

**“Reuso de aguas residuales tratadas para riego  
y su factibilidad de aplicación en la Región  
Andina de la provincia de Río Negro”**



**Lic. en Biología María Eugenia Alemanni**

Trabajo final integrador para optar al título de  
“Especialista en tratamiento de efluentes  
y residuos orgánicos.”



Tutora: Dra. Francisca Laos  
Co-tutora: Ing. Patricia Fernández

**<2012>**

## INDICE GENERAL

<b>PARTE I. MARCO GENERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>I.1. RESUMEN ..</b>	<b>2</b>
<b>I.2. INTRODUCCION .....</b>	<b>5</b>
<b>I.3. OBJETIVOS .....</b>	<b>8</b>
<b>PARTE II. DESARROLLO .....</b>	<b>9</b>
<b>II.1. CONCEPTOS GENERALES SOBRE PRACTICAS DE REUSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS.....</b>	<b>10</b>
II.1.1. Tratamiento de las aguas residuales.....	10
II.1.2. Disposición de las aguas residuales tratadas.....	11
II.1.2.1. Reuso de las aguas residuales tratadas para uso agrícola .....	12
II.1.2.2. Reuso de las aguas residuales tratadas para riego de parques, jardines .. públicos y campos deportivos.....	17
<b>II.2. REUSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS A NIVEL MUNDIAL .....</b>	<b>19</b>
II.2.1. Experiencias .....	19
II.2.2. Marco Legal.....	20
II.2.3. La administración ecoeficiente de los recursos naturales y el reuso de las aguas residuales tratadas.....	23
<b>II.3. REUSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS EN AMERICA LATINA .....</b>	<b>25</b>
II.3.1 Experiencias.....	25
II.3.2 Marco Legal.....	28
<b>II.4. REUSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS EN ARGENTINA.....</b>	<b>29</b>
II.4.1. Experiencias.....	29
II.4.2. Estudios de caso: Mendoza y Puerto Madryn .....	32
II.4.2.1. Reuso en Mendoza .....	32
II.4.2.2. Reuso en Puerto Madryn.....	34
II.4.3. Marco Legal.....	37
II.4.3.1. Mendoza: organismos y normativas vinculadas a la gestión de los recursos hídricos y el reuso de aguas residuales tratadas .....	40
II.4.3.2. Chubut: organismos y normativas vinculadas a la gestión de los recursos hídricos y el reuso de aguas residuales tratadas .....	42
II.4.3.2.1. Puerto Madryn: organismos y normativas vinculadas al reuso de aguas residuales tratadas.....	43

<b>II.5. REUSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS EN LA PROVINCIA DE RIO NEGRO.....</b>	<b>45</b>
II.5.1.Características de la provincia de Río Negro .....	45
II.5.2.Experiencias.....	48
II.5.3.Organismos y normativas vinculadas al reuso de aguas residuales tratadas .....	52
<b>II.6. REUSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS EN REGIONES CON CARACTERISTICAS SIMILARES A LA REGION ANDINA DE LA PROVINCIA DE RIO NEGRO.....</b>	<b>54</b>
II.6.1. La Florida, San Petersburgo.....	54
II.6.2. California, Lake Country Sanitation District (LCSD) .....	56
<b>II.7. EVALUACION DE LA FACTIBILIDAD DEL REUSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS EN LA REGION ANDINA DE LA PROVINCIA DE RIO NEGRO .....</b>	<b>59</b>
II.7.1. Conceptos teóricos para evaluar la factibilidad de proyectos de reuso.....	59
II.7.2. Ventajas y desventajas del reuso en la región .....	64
II.7.2.1.Dina Huapi.....	64
II.7.2.2.Bariloche .....	66
II.7.2.3.El Bolsón .....	68
II.7.3. Aproximación teórica para el reuso en la región.....	70
II.7.4. Uso potencial del agua residual tratada en la región.....	72
<b>PARTE III. CONCLUSIONES .....</b>	<b>75</b>
<b>PARTE IV. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>80</b>
<b>PARTE V. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>82</b>
<b>PARTE VI. AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>89</b>
<b>PARTE VII. ANEXO .....</b>	<b>91</b>

# **PARTE I**

## **MARCO GENERAL**

## I.1. RESUMEN

En el presente trabajo se evalúa la factibilidad del reuso de las aguas residuales tratadas en la Región Andina de la provincia de Río Negro. Se realiza una recopilación bibliográfica sobre el reuso de estas aguas a nivel mundial y se analizan las legislaciones vigentes. Se releva también la realidad del reuso en Latinoamérica y Argentina, las experiencias y legislaciones con las que se cuenta en el país sobre el tema, comentando las prácticas aplicadas en Mendoza, Chubut y Río Negro. Finalmente se detallan las características de la Región Andina de la provincia de Río Negro analizando las ventajas y limitaciones que tendría en esta región, la implementación de propuestas integrales de tratamiento y reuso de aguas residuales tratadas. Este análisis se centra en las tres ciudades más importantes de la zona de estudio: Dina Huapi, San Carlos de Bariloche y El Bolsón.

A nivel internacional el aprovechamiento de las aguas tratadas se ha ido incrementando en las últimas décadas, debido a la demanda de fuentes alternativas de agua y a la preservación de las fuentes existentes. Los países pioneros en reutilizar aguas residuales tratadas son Israel, Alemania, Australia, Estados Unidos, India, México, Francia y Polonia. Las normativas aplicadas desde los comienzos han sido las realizadas por la Organización Mundial de la Salud en 1973, actualizadas en 1989 y 2006 y, por otra parte, la normativa del estado de California (EEUU) en 1978, llamada "título 22". Son muchos los países que poseen su propia reglamentación de reuso de aguas residuales tratadas tomando en muchos casos las anteriores como referencia.

Argentina no cuenta aún con una normativa nacional sobre reuso de aguas residuales tratadas, sin embargo, en marzo de 2011 se presentó un proyecto de ley nacional de reuso. Varias provincias argentinas se encuentran desarrollando experiencias de reuso de aguas residuales, siendo Mendoza y Chubut las que cuentan con normativas propias de reuso y más experiencia en el tema. La provincia de Río Negro ha comenzado a evaluar e implementar en los últimos años numerosos proyectos de reuso de aguas residuales tratadas tanto a nivel municipal como en el tratamiento de diferentes industrias. Existen experiencias de reuso a nivel municipal en la localidad de Lamarque y en el

balneario Las Grutas. Además se encuentra en estudio proyectos de reuso de las aguas residuales tratadas de la ciudad de Viedma, Villa Regina y Bariloche. Diferentes industrias de la provincia de Río Negro como mataderos, bodegas, piscifactorías y establecimientos de elaboración de comida de diferente tipo han comenzado a reutilizar sus aguas residuales tratadas para riego de forestaciones y pasturas.

El incremento poblacional que se viene dando en forma sostenida en los últimos años en la Región Andina de Río Negro, trae aparejado la necesidad de dar respuesta a la demanda de servicios, entre ellos el tendido de redes cloacales y el tratamiento y disposición de los efluentes. Es de esperar que se requiera entonces de la instalación de plantas de tratamiento en zonas donde el reuso de aguas residuales tratadas puede ser su única alternativa para disponerlos. Se presenta así una oportunidad única en la región de crear proyectos que contemplen el aprovechamiento del agua residual tratada, lo que generaría no solo un aporte importante de nutrientes sino una fuente alternativa de agua tan requerida en los meses de baja precipitación y altas temperaturas. Por lo tanto, hace falta de manera urgente generar las políticas de estado que definan las condiciones para que estos proyectos puedan llegar a implementarse exitosamente en la región.

*The purpose of this paper is to evaluate the feasibility of the reuse of treated sewage water in the Andean region of the province of Río Negro. A bibliographic compilation is carried out, on the reuse of these waters worldwide and the current legislations. It also reveals the reality of the reuse in Latin America and Argentina, added to the experiences and legislations available in the country, commenting on the practices which are applied in Mendoza, Chubut and Río Negro. Finally, it describes the characteristics of the Andean region of the Río Negro province, analyzing the advantages and limitations of this region, the implementation of integral treatment purposes and reuse of treated wastewater. This analysis focuses on the three most important cities in the study area: Dina Huapi, San Carlos de Bariloche and El Bolsón.*

*Internationally speaking, the use of the treated water has been increasing in the last decades due to the demand for alternative sources of water and the preservation of the existing sources. The pioneer countries in reusing treated wastewater are Israel, Germany, Australia, the United States, India, Mexico, France and Poland. The regulations applied since the beginning have been made by the World Health Organization in 1973, updated in 1989 and 2006 and on the other hand, the rules of the State of California (US) in 1978, called 'Title 22'. There are many countries that have their own rules of reuse of treated wastewater, taking the preceding as reference in many cases.*

*Argentina does not have a national legislation on reuse of treated wastewater yet. However, in March 2011, a project of a national law of reuse was presented. Several provinces are developing experiences of reuse of wastewater, being Mendoza and Chubut the ones that have their own regulations of reuse and more experience on the subject. In the last years, the province of Río Negro has begun to evaluate and implement numerous projects of reuse of wastewater treated at the municipal level as well as in the treatment of different industries. There are experiences of reuse at a municipal level in the city of Lamarque and Las Grutas beach resort. Besides, projects of reuse of wastewater treated in the cities of Viedma, Villa Regina and Bariloche are being studied. Different industries such as slaughterhouses, wineries, farms and food establishments of various kinds have begun to reuse their treated sewage for irrigation of pastures and forestation.*

*The steady population increase during the past years in the Andean Region of Río Negro brings the need to respond to the demand for services, including the laying of sewer networks and the treatment and disposal of effluents. It is expected then, the requirement of the installation of plants of treatment in areas where the reuse of treated wastewater might be the only alternative. A unique opportunity is presented in the region to create projects that contemplate the use of treated wastewater that would generate not only an important supply of nutrients but also an alternative source of water which is highly required in the months of low precipitation and high temperatures. Therefore, it is urgently needed to generate State policies that define the conditions for these projects to be successfully implemented in the region.*

## I.2. INTRODUCCION

Desde el espacio, la Tierra se ve como un planeta azul cubierto de agua, sin embargo, solo un 3% es agua dulce y de este volumen, el 79% se encuentra confinada en forma de hielos y glaciares, un 20% es agua subterránea y solo el 1% es agua dulce disponible de fácil acceso (Metcalf & Eddy, 2007).

La escasez natural del agua relacionada con zonas de bajas precipitaciones se ve potenciada con el crecimiento poblacional, la expansión de las urbanizaciones y el aumento de los requerimientos de agua a fin de abastecer la demanda de alimentos (O'Connor *et al.*, 2008). Se estima que para el 2025 por lo menos 3.500 millones de personas (el 48% de la población mundial) vivirán en condiciones de escasez hídrica y la mitad de ellas se cree que sufrirá condiciones de extrema necesidad. Los países en vías de desarrollo serán los que sufran las mayores complicaciones por falta de agua (O'Connor *et al.* 2008).

El agua consumida para diferentes usos por el ser humano es indefectiblemente reutilizada ya que forma parte del ciclo hidrológico. Las aguas residuales que provienen de las plantas de tratamiento, el agua que drena de las irrigaciones, los efluentes industriales y las aguas grises retornan finalmente a los cursos de agua incorporándose a los mismos. A las sociedades de diferentes partes del mundo se les hace cada vez más difícil acceder a cuerpos de agua que no hayan sido afectados por estos aportes (Metcalf & Eddy, 2007). Por ello una forma de dar respuesta a la demanda de agua en el planeta es generar programas que contemplen la Gestión Integral de los Recursos Hídricos, donde se le otorga un importante valor al ciclo completo del agua, incluyendo el agua residual. La recolección y el tratamiento adecuado de los efluentes, el uso responsable del recurso, el reuso de las aguas residuales tratadas o la disposición final de las mismas que ocasione el menor impacto sobre el cuerpo receptor responden a este tipo de estrategias (proyecto de ley nacional expediente N° 0922-D-2011, 2011)\*.

La gestión desintegrada del uso de los recursos, ha dado como resultado procesos de contaminación de las fuentes de agua especialmente en algunas regiones con áreas urbanas cuya presión sobre el recurso hídrico ha

---

\*Anexo 1

agotado o contaminado los mismos (proyecto de ley nacional expediente N° 0922-D-2011, 2011). El vuelco de las aguas residuales a los ríos, lagos y en zonas marinas costeras ha constituido y constituye aún hoy una práctica sencilla y económica en el corto plazo (Esteves y Faleschini, 2011). “Los emisarios son una solución en comunidades que no pueden disponer del agua residual de otra manera, y es una alternativa en zonas donde la precipitación supera a la evaporación, ya que el excedente de agua acumulada es un problema serio a resolver. Pero en aquellos lugares en donde la ecuación es inversa -es decir, la evaporación supera la precipitación- esta alternativa debería ser analizada con extremo cuidado” (Esteves y Faleschini, 2011).

El Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento (ENOHSA), en concordancia con los objetivos establecidos por las Naciones Unidas, ha fijado como meta para el 2015 alcanzar una cobertura de acceso a desagües cloacales de un 75% (ENOHSA, 2007). Según datos del Censo 2010 la Argentina cuenta solo con un 53.1% (Diario El Cronista, 2011) de su población conectada a los desagües cloacales, por lo que se está destinando un 1,8% del total de la inversión social para avanzar en el abastecimiento de agua potable y saneamiento (proyecto de ley nacional expediente N° 0922-D-2011, 2011).

Esto genera una importante oportunidad de incentivar proyectos que contemplen la evaluación del reuso de las aguas residuales tratadas, especialmente en zonas con problemas de contaminación o con escasez del recurso, permitiendo disminuir la presión sobre los cuerpos de agua y utilizando este recurso en actividades por ejemplo productivas (proyecto de ley nacional expediente N° 0922-D-2011, 2011).

El 75% del territorio Argentino, en especial la Patagonia, corre riesgo de ser erosionado debido a la combinación de prácticas productivas inadecuadas realizadas en ambientes áridos y semiáridos muy frágiles (Esteves y Faleschini, 2011). En estas regiones, entre otras medidas, es necesario contar con políticas que incentiven un mayor aprovechamiento del agua y la preservación de estos ambientes que presentan un alto grado de vulnerabilidad. La posibilidad de contar con tecnologías que permitan el reuso del agua tratada, especialmente derivada de los asentamientos urbanos, potencia el desarrollo

de actividades productivas alternativas en diferentes escalas (proyecto de ley nacional expediente N° 0922-D-2011, 2011).

La Región Andina de la provincia de Río Negro es una zona de importantes bellezas paisajísticas y ecológicas lo que hace que el turismo sea una de sus actividades económicas más importantes. El clima en esta región es un clima típico de alta montaña, con temperaturas bajas y lluvias abundantes en invierno y veranos cálidos y secos ([www.argentur.com](http://www.argentur.com)).

El turismo se aloja principalmente en áreas urbanas como las ciudades de San Carlos de Bariloche o El Bolsón. Actividades vinculadas con esta actividad como la hotelería, gastronomía, chocolaterías, etc. generan fluctuaciones estacionales en los aportes de efluentes con respecto a su caudal y composición.

Por lo tanto, diseñar sistemas de tratamiento que respondan a estas demandas implica considerar cada uno de estos aspectos al momento de plantear una propuesta viable. Más aún, si se pretende considerar cuál debe ser el destino final del efluente tratado, son muchas las alternativas posibles pero pocas las factibles en zonas con suelos en ocasiones poco aptos para infiltrar, escasa superficie de terreno, abundantes precipitaciones gran parte del año y terrenos destinados en muchos casos para uso recreativo.

En este contexto cabe preguntarse:

- ¿cuáles son las experiencias, legislaciones y recomendaciones que existen a nivel mundial sobre el reuso de las aguas residuales para riego? ¿Qué experiencias se tienen al respecto a nivel provincial y regional?

- ¿cuál es el marco legal con el que cuenta la provincia de Río Negro que permita regular estas políticas ambientales? ¿Cuáles serían las obligaciones que debería asumir el Estado y cuáles el Generador?

- ¿cuáles son las consideraciones que se deberían tener a fin de evitar inconvenientes desde el punto de vista sanitario?

- ¿es correcto incentivar propuestas de reuso de las aguas residuales tratadas para riego en estas zonas, o se debería seguir aceptando proyectos cuyo cuerpo receptor final sea, por ejemplo, un lago?

- ¿qué características deberían tener los terrenos a regar con el efluente tratado? ¿Cuáles son las superficies de terreno que se requieren según los caudales de efluentes generados? ¿Hay disponibilidad de los mismos?

- ¿cómo se hace para evaluar la alternativa de disposición final más conveniente desde el punto de vista técnico, económico y ambiental?

### I.3. OBJETIVOS

Todos estos interrogantes son los que llevan a plantear los siguientes **objetivos** de trabajo:

1) *realizar una recopilación bibliográfica sobre el reuso de aguas residuales tratadas, formas de aprovechamiento del recurso y medidas de protección de la salud humana.*

2) *analizar la situación actual del reuso de aguas residuales tratadas a nivel mundial en especial en América latina, experiencias realizadas y normativas vigentes.*

3) *evaluar la aplicación del reuso de aguas residuales tratadas en Argentina, normativas vigentes, provincias pioneras.*

4) *presentar otras experiencias de reuso de aguas residuales tratadas para riego en la provincia de Río Negro, analizar la normativa que las encuadra.*

5) *recopilar algunas experiencias de reuso de aguas residuales tratadas para riego realizadas en regiones con características comparables a la Región Andina.*

6) *discutir la factibilidad de implementación del reuso de aguas residuales tratadas para riego en la Región Andina de la provincia de Río Negro.*

# **PARTE II**

# **DESARROLLO**

## II.1. CONCEPTOS GENERALES SOBRE PRÁCTICAS DE REUSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS

El concepto moderno que se desarrolla actualmente en los proyectos de saneamiento y en los sectores políticos de decisión, es aquel que contempla no solo la recolección y tratamiento de los líquidos cloacales, sino también su disposición final, sin contaminar el recurso superficial y subterráneo (DGI, 2002).

A continuación se describen los diferentes tipos de tratamientos que pueden recibir las aguas residuales y luego las distintas formas en que se pueden disponer las mismas, haciendo hincapié en su aprovechamiento para uso agrícola y recreacional. La bibliografía general que describe esta temática es numerosa y extensa: Metcalf & Eddy, 2007; OMS, 1973; OMS, 1989; OMS, 2006; USEPA, 2004 entre otras.

### II.1.1. Tratamiento de las aguas residuales

Las aguas residuales antes de ser reutilizadas deben recibir tratamientos adecuados que modifiquen sus condiciones físicas, químicas y microbiológicas de forma tal de obtener un efluente que no genere problemas de contaminación al hombre y su ambiente. Por ello los procesos de tratamiento de las aguas residuales cumplen la función de eliminar los residuos sólidos, la materia orgánica, los microorganismos patógenos, metales pesados y en ciertas ocasiones elementos nutritivos. Según el grado de tratamiento realizado se los denomina: tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario o avanzado.

**Tratamiento preliminar:** a través de una separación mecánica como rejillas, tamices, desengrasadores, etc. se eliminan objetos y constituyentes que puedan ocasionar trastornos en la planta de tratamiento. Tiene como objetivo proteger las instalaciones de la planta de residuos tales como: arenas, piedras, trapos y papeles.

**Tratamiento primario:** a través de procesos químicos y/o físicos como decantadores, barridos superficiales, filtros o la adición de productos químicos se apunta a eliminar sólidos suspendidos de consistencia floculosa o compacta presentes en las aguas residuales.

**Tratamiento secundario:** procesos biológicos aerobios o anaerobios en los que los microorganismos intervienen en la transformación de la materia orgánica biodegradable tanto disuelta como coloidal del efluente convirtiéndola en compuestos estables más sencillos. Estos tratamientos se pueden dividir en: procesos de alta carga y procesos de baja carga. Entre los procesos de alta carga, se pueden mencionar los lodos activados, los filtros percoladores y las lagunas anaeróbicas. Entre los procesos de baja carga se incluyen las lagunas aerobias y facultativas.

**Tratamiento terciario y avanzado:** a través de modificaciones especiales aplicadas al agua residual tratada se pueden remover nutrientes, patógenos, metales pesados u otros compuestos orgánicos no eliminados en el tratamiento secundario.

### **II.1.2. Disposición de las aguas residuales tratadas**

Los posibles destinos que se le puede dar a este efluente tratado son: vuelco directo a un cuerpo receptor hídrico natural o artificial (lago, río, arroyo, pluvial, colector de drenaje, colectora cloacal), vuelco indirecto a un cuerpo receptor hídrico a través del suelo (infiltración, pozo absorbente) o reutilización del efluente en sistemas cerrados de tratamiento, potabilización o diferentes tipos de riego.

Las principales formas de reutilización del agua residual por medios directos o indirectos se resumen en la Tabla 1.II.

