenta del agua y en San Pedro de Atacama un 71,8% estaría

de acuerdo, todos los anteriores declararon que su respuesta estaría condicionada por la diferencia de monto a cancelar.

Por otra parte, Marks *et al.* (2002) descubrió que la mayoría de las personas esperan pagar menos por usar aguas servidas tratadas por la calidad percibida y las restricciones en su uso. Contrario a lo establecido anteriormente, en Tianjin un 54,7% de los encuestados se encuentran dispuestos a pagar por el tratamiento necesario para poder reusar las aguas servidas (Gu *et al.*, 2015). La mayor disposición a pagar por las personas del norte se justifica por el problema de alternativas, ya que considerando que la demanda de agua existente es superior a la oferta estarían dispuestas a pagar por el tratamiento con tal de disminuir la brecha existente.

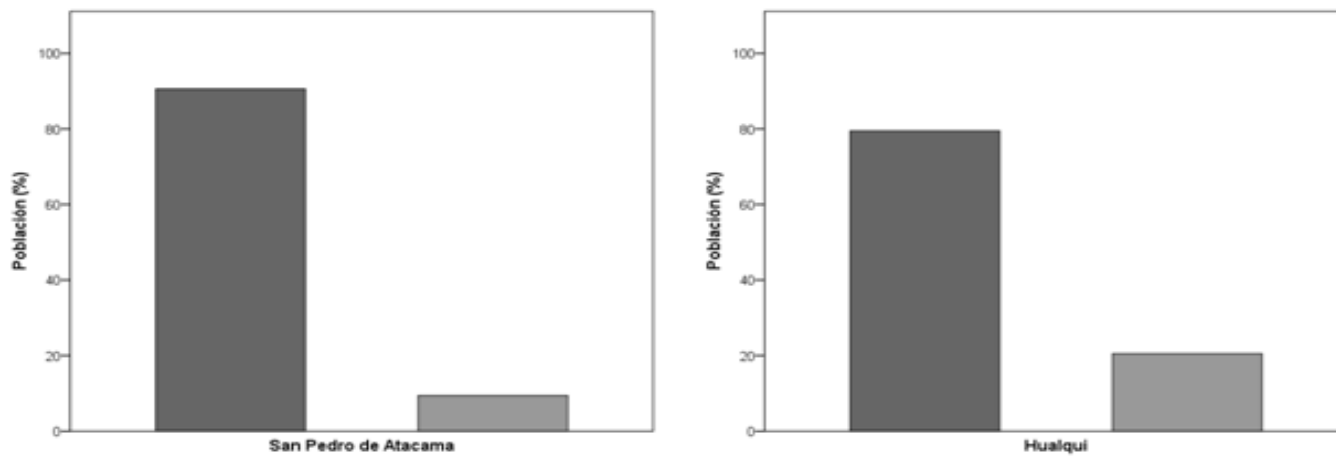


Figura 3. Opinión de los encuestados respecto a la utilidad del reúso de aguas servidas tratadas para hacer frente a la escasez hídrica. Si (■); No (□)

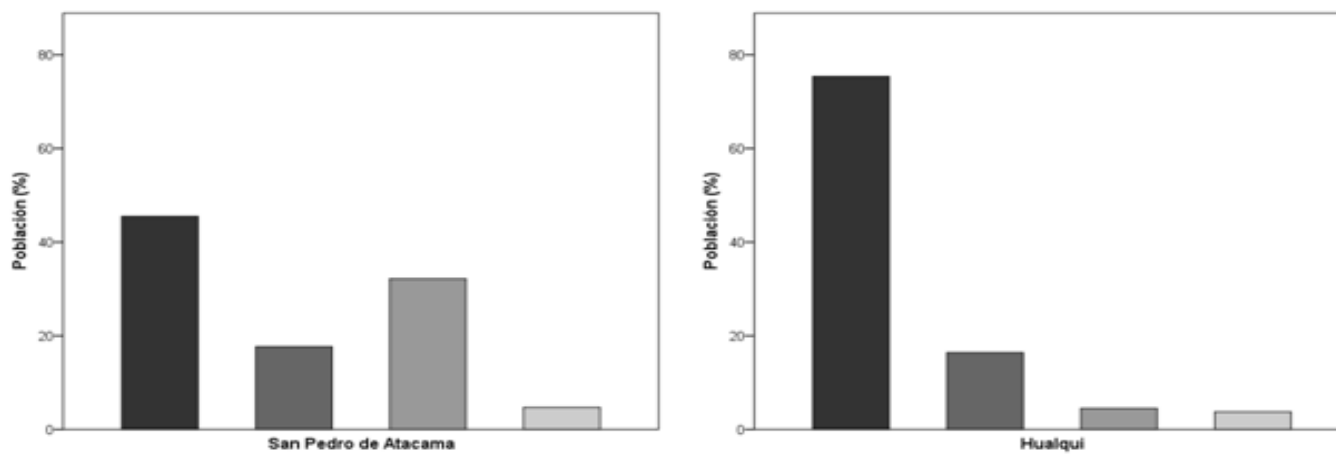


Figura 4. Organismo a cargo de generar el reúso de aguas servidas tratadas. Estado (■); Empresa privada (■); Comunidad (■); Otro (■).

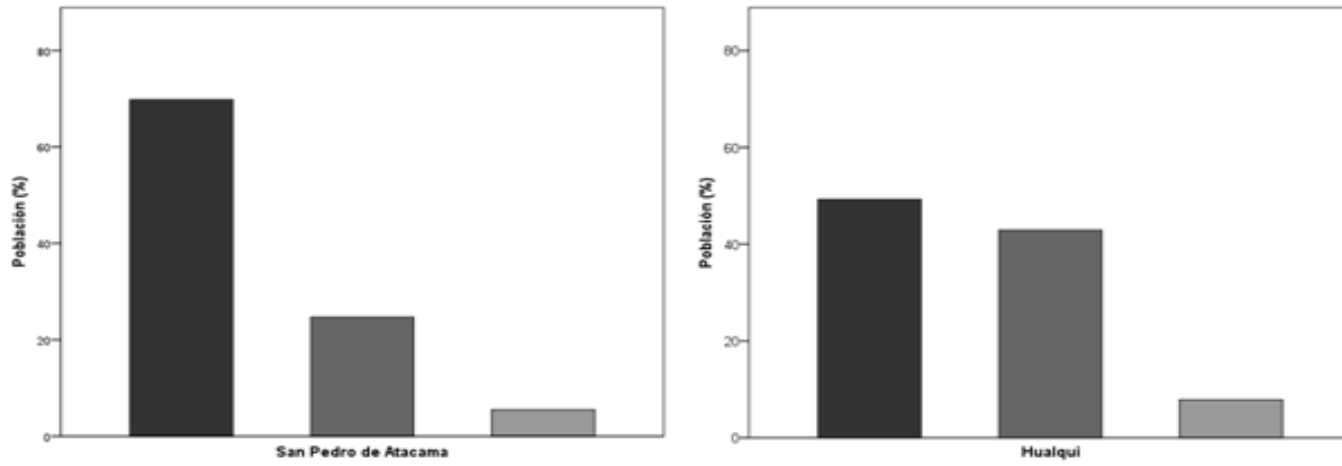


Figura 5. Opinión de los encuestados respecto a si confiarían en la calidad del agua generada a partir de aguas servidas tratadas. Sí (■); No (■); No sabe (□).

