

**Editorial de la Universidad
Tecnológica Nacional**

**Abastecimiento de agua potable
Ciudad de Salliqueló**



**Seminario Agua
Especialización y Maestría en Ingeniería Ambiental**

**Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Bahía Blanca**

**Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional – U.T.N. – Argentina
edUTecNe**

<http://www.edutecne.utn.edu.ar>

**Especialización y Maestría
en Ingeniería Ambiental**

Seminario: **Agua**

Docente:

Dr. Roberto Rodríguez

Dra. Milena Uribe Echevarría

Grupo integrado por:

Carina Biarlo Deshommes

Claudina Di Martino

Rossana Epulef

Silvana Fabaro

Adriana Quezada

- Agosto de 2008 -

**Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Bahía Blanca**

INDICE

| | |
|---|----|
| | 1 |
| 1.1. Suelos | 2 |
| 1.2. Clima | 2 |
| 1.3. Flora | 2 |
| 1.4. Fauna | 3 |
| 1.5. Ambiente Socio Económico | 3 |
| 1.5.1. Aspectos Demográficos | 3 |
| 1.5.2. Educación | 3 |
| 1.5.3. Viviendas | 4 |
| 1.5.4. Servicio Sanitario | 5 |
| 1.5.5. Salud | 5 |
| 1.5.6. Actividades Económicas y empleo | 6 |
| 1.5.7. Aspectos culturales | 6 |
| 2. EL PROBLEMA | 8 |
| 3. HIDROLOGÍA | 9 |
| 3.1. Geomorfología | 9 |
| 3.2. Geología e hidrogeología | 10 |
| 3.3. Hidrología superficial | 12 |
| 3.4. Hidrología subterránea | 13 |
| 3.4.1. Caracterización del flujo regional | 13 |
| 3.4.2. Caracterización del flujo en el ámbito urbano | 16 |
| 3.4.3. Recarga | 17 |
| 3.5. Hidrodinámica | 18 |
| 3.6. Modelo conceptual | 19 |
| 3.7. Modelo Numérico | 19 |
| 3.8. Reservas | 21 |
| 4. EL LABORATORIO DE AGUAS | 23 |
| 4.1. Agua en Salliqueló | 24 |
| 4.2. Hidroquímica | 24 |
| 4.2.1. Partido de Salliqueló según censo del año 1986 | 24 |

| | |
|---|----|
| 4.2.2. Partido de Salliqueló según censo del año 1999 | 26 |
| 4.2.3. Aptitud del agua subterránea del Partido de Salliqueló | 27 |
| 4.2.4. Diferentes perfiles fisicoquímicos del agua | 33 |
| 4.3. Análisis bacteriológico del agua | 35 |
| 4.3.1. Métodos de recuento NUMERO MÁS PROBABLE (NMP) | 35 |
| 4.3.2. Coliformes fecales | 35 |
| 5. DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACION Y TRATAMIENTO DE AGUA | 37 |
| 5.1. Dotación de Diseño | 37 |
| 5.2. Caudales de Diseño | 38 |
| 5.3. Captación | 39 |
| 5.4. Deposito de Reserva | 39 |
| 5.5. Planta de Potabilización | 40 |
| 5.5.1. Tratamiento Físico | 40 |
| 5.5.2. Tratamiento Químico: Osmosis inversa con y ultrafiltración ... | 41 |
| 5.5.3. Tratamiento bacteriológico: Cloración | 45 |
| 5.6. Depósito de Distribución | 46 |
| 6. COSTOS | 47 |
| 6.1. Costos en Salliqueló | 49 |
| 6.1.1. Captación | 49 |
| 6.1.2. Depósito de Reserva | 49 |
| 6.1.3. Planta de Potabilización | 49 |
| 6.1.4. Depósito de Distribución | 49 |
| 6.1.5. Análisis de Calidad de agua (13 parámetros) | 49 |
| 6.2. Estructura de Costos | 50 |
| 6.2.1. Costos Directos | 50 |
| 6.2.2. Costos Indirectos | 50 |
| 6.2.3. Gastos Generales | 50 |
| 7. FINANCIAMIENTO | 52 |
| 7.1. Programa PROAS | 52 |

Abastecimiento de agua potable: Ciudad de Salliqueló

OBJETIVO:

Propuesta de gestión del Sistema de Abastecimiento de Agua en la ciudad de Salliqueló, Partido de Salliqueló.

1. INTRODUCCIÓN

El Partido de Salliqueló se encuentra ubicado al Oeste de la Provincia de Buenos Aires, limitado por los partidos de: Tres Lomas al NE, Pellegrini al NO, Adolfo Alsina al SO y Guaminí al SE. Precisamente se encuentra emplazado a 210 metros sobre el nivel del mar y a los 36° 51'48" de Latitud Sur y 62° 58'09" de Longitud Oeste. El área del Partido abarca una superficie de 797 km². La ciudad cabecera del partido lleva su mismo nombre, "SALLIQUELÓ" y se encuentra a 568 km. de Capital Federal y a 285 km. de Bahía Blanca.



1.1. Suelos

Los suelos de la región se caracterizan por presentar un perfil de reducido desarrollo. En general, se caracterizan por la ausencia de un horizonte B, y la presencia de un horizonte A/C u horizontes A y C. El horizonte superior es de escaso espesor y con bajo contenido de materia orgánica. Son aptos para la implantación de pasturas y su uso con fines agrícolas proporciona buenos resultados. Desde el punto de vista taxonómico, están representados por Hapludoles y Haplustoles énticos, de bien a excesivamente drenados, con escurrimiento medio y permeabilidad de moderada a rápida (INTA, carta de suelos). Las texturas predominantes son arenosas, franco arenosas y francas. En general, tienen una baja capacidad de retención de humedad lo que limita su productividad. Aunque la permeabilidad es alta, en muchos casos no resulta eficiente por la presencia de un suelo enterrado que interfiere el drenaje (Rabassa y Bertani, 1987).

1.2. Clima

La precipitación media anual para la ciudad en el período 1921-2007 es de 672 mm, su temperatura media anual para el período 1983-1996 es de 15.5 °C, la máxima media mensual se registra en el mes de enero con 22.6 °C y la mínima media mensual en julio con 8.7 °C. Los meses en que se registran heladas van desde abril a octubre aunque es posible que, excepcionalmente, se registren en marzo y noviembre. Los vientos predominantes tienen dirección NE, N y SO siendo los de orientación sudoeste los de mayor intensidad. Durante la primavera y el verano se registran las mayores intensidades. La velocidad media del viento para el período 2000-2005 es 9.96 Km/h.

1.3. Flora

La vegetación original de la zona estuvo constituida por gramíneas de aceptable valor forrajero, sufriendo transformaciones a lo largo del tiempo por el movimiento original, laboreo, sobre pastoreo o la aparición de especies exóticas comúnmente llamadas "malezas" que han encontrado condiciones favorables para su existencia, desplazando en algunos casos a las especies nativas. Estas especies exóticas producen frecuentemente en campo cultivados elevadas pérdidas de productividad. Predominan en la zona las especies

herbáceas naturales o naturalizadas como las stipas, cebadillas, trébol blanco, etc. y las forestales como eucaliptos, acacias, paraíso, coníferas y olmos.

Las especies cultivables como trigo, cebada, avena, maíz, soja, girasol, sorgo, etc. y todas se ven afectadas por plagas. Son consideradas plagas perennes el sorgo de alepo, gramon y cebollin, y como plagas anuales los cardos, quinuas, mostacilla, etc., produciendo mermas en los rendimientos, dificultades de laboreo y cosecha y aumento de costos en la instalación de cultivos, se las combate con medios mecánicos, mecánico-químicos y químico.

1.4. Fauna

La fauna actual esta constituida por especies exóticas y nativas. Predominan en la zona las liebres, peludos, comadreja, zorrinos, patos, lechuzas, perdices, chimangos, palomas, zorros, mulitas, gaviotas, teros, etc.

1.5. Ambiente Socio Económico

1.5.1. Aspectos Demográficos

**Población por sexo en el Distrito de Salliqueló.
Provincia de Buenos Aires. Año 2001.**

| Partido | Localidad censal | Total | Varones | Mujeres |
|--|--------------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Salliqueló | | 8.682 | 4.278 | 4.404 |
| | Quenumá | 683 | 323 | 360 |
| | Salliqueló | 7.522 | 3.696 | 3.826 |
| | Población rural dispersa | 477 | 259 | 218 |
| TOTAL PROVINCIA DE BUENOS AIRES | | 13.827.203 | 6.725.879 | 7.101.324 |

Fuente: Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda 2001.

Elaboración: Dirección Provincial de Estadística.

1.5.2. Educación

Salliqueló cuenta con una variada oferta de establecimientos educativos. El 1.9 % de los habitantes son analfabetos.

De la población de 15 años ó más que comprende un total de 6.522 personas, el 35.42 % tiene el ciclo primario completo, el 11.3 % tiene el ciclo secundario completo, el 4.6% (303 personas) un nivel superior no universitario, el 2.5 % tiene estudios universitarios completos y el 3.5 % ningún tipo de instrucción, según muestra el siguiente cuadro.

| MÁXIMO NIVEL DE INSTRUCCIÓN ALCANZADO | POBLACIÓN DE 15 AÑOS O MÁS |
|---|----------------------------|
| Población Total de 15 años ó más | 6.522 |
| Sin Instrucción o primaria incompleta | 1.473 |
| Primaria completa y secundaria incompleta | 3.630 |
| Secundaria completa y superior no universitario incompleto | 820 |
| Superior no universitario completo y universitario incompleto | 436 |
| Universitario completo | 163 |

FUENTE: I.N.D.E.C.,2001.

1.5.3. Viviendas

Según el Censo Nacional 2.001, se infiere que en Salliqueló hay 2.823 viviendas. El 1.58 % de las personas viven en condiciones de hacinamiento (más de 3 personas por cuarto).

En cuanto al tipo de viviendas, encontramos que el 92,49 % (2.611viviendas) son de tipo "A" (poseen agua potable, retrete con descarga de agua, no tiene piso de tierra y cuenta con salida directa al exterior), el 6,06% (171 viviendas) son de tipo "B" (carecen, al menos, de una de las características citadas), el 0,43% (12 viviendas) son departamentos, el 0.42 % (12 viviendas) son ranchos y casillas y el 0,60 % restante (17) son locales no construidos para habitar, piezas en inquilinato, pensiones y viviendas móviles.

Cabe destacar que 7.963 personas (el 92,98 % de la población total) habitan en viviendas tipo "A", 516 habitantes (6.02 % de la población) en la de tipo "B", 25 (0,29 %) en departamentos, 18 personas (0,21 % de la población) en ranchos y casillas, 27 (0,31 %) en locales no construidos para habitar, 15 (0,17 % de la población) en piezas en inquilinatos, pensiones y viviendas móviles.

De acuerdo a la siguiente tabla, la mayoría de las viviendas en Salliqueló (2.512) presentan una calidad de materiales del tipo I (CALMAT I), es decir, contienen materiales resistentes en sus construcciones y contienen todos los elementos de aislación y terminación.

Hogares y calidad de materiales en el Partido de Salliqueló.

| LOCALIDAD | TOTAL HOGARES Y VIVIENDAS (1) | CALIDAD DE LOS MATERIALES DE LA VIVIENDA | | | |
|------------|--|--|------------------|-------------------|------------------|
| | | CALMAT I (2) | CALMAT II (3) | CALMAT III (4) | CALMAT IV (5) |
| Salliqueló | 2.823 | 2.512 | 182 | 111 | 18 |

NOTA: (1) Se excluyen los hogares censados en la calle.

(2) CALMAT I: la vivienda presenta materiales resistentes y sólidos en todos los paramentos (pisos, paredes o techos) e incorpora todos los elementos de aislación y terminación.

(3) CALMAT II: la vivienda presenta materiales resistentes y sólidos en todos los paramentos pero le faltan elementos de aislación o terminación al menos en uno de sus componentes (pisos, paredes, techos).

(4) CALMAT III: la vivienda presenta materiales resistentes y sólidos en todos los paramentos pero le faltan elementos de aislación o terminación en todos sus componentes, o bien presenta techos de chapa de metal o fibrocemento u otros sin cielorraso; o paredes de chapa de metal o fibrocemento.

(5) CALMAT IV: la vivienda presenta materiales no resistentes ni sólidos o de desecho al menos en uno de los paramentos.