Tabla 1.II. Usos potenciales del agua recuperada (Metcalf & Eddy, 2007)

Uso	Directo	Indirecto
<b>Municipal</b>	Riego de campos de golf o parques, riego de césped con sistema de distribución independiente, recurso potencial de aguas para abastecimiento de municipio	Recarga de agua subterránea para reducir el agotamiento de los acuíferos
<b>Industrial</b>	Agua para torres de refrigeración. Agua de alimentación de calderas. Agua para proceso.	Recarga de acuífero para uso industrial.
<b>Agrícola</b>	Irrigación de ciertos campos agrícolas, cultivos, huertos, pastos y bosques, lixiviación del suelo	Recarga de acuífero para usos agrícolas
<b>Recreativo</b>	Construcción de lagos artificiales para usos náuticos, natación etc., piscinas.	Desarrollo de zonas de pesca y áreas acuáticas
<b>Otros</b>	Recarga de acuíferos para controlar la intrusión de agua salada, control del equilibrio salino en el agua subterránea, agente humectante para la compactación de residuos.	Recarga de acuíferos para controlar los problemas de asentamiento del terreno, re presurización de los pozos de petróleo, compactación de terreno.

### II.1.2.1. Reuso de las aguas residuales tratadas para uso agrícola.

Para generar los alimentos que requiere una persona por día hacen falta 300 L de agua, por lo que el consumo de agua con fines agrícolas es el mayor del planeta (Silva *et al.*, 2008). En áreas donde el agua es escasa, las aguas residuales tratadas constituyen un recurso muy apreciado. Además los nutrientes presentes en estas aguas tienen valor como fertilizantes y aumentan el rendimiento de los cultivos. Los principales cultivos que son regados con aguas residuales son los forrajeros, el maíz, el trigo, la cebada, la caña de azúcar y la remolacha. Con un buen manejo del riego y un muy buen sistema de tratamiento también pueden regarse frutas y vegetales.

Si las aguas residuales son reutilizadas con fines agrícolas sin un tratamiento previo adecuado pueden generar un alto riesgo en la salud de los trabajadores como de la población en general. Estas aguas pueden causar enfermedades entéricas provocadas por bacterias patógenas (salmonellas, shigellas, vibriocholearae), parásitos y virus. Además si las mismas reciben efluentes de tipo industrial pueden llegar a contener elementos potencialmente tóxicos (metales pesados). Estos elementos se bioacumulan en los vegetales y frutos ingresando así a la cadena alimentaria en concentraciones tóxicas para el hombre. Existen compuestos orgánicos que se acumulan en los tejidos grasos. Estos compuestos presentes en el efluente son asimilados por los

vegetales que consume el ganado y luego son ingeridos por el hombre a través de los productos elaborados como leche, quesos, manteca, etc.

Para proteger la salud de las personas y aprovechar las aguas residuales para reuso agrícola se deben tomar principalmente cuatro medidas: tratar las aguas, restringir los cultivos, controlar los diferentes usos, y regular la exposición a las mismas fomentando la higiene. De éstas el tratamiento de las aguas residuales y la restricción de los cultivos han sido las más ampliamente utilizadas en los sistemas de aprovechamiento controlado (León Suematsu, 1995).

En la Tabla 2.II. se describen los diferentes componentes presentes en las aguas residuales, los parámetros de calidad a analizar y las razones de interés que tiene estudiar dichos parámetros.

Tabla 2.II. Componentes presentes en las aguas residuales (USEPA, 2004).

<b>Componente</b>	<b>Parámetro de calidad</b>	<b>Razones de interés</b>
<b>Materia en Suspensión</b>	Materia en suspensión incluyendo la porción volátil y la inorgánica	La materia en suspensión puede dar origen al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar en un medio acuático. Una cantidad excesiva de materia orgánica en suspensión puede obstruir el sistema de riego.
<b>Materia Orgánica Biodegradable</b>	Demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno	Estas sustancias están compuestas principalmente por carbohidratos, proteínas y grasas. Una vez vertidas en el medio ambiente, su descomposición biológica puede dar lugar al agotamiento del oxígeno disuelto en las aguas receptoras y en la aparición de condiciones anaerobias.
<b>Patógenos</b>	Coliformes totales y Coliformes fecales	Estos organismos son indicadores de higiene deficiente y contaminación fecal, pudiendo también encontrar organismos patógenos como Salmonella, V. Cólera y también virus y parásitos
<b>Sustancias Orgánicas estables</b>	Compuestos tales como fenoles, pesticidas e hidrocarburos clorados	Estas sustancias ofrecen una gran resistencia a los métodos de tratamientos convencionales.
<b>Metales Pesados</b>	Cd, Zn, Ni, Hg	Estos son tóxicos para plantas, animales y el hombre.
<b>Sustancias Inorgánicas disueltas</b>	Na, Ca, Mg, Cl, B	En cantidades excesivas son tóxicos para ciertas plantas y en algunos casos pueden presentar problemas sobre el suelo.

La eliminación de agentes patógenos es el principal objetivo del tratamiento de aguas residuales para aprovechamiento. La calidad de las

aguas residuales y las normas para aprovechamiento a menudo se expresan según el máximo número permisible de bacterias coliformes fecales, ya que este grupo es un indicador con un grado mayor de fiabilidad que el utilizar como indicador la cantidad de coliformes totales, pues no todas las coliformes son de origen fecal. Los coliformes fecales son indicadores menos satisfactorios de los virus excretados y tienen uso muy limitado cuando se trata de protozoarios y helmintos, para los cuales no existen indicadores seguros.

En la Tabla 3.II. se indican las directrices recomendadas sobre la calidad de las aguas residuales empleadas en agricultura emitidas en la declaración de Engelberg (Veliz Lorenzo *et al.*, 2009).

Tabla 3.II. Directrices para reuso de aguas residuales tratadas en agricultura<sup>1</sup> (Veliz Lorenzo *et al.*, 2009).

<b>Categoría</b>	<b>Condiciones de aprovechamiento</b>	<b>Grupo expuesto</b>	<b>Nematodos<sup>2</sup> intestinales (media aritmética huevos/L)</b>	<b>Coliformes<sup>3</sup> fecales (media geométrica /100 mL)</b>	<b>Tratamiento de aguas residuales necesario para lograr la calidad microbiológica exigida</b>
<b>A</b>	Riego de cultivos que comúnmente se consumen crudos, campos de deporte, parques públicos	Trabajadores, consumidores, público	< 1	< 1000	Serie de estanques de estabilización que permiten lograr la calidad microbiológica indicada o tratamiento equivalente.
<b>B</b>	Riego de cultivos de cereales industriales <sup>4</sup> y forrajeros, praderas <sup>4</sup> y arboles <sup>5</sup>	Trabajadores	<1	No se recomienda ninguna forma	Retención en estanques de estabilización por 8 a 10 días o eliminación equivalente de helmintos y Coliformes fecales
<b>C</b>	Riego localizado de cultivos en la categoría B cuando ni los trabajadores ni el público están expuestos	Ninguno	No es aplicable	No es aplicable	Tratamiento previo según lo exija la tecnología de riego por no menos que sedimentación primaria.

1. En casos específicos, se deberían tener en cuenta los factores epidemiológicos, socioculturales y ambientales de cada lugar y modificar las directrices de acuerdo con ello.
2. Especies de Áscaris y Trichuris y Anquilostomas.
3. Durante el período de riego.
4. Conviene establecer una directriz más estricta (<200 coliformes fecales por 100 ml) para prados públicos, como los de los hoteles con los que el público puede entrar en contacto directo.
5. En el caso de los árboles frutales, el riego debe cesar dos semanas antes de cosechar la fruta y ésta no se debe recoger del suelo. No es conveniente regar por aspersión.

De acuerdo al grado de medidas que se tomen para proteger la salud de las personas los cultivos pueden agruparse en tres categorías.

**Categoría A:** aquí se incluyen cultivos que se consumen crudos, frutas regadas por aspersión y lugares sembrados de pasto (campos de deporte, parques públicos y prados). Se necesita protección para los consumidores, los trabajadores agrícolas y el público en general.

**Categoría B:** esto incluye cultivos de cereales, cultivos industriales y cultivos alimenticios empleados en la fabricación de enlatados, cultivos forrajeros, praderas y árboles. En ciertas circunstancias, se podría considerar que algunos de los cultivos pertenecen a la categoría B si no se consumen crudos como por ejemplo la papa o en otros casos crecen alejados del suelo. Se necesita protección sólo para trabajadores agrícolas.

**Categoría C:** en esta categoría se incluye a los cultivos de la categoría B, los que son regados por riego localizado de forma tal de no haber exposición del público ni del trabajador.

Las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la reutilización de las aguas residuales tratadas en agricultura se presentan en la Tabla 4.II. Las mismas se centran en el análisis de los valores de coliformes fecales y nematodos intestinales presentes en el agua residual para definir su uso.

Tabla 4.II. Recomendaciones de la OMS para reutilización de aguas residuales para riego agrícola (adaptado de Veliz Lorenzo *et al.*, 2009).

<b>Cultivos</b>	<b>Grupo expuesto</b>	<b>Nematodos intestinales (media aritm. huevos/L)</b>	<b>Coliformes fecales(media geométrica /100 mL)</b>	<b>Tratamiento de aguas residuales necesario para lograr la calidad microbiológica exigida</b>
<b>Hortalizas y frutas crudas</b>	Trabajador, consumidor	< 1	<1000	Estanques de estabilización <sup>1</sup> o equivalente.
<b>Cereales y cultivos para conserva</b>	Trabajador	<1	.....	Estanques de estabilización <sup>1</sup> o equivalente

<sup>1</sup> Cuatro a seis estanques de estabilización con tiempo mínimo de retención de 20 días a temperaturas>20°C.

En la Tabla 5.II. se presentan las normativas de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) para uso de aguas residuales tratadas en agricultura. En este caso el reuso de las aguas residuales tratadas para riego de diferentes cultivos va a depender del tipo de tratamiento que se le de al efluente, las distancias de seguridad con respecto a fuentes de agua potable y el público y la calidad del propio efluente.

Tabla 5.II. Normativa de la USEPA sobre reutilización de aguas residuales para riego agrícola (Veliz Lorenzo *et al.*, 2009).

<b>Tipo de reutilización</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Calidad</b>	<b>Distancia de Seguridad</b>
<b>Riego de cultivos comestibles no procesados comercialmente</b>	Secundario Filtración Desinfección	pH= 6-9 <10mg/l DBO <sub>5</sub> <2 UNT 0 CF/100 ml 1 mg/l ClO <sub>2</sub>	A 15 m de fuentes o pozos de agua potable. A 30 m de zonas permitidas al público.
<b>Riego de cultivos que se consumen procesados</b>	Secundario Desinfección	pH= 6-9 <30mg/l DBO <sub>5</sub> <30mg/l SS 200 CF/100 ml 1 mg/l ClO <sub>2</sub>	A 90 m de fuentes o pozos de agua potable. A 30 m de zonas permitidas al público.
<b>Riego de cultivos de animales productores de leche y cultivos industriales</b>	Secundario Desinfección	pH= 6-9 <30mg/l DBO <sub>5</sub> <30mg/l SS 200 CF/100 ml 1 mg/l ClO <sub>2</sub>	A 90 m de fuentes o pozos de agua potable. A 30 m de zonas permitidas al público.

DBO<sub>5</sub> Demanda Biológica de Oxígeno en cinco días. UNT Unidades nefelométricas de turbiedad. SS Sólidos suspendidos. CF Coliformes Fecales.

Al momento de evaluar el tipo de tratamiento que se deberá adoptar para reusar las aguas residuales con fines agrícolas se deben tener en cuenta varios factores a la vez (Veliz Lorenzo *et al.*, 2009):

- tipo de cultivo (pueden asimilar diferentes calidades de agua).
- contenido de nutrientes exigidos (para eliminar o reducir el uso de productos agroquímicos).
- manejo laboral de las aguas residuales y del riego para la protección de los agricultores (contenido de patógenos).
- criterios de Salud Pública para la protección de los consumidores (contenido de patógenos).
- técnicas y sistemas de riego (contenido de partículas que pudieran bloquear o tapar las boquillas u orificios de salida).

El agua de riego puede aplicarse al terreno por inundación, mediante surcos, por aspersión, por riego del subsuelo, o por riego localizado o goteo. Las ventajas y los inconvenientes de la aplicación de cada método cuando se emplean aguas residuales se muestran en la Tabla 6.II. Si el agua residual tratada se ajusta a la calidad recomendada por las directrices de la OMS, se puede usar cualquiera de los cinco métodos.

Tabla 6.II. Factores que afectan la elección del método de riego y medidas necesarias cuando se emplean aguas residuales (León Suematsu, 1995).

<b>Método de riego</b>	<b>Factores que afectan la elección</b>	<b>Medidas especiales para aguas residuales</b>
<b>Riego por inundación</b>	Costo mínimo, no se requiere nivelación del terreno.	Protección completa para los trabajadores del campo, para los que manipulan las cosechas y para los consumidores.
<b>Riego mediante surcos</b>	Costo reducido, puede ser necesaria la nivelación del terreno.	Protección para los trabajadores del campo y tal vez para los manipuladores de las cosechas y los consumidores.
<b>Riego por aspersores</b>	Aprovechamiento medio del agua, no se requiere nivelar el terreno.	No deben cultivarse algunos productos de la categoría B, sobre todo árboles frutales. Distancia mínima de 50 a 100 m respecto a viviendas y caminos.
<b>Riego subterráneo y localizado</b>	Aprovechamiento medio del agua, no se requiere nivelar el terreno.	Filtración para evitar la obstrucción de los emisores.

### **II.1.2.2. Reuso de las aguas residuales para riego de parques, jardines públicos y campos deportivos**

La calidad de las aguas residuales a utilizar para estos fines debe ser similar a aquellos utilizados con fines agrícolas. La ventaja es que las plantas que se van a regar como el césped o las plantas ornamentales son más tolerantes que los cultivos agrícolas. El efluente deberá tener muy baja turbiedad y sólidos en suspensión a fin de evitar la obstrucción de los sistemas de riego.

Este tipo de uso directo del recurso puede generar un riesgo potencial para la salud humana mayor que el que presenta el riego de verduras consumidas crudas. La Tabla 7.II. presenta las recomendaciones de la OMS para el riego de campos deportivos y de zonas verdes con acceso público, mientras que la norma de la USEPA para este uso se muestra en la Tabla 8.II. Al igual que lo que ocurre para el uso agrícola de efluentes tratados, la OMS propone el tipo de uso que se le pueda dar al efluente en función de los valores de coliformes fecales y nematodos intestinales que presenten. La USEPA, por

su parte, es mucho más estricta al respecto admitiendo diferentes usos en función del tipo de tratamiento que haya recibido el efluente, la distancia del mismo a fuentes de agua potable y acceso al público y la calidad del efluente.

Tabla 7.II. Recomendaciones de la OMS para el riego de campos deportivos y de zonas verdes con acceso público (adaptado de Veliz Lorenzo *et al.*, 2009).

Contacto	Grupo expuesto	Nematodos intestinales (Nº huevos/L)	Coliformes fecales NMP/100 mL	Tratamiento de aguas residuales necesario para lograr la calidad microbiológica exigida
<b>Directo</b>	Trabajadores, público	< 1	200	Estanques de estabilización <sup>1</sup> o equivalente.
<b>Indirecto</b>	Trabajadores, público	<1	1000	Estanques de estabilización <sup>1</sup> o equivalente

<sup>1</sup> Cuatro a seis estanques de estabilización con tiempo mínimo de retención de 20 días a temperaturas >20°C.

Tabla 8.II. Normativa de la USEPA sobre reutilización de aguas residuales para riego de campos deportivos y de zonas verdes con acceso público (Veliz Lorenzo *et al.*, 2009).

Tipo de reutilización	Tratamiento	Calidad	Distancia de Seguridad
<b>Riego de parques, campos de golf, cementerios, lavados de coches.</b>	Secundario Filtración Desinfección	pH= 6-9 <10mg/l DBO <sub>5</sub> <2 UNT 0 CF/100 ml 1 mg/l ClO <sub>2</sub>	A 15 m de fuentes o pozos de agua potable.
<b>Riego de árboles y parques con acceso público prohibido o infrecuente.</b>	Secundario Desinfección	pH= 6-9 <30mg/l DBO <sub>5</sub> <30mg/l SS 0 CF/100 ml 1 mg/l ClO <sub>2</sub>	A 90 m de fuentes o pozos de agua potable. A 30 m de zonas permitidas al público.

DBO<sub>5</sub> Demanda Biológica de Oxígeno en cinco días. UNT Unidades nefelométricas de turbiedad. SS Sólidos suspendidos. CF Coliformes Fecales.

## II.2. REUSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS A NIVEL MUNDIAL

### II.2.1. Experiencias

La utilización de las aguas residuales data de tiempos remotos y su evolución en cuanto al tratamiento y utilización se puede clasificar en tres grandes épocas (Arreguín Cortes *et al.*, 1999):

- Entre el 3000 A.C. y 1850:

De esta época se registran vestigios de ancestrales sistemas de conducción y desalojo de aguas residuales en Atenas, la antigua Roma, Londres, Boston y París o en viejas granjas de Alemania e Inglaterra.

- Entre 1850 y 1950:

Esta época puede considerarse como el despertar del saneamiento. La proliferación de enfermedades infectocontagiosas en áreas urbanas cada vez más densamente pobladas, a raíz del comienzo de la revolución industrial, generó rápidos avances en el área del conocimiento de la salud pública. Algunos acontecimientos importantes de ésta época son el control de la epidemia del cólera en Londres por John Snow en 1850, el desarrollo de la teoría de la prevención de la tifoidea por Budd en Inglaterra, el avance de la microbiología con Koch en Alemania y con Pasteur en Francia, el uso del cloro como desinfectante y el conocimiento de su cinética y el uso de los procesos biológicos para el tratamiento de las aguas residuales en el año 1904 por Ardem y Lockett en Inglaterra (Arreguín Cortes *et al.*, 1999).

- A partir de 1950:

Pese a que la utilización de aguas residuales en áreas agrícolas proviene de los tiempos antiguos, la mayor proliferación de sistemas de aplicación de aguas residuales en el suelo ocurrió durante la segunda mitad del siglo XX, principalmente en países como Alemania, Australia, Estados Unidos, Francia, India, Inglaterra, México y Polonia (Silva *et al.*, 2008). Países como África del Sur, Alemania, Arabia Saudita, Argentina, Australia, Chile, China, Estados Unidos, India, Israel, Kuwait, México, Perú, Sudán y Túnez comenzaron a plantearse la optimización en el aprovechamiento de los recursos hídricos a partir del período de la posguerra (Silva *et al.*, 2008).

Muchos agricultores especialmente aquellos ubicados en las áreas urbanas, utilizan las aguas residuales porque, además de los beneficios de su uso, no tienen ningún costo y son abundantes, aún durante la época de sequías (Silva *et al.*, 2008). Se estima que un 10% de los cultivos del mundo son regados con aguas residuales, a menudo con aguas sin tratar o con tratamientos insuficientes. Por ejemplo, en países del Sudeste Asiático (como China con más de un millón de ha irrigadas), de América latina y de África, el riego con aguas residuales se hizo durante décadas de manera espontánea y no planificada por parte de los agricultores más pobres de las áreas urbanas y periurbanas (Silva *et al.*, 2008). En los países desarrollados el uso planificado del agua residual tratada es más común como es el caso de Israel, Australia, Alemania y Estados Unidos (Veliz Lorenzo *et al.*, 2009). En Israel, el 67% del agua residual es usada para riego; en India, el 25% y en Sudáfrica, el 24% (Silva *et al.*, 2008).

### **II.2.2. Marco Legal**

Los intentos por crear normas que permitan regular el reuso de las aguas residuales tratadas a nivel internacional han generado desde los comienzos dos directrices con énfasis en diferentes objetivos sobre el reuso.

Una de ellas, conocida como “Título 22”, la generó el estado de California en los Estados Unidos en el año 1978. Esta norma se ha basado en el concepto de “riesgo nulo” a partir de una evaluación teórica de los posibles riesgos que pueda causar a la salud la supervivencia de agentes patógenos en las aguas residuales y el medio, más que en el riesgo real. Es sumamente estricta en cuanto a los requerimientos de tratamiento de las aguas residuales para poder ser utilizadas para riego. Establece la necesidad de realizar un tratamiento biológico convencional al efluente y posteriormente un tratamiento terciario y desinfección. Esta directriz requiere de tecnologías de tratamiento muy costosas que hacen inviable su uso en países no desarrollados (Manga *et al.*, 2001). Además, por ser muy restrictiva en los límites de carga orgánica (DBO<sub>5</sub>), desaprovecha el valor fertilizante de los mismos.

Por su parte la OMS genera las primeras publicaciones sobre reuso de efluente en 1973 (OMS Serie Reportes Técnicos, N° 517, 1973) y en 1989 las

“Guías de salud para el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura” (OMS Serie Reportes Técnicos, N° 778, 1989 y 2° edición Mara y Cairncross, 1989). Las mismas estipulan criterios de calidad de carácter microbiológico y sólo se presenta un límite para las coliformes fecales, con un valor de Unidades Formadoras de Colonia (UFC) <1000/100 ml y para los huevos de nematodos intestinales <1/litro. Estas normas fueron pensadas para países en vías de desarrollo en los que unas medidas innecesariamente rigurosas conducirían, probablemente, a que fueran ignoradas por completo (OMS: Mara y Cairncross, 1989). Debido a su difícil detección y su alto costo de estudio no se plantea un límite para presencia de virus, utilizándose los coliformes fecales como indicadores indirectos de presencia de los mismos. En este caso sistemas de tratamiento de bajo costo y mantenimiento como los sistemas de lagunas de estabilización en serie permiten alcanzar los parámetros microbiológicos deseados (Normas del ENOHSA, 1995).