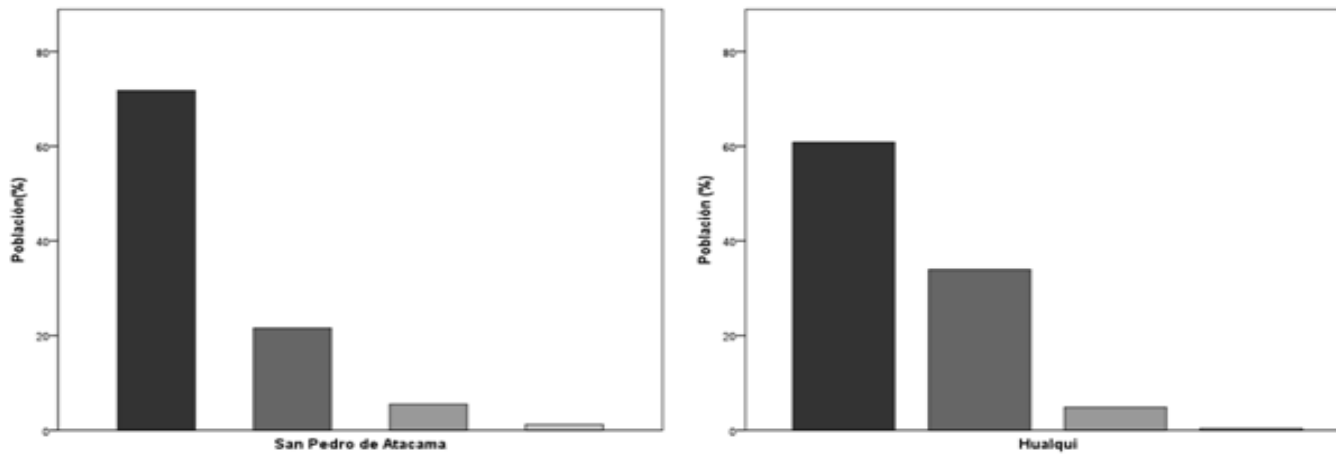


Figura 6. Respuesta de los encuestados al ser consultados si estarían dispuestos a pagar por el tratamiento adicional. Sí (■); No (■); No sabe (□).

5.4.2. Aceptación respecto al reúso de aguas servidas tratadas.

La Tabla 19 muestra las respuestas para Hualqui en relación a la aceptación frente al reúso de aguas servidas tratadas en 11 escenarios específicos junto a la intención de uso para cada aplicación, mientras que la Tabla 20 muestra las mismas respuestas de los encuestados en San Pedro de Atacama.

En la comuna de Hualqui un 34,7% se mostró dispuesto a utilizar dichas aguas con fines domésticos potables, un 81,4% aceptaría utilizarla con fines domésticos no potables y en promedio un 82,4% accedería a reusar las aguas con fines públicos. En cambio en la comuna de San Pedro de Atacama un 39,6% aprobaría usar aguas servidas tratadas con fines domésticos potables, un 80% aceptaría utilizarla con fines domésticos no potables y en promedio un 83% accedería a usar dichas aguas con fines públicos.

La aceptación hacia el reúso de aguas servidas tratadas aumenta en los escenarios donde su utilización es con fines públicos y no potables. Esta diferencia entre los usos públicos no potables y los domésticos potables se justifica principalmente por el factor de desagrado que sienten las personas. En Australia se reportó que los encuestados en un estudio reconocían no poder superar la imagen mental de beber agua servida sin tratar. Incluso algunos encuestados que habían aceptado el reúso de aguas servidas tratadas para todos los propósitos, incluidos los potables, admitieron que preferirían beber agua embotellada o poner un filtro en las llaves de paso (Melbourne Water, 1998).

Dolnicar (2010) reportó que un 61% de los encuestados en su estudio rechazaban el reúso con fines potables por inquietudes sobre los efectos que podría tener en su salud.

En Tianjin, la aceptación del público hacia el reúso de aguas servidas tratadas fue superior al 70%, cuando esta era destinada a fines no potables (Gu *et al.*, 2015).

En relación a la intención de uso en ambas comunas los escenarios en los que el agua se destinaba a usos no potables obtuvieron un nivel de aceptación promedio

sobre “3” y el escenario donde se planteaba utilizarla para fines domésticos potables, para ambas comunas, alcanzó un nivel de aceptación promedio de “2”.

Esto coincide con lo descubierto por Gu *et al.*(2015) donde cada uno de los escenarios de reúso propuestos en este estudio alcanzó un nivel de aceptación sobre 3. La diferencia en la intensidad de uso para fines potables entre las comunas chilenas y la ciudad China, se deben principalmente a que en dicho país ya existen esquemas de reúso de aguas servidas funcionando, ejemplo de esto es que un 54,3% de los encuestados en Tianjin reportaron haber usado aguas servidas tratadas.

En Hualqui el escenario con mayor aceptación para aplicar el reúso de aguas servidas tratadas fue el llenado del estanque del baño con un 96,6% de las preferencias. Por otro lado en la comuna de San Pedro de Atacama la opción más elegida para usar las aguas servidas tratadas fue el riego de áreas verdes con un 96,1% de aprobación.

La diferencia de preferencias entre Hualqui y San Pedro de Atacama se explica con el factor de oportunidades, como en Hualqui los encuestados piensan que existe agua suficiente sienten que no la necesitan para mantener las áreas verdes. En cambio, en San Pedro de Atacama los encuestados al estar conscientes de la situación de sus recursos hídricos, comentaban que el riego sería un fin óptimo ya que tienen regulaciones para regar y sienten que las áreas verdes, al ser pocas por el clima extremo merecen la pena ser cuidadas y mantenerse.

Tabla 19: Aceptación frente al reúso de aguas servidas tratadas en Hualqui
(Unidad %)

Aplicaciones	Muy de acuerdo	De acuerdo	Ni de acuerdo ni desacuerdo	En desacuerdo	Muy en desacuerdo	Intención de uso
Domésticos potables	1,1	33,6	5,6	50,0	9,7	2,66
Domésticos no potables	8,6	72,8	3,4	14,2	1,1	3,74
Piletas	5,6	72,4	1,1	18,3	2,6	3,60
Riego plazas	7,5	83,6	0,4	7,5	1,1	3,89
Estanque del baño	10,8	85,8	0,4	0,0	3,0	4,04
Lavado del auto	9,0	72,8	0,7	14,9	2,6	3,71
Control de polvo en caminos	9,3	73,1	0,7	13,1	3,7	3,71
Infiltración aguas subterráneas	4,5	64,6	4,1	25,0	1,9	3,45
Riego agrícolas a ras de suelo	4,9	70,1	1,5	21,3	2,2	3,54
Riego de árboles	5,6	84,0	1,1	8,6	0,7	3,85
industriales	9,0	68,7	4,9	17,2	0,4	3,68

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20: Aceptación frente al reúso de aguas servidas tratadas en San Pedro de Atacama (Unidad %)

Aplicaciones	Muy de acuerdo	De acuerdo	Ni de acuerdo ni desacuerdo	En desacuerdo	Muy en desacuerdo	Intención de uso
Domésticos potables	4,3	35,3	5,5	32,9	22,0	2,67
Domésticos no potables	14,9	65,1	7,5	7,8	4,7	3,78
Piletas	25,9	50,6	3,5	13,7	6,3	3,76
Riego plazas	34,1	62,0	0,0	3,5	0,4	4,26
Estanque del baño	37,3	56,1	0,8	5,5	0,4	4,26
Lavado del auto	31,4	51,8	1,2	12,2	3,5	3,95
Control de polvo en caminos	36,9	45,1	2,0	14,5	1,6	4,01
Infiltración aguas subterráneas	14,9	49,8	9,4	17,6	8,2	3,45
Riego agrícolas a ras de suelo	29,4	53,7	5,1	11,0	0,8	4,00
Riego de árboles	31,8	57,3	2,4	7,8	0,8	4,11
industriales	27,5	47,1	7,5	14,5	3,5	3,80

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 21 muestra los resultados del cálculo del estadístico Chi cuadrado para el análisis de dependencia entre la aceptación hacia el reúso de aguas servidas tratadas, la edad y el nivel educacional de los encuestados. La primera hipótesis nula (H_01), válida para ambas áreas en estudio, dice que “la aceptación hacia el reúso de aguas servidas tratadas con fines domésticos potables es independiente de la edad del encuestado” y la segunda hipótesis nula (H_02) corresponde a averiguar si “la aceptación hacia el reúso de aguas servidas tratadas con fines domésticos potables es independiente del nivel educacional del encuestado”. Estas hipótesis se repitieron variando el fin al que iban a ser destinadas las aguas servidas tratadas. De esta manera las hipótesis nulas correspondientes a los usos domésticos no potables recibieron la numeración de H_03 y H_04 .