FUENTE: I.N.D.E.C.; 2001

1.5.4. Servicio Sanitario

De los 2.823 hogares que hay en el partido (ver cuadro 1) el 21.93 % tienen inodoro con descarga de agua y desagüe a red pública, 43.96 % tiene inodoro con descarga de agua y desagüe a cámara séptica y pozo ciego, el 29.54 % inodoro con descarga de agua y desagüe a pozo ciego u hoyo, excavación en la tierra, etc. y el 4.57 % inodoro sin descarga de agua o sin inodoro.

1.5.5. Salud

El 63,78 % de la población posee cobertura de Obra Social ó plan privado de salud ó mutual. La ciudad de Salliqueló cuenta con los siguientes establecimientos de salud:

- Hospital Municipal
- Sala de Primeros Auxilios Barrio FONAVI
- Sala de Primeros Auxilios Barrio San Juan
- Sala de Primeros Auxilios Barrio San Martín

1.5.6. Actividades Económicas y empleo

Salliqueló es una zona eminentemente agrícola-ganadera, productora de excepcionales granos, especialmente girasol, soja, maíz y trigo. Por otra parte, la ganadería tiene un papel gravitante en la vida del distrito, ya que la calidad de sus haciendas es fundamental para el interés de los principales mercados nacionales. Se destacan las razas Aberdeen Angus, Hereford, para invernada Shortown y Holando Argentino, para la producción de leche.

Aproximadamente un 70 % se destina a ganadería. La principal actividad es la invernada, seguida por el ciclo completo y el tambo. Hay pocos establecimientos dedicados exclusivamente a la cría.

Los rendimientos de la invernada se sitúan entre los 300 y los 500 kilos de carne, logrados casi en su totalidad en base a pasto y una mínima suplementación con rollos y granos. El partido también cuenta con 9 empresas acopiadoras de cereales, 2 fábricas de lácteos y 1 parque industrial.

Más del 65 % de la población es empleado u obrero, destacándose el sector privado dado que emplea al 40,38 % de la población. El siguiente cuadro muestra los porcentajes poblacionales que ocupan las distintas categorías ocupacionales.

TABLA: Población ocupada por categorías ocupacionales

| Categoría de Trabajador | Porcentaje de la población (%) |
|--|---------------------------------------|
| Obrero o empleado en el sector público | 24,71% |
| Obrero o empleado en el sector privado | 40,38% |
| Patrón | 13,96% |
| Trabajador por cuenta propia | 16,59% |
| Trabajador familiar | 4,36% |

FUENTE: I.N.D.E.C.; 2001

1.5.7. Aspectos culturales

Desde el punto de vista cultural, la ciudad cuenta con 1 Biblioteca Pública, 1 museos, 2 centros tradicionalistas, 3 clubes deportivos y 4 colectividades (Ver Tabla). También posee 5 radios FM, y 1 periódico (El Informador).

TABLA: Instituciones y Centros culturales de la Ciudad de Salliqueló

| INSTITUCIÓN /CENTRO | NOMBRE |
|---------------------------------|--------------------------------|
| BIBLIOTECA PÚBLICA | Dr. Andrés Sanseau |
| MUSEOS | Campomar Cervera |
| CENTROS TRADICIONALISTAS | "El Ladero" |
| | "Fortín Patrio" |
| CLUBES DEPORTIVOS | Club Atletico Jorge Newbery |
| | Club Cecil A. Roberts |
| | Club Social |
| COLECTIVIDADES | Centro Vasco "EUSKO DEYA" |
| | Asociación Portuguesa de Ss Ms |
| | Sociedad Italiana de Ss. Ms |
| | Centro Español |

2. EL PROBLEMA

El abastecimiento de agua potable a la ciudad de Salliqueló se hace efectiva a través de 13 pozos, de los cuales 7 se encuentran en el radio urbano (ver plano adjunto) y 6 en zona rural, y un tanque almacenamiento elevado de 500 m³. El porcentaje de población servida es de: 43.43 habitantes.

La explotación del acuífero para consumo humano se realiza tanto mediante el conjunto de perforaciones que abastecen la red urbana de distribución de agua potable como de perforaciones domiciliarias, tanto en el radio urbano como en la periferia. A partir de algunos datos informados y de otros estimados se calculó una extracción total de 1.3 Hm³/año, de los cuales el 48 % correspondería a la distribución urbana de agua potable, un 32 % a las perforaciones privadas, un 15 % al abastecimiento de ganado y, finalmente un 5 % al riego.

La red cloacal en la ciudad data de pocos años y tiene una cobertura sólo parcial. Esto permite suponer que aún permanecen activos muchos pozos negros, aún los de usuarios conectados a la red cloacal.

3. HIDROLOGÍA

3.1. Geomorfología

El relieve del partido es en general suavemente ondulado y se caracteriza por mantos arenosos y médanos fijos y activos

Según Gardenal (1988), por su posición regional y su geomorfología, esta zona constituye parte del borde de un anterior desierto arenoso que se extendía desde la actual provincia de La Pampa hacia el este

Al igual que el resto de la región noroeste de la provincia de Buenos Aires, la hidrografía de la zona se limita a la presencia de cuerpos de agua de carácter temporario.

Los procesos morfogenéticos que actuaron en esta región fueron casi exclusivamente deflación y acumulación eólica, los cuales han actuado sobre sedimentos de naturaleza arenosa.

El paisaje se caracteriza por la presencia de amplios sectores ondulados (manto arenoso) interrumpido en algunos casos por formas medanosas y sectores deprimidos que originan bajos salitrosos y cuerpos lagunares de escaso desarrollo (Rabassa y Bertani, 1987). La morfología es suave, las pendientes son bajas y hay, en general, un desdibujamiento de las acumulaciones; no obstante, la morfología dunaria es aún inconfundible en gran parte de la región. Las formas medanosas típicas de la región y las depresiones tienen un rumbo aproximado SSO-NNE.

De acuerdo con el informe del DYMAS (1974) para la zona de Trenque Lauquen, las concentraciones medanosas determinan zonas de recarga preferencial que, dadas las características granulométricas del sedimento, permiten una mayor infiltración que las áreas circundantes. Este hecho permite la formación de lentes de agua dulce de variados desarrollos vertical y horizontal.

Existen cuerpos de agua superficiales de pequeño tamaño que se encuentran asociados a las formas medanosas, alimentados por niveles freáticos altos y favorecidos por la presencia de material fino en el fondo que retarda la infiltración. Generalmente, estos cuerpos que

están asociados al flujo local de agua subterránea, contienen agua de baja salinidad. En los casos de las depresiones hidroeléctricas que son de mayores dimensiones, el agua que aparece acumulada es debida a la descarga freática pero asociada al flujo subterráneo de mayor alcance que aporta, al provenir de niveles más profundos, aguas de elevada salinidad. Puede llegar a observarse costras salinas en su entorno por la predominancia de la evaporación por sobre la infiltración. Se da también el caso de depresiones que reciben aportes de aguas subterráneas de los dos tipos mencionados y que, por lo tanto, contendrán aguas de tenores salinos intermedios dependiendo de la proporción de cada uno de los aportes.

3.2. Geología e hidrogeología

La región estudiada se encuentra ubicada en la zona oriental de la cuenca de Macachín. Esta cuenca, de rumbo general NNW SSE, abarca el este de la provincia de La Pampa y oeste de la de Buenos Aires. Alberga un conjunto de sedimentitas con un espesor máximo conocido de 2417 m en Uriburu (Salso, 1966), aunque podría ser mayor (Zambrano, 1974). En ella predominan movimientos de subsidencia que se inician en el Paleozoico y continúan hasta el presente (Braccini, 1974). En respuesta a este comportamiento geotectónico, se observan las dilatadas llanuras con presencia de sedimentos cuaternarios en superficie

La sedimentación de la cuenca comenzó en el Cretácico con sedimentitas continentales, que fueron sucedidas por un conjunto de depósitos marinos de edad Mioceno o Plioceno inferior. Éstos, a su vez, fueron cubiertos por sedimentitas continentales similares a las areniscas limosas de la Formación Pampeano del Plioceno o Pleistoceno superior (Zambrano, 1974). De acuerdo a los diagramas tiempo - profundidad desarrollados por Fraga y Nocioni (1987), esta cuenca presentó una subsidencia tectónica de importancia durante el Cretácico medio.

A continuación, se reproducen de Auge et al. (1987) las características geológicas regionales del subsuelo para la zona de estudio, prestando en particular atención al comportamiento hidrodinámico e hidroquímico:

- **Basamento:** constituido por granitos y rocas gnéicas del Precámbrico y cuarcitas del Paleozoico inferior. Su yacencia en el área de estudio se estima a 650 metros de profundidad.

- Formación Arata: su presencia es dudosa en la zona estudiada. La perforación más cercana que la detectó (Metileo, provincia de La Pampa) se ubica a 135 Km al NO de Salliqueló. Allí, está constituida por areniscas finas a medianas gris rojizas y violáceo y arcillitas gris oscuras (Salso, 1966). Se la asigna al Cretácico inferior. El rendimiento acuífero de estos sedimentos sería acuitardo con aguas de elevado tenor salino.
- Formación Abramo: es de origen continental y está constituida por limolitas arenosas de grano fino, rojo parduzcas. En la sección superior dominan areniscas arcillosas hasta conglomerádicas, pardo rojizas claras, calcáreas y yesíferas. Cronológicamente, abarcaría desde el Cretácico superior al Terciario inferior. El espesor aproximado es de 200 m.
- Formación Macachín: es de origen marino, caracterizada por su tonalidad verdosa. Por ello y por su ubicación cronológica, también se la conoce como Mioceno verde. Está integrada por areniscas y arcillitas gris verdosas con abundante calcáreo (tosca y yeso) y frecuentes intercalaciones de material volcánico tobáceo. Registra un espesor medio de 200 m. Las areniscas alternan con las arcillas en estratos de espesor equivalente (20 m). Las primeras actúan como acuíferos de baja productividad ($0.2 \text{ m}^3/\text{hm}$) y las arcillas como acuicludos. Esta disposición y su ubicación vertical (180 a 380 m) le otorgan confinamiento parcial, que aumenta con la profundidad. El contenido salino es elevado, superando normalmente los 20 g/l.
- Formación Araucano: está integrada por areniscas arcillosas, pardo claras, con cemento calcáreo y abundante yeso. Presenta intercalaciones de arcillas de tonalidades rojizas. El espesor registrado en regiones vecinas varía entre 65 y 110 m. De origen lagunar, pertenece al Plioceno. Se comporta como acuífero de baja productividad, en partes como acuitardo debido a su granulometría fina. El rendimiento varía entre 0.05 y $0.9 \text{ m}^3/\text{hm}$. El incremento salino en profundidad (zonación vertical), su constitución arcillosa y la presencia de abundante yeso, hacen que el agua contenida en esta unidad sea de tipo sulfatado y con una salinidad que oscila entre 5 y 10 g/l. Es el principal responsable de la salinización que, por ascenso vertical, se verifica en algunas zonas sobreexplotadas cercanas a la zona de estudio.
- Pampeano: formada por limos arenosos finos algo arcillosos, castaño rojizos, con concreciones calcáreas, también de origen eólico pero en forma de loess. Corresponde al Pleistoceno, subyace al Postpampeano y registra un espesor medio de 60 m. Actúa como acuífero de mediana productividad. Su granulometría y empaquetamiento lo hacen menos permeable que el Postpampeano arenoso. La intercalación de algunos niveles

arcillosos (acuitardos) de poco espesor, le otorgan un confinamiento parcial que se incrementa en profundidad. La salinidad, al igual que en el Postpampeano, manifiesta una acentuada zonación lateral y vertical. La primera debido al flujo y a la variación litológica de los sedimentos portadores y la restante por diferencia en la densidad del agua y por cambios litológicos. Esta parte de la sección posee un contenido salino de 1 a 3 g/l.

- Postpampeano: está constituido por arenas finas, sueltas, de tonalidad pardo rojiza, de origen eólico (medanos), que cubren casi totalmente al ámbito estudiado, emplazándose por debajo de la cubierta superficial edafizada. También se lo ha denominado Médano invasor. En las lomadas supera los 20 metros de espesor, disminuyendo a menos de 5 m en los bajos topográficos. Cronológicamente, corresponde al Holoceno. Es una de las unidades de mayor interés hidrogeológico por su elevada permeabilidad y por contener agua de baja salinidad. Contiene a la capa freática, es predominantemente acuífero y de buena productividad. Ello se debe a su conformación granulométrica y textura (arenas finas bien seleccionadas y sueltas). A partir de ensayos de bombeo se obtuvieron una permeabilidad media de 15 m/d y una porosidad efectiva del 15 %. Además, su elevada permeabilidad vertical favorece la infiltración y por ende la recarga. En lo referente a la salinidad, el agua subterránea manifiesta variaciones significativas tanto en el sentido horizontal como vertical, predominando valores entre 0.6 y 1.5 g/l. En esta unidad, se presentan los menores tenores salinos registrados (0.27 g/l) en coincidencia con lomadas medanosas.