Las directrices de la OMS son cuestionadas por parte de muchos organismos internacionales pero, sin embargo, las mismas constituyen un punto de partida importante para el desarrollo de normativas regionales. Además, la experiencia adquirida en estos años, las nuevas tecnologías y el conocimiento desarrollado sobre los riesgos reales de esta actividad, han llevado a los países a definir criterios sanitarios y ambientales cada vez más flexibles que permiten evaluaciones especiales según cada proyecto.

Varios países fueron generando sus propias directrices tomando en muchos casos éstas como referencia. Por ejemplo España, Francia, y varios países de América latina se han inspirado en las directrices de la OMS para generar sus propias recomendaciones, mientras que Italia por su parte, se inspira fundamentalmente en las normas de California (Manga *et al.*, 2001). Estados Unidos además de las directrices de California cuenta con las normas de la USEPA y las de otros Estados como Arizona y Florida. Los criterios de calidad para cada caso no son uniformes variando desde posiciones muy estrictas hasta algunas extremadamente flexibles. Actualmente en Estados Unidos es la USEPA quien recomienda una normativa a nivel federal sobre la reutilización de aguas residuales para uso agrícola, para aquellos Estados que no han desarrollado su propia regulación. Algunos otros países que cuentan

con legislación propia son Arabia Saudita, Israel, Túnez, Omán, Sudáfrica, Australia, Alemania, Nueva Zelandia y Canadá (Manga *et al.*, 2001).

La OMS reafirmó en el año 2006 las directrices que habían sido recomendadas en 1989 a través de la publicación de la 3° edición de "Uso seguro de aguas residuales, excretas y aguas grises" (OMS 3° edición, 2006; vol. 1-4 y vol. 5 sin publicar). En los últimos años expertos de la OMS especialistas en el análisis de riesgo real del uso de aguas residuales tratadas recomendaron normas menos estrictas para los coliformes fecales y más estrictas para los huevos de helmintos. Según se observó, son el mayor riesgo real para la salud. En muchos países en desarrollo que hacen uso de las aguas residuales las helmintiasis son endémicas (Blumenthal *et al.*, 2000).

La concepción actual sobre el aprovechamiento de las aguas residuales tratadas con fines benéficos maximizando la protección de la salud reconoce que: las normas excesivamente estrictas tomadas de otros países generalmente fracasan y que las guías son solo números por lo que se hace necesario poder generar buenas prácticas junto con normas microbiológicas adecuadas (Silva, 2006). Se tiende a que cada país o región pueda plantear su "nivel de protección de salud deseado" determinando la importancia relativa de las enfermedades para cada situación y considerando en cada caso las capacidades institucionales, económicas y sociales. Se pasa de pensar en el "riesgo teórico" o "riesgo real" para pasar a referirse a "riesgo tolerable". Las metas de salud a alcanzar definen el nivel de protección que es relevante para cada peligro (Rotavirus, Campylobacter, Cryptosporidium, etc.) basadas en una medida estándar denominada  $10^{-6}$  AVAD (años de vida ajustados según discapacidad) que corresponde a la carga estimada de enfermedad asociada con una diarrea leve o a un riesgo anual de enfermedad por persona por año (Silva, 2006). Por ejemplo en la Tabla 9.II. se muestran las diferentes metas de salud propuestas para el uso de aguas residuales tratadas en agricultura.

Tabla 9.II. Metas de salud propuestas para el uso de aguas residuales en agricultura (Silva, 2006).

Escenario de exposición	Meta de Salud (AVAD*/persona x año)	Reducción requerida de patógenos (log <sub>10</sub> )	Número de Huevos Helminto/litro
Irrigación no restringida	$\leq 10^{-6}$	6-7	$\leq 1$
Irrigación restringida	$\leq 10^{-6}$	3-4	$\leq 1$
Riego por goteo	$\leq 10^{-6}$	2-4	$\leq 1$

\*AVAD: carga estimada de enfermedad asociada con una diarrea leve o a un riesgo anual de enfermedad por persona por año

### II.2.3. La administración ecoeficiente de los recursos naturales y el reuso de las aguas residuales tratadas

La vulnerabilidad que poseen los sistemas naturales intervenidos por el hombre comenzó a ser tema de discusión y comunicación científica a partir de la década del '70. En el conocido Informe Brundtland, redactado en 1987 por la Doctora G. H. Brundtland a la ONU, se enuncia que, las necesidades de las generaciones presentes deben ser satisfechas sin que se comprometan los recursos para las generaciones futuras. Esta idea da origen a la definición actual de Desarrollo Sustentable asumida a nivel mundial en la Declaración de Río de 1992.

El concepto de desarrollo sustentable establece que los factores económicos, sociales y ambientales pueden interactuar de manera que no se perjudiquen entre ellos. Es decir, fomenta el desarrollo humano en equilibrio con su ambiente. Algo muy importante del concepto de desarrollo sustentable es promover la equidad y la justicia teniendo un pensamiento a largo plazo. Por eso las actuales generaciones tienen el compromiso de dejarle un mejor lugar a las generaciones futuras. De manera que la administración de un determinado recurso o ambiente se considera Ecoeficiente cuando actúa, invierte, presta servicios y elabora productos de la mejor calidad posible, con el menor consumo de recursos naturales (M.M.E., 2009).

La implementación de sistemas de tratamiento y la reutilización de sus aguas residuales tratadas cubre los tres principios del desarrollo sustentable respondiendo a una administración Ecoeficiente de los recursos. Por un lado, se protege la salud de la población tratando sus aguas residuales, por otra parte se preserva el medio ambiente evitando las descargas directas a cuerpos de agua y por último, se genera un ahorro económico utilizando esta fuente de

agua para riego en lugar de agua potable. No se pretende con ello dar prioridad a la sostenibilidad ambiental por sobre la económica y social planteando objetivos inalcanzables. Por ejemplo: una planta de tratamiento en regiones del mundo con bajos recursos que requiera gastos de mantenimiento sumamente altos de operación es menos sostenible que una planta menos eficiente de menor tecnología.

## II.3. REUSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS EN AMERICA LATINA

### II.3.1. Experiencias

Debido a la intensa migración que se produjo de la población rural hacia las ciudades a partir de los años 50', América latina ha incrementado hacia fines del siglo XX su población urbana en un 73,6%. Actualmente hay más de 360 millones de personas habitando en ciudades del continente Sudamericano. Esto ha obligado a atender con prioridad el abastecimiento en servicios de agua potable y saneamiento, dejando de lado el tratamiento de las aguas residuales así como el tratamiento de los residuos sólidos (Moscoso y Egocheaga, 2002).

Este problema demanda de una atención urgente y prioritaria dado que son muchos los problemas sanitarios que acarrea la falta de un tratamiento adecuado de las aguas residuales. La Organización Panamericana de la Salud (OPS) señaló en 1998 que menos del 14% de las aguas residuales domésticas colectadas en América latina recibían algún tratamiento antes de ser dispuestas en ríos y mares y solo el 6% tenía un tratamiento adecuado. Más de 500.000 ha del continente son irrigadas directamente con aguas residuales con tratamientos insuficientes o sin tratar para uso agrícola. Los principales países que realizan este tipo de práctica son México con alrededor de 350.000 ha irrigadas, Chile con 16.000 ha, Perú con 6.600 ha y Argentina con 37.000 ha (Veliz Lorenzo *et al.*, 2009). En Cuba esta práctica no es común y solo se utilizan las aguas residuales de algunos hoteles para riego de sus áreas verdes y campos de golf (Veliz Lorenzo *et al.*, 2009).

El Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá (IDRC) y la Organización Panamericana de la Salud-Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS) suscribieron en el año 2000 un convenio para que el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) ejecutara durante 30 meses el "Proyecto de Investigación Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América latina: Realidad y Potencial, período 2000-2002". Su objetivo general fue estudiar las experiencias de América latina en el tratamiento de aguas residuales domésticas y su uso sanitario en agricultura urbana para recomendar

estrategias de diseño e implementación de estos sistemas integrados e identificar nuevas oportunidades.

Se seleccionaron 18 casos de estudio de 16 países de la región que representaron las cuatro situaciones del manejo de las aguas residuales: con tratamiento y reuso, con tratamiento sin reuso, sin tratamiento y sin reuso, sin tratamiento y con reuso.

Los estudios de caso mostraron que (Moscoso y Egocheaga, 2002):

- El uso de las aguas residuales está orientado principalmente, al riego de cultivos que se procesan antes de su consumo como maíz y arroz, en otros casos a hortalizas, vegetales y frutos que se consumen crudos y en menor medida a forrajes y algunos cultivos industriales como algodón y árboles maderables.
- En la mayoría de los casos, el agua residual es la única fuente de abastecimiento de agua y se aplica a los campos mayormente mediante riego por inundación.
- Las tecnologías de tratamiento empleadas fueron fundamentalmente las lagunas de estabilización facultativas o aerobias.

Este proyecto permitió concluir que en los países analizados se está prestando mayor atención a la cobertura de la red cloacal antes que al tratamiento de aguas residuales. Los estudios mostraron que los agricultores ignoran los riesgos a la salud asociados al riego con aguas residuales. En todos los casos, la actividad agrícola se desarrolla al margen de las exigencias de tratamiento y no existen mecanismos de coordinación entre las empresas de agua y otras instituciones involucradas (Moscoso y Egocheaga, 2002).

Este proyecto iniciado en el año 2000 continuó su ejecución en sucesivas etapas. Las mismas pretenden acompañar la implementación de sistemas integrados de tratamiento que contemplen el reuso adecuado de los efluentes tratados: Venegas Gálves, 2002; Manrique, *et al.*, 2002 y Moscoso *et al.*, 2002, entre otros.

Más del 70% de las aguas residuales que se reutilizan en *México* son con fines agrícolas. El aprovechamiento del efluente con estos fines data de 1890 cuando se comienza a aprovechar en la región de Mezquital en Tula para el riego por inundación de cereales, hortalizas y alfalfa. En regiones donde hay

poca disponibilidad de agua, las aguas residuales municipales son reutilizadas aún cuando en la mayoría de los casos se hace en forma inapropiada (Arreguín Cortes *et al.*, 1999).

*Colombia* aprovecha también las aguas residuales domiciliarias crudas o parcialmente tratadas principalmente para cultivos pero también con fines industriales y agroindustriales. En la sabana de Bogotá, por ejemplo, en el distrito de riego y drenaje de la Ramada, se riega un caudal de 1,5 m<sup>3</sup>/s (Silva *et al.*, 2008).

*Perú* fue uno de los primeros países latinoamericanos que logró experiencias en el uso de aguas residuales domésticas para el desarrollo de áreas verdes productivas y recreativas. Por ejemplo el proyecto de San Juan de Miraflores, implementado desde 1964, constituyó un modelo internacional para tratar esta agua a bajo costo y aprovecharla en cultivos agrícolas, piscícolas y forestales que permitieron desarrollar 600 hectáreas en el desierto sur de Lima. Luego le siguieron proyectos en Tacna (M.M.E., 2009).

Muchos municipios de *Brasil* utilizan las aguas residuales para uso principalmente agrícola (USEPA, 2004). Por ejemplo en la ciudad de Curitiba, se reusa el efluente proveniente de la planta de tratamiento con fines agrícolas (Silva *et al.*, 2008).

En *Chile* la cobertura de tratamiento de aguas residuales es muy baja por lo que son muchos los esfuerzos que está realizando el gobierno para mejorar esta situación. El reuso de las aguas residuales con sistemas de tratamiento insuficientes ha sido aplicado durante años en Chile cerca de las grandes ciudades, como por ejemplo en las inmediaciones de Santiago lo que ha acarreado serios problemas sanitarios (USEPA, 2004).

Otros países como *Guatemala* (Arévalo *et al.*, 2009), *Nicaragua* (Umaña Gómez, 2006), *Venezuela* (Silva *et al.*, 2008), *Cuba* (Veliz Lorenzo *et al.*, 2009), *Bolivia*, *República Dominicana*, *Costa Rica* y *Argentina* (Moscoso y Egocheaga, 2002) vienen realizando experiencias de reuso de las aguas residuales tratadas para diferentes usos, mostrando una tendencia marcada del crecimiento de esta práctica.

### **II.3.1. Marco Legal**

Entre los países de América latina que cuentan con su propio reglamentado de reuso de aguas residuales tratadas se encuentran Costa Rica (Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente, 1997), México (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 1997), El Salvador (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2000), Chile (Ministerio de Obras Públicas, 1987) y Colombia (Ministerio de Salud, 1984).

Los demás países que aún no cuentan con una reglamentación a nivel nacional sobre el reuso de sus aguas residuales tratadas toman en general como referencia las normativas establecidas por la USEPA en relación a la clasificación de los tipos de reuso, y las directrices de la OMS en lo referido a límites máximos permisibles (Silva *et al.*, 2008). En Cuba los hoteles que realizan reuso para riego se guían por normas internacionales en especial las de la USEPA (Veliz Lorenzo *et al.*, 2009).

## II.4. REUSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS EN ARGENTINA

### II.4.1. Experiencias

Según datos actualizados a 2010 por el INDEC en el último Censo poblacional, de un total de 12.171.657 hogares 6.473.354 tenían acceso a desagües cloacales, es decir 53,1% (Diario El Cronista, 2011). En nuestro país sólo el 10% del volumen total de las aguas residuales domésticas recolectadas por los sistemas de desagües cloacales son tratados por un sistema de depuración (INDEC, 2001). Sin embargo, hay ciudades como Mendoza, Córdoba, Tucumán, Neuquén, Jujuy, Salta y San Juan, entre otras, que depuran gran parte de los líquidos cloacales recolectados (Esteves y Faleschini, 2011). En tanto, ciudades de la magnitud de Rosario y La Plata, vuelcan sus aguas residuales sin tratamiento a los ríos Paraná y de la Plata, respectivamente. Lo mismo ocurre en el área metropolitana de Buenos Aires, donde menos de un 10% de los líquidos cloacales recolectados es sometido a un tratamiento de depuración, mientras que el resto es volcado sin tratamiento al Río de La Plata (Esteves y Faleschini, 2011).

Experiencias en lo que respecta al aprovechamiento de las aguas residuales en la República Argentina pueden encontrarse en numerosas regiones del país, muchas veces poco reglamentadas y controladas. La falta de legislación a nivel nacional lleva a que cada provincia, en el mejor de los casos, genere sus propias reglamentaciones en cuando al reuso de sus efluentes tratados (Esteves y Faleschini, 2011).

La provincia de *Mendoza* reutiliza el 37% de sus efluentes urbanos tratados para riego agrícola, siendo uno de los sistemas de reuso de aguas tratadas más conocidos por su antigüedad y extensión (Esteves y Faleschini, 2011). En Trenque Lauquen (*Buenos Aires*) y Villanueva (provincia de *Córdoba*), el reuso del agua residual tratada se destina al riego hortícola, florícola y forestal (Barbeito Anzorena, 2001). En el año 2005 se instaló en la Universidad Nacional de Río Cuarto, *Córdoba*, una planta experimental para el tratamiento de Aguas Residuales Urbanas y de reutilización a fin de poder ajustar mecanismos de rápida transferencia en la región (Crespi *et al.*, 2007). Existen además experiencias de reuso en *La Rioja* y en *Corrientes* (Barbeito

Anzorena, 2001). En este último caso las aguas residuales tratadas por la empresa “Aguas de Corrientes S.A.” son utilizadas en acuicultura (Barbeito Anzorena, 2001).

La mayoría de las ciudades costeras de la Patagonia, al igual que otras ciudades del país, se encuentran en zonas con escasez de agua y/o costosa provisión de agua potable. Como aspectos positivos, dichas ciudades tienen un tamaño entre pequeño y mediano, cuentan con espacio físico en las adyacencias del ejido urbano y, en una importante proporción, cuentan con una planta de tratamiento para sus aguas residuales. De un total de 13 plantas de tratamiento que se encuentran funcionando, diez corresponden a lagunas de estabilización (Esteves y Faleschini, 2011).

En algunas de estas localidades ya se están llevando a cabo experiencias de reuso. Tal es el caso del balneario de Las Grutas, en la provincia de Río Negro, en donde se aprovechan sus efluentes tratados para el riego de olivares y el campo de golf. Existen además algunos emprendimientos productivos en Comodoro Rivadavia, Puerto Madryn y Rada Tilly, en la provincia de *Chubut*, en los que se aprovechan los efluentes tratados con fines forestales y agrícolas (Esteves y Faleschini, 2011). Por ejemplo en el Laboratorio de Oceanografía Química y Contaminación de Aguas del Centro Nacional Patagónico dependiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), se han realizado estudios de calidad de agua tratada y evaluado la posibilidad de su reuso para riego. Para esto se ha contado con el apoyo de la Fundación Ceferino Namuncurá (FCN) y la empresa Aluar. Estas entidades ensayan experiencias de reuso con el agua residual tratada en las instalaciones de la Cooperativa de Servicios Públicos de Puerto Madryn, cuyo sistema de tratamiento se basa en lagunas de estabilización con aireación mecánica. Mientras la FCN produce cultivos agrícolas para consumo interno y para alimento de animales dentro del predio, Aluar utiliza el líquido para el riego de sus forestaciones (Esteves y Faleschini, 2011). En la misma provincia de Chubut la ciudad de Trelew ha realizado una evaluación de factibilidad ambiental de diferentes alternativas de gestión de las aguas residuales de esta ciudad en la que se contempla el reuso (Ares *et al.*, 2007).

Otra experiencia piloto de reuso patagónica se está llevando a cabo en Pico Truncado, *Santa Cruz*, a partir del año 2000. En este caso la aplicación es con fines forestales y, al igual que ocurre en Chubut, es un proyecto interinstitucional en el que participan varios organismos municipales, provinciales y nacionales como el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Secretaría de Medio Ambiente Municipal, Secretaría de Energía de la Provincia, Servicios Públicos Sociedad del Estado, entre otros (Castro Dassen *et al.*, 2003).

En las localidades de Cutral Có y Plaza Huincul de la provincia de *Neuquén* se encuentra en evaluación un anteproyecto de reuso de las aguas residuales urbanas para uso productivo bajo sistemas agroforestales. Se pretende aprovechar las aguas residuales de ambas ciudades para desarrollar plantaciones en macizos, producción de forrajes bajo la protección de cortinas forestales y la generación de pulmones verdes en ambas localidades para mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Este proyecto también está acompañado por varias instituciones como el ENOHSA y el INTA, entre otras (ENIM, 2010).

También en la provincia de Neuquén, en enero de 2010 la Villa Termal Copahue fue declarada en emergencia ambiental debido al colapso del sistema cloacal. Esto trajo aparejado por parte del municipio la implementación de dos medidas: por un lado la prohibición de nuevas construcciones y por el otro la concreción en febrero de 2012 de una planta depuradora con tecnología de ozono y el proyecto de reutilización de estas aguas residuales tratadas con fines forestales (Diario Río Negro, 2012).

## **II.4.2. Estudios de caso: Mendoza y Puerto Madryn**

### **II.4.2.1. Reuso en Mendoza**

En el país, Mendoza es la provincia con antecedentes más importantes en la reutilización de aguas residuales. Recicla el 37% de sus efluentes cloacales de una población aproximada de 800.000 habitantes. De los 10.000 litros/seg que se envían a las redes domiciliarias, se recuperan 3700 litros/seg de efluentes que son tratados en 10 establecimientos depuradores (Faro, 2005).

Después del tratamiento las aguas residuales son dispuestas y reutilizadas en Áreas de Cultivo Restringido Especiales (ACRE) que abarcan actualmente más de 4000 ha. La regulación de estas áreas con respecto a la calidad y uso del efluente tratado con fines productivos esta a cargo del Departamento General de Irrigación (DGI). El reglamento de reuso (DGI, 2003) determina los cultivos que se pueden implantar y las medidas de seguridad sanitaria que se deben adoptar en cada caso. En estas áreas se pueden encontrar plantaciones de olivos, vid, productos para industrializar, productos para consumo de animales, forestales, cebada, alfalfa, frutales y álamos (Foto 1.II.). No está permitido sembrar productos que crecen al ras o debajo de la tierra, por ejemplo, lechuga o zanahoria, ya que están en contacto directo con las aguas residuales tratadas y no podrían destinarse al consumo humano (Faro, 2005).

Las diez plantas de tratamiento con las que cuenta la provincia reciben aguas residuales de diferentes regiones (Barbeito Anzorena, 2001):

- Paramillos y Campo Espejo (Las Heras) son los establecimientos con lagunas de oxidación que tratan la mayor cantidad de las aguas residuales destinándolas para riego de plantaciones del Gran Mendoza.
- el establecimiento de San Martín, Palmira, Junín y Rivadavia abarcan toda la zona este.
- la depuradora de San Rafael atiende la zona sur.
- el establecimiento San Carlos atiende todo el Valle de Uco.
- la planta Costa de Araujo atiende la zona norte.

- Uspallata se encarga de la alta montaña.
- el resto de los sectores de la provincia que no cuentan con cloacas utilizan sistemas de pozos sépticos.