Tabla 21: Resultados pruebas de hipótesis para independencia de la aceptación del reúso de aguas servidas tratadas respecto a la edad y el nivel educacional.

Comuna	Hipótesis	Grados de libertad	Nivel de confianza	Nivel de significancia	X^2 calculado	X^2 crítico
Hualqui	H_01	12	95%	0,05	20,6	21,0
	H_02	32	95%	0,05	29,6	43,7
	H_03	12	95%	0,05	21,7	21,0
	H_04	32	95%	0,05	34,1	43,7
San Pedro de Atacama	H_01	12	95%	0,05	13,1	21,0
	H_02	32	95%	0,05	36,5	43,7
	H_03	12	95%	0,05	22,3	21,0
	H_04	32	95%	0,05	37,5	43,7

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que para ambas comunas la aceptación hacia el reúso de aguas servidas tratadas para usos potables es independiente de la edad y nivel educacional. Además para ambas áreas de estudios la aceptación para usos domésticos no potables resultó ser dependiente de la edad de los encuestados. Este rechazo se presenta en el rango etario de los 45 a los 64 años.

Esto ya había sido comprobado por Hurlimann en 2003, donde en un estudio similar concluyó que el mayor grado de oposición hacia esta nueva fuente de abastecimiento de agua, provenía de personas pertenecientes al grupo etario de 50 años y más.

5.5. Plan de educación ambiental no formal.

5.5.1. Introducción.

La Política Nacional de Educación para el Desarrollo Sustentable (EDS) es el principal referente para el diseño e implementación de planes de acción de educación ambiental. Su accionar se basa en el siguiente objetivo:

“Establecer, fortalecer y consolidar mecanismos de cooperación nacional y regional que promuevan el desarrollo de espacios para la discusión, facilitación e intercambio de experiencias y conocimientos, así como la coordinación de políticas dirigidas a potenciar los programas de educación en los ámbitos medio ambientales y del desarrollo sustentable”.

Este programa está diseñado para cumplir con el objetivo específico 2 de la política antes mencionada, que pretende “Instaurar procesos de educación permanentes que promuevan una sociedad civil empoderada y comprometida con la construcción de una sociedad sustentable”.

En particular el plan de educación ambiental no formal presentado a continuación está orientado a las comunidades adultas de Hualqui y San Pedro de Atacama, luego de realizarse el diagnóstico de necesidades ambientales y de conocimientos con la aplicación del instrumento.

La eventual multiplicación o réplica de la experiencia educativa que propone este plan en otras localidades permitiría valorizar buenas prácticas cognitivas ambientales y en el mejor de los casos avanzar a una gestión integrada del recurso hídrico.

La factibilidad de la implementación del presente plan depende de la convicción sobre las necesidades del desarrollo permanente de programas y actividades de educación para el desarrollo sustentable y del apoyo del sistema administrativo, público y privado para su realización.

60.1.2. Objetivos.

Objetivo General del plan:

Atender las necesidades ambientales, educativas y comunicativas relacionadas al estado de los recursos hídricos en las zonas de estudio y al reúso de aguas servidas tratadas como fuente alternativa de abastecimiento.

Objetivos específicos del plan:

1. Entregar información sobre la disponibilidad de agua actual existente en las zonas de estudio.
2. Definir conceptos relacionados al recurso y su utilización; principales sectores productivos consumidores de agua, potabilización del agua, plantas de tratamientos de aguas servidas, entre otros.
3. Otorgar información relacionada al reúso de las aguas servidas tratadas.
4. Divulgar y socializar el plan de educación ambiental no formal.

A continuación en la Tabla 22 se entregan los lineamientos de un programa de educación ambiental no formal que trata el estado de los recursos hídricos e introduce el reúso de aguas servidas tratadas.

Estos lineamientos cuentan con actividades a realizar, resultados esperados e indicadores para determinar el éxito del plan en caso de implementarlo.

Tabla 22: Programa de educación ambiental no formal.

Objetivo específico 1: Entregar información sobre la disponibilidad de agua actual existente en las zonas de estudio.

Actividad	Resultados esperados	Indicadores
<p>1.1. Generar instancias de reunión entre expertos que trabajen en la investigación de los recursos hídricos y su estado actual y grupos de personas pertenecientes a las áreas de estudio.</p>	<p>1.1.1. Existen reuniones entre los expertos y los pobladores, en las que se aclaren las consultas sobre la disponibilidad de los recursos hídricos.</p>	<p>1.1.1.1. Cada año se realizan como mínimo 4 reuniones, 2 por semestre y de ser posible con distintos expertos en la materia.</p> <p>1.1.1.2. Las personas participantes de las reuniones entienden el estado de sus recursos hídricos locales.</p>
<p>1.2. Lograr espacios de participación vecinal entre los habitantes de las áreas urbanas y los participantes en los comités de agua potable rural.</p>	<p>1.2.1. Se generan instancias de participación y concientización entre ambas partes.</p>	<p>1.2.1.1. Se realiza una reunión mes por mes durante el año, idealmente 6 al año.</p> <p>1.2.1.2. Los vecinos de las áreas urbanas son conscientes de los problemas experimentados por los habitantes de las áreas rurales relacionados al acceso al agua.</p>

Continuación Tabla 22.

Objetivo específico 1: Entregar información sobre la disponibilidad de agua actual existente en las zonas de estudio.

Actividad	Resultados esperados	Indicadores
1.3. Crear voluntariado interdisciplinario de estudiantes de diferentes casas de estudio para trabajar con las comunidades.	1.3.1. Los estudiantes voluntarios comprenden su labor de vínculo entre los expertos de las casas de estudio y los vecinos a quienes va dirigido el plan.	1.3.1.1.El grupo de voluntarios se encuentra establecido con un mínimo de 5 estudiantes, preferentemente de diferentes áreas de estudio
1.4. Establecer redes de apoyo entre vecinos y el grupo de estudiantes voluntarios, que puedan facilitar y coordinar las instancias anteriormente mencionadas.	1.4.1. Las redes de apoyo permiten a los vecinos tener una asociación con alumnos interesados lo que facilitará las reuniones con expertos y la entrega de conocimientos.	1.4.1.1. Cada año se realizan como mínimo 8 reuniones, una antes y una después de las reuniones con expertos.
1.5. Desarrollar material educativo que resuma la información necesaria del tema tratado en las reuniones anteriores.	1.5.1. Folleto explicativo del estado de los recursos hídricos locales y a nivel país.	1.5.1.1. El folleto se reparte entre las comunidades participantes, con un mínimo de 20 folletos entregados.

Continuación Tabla 22.

Objetivo 2: Definir conceptos relacionados al recurso y su utilización; principales sectores productivos consumidores de agua, potabilización de agua, planta de tratamientos de aguas servidas, entre otros.