En la zona de estudio se han realizado sondeos eléctricos verticales, los que permitieron definir la hidrogeología de la parte superior del subsuelo (hasta los 50 m de profundidad aproximadamente). En la sección referida a la hidrología subterránea del partido, se detalla el modelo resistivo obtenido a partir de la exploración geoelectrónica.

3.3. Hidrología superficial

El agua superficial en el partido se encuentra almacenada en depresiones de origen eólico, de reducida extensión areal y escasa profundidad. Las más conspicuas en el partido son las lagunas ubicadas al suroeste, sur y este de la localidad de Salliqueló y la laguna de Thompson (parcialmente incluida en el partido). Existen numerosas lagunas de menor magnitud y en general de carácter temporario en todo el partido.

Al estar alimentadas por las aguas subterráneas, la salinidad de sus aguas guarda estrecha relación con la de ellas: si el cuerpo de agua funciona como receptor de la descarga regional de aguas subterráneas tendrá salinidad elevada, como por ejemplo la laguna ubicada en cercanías del pozo 159 (noroeste de Graciarena) en la que se registró una concentración de sales totales de 6500 ppm; también puede producirse la descarga de agua subterránea desde médanos aledaños a la laguna, encontrándose en estas agua de baja concentración salina (por ejemplo en cercanía de la laguna de Thompson se obtuvo un valor de 556 ppm).

Dada la baja pendiente general del terreno, la morfología medanosa y la alta permeabilidad de los suelos, no se han desarrollado cursos de agua superficial, por lo que la región puede caracterizarse como arreica.

3.4. Hidrología subterránea

El análisis que se realiza está basado en la información aportada por dos censos de perforaciones realizados en los años 1986 y 1998 (ver Apéndice 2). La campaña de 1986 registró 278 perforaciones en el partido, lo que constituye un grado de detalle espacial muy importante (Figura 2.7.a). Sin embargo, el período que involucró el censo fue muy prolongado, se realizó entre los meses de marzo y diciembre, lo que acarrea errores generados por la variación de los niveles freáticos durante el lapso de registro. En el censo de 1998 se inventariaron 53 perforaciones pero en un período de 22 días. Esto permite una discretización espacial mucho menos detallada pero una confianza mucho mayor en la simultaneidad de los niveles medidos. Algunos de los pozos registrados en este último censo correspondían a la medición de 1986, lo que permitió comparar los niveles en ambos períodos.

3.4.1. Caracterización del flujo regional

Si se analizan los niveles medidos en las perforaciones del censo de 1986 aparece una tendencia de escurrimiento general en la red de flujo claramente definida, aunque hay muchos niveles notablemente por encima o por debajo de los que los rodean. Esto se debe a dos razones:

- La morfología del terreno condiciona las formas de la superficie freática por lo que elementos tales como dunas, con pequeña representatividad areal, generan elevaciones significativas en los niveles respecto a los alrededores. Esto puede crear la aparición de niveles discordantes en zonas relativamente próximas.
- En segundo lugar, la ya mencionada circunstancia del prolongado tiempo de registro introduce variaciones espurias. Dicho de otra manera, los niveles registrados no constituyen una “fotografía” del sistema de flujo, que es lo que se desea obtener.

En las Figuras 1 pueden observarse las líneas isofreáticas obtenidas y las líneas de flujo principales. Debido a que se prefirió caracterizar el flujo regional y evitar considerar posibles variaciones ficticias, se eligió una equidistancia de 5 m, ya que un mayor detalle hubiese introducido “ruido” no deseable. Con el mismo objeto, se ha realizado una interpolación no exacta, lo que significa que pueden existir puntos cuyo nivel no esté correctamente caracterizado por las curvas isofreáticas trazadas. De esta forma se posibilita el trazado de curvas suaves, imposibles de lograr si se respetan los niveles de todos los puntos. Por lo tanto, se está caracterizando el flujo regional general, evitando la aparición de la mayoría de las discordancias debidas a pequeñas singularidades en la red de flujo dadas por pequeñas zonas de descarga o recarga, tales como los médanos. Los médanos son de gran importancia como generadores de recarga al acuífero pero, al menos en el partido de Salliqueló, no alteran regionalmente la dirección del flujo subterráneo.

La morfología de las curvas isofreáticas es divergente, predominando en la zona norte del partido el flujo en sentido sur-norte, mientras que al sur el flujo tiene sentido sudoeste-noreste. Inmediatamente al norte de la ciudad de Salliqueló aparece una singularidad en la isopieza de 125 m. No hay aparentemente ninguna circunstancia geomorfológica que justifique este hecho, por lo que podría deberse a la falta de simultaneidad de los registros. El gradiente hidráulico medio es de $6 \cdot 10^{-4}$.

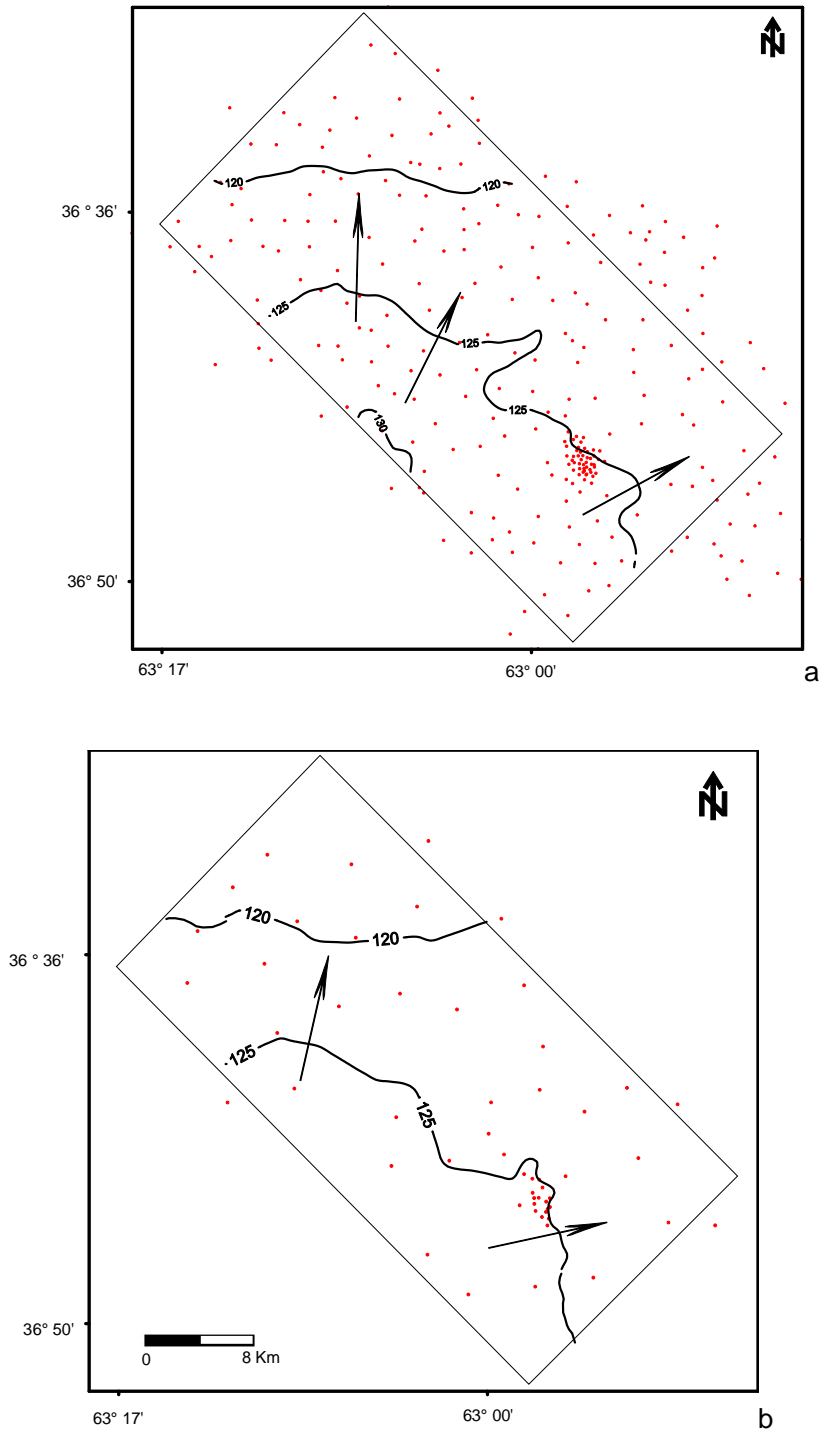


Figura 1. Red de flujo y pozos muestreados en el partido para el año (a) 1986 y (b) 1998.

En cuanto a la red de flujo obtenida en 1998 (Figura 1.b.) muestra una conformación muy similar a la registrada en 1986. En general los niveles han descendido alrededor de 50 cm entre ambos censos.

3.4.2. Caracterización del flujo en el ámbito urbano

En la Figura 2.a pueden verse las curvas isofreáticas obtenidas en el año 1986 en la ciudad de Salliqueló. Las líneas de flujo son divergentes, pudiéndose determinar con claridad una divisoria de aguas subterráneas que atraviesa aproximadamente el centro de la ciudad. Aguas arriba del sector urbano esta configuración se desdibuja, tendiendo las equipotenciales a una morfología plana. Esto es indicativo de la existencia de un domo en la superficie freática bajo la planta urbana originado en dicho lugar. Esto puede deberse a varias razones, pero todas serían de origen antrópico: al realizarse la extracción para alimentar la red de provisión de agua potable en la periferia del ámbito urbano, se produce un aumento de la recarga localizada en la ciudad por pozos negros (en lugares donde no existen servicios cloacales aunque sí de agua potable), pérdidas en la red cloacal o en la red de provisión de agua potable.

En la Figura 2.b se muestra la variación de la conductividad eléctrica específica en las aguas subterráneas de la ciudad y su periferia. Centrando nuestro interés en la zona urbana, puede verse que existe un aumento en los valores de conductividad, alcanzándose valores superiores a 2000 μS , mientras que en la periferia (tanto aguas arriba como aguas debajo de la ciudad) los valores son inferiores a los 800 μS . Por lo tanto, el aumento en la recarga está acompañado por un aumento en la salinidad de las aguas, por lo que debería descartarse como fuente de importancia las pérdidas en la red de provisión de agua potable. Al sudoeste de la planta urbana se ve un sector con aguas de elevada conductividad eléctrica, con centro en el basurero municipal y los piletones de depuración primaria de líquidos cloacales. Ni el basurero ni los piletones cuentan con aislación alguna con el medio subterráneo.

En 1998 las condiciones del flujo en la planta urbana son similares a las de 1986. Se mantiene la morfología divergente de la superficie freática y la posición de la divisoria de aguas. Solamente puede advertirse un leve descenso general en los niveles de alrededor de 50 cm, lo que se corresponde con similares variaciones a nivel regional.

La distribución espacial del espesor de la zona de aereación registrado en 1998 concuerda con el domo en la superficie freática bajo la ciudad. En el ámbito urbano el nivel freático está a menos de 2 m de la superficie del terreno, siendo menor que en la periferia de la ciudad.

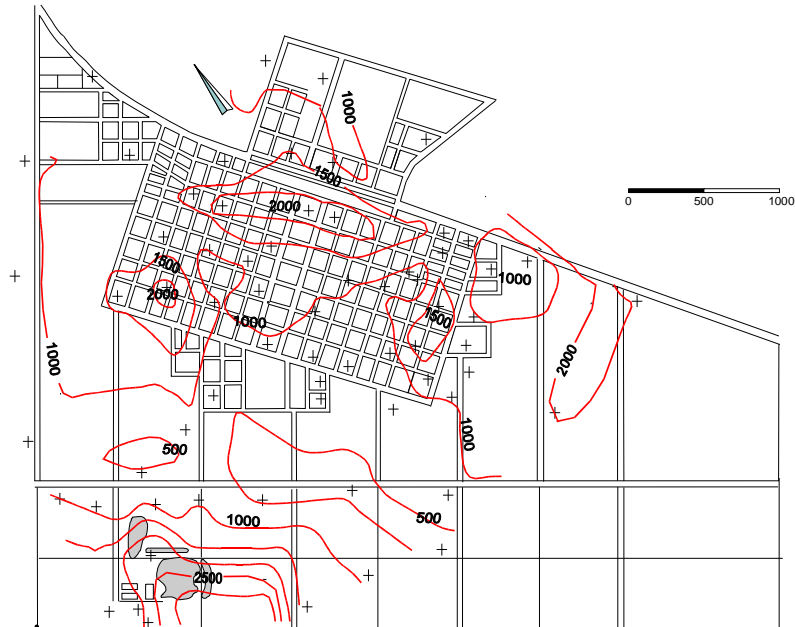


Figura 2 (a) Equipotenciales y direcciones de flujo principales; (b) conductividad eléctrica específica en el radio urbano y periurbano.