Son variados los estudios que se vienen realizando en lo que respecta al reuso de aguas residuales tratadas en la provincia de Mendoza entre los cuales se pueden citar los trabajos realizados por Fasciolo *et al.*, 2000 y 2006; Barbeito Anzorena, 2001; DGI, 2002; Pinto, 2002; Bajuk, 2002; Faro, 2005; Mastrantonio 2006; PROSAP, 2006; Álvarez *et al.*, 2008 y Allamand, 2011. Mendoza es uno de los pocos lugares de América latina en donde las aguas residuales tratadas son reutilizadas con fines agrícolas exitosamente; sin embargo ya en el año 2002 se advierte que la sostenibilidad de esta importante experiencia corre riesgo de fracasar si las entidades que la regulan no logran coordinar sus acciones (Moscoso *et al.*, 2002). Recientemente Allamand realiza una propuesta donde se analizan estos aspectos (Allamand, 2011).



Foto N° 1.II. Sistema de tratamiento Paramillos y reuso para riego de álamos. Lagunas de tratamiento (a), sistemas de distribución de efluentes (b) y riego de salicáceas con agua residual tratada (c y d). (Fotos Ing. M. Riat, UNRN).

#### **II.4.2.2. Reuso en Puerto Madryn**

La ciudad de Puerto Madryn, como muchas ciudades de la costa atlántica patagónica, sufre un déficit hídrico importante. La precipitación media anual es de 200 mm y la evaporación estimada de 2000 mm. Esto se ve agravado por el hecho de que esta ciudad no cuenta con fuentes cercanas de agua dulce, por lo que debe captar agua del río Chubut e impulsarla a lo largo de 65 km por acueductos. Las aguas residuales generadas eran originalmente tratadas, bombeadas y descargadas al golfo Nuevo (Latinosan, 2010).

Los altos costos asumidos para el tratamiento de las aguas residuales y una disposición de las mismas ineficiente e inadecuada (por encontrarse esta ciudad aledaña a la península Valdés, Patrimonio Natural de la Humanidad), han determinado el interés municipal por la reutilización de las mismas. Se asume entonces que el agua es un recurso escaso en la región y que su eficaz empleo puede mejorar la calidad de vida de los habitantes (Latinosan, 2010).

En el año 1998 la Dirección de Protección Ambiental (actualmente, Ministerio de Ambiente y Control de Desarrollo Sustentable) aprobó el estudio de impacto ambiental para la ejecución del proyecto original de la Planta de Tratamiento Norte (PTN). Mediante un acuerdo multisectorial se acordó el tratamiento de la totalidad de las aguas residuales generadas en la ciudad, cero volcado de efluentes al golfo Nuevo y reuso de las aguas residuales tratadas en riego de forestaciones (Revista Tiempo Industrial, 2011).

Esta iniciativa se vio concretada en el 2000, año a partir del cual las aguas residuales domiciliarias de la ciudad son recolectadas por la red cloacal, pre-tratadas y bombeadas a una laguna facultativa y fotosintética en la que los líquidos crudos reciben un tratamiento biológico por retención y circulación (Revista Tiempo Industrial, 2011).

En el año 2006 el Consejo Deliberante de la ciudad sancionó la Ordenanza N° 6301 aprobando el “Reglamento de Reuso de Efluentes Cloacales Tratados para Riego Forestal” (Revista Tiempo Industrial, 2011).

Además del aprovechamiento de las aguas residuales con fines forestales, el municipio de Puerto Madryn junto con la Secretaría de Turismo y la Administración del Área Natural Protegida puso en marcha un sistema para lucha contra incendios para la zona, con agua de reuso. Se crearon reservorios

de agua de reuso para ser utilizados en caso de incendios forestales en las inmediaciones del patrimonio de la humanidad, península Valdés (Latinosan, 2010).

Ingresan a la laguna aproximadamente 13.000 m<sup>3</sup>/día de efluentes pre-tratados y, con la ampliación proyectada ascendería a 26.000 m<sup>3</sup>/día. Por medio de una estación de bombeo se eleva el agua proveniente de la PTN hasta la cota 130 y desde allí se hace llegar por gravedad a las diferentes áreas forestales. Para la puesta en marcha del sistema contra incendios se aprovechó una cañería existente ya instalada y desafectada de su uso original. Esta cañería tiene una extensión aproximada de 70 Km y a lo largo de su recorrido se construyeron diferentes reservorios de agua (tanques australianos, cuencos y lagunas) que se utilizan para realizar una carga rápida de las autobombas en caso de incendio (Revista Tiempo Industrial, 2011).

En el año 2010, con el apoyo del ENOHSA se han iniciado las obras de ampliación del sistema de riego con aguas residuales tratadas, con el objetivo de llegar hasta la zona costera del ejido urbano, parques recreativos y clubes deportivos del área de la ciudad. Hasta la fecha todos los emprendimientos de reuso que se han concretado en el área urbana utilizan el efluente tratado con el antiguo sistema de tratamiento de lagunas que se ubica dentro del mismo casco urbano. Se espera que dicho sistema de tratamiento quede sin utilidad una vez concretada la ampliación de la PTN (Revista Tiempo Industrial, 2011).

En la Foto 2.II. se puede observar la ciudad de Puerto Madryn y el tratamiento y aprovechamiento que se le da a sus aguas residuales tratadas.

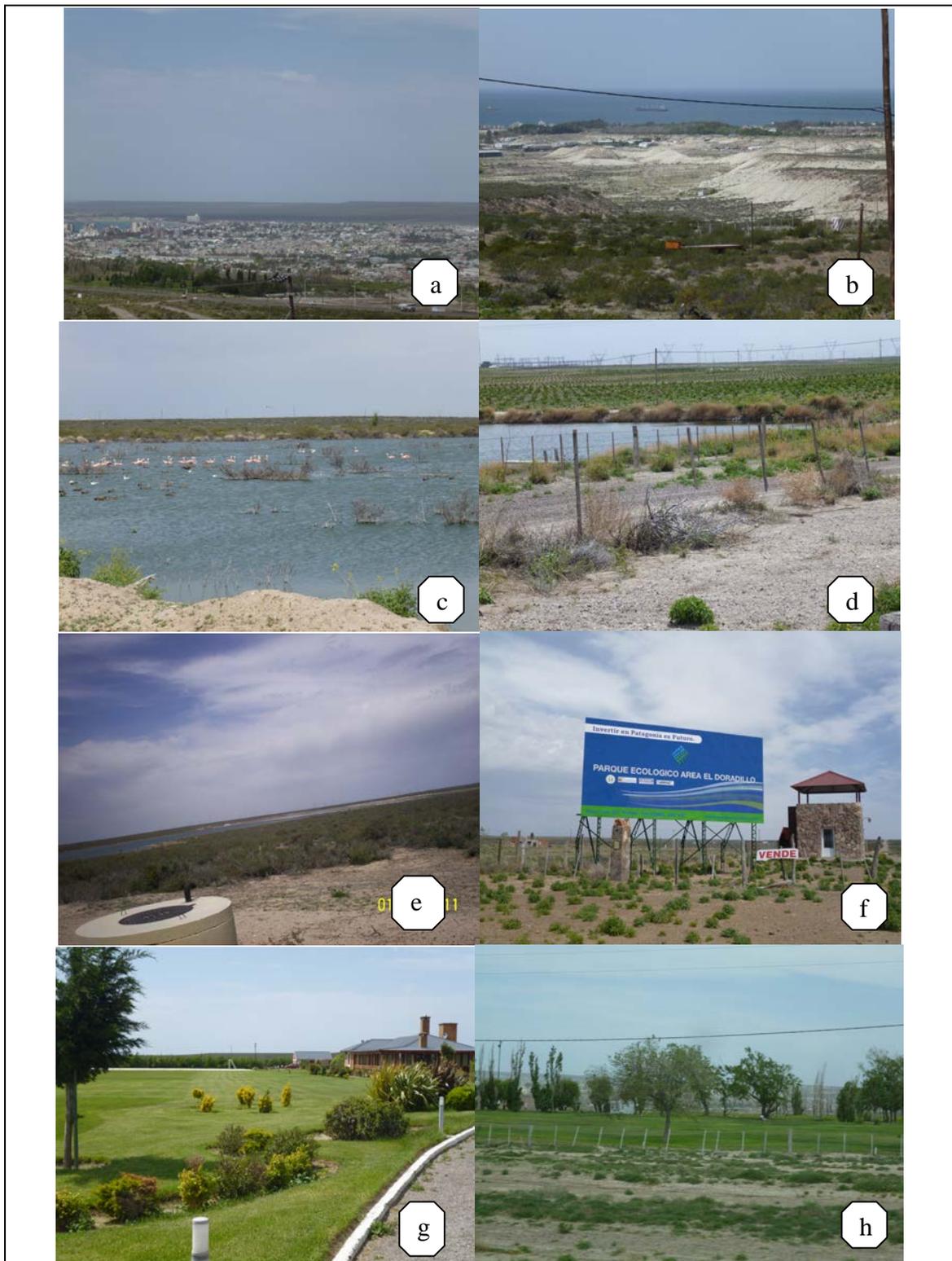


Foto 2.II. Reuso de aguas residuales tratadas en la ciudad de Puerto Madryn. Vista ciudad Puerto Madryn (a), antiguo sitio de vuelco de las aguas residuales (b), sistema de tratamiento de lagunas (c), reuso de aguas residuales tratadas con fines agrícolas (d), sistema contra incendios (e), reuso de aguas residuales tratadas en áreas en desarrollo para uso urbano (f y g) y reuso de aguas residuales tratadas en áreas recreativas de la ciudad (h). (Fotos Dra. F. Laos, UNRN).

### II.4.3. Marco Legal

Para poder comprender el avance de la legislación argentina en lo referente al reuso de las aguas residuales, se debe primero entender cómo se ha desarrollado la gestión de los recursos hídricos en el país y cuáles son las acciones que se han realizado tendientes a lograr el manejo integral de los mismos.

La gestión del agua en las diferentes partes del territorio argentino se fue desarrollando con diversas modalidades y arreglos institucionales, lo que muestra la relación de las comunidades con su ambiente. Los marcos institucionales y normativos reflejan la complejidad de este andamiaje construido a lo largo de sus historias, en algunos casos muy consolidados, como es el caso de Mendoza, en otros incipientes o aún inexistentes (proyecto de ley nacional expediente N° 0922-D-2011, 2011).

Vale la pena entonces detenerse en este aspecto y presentar brevemente cómo se fue desarrollando la prestación de servicios de agua potable y saneamiento en la Argentina para poder comprender cuáles son los actores nacionales, provinciales, municipales y privados, como así también las normativas que regulan la gestión de los recursos hídricos:

- Período 1880-1980:

Durante este período la empresa Obras Sanitarias de la Nación (OSN) tuvo la responsabilidad de la prestación de los servicios de agua y saneamiento en las principales ciudades, mientras que poblaciones más pequeñas estaban a cargo de las provincias, los municipios, de cooperativas o, en algunos casos de empresas privadas.

En 1980, el gobierno militar de Jorge Rafael Videla descentralizó la prestación de los servicios de agua y saneamiento en las principales ciudades atendidas por OSN, transfiriendo sus responsabilidades a los gobiernos provinciales. Entonces cada provincia adoptó su propio modelo de prestación de servicios (municipal, empresa pública, cooperativa y otros). La única excepción fue el área metropolitana de la provincia de Buenos Aires que continuó administrada por OSN.

- Década del 90´:

Entre 1991 y 1999, bajo el gobierno de Carlos Menem, se inició un proceso de privatización de los servicios públicos incluyendo los de agua y

saneamiento. Otros actores pasaron a formar parte de esta nueva forma de administración en la que se incluye la participación del sector privado, la comercialización de las empresas públicas y la creación de los entes reguladores autónomos a nivel provincial. Estas empresas estatales se reconvirtieron en Sociedades Anónimas como es el caso de Aguas Argentinas S.A, Aguas de Corrientes S.A., Obras Sanitarias de Mendoza S.A., Aguas Rionegrinas S.A., entre otras.

- A partir del año 2000:

Cuando se abandonó la convertibilidad del peso argentino con el dólar estadounidense, las tarifas fueron convertidas de dólares a pesos devaluados e inmediatamente congeladas. Los operadores que estaban endeudados en dólares se vieron en serias dificultades al percibir sus tarifas a un tercio de lo esperado, debido a la devaluación. Como resultado de esto muchas concesiones fueron canceladas y la responsabilidad por la prestación de esos servicios volvió a manos del Estado. Un ejemplo de ello es la caída de la concesión de Aguas Argentinas S.A. y la creación de una empresa mayoritaria del Estado Nacional llamada Agua y Saneamientos Argentinos (AYSA) que se hizo cargo de la prestación de servicios en el 2006.

En lo que respecta a las políticas de abastecimiento de agua y saneamiento a nivel nacional es la Subsecretaría de Recursos Hídricos, a través de la Secretaría de Obras Públicas, quien propone las políticas del sector ante el Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, encargado de aprobarlas. Dentro de este marco político, el ENOHSA, una entidad descentralizada dependiente de la Subsecretaría de Recursos Hídricos, proporciona financiamiento y asistencia técnica a los proveedores de servicio. Por otra parte asesora a la Secretaría de Obras Públicas y recientemente se le ha otorgado la facultad de ejecutar directamente las obras de infraestructura. Esto ha generado cierta confusión entre sus funciones de hacedor de políticas, distribuidor de recursos y ejecutor de obras.

A la fecha no existe una ley nacional de agua y saneamiento, aunque algunas provincias ya tienen la suya. Si se interpreta el reuso de las aguas residuales tratadas como el último aspecto a ser evaluado en un sistema de tratamiento, se comprenderá fácilmente porqué no existe hasta la fecha una ley

nacional que regule la reutilización de las aguas residuales tratadas. Sin embargo, como parte de los esfuerzos que viene realizando el gobierno nacional en el avance de la gestión integral de los recursos hídricos, en marzo de 2011 se presentó ante la cámara de diputados un proyecto de ley nacional sobre reuso de aguas residuales (expediente 0922-D-2011).

Dos documentos nacionales respaldan este proyecto de ley presentado. Por un lado la ley 25688 de presupuestos mínimos, en su artículo 2 propone que la autoridad de aplicación de dicha ley incorpore como parte de las políticas públicas en torno a la gestión del agua la actividad de reuso de aguas residuales. Por otro lado, los lineamientos de la política hídrica, plasmados en el documento “Principios Rectores de Política Hídrica de la República Argentina, capítulo Agua y el Ambiente”, son el respaldo más importante para avanzar en prácticas de reuso del agua en condiciones seguras (proyecto de ley nacional expediente N° 0922-D-2011, 2011).

Hasta la fecha solo dos provincias de la Argentina cuentan con su propia reglamentación sobre reuso: Mendoza y Chubut.

#### **II.4.3.1. Mendoza: organismos y normativas vinculadas a la gestión de los recursos hídricos y el reuso de aguas residuales tratadas**

Los organismos encargados en esta provincia de la gestión de los recursos hídricos y por lo tanto del reuso de las aguas residuales son:

- **DGI (Departamento General de Irrigación):** fue creado en el año 1894 a partir del artículo 216 de la Constitución de la provincia de Mendoza. Su misión es la administración general de las aguas públicas y todo lo referido al Recurso Hídrico de la provincia de Mendoza. Una de sus funciones es controlar la descarga de efluentes de cualquier naturaleza cuyos cuerpos receptores sean cauces hídricos naturales, sistemas de riego y embalses naturales y artificiales.
- **OSM S.A. (Obras Sanitarias de Mendoza S.A.)** y a partir de julio del 2010 **AYSAM (Aguas y Saneamiento de Mendoza S.A.):** brinda el servicio de agua y cloacas. Para el manejo del sistema de tratamiento de lagunas subcontratan a la **UTE (Unión Transitoria de Empresas).**
- **EPAS (Ente Regulador del Servicio Público de Agua y Saneamiento):** su función es controlar las descargas de efluentes cloacales en cualquier cuerpo receptor y efluentes de cualquier naturaleza cuyos cuerpos receptores sean las redes cloacales e industriales como también sobre el sistema creado de reutilización de efluentes.
- **Municipio:** controla las descargas de efluentes cuyos cuerpos receptores sean la red de riego del arbolado público y desagües pluviales.

Las **Áreas de Cultivo Restringidos Especiales (ACRE)** son zonas delimitadas en donde se disponen las aguas residuales tratadas para ser aprovechadas para diferentes usos según la reglamentación vigente. Esta actividad se encuentra sustentada en la ley provincial 6044 que le otorga al Poder Ejecutivo a través del Ministerio de Medio Ambiente y Obras Públicas la función de coordinar las acciones del DGI y del EPAS. Específicamente en el tema de reuso el EPAS es el encargado de controlar que la calidad de las aguas residuales tratadas por AYSAM S.A. se encuentre dentro de los límites permitidos para reuso según la normativa vigente. El DGI por su parte es el encargado de controlar el cauce público donde se produce el vertido. Dado que las aguas residuales tratadas son de dominio público, es el DGI quien se encarga de autorizar el vuelco, administrar la conducción y distribución de las

aguas residuales una vez vertidas, dar las concesiones de agua para la irrigación y su empleo para otros usos, inspeccionar los cauces, mantener los canales y los desagües.

El **marco Legal** en el que se sustenta el reuso de aguas residuales tratadas en esta provincia es:

- **A nivel nacional**

Las leyes ambientales nacionales se basan en el artículo 41 de la Constitución Nacional. Este artículo dice: *“Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley. Las autoridades proveerán a la protección de este derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural y de la diversidad biológica, y a la información y educación ambientales. Corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección, y a las provincias, las necesarias para complementarlas, sin que aquéllas alteren las jurisdicciones locales. Se prohíbe el ingreso al territorio nacional de residuos actual o potencialmente peligrosos, y de los radiactivos”*

Las principales leyes ambientales que permiten regular el aprovechamiento de las aguas residuales son:

- Ley 25612/02: Gestión Integral de Residuos Industriales y Actividades de Servicios.
- Ley 25688/02: Régimen de Gestión Ambiental de Aguas.
- **A nivel provincial**
- Ley General de las Aguas de 1884.
- Constitución de la Provincia de Mendoza de 1916 y modificada. en 1997.
- Leyes 4035/74 y 4036/74: Leyes de Agua Subterránea.
- Ley 6044/93: Reordenamiento Institucional Prestación Servicios Pro Visión Agua Potable Saneamiento Protección Calidad.
- Resolución 778/96 y sus ampliaciones, 627/00, 647/00, 715/00: Reglamento General para el Control de la Contaminación Hídrica.
- Resolución 746/00 HTA: Convenio Marco Para la Implementación de La Política de Vuelco Cero y la Conformación de Áreas de Cultivos Restringidos Especiales (ACRES).
- Resolución 400/03: Reglamento de las ACRES.

#### II.4.3.2. Chubut: organismos y normativas vinculadas a la gestión de los recursos hídricos y el reuso de aguas residuales tratadas

En este caso los organismos encargados de la administración de los recursos hídricos y su control son:

- **Ministerio de Ambiente y Control de Políticas Sustentables:** organismo centralizado a quien le compete la aplicación del Código Ambiental de la Provincia de Chubut sancionado en el año 2005 (ley 5439/05 o actual ley XI-35). Entre sus funciones se encuentra la preservación, conservación, protección, defensa y mejoramiento del ambiente y de los recursos naturales renovables y no renovables y el control de la gestión ambientalmente adecuada de los recursos hídricos.
- **Instituto Provincial del Agua:** este instituto comenzó a funcionar en el año 2009 a partir de la aprobación de la ley 5850 (política hídrica provincial – Hoy ley XVII-88). Actúa de manera autárquica como autoridad de aplicación de la mencionada ley, del Código de Aguas y de la ley de unidad de gestión de cuencas hidrográficas. Tiene las funciones de:
  - establecer, en forma coordinada con la autoridad ambiental provincial, las normas para vertido de líquidos a cuerpos receptores, normas para vertido de efluentes líquidos industriales para reuso agrícola, normas de calidad de efluentes cloacales con tratamiento primario para reuso agrícola, normas de calidad de efluentes cloacales con tratamiento secundario para reuso agrícola;
  - coordinar con la autoridad ambiental provincial, la aplicación de las leyes y reglamentos destinados al control de calidad de las aguas.

El **marco legal** que sustenta el reuso de las aguas residuales tratadas en esta provincia es:

- Ley 5439/05 o actual Ley XI-35: Código Ambiental de la Provincia de Chubut
- Ley 5850/09 o actual Ley XVII-88: Política Hídrica Provincial. El artículo 19 de esta ley incorpora la actividad de reuso dentro del marco de las políticas hídricas provinciales. Este artículo dice: *“Acéptese como parte integrante del tratamiento de los desagües cloacales e industriales, el reuso ordenado en suelo, con tratamiento complementario en tierra, e implementación de cultivos restringidos, debiendo complementarse el mejoramiento de líquidos progresivamente en etapas sucesivas, antes de su ingreso al reuso. Los espacios donde se aplicará el reuso de los efluentes se denominará Área de Cultivos Restringidos Especiales. La Autoridad de Aplicación otorgará los respectivos*

*permisos de reuso de efluentes y reglamentará las condiciones de uso y calidad de las aguas tratadas y los cultivos permitidos en dichas áreas”.*

#### **II.4.3.2.1. Puerto Madryn: organismos y normativas vinculadas al reuso de aguas residuales tratadas.**

La ciudad de Puerto Madryn fue la primera de Chubut en generar su propio reglamento de reuso de efluentes elaborado por la comisión de aguas de reuso en el año 2006.