Actividad	Resultados esperados	Indicadores
2.1. Generar procesos de participación vecinal en conjunto a profesionales del área sanitaria.	2.1.1. Existen reuniones entre los pobladores y los profesionales del área sanitaria de la zona en estudio.	2.1.1.1. Cada año se realizan como mínimo 2 reuniones, 1 por semestre en donde se aclaren las consultas referentes a los servicios de potabilización, alcantarillado y tratamiento de las aguas servidas.
2.2. Mantener el grupo de trabajo voluntario creado para trabajar el objetivo anterior,	2.2.1. El grupo de estudiantes voluntarios ayuda a generar un ambiente de confianza entre los vecinos y los profesionales en reuniones.	2.2.1.1. Se mantiene el grupo voluntario y existe la posibilidad de añadir nuevos integrantes.
2.3. Organizar visitas a terreno de las plantas potabilizadoras o de tratamiento de aguas servidas.	2.3.1. Grupos de vecinos tienen la oportunidad de visitar instalaciones de tratamiento de aguas.	2.3.1.1. Cada año se realizan 2 visitas a instalaciones de tratamiento tradicionales.
2.4. Desarrollar material educativo que resuma la información entregada.	2.4.1. Folleto explicativo que integre los conceptos explicados.	2.4.1.1. El folleto se reparte entre las comunidades participantes, con un mínimo de 20 folletos entregados

Continuación Tabla 22.

Objetivo 3: Otorgar información relacionada al reúso de aguas servidas tratadas.		
Actividad	Resultados esperados	Indicadores
3.1. Generar instancias de participación vecinal en conjunto a expertos en el reúso de aguas servidas tratadas y con profesionales del área sanitaria.	3.1.1. Existen reuniones entre los tres sectores mencionados, para entregar el concepto completo del reúso de aguas servidas tratadas.	3.1.1.1. Cada año se realizan como mínimo 3 reuniones, donde se aclaren las consultas referentes al proceso de tratamiento, la calidad del agua generada, los posibles peligros, etc.
3.2. Reunir al grupo de estudiantes voluntarios con la comunidad interesada.	3.2.1. Existen exposiciones por parte de los estudiantes, de casos de estudio y experiencias en el extranjero a los vecinos. 3.2.2. Existen exposiciones por parte de estudiantes que estén o hayan trabajado con el reúso de aguas servidas tratadas.	3.2.1.1. Cada año se realizan como mínimo 4 reuniones con los vecinos. 3.2.1.2. Los vecinos comprenden los beneficios que puede traer el reúso de aguas servidas tratadas. 3.2.2.1. Los vecinos comprenden en qué estado se encuentra el reúso de aguas servidas tratadas en el país
3.3. Desarrollar material educativo que resuma la información entregada.	3.3.1. Folleto explicativo que integre los conceptos explicados y los ejemplos brindados.	3.3.1.1. El folleto se reparte entre las comunidades participantes, con un mínimo de 30 folletos.

Continuación Tabla 22.

Objetivo 4: Difundir y socializar el plan de educación ambiental no formal.		
Actividad	Resultados esperados	Indicadores
4.1. Elaborar material educativo resumen.	4.1.1 Resumen que integra todos los tópicos tratados anteriormente con los pobladores y los profesionales expertos 4.2.1. Se incluye la experiencia de los vecinos con el desarrollo del plan y con sus vivencias de las actividades.	4.1.1.1. El material educativo se replica y se entrega entre las comunidades, con un mínimo de 50 resúmenes.
4.2 Difundir los resultados obtenidos de la elaboración del programa de educación ambiental no formal.	4.2.1. El plan de educación ambiental no formal y la experiencia de las comunidades participantes llega a otras regiones del país, en especial a zonas con escasez de recursos hídricos.	4.2.1.1. La experiencia se replica en otra zona del país.

Fuente: Elaboración propia.

El Programa de Educación Ambiental no formal generado está basado en objetivos que se establecieron luego de realizar un diagnóstico de necesidades ambientales y educativas mediante la aplicación del instrumento elaborado.

Cada objetivo presenta actividades que permitirán alcanzar las metas planteadas, resultados esperados para dimensionar el funcionamiento de las actividades e indicadores que permiten evaluar el éxito de cada actividad en el tiempo.

Las actividades propuestas están diseñadas con la finalidad tanto de transmitir conocimientos sobre determinados temas como para crear vínculos entre entidades académicas, públicas y privadas con los pobladores de las áreas de estudio.

El plan inicia con la entrega de información y conocimientos en torno a los recursos hídricos locales, ya que es necesario conocer el estado de éstos a nivel regional y nacional. Una vez aclarada la escasez del recurso hídrico se da pie a explicar la necesidad de implementar estrategias en respuesta a las crecientes demandas del mismo, para así terminar definiendo el concepto de reúso de aguas servidas tratadas, exponiendo casos de estudio, mencionando sus beneficios, entre otros, para abordarlo de la manera más completa posible.

Dolnicar *et al.* (2010) realizaron un estudio donde participaron 1000 australianos a los cuales se les preguntó por su aceptación hacia el reúso de aguas servidas tratadas para una variedad de propósitos en dos condiciones: sin información y con información sobre el proceso de tratamiento. Los resultados indicaron que la intención de uso incrementa significativamente si a los encuestados se les entrega información sobre el proceso de producción. Este descubrimiento tuvo importantes implicaciones para los responsables de las políticas públicas en Australia, ya que se concluyó que los planes de educación ambiental ayudan a aumentar el apoyo del público a los esquemas de reúso de aguas servidas tratadas.

6. CONCLUSIONES

- El instrumento generado es útil para describir la percepción que tienen las poblaciones adultas respecto al reúso de aguas servidas tratadas. Si bien el instrumento fue validado 3 veces como recomienda la literatura, aún se pueden hacer modificaciones para obtener resultados más precisos.
- Las caracterizaciones demográficas de las muestras no coinciden completamente con las poblaciones totales de Hualqui y San Pedro de Atacama, en relación a la distribución por edades y sexos. A pesar de esto, se considera que son lo suficientemente representativas y que no alteran los resultados obtenidos.
- Los encuestados en San Pedro de Atacama están conscientes del estado de los recursos hídricos en su zona geográfica, al contrario de los encuestados en Hualqui que presentaban escasos conocimientos sobre la sequía que afecto a la región desde el año 2010 hasta el 2015. Por lo tanto, las sequías, son más perceptibles por los habitantes de zonas más frágiles, en este caso ambientes desérticos donde los montos de precipitación son bajos y hay pocas aguas superficiales y escasa vegetación asociada a las lluvias.
- Se acepta la hipótesis planteada, la percepción frente al reúso de aguas servidas tratadas varió entre los encuestados de San Pedro de Atacama y los de Hualqui, siendo en la primera comuna más positiva que en la segunda, ya que en el norte del país un 90,6% de los encuestados sienten que esta técnica es útil para disminuir la escasez de agua que viven a diario y que de esta forma se estaría reciclando un recurso que de otra manera se pierde. Al contrario de las personas en el sur, donde un 79,5% siente que sería una buena alternativa y el resto piensa que el proceso no sería bien ejecutado por lo que el agua generada podría causar problemas a la salud de la población.