3.4.3. Recarga

La recarga es el agua que infiltra, atraviesa la zona no saturada y llega al nivel freático, produciendo un ascenso de dicho nivel. De las diferentes metodologías que se utilizan para el cálculo de la recarga, se ha utilizado el balance de agua en el suelo de Thornthwaite y Mather (1957), dada la poca disponibilidad de datos climáticos para aplicar otros métodos.

Según esta metodología, se conoce como "excedente" la cantidad de agua que el suelo no puede retener y que, por lo tanto, pasa a constituirse en escurrimiento superficial o recarga al acuífero. En esta zona puede considerarse con un pequeño margen de error que el excedente de agua del balance no produce escurrimiento superficial dada la alta capacidad de infiltración de los suelos y, por lo tanto, el valor del exceso es prácticamente equivalente a la recarga. Se realizaron balances de agua para cada uno de los tipos de suelo y usos de cada uno de ellos, tal cual se ha descrito en el apartado "Evapotranspiración". La Tabla 2.2 muestra los resultados de los balances, en los que se muestran los excesos correspondientes a cada combinación suelo-uso. La recarga anual variaría entre un mínimo de 124.2 mm y un máximo de 149.2 mm. Las mayores recargas se corresponden con suelos arenosos con pasturas y/o cereales o campo natural. La recarga media sería de 137 mm/año.

Es importante aclarar que el valor de recarga obtenido corresponde a un balance para el período 1983-1996 y que si se realiza un análisis para un período mayor los valores de recarga decrecen considerablemente. Esto se debe al aumento de las precipitaciones medias de los últimos años respecto a las medias históricas.

3.5. Hidrodinámica

En general, se observa que los valores de transmisividad varían en el rango comprendido entre 140 y 280 m²/d. Teniendo presente que la zona filtrante de las perforaciones tiene una longitud de entre 10 y 15 m, se obtienen conductividades hidráulicas de 10 a 30 m/d, representativas de las arenas del Postpampeano pero no de los limos del Pampeano. También, el coeficiente de almacenamiento corresponde a un acuífero libre, es decir el Postpampeano. En resumen, aunque el ensayo se está realizando aparentemente en ambas formaciones, el hecho de que el Pampeano tenga una difusividad (cociente entre la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento, físicamente a menor valor el acuífero libera una mayor cantidad de agua a igual descenso) mucho mayor, hace que prácticamente no se esté extrayendo agua de los limos sino que las arenas aportan casi la totalidad. Por ello, se considera que los parámetros obtenidos son representativos de la Formación Postpampeano.

3.6. Modelo conceptual

De acuerdo a la información analizada el modelo conceptual para la zona de estudio puede plantearse separando una sección superior portadora de agua de baja salinidad y un nivel inferior constituida por sedimentos limosos que contienen aguas salobres. A su vez, la sección superior está constituida por limos del Pampeano y, superpuestas a ellos, por las arenas del Postpampeano. Esta sección tiene una dinámica particular altamente dependiente de las variables climáticas y, particularmente en las arenas, el movimiento del agua subterránea es mucho mayor respecto de los limos infrayacentes.

El escenario geomorfológico muestra una alternancia de sectores positivos (lomas) y negativos (bajos). En los sectores positivos la infiltración es mayor y da lugar a la formación de lentes de agua dulce, mientras que los sectores bajos se caracterizan por ser áreas de descarga de las aguas subterráneas. Estas áreas de descarga pueden ser de pequeña influencia o de descarga regional. En muchos casos se puede producir el afloramiento del nivel freático, fuertemente afectado por fenómenos de evaporación y evapotranspiración.

Las zonas de descarga regional descargan aguas de niveles más lejanos y más profundos, por lo que el agua subterránea y/o superficial de dichos bajos está caracterizada por su alto contenido salino. Por otra parte, los bajos de descarga local, drenan sólo los médanos vecinos, por lo que la calidad de sus aguas es buena.

La baja pendiente de la zona, la geomorfología medanosa ondulada y la alta permeabilidad de los suelos no dan lugar al desarrollo de cursos de agua superficial.

3.7. Modelo Numérico

También se analizó el efecto de las extracciones pero luego de un período de explotación de aproximadamente 15 años, lo que es equiparable a la situación actual, teniendo en cuenta el tiempo transcurrido desde la instauración del servicio de distribución de agua centralizado. En las Figuras 2.26 y 2.27 se ven la posición de la interfase y la distribución general salina para dicha situación. Se observa una mayor disturbación en el entorno de los tres pozos cuando se bombea desde el limo, produciéndose ascensos importantes del agua salobre en

dichos lugares con la formación de conos invertidos. Se observa en la Figura 2.26 que el agua que estarían extrayendo los pozos del limo es considerablemente más salina que en el caso de la arena. Más adelante se analizará con más detalle esta situación.

Tanto las consideraciones de tipo hidráulico a partir del análisis de los ensayos de bombeo como los resultados de la simulación respecto a la salinidad del agua que extraerían las perforaciones, indican que la extracción desde el limo no es realista, es decir, que la formación arenosa aporta la gran mayoría del agua que se extrae de las perforaciones

De la comparación de ambas figuras pueden hacerse los siguientes comentarios:

- Los ascensos de la interfase son más veloces para el bombeo en el limo. Obsérvese, por ejemplo, la posición de la interfase actual (15.6 años), que está mucho más alta en el caso del bombeo en el limo.
- Sin embargo, la posición final de la interfase (100 años de bombeo) así como las interfases de los períodos más prolongados están por debajo en el caso de bombeo desde el limo.

Esta aparente contradicción se explica simplemente porque cuando se bombea el limo la sección filtrante está más abajo que cuando se bombea la arena. Como la posición final de la interfase a largo plazo está acotada por la posición del filtro, el caso de bombeo desde la arena es el más desfavorable pero sólo debido a circunstancias geométricas y no hidráulicas. Si los filtros pudiesen estar en la misma posición en ambos casos, sin duda el avance mayor del frente salino se produciría bombeando desde el limo. Esto es así porque, dada la menor conductividad hidráulica del limo, se requieren gradientes hidráulicos mucho mayores para extraer el mismo caudal.

En resumen, el frente salino sube más rápidamente cuando se extrae el agua del limo. Sin embargo, manteniendo las mismas hipótesis empleadas en las simulaciones donde se reproduce la explotación del acuífero, es decir una extracción y recarga constante en el tiempo, el acuífero se salinizará a largo plazo de manera muy similar si se bombea de la arena o del limo. Por lo tanto, se recomienda tener un control periódico de la situación de la interfaz en especial en la zona de la ciudad y, además, construir las nuevas perforaciones para la provisión de agua potable fuera del radio urbano.

3.8. Reservas

Para la estimación de la reserva de agua dulce en la lente ubicada en el sector urbano y periurbano de la ciudad de Salliqueló, se utilizaron la información antecedente, la generada en los ensayos de bombeo y en determinaciones propias en los pozos de abastecimiento y la proveniente de la interpretación de los SEV. La documentación antecedente de las perforaciones de abastecimiento de agua potable permitió determinar el espesor de las arenas del Postpampeano. Los ensayos de bombeo permitieron determinar la porosidad efectiva de las mismas. En las mismas perforaciones, se midió el nivel freático y se tomaron muestras a las que se les realizaron análisis químicos. La interpretación de los SEV permitió estimar el espesor de las arenas saturadas en los sectores donde no había información de perforaciones y, además, la posición de la interfase agua dulce-salobre.

Las extracciones de agua de la lente están destinadas al abastecimiento del consumo humano y ganadero, y riego. La explotación para consumo humano se realiza tanto mediante el conjunto de perforaciones que abastecen la red urbana de distribución de agua potable como de perforaciones domiciliarias, tanto en el radio urbano como en la periferia. El riego se realiza en un solo predio cercano a la ciudad, y constituye un porcentaje significativo de la extracción total. A partir de algunos datos informados y de otros estimados se calculó una extracción total de 1.3 Hm³/año, de los cuales el 48 % correspondería a la distribución urbana de agua potable, un 32 % a las perforaciones privadas, un 15 % al abastecimiento de ganado y, finalmente un 5 % al riego.

La lente cubre un área de aproximadamente 9600 hectáreas. Si se supone una porosidad efectiva media del 10 % y un espesor promedio de arenas saturadas con agua poco salina de 10 m, la reserva de agua dulce es de 96 hm³. Del balance de agua en el suelo se obtuvo una recarga anual promedio es de 139 l/m², que para el área de la lente equivale a 13.2 Hm³/año. Es decir, anualmente se produce una reposición de casi un 14 % de las reservas, lo cual contrasta con la extracción total de la lente, que apenas llega al 1 %. El 13 % no aprovechado fluye hacia las zonas de descarga donde pasa a formar parte de cuerpos de agua superficiales o es evapotranspirado. Por lo tanto, no hay riesgo de sobreexplotación en cuanto a la comparación de los volúmenes explotados con las reservas. En este caso, los problemas de sobreexplotación pueden producirse más comúnmente por bombeos

excesivos en pozos individuales o en pozos cercanos, de manera que producen el ascenso del nivel salino con la consiguiente contaminación del o los pozos involucrados.

4. EL LABORATORIO DE AGUAS

En la Argentina las normas de calidad que definen al agua potable son las del Código Alimentario Argentino. Ley 18284/1969- Decreto 2126/1971. Ley 11820 – texto actualizado con las modificaciones introducidas por la ley 12292.

Según el Código Alimentario Argentino (C.A.A.) en su artículo 982 define **agua potable** de suministro público y de uso domiciliario, a toda agua apta para la alimentación y uso domestico: no deberá contener substancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, límpida y transparente.

El agua potable de uso domiciliario es el agua proveniente de un suministro público, de pozo o de otra fuente, ubicado en los reservorios o depósitos domiciliarios.

Básicamente el agua tiene habilidad para disolver alguna porción de prácticamente cualquier cosa con la que esté en contacto. No interesa si el material es natural o artificial, aparentemente el agua parece siempre capaz de disolverlo, y mantenerlo en solución. De hecho, el agua es llamada el "solvente universal".

Si las substancias que el agua disuelve no son buenas para las personas, dañan los sistemas de cañerías, o nuestras posesiones personales, es imprescindible el estudio del agua para intentar buscar una solución al problema, porque además pueden ser ofensivas a nuestros sentidos de paladar, olfato y en su apariencia estética. El agua puede "acarrear con ella" partículas de sedimentos, polvo y herrumbre. Estas no están disueltas en el agua, pero son simplemente arrastradas por su corriente, o mantenidas en suspensión en el agua estancada, pudiendo causar daños tales como obstrucción.

Y finalmente, el agua presenta una otra característica problemática: es un ambiente ideal para el desenvolvimiento de todo tipo de bacterias y microorganismos. Cuando es permitido que estén fuera de control, esta condición puede causar serios problemas que pueden ir, desde una pequeña irritación intestinal, hasta serias enfermedades e incluso la muerte.

El problema que tenemos que resolver, dependerá de lo que entró en contacto con el agua.

Estas condiciones pueden variar mucho, y no solamente de una región del país para otra, sino que también dentro de la misma localidad. El agua extraída de pozos en la misma área, puede no ser exactamente el mismo. La calidad del agua de red municipal depende de la edad y condiciones de operación de los equipos. Y a pesar de que el agua sea considerada como "segura para beber" o "potable" para consumo humano, la calidad estética puede dejar mucho a desear.

La autoridad sanitaria competente podrá admitir valores distintos si la composición normal del agua de la zona y la imposibilidad de aplicar tecnologías de corrección lo hicieran necesario.

Los tratamientos de potabilización que sea necesario realizar deberán ser puestos en conocimiento de la autoridad sanitaria competente.

4.1. Agua en Salliqueló

Bajo la superficie, el agua tiende a juntarse en las partes porosas del suelo formando los "acuíferos". Estos acuíferos son la fuente de nuestra agua de pozo.

Al igual que el resto de la región noroeste de la provincia de Buenos Aires, la hidrografía de la zona se limita a la presencia de cuerpos de agua de carácter temporario.