A continuación se describen los organismos encargados de la gestión de los recursos hídricos en la ciudad y la función que cumplen cada uno en la implementación del aprovechamiento del agua residual:

##### **A nivel provincial:**

- Ministerio de Ambiente y Control de Políticas Sustentables
- Instituto Provincial del Agua

##### **A nivel municipal:**

- **Autoridad de reuso del agua tratada:** su misión es la preservación, distribución y regulación del reuso de efluentes domésticos tratados en los establecimientos depuradores, ejerciendo el control directo respecto a las autorizaciones de riego otorgadas.
- **Comisión de estudio y seguimiento del sistema de reuso:** esta comisión funciona como un órgano consultivo no vinculante, que asesora a la autoridad de Reuso e informa anualmente al Concejo Deliberante, sobre el funcionamiento del sistema de agua de reuso. Está formada por integrantes de la Municipalidad de Puerto Madryn, operadores del servicio de distribución de agua de reuso, operadores del servicio de saneamiento y organismos científico-técnicos afines.
- **Operador del Servicio de Distribución de Agua de Reuso:** es el responsable de la operación y mantenimiento del sistema de agua de reuso.
- **Operador del Servicio de Saneamiento:** es el responsable de operar y mantener el sistema de saneamiento.

El **marco legal** que sustenta el reuso de las aguas residuales tratadas en esta ciudad es:

- **A nivel nacional**

- Ley 19587/72 y sus decretos reglamentarios: Higiene y Seguridad en el Trabajo.
- Ley 18284/69: Código Alimentario Argentino.
- Ley 24051/91: Ley de Residuos Peligrosos. Decreto N°831/03 Nivel Guía de calidad del agua de irrigación.
- Ley 24557/95 actualizada en 2011: Riesgos del Trabajo.

- **A nivel provincial**

- Ley 4148/96: Código de Aguas de la Provincia de Chubut.
- Ley 5229/04: Defensa Sanitaria de Producción de Vegetales y Productos Vegetales.
- Ley 5439/05: Código Ambiental de la Provincia de Chubut; y sus decretos reglamentarios de las leyes derogadas N° 1503, 2469, 3742, 3847, 4032, 4112, 4563, 4834, 4996 y 5092.
- Ley 5850/09: Política Hídrica Provincial.

- **A nivel municipal**

- Carta Orgánica Municipal de 1994.
- Ordenanza Municipal 3385/00: Carta Ambiental de Puerto Madryn.
- Ordenanza Municipal 5875/05: Camiones Transportadores de Líquidos.
- Ordenanza Municipal 6301/06: Reglamento de Reuso de Efluentes Cloacales Tratados.



oeste-este descargan su humedad en las laderas cordilleranas conformándose un bosque denso.

La provincia es atravesada de oeste a este por los ríos Colorado y Negro sin recibir afluentes. El río Colorado marca el límite con la provincia de La Pampa. El río Negro, resultante de la unión de dos ríos de montaña Limay y Neuquén, atraviesa el semidesértico territorio patagónico, labrándose un ancho y profundo valle que se extiende en el norte de la provincia de oeste a este. Con una longitud de 635 km y un caudal de 1000 m<sup>3</sup> por segundo es el auténtico motor del desarrollo regional.

Río Negro aporta a la economía nacional tres actividades centrales: la producción frutícola, el turismo y la explotación de hidrocarburos. En función de las diferentes zonas de articulación socioeconómicas la provincia puede ser dividida en diferentes regiones:

**Región Norte:** la actividad económica de esta región se basa principalmente en la explotación del petróleo y el gas y en menor medida es una zona agrícola-ganadera. La ciudad más importante es Catriel.

**Valle de Río Negro:** comprende la región de la provincia irrigada por el río Negro, subdividiéndose de oeste a este en **Alto Valle, Valle Medio y Valle Inferior**. Su actividad principal esta basada en la agricultura intensiva bajo riego principalmente de frutas como la manzana y la pera y en menor medida la vid. Hacia el Valle Inferior aumenta la actividad ganadera, desarrollándose también otras actividades como la apicultura. Las ciudades más importantes del Alto Valle de Río Negro son General Roca, Cipolletti, Villa Regina, Allen y Cinco Saltos. Por su parte Choele Choel, Chimpay, Luis Beltrán, Pomona y Lamarque son las localidades relevantes del Valle Medio, mientras que en la subregión del Valle Inferior se encuentra localizada la capital de la provincia, la ciudad de Viedma.

**Región Sur:** esta región ocupa aproximadamente el 56% de la superficie total de la provincia. Es una zona de mesetas de una altura media de 200 a 300 metros sobre el nivel del mar. Posee clima muy árido y con fuertes vientos, algunas cuencas sin desagües y pequeños arroyos. Las actividades predominantes son la cría extensiva de ganado ovino y caprino y la minería. La

población es escasa y dispersa, y hay pocos centros poblados. Las principales localidades son: Los Menucos, Maquinchao e Ingeniero Jacobacci.

**Región Atlántica:** sobre la costa del océano Atlántico se explota la minería y la pesca. Reviste una particular importancia la actividad portuaria con epicentro en San Antonio Este. Las principales localidades son: San Antonio Oeste, Sierra Grande y Valcheta.

**Región Andina:** en esta región las ciudades más importantes son San Carlos de Bariloche, El Bolsón y Dina Huapi. Sus principales actividades comprenden el turismo y en menor medida la explotación de los recursos forestales, el cultivo del lúpulo y de las frutas finas.

Es una zona de importantes bellezas paisajísticas y ecológicas. En verano pueden alcanzarse temperaturas excepcionales de 35°C, siendo más frecuente máximas de unos 30°C y en invierno hasta -20°C, aunque en inviernos normales la mínima absoluta es de -13°C. El verano es seco, mientras que en los meses de mayo a junio se producen las mayores lluvias. El clima en esta región se encuentra influenciado por los vientos húmedos que soplan del oeste a través de la cordillera de los Andes. Estas variaciones climáticas a las que se suman diferencias en cuanto a suelos, relieves y geomorfología, dan por resultado importantes cambios en la vegetación y fauna. El paisaje refleja estas características variando desde la selva valdiviana en el límite con Chile, el bosque andino patagónico en la zona de los lagos, hasta la estepa de transición al alejarse de los cuerpos de agua lacustres ([www.argentur.com](http://www.argentur.com)). La zona de la estepa de transición, comprende grandes extensiones de tierra, con baja densidad poblacional, muy poca disponibilidad de recurso hídrico y con una precipitación media anual que ronda los 783 mm (S.M.N., 1984-2011) en la zona del aeropuerto de San Carlos de Bariloche. Por otro lado, la “Región de los Lagos” (zona del bosque andino patagónico) presenta mayor densidad poblacional en zonas urbanas, mayor disponibilidad de recursos hídricos y una precipitación media anual que ronda entre los 1000 y 1700 mm (DPA, 1999-2011) en la ciudad de San Carlos de Bariloche.

## II.5.2. Experiencias

La provincia de Río Negro cuenta con algunas experiencias de prácticas de reuso vinculadas principalmente a reutilización de efluentes industriales y, en menor medida y en ocasiones de forma poco regulada, en el reuso de efluentes urbanos tratados.

Como ocurre naturalmente en otras partes del mundo, el aprovechamiento de las aguas residuales es una práctica común en aquellas partes donde el recurso hídrico es un bien escaso. Muestras de este tipo encontramos en la **Región Atlántica** de la provincia de Río Negro. Por ejemplo, el balneario de Las Grutas reutiliza sus aguas residuales tratadas en el riego de plantaciones de olivares y para el riego de la cancha de Golf (Foto 3.II.).



Foto 3.II. Sistema de tratamiento de las aguas residuales por medio de lagunas (a y b) y reuso de aguas residuales tratadas en plantaciones de olivos (c) en el balneario Las Grutas, provincia de Río Negro. (Fotos Ing. Eliana Sañudo, DPA).

En la localidad de Sierra Grande las aguas residuales son tratadas al igual que en Las Grutas por sistemas de lagunas pero en este caso sin aireación artificial. Estas aguas residuales tratadas son reutilizadas por los propietarios de las chacras que habitan en sus alrededores (Foto 4.II.).



Foto 4.II. Sistema de lagunas de tratamiento de aguas residuales (a y b) y vista zona de chacras (c) de la localidad de Sierra Grande, provincia de Río Negro. (Fotos Ing. Eliana Sañudo, DPA).

En la **Región Sur** de la provincia, pese a tener situaciones de extrema necesidad de recursos hídricos, el aprovechamiento de las aguas residuales tratadas no es una práctica utilizada dado que aún resta avanzar en el mejoramiento de los sistemas de tratamientos de las pequeñas localidades que en muchos casos resuelven esta cuestión con tratamientos individuales domiciliarios. Un barrio de la localidad de Jacobacci ha comenzado a tratar sus aguas residuales desde hace unos años por medio de lagunas cuyos efluentes se proyecta sean reutilizados con fines forestales. Por otro lado en la misma localidad el sistema de tratamiento propuesto para un matadero contempla el reuso de sus aguas residuales tratadas para riego de forestación (DPA, 2003).

En los últimos años la región del **Valle de Río Negro** ha comenzado a evaluar, y en algunos casos implementar, proyectos integrales de tratamiento de efluentes urbanos e industriales con reuso para riego. Cabe mencionar las experiencias de reuso planteadas para una industria avícola de importante envergadura en la zona del Alto Valle (DPA, 2011 c) y la experiencia piloto de reuso de efluentes urbanos tratados que se viene realizando en la localidad de Lamarque (Dra. Rossi, com. pers.). Además se encuentran actualmente en elaboración proyectos de readecuación de los sistemas de tratamiento de efluentes de las ciudades de Villa Regina (Verniere, 2012) y Viedma (Pérez *et al.*, 2010) en los cuales se evalúa el reuso de los mismos. En todos estos casos la preservación de los cuerpos hídricos y el aprovechamiento de las aguas residuales en zonas no irrigadas a fin de fomentar nuevos desarrollos, son la base de la sustentación de dichas propuestas.

Al **noroeste** de la provincia se presenta en el año 2004 un proyecto de reuso en la Represa Hidroeléctrica Pichi Picún Leufú (Petrobras, 2004). El

mismo propone aprovechar para riego las aguas residuales tratadas que estaban siendo vertidas al río Limay, creando así un espacio verde sobre la barda que se encuentra en la margen del río junto a la calle de acceso central.

La **Región Andina** de la provincia de Río Negro cuenta con la mayor concentración de disponibilidad de recursos hídricos debido a las intensas precipitaciones que alimentan los lagos y ríos que conformarán, entre otras, la cuenca del río Limay y Negro. Por otro lado las tarifas de agua potable del prestador de servicio provincial, Aguas Rionegrinas S.A., se encuentran subsidiadas (DPA, 2012) lo que genera valores accesibles de consumo. En el caso que no se cuente con servicio de agua potable y se genere una toma de agua propia el usuario debe solicitar ante el Departamento Provincial de Aguas (DPA) el uso del agua. En el caso de establecimientos industriales y comerciales este uso se abona por medio del pago de una Regalía de Uso de Agua Pública; en el caso de usos particulares el canon de uso aun no esta regulado. Estas situaciones hacen que el aprovechamiento de un efluente tratado sea un recurso poco valorado en la zona.

Los sistemas de tratamiento de efluentes urbanos en las ciudades de San Carlos de Bariloche (Foto 5.II.) y El Bolsón (Foto 6.II.) vuelcan sus aguas residuales tratadas a cuerpos hídricos como el lago Nahuel Huapi y el arroyo Negro respectivamente; este último desemboca a su vez en el río Quemquemtreu.

Sin embargo, existen antecedentes de reuso de aguas residuales tratadas para riego en establecimientos industriales como una piscifactoría ubicada en las nacientes del arroyo Ñireco (DPA, 2004) en las cercanías de una de las tomas de agua que abastece a la ciudad. Hay también complejos turísticos y otros establecimientos industriales como chocolaterías, cervecerías, supermercados o lavaderos de ropa no conectados al servicio de red cloacal en donde se propone la reutilización de las aguas residuales para riego dentro de sus instalaciones. En este caso el criterio es priorizar la conservación del recurso hídrico y disminuir el consumo de agua. Es importante agregar además que en el año 2007 se dictó la resolución 1763 donde se establecen valores de límites de vuelco al lago Nahuel Huapi y sus afluentes de N y P menores a 10

mg/L y 1 mg/L, respectivamente, por lo que la reutilización de los efluentes tratados pasa a ser una alternativa interesante de evaluar en esta zona.



Foto 5.II. Planta de tratamiento de la ciudad de San Carlos de Bariloche. Vista ubicación planta (a) (Foto, DPA Lic. Alemanni). Vista reactor (b) [rionegro.com.ar](http://rionegro.com.ar) 19-03-2012. Vista sedimentador (c) [diarioandino.com.ar](http://diarioandino.com.ar). 19-03-2012



Foto 6.II. Planta de tratamiento de la ciudad de El Bolsón: reactor (a), digester de lodos (b) y playa de secado (c). (Fotos Lic. Alemanni, DPA).

Más allá del incremento en las propuestas de reuso a menor escala, la Región Andina se encuentra en etapa de readecuación de sus sistemas de tratamiento debido al importante aumento poblacional registrado en los últimos diez años. Este es el caso de la ciudad de San Carlos de Bariloche y El Bolsón. Por otro lado el municipio de Dina Huapi se encuentra en etapa de evaluación de una propuesta conjunta sobre el tratamiento de sus aguas residuales.

Por ello es indispensable acompañar a estos nuevos planteos de ordenamiento territorial con lineamientos claros en lo que respecta al tratamiento y disposición de las aguas residuales tratadas. En este marco en julio de 2011 el DPA suscribió un convenio de colaboración con la Universidad Nacional de Río Negro (UNRN), la Municipalidad de San Carlos de Bariloche (MSCB) y la Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los Ríos Negro, Limay y Neuquén (AIC) para instrumentar acciones y obras para la disposición final y el reuso de las aguas residuales tratadas (DPA, UNRN, MSCB y AIC, 2012).

### **II.5.3. Organismos y normativas vinculadas al reuso de aguas residuales tratadas**

El organismo responsable del manejo integral del agua en la provincia de Río Negro es el DPA. El mismo fue creado por la Constitución provincial en el año 1957 (art. 46 y concordantes) y la Ley de Aguas N° 285, sancionada en 1961. Actualmente, el cuerpo normativo básico que rige al DPA es el Código de Aguas, aprobado por la ley Q N° 2952.

La misión fundamental del DPA es ejercer la tutela, el gobierno, la administración y el poder de policía sobre el agua pública, integrada por los ríos, lagos, arroyos, mar adyacente y demás aguas y sus cauces, incluidos en el dominio provincial. Entre las tareas más relevantes se encuentran las de planificación hídrica y el aprovechamiento de los recursos mediante la ejecución de obras para riego, saneamiento, sistematización de cuencas, protección de márgenes y control aluvional. Actúa además como ente regulador de las concesiones de explotación de los sistemas de riego y de saneamiento, en el otorgamiento y control de las concesiones, autorizaciones y permisos de uso de agua pública y en la puesta en marcha de acciones de prevención y control de la contaminación hídrica. Asimismo representa a la provincia de Río Negro ante distintos organismos federales e interprovinciales. El gobierno y la administración del DPA están a cargo de un Superintendente General designado por el poder ejecutivo y tres intendencias: Intendencia de Hidráulica y Saneamiento, Intendencia de Riego e Intendencia de Recursos Hídricos.

Los servicios de agua y cloaca en la provincia se encuentran concesionados a empresas privadas, cooperativas, municipios y juntas vecinales. El 87% de los usuarios de agua potable en la provincia de Río Negro reciben el servicio de Aguas Rionegrinas S.A. (DPA, 2011 a). Esta empresa presta también el servicio de saneamiento en varias localidades que poseen planta de tratamiento como Viedma, General Roca, Cipolletti, Sierra Grande, Las Grutas. En otros casos, como en San Carlos de Bariloche, Lamarque o Beltrán, la concesión del servicio de saneamiento fue otorgada a cooperativas y en el caso de Villa Regina el servicio lo administra el propio municipio. Dichos servicios son regulados desde una Dirección General de Servicios de Saneamientos dependiente de la Intendencia de Hídrica y Saneamiento.

Otra de las funciones que cumple la Intendencia de Recursos Hídricos es la de proteger y velar por la conservación del agua. Para ello ha conformado a partir del año 1992 el programa Co.Ca.P.R.Hi (Control y Calidad y Protección de los Recursos Hídricos) relevando las industrias y controlando la calidad de la salida de sus efluentes. La normativa que sustenta este programa se encuentra detallada en el Libro Tercero del Código de Aguas y sus decretos reglamentarios.

En lo que respecta al reuso de los efluentes, el artículo 189 del Libro Tercero del Código de Aguas estipula que *“La reutilización directa de las aguas residuales quedará sujeta a las condiciones que fije el Departamento Provincial de Aguas, en función de los procesos de depuración, su calidad y usos previstos.”* Este artículo permite regular aquellas experiencias de reuso que se vienen realizando en la provincia especificando los requerimientos para cada caso. A diferencia de Mendoza, Río Negro no cuenta a nivel provincial y/o municipal con normativas y legislaciones específicas sobre reuso.

## II.6. REUSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS EN REGIONES CON CARACTERISTICAS SIMILARES A LA REGION ANDINA DE LA PROVINCIA DE RIO NEGRO

Los factores que determinan la viabilidad de un proyecto de reuso de efluentes en un lugar no depende únicamente de una sola variable sino de la convergencia de factores técnicos, ambientales, sociales y económicos (Moscoso *et al.*, 2002). Por lo tanto el querer comparar la realidad andina con otras regiones similares nos obliga a delimitar este análisis a aspectos netamente técnicos.

Se comentarán algunos ejemplos de reuso de aguas residuales tratadas municipales con fines agrícolas y urbanos de Estados Unidos (Foto 7.II.) en los distritos de California y La Florida. Pese a que la realidad de la Región Andina en lo que respecta al saneamiento se asemeja a otras realidades latinoamericanas, las tecnologías de algunas plantas de tratamiento implementadas en la región son comparables a los países del primer mundo. Tal es el caso de la planta de tratamiento de efluentes cloacales urbanos de la ciudad de Bariloche.

### II.6.1. La Florida, San Petersburgo

En el año 2001 La Florida (Foto 8.II.) reusaba 2,2 millones m<sup>3</sup> por día de efluentes tratados. En esta región de los Estados Unidos se presentan condiciones de sequía particularmente en los meses de Marzo, Abril y Mayo. Para proteger el abastecimiento de agua las leyes del estado de La Florida limitan el uso de agua potable para irrigación (Mc Kenzie, 2005).

La ciudad de **San Petersburgo** cuenta desde 1977 con el más antiguo sistema de distribución dual en los Estados Unidos y uno de los más antiguos del mundo. Luego de un minucioso tratamiento de las aguas residuales las mismas son distribuidas a 10.000 hogares, 9.340 parques residenciales, 51 escuelas, 86 parques, 6 canchas de golf y 11 torres comerciales. Sin embargo este servicio solo cubre a un 10% de la población. La aceptación del público es muy buena debido principalmente a la calidad del efluente y al costo accesible del mismo en comparación con el precio del agua potable (Mc Kenzie, 2005).



Foto 7.II. Ejemplos de tratamiento y reúso de aguas residuales en Estados Unidos. Planta de tratamiento de San Luis Obispo, California (a).

[cannoncorp.us/oth\\_projects\\_water.php](http://cannoncorp.us/oth_projects_water.php) 19-0302012. Filtro percolador, ciudad de Bakersfield (b). [unioviedo.es](http://unioviedo.es) 19-0302012. Planta de tratamiento y reúso, California (c). [www.waterfriendlygarden.com/Groundwater.html](http://www.waterfriendlygarden.com/Groundwater.html) 19-0302012.

Sistemas de riego con agua de reúso (d y e).

[www.byron.nsw.gov.au/brunswick-area-sewerage-augmentation-scheme](http://www.byron.nsw.gov.au/brunswick-area-sewerage-augmentation-scheme) 19-0302012 y [www.epa.ohio.gov/portals/28/documents/swap/SWAPandBiosolids.pd](http://www.epa.ohio.gov/portals/28/documents/swap/SWAPandBiosolids.pd) 19-0302012f

Reúso de aguas residuales tratadas con fines forestales en Woodburn, Oregon (f). [www.woodburn-or.gov/publicworks/wastewater.aspx](http://www.woodburn-or.gov/publicworks/wastewater.aspx) 19-0302012.

Reúso de aguas residuales tratadas en el parque temático de Texas (g y h).

[www.edwardsaquifer.net/reuse.html](http://www.edwardsaquifer.net/reuse.html) 19-0302012. Aprovechamiento del agua de lluvia para riego de veredas en San Mateo, Nueva York (i).

<http://www.dnrec.delaware.gov/landuse/PublishingImages/greenstreets.jpg> 19-0302012



Foto 8.II. La Florida y el aprovechamiento de sus aguas residuales tratadas.

a) Ciudad de San Petersburgo [eturismoviajes.com](http://eturismoviajes.com), 19-0302012 b) letrero indicativo de riego con agua de reúso en un espacio público [www.protectingourwater.org/](http://www.protectingourwater.org/) 19-0302012 y c) sistema de distribución dual de agua para uso urbano con agua potable y agua de reúso para riego [www.swfwmd.state.fl.us/documents/publications](http://www.swfwmd.state.fl.us/documents/publications) 19-0302012.