- Los usos domésticos potables presentaron una menor aceptación que los usos públicos por el mayor grado de contacto que estos representan. Por lo tanto, una de las mejores maneras de fomentar el reúso de aguas servidas tratadas es familiarizar al público con este tipo de agua en los escenarios donde existe una actitud positiva. Esto en combinación con información objetiva, reducirá la desconfianza de este valioso recurso y promoverá su utilización.
- Los lineamientos del plan de educación ambiental no formal cumple con el objetivo de la educación ambiental a través de la transmisión de conocimientos y de la enseñanza de conceptos modernos de protección ambiental, orientados a la comprensión y toma de conciencia de los problemas ambientales. En base a esto, el plan integra el concepto de reúso de aguas servidas tratadas como una forma de generar conciencia de los problemas existentes en torno al recurso hídrico y de promover conductas para resolver la escasez de agua.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alianza por el Agua. 2008. Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas. Sevilla: Alianza por el Agua – CENTA:
- Alvarado, F. (2007). Tratamiento y reutilización de aguas grises con aplicación a caso en Chile.
- Angelakis, A. N., & Durham, B. 2008. Water recycling and reuse in EUREAU countries: trends and challenges. *Desalination*, 218(1), 3-12.
- Australian Research Centre for Water in Society (ARCWIS). 2002. *Perth Domestic Water- Use Study Household Appliance Ownership and Community Attitudinal Analysis 1999- 2000*. Sydney: CSIRO Urban Water Program.
- Arribas, M. 2004. Diseño y validación de cuestionarios. *Matronas Profesión* 5(17), 23-29.
- Barrera, A. 1999. Análisis y caracterización de los parámetros de las aguas residuales necesarios para el dimensionamiento de estaciones depuradoras de menos de 200 Hab-eq. Trabajo de grado, Ingeniero Ambiental. Universidad Politécnica de Catalunya, España.
- Bdour, A. N., Hamdi, M. R., & Tarawneh, Z. 2009. Perspectives on sustainable wastewater treatment technologies and reuse options in the urban areas of the Mediterranean region. *Desalination*, 237(1), 162-174.
- Bouwer, H. 2000. Integrated water management: emerging issues and challenges. *Agricultural Water Management*, 45(3), 217-228.
- Biblioteca Nacional del Congreso. 2016. Chile, nuestro país: clima y vegetación. Extraído el 07 de octubre de 2016 de: <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/clima.htm>
- Centro de ciencia del clima y la resiliencia (CR)2. 2015. La mega sequía 2010- 2015: Una lección para el futuro. Extraído el 20 de Septiembre de

2016 de: <http://www.forestal.uach.cl/manejador/resources/2015informe-a-lanacinla-megasequia-2010-2015una-leccion-para-el-futuro-1.pdf>

- D’Angelo Report. See Using Reclaimed Water to Augment Potable Water Resources.1998. *Public Information Outreach Programs* (Special Publication, Salvatore D’Angelo, Chairperson). Publishers: Water Environment Federation & American Waterworks Association.
- DGA, 2011. Modernización del mercado de aguas en Chile. Extraído el 30 de agosto de 2016 de: <http://negocios.udd.cl/files/2011/04/Modernizaci%C3%B3n-Mercado-Aguas-28.04.11.pdf>
- Dishman, C. M., Sherrard, J. H., & Rebhun, M. 1989. Gaining public support for direct potable water reuse. *Journal of Professional Issues in Engineering*, 115(2), 154-161.
- Dolnicar, S., Hurlimann, A., & Grün, B. (2010). What affects public acceptance of recycled and desalinated water?. *Water Research*, 45(2), 933-943.
- Dolnicar, S., Hurlimann, A., & Nghiem, L. D. (2010). The effect of information on public acceptance—the case of water from alternative sources. *Journal of Environmental Management*, 91(6), 1288-1293.
- Frewer, L. J. Howard, C., & Shepherd, R. 1998. Understanding public attitudes to technology. *Journal of Risk Research*, 1, 221-235.
- Friedler, E. 2001. Water reuse—an integral part of water resources management: Israel as a case study. *Water Policy*, 3(1), 29-39.
- Gu, Q.X., Chen, Y., Pody, R., Cheng, R., Zheng, X. and Zhang, Z.X. 2015. Public perception and acceptability toward reclaimed water in Tianjin. *Resources Conservation and Recycling* 104, 291-299.
- Gundermann, H, González H. 1989. Cultura Aymara

- . Serie Patrimonio Cultural Chileno. Colección Culturas Aborígenes. Departamento de Extensión Cultural del Ministerio de Educación- Museo Chileno de Arte precolombino.
- Gutiérrez, J. 2003.Reúso de agua y nutrientes. Centro de información, gestión y educación ambiental (Cigea). Extraído el 14 de junio de 2016 de: <http://ama.redciencia.cu/articulos/4.01.pdf>
- Henze, M., Harremoes, P., Jansen J., Arvin, E., 2002. Wastewater treatment; Biological and chemical processes. In Environ. Eng. Springer-Verlag, Heidelberg, p.430.
- Holliman, T. R. 1998. Reclaimed water distribution and storage. *Wastewater reclamation and reuse*, 383-436.
- Huerta, J. M. 2005. Procedimiento para redactar y validar los cuestionarios para los estudios de investigación y evaluación. *Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez*.
- Ilustre Municipalidad de Hualqui. 2011. Características de la Comuna. Extraído el 01 de febrero de 2017 de: <http://www.munihualqui.cl/carcateristicas-de-la-comuna-de-hualqui.html>
- Ilustre Municipalidad de San Pedro de Atacama. 2017. Pueblo de San Pedro de Atacama. Extraído el 02 de febrero de 2017 de: <http://www.sanpedroatacama.com/atraccion/pueblo-de-san-pedro-de-atacama/>
- Instituto Geográfico Militar. 2007. Atlas geográfico para la educación.
- Instituto Nacional de estadística (INE). 2002. Glosario de términos de demografía y estadísticas vitales. Extraído el 14 de agosto de 2016 de: <http://palma.ine.cl/demografia/menu/glosario.pdf>.
- Instituto Nacional de estadística (INE). 2012. Resultados preliminares censo de población y vivienda 2012. Extraído el 16 de agosto de 2016 de:

https://www.cooperativa.cl/noticias/site/artic/20120831/asocfile/20120831161553/resultados_preliminares_censo_2012.pdf

- Instituto Nacional de Normalización (INN). 1987. NCh 1333 “Norma chilena sobre requisitos de calidad del agua para diferentes usos”
- Instituto Nacional de Normalización (INN). 2005. NCh 409 “Norma de calidad de agua potable”
- Jeffrey, P., & Jefferson, B. 2003. Public receptivity regarding “in-house” water recycling: results from a UK survey. *Water Science and Technology: Water Supply*, 3(3), 109-116.
- Kaercher, J. D., Po, M., & Nancarrow, B. E. 2003. Water recycling community discussion meeting I (unpublished manuscript). *Perth: Australian Research Centre for Water in Society (ARCWIS)*.
- Lazarova, V., Levine, B., Sack, J., Cirelli, G., Jeffrey, P., Muntau, H., Salgot, M. and Brissaud, F. 2001. Role of water reuse for enhancing integrated water management in Europe and Mediterranean countries. *Water Science and Technology*, 43(10), 25-33.
- Lewenstein, B. V. 1992. The meaning of public understanding of science ‘in the United States after World War II. *Public Understanding of science*, 1(1), 45-68.
- Maliva, R. G., & Missimer, T. M. 2012. *Arid lands water evaluation and management*. Springer Science & Business Media.
- Mara, D. 2004. Domestic wastewater. Treatment in developing countries. Routledge, Earthscan. London, Sterling, UK, 293 pp.
- Marks, J., Cromar, N., Fallowfield, H., & Oemcke, D. 2003. Community experience and perceptions of water reuse. *Water Science and Technology: Water Supply*, 3(3), 9-16.