4.2. Hidroquímica

4.2.1. Partido de Salliqueló según censo del año 1986

De acuerdo con los registros existentes, en 1986 se llevó a cabo un censo regional que involucró la toma de muestras de agua en 122 sitios distribuidos irregularmente en el Partido de Salliqueló, con una densidad mayor en la propia ciudad de Salliqueló. Los resultados de los análisis químicos se muestran en las tablas anexadas.

Se desconoce la profundidad total de los pozos muestreados y, más grave aún, no se sabe a qué profundidad existe ingreso de agua a los pozos (por filtros o ranuras en los encamisados). Por ende, una muestra dada bien puede ser mezcla de aguas provenientes de estratos de distinta calidad química, y su valor informativo es escaso. Las distribuciones

areales de las especies químicas analizadas no presentan un panorama alentador. No existe una zonación clara de valores altos y bajos, más bien tales valores coexisten en todos los sectores, y se puede observar una gran influencia de pozos discretos. En estas condiciones, resulta extremadamente arriesgado suponer una relación entre sitios de muestreo. Las concentraciones mayores están gobernadas por la química local del pozo muestreado, aunque puede abrirse alguna instancia de análisis en base a lo que muestran las concentraciones bajas a promedio de las diversas especies. En ese sentido, cabe suponer que las variaciones locales están determinadas por la mayor o menor recarga que recibe el acuífero en todo su dominio, que a su vez se relacionan con los rasgos topográficos y geomorfológicos.

Se procedió a un análisis de componentes principales en modo Q, es decir destinado a detectar relaciones entre sitios de muestreo. La prueba inicial consistió en trabajar con la transpuesta de la matriz de datos químicos, es decir que se cuenta con los sitios de muestreo en las columnas y las especies muestreadas en las filas. Como método de extracción se utilizó Componentes Principales (CP). Para el procesamiento, se utilizó el paquete estadístico SPSS-PC+ (Norusis, 1986). Luego de eliminar las muestras 69, 71, 187, 220, 222 y 237 (por incompletas), la matriz quedó conformada con las especies medidas en 116 sitios.

Observando los mapas de isoconcentración y las tablas con los datos, se determina que el primer grupo responde a muestras de mínimo contenido salino, y lo inverso sucede con el segundo grupo. En cualquier caso, debe notarse que la referencia es válida para 17 muestras (un 10% del total).

Aunque las variaciones químicas naturales de nivel regional están enmascaradas por las concentraciones puntualmente anómalas, es válido efectuar un análisis similar al anterior pero destinado a hallar asociaciones entre las variables del muestreo (especies disueltas). Esto se logra con el método de componentes principales en modo R. Se operó sobre la matriz de correlación de los datos no normalizados, con rotación rígida. De ello, se obtuvieron tres componentes principales, que explican el 80% de la varianza original (CP1: 50,10%, CP2: 21,40% y CP3: 8,5%). Sabido es que el número de orden de los CP es un índice de su importancia en términos de las variaciones a escala diferente. Por ello, se concluye lo siguiente:

- Componente Principal 1: Agrupa a las variables Cl, RS, CE y Ca. Sus variaciones dominan el espectro regional, y es un claro indicador de salinización.
- Componente Principal 2: Nuclea a las variables HCO₃, CO₃, Na y K. Explica las variaciones de escala meso-regional, y se relaciona con los sectores donde las aguas muestreadas son más bien alcalinas.
- Componente Principal 3: Aísla al compuesto NO₃. Explica variaciones mayormente localizadas, y es un indicador de degradaciones puntuales del agua subterránea.

4.2.2. Partido de Salliqueló según censo del año 1999

El censo se efectuó en 1998, y en 1999 se tomaron muestras extras para definir algunos sectores problemáticos. Se operó sobre la base de 53 muestras de diferentes fuentes, de acuerdo con el detalle de la segunda tabla. La localización de las muestras surgió de considerar las similitudes o diferencias químicas detectadas en el censo de 1986, de forma tal de evitar el sobremuestreo de zonas con cierta regularidad química. Debe destacarse que las determinaciones analíticas se efectuaron en el IHLLA con técnicas estándar (APHA, AWWA, WPCF, 1992), y con comprobación del grado de confiabilidad del análisis (Usunoff y Morano, 1993).

La primera observación, ya sea de los datos o de borradores de mapas de distribución areal de las especies muestreadas, es que resultaba difícil o al menos comprometido esbozar un patrón general de comportamiento químico. Las variaciones son de una magnitud grande, a veces en espacios cortos, y con poca sujeción al esquema general del flujo subterráneo.

Nuevamente, se hizo uso del análisis multivariado. Se operó sobre la base de la transpuesta de la matriz de datos químicos, es decir que se cuenta con 53 columnas (los sitios de muestreo) y 13 filas (las especies muestreadas). Como método de extracción se utilizó Componentes Principales (CP), obligando a discriminar los CP con autovalores mayores o iguales a 0,01, y con rotación rígida del tipo Varimax. Para el procesamiento, se utilizó el paquete estadístico SPSS-PC (Norusis, 1986). El resultado no pudo ser más elocuente, en términos del % de varianza explicada por los CP:

CP1: 97% - CP2: 1,6% - CP3: 1% - CP4: 0,2% - CP5: 0,1%

Al igual que con las muestras obtenidas en 1986, a pesar de su menor cantidad y de los indicios de mala discriminación espacial, se realizó un análisis de componentes principales en modo R para identificar patrones de asociación entre las especies químicas medidas. Los datos no fueron normalizados, la rotación fue rígida, y se lograron extraer tres componentes principales que, sumados, explican el 77% de la varianza original y que agrupan a las siguientes variables:

- Componente principal 1: Ca, Mg, Cl, K, RS y CE.
- Componente principal 2: HCO₃, F y Na
- Componente principal 3: CO₃, pH y SO₄.

Se advierte, en principio, que las variables químicas no mencionadas se distribuyen en los distintos componentes principales extraídos. Por otro lado, la asociación de variables no tiene una explicación fácil. Es natural que el CP1 muestre alta afinidad de RS, CE y Cl, pero la aparición de Ca y Mg es sorprendente. El CP2 sugiere equilibrios químicos que requerirían de la presencia de minerales carbonatados y fluorados, a la par que un fenómeno de intercambio químico de ablandamiento. Y el CP3 aparece sólo para justificar las variaciones de pH (el CO₃ no es relevante, pues sólo fue detectado en una muestra) asociadas débilmente a las del ión SO₄. El escenario de análisis es desconcertante o, en todo caso, e más conveniente expresarlo indicando que las variables del análisis no son enteramente apropiadas para su consideración por estas técnicas. En esencia, se vuelve a las conclusiones de que: el sistema, químicamente visto, no responde de forma homogénea y sus variaciones están más vinculadas a factores de orden estrictamente local que regional.

4.2.3. Aptitud del agua subterránea del Partido de Salliqueló

El análisis de los datos químicos emergentes del censo de 1986 no reviste mayor interés, pues: (1) corresponde a un período pasado en el que ni siquiera existía un sistema central de distribución de agua potable, y por ello los datos tienen interés exclusivamente para 1986, y (2) los muestreos fueron hechos en distintos momentos del año, lo que no permite su análisis consolidado y coherente.

La ciudad de Salliqueló y su entorno inmediato poseen, en términos relativos, aguas de buena a aceptable calidad química desde el punto de vista de su uso para abastecimiento humano. Es importante puntualizar que, para el medio urbano, toda vez que se mencione

agua de abastecimiento debe entenderse aquella provista a través de la red de agua potable. No se incluye aquella fracción de agua que los habitantes puedan ingerir a partir de la puesta en marcha de sistemas de bombeo domiciliarios (muy frecuentes).

Los elementos que definen la aptitud química de un agua dada para consumo humano están definidos en el Código Alimentario Argentino, que a su vez se nutre de las sugerencias emanadas de la Organización Mundial de la Salud. En tal sentido, cabe advertir que el censo de pozos (de la red de agua potable y domiciliarios) de 1999 reveló que el contenido promedio de nitrato y de flúor exceden los límites permisibles.

El caso del nitrato es más relevante pues los valores dosados están bastante por encima de lo aceptable, aún adoptando cierta flexibilidad. En ausencia de uso intensivo de fertilizantes, el nitrato tiene su origen primario en la materia fecal de los seres vivos. Si tales residuos no son adecuadamente recogidos y tratados, se da lugar a la aparición de concentraciones muy elevadas en el solvente (agua) con posibilidades aún más riesgosas de generar por descomposición cantidades importantes de nitrito. Por ello, en la sección de riesgo ambiental, se indica que el nitrato lo es para el ámbito urbano de Salliqueló. Se sabe que la red cloacal en la ciudad data de pocos años y tiene una cobertura sólo parcial. Eso permite suponer que aún permanecen activos muchos pozos negros, aún los de usuarios conectados a la red cloacal, y que los productos allí generados migran verticalmente hacia las aguas subterráneas que se encuentran a profundidades someras. Cabe informar que, aunque se lograra la inmediata conexión de todas las viviendas a la red cloacal, el efecto residual de la materia fecal de los pozos continuará por largo período, medible en años, en virtud de la escasa dinámica de movimiento del agua subterránea.

La situación es menos alarmante con respecto al contenido promedio de flúor. Si bien está ligeramente por encima del valor fijado en el Código Alimentario Argentino, sus efectos (si se registran) son de orden meramente estético y se manifiestan con moteado, vetado o decoloración del esmalte dental, que epidemiológicamente se conoce como fluorosis leve.

De las muestras obtenidas para el análisis del contenido de arsénico, tres pertenecen a pozos de abastecimiento de la red y seis a pozos de uso doméstico, y en ellas se detectaron sólo vestigios de la especie química.

La disponibilidad de agua, en cuanto a calidad química que se desprende de los resultados de los análisis efectuados es pobre. Estas características implican que cualquier establecimiento industrial y o fabrica por menor que sea y que necesite generar vapor deberá realizar la instalación de una planta de tratamiento o de acondicionamiento del agua de alimentación.

Para el caso de industrias alimenticias la calidad del agua se hace más estricta porque además de la necesidad de generar vapor se debe utilizar en el lavado de los equipos e instalaciones, materias primas y productos elaborados, diluciones etc., tal es el caso de la industria lechera. Como se aprecia en las tablas de resultados químicos los valores correspondientes al ión nitrato están en su mayoría por encima del valor de 45 ppm, límite establecido por el Código Alimentario Argentino por lo tanto no pueden utilizarse.

Con respecto a la calidad de las aguas para consumo animal, esta se ve afectada por el alto contenido de nitrato, cuya presencia hace suponer algún tipo de contaminación orgánica o suelos con una aplicación desmedida de fertilizantes. Con respecto a la salinidad del agua en su gran mayoría los análisis determinaron que son de excelentes a muy satisfactoria para toda clase de ganado y de aves.

De los análisis también surge que la calidad de las aguas para riego presentan en su mayoría peligro de salinidad de los suelos entre media y alta, y mediana y alta peligrosidad sódica de los mismos. En estos casos es recomendable efectuar controles periódicos del suelo para establecer si se ha producido algún deterioro y poder manejar técnicamente el riego para atenuarlos.

Como conclusión general, la hidroquímica de la región se caracteriza por aguas de calidad media a baja para sus distintos usos. Los principales problemas se relacionan con el alto contenido salino general, y en particular con los elevados tenores de nitrato para la ingesta humana.