## II.6.2. California, Lake Country Sanitation District (LCSD)

Son varias las ciudades del distrito de California que reutilizan sus efluentes tratados tanto con fines agrícolas como urbanos. Entre esas ciudades se encuentra: Camarillo, Fontana, Pomona, Visalia, Fresno, Modesto, Sonora, Lodi, Rosa, Livermore, Hemet-San Jacinto, San Luis Obispo, Santa María, Clearlake Highlands, Irvine, Bakersfield y Lakeport (Mujeriego, 1990). Al analizar cuáles fueron los factores que hicieron posible el aprovechamiento de las aguas residuales tratadas por más 60 años de manera exitosa en estas localidades se puede ver que (Mujeriego, 1990):

- ✓ En todos los casos el agua dulce es escasa, por lo menos en alguna parte del año, o el avance del crecimiento poblacional pone en riesgo la cantidad y la calidad de la misma.
- ✓ Los tratamientos de las aguas residuales son de tipo secundario y en muchos casos terciario.
- ✓ Las áreas donde se aplica reuso están bien delimitadas y señalizadas.
- ✓ Existen reglamentaciones claras en las que se fija tanto la responsabilidad de usuario como la del prestador.
- ✓ El uso que se le puede dar a las aguas residuales tratadas y el tipo de riego puede ser variado debido a la excelente calidad de las mismas. Por ejemplo en la ciudad de Jaramillo se riega por surcos diferentes especies hortícolas.
- ✓ Estas aguas son utilizadas con fines principalmente agrícolas en importantes extensiones de terrenos municipales, cuyas tierras son arrendadas para diferentes usos por períodos prolongados de tiempo; por ejemplo en las ciudades de Caramillo y Fresno. En la ciudad de Livermore, en la que no se destinaron terrenos municipales para este uso el crecimiento poblacional avanzó disminuyendo la demanda de las aguas tratadas para reuso.
- ✓ Algunos sistemas de tratamiento, como los de las ciudades de Modesto, San Luis Obispo y Santa María cuentan con sistemas de contención transitoria del agua residual para ser utilizados en aquellos casos donde por cuestiones de mantenimiento, falta de energía o algún tipo de inconveniente no sea posible tratarla.

- ✓ En aquellos casos donde la oferta de las aguas tratadas excede la demanda, como en las ciudades de Caramillo y Livermore, se diseñaron sistemas combinados de reuso y emisarios a los cuerpos hídricos. En otros casos solo cuando la oferta excede la demanda, por ejemplo en épocas de lluvias, se vuelcan las aguas residuales a cuerpos hídricos (Lodi y Santa Rosa) o se contienen en embalses (Irvine y Lakeport). También se emplean sistemas de lagunas de percolación donde se contiene e infiltra el agua residual para ser reutilizada a partir de pozos de extracción (Fresno y Fontana).
- ✓ En la ciudad de Visalia las aguas residuales tratadas son impulsadas hasta los campos de utilización. En este caso los costos de bombeo no son un impedimento para la implementación de sistemas de reuso dado que se entiende que la preservación de los recursos hídricos representa un beneficio para la población en general.
- ✓ Se observa en varios casos una reducción notable de la contaminación de los cuerpos de agua como en la ciudad de Sonora, un aumento en el rendimiento de la producción de los cultivos por hectárea y una reducción en el uso de fertilizantes. Así lo demuestran las experiencias de reuso que se vienen realizando en las ciudades de Caramillo, Fresno, Lodi y San Luis Obispo.
- ✓ El costo del agua residual tratada es económicamente conveniente en las ciudades de Caramillo, San Luis Obispo y Sonora.
- ✓ El uso de agua residual tratada de buena calidad, aplicado con las medidas de seguridad correspondientes, evita problemas sanitarios con la consecuente aceptación del mismo por parte de los ciudadanos; así lo manifiestan los agricultores de Caramillo, Fresno, Pomona, San Luis Obispo y Sonora.

La zona de Clear Lake esta situada aproximadamente a 160 km al noreste de San Francisco, en el condado de Lake (Foto 9.II.). El **Lake Country Sanitation District (LCSD)** explota un proyecto de reuso de aguas residuales tratadas, al norte de Lakeport (Mujeriego, 1990).

La misma cuenta con una capacidad de diseño de 8.000 m<sup>3</sup>/día, con un caudal medio en período de estiaje de 2.650 m<sup>3</sup>/día y un caudal en período

húmedo de 6.450 m<sup>3</sup>/día. El valor relativamente elevado en los períodos húmedos se debe a la importante infiltración de agua subterránea a la red cloacal durante el invierno. La planta de tratamiento cuenta con un tratamiento secundario seguido de desinfección con cloro. El tratamiento secundario consiste en un proceso de aireación prolongada (Mujeriego, 1990).

El efluente se utiliza para regar praderas permanentes situadas en las inmediaciones de la planta que son propiedad de LCSD. El LCSD posee aproximadamente 400 hectáreas de las cuales 100 se dedican a praderas de regadío y las 300 restantes a pradera de secano. Esta segunda superficie de terreno podría ser utilizada para regadío a medida que aumente el caudal del efluente de la planta. El riego se realiza por aspersores fijos separados ampliamente. En el extremo inferior de la zona regada existe un embalse de 1 hm<sup>3</sup> de capacidad donde se recoge la escorrentía producida durante el riego o se almacena el excedente de los meses de lluvia (Mujeriego, 1990).



**Foto 9.II.** Fotos de Lake Country, California (a, b y c). a) [arb.ca.gov](http://arb.ca.gov) 19-03-2012 b) <http://www.examiner.com/article/lake-country-off-the-beaten-track-california-wine-touring> 19-0302012 y c) [http://en.wikipedia.org/wiki/Lake\\_County,\\_California](http://en.wikipedia.org/wiki/Lake_County,_California) 19-0302012

## **II.7. EVALUACION DE LA FACTIBILIDAD DEL REUSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS EN LA REGIÓN ANDINA DE LA PROVINCIA DE RIO NEGRO**

### **II.7.1. Conceptos teóricos a tener en cuenta para evaluar la factibilidad de proyectos de reuso**

La evaluación del reuso para riego de aguas residuales tratadas para una determinada región debe tener en cuenta en su análisis aspectos sanitarios, ambientales, agrícolas, sociales, institucionales, legales y económicos. En el presente trabajo se plantean los aspectos técnicos o lineamientos generales que las instituciones o consultoras responsables deberán considerar al momento de realizar este análisis. El enfoque es el propuesto por la OPS en el informe: “Guía para la Formulación de Proyectos de Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales Domésticas” (Moscoso *et al.* 2002).

Este modelo propone incorporar el sistema integrado a la gestión eficiente del agua en la cuenca, por lo que el aprovechamiento de estas aguas en el riego tenderá a reducir y hasta eliminar las descargas en los ambientes acuáticos naturales, que por más tratamiento que exista, de alguna forma siempre generarán impactos negativos al ambiente.

En términos generales, proponer que se adecue el tratamiento de las aguas residuales domésticas para su uso productivo implica priorizar la remoción de patógenos para proteger la salud pública, en lugar de remover la materia orgánica y los nutrientes que sí son aprovechados en la agricultura. Para lograr este objetivo la implementación de lagunas de estabilización y el uso de sus aguas residuales tratadas en actividades agrícolas o forestales es lo más conveniente para reducir los costos de dicho tratamiento (Moscoso *et al.* 2002).

Se propone entonces partir del análisis de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas (FODA) que implicaría en cada caso el uso productivo del agua residual tratada a fin de poder comprender cuáles serían los factores que determinarían la viabilidad del proyecto.

El análisis FODA es una metodología de estudio de un proyecto en el que se analizan sus características internas (debilidades y fortalezas) y su situación externa (amenazas y oportunidades). De la combinación de las

fortalezas con las oportunidades surgen las potencialidades, mientras que las limitaciones del proyecto van a estar determinadas por la combinación de las debilidades y las amenazas. Por otro lado se pueden identificar los riesgos combinando las fortalezas y las amenazas y los desafíos analizando las debilidades con las oportunidades de la implementación de un determinado proyecto.

Del análisis de otros casos de estudio se han podido identificar 35 factores que determinan la viabilidad y sostenibilidad de un proyecto de reuso de aguas residuales tratadas, enumerados en la Tabla 10.II. (Moscoso *et al.*, 2002). Este análisis servirá de base para definir diferentes opciones de implementación de una propuesta integral por parte de los responsables del estudio.

Tabla 10.II. Factores que determinan la viabilidad y sostenibilidad de un proyecto de reuso de aguas residuales tratadas (Moscoso *et al.*, 2002).

Aspectos Generales	Aspectos Específicos	Factores Determinantes	
Técnicos	Recursos agua y tierra	Disponibilidad de terreno	
		Capacidad de uso agrícola	
		Demanda de agua residual para riego (agua y nutrientes)	
	Actividad agrícola	Mercados y Canales de comercialización	
		Experiencia en actividades productivas	
		Técnicas de manejo agronómico con aguas residuales tratadas	
Ambientales	Tratamiento de aguas residuales	Políticas de las empresas de agua con respecto a las aguas residuales	
		Requerimientos de calidad sanitaria, ambiental y agronómica del efluente	
		Selección de Tecnología	
		Localización y diseño del sistema de tratamiento	
		Sostenibilidad de la operación y mantenimiento de la planta (capacitación Técnica y tarifas)	
	Contexto Legal	Marco Regulatorio y normativo del ordenamiento ambiental	
		Parámetros de calidad de agua para la disposición y uso de aguas residuales domiciliarias	
		Normas técnicas para el tratamiento de aguas residuales domésticas	
		Normas técnicas para el uso agrícola de aguas residuales domésticas	
		Derechos de uso de aguas residuales tratadas	
	Gestión	Evaluación de los impactos ambientales significativos	
		Vigilancia de la calidad del agua residual y los productos agrícolas	
		Manejos de lodos y excedentes de agua	
		Manejo de riesgos de accidentes y contingencias en el manejo del agua	
	Sociales	Cultural	Identificación y características de los actores (directos, indirectos, grupos de interés, competencia, afectados)
			Conocimiento de los actores acerca del tratamiento y uso de las aguas residuales
			Nivel de aceptación del sistema integral de tratamiento y uso por parte de los actores
		Institucional	Tenencia de tierras
Necesidades, intereses y relaciones de actores			
Organización comunal o privada de los agricultores			
Mecanismos de gestión del sistema			
Económicos		Capacidades	Capacidad de inversión, endeudamiento y operación de los responsables del sistema integral.
	Capacidad de pago de los usuarios y mecanismos de cobranza		
	Estrategias de financiamiento para sistemas integrados (estructura y líneas de financiamiento)		
	Indicadores	Rentabilidad Económica	
		Rentabilidad Financiera	
		Valoración económica de los impactos ambientales	
		Análisis de sensibilidad (variaciones de costos y precios)	

Se presentan a continuación los términos de referencia sugeridos para realizar un estudio de viabilidad de un proyecto integral de tratamiento y reuso de aguas residuales (Moscoso *et al.*, 2002).

## **Resumen del estudio**

*Justificación.*

*Breve descripción del área de estudio.*

*Breve descripción del sistema de tratamiento y uso existente.*

*Conclusiones del diagnóstico del área de estudio (FODA).*

*Breve descripción de la propuesta del sistema integrado.*

*Indicadores de rentabilidad económica y financiera.*

## **Antecedentes y justificación**

*Situación de las aguas residuales en el nivel local y nacional.*

*Estudios realizados sobre el tema.*

*Justificación del Proyecto.*

*Objetivos, resultados e indicadores del Proyecto.*

## **Descripción general de la cuenca y del área del proyecto**

*Nombre y ubicación de la ciudad y la cuenca.*

*Tamaño y localización del área del proyecto.*

*Población urbana y rural de la cuenca.*

*Coberturas de agua, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.*

*Recursos naturales.*

*Actividades económicas.*

*Actividad agrícola de la cuenca y área del proyecto.*

## **Recursos de agua y tierra en el área del proyecto**

*Condiciones climáticas.*

*Extensión actual y potencial de tierras para la actividad agrícola.*

*Fisiografía y capacidad de uso de los suelos.*

*Recursos hídricos.*

*Balance hídrico: oferta, demanda y estacionalidad.*

*Disponibilidad efectiva de agua para el riego agrícola.*

*Calidad sanitaria y agronómica de las aguas de cada fuente.*

## **Marco legal**

*Marco regulador y normativo del ordenamiento ambiental (tenencia y tipo de uso).*

*Normas vigentes de calidad para la disposición y uso de aguas residuales.*

*Derechos de uso de las aguas residuales tratadas.*

*Normas técnicas vigentes sobre el tratamiento de aguas residuales domésticas.*

*Normas técnicas vigentes para el uso agrícola de aguas residuales domésticas.*

## **Plan agrícola del área de estudio**

*Actividades agrícolas actuales (áreas, productividad y nivel tecnológico).*

*Integración entre la actividad agrícola y otras actividades.*

*Descripción del área de reuso existente (experiencia y técnicas agronómicas en el uso de este recurso).*

*Diferencias de productividad, calidad y costos por el uso de aguas residuales.*

*Pos cosecha y comercialización de los productos agrícolas.*

*Cultivos potenciales para el desarrollo agrícola y requerimientos para su manejo (agrícola, pos cosecha y transformación).*

*Mercado de los productos agrícolas actuales y potenciales: oferta, demanda y canales de comercialización.*

*Sistemas de riego imperantes.*

*Propuestas para el plan agrícola: selección de cultivos o rotaciones de cultivos y planes de siembra (áreas, calendario agrícola, producción).*

*Sistema de riego propuesto.*

*Requerimientos hídricos del plan agrícola propuesto en cantidad y calidad.*

*Manejo agronómico de los cultivos involucrados.*

*Requerimientos técnicos, de administración y de asistencia técnica del plan agrícola y costos de producción.*

*Comercialización propuesta: precios, estacionalidad, modalidades, política de ventas*

*Inversión e ingresos esperados.*

## **Tratamiento de las aguas residuales**

*Descripción del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas existente.*

*Política de la empresa de agua respecto al manejo de aguas residuales.*

*Sostenibilidad de la operación y mantenimiento de la planta (capacidad técnica y tarifas).*

*Caracterización de las aguas residuales domésticas y disposición final.*

*Requerimientos de tratamiento para el reuso: cantidad y calidad sanitaria, ambiental y agronómica del agua residual.*

*Evaluación de las opciones tecnológicas para tratar las aguas residuales.*

*Elección de la tecnología y definición de la capacidad de tratamiento.*

*Localización y diseño de la planta para las opciones del plan agrícola.*

*Descripción de las fases del proceso de tratamiento propuesto.*

*Diseño de la planta: características físicas (planos general y detalles).*

*Sistema de colección y distribución.*

*Requerimientos de maquinaria, equipo, mano de obra e insumos.*

*Medición y presupuesto de construcción.*

*Plan de ejecución de la planta.*

*Inversión, costos de operación y mantenimiento, y gastos administrativos.*

### **Evaluación y plan de gestión ambiental**

*Identificación, descripción y valoración de los impactos significativos para el ambiente y la salud.*

*Riesgos de contingencias en los sistemas de tratamiento de aguas residuales (sobrecargas, pérdidas de capacidad y estabilidad de diques).*

*Medidas para manejar los impactos ambientales negativos.*

*Plan de gestión ambiental.*

*Inversión y costos operativos para implementar el plan de gestión.*

### **Manejo de los aspectos sociales del proyecto**

*Identificación y características de los actores.*

*Conocimiento de los actores sobre el tratamiento y uso de aguas residuales.*

*Nivel de aceptación del modelo integrado por parte de los actores.*

*Condiciones de los productores y consumidores para aceptar el sistema integrado.*

*Tenencia de las tierras relacionadas con el sistema (para el tratamiento y el reuso).*

*Necesidades, intereses y relaciones de los actores.*

*Organización comunal o privada de los agricultores.*

*Acciones para fortalecer una organización de los productores.*

*Modelo y mecanismos de gestión del sistema integrado: organización y administración de las unidades de tratamiento y agrícola.*

*Indicadores para el seguimiento y evaluación de los aspectos socioculturales, legales e institucionales.*

*Acuerdos entre actores y cronograma de ejecución de acuerdos y compromisos.*

*Plan de capacitación y asistencia técnica.*

### **Plan de implementación del proyecto**

*Cronograma de ejecución de acuerdos y compromisos.*

*Gestiones para el financiamiento.*

*Plan de ejecución de la planta.*

*Plan de desarrollo agrícola.*

*Plan de gestión ambiental.*

*Plan de monitoreo de agua tratada.*

*Plan de capacitación y asistencia técnica.*

*Puesta en marcha.*

*Plan general de implementación.*

### **Evaluación económica y financiera**

*Análisis de la capacidad de pago de los usuarios del servicio de alcantarillado y mecanismos de cobranza.*

*Valoración económica de los impactos ambientales significativos.*

*Capacidad de inversión, endeudamiento y operación de la institución responsable del sistema integrado.*

*Análisis de las opciones de financiamiento: elección de las fuentes.*

*Estrategia de financiamiento para el sistema integrado (estructura y líneas de crédito).*

*Inversión fija y capital de trabajo del proyecto. Cronograma de inversiones.*

*Estados financieros: pérdidas y ganancias, flujo de caja y punto de equilibrio.*

*Evaluación económica de las opciones de tratamiento y reuso.*

*Evaluación financiera.*

*Análisis de sensibilidad del proyecto (inversión, costos, precios).*

*Selección y justificación de la mejor opción de tratamiento y uso.*

### **Conclusiones y recomendaciones**

## **II.7.2. Ventajas y desventajas del reuso en la región**

Dado que la mayor parte de la población urbana de la Región Andina de Río Negro se concentra en las ciudades de Dina Huapi, Bariloche y El Bolsón, se describirán brevemente las características y la cobertura en saneamiento que tiene cada una de estas ciudades hasta la fecha. Se presentará además un análisis FODA de cada ciudad suponiendo se quiera realizar nuevos sistemas de tratamientos domiciliarios o readecuar los existentes a sistemas integrados de tratamiento.

En lo que respecta a las condiciones que deberían cumplir las propuestas de tratamiento individuales, domiciliarias o industriales con reuso de efluentes pueden ser tratadas a partir de lo normado en el artículo 189 del Código de Aguas.

### **II.7.2.1. Dina Huapi**

Dina Huapi es una localidad del departamento de Pilcaniyeu que se encuentra ubicada a la margen del lago Nahuel Huapi 15 Km al este de la ciudad de Bariloche. Cuenta con aproximadamente 3.464 habitantes (censo 2010). Muy cerca de allí se encuentra la naciente del río Limay, límite natural de Río Negro con la provincia de Neuquén. Las primeras viviendas se construyeron en el año 1974, siendo su crecimiento notorio desde los años '80 hasta la actualidad. En el año 2009 fue declarada municipio dejando de ser una comisión de fomento. Según los datos de la estación meteorológica más cercana, ubicada en el aeropuerto de San Carlos de Bariloche, los valores medios de precipitación anual rondan los 783 mm (S.M.N., 1984-2011), determinando una vegetación típica de estepa de transición.

En lo que respecta al sistema de tratamiento de efluentes los mismos se realizan en forma descentralizada en cada vivienda. Sin embargo el crecimiento poblacional sostenido que se viene dando en estos años pone de manifiesto la necesidad de implementar un sistema de tratamiento conjunto de las aguas residuales urbanas. Esta sería una excelente oportunidad para proponer un sistema integrado de manejo de las aguas residuales.

En la Tabla 11.II. se presenta el análisis FODA para un hipotético tratamiento y reuso de las aguas residuales de la ciudad de Dina Huapi.

Tabla 11.II. Análisis FODA de un hipotético tratamiento y reuso de las aguas residuales de la ciudad de Dina Huapi.

<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
Hay disponibilidad de terreno	No existe normativa específica de reuso ni a nivel provincial ni a nivel municipal
Hay capacidad de uso agrícolas	Existen en la zona otras fuentes de agua que no sean las de reuso
Los aguas residuales tratadas aportarían nutrientes	El costo del agua de consumo es bajo
Por ser zonas de Parques Nacionales las actividades industriales generan efluentes principalmente de tipo orgánico tratados. Entonces no presentan concentraciones altas de residuos peligrosos.	Se estima que el efluente no podría reutilizarse para riego en épocas de lluvia lo que demandaría sistemas de contención transitorios o vuelcos temporales a cuerpos receptores hídricos
Hay demanda de agua en la zona	
Existen importantes centros de estudios universitarios, laboratorio y personal capacitado en la zona.	.
<b>Oportunidades</b>	<b>Amenazas</b>
Proyecto de ley de reuso a nivel nacional marzo 2011	Presión crecimiento urbano
Instancias municipales de proyecto de planta de tratamiento	Proyectos políticos distintos
Mayor conciencia ecológica	Descreimiento del accionar de las instituciones públicas en la preservación del ambiente
Existen experiencias de reuso dentro de la provincia	
Existen legislaciones en otras partes del mundo y en el país	
Convenio en ejecución de reuso de aguas residuales tratadas en la Región Andina	
Acta acuerdo DPA-AIC vuelco cero	
El lago es un recurso turístico que hay que preservar y esto tiene un costo	

## II.7.2.2. Bariloche

Bariloche es el destino turístico más visitado de toda la Patagonia, y tercero en la Argentina. Fue fundada en 1902 y está ubicada lindante al Parque Nacional Nahuel Huapi en la ribera del lago Nahuel Huapi. Se registran valores medios de precipitación anual de 1000 mm (S.M.N., 1957-2011). A lo largo del extenso ejido municipal las precipitaciones medias anuales rondan entre los 900 y 1700 mm al año incrementándose hacia el oeste (S.M.N., 1957-2011).