- McKay, J. M., & Hurlimann, A. 2003. Attitudes to reclaimed water for domestic use; Age Part 1. *Water (Basel)*, 28(5), 45-50.
- Melbourne Water (1998). *Exploring Community Attitudes to Water Conservation and Effluent Reuse*. A consultancy report prepared by Open Mind Group. St Kilda, Victoria.
- Metcalf & Eddy. 2007. "Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización", 3ª ed., Vol. I y II, McGraw-Hill, Madrid.
- Miller, J.D. 1983. "Scientific Literacy: A Conceptual and Empirical Review", *Daedalus*, vol. 112, nº 2, pp. 29-48.
- Miller, J.D. 1998. "The Measurement of Civic Scientific Literacy", *Public Understanding of Science*, vol. 7, nº 3, pp. 203- 223.
- Ministerio del Interior y Seguridad Pública. 2015. Política Nacional para los Recurso Hídricos. Gobierno de Chile. Extraído el 15 de Agosto de 2016 de: http://www.interior.gob.cl/media/2015/04/recursos_hidricos.pdf
- Ministerio de Desarrollo Social. 2015. "Metodología Formulación Y Evaluación De Proyectos De Evacuación, Tratamiento Y Disposición De Aguas Servidas Sector Rural" Ministerio de Desarrollo Social, División de Evaluación Social de Inversiones, Gobierno de Chile, Santiago, Chile 2015.
- Ministerio del Medio Ambiente. 2001. Guía técnica para el desarrollo de proyectos de reúso de aguas residuales domesticas municipales. Bogotá.
- Ministerio de Obras Públicas. 2013. "Chile cuida su agua". Estrategia Nacional de Recursos Hídricos. Extraído el 19 de junio de 2016 de: http://www.mop.cl/documents/enrh_2013_ok.pdf
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 2001. DS 90 "Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales".

- Ministerio Secretaria General de la Presidencia. 2016. Ley 19.300 “Ley sobre bases generales del medio ambiente”
- Ministerio de Obras Públicas. 2004. DS 609 “Norma de emisión para la regularización de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado”.
- Ministerio de Obras Públicas. 2017. Información oficial hidrometeorológica y de calidad de agua en línea. Extraído el 21 de febrero de 2017 de: <http://snia.dga.cl/BNAConsultas/>
- Morales, F. 2014. Situación de agua potable rural a nivel nacional. Departamento de Estudios Operaciones Bomberiles. Extraído el 13 de febrero de 2017 de: <http://www.anb.cl/wp-content/uploads/2015/05/Informe-APR.pdf>
- Muga, H. E., & Mihelcic, J. R. 2008. Sustainability of wastewater treatment technologies. *Journal of Environmental Management*, 88(3), 437-447.
- Nancarrow, B. E., Kaercher, J. D., & Po, M. 2002. *Community attitudes to water restrictions policies and alternative sources: A longitudinal analysis 1988-2002*. Australian Research Centre for Water in Society.
- North American Association for Environmental Education. 2009. Guía para elaborar programas de educación ambiental no formal. Extraído el 14 de Mayo de 2016 de: http://www.earthgonomic.com/biblioteca/2009_SEMARNAT_Guia_Programas_de_Educacion_Ambiental_No_Formal.pdf
- Observatorio social. 2012. Reporte Comunal Comuna de Hualqui. Extraído el 16 de enero de 2017 de: http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/indicadores/pdf/comunal_general/biobio/HUALQUI.pdf

- Observatorio social. 2012. Reporte Comunal Comuna de San Pedro de Atacama. Extraído el 16 de enero de 2017 de: http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/indicadores/pdf/comunal_general/antofagasta/SANPEDRODEATACAMA.pdf
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). 2006. The New Rural Paradigm: Policies and Governance. OECD Rural Policy Reviews. Organisation for Economic Co-Operation and Development. Paris.168 pp.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2006. Directrices para el uso seguro de aguas residuales, orina y aguas grises: Aspectos normativos y regulatorios. Volumen 1. OMS, Ginebra.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2015. "Agua, Saneamiento y Salud: El Uso de Aguas Residuales", Organización Mundial de la Salud. Extraído el 27 de Junio de 2016 de: www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/es/
- Oncins de Frutos, M. 1991. NTP 283: encuestas: metodología para su utilización. Nota Técnica de Prevención, Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).
- Pereira, L.S., Oweis, T. and Zairi, A. 2002. Irrigation management under water scarcity. *Agricultural Water Management* 57(3), 175-206.
- Pita Fernández, S., Vila Alonso, M. T., & Carpena Montero, J. (2002). *Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario Juan Canalejo. A Coruña. Cad Aten Primaria* 1997; 4: 75-78. Actualización 19/10/2002. Determinación de los Factores de Riesgo. Disponible en: https://www.fisterra.com/mbe/investiga/3f_de_riesgo/3f_de_riesgo2.pdf.
- Plumlee, M. H., Gurr, C. J., & Reinhard, M. 2012. Recycled water for stream flow augmentation: Benefits, challenges, and the presence of wastewater-

derived organic compounds. *Science of the Total Environment*, 438, 541-548.


- Po, M., Nancarrow, B. E., & Kaercher, J. D. 2003. Literature review of factors influencing public perceptions of water reuse.
- Recycled Water Task Force. 2003. White paper of the public information, education and outreach workgroup on better public involvement in the recycled water decision process. Retrieved June 10, 2003, from the State of California Department of Water resources.
- Rioseco, R y Tesser, C. 2016. Cartografía Interactiva de los climas de Chile (en línea). Instituto de Geografía. Pontificia Universidad Católica de Chile. Extraído el 05 de febrero de 2017 de: http://www7.uc.cl/sw_educ/geografia/cartografiainteractiva/
- Romero, J. 2004. Tratamiento de Aguas Residuales (Tercera Edición). Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, Colombia, 1248 pp.
- Sampieri, R., Collado, C. F., & Lucio, P. B. 2006. Metodología de la Investigación. *Editorial Mc Graw Hill. México*, 113.
- Shen, B.S.J. 1975. “Scientific Literacy”, *American Scientist*, vol. 63, pp. 265-268.
- Sheikh, B., Cooper, R. C., & Israel, K. E. 1999. Hygienic evaluation of reclaimed water used to irrigate food crops – A case study. *Water Science Technology*, 40(4-5), 261-267.
- Silva, J., Torres, P. and Madera, C. 2008. Reúso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. *Agronomía Colombiana* 26(2), 347-359.
- Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS). 2012. Informe de Gestión del Sector Sanitario 2012. Santiago: SISS.

- Súper Intendencia de Servicios Sanitarios (SISS). 2014. Informe anual de coberturas urbanas de servicios sanitarios. Santiago, Chile, 24 pp.
- Súper Intendencia de Servicios Sanitarios (SISS). 2016. Sistemas de Tratamiento de Aguas Servidas. Extraído el 15 de mayo de 2016 de: <http://www.siss.gob.cl/577/w3-article-4373.html>
- Slovic, P. 1998. The risk game. *Reliability engineering and system safety*, 58, 73-77.
- Sydney Water 1999. Community Views on Re-cycled Water. Sydney: Author.
- Sowers, J., Vengosh, A., & Weinthal, E. 2011. Climate change, water resources, and the politics of adaptation in the Middle East and North Africa. *Climatic Change*, 104(3-4), 599-627.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). 2000. Manual: Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters. Ohio: US.EPA.
- Vera, I. 2012. Análisis de funcionamiento y patrones asociativos de sistemas de tratamiento convencionales y naturales de aguas servidas para la eliminación de materia orgánica y nutrientes. Trabajo de grado, Doctorado Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, Chile.
- Vicéns, J., & Medina, E. (2005). Análisis de datos cualitativos (*Versión electrónica*). Extraído el 31 de enero de 2017 de: https://www.uam.es/personal_pdi/economicas/eva/pdf/tab_conting.pdf
- Vidal, G., Araya, F. 2014. Las aguas servidas y su depuración en zonas rurales: Situación actual y desafíos. Grupo de Ingeniería y Biotecnología Ambiental (GIBA). Universidad de Concepción. Chile.
- Villarroel, C. 2012. Asociaciones Comunitarias de Agua Potable Rural en Chile: Diagnóstico y Desafíos. Santiago: Sara Larraín y Teresa Montecinos. Chile. 24 pp.