Datos químicos provenientes del censo 1986.

| Nro. | CA | MG | NA | K | CL | NO3 | SO4 | CO3 | HCO3 | F | CE | RS | pH |
|------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|------|-------------------|----------|------|
| | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | mS/cm a 25 ° C | ppm | |
| 2 | 16,00 | 10,00 | 224,00 | 25,00 | 66,00 | 65,00 | 30,00 | 29,00 | 483,00 | 2,80 | 1180,00 | 715,00 | 8,00 |
| 4 | 32,00 | 16,00 | 196,00 | 22,00 | 76,00 | 130,00 | 32,00 | 24,00 | 407,00 | 0,73 | 1100,00 | 650,00 | 7,20 |
| 6 | 40,00 | 12,00 | 414,00 | 46,00 | 96,00 | 45,00 | 48,00 | 65,00 | 1003,00 | 2,80 | 2210,00 | 1335,00 | 8,00 |
| 10 | 75,00 | 3,00 | 392,00 | 44,00 | 266,00 | 81,00 | 224,00 | 43,00 | 488,00 | 1,91 | 2850,00 | 1550,00 | 8,40 |
| 11 | 5,00 | 6,00 | 261,00 | 29,00 | 72,00 | 2,00 | 18,00 | 60,00 | 549,00 | 0,01 | 1310,00 | 721,00 | 8,50 |
| 15 | 94,00 | 147,00 | 1036,00 | 115,00 | 1100,00 | 32,00 | 1180,00 | 43,00 | 561,00 | 0,82 | 9350,00 | 5516,00 | 8,10 |
| 16 | 310,00 | 32,00 | 44,00 | 5,00 | 272,00 | 52,00 | 344,00 | 19,00 | 237,00 | 0,38 | 3100,00 | 1877,00 | 8,10 |
| 17 | 18,00 | 10,00 | 226,00 | 25,00 | 86,00 | 4,00 | 100,00 | 29,00 | 434,00 | 1,38 | 1280,00 | 652,00 | 8,30 |
| 21 | 366,00 | 95,00 | 205,00 | 23,00 | 1114,00 | 47,00 | 364,00 | 36,00 | 500,00 | 0,38 | 6700,00 | 4053,00 | 7,90 |
| 24 | 32,00 | 19,00 | 162,00 | 18,00 | 60,00 | 77,00 | 24,00 | 41,00 | 383,00 | 2,80 | 820,00 | 498,00 | 8,10 |
| 26 | 42,00 | 47,00 | 699,00 | 78,00 | 668,00 | 27,00 | 485,00 | 58,00 | 522,00 | 0,82 | 4500,00 | 2322,00 | 7,90 |
| 28 | 48,00 | 44,00 | 289,00 | 32,00 | 276,00 | 63,00 | 128,00 | 26,00 | 522,00 | 1,07 | 2680,00 | 1437,00 | 8,00 |
| 31 | 24,00 | 23,00 | 164,00 | 18,00 | 56,00 | 0,00 | 10,00 | 50,00 | 461,00 | 0,47 | 950,00 | 427,00 | 8,30 |
| 32 | 88,00 | 103,00 | 982,00 | 108,00 | 760,00 | 27,00 | 885,00 | 77,00 | 1044,00 | 1,03 | 7350,00 | 4619,00 | 7,70 |
| 33 | 101,00 | 105,00 | 766,00 | 85,00 | 862,00 | 26,00 | 272,00 | 67,00 | 1108,00 | 0,86 | 7700,00 | 4007,00 | 7,60 |
| 36 | 69,00 | 60,00 | 63,00 | 7,00 | 104,00 | 61,00 | 72,00 | 31,00 | 310,00 | 0,69 | 1680,00 | 976,00 | 8,00 |
| 37 | 650,00 | 516,00 | 835,00 | 93,00 | 3240,00 | 12,00 | 900,00 | 0,00 | 312,00 | 2,80 | 19800,00 | 11211,00 | 7,20 |
| 39 | 42,00 | 74,00 | 215,00 | 24,00 | 136,00 | 60,00 | 100,00 | 29,00 | 654,00 | 1,30 | 3200,00 | 1742,00 | 8,10 |
| 40 | 11,00 | 13,00 | 158,00 | 18,00 | 50,00 | 12,00 | 12,00 | 22,00 | 410,00 | 1,91 | 850,00 | 488,00 | 8,30 |
| 41 | 11,00 | 9,00 | 279,00 | 31,00 | 72,00 | 49,00 | 56,00 | 54,00 | 605,00 | 2,80 | 1410,00 | 820,00 | 8,20 |
| 42 | 6,00 | 9,00 | 205,00 | 23,00 | 56,00 | 12,00 | 20,00 | 10,00 | 512,00 | 1,64 | 1020,00 | 665,00 | 8,10 |
| 45 | 64,00 | 35,00 | 58,00 | 6,50 | 46,00 | 83,00 | 44,00 | 14,00 | 360,00 | 1,29 | 790,00 | 450,00 | 7,90 |
| 48 | 51,00 | 58,00 | 176,00 | 20,00 | 126,00 | 56,00 | 94,00 | 38,00 | 500,00 | 1,95 | 1580,00 | 1041,00 | 7,80 |
| 49 | 48,00 | 57,00 | 317,00 | 35,00 | 172,00 | 92,00 | 122,00 | 55,00 | 717,00 | 1,29 | 2510,00 | 1449,00 | 8,30 |
| 50 | 109,00 | 97,00 | 731,00 | 81,00 | 714,00 | 1,00 | 440,00 | 29,00 | 1130,00 | 1,55 | 5950,00 | 2830,00 | 8,00 |
| 52 | 691,00 | 394,00 | 1083,00 | 120,00 | 3196,00 | 44,00 | 1000,00 | 12,00 | 464,00 | 1,29 | 17800,00 | 10140,00 | 7,30 |
| 55 | 88,00 | 49,00 | 140,00 | 16,00 | 200,00 | 75,00 | 110,00 | 17,00 | 337,00 | 0,47 | 1370,00 | 899,00 | 8,00 |
| 58 | 194,00 | 39,00 | 1159,00 | 129,00 | 1010,00 | 92,00 | 660,00 | 72,00 | 1383,00 | 0,78 | 8100,00 | 4508,00 | 8,00 |
| 60 | 45,00 | 68,00 | 438,00 | 49,00 | 436,00 | 42,00 | 136,00 | 48,00 | 712,00 | 2,47 | 4350,00 | 1798,00 | 7,60 |
| 62 | 34,00 | 26,00 | 190,00 | 21,00 | 88,00 | 46,00 | 36,00 | 38,00 | 468,00 | 1,73 | 1280,00 | 652,00 | 7,90 |
| 63 | 400,00 | 27,00 | 2471,00 | 275,00 | 1848,00 | 54,00 | 1560,00 | 106,00 | 3211,00 | 2,80 | 8800,00 | 4862,00 | 8,00 |
| 64 | 27,00 | 30,00 | 290,00 | 32,00 | 126,00 | 0,00 | 46,00 | 38,00 | 739,00 | 1,33 | 1820,00 | 1034,00 | 8,10 |
| 76 | 102,00 | 66,00 | 122,00 | 13,00 | 306,00 | 42,00 | 106,00 | 14,00 | 276,00 | 0,38 | 2110,00 | 1353,00 | 7,60 |
| 77 | 1269,00 | 114,00 | 1370,00 | 152,00 | 4230,00 | 23,00 | 570,00 | 0,00 | 439,00 | 0,82 | 22500,00 | 13242,00 | 7,10 |
| 80 | 72,00 | 127,00 | 323,00 | 36,00 | 298,00 | 26,00 | 198,00 | 48,00 | 927,00 | 0,73 | 5050,00 | 2981,00 | 7,70 |
| 82 | 38,00 | 27,00 | 52,00 | 6,00 | 52,00 | 5,00 | 44,00 | 7,00 | 237,00 | 0,82 | 380,00 | 272,00 | 7,90 |
| 84 | 35,00 | 29,00 | 53,00 | 6,00 | 58,00 | 52,00 | 22,00 | 10,00 | 217,00 | 0,99 | 510,00 | 383,00 | 7,90 |
| 94 | 53,00 | 62,00 | 595,00 | 66,00 | 196,00 | 46,00 | 172,00 | 50,00 | 1530,00 | 2,80 | 4950,00 | 2134,00 | 7,80 |
| 95 | 16,00 | 20,00 | 607,00 | 67,00 | 186,00 | 80,00 | 128,00 | 48,00 | 1283,00 | 1,95 | 3350,00 | 1795,00 | 8,40 |
| 96 | 192,00 | 74,00 | 164,00 | 18,00 | 228,00 | 67,00 | 140,00 | 14,00 | 776,00 | 0,90 | 3050,00 | 1646,00 | 7,90 |
| 97 | 16,00 | 20,00 | 272,00 | 30,00 | 82,00 | 6,00 | 44,00 | 34,00 | 683,00 | 2,69 | 1350,00 | 818,00 | 8,40 |
| 100 | 37,00 | 18,00 | 73,00 | 8,00 | 48,00 | 5,00 | 8,00 | 19,00 | 281,00 | 1,29 | 490,00 | 295,00 | 8,10 |
| 101 | 74,00 | 49,00 | 160,00 | 18,00 | 174,00 | 52,00 | 96,00 | 31,00 | 407,00 | 0,73 | 2420,00 | 820,00 | 7,70 |
| 102 | 59,00 | 64,00 | 15,00 | 1,70 | 70,00 | 82,00 | 32,00 | 17,00 | 273,00 | 1,07 | 800,00 | 435,00 | 8,00 |
| 105 | 51,00 | 69,00 | 336,00 | 37,00 | 214,00 | 44,00 | 106,00 | 31,00 | 842,00 | 2,60 | 3050,00 | 1584,00 | 7,70 |
| 106 | 56,00 | 22,00 | 52,00 | 6,00 | 56,00 | 149,00 | 14,00 | 5,00 | 161,00 | 0,34 | 650,00 | 426,00 | 7,40 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|------|----------|---------|------|
| 110 | 40,00 | 31,00 | 647,00 | 72,00 | 176,00 | 95,00 | 170,00 | 89,00 | 1398,00 | 2,80 | 3350,00 | 1972,00 | 7,80 |
| 113 | 112,00 | 19,00 | 912,00 | 101,00 | 318,00 | 88,00 | 344,00 | 106,00 | 1840,00 | 2,80 | 4700,00 | 2824,00 | 8,30 |
| 117 | 32,00 | 55,00 | 859,00 | 95,00 | 478,00 | 55,00 | 540,00 | 87,00 | 1161,00 | 2,80 | 3650,00 | 2110,00 | 8,10 |
| 118 | 35,00 | 39,00 | 221,00 | 25,00 | 90,00 | 37,00 | 30,00 | 41,00 | 649,00 | 2,80 | 910,00 | 500,00 | 8,00 |
| 126 | 50,00 | 91,00 | 491,00 | 55,00 | 394,00 | 143,00 | 262,00 | 48,00 | 808,00 | 0,20 | 3950,00 | 2041,00 | 7,60 |
| 127 | 74,00 | 59,00 | 265,00 | 29,00 | 308,00 | 37,00 | 222,00 | 22,00 | 415,00 | 1,07 | 3250,00 | 1287,00 | 7,50 |
| 128 | 45,00 | 28,00 | 946,00 | 105,00 | 422,00 | 70,00 | 306,00 | 89,00 | 1703,00 | 2,80 | 5650,00 | 3035,00 | 7,70 |
| 129 | 35,00 | 31,00 | 745,00 | 83,00 | 532,00 | 19,00 | 760,00 | 72,00 | 420,00 | 2,80 | 5550,00 | 2900,00 | 8,40 |
| 130 | 82,00 | 79,00 | 123,00 | 14,00 | 216,00 | 86,00 | 90,00 | 26,00 | 383,00 | 0,52 | 2200,00 | 1002,00 | 7,80 |
| 134 | 120,00 | 39,00 | 646,00 | 72,00 | 496,00 | 53,00 | 360,00 | 31,00 | 1035,00 | 2,73 | 5400,00 | 2551,00 | 7,50 |
| 142 | 35,00 | 26,00 | 281,00 | 31,00 | 96,00 | 140,00 | 58,00 | 19,00 | 649,00 | 2,80 | 1650,00 | 942,00 | 8,20 |
| 145 | 70,00 | 43,00 | 189,00 | 21,00 | 188,00 | 65,00 | 142,00 | 29,00 | 364,00 | 0,99 | 2250,00 | 1108,00 | 7,80 |
| 146 | 251,00 | 101,00 | 110,00 | 2,60 | 168,00 | 48,00 | 44,00 | 24,00 | 281,00 | 0,29 | 3100,00 | 2103,00 | 7,90 |