A partir de 1980 comenzó un período de crecimiento sostenido, en parte impulsado por la construcción del camino asfaltado que conectó a Bariloche con Buenos Aires. El censo 2010 contabilizó 108.250 habitantes, por lo que su población creció un 14,8% desde el censo del 2001.

Bariloche cuenta desde el año 1996 con una planta de tratamiento secundario. La primera etapa de ejecución de esta obra fue diseñada para tratar caudales de hasta 25.000 m<sup>3</sup>/día. El área de cobertura de la red de alcantarillado abarca un 70% del casco urbano y otros barrios periféricos como Melipal, Pinar de Festa, Centro Atómico, cuarteles del Ejército y algunos barrios del sector sur vinculados por el colector Ñireco, (DPA, 2011 b). El fuerte crecimiento poblacional registrado en la ciudad puso en estos últimos años al límite la capacidad de la planta estando actualmente sobrepasada, por lo que se llegan a tratar caudales de hasta 28.000 m<sup>3</sup>/día. En los casos de que el caudal exceda la capacidad de tratamiento la planta puede salirse de régimen por lo que se hace necesario derivar el efluente excedente al lago Nahuel Huapi. Actualmente se encuentra en marcha la ampliación de la misma a fin de poder responder de manera eficiente a la demanda. Se proyecta además mejorar los valores de límites de nutrientes complementando el tratamiento actual con uno de tipo terciario (Lic. Fernández, com. pers.)

La ciudad tiende a desarrollarse hacia el este por lo que la ubicación de la planta en la misma zona podría dar respuesta al saneamiento de este sector. Esta nueva situación de ordenamiento urbano ha demandado la readecuación del actual plan director de saneamiento, el cual se encuentra en ejecución. La experiencia demuestra que el mantenimiento de extensas redes colectoras en este tipo de ambientes montañosos genera frecuentes roturas en el sistema. A fin de minimizar esta cuestión se podrían proponer sistemas de tratamientos de

aguas residuales sectorizados dentro de la misma ciudad. Siguiendo el esquema actual de dotación de servicios y ubicación de la planta es de esperar que se implementen nuevas plantas de tratamiento en la “Zona del Alto” (zona sur) de la ciudad a la altura de la ruta de circunvalación y en la zona oeste como Circuito Chico y Cerro Catedral.

A continuación se describe en la Tabla 12.II. el análisis FODA para el aprovechamiento para riego de las aguas residuales provenientes de la planta de tratamiento de la ciudad.

Tabla 12.II. Análisis FODA del reuso para riego de los efluentes provenientes de la planta de tratamiento de Bariloche.

<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
Tecnología de tratamiento adecuadas	Falta de terrenos municipales o provinciales
Capacidad técnica adecuada en el manejo de la planta	Existen en la zona otras fuentes de agua que no sean las de reuso
Efluentes con excelente calidad para ser utilizados para riego.	No se desarrolla en la zona actividades agrícolas
Por ser zonas de Parques Nacionales las actividades industriales generan efluentes principalmente de tipo orgánico tratados. Entonces no presentan concentraciones altas de residuos peligrosos.	Localización de la planta en la parte más baja de la ciudad por lo que el reuso requeriría necesariamente de un rebombeo
El costo del tratamiento es bajo para los usuarios	El costo del agua de consumo es bajo
Existen importantes centros de estudios universitarios, laboratorio y personal capacitado en la zona.	No existe normativa específica de reuso ni a nivel provincial ni a nivel municipal.
Los espacios públicos en especial en la zona Este faltan ser regados y mantenidos	El reuso no podría aplicarse en épocas de lluvia lo que demandaría sistemas de contención transitorios o vuelcos temporales a cuerpos receptores hídricos.
<b>Oportunidades</b>	<b>Amenazas</b>
Proyecto de ley de reuso a nivel nacional marzo 2011	Presión crecimiento urbano
Instancias de readecuación tratamiento de sistemas existentes	Proyectos políticos distintos
Mayor conciencia ecológica	Descreimiento del accionar de las instituciones públicas en la preservación del ambiente
Existen experiencias de reuso dentro de la provincia	Falta de capacidad eléctrica
Existen legislaciones en otras partes del mundo y en el país	Dado que la capacidad de la planta actualmente se encuentra sobrepasada cuando el caudal se excede se vuelca con tratamiento primario al lago el excedente. Esto genera rechazo en la población.
Convenio en ejecución de reuso de efluentes en la Región Andina	
Acta acuerdo DPA-AIC vuelco cero	
El lago es un recurso turístico que hay que preservar y esto tiene un costo	

Si se pretende generar nuevos proyectos integrales de tratamiento y reuso de sus aguas residuales tratadas habrá que tener en cuenta las variables generales presentadas en el análisis FODA para la planta actual (Tabla 12.II.), pero además las características propias del nuevo proyecto. Por ejemplo sería una ventaja en cuanto al ahorro de gasto energético que un nuevo sistema de tratamiento contemple la reutilización en el mismo sitio en donde se trata el efluente. Por otra parte si la zona es más lluviosa o los terrenos disponibles carecen de una buena aptitud para ser regados deberá ser analizado como una desventaja al proyecto. Además se debería contar con un cuerpo receptor que sea apto para la recepción del efluente en épocas de lluvias dado que no se puede considerar generar un reservorio con un caudal diario de 25.000 m<sup>3</sup>/día .

### **II.7.2.3. El Bolsón**

El Bolsón es una ciudad ubicada al suroeste de la provincia de Río Negro, emplazada al pie del cerro Piltriquitrón en un profundo valle de origen glaciar rodeada por un paisaje de bosques de coníferas, ríos y lagos. La misma fue fundada en 1926 y, al igual que Bariloche y Dina Huapi, ha tenido un crecimiento sostenido en estos últimos años. Según censo del año 2001 contaba con una población de 13.560 habitantes por lo que se estima que actualmente su población es mayor a 15.000 habitantes (Martín, 2012).

La precipitación media anual ronda los 900 mm con máximas en invierno (DPA 1999-2011). En la región se desarrolla un microclima particular registrándose diferencias estacionales de temperaturas menos marcadas en comparación con otras ciudades como Bariloche.

En lo que respecta al servicio de cloacas la ciudad cuenta actualmente con una planta de tratamiento secundario de efluentes cloacales la cual cubre el servicio de aproximadamente el 50% de la población actual y trata un caudal diario aproximado de 1.920 m<sup>3</sup>/día (Martín, 2012). Actualmente se encuentra en evaluación el funcionamiento y la eficiencia del sistema con respecto a la calidad de sus aguas residuales como del tratamiento y disposición de los lodos generados. Las aguas residuales tratadas son vertidas al arroyo Negro el que desemboca en el río Quemquemtreu en dirección a la localidad de Lago

Puelo, provincia de Chubut. Los controles que realiza esta provincia sobre la calidad del curso de agua del río Quemquemtreu presentarían valores altos de carga orgánica y bacteriológica sospechándose que los mismos provienen, entre otros, de los aportes de la planta de tratamiento de efluentes de la ciudad de El Bolsón (Martín, 2012).

A continuación se describe en la Tabla 13.II. el análisis FODA para la situación que se presume se quiera aprovechar para riego las aguas residuales actualmente tratadas por la planta depuradora.

Tabla 13.II. Análisis FODA contemplando el aprovechamiento de las aguas residuales tratadas de la actual planta depuradora de El Bolsón.

<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
Diseño de tratamiento adecuado	Deficiencias en el mantenimiento y operación del sistema de tratamiento
	Existen en la zona otras fuentes de agua que no sean las de reuso
Aporte de nutrientes	Falta de terrenos municipales o provinciales
Por ser zonas de Parques Nacionales las actividades industriales generan efluentes principalmente de tipo orgánico tratados. Entonces no presentan concentraciones altas de residuos peligrosos.	Localización de la planta en la parte más baja de la ciudad y en el límite con Chubut por lo que el reuso requeriría necesariamente de un rebombear o la relocalización de la planta actual
El costo del trat. es bajo para los usuarios	El costo del agua de consumo es bajo
Se desarrollan en la zona actividades agronómicas	No existe normativa específica de reuso ni a nivel provincial ni a nivel municipal.
Hay experiencia en actividades productivas	Falta de capacidad técnica, centros de estudios y laboratorios en la zona
	El reuso no podría aplicarse en épocas de lluvia lo que demandaría sistemas de contención transitorios o vuelcos temporales a cuerpos receptores hídricos.
<b>Oportunidades</b>	<b>Amenazas</b>
Proyecto de ley de reuso a nivel nacional marzo 2011	Presión crecimiento urbano
Instancias de readecuación tratamiento de sistemas existentes	Proyectos políticos distintos
Mayor conciencia ecológica	Descreimiento del accionar de las instituciones públicas en la preservación del ambiente
Existen experiencias de reuso dentro de la provincia	Falta de capacidad eléctrica
Existen legislaciones en otras partes del mundo y en el país	
Convenio en ejecución de reuso de efluentes en la Región Andina	
Acta acuerdo DPA-AIC vuelco cero	
Demanda por parte de Chubut sobre la calidad de las aguas que ingresan a la provincia	

### II.7.3 Aproximación teórica para el reuso en la región

La concreción de un proyecto de reuso en la región requerirá necesariamente del análisis de múltiples factores en diferentes etapas que solo se pueden evaluar a partir de una propuesta concreta. Por ejemplo, para evaluar aspectos técnicos de un proyecto se deberá contar con datos del caudal y características físico químicas del agua residual a utilizar, análisis del tipo de suelo en el que se pretende disponer, vegetación actual del terreno, temperatura ambiente, régimen de lluvias, balance de consumo de agua de diferentes especies vegetales, índice de sensibilidad ambiental, etc. (DPA, UNRN, MSCB y AIC, 2012).

A continuación se realizará un primer ejercicio teórico de aproximación al reuso en la región, calculando la superficie mínima aproximada que se deberá destinar en cada ciudad si se pretende reusar el total de los efluentes generados.

Los supuestos en que se basa este análisis son:

- 100% de la población de cada ciudad (Dina Huapi, Bariloche y Bolsón) conectada a la red cloacal.
- Dato poblacional según lo informado hasta la fecha por INDEC: Dina Huapi y Bariloche censo 2010, El Bolsón censo 2001.
- Dotación de 300 litros/día de agua por persona según registro ARSA de en la región. Se considera que el 80% de la misma va a la red cloacal.
- El agua residual tratada será reutilizada con fines forestales por ser ésta una las actividades productivas característica de la región. Se propone su aplicación tanto en especies nativas como exóticas.
- Se considera la necesidad de implantar en forma simultánea especies de hojas caducas y perennes de forma tal de poder aplicar agua de riego durante el invierno, período en que las especies de hojas caducas entran en receso (Serventi, 2012).
- El consumo diario por ha de una forestación adulta en macizo en la región andina dependerá de las especies a implantar. En la tabla 14.11 se presenta el consumo de alguna de ellas (Serventi, 2012).

Tabla 14.II. Consumo de agua de especies forestales en a región (Servienti, 2012)

Especie	Cantidad de plantas/ha	Consumo (m <sup>3</sup> /día*ha)
<i>Salix humboldtiana</i>	500	60.0
<i>Pinus ponderosa</i>	500	15.0
Nativas (Ciprés de la cordillera, Radal, Ñire, etc)	500	12.5

A partir de estos supuestos se puede estimar la superficie a destinar para riego en cada ciudad según la especie plantada (tabla 15.II.) siendo:

$$\text{Sup. Regable (ha)}: \frac{\text{caudal medio diario (m}^3\text{/día)}}{\text{cons. de la sp (m}^3\text{/día*ha)}}$$

Tabla 15.II. Cantidad de hectáreas aproximadas que se deberían destinar para el riego de diferentes especies vegetales con aguas residuales tratadas de cada ciudad.

		Dina Huapi	Bariloche	El Bolsón
Población (hab.) <sup>(1)</sup>		3.464	108.250	13.560
Dotación diaria de agua (L/hab.día) <sup>(2)</sup>		300	300	300
Caudal medio diario de efluente (m <sup>3</sup> /día) <sup>(1*2*0.8)</sup>		831	25.980	3.254
Superficie regable (ha) si se planta	<i>Salix humboldtiana</i>	14	433	54
	<i>Pinus ponderosa</i>	55	1732	217
	Sp Nativas	66	2078	260

Como una primera aproximación se puede concluir que para disponer la totalidad del agua residual tratada en cada ciudad se requiere una superficie no menor a 14 ha para Dina Huapi, 433 ha para Bariloche y 54 ha para El Bolsón. Se deberá considerar su aplicación en los meses de déficit hídrico que en la zona son generalmente entre diciembre y marzo (DPA, UNRN, MSCB y AIC, 2012).

#### **II.7.4. Uso potencial del agua residual tratada en la región**

En función de lo expuesto se observa que la reutilización de las aguas residuales no es un tema sencillo ya que son muchos los factores que pueden determinar la viabilidad de un proyecto. Por ello en muchos aspectos las limitaciones que se plantean en la utilización de las aguas residuales tratadas es común a otras realidades de diferentes partes del mundo. Por supuesto que en aquellos casos donde los factores técnicos, institucionales, legales y económicos se encuentran resueltos es más fácil que la propuesta sea socialmente aceptada.

Las ciudades descritas de la Región Andina de la provincia de Río Negro muestran un crecimiento sostenido en los últimos años, lo que genera en todos los casos la necesidad urgente de dar respuesta a la implementación o ampliación de sistemas de tratamientos en función de la demanda. Se presenta entonces una importante posibilidad de generar nuevos planes directores que contemplen una visión conjunta del tratamiento y reutilización de las aguas residuales.

Seguramente, en una ciudad tan extendida como Bariloche y probablemente también en El Bolsón, se requiera de la implementación de más de una planta de tratamiento de efluentes urbanos para dar respuesta a esta demanda. A partir del análisis de la distribución poblacional actual es de esperar que estas nuevas plantas de tratamiento deban instalarse en zonas donde el reuso de sus efluentes sea la alternativa más conveniente para disponer los mismos. Por ello es indispensable comenzar a trabajar en este tema potenciando las ventajas que tendría el aprovechamiento de este recurso en una región geográfica donde las precipitaciones son escasas gran parte del año coincidiendo esta escasez con los meses de mayor temperatura y demanda del recurso hídrico.

Por otra parte, es importante analizar el contexto actual del uso y administración del recurso hídrico en la zona, como así también los intereses económicos que existen sobre el uso de las tierras, a fin de visualizar las posibles dificultades que se puedan presentar al intentar realizar propuestas conjuntas de tratamiento y reuso de aguas residuales tratadas para riego. A continuación se detallan algunos de estos aspectos:

- Existen otras fuentes de agua de excelente calidad y a bajo costo.
- Las precipitaciones son abundantes durante el invierno lo que demandaría buscar fuentes alternativas de disposición de las aguas residuales o sistemas de contención temporario de las mismas.
- Hay muy poca disponibilidad de terrenos, el uso de las tierras con fines inmobiliarios a precios muy elevados hace de las actividades agronómicas o forestales emprendimientos poco rentables.
- Municipios con estructuras nulas o prácticamente nulas en áreas técnicas ambientales.
- Administraciones ineficientes.
- Falta de normativas sobre reuso a nivel municipal y provincial.

Se hace necesario entonces comenzar a trabajar en estas líneas con políticas de estado que permitan generar el contexto para que estas propuestas lleguen a ser viables y sostenibles en el tiempo.

Pero, ¿cuál debería ser el eje de estas políticas que justifique asumir los obstáculos que se presentan?

Se puede pensar que los cuerpos de agua en donde se disponen actualmente las aguas residuales tratadas tienen una capacidad ilimitada de asimilación de los mismos sin generar cambios en su entorno, pero esto no es así. Es indispensable proyectar políticas sustentables no solo desde el punto de vista económico y social sino también ambiental, es decir bajo un enfoque ecoeficiente de la administración del recurso hídrico.

Considerando un ejemplo hipotético local en el que se expongan dos soluciones posibles, resueltas desde diferentes enfoques: “El crecimiento de la ciudad de San Carlos de Bariloche tiende a desarrollarse hacia el este. En esta parte de la ciudad la humedad relativa ambiente es menor que en la zona oeste, por lo que la vegetación presente es característica de estepa de transición. El asentamiento poblacional en la zona demanda, entre otras cosas, aportes importantes de agua potable cuya capacidad se ve comprometida en los meses de riego que se dan generalmente entre septiembre y abril. La planta de tratamiento de la ciudad se encuentra ubicada en la misma zona. Sus efluentes tratados, de excelente calidad, son dispuestos en el lago. Las urbanizaciones que se desarrollan en la zona presentan espacios públicos muy

impactados con serios problemas de erosión en parte por su uso intenso y en otra por la falta de agua para riego”.

Desde una mirada social y económica la respuesta a esta demanda estaría dirigida a aumentar la capacidad de agua potable. Esto implicaría para el prestador de servicios mayor infraestructura en la toma, tratamiento, desinfección, ampliación de la capacidad y tendido de las redes, bombeo y mantenimiento del sistema. Seguramente todo este esfuerzo para responder a una demanda temporal que podría ser reemplazada por otras fuentes de agua.

Desde una mirada ecoeficiente se podría dar respuesta a esta demanda aprovechando “lo que se tira”. Es decir se podrían aprovechar las aguas residuales tratadas que son dispuestas en el lago muy cerca de estas urbanizaciones y plantear, como hace la ciudad de San Petersburgo (La Florida), un sistema de abastecimiento paralelo de agua de reuso para riego en las nuevas urbanizaciones y en espacios públicos. Hace falta además que el valor del agua de reuso sea competitivamente menor que la de otras fuentes (agua potable o uso de agua pública), para lo que se requiere una revisión de la situación actual en el tema.

Aquí también se generarían gastos de bombeo, implementación de redes y mantenimiento del sistema. Sin embargo las distancias recorridas serían más cortas, se respondería a una demanda temporal de manera más eficiente y con aportes adicionales de nutrientes. Así mismo se preservaría la calidad de este sector del lago Nahuel Huapi pudiéndose seguramente volver a aprovechar su uso como espacio de playa pública tan requerido para esta zona en crecimiento. Además podrían regarse todos los espacios públicos embelleciendo los barrios y la entrada a la ciudad.

Podemos ver con este ejemplo cómo una solución que a simple vista se presenta como costosa e inviable puede transformarse en la mejor alternativa sustentable. Para poder analizar estas alternativas hace falta poder comprender que las demandas a estos problemas no van a ser resueltas de inmediato, sino que se deben marcar estrategias que nos lleven a elegir la mejor alternativa sustentable para nosotros y las generaciones futuras.

Por supuesto que esto requeriría además de la implementación de normas y organismos de control; pero nada de lo expuesto es imposible de ser

asumido. Es aquí donde se ponen en juego estas frases que resuenan tan bien cuando se habla de “desarrollo sustentable”, “responsabilidad empresarial”, “responsabilidad social” y por supuesto “responsabilidad del Estado”. Los mismos espacios públicos irrigados con agua de reuso podrían ser cuidados por las juntas vecinales de cada barrio y en la entrada a la ciudad podrían ser mantenidos por diferentes empresas (hoteles, centros de investigación, supermercados, chocolaterías, etc.) interesadas en el desarrollo ecoeficiente de la ciudad y en la preservación de su fuente de atractivo turístico: el lago, el paisaje.

Este es un ejemplo más que refleja cómo las aguas residuales, tradicionalmente consideradas como un serio problema de contaminación ambiental y de salud pública, pueden transformarse en un valioso recurso económico. Fomentar entonces experiencias de reuso en la zona, a lo mejor en una primera instancia a menor escala, acompañadas de un marco normativo, un programa de control y vigilancia adecuado y de campañas de difusión podría ayudar a incrementar la valoración de este recurso en la zona.

# **PARTE III**

# **CONCLUSIONES**

El incremento en el aprovechamiento de las aguas residuales tratadas a nivel mundial, en las últimas décadas, surge como respuesta a la demanda creciente de fuentes alternativas de agua y a la preservación de las ya existentes. Los países pioneros en la reutilización de sus aguas residuales son Israel, Alemania, Australia, Estados Unidos, India, México, Francia y Polonia.

La normativa a nivel internacional sobre reuso de efluentes tratados se centraliza principalmente en su aprovechamiento para uso agrícola. Los intentos por crear normas que permitan regular el reuso de las aguas residuales tratadas a nivel internacional ha generado desde los comienzos dos directrices con énfasis en diferentes objetivos: la normativa generada en 1978 por el Estado de California en Estados Unidos, conocida comúnmente como "Título 22" y las recomendaciones generadas en 1973 por la OMS y actualizadas en los años 1989 y 2006.

La primera de ellas es sumamente estricta y se basa en el concepto de riesgo nulo para lo cual se requieren de tecnologías muy costosas de tratamiento a fin de evitar riesgos a la salud de las personas. El uso de estas directrices se hace inviable en países en desarrollo, por lo que en general los mismos tienden a adoptar las recomendaciones realizadas por la OMS. Estas estipulan criterios de calidad de carácter microbiológico y solo se presenta un valor límite para coliformes fecales y huevos de helmintos.