- Von Sperling, M. 2007a. Biological Wastewater Treatment. Volume 1: Wastewater characteristics, treatment and disposal. IWA Publishing, London, England, 292 pp.
- Yañez N., Molina R. 2014. Las aguas indígenas en Chile. LOM Ediciones.
- Zhang, Z., & Balay, J. W. 2014. How much is too much?: challenges to water withdrawal and consumptive use management. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 140(6), 01814001.

8. ANEXOS

Anexo 1. Instrumento modificado y validado.

		Universidad de Concepción Facultad de Ciencias Ambientales		Coordenadas: X: _____ Y: _____				
Dirección:								
Caracterización Social								
1) Género:		A) Masculino		B) Femenino				
2) Edad actual:								
3) Nivel educacional:								
A) Sin estudios	B) Básica Incompleta	C) Básica completa	D) Media Incompleta	E) Media completa	F) Técnico Incompleta	G) Universitaria Incompleta	H) Técnico completa	I) Universitaria completa
4) Nivel ocupacional:								
A) Estudiante	B) Dueño/a de casa	C) Trabajador Independiente		D) Trabajador contratado	E) Desempleado	F) Pensionado		
5) La vivienda donde usted vive ¿Dispone de sistema de eliminación de sus aguas servidas?								
A) Sí		B) No		¿Cuál?				
Conocimiento sobre el recurso hídrico y el agua reciclada a partir de aguas servidas tratadas								
6) ¿De dónde proviene el agua que consume a diario?								
A) Red pública	B) Pozo o noria	C) Puntera	d) Río, vertiente, lago o estero	F) Camión aljibe	G) Otra fuente			
¿Cuál?								
7) ¿Qué sector es el principal consumidor de agua en la zona?								
A) Agropecuaria	B) Agua potable	C) Industria		D) Minería	E) Energía			
F) Forestal	G) Acuicola	H) Turismo	I) No sabe	J) No responde				
8) En relación a la disponibilidad de agua en la zona... (completar con alternativa)								
A) Existe sequía todo el año		B) Existe sequía en primavera y verano		C) Existe suficiente agua		D) No tengo conocimientos		
9) ¿Dónde se descargan las aguas residuales del sector donde vive?								
A) Planta de tratamiento de aguas servidas	B) Ríos y lagos directa sin tratamiento	C) Mar con emisarios submarinos		D) Infiltración a las aguas subterráneas	E) No tengo conocimientos			
10) ¿Usa de manera responsable el agua dentro de su hogar? por ejemplo para higiene personal, lavado de ropa, lavado de loza, consumo y cocinar.								
				A) Sí		B) No		
¿Por qué?								
11) ¿Qué actividad consume más agua en su casa? (Una sola alternativa)								
A) Cocinar		B) Baños y lavandería		C) Limpieza del hogar		D) Otros		
12) ¿Toma medidas de ahorro de agua en su vida diaria?								
				A) Sí		B) No		
¿Cuál o cuáles?								
13) ¿Alguna vez le han sugerido sus amigos, familia y/o conocidos que tome medidas de ahorro de agua?								
A) Sí				B) No				
14) ¿Cree que el uso de agua con fines públicos es un desperdicio de agua? Por ejemplo: control de polvo en caminos, combate contra incendios, riego de áreas verdes, etc.								
				A) Sí		B) No		
¿Por qué?								
15) ¿Sabe lo que es el reúso de aguas servidas tratadas?								
				A) Sí		B) No		
Si la respuesta anterior fue no, entregar definición de reúso de aguas servidas tratadas y pasar a la pregunta N° 19								
16) Si la respuesta anterior fue sí, ¿De donde obtuvo ese conocimiento?								
A) Medios de comunicación	B) Organizaciones sociales	C) Organizaciones gubernamentales		D) Amigos y/o familiares	E) Conocimiento profesional			
17) ¿Qué entiende por reúso de aguas servidas tratadas?								

Instrumento continuación.

18) ¿Tiene experiencias previas reusando aguas servidas tratadas?		A) Si	B) No	
¿Cuándo?				
19) En su opinión, ¿El reúso de aguas servidas tratadas sería útil para hacer frente a la sequía y escasez de agua?		A) Si	B) No	
¿Por qué?				
20) Según su opinión, ¿Qué organismos deberían estar a cargo de generar el reúso de aguas servidas tratadas?				
A) Estado	B) Empresa privada	C) Comunidad	D) Otro	
¿Cuál?				
21) ¿Confiaría en que el proceso de reúso de aguas servidas tratadas se ejecute de manera que el agua resultante sea de la mejor calidad y que éste bajo la norma usada en Chile?				
A) Si	B) No	C) No sabe	D) No responde	
22) ¿Estaría dispuesto a pagar por el tratamiento adicional con la finalidad de alcanzar un estándar de calidad para que sea utilizable?				
A) Si	B) No	C) No sabe	D) No responde	
Recepción frente al reúso de aguas servidas tratadas				
23) ¿Aceptaría el reúso de aguas servidas tratadas para fines domésticos potables? (Consumo directo, higiene personal, cocinar)				
A) Muy de acuerdo	B) De acuerdo	C) Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	D) En desacuerdo	E) Muy en desacuerdo
24) ¿Aceptaría el reúso de aguas servidas tratadas para fines domésticos no potables? (Limpieza del hogar, lavado de ropa, etc.)				
A) Muy de acuerdo	B) De acuerdo	C) Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	D) En desacuerdo	E) Muy en desacuerdo
25) ¿Aceptaría el reúso de aguas servidas tratadas en piletas?				
A) Muy de acuerdo	B) De acuerdo	C) Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	D) En desacuerdo	E) Muy en desacuerdo
26) ¿Aceptaría el reúso de aguas servidas tratadas para riego de áreas verdes (parques)?				
A) Muy de acuerdo	B) De acuerdo	C) Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	D) En desacuerdo	E) Muy en desacuerdo
27) ¿Aceptaría el reúso de aguas servidas tratadas para el llenado del estanque del baño?				
A) Muy de acuerdo	B) De acuerdo	C) Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	D) En desacuerdo	E) Muy en desacuerdo
28) ¿Aceptaría el reúso de aguas servidas tratadas para el lavado del auto?				
A) Muy de acuerdo	B) De acuerdo	C) Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	D) En desacuerdo	E) Muy en desacuerdo
29) ¿Aceptaría el reúso de aguas servidas tratadas para el control de polvo en caminos?				
A) Muy de acuerdo	B) De acuerdo	C) Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	D) En desacuerdo	E) Muy en desacuerdo
30) ¿Aceptaría el reúso de aguas servidas tratadas para infiltrarla e incrementar el volumen en aguas subterráneas? (Explicarla)				
A) Muy de acuerdo	B) De acuerdo	C) Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	D) En desacuerdo	E) Muy en desacuerdo
31) ¿Aceptaría el reúso de aguas servidas tratadas para riego de áreas agrícola a ras de suelo (hortalizas)?				
A) Muy de acuerdo	B) De acuerdo	C) Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	D) En desacuerdo	E) Muy en desacuerdo
32) ¿Aceptaría el reúso de aguas servidas tratadas para riego de áreas agrícola de árboles?				
A) Muy de acuerdo	B) De acuerdo	C) Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	D) En desacuerdo	E) Muy en desacuerdo
33) ¿Aceptaría el reúso de aguas servidas tratadas para ser usada en Industrias?				
A) Muy de acuerdo	B) De acuerdo	C) Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	D) En desacuerdo	E) Muy en desacuerdo

Anexo 2. Obtención proyecto CORFO.