| 147 | 210,00 | 103,00 | 200,00 | 22,00 | 232,00 | 50,00 | 306,00 | 24,00 | 664,00 | 2,39 | 4100,00 | 2355,00 | 7,70 |
| 148 | 347,00 | 135,00 | 609,00 | 68,00 | 866,00 | 32,00 | 720,00 | 12,00 | 471,00 | 0,29 | 7200,00 | 4236,00 | 7,40 |
| 149 | 59,00 | 62,00 | 1304,00 | 145,00 | 846,00 | 75,00 | 680,00 | 118,00 | 1706,00 | 2,80 | 7900,00 | 4186,00 | 8,10 |
| 151 | 110,00 | 59,00 | 644,00 | 72,00 | 266,00 | 52,00 | 390,00 | 84,00 | 1362,00 | 1,82 | 5400,00 | 2600,00 | 7,60 |
| 153 | 480,00 | 4,00 | 1852,00 | 206,00 | 2210,00 | 25,00 | 1480,00 | 77,00 | 1081,00 | 1,95 | 15500,00 | 8254,00 | 7,60 |
| 157 | 24,00 | 30,00 | 436,00 | 48,00 | 296,00 | 11,00 | 232,00 | 60,00 | 822,00 | 1,42 | 2190,00 | 1477,00 | 8,10 |
| 161 | 77,00 | 9,00 | 438,00 | 49,00 | 338,00 | 40,00 | 200,00 | 41,00 | 617,00 | 2,21 | 3900,00 | 2069,00 | 8,00 |
| 162 | 26,00 | 28,00 | 205,00 | 23,00 | 108,00 | 60,00 | 90,00 | 24,00 | 415,00 | 1,95 | 1990,00 | 1230,00 | 8,10 |
| 164 | 133,00 | 91,00 | 65,00 | 7,00 | 150,00 | 46,00 | 178,00 | 43,00 | 322,00 | 1,73 | 3000,00 | 1656,00 | 8,00 |
| 167 | 11,00 | 8,00 | 233,00 | 26,00 | 78,00 | 73,00 | 32,00 | 26,00 | 464,00 | 2,80 | 1750,00 | 683,00 | 7,90 |
| 169 | 173,00 | 55,00 | 165,00 | 18,00 | 246,00 | 40,00 | 200,00 | 24,00 | 530,00 | 1,16 | 4200,00 | 1564,00 | 7,60 |
| 172 | 256,00 | 31,00 | 1053,00 | 117,00 | 942,00 | 49,00 | 730,00 | 91,00 | 1264,00 | 2,08 | 8550,00 | 4263,00 | 7,90 |
| 174 | 40,00 | 27,00 | 426,00 | 47,00 | 202,00 | 46,00 | 28,00 | 31,00 | 1022,00 | 2,80 | 3150,00 | 1493,00 | 7,90 |
| 177 | 43,00 | 10,00 | 147,00 | 16,00 | 42,00 | 28,00 | 170,00 | 7,00 | 285,00 | 0,78 | 600,00 | 345,00 | 8,10 |
| 178 | 56,00 | 24,00 | 93,00 | 10,00 | 62,00 | 60,00 | 36,00 | 7,00 | 339,00 | 1,07 | 920,00 | 475,00 | 7,70 |
| 179 | 50,00 | 54,00 | 497,00 | 55,00 | 780,00 | 10,00 | 168,00 | 17,00 | 290,00 | 0,94 | 4400,00 | 2017,00 | 7,80 |
| 180 | 475,00 | 49,00 | 311,00 | 34,00 | 820,00 | 27,00 | 344,00 | 0,00 | 747,00 | 0,20 | 6000,00 | 2918,00 | 7,40 |
| 181 | 21,00 | 42,00 | 366,00 | 41,00 | 136,00 | 120,00 | 152,00 | 60,00 | 695,00 | 2,38 | 2500,00 | 1292,00 | 7,90 |
| 182 | 32,00 | 16,00 | 141,00 | 16,00 | 52,00 | 42,00 | 22,00 | 16,00 | 407,00 | 0,82 | 820,00 | 507,00 | 7,90 |
| 185 | 144,00 | 60,00 | 223,00 | 25,00 | 224,00 | 32,00 | 218,00 | 12,00 | 688,00 | 1,25 | 3700,00 | 2005,00 | 7,20 |
| 188 | 29,00 | 19,00 | 356,00 | 40,00 | 150,00 | 98,00 | 194,00 | 29,00 | 581,00 | 0,69 | 2410,00 | 1250,00 | 8,10 |
| 191 | 26,00 | 46,00 | 318,00 | 35,00 | 132,00 | 70,00 | 96,00 | 24,00 | 783,00 | 0,38 | 2380,00 | 1236,00 | 8,30 |
| 195 | 53,00 | 57,00 | 408,00 | 45,00 | 208,00 | 56,00 | 126,00 | 31,00 | 1017,00 | 2,52 | 3400,00 | 1693,00 | 7,30 |
| 196 | 38,00 | 37,00 | 108,00 | 12,00 | 156,00 | 3,00 | 100,00 | 0,00 | 224,00 | 0,52 | 1150,00 | 581,00 | 7,90 |
| 200 | 16,00 | 17,00 | 849,00 | 94,00 | 586,00 | 20,00 | 560,00 | 34,00 | 830,00 | 2,80 | 7200,00 | 3752,00 | 8,10 |
| 201 | 82,00 | 53,00 | 97,00 | 11,00 | 120,00 | 56,00 | 94,00 | 10,00 | 412,00 | 0,95 | 2050,00 | 1178,00 | 7,70 |
| 202 | 26,00 | 25,00 | 168,00 | 19,00 | 72,00 | 48,00 | 44,00 | 19,00 | 437,00 | 1,20 | 1290,00 | 623,00 | 8,10 |
| 204 | 312,00 | 15,00 | 1219,00 | 135,00 | 1176,00 | 27,00 | 710,00 | 14,00 | 1642,00 | 2,80 | 12000,00 | 5767,00 | 8,50 |
| 207 | 22,00 | 15,00 | 100,00 | 11,00 | 26,00 | 14,00 | 16,00 | 14,00 | 334,00 | 1,86 | 430,00 | 365,00 | 8,50 |
| 208 | 40,00 | 53,00 | 518,00 | 58,00 | 226,00 | 39,00 | 190,00 | 24,00 | 1196,00 | 1,82 | 4200,00 | 2212,00 | 7,70 |
| 212 | 59,00 | 38,00 | 121,00 | 13,00 | 108,00 | 54,00 | 58,00 | 19,00 | 376,00 | 0,65 | 1780,00 | 920,00 | 7,90 |
| 213 | 34,00 | 23,00 | 109,00 | 12,00 | 46,00 | 101,00 | 20,00 | 12,00 | 381,00 | 0,95 | 550,00 | 359,00 | 8,20 |
| 216 | 29,00 | 16,00 | 267,00 | 30,00 | 66,00 | 56,00 | 40,00 | 36,00 | 666,00 | 2,80 | 2930,00 | 926,00 | 7,90 |
| 217 | 24,00 | 46,00 | 308,00 | 34,00 | 108,00 | 29,00 | 58,00 | 48,00 | 830,00 | 2,13 | 2210,00 | 1097,00 | 7,60 |
| 218 | 19,00 | 21,00 | 389,00 | 43,00 | 244,00 | 53,00 | 168,00 | 26,00 | 569,00 | 2,00 | 2450,00 | 1197,00 | 7,70 |
| 219 | 22,00 | 18,00 | 118,00 | 13,00 | 34,00 | 50,00 | 30,00 | 17,00 | 325,00 | 0,65 | 2150,00 | 1268,00 | 7,70 |
| 221 | 37,00 | 51,00 | 497,00 | 55,00 | 486,00 | 1,00 | 234,00 | 43,00 | 612,00 | 1,78 | 4300,00 | 2154,00 | 8,30 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|-------------|-----------------|-----------------|-------------|
| 224 | 19,00 | 8,00 | 255,00 | 28,00 | 126,00 | 5,00 | 130,00 | 12,00 | 449,00 | 1,29 | 950,00 | 875,00 | 8,50 |
| 227 | 13,00 | 19,00 | 188,00 | 21,00 | 66,00 | 70,00 | 24,00 | 19,00 | 442,00 | 1,73 | 1150,00 | 478,00 | 8,50 |
| 228 | 46,00 | 41,00 | 212,00 | 24,00 | 98,00 | 70,00 | 38,00 | 58,00 | 569,00 | 1,42 | 1880,00 | 894,00 | 7,80 |
| 229 | 78,00 | 92,00 | 103,00 | 11,00 | 240,00 | 33,00 | 100,00 | 31,00 | 307,00 | 0,86 | 2700,00 | 1669,00 | 8,00 |
| 230 | 16,00 | 38,00 | 188,00 | 21,00 | 90,00 | 56,00 | 30,00 | 29,00 | 490,00 | 1,47 | 1380,00 | 720,00 | 7,60 |
| 231 | 86,00 | 78,00 | 255,00 | 28,00 | 190,00 | 53,00 | 196,00 | 24,00 | 722,00 | 0,25 | 2720,00 | 1775,00 | 7,90 |
| 232 | 8,00 | 13,00 | 239,00 | 27,00 | 88,00 | 1,00 | 94,00 | 24,00 | 471,00 | 2,47 | 1350,00 | 679,00 | 8,10 |
| 233 | 50,00 | 8,00 | 147,00 | 16,00 | 138,00 | 47,00 | 52,00 | 26,00 | 271,00 | 0,82 | 1680,00 | 860,00 | 8,00 |
| 234 | 19,00 | 15,00 | 149,00 | 165,00 | 46,00 | 23,00 | 58,00 | 24,00 | 346,00 | 1,03 | 750,00 | 457,00 | 8,20 |
| 235 | 43,00 | 18,00 | 106,00 | 12,00 | 46,00 | 42,00 | 24,00 | 17,00 | 307,00 | 0,86 | 530,00 | 331,00 | 7,80 |
| 236 | 35,00 | 23,00 | 86,00 | 10,00 | 78,00 | 44,00 | 12,00 | 12,00 | 259,00 | 1,29 | 620,00 | 476,00 | 8,10 |
| 240 | 112,00 | 13,00 | 1419,00 | 158,00 | 802,00 | 2,00 | 1180,00 | 132,00 | 1679,00 | 2,80 | 6800,00 | 3728,00 | 7,70 |
| 241 | 96,00 | 92,00 | 872,00 | 97,00 | 744,00 | 42,00 | 590,00 | 31,00 | 1188,00 | 2,08 | 6150,00 | 3044,00 | 7,70 |
| 242 | 133,00 | 104,00 | 160,00 | 4,00 | 228,00 | 33,00 | 104,00 | 0,00 | 466,00 | 0,43 | 2820,00 | 1394,00 | 7,50 |
| 243 | 10,00 | 8,00 | 155,00 | 17,00 | 36,00 | 1,00 | 12,00 | 14,00 | 420,00 | 1,38 | 680,00 | 413,00 | 8,10 |
| 246 | 32,00 | 49,00 | 370,00 | 41,00 | 156,00 | 44,00 | 142,00 | 53,00 | 830,00 | 2,80 | 3750,00 | 1690,00 | 7,90 |
| 247 | 42,00 | 51,00 | 356,00 | 51,00 | 1116,00 | 58,00 | 790,00 | 103,00 | 1193,00 | 2,80 | 7980,00 | 4197,00 | 7,90 |
| 248 | 51,00 | 89,00 | 593,00 | 66,00 | 496,00 | 12,00 | 208,00 | 41,00 | 1147,00 | 0,90 | 6900,00 | 3534,00 | 7,90 |
| 249 | 37,00 | 7,00 | 344,00 | 38,00 | 136,00 | 6,00 | 48,00 | 50,00 | 766,00 | 2,80 | 1880,00 | 923,00 | 7,80 |
| 250 | 56,00 | 39,00 | 273,00 | 30,00 | 108,00 | 51,00 | 106,00 | 43,00 | 717,00 | 2,69 | 2280,00 | 1120,00 | 8,10 |
| Media | 99,13 | 50,75 | 407,97 | 46,50 | 391,36 | 47,16 | 238,03 | 36,28 | 684,56 | 1,56 | 3683,28 | 1982,44 | 7,91 |
| Desvío | 162,91 | 62,84 | 398,24 | 45,70 | 637,34 | 31,55 | 309,21 | 26,71 | 448,27 | 0,88 | 3748,10 | 2097,62 | 0,30 |
| Máx. | 1269,00 | 516,00 | 2471,00 | 275,00 | 4230,00 | 149,00 | 1560,00 | 132,00 | 3211,00 | 2,80 | 22500,00 | 13242,00 | 8,50 |
| Mín. | 5,00 | 3,00 | 15,00 | 1,70 | 26,00 | 0,00 | 8,00 | 0,00 | 161,00 | 0,01 | 380,00 | 272,00 | 7,10 |