Son muchos los países que ya cuentan con su propia normativa tomando en muchos casos las mismas como referencia. Actualmente se tiende a que cada país o región pueda plantear su propio nivel de protección de salud deseado determinando la importancia relativa de las enfermedades para cada situación y considerando en cada caso las capacidades económicas, institucionales y sociales con las que se cuenta.

En América latina los países que reutilizan sus efluentes en mayor medida son México con 350.000 ha irrigadas, Argentina con 37.000 ha, Chile con 16.000 ha y Perú con 6.600 ha.

Una importante información en cuanto al tratamiento y disposición de las aguas residuales domésticas en América latina se ha recopilado en los estudios realizados a partir del año 2000 en el marco del convenio entre el CEPIS, el IDRC y la OPS/OMS: "Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América latina: Realidad y Potencial".

Se concluye de los mismos que en esta región del continente en lo que respecta al servicio de saneamiento, se tiende a prestar más atención al extendido de las redes cloacales que al tratamiento de sus efluentes. En general los sistemas de tratamiento propuestos son de lagunas de estabilización facultativas o aerobias. En la mayoría de los casos en que las aguas residuales tratadas son utilizadas para riego de cultivos, ésta es la única fuente de abastecimiento de agua y se aplica mayormente mediante riego por inundación. El reuso del agua residual tratada se aplica en agricultura más allá de las exigencias de tratamiento y control de la calidad de las mismas. Los agricultores ignoran el riesgo a la salud que implica trabajar con aguas residuales tratadas si no se aplican las medidas de seguridad de manejo adecuadas.

En el marco del convenio citado anteriormente (Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América latina: Realidad y Potencial) se continúa trabajando en el acompañamiento de la ejecución e implementación de propuestas de tratamiento que contemplen el aprovechamiento adecuado de sus efluentes tratados.

Entre los países de América latina que cuentan con su propio reglamento de reuso se encuentran Costa Rica, México, El Salvador, Chile y Colombia, mientras que el resto de los países usan en general como referencia las normativas establecidas por la USEPA y las directrices de la OMS.

Argentina no cuenta aún con una normativa nacional sobre reuso de aguas tratadas, sin embargo, en marzo de 2011 se presentó un proyecto de ley nacional de reuso. Son muchas las provincias argentinas que se encuentran desarrollando experiencias de reuso de aguas residuales tratadas como Mendoza, Chubut, Córdoba, Corrientes, La Rioja, Río Negro, Neuquén y Santa Cruz, entre otras.

Mendoza es la provincia Argentina que cuenta con más experiencia en reuso de efluentes tratados y posee desde el año 2000 su propia legislación de reuso. Por otra parte la ciudad de Puerto Madryn, en la provincia de Chubut, posee un sistema de tratamiento y reuso de sus aguas residuales tratadas que es considerado como modelo a imitar en América latina. Desde el año 2006 posee también su propia legislación sobre reuso.

Al igual que muchas provincias de la Argentina, Río Negro ha comenzado a implementar en los últimos años numerosas experiencias de reuso de sus efluentes tratados tanto a nivel municipal como en propuestas de tratamiento de diferentes industrias.

Cabe destacar la reutilización de las aguas residuales tratadas en Las Grutas para riego de olivares, la experiencia de reuso que se viene realizando en la localidad de Lamarque, y los estudios de evaluación de tratamiento y reuso de aguas residuales en Viedma, Villa Regina y Bariloche. Diferentes industrias como mataderos, bodegas, piscifactorías y establecimientos de elaboración de comida de diferente tipo han comenzado a reutilizar sus aguas residuales tratadas para riego de forestaciones y pasturas.

La Región Andina de la provincia de Río Negro ha mantenido un incremento poblacional sostenido en los últimos años. Esto trae aparejado la necesidad de dar respuesta a la demanda de servicios, entre ellos las redes cloacales y el tratamiento y disposición de los efluentes.

En función del crecimiento de estas ciudades cabe esperar que se requiera la instalación de plantas de tratamiento en zonas donde el reuso de aguas residuales tratadas puede ser su única alternativa para disponerlos. Esta situación genera una oportunidad única en la región para desarrollar proyectos que contemplen el aprovechamiento del agua residual tratada generando, no solo un importante aporte de nutrientes, sino también una fuente alternativa de agua tan requerida en esta zona, donde la misma es escasa en los meses de mayor demanda y temperatura.

Para que los proyectos que se generen puedan llegar a ser viables y sostenidos en el tiempo hace falta de manera urgente generar políticas de estado que definan las condiciones para que el reuso pueda implementarse exitosamente en la región.

# **PARTE IV**

## **RECOMENDACIONES**

Con el fin de avanzar en el estudio e implementación del reuso de aguas residuales tratadas en la Región Andina de la provincia de Río Negro se recomienda:

- Estimar el costo ambiental que se asume al afectar diferentes cuerpos de agua en una región turística de incalculables bellezas naturales y compararlo con los costos que generaría la implementación de proyectos integrales de reuso.
- Avanzar con políticas legislativas referentes al reuso a nivel provincial y municipal.
- Fijar el organismo de control de reuso de aguas residuales tratadas
- Contar con personal calificado y medios económicos que posibiliten un control eficiente y seguro.
- Fijar las fuentes de recursos económicos que permitan además de la recolección y tratamiento de los efluentes el uso de las aguas residuales tratadas.
- Revalorizar el costo del uso de agua potable u otras fuentes de agua pública frente al agua de reuso de forma tal de hacer de éste un recurso atractivo.
- Generar campañas de difusión internas y externas.
- Comenzar con experiencias piloto. De esta forma se podrán visualizar las ventajas del reuso en la región y al mismo tiempo se podrán comenzar a generar mecanismos de gestión más eficientes.

# **PARTE V**

## **BIBLIOGRAFÍA**

- **Allamand M., 2011.** “Reuso de efluentes cloacales para riego agrícola en la provincia de Mendoza: una propuesta económica para cambiar de dirección”. VI Congreso Iberoamericano: Regulación, Gestión y Control de Servicios Públicos. Mendoza, Argentina, 2011. 23p.
- **Álvarez A., Fasciolo G., Barbazza C., Lorenzo F. y Balanza M.E., 2008.** “Impactos en el agua subterránea de un sistema de efluentes para riego: el sistema Paramillos (Lavalle, Mendoza, Argentina). Rev. FCA UNCuyo. Tomo XL N° 2. Pág. 61-81.
- **Ares J., Serra J., Villafañe A., Testino A. y Malnero H., 2007.** “Evaluación de factibilidad ambiental de alternativas de gestión de efluentes cloacales de Trelew (Chubut)”. Centro Nacional Patagónico-Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. 15p.
- **Arévalo E., Anléu M., Bonilla Salazar J.J., Castillo Mazariegos M.J., Ixpaché E., Morales Gómez J.L., González Prera J.R., Rodas Samayoa S. y Soto A., 2009.** “Reuso de efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales del campus central de la Universidad Rafael Landívar para el riego de los jardines del campus”. Univ. Rafael Landívar, Facultad de Ingeniería. Revista electrónica N° 13. 53-93 p.
- **Arreguín Cortés F. I., Moeller Chávez G., Escalante Estrada V. y Rivas Hernández A., 1999.** “El reuso del agua en México”. Asociación Colombiana de Ing. Sanitaria y Ambiental. Hacia la Calidad: Necesidad para el Próximo Milenio, 42, Barranquilla, 23-26 ACODAL 38p.
- **Bajuk M., 2002.** “Adaptación y reutilización de efluentes en riego forestal”. II Seminario Internacional de Efluentes Industriales. Marzo de 2002. Petroquímica de Cuyo S.A.I.C. 8 p.
- **Barbeito Anzorena E., 2001.** “Estudio general del caso campo espejo del aglomerado Gran Mendoza, República Argentina.” Sist. integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en América latina: Realidad y Potencial. Convenio IDRC-OPS/HEP/CEPIS 2000-2002. 63p.
- **Blumenthal, U.J., Mara D.D., A. Peasey, G. Ruiz-Palacios y R. Stott, 2000.** “Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture; recommendations for revising WHO guidelines”. Bulletin of the World Health Organization 78 (9), 1104-1116 p.
- **Castro Dassen H., Monelos L., Peri P. y Albrieu C., 2003.** “Informe técnico: reuso de aguas servidas tratadas para riego con goteo subterráneo de una forestación en Santa Cruz”. Universidad Nacional de la Patagonia Austral- INTA. 14p.
- **Crespi, R, Plevich O., Thuar A., Grosso L., Rodríguez C., Ramos D., Barotto O., Sartori M., Covinich M. y Boehler J., 2007.** “Manejo de aguas residuales urbanas”. Univ.Nac. Río Cuarto. Conagua 2007. 23p.

- **DGI (Departamento General de Irrigación), 2002.** “Reuso agrícola de efluentes cloacales e industriales” Gobierno de Mendoza. P.34
- **DGI (Departamento General de Irrigación), 2003.** “Reglamento de área de cultivos restringidos especiales (A.C.R.E.)”. Resolución 400/03; Mendoza.
- **Diario El Cronista, 2011.** “Un PBI que no derrama servicios sanitarios.” Diario El Cronista 23 de septiembre de 2011. [www.cronista.com/.../Un-PBI-que-no-derrama-servicios-sanitarios](http://www.cronista.com/.../Un-PBI-que-no-derrama-servicios-sanitarios). Consultado 13-11-12.
- **Diario Río Negro, 2012.** “El final del crecimiento urbano de Copahue”. Domingo 19 de Febrero de 2012. Sección sociedad pág 33.
- **DPA, 1999-2011:** Registro meteorológico del Departamento Provincial de Aguas de la provincia de Río Negro.
- **DPA, 2003.** Programa Co.Ca.P.R.Hi. empadronado 556. Dirección de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos.
- **DPA, 2004.** Programa Co.Ca.P.R.Hi. empadronado 610. Dirección de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos.
- **DPA, 2011 a.** Dirección General de Regulación de Servicios de Saneamiento. Información aportada por los concesionarios de los servicios y los Censos Nacionales 2001 y 2010.
- **DPA, 2011 b.** Planta depuradora de líquidos cloacales de San Carlos de Bariloche: estado y funcionamiento.” Informe DPA diciembre 2011.
- **DPA, 2011 C.** Programa Co.Ca.P.R.Hi. empadronado 1556. Dirección de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos.
- **DPA, 2012.** Departamento Provincial de Aguas. Decreto 1058/Junio 2012.
- **DPA, UNRN, MSCB y AIC, 2012.** “Estudio, evaluación y lineamientos generales para la aplicación de las aguas residuales tratadas en San Carlos de Bariloche”. Convenio de Colaboración: Disposición final y reuso de aguas residuales tratadas, julio de 2011. Informe en elaboración.
- **ENOHSA (Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento), 2007.** “Informe País, 2007. Objetivos de Desarrollo del Milenio”. Consejo Nacional de Coordinación de Políticas Sociales, Presidencia de la Nación. Metas definidas por el ENOHSA.
- **ENIM (Ente Autárquico Intermunicipal Cutral Co Plaza Hincul), 2010.** “Anteproyecto de agua de reuso para la microrregión de Cutral Co-Plaza Huincul)” [www.enim.org/informacion/ampliacion.php?id=118](http://www.enim.org/informacion/ampliacion.php?id=118) 19-03-2012
- **Esteves J.L. y Faleschini M., 2011.** “La generación de efluentes cloacales y el reuso del agua”. Revista Hydria N° 36 p. 22-25.

- **Faro B. J., 2005.** “Aspectos institucionales para la utilización de efluentes domésticos en riego de cultivos”. Conagua, 2005. 29 p.
- **Fasciolo G., Gabriel E., Meca M.I. y Lipinski V., 2000.** “Riego con efluentes tratados: potencial fertilizante para un cultivo de ajo”. Presentado en el Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente, AIDIS, Mendoza 2000. 13 p.
- **Fasciolo G., Gabriel E., Morábito J. y Tozzi F., 2006.** “Impactos agroeconómicos del riego con efluentes domésticos tratados en cultivos de ajo y cebolla”. Presentado en III Jornadas de actualización en riego y fertiriego, organizadas por la UNCuyo, INTA, INA. Facultad de Ciencias Agrarias de la UNCuyo. 10 y 11 de agosto de 2008. <http://www.buscagro.com/Detailed/35906.html> 19-0302012
- **INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censo), 2001.** Hogares por servicio sanitario de la vivienda, según provisión y procedencia de agua para beber y cocinar. Todo El País.
- **LATINOSAN, 2010.** “Impacto Hidrológico Nulo”. Expo Latinosan 2010, Foz Do Iguazú: .II Conferencia Latinoamericana de Saneamiento. Panel de Gestión de Recursos Hídricos, Medio Ambiente y Saneamiento.
- **Manga J., Logreira N. y J. Serralt; 2001.** “Reuso de aguas residuales: un recurso hídrico disponible”. Ingeniería y Desarrollo. Universidad del Norte, Colombia. N° 9, 12-21p.
- **Manrique R., Jiménez H, Álvaro H. Torralba R. y Acosta L., 2002.** “Estudio de viabilidad. Sistema de aprovechamiento de las aguas residuales en el fundo San Agustín, Callao, Perú”. Convenio IDRC – OPS/HEP/CEPIS 2000 – 2002. Lima 2002. 60 p.
- **M.M.E.-P (Manual para Municipios Ecoeficientes – Perú), 2009:** “Manual para Municipios Ecoeficientes –Perú”. Ministerio de Ambiente de Perú. Lima 179p.
- **Martín F., 2012.** “Estudio para la ampliación de las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales de El Bolsón”. Trabajo Final Integrador. Especialización: Tratamiento de efluentes y residuos sólidos orgánicos, UNRN.
- **Mastrantonio L., 2006.** “Reuso agrícola de efluentes industriales y cloacales: efecto en la calidad de agua y suelo”. OEI; DGI; PROSAP/SAGPYA-BRIF y PMR. 95 p.
- **Mc Kenzie C., 2005.** “Wastewater reuse conserves water and protects waterways.” On Tap Winter 2005. [www.nesc.wvu.edu](http://www.nesc.wvu.edu)
- **Metcalf & Eddy, 2007.** “Water Reuse. Issues, Technologies, and applications” First Edition Ed. Mc. Graw Hill. New York. 1461p.
- **Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2000.** “Reglamento especial de aguas residuales”. Decreto N° 39; El Salvador.
- **Ministerio de Obras Públicas, 1987.** “Requisitos de calidad del agua para diferentes usos.” Norma Chilena Oficial NCh 1333-1978 modificada en 1987; Chile.

- **Ministerio de Salud, 1984.** “Reglamentación de los vertimientos de los desechos líquidos.” Decreto N° 1594; Bogotá.
- **Moscoso J. y Egocheaga L., 2002.** “Proyecto regional sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en América latina: realidad y potencial: Resumen Ejecutivo.” OPS/CEPIS/PUB/02.85. 37 p.
- **Moscoso J., Egocheaga L., Ugas Carro R. y Tréllez Solís E., 2002.** “Guía para la formulación de proyectos de sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales domésticas”. OPS/CEPIS/PUB/02.86. 46 p.
- **Mujeriego R., 1990.** “Riego con agua residual municipal regenerada” Traducción autorizada de “Irrigation with Reclaimd Municipal Watewater” Univ. Politécnica de Cataluña. 481p.
- **Normas del ENOHSA, 1995.** Capítulo 11.11 “Reuso del líquido tratado para la agricultura” 8 p.
- **O’Connor G.A., Elliott H.A. y Bastian R.K., 2008.** “Degraded Water Reuse: An Overview”. J. Environ. Qual. 37:157-168p.
- **OMS (Organización Mundial de la salud), 1973.** “Reuso de efluentes: métodos para el tratamiento de aguas residuales y seguridad en salud”. Primera edición, Serie Reportes Técnicos, N° 517.
- **OMS (Organización Mundial de la salud), 1989.** “Guías OMS para el uso seguro de aguas residuales en agricultura y acuicultura”. Serie Reportes Técnicos, N° 778.
- **OMS (Organización Mundial de la salud), 2006** "Uso seguro de aguas residuales, excretas y aguas grises". 3° edición, vol. 1-4 y vol. 5 sin publicar.
- **OMS (Organización Mundial de la salud): Mara y Cairncross, 1989.** “Guías OMS para el uso seguro de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura”. Segunda Edición.
- **Pérez L., Ascencio G., Magnin S., 2010.** “Uso agrícola de efluentes cloacales tratados” Documento anexo al proyecto de Ingeniería de la planta de tratamiento de Viedma. DPA, Río Negro.
- **Petrobras, 2004.** “Reuso de Aguas Tratadas: aprovechamiento de nutrientes en forestación”. HPPL. Trabajo N° 602-00-04 13p.
- **Pinto M., 2002.** “El Reuso efluentes en el marco jurídico argentino”. La Ley Gran Cuyo. T° 2002 pág. 819.
- **PROSAP, 2006.** “Redes preliminares de monitoreo hidroquímico en los ACRES Paramillo y Campo Espejo”. Programa de servicios agrícolas

provinciales, PROSAP/SAGPyA-BRIF. Provincia de Mendoza, proyecto calidad agua y suelo. 25 p.

- **Proyecto de ley nacional expediente N° 0922-D-2011, 2011** “Régimen de reuso para aguas residuales”. 13p.
- **Revista Tiempo Industrial, 2011.** “Madryn ¿un ejemplo a seguir? – Reuso de efluentes cloacales” Periódico de la producción para el desarrollo de la Patagonia, Bahía Blanca. Año 5 N° 42. Pág. 3-6.
- **León Suematsu G., 1995.** “Protección sanitaria en el uso de aguas residuales y lodos de plantas de tratamiento” Separata de la publicación del CEPIS (OPS/CEPIS/PUB96.200 cap.3).
- **Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 1997.** “Límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público”. Norma Oficial Mexicana-003-ECOL-1997; México.
- **Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente, 1997.** “Reglamento para regular las descargas y reuso de aguas residuales”. Decreto ejecutivo 26042-S-MINAE; Costa Rica.
- **Serventi N., 2012.** “Informe de avance sobre posibles tipos forestales a regar con el agua de reuso de la planta de tratamiento de líquidos cloacales de Bariloche” AIC. Abril 2012. 30p.
- **Silva H., 2006.** “Guías OMS uso seguro de aguas residuales, excretas y aguas grises” CEPIS/USB/SDE/OPS/OMS. pdf 36p.
- **Silva J., Torres P. y Madera C., 2008.** “Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión”. Agronomía Colombiana, vol. 26, N°2. Pág. 347-359.
- **S.M.N. (Servicio Meteorológico Nacional), 1957-2011:** Registro meteorológico.
- **S.M.N. (Servicio Meteorológico Nacional), 1984-2011:** Registro meteorológico.
- **Umaña Gómez E., 2006.** “El reuso de aguas residuales para riego en un cultivo de maíz (*Zea mays* L.) una alternativa ambiental y productiva. Departamento de Gestión Ambiental, Universidad Nacional Agraria UNA, Nicaragua”. Revista La Caldera año 7 N° 8. 22-26 p.
- **USEPA (United State Environmental Protection Agency), 2004.** “Guidelines for Water Reuse” EPA/625/R-04/108. Cincinnati, OH. 445p.
- **Veliz Lorenzo E., Llanes Ocaña J. G, Asela Fernández L. y Bataller Venta M., 2009.** “Reuso de aguas residuales domésticas para riego agrícola”. Valoración crítica. Revista CENIC Ciencias Biológicas, Vol. 40, N° 1, 35-44p.

- **Venegas Gálves M., 2002.** “Estudio de viabilidad Ibagué, Tolima, Colombia”. OPS /CEPIS/PUB/02.91. 74 p.
- **Verniere B, 2012.** “Planta depuradora cloacal de Villa Regina.” DPA, Río Negro.
- **www.argentur.com** “Provincia de Río Negro. Vegetación, clima” 19-0302012

# **PARTE VI**

# **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer al DPA por brindarme todo el apoyo y acompañamiento necesario para poder realizar este postgrado y trabajo final. A mis Directoras de monografía Dra. Francis Laos e Ing. Patricia Fernández por compartir conmigo sus conocimientos en el tema y por el tiempo brindado en el seguimiento del trabajo.

Agradezco además a los integrantes y colaboradores del actual Convenio Disposición Final y Reuso de Aguas Residuales Tratadas en San Carlos de Bariloche (Ing. Martha Riat, Ing. Gabriel Sorá, Ing. Patricia Fernández, Ing. Francisca Laos, Arq. Gabriel Cazalá, Ing. Federico Giovanardi, Ing. Horacio Boland e Ing. Santiago Magnin) por los aportes de bibliografía compartida, fotos, comentarios personales, salidas de campo, etc. que forman parte de muchas de las apreciaciones que se fueron elaborando a lo largo del presente trabajo.

Al Ingeniero Roberto Ojeda por el importante aporte de bibliografía internacional brindada y donada al DPA referida a este tema. A la Ing. Eliana Sañudo y a la Ing. Patricia Rossi por los aportes de experiencias realizadas en otras regiones de la provincia. Al Sr Raúl Arranz y su equipo de trabajo de la Secretaría de Medio Ambiente de Puerto Madryn por la excelente predisposición para compartir sus experiencias en las prácticas de reuso.

# **PARTE VII**

## **ANEXO**