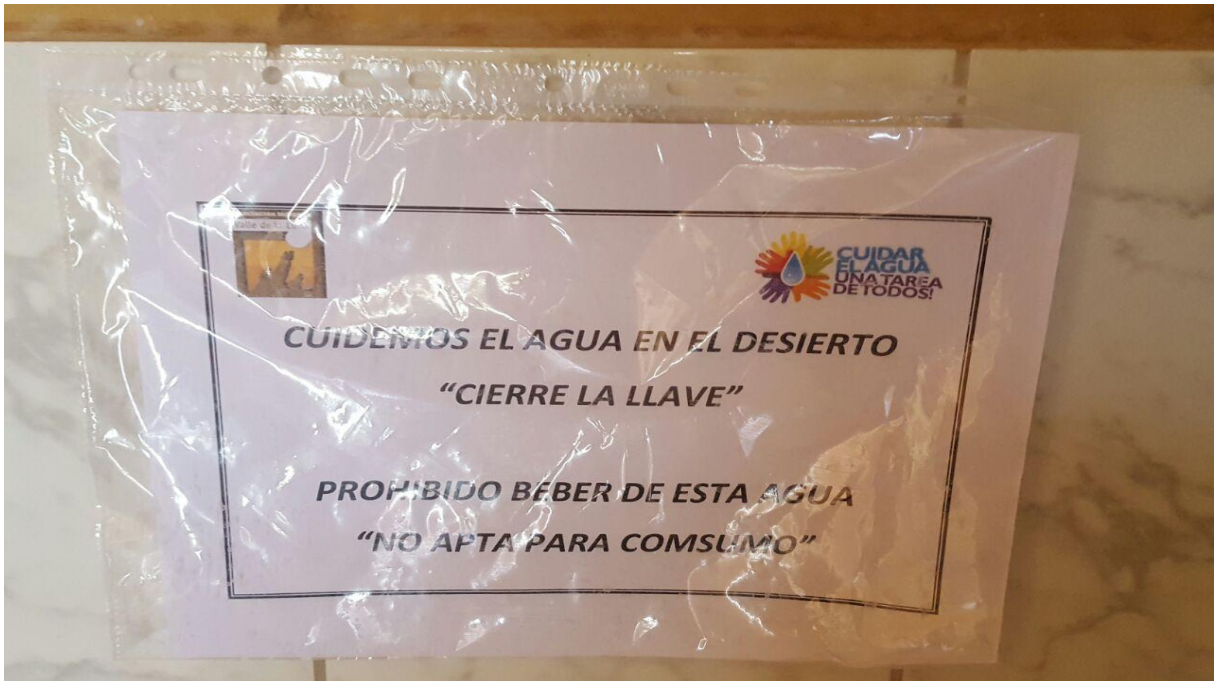
El Comité de Desarrollo Productivo Regional en conjunto con la Corporación de fomento de la Producción (CORFO) realizó una instancia de participación para adquirir un fondo denominado “Apoyo para la realización de tesis de pregrado de Universidades, Institutos Técnicos y Centros de Formación Técnica, acreditados por la Comisión Nacional de Acreditación”. Dicho apoyo consiste en el cofinanciamiento de las actividades involucradas en la realización de Tesis Innovadores de pregrado cuyas temáticas sean de interés público, privado, social o potenciales generadoras de nuevos emprendimientos.

En el marco de esta iniciativa se envió una propuesta de tesis que la definía como una tesis de Innovación Social, ya que generaba valor para la sociedad a través de la introducción de un proceso novedoso que satisface una necesidad social de mejor forma que las soluciones existentes, produciendo un cambio favorable en el sistema social.

A continuación se presenta un resumen del proyecto que se adjudicó el fondo de financiamiento.

NOMBRE DEL PROYECTO		Análisis comparativo de la percepción de la población adulta de las comunidades de Hualqui y San Pedro de Atacama respecto al reúso de aguas servidas tratadas.	
DURACIÓN (MESES)		7 meses	TIPOLOGÍA DE TESIS Tesis con Innovación Social
PATROCINADOR		Incuba UdeC	COMUNA DE EJECUCIÓN Hualqui
RESPONSABLE DEL PROYECTO		Daniela Francisca Segura Alarcón	
FONO	974693436	EMAIL	dseguraalarcon@gmail.com
MONTO FINANCIAMIENTO		\$1.194.240	

Anexo 3. Fotografías campañas cuidado del agua en San Pedro de Atacama.



Anexo 4. Productos obtenidos de la tesis.

Gracias al apoyo del Dr. Francisco Remonsellez, Docente del Departamento de Ingeniería Química y de la Ingeniera Civil Ambiental Valentina Carrillo, ambos pertenecientes a la de la Universidad Católica del Norte, los resultados obtenidos de la aplicación del instrumento en San Pedro de Atacama y Hualqui fueron enviados al Congreso “Water in Industry”. Dicho congreso se realizará en Santiago de Chile, desde el día 07 de junio hasta el 09 de junio de 2017. El trabajo enviado se encuentra aceptado y debe ser presentado en formato poster.

A continuación se presenta el resumen enviado al congreso.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN ADULTA DE LAS COMUNIDADES DE HUALQUI Y SAN PEDRO DE ATACAMA RESPECTO AL REUSO DE AGUAS SERVIDAS TRATADAS

Segura, D.¹; Carrillo, V.²; Remonsellez, F.²; Araya, M.¹; Vidal, G.^{1*}

¹Grupo de Ingeniería y Biotecnología Ambiental (GIBA-UDEC), Facultad de Ciencias Ambientales y Centro EULA-Chile, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

²Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería y Ciencias Geológicas, Universidad Católica del Norte, Antofagasta, Chile.

RESUMEN

En la discusión de alternativas a la escasez hídrica, es importante examinar no sólo las soluciones técnicas, sino también los aspectos socioeconómicos tales como la disposición a pagar y la percepción pública.

Una metodología utilizada para obtener la aceptación de la comunidad frente a políticas científicas es la aplicación de cuestionarios sobre percepción social de la ciencia. Es por esto que se empleó una encuesta en las comunidades de San Pedro de Atacama (Segunda Región-Chile) y Hualqui (Octava Región-Chile) para identificar la percepción frente al reúso de aguas servidas tratadas. Esta tiene tres secciones; caracterización demográfica, conocimiento sobre los recursos hídricos locales y percepción frente al reúso de aguas servidas tratadas. Antes de aplicar la parte final, se entregó una definición del reúso de aguas servidas tratadas y sus beneficios. Para obtener las muestras representativas se trabajó con un máximo error porcentual de 5%, un nivel de confianza de un 90% y con un valor p de 0,5. Así para los 5605 habitantes de San Pedro de Atacama, la muestra corresponde a 255 y para Hualqui cuya población es de 23.016 habitantes, la muestra es de 268 personas.

Los resultados arrojaron que la población de San Pedro de Atacama está consciente del estado de sus recursos hídricos, declarando un 86% que existe escasez durante alguna época del año. Por el contrario, en Hualqui un 55% expresó que sufrían por la falta de agua en sectores rurales. En relación al conocimiento respecto al reúso de aguas servidas tratadas, en San Pedro de Atacama un 47% dijo entender el concepto, al contrario de la población de Hualqui, donde sólo un 27% presentaba nociones del proceso de tratamiento. En relación a la aceptación frente al reúso, los resultados fueron similares teniendo una mejor acogida aquellos usos destinados a fines no potables. **Agradecimientos:** Proyecto CORFO 2016-67529, CONICYT/FONDAP15130015.