Datos químicos provenientes del censo 1999.

| Nro. | CA | MG | NA | K | CL | NO3 | SO4 | CO3 | HCO3 | F | CE | RS | pH |
|--------------|--------|--------|---------|-------|---------|--------|--------|------|---------|------|-------------------|---------|------|
| | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | mS/cm a 25 ° C | ppm | |
| LAG | 156,20 | 145,20 | 1562,20 | 17,60 | 2040,30 | 40,70 | 291,27 | 0,00 | 1426,30 | 5,91 | 8819,20 | 6656,00 | 7,61 |
| PLUV | 17,40 | 9,60 | 50,30 | 4,90 | 22,90 | 16,50 | 17,30 | 0,00 | 153,50 | 0,17 | 402,10 | 334,00 | 7,10 |
| S11OSBA(259) | 26,34 | 23,60 | 143,70 | 4,60 | 24,20 | 71,60 | 14,50 | 0,00 | 429,40 | 0,94 | 966,15 | 398,00 | 7,16 |
| S14OSBA(260) | 46,16 | 45,10 | 176,40 | 10,10 | 92,10 | 85,60 | 23,30 | 0,00 | 663,70 | 0,70 | 1507,38 | 950,00 | 6,80 |
| S5OSBA(258) | 24,41 | 13,90 | 158,70 | 7,10 | 37,90 | 54,70 | 11,60 | 0,00 | 477,60 | 1,52 | 971,14 | 664,00 | 7,07 |
| S7OSBA | 26,72 | 25,20 | 116,70 | 5,70 | 36,50 | 57,20 | 16,47 | 0,00 | 414,80 | 0,85 | 935,55 | 916,00 | 6,96 |
| S8OSBA(261) | 17,17 | 17,50 | 60,70 | 5,60 | 22,40 | 48,80 | 13,67 | 0,00 | 238,16 | 0,60 | 546,32 | 708,00 | 7,19 |
| 1 | 20,16 | 24,90 | 254,40 | 7,70 | 93,30 | 128,50 | 50,60 | 0,00 | 561,20 | 1,13 | 1429,89 | 1222,00 | 7,33 |
| 5 | 17,51 | 11,80 | 94,70 | 4,10 | 21,30 | 78,30 | 13,67 | 0,00 | 274,50 | 1,38 | 698,75 | 770,00 | 7,74 |
| 8 | 38,70 | 25,60 | 297,60 | 8,80 | 320,50 | 69,90 | 157,66 | 0,00 | 290,40 | 0,74 | 1808,94 | 1088,00 | 8,22 |
| 14 | 23,03 | 12,20 | 103,30 | 3,90 | 29,30 | 78,40 | 13,71 | 0,00 | 304,50 | 1,01 | 745,94 | 413,00 | 8,04 |
| 17 | 14,70 | 8,30 | 204,90 | 4,60 | 54,60 | 5,14 | 77,24 | 0,00 | 366,10 | 1,15 | 1022,72 | 940,00 | 7,89 |
| 19 | 85,50 | 30,20 | 684,20 | 10,80 | 448,00 | 936,50 | 112,85 | 0,00 | 439,20 | 0,51 | 3764,20 | 3138,00 | 7,60 |
| 25 | 53,88 | 53,60 | 275,90 | 14,80 | 157,30 | 110,00 | 13,47 | 0,00 | 854,10 | 0,36 | 2020,00 | 1954,00 | 7,05 |
| 26 | 399,80 | 182,40 | 1015,30 | 39,70 | 1765,70 | 483,60 | 99,04 | 0,00 | 1356,60 | 0,94 | 8157,85 | 6246,00 | 6,88 |
| 27 | 34,89 | 51,40 | 486,60 | 8,90 | 256,10 | 228,60 | 134,47 | 0,00 | 839,40 | 0,69 | 2737,60 | 2152,00 | 7,26 |
| 42 | 3,20 | 2,60 | 162,00 | 4,80 | 21,20 | 3,50 | 15,71 | 0,00 | 478,24 | 1,25 | 853,14 | 890,00 | 8,20 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------|---------|--------|---------|--------|---------|---------|--------|-------|---------|---------|----------|---------|-------|
| 44 | 25,70 | 21,60 | 245,30 | 6,90 | 116,00 | 51,90 | 154,45 | 0,00 | 390,40 | 0,62 | 1419,02 | 860,00 | 7,42 |
| 51 | 129,14 | 188,20 | 382,60 | 25,00 | 459,30 | 511,40 | 171,67 | 0,00 | 927,20 | 0,17 | 3916,25 | 2728,00 | 7,23 |
| 55 | 141,22 | 178,40 | 1117,30 | 18,70 | 1878,60 | 177,50 | 116,45 | 0,00 | 829,60 | 0,28 | 7080,00 | 5330,00 | 7,24 |
| 57 | 58,37 | 76,10 | 251,80 | 13,20 | 211,30 | 174,50 | 14,15 | 0,00 | 683,20 | 1,18 | 1908,10 | 1386,00 | 7,34 |
| 63 | 10,84 | 31,20 | 421,30 | 9,10 | 347,50 | 97,80 | 109,20 | 98,20 | 338,50 | 2,09 | 2208,75 | 1956,00 | 8,59 |
| 81 | 17,85 | 8,20 | 235,50 | 15,60 | 67,60 | 4,03 | 37,40 | 0,00 | 663,70 | 0,64 | 1338,49 | 836,00 | 7,67 |
| 98 | 31,30 | 25,10 | 727,30 | 9,20 | 125,30 | 104,20 | 27,30 | 0,00 | 1854,00 | 2,40 | 3603,60 | 2830,00 | 7,96 |
| 99 | 22,30 | 16,50 | 196,30 | 22,70 | 107,60 | 61,40 | 13,63 | 0,00 | 445,20 | 2,27 | 1191,82 | 1250,00 | 6,87 |
| 102 | 54,68 | 39,00 | 166,60 | 13,00 | 117,00 | 241,30 | 13,99 | 0,00 | 341,60 | 0,44 | 1344,92 | 914,00 | 7,08 |
| 110 | 21,42 | 22,70 | 405,60 | 8,70 | 216,00 | 29,90 | 48,43 | 0,00 | 832,50 | 6,84 | 2165,30 | 1466,00 | 7,82 |
| 113 | 20,61 | 42,70 | 641,20 | 10,60 | 220,30 | 84,50 | 96,50 | 0,00 | 1649,44 | 6,58 | 3223,35 | 2174,00 | 7,44 |
| 126 | 26,03 | 48,70 | 628,20 | 10,00 | 165,30 | 28,70 | 103,20 | 0,00 | 1678,70 | 0,45 | 3361,95 | 2166,00 | 7,27 |
| 129 | 28,79 | 62,10 | 948,20 | 9,80 | 273,90 | 307,70 | 204,90 | 0,00 | 1776,30 | 4,71 | 4787,50 | 3710,00 | 7,43 |
| 132 | 17,63 | 22,70 | 119,20 | 4,50 | 21,30 | 22,60 | 10,59 | 0,00 | 418,50 | 1,70 | 836,62 | 530,00 | 7,80 |
| 136 | 20,05 | 28,10 | 246,30 | 6,40 | 62,50 | 73,20 | 92,51 | 0,00 | 605,10 | 1,59 | 1412,26 | 1104,00 | 7,61 |
| 139 | 17,28 | 23,70 | 350,80 | 6,60 | 68,30 | 62,80 | 59,26 | 0,00 | 839,40 | 2,04 | 1729,20 | 1176,00 | 7,77 |
| 143 | 58,48 | 32,80 | 269,80 | 17,30 | 104,00 | 75,50 | 62,95 | 0,00 | 780,80 | 0,14 | 1768,31 | 1156,00 | 7,62 |
| 150 | 25,90 | 59,10 | 485,30 | 8,30 | 115,00 | 118,30 | 30,04 | 0,00 | 1346,90 | 2,90 | 2692,30 | 2048,00 | 7,47 |
| 159 | 94,60 | 88,40 | 2246,30 | 31,00 | 1120,10 | 1596,00 | 91,65 | 0,00 | 3182,30 | 4,58 | 11682,00 | 8766,00 | 7,88 |
| 162 | 7,50 | 16,60 | 324,80 | 6,40 | 118,20 | 96,80 | 57,40 | 0,00 | 683,20 | 1,23 | 1594,22 | 926,00 | 7,86 |
| 171 | 55,37 | 67,80 | 954,30 | 15,20 | 897,90 | 376,00 | 53,63 | 0,00 | 1171,20 | 0,60 | 5097,15 | 3524,00 | 7,32 |
| 181 | 28,33 | 53,20 | 398,70 | 7,60 | 57,50 | 72,60 | 46,60 | 0,00 | 1190,70 | 2,01 | 2281,25 | 1454,00 | 7,34 |
| 187 | 52,50 | 74,30 | 664,30 | 9,70 | 766,30 | 129,60 | 37,91 | 0,00 | 780,80 | 0,41 | 3836,00 | 2826,00 | 7,20 |
| 212 | 79,08 | 55,10 | 127,70 | 14,00 | 118,60 | 197,60 | 68,44 | 0,00 | 488,00 | 0,52 | 1572,94 | 1476,00 | 6,74 |
| 217 | 18,90 | 27,30 | 262,40 | 6,50 | 97,70 | 37,30 | 13,55 | 0,00 | 663,30 | 1,94 | 1513,94 | 956,00 | 4,05 |
| 228 | 10,49 | 5,50 | 68,30 | 8,00 | 41,40 | 46,40 | 32,91 | 0,00 | 103,20 | 0,12 | 361,50 | 330,00 | 6,48 |
| 232 | 5,20 | 4,40 | 204,80 | 5,90 | 26,20 | 32,50 | 13,64 | 0,00 | 546,60 | 1,76 | 1025,28 | 596,00 | 8,14 |
| 280 | 3,48 | 5,60 | 131,80 | 4,20 | 23,70 | 23,90 | 13,63 | 0,00 | 345,70 | 2,35 | 705,64 | 714,00 | 7,66 |
| 283 | 28,10 | 21,60 | 134,80 | 15,80 | 69,80 | 4,94 | 14,75 | 0,00 | 410,20 | 0,72 | 930,26 | 546,00 | 7,15 |
| 284 | 6,58 | 6,60 | 127,30 | 3,90 | 15,40 | 22,60 | 17,93 | 0,00 | 344,20 | 1,02 | 702,52 | 478,00 | 7,53 |
| 287 | 11,65 | 5,70 | 42,50 | 8,90 | 8,45 | 95,20 | 11,27 | 0,00 | 78,10 | 0,07 | 325,71 | 320,00 | 6,60 |
| 300 | 46,17 | 88,50 | 786,30 | 10,30 | 768,50 | 9,83 | 79,44 | 0,00 | 1317,60 | 1,55 | 4495,80 | 3330,00 | 7,60 |
| 301 | 31,90 | 56,90 | 364,30 | 15,90 | 227,30 | 197,60 | 90,90 | 0,00 | 683,20 | 0,94 | 2272,00 | 1432,00 | 7,68 |
| 302 | 14,87 | 15,20 | 698,50 | 9,70 | 343,20 | 98,60 | 99,20 | 0,00 | 1171,20 | 1,35 | 3245,00 | 2416,00 | 8,08 |
| 303 | 46,14 | 44,60 | 179,60 | 7,70 | 46,50 | 29,80 | 42,30 | 0,00 | 732,00 | 0,51 | 1393,24 | 976,00 | 7,84 |
| 304 | 38,46 | 61,30 | 410,60 | 15,00 | 448,00 | 225,50 | 93,80 | 0,00 | 439,20 | 0,30 | 2525,20 | 1526,00 | 7,35 |
| Máximo | 399,80 | 188,20 | 2246,30 | 39,70 | 2040,30 | 1596,00 | 291,27 | 98,20 | 3182,30 | 6,84 | 11682,00 | 8766,00 | 8,59 |
| Mínimo | 3,20 | 2,60 | 42,50 | 3,90 | 8,45 | 3,50 | 10,59 | 0,00 | 78,10 | 0,07 | 325,71 | 320,00 | 4,05 |
| Media | 43,64 | 43,56 | 411,58 | 10,85 | 288,97 | 151,27 | 62,68 | 1,85 | 760,37 | 1,49 | 2432,72 | 1804,74 | 7,40 |
| Desvío. | 59,7871 | 43,883 | 407,192 | 6,9428 | 462,646 | 257,027 | 58,195 | 9 | 13,48 | 556,808 | 1706,41 | 1706,41 | 0,641 |

4.2.4. Diferentes perfiles fisicoquímicos del agua

El *procedimiento de muestreo* de agua tiene una técnica especial donde consta la ubicación de la muestra, su descripción, un registro fotográfico, un registro de notas, instrucciones

para el envío, condiciones de seguridad, representatividad y validez, recipiente y preservación.

Para la *presentación de resultados* de un análisis fisicoquímico de agua de cualquier tipo es necesario contar con los siguientes datos iniciales:

- Fecha de la toma de muestra
- Numero del análisis o de protocolo
- Denominación de la muestra
- Procedencia o tipo de muestra (red- perforación-pozo-surgente-etc.)
- Profundidad aproximada en metros
- Establecimiento o solicitante del servicio
- Localidad de procedencia
- Nombre del responsable de enviar y de recibir la muestra
- Fecha de ingreso y salida del laboratorio

Si el agua es para consumo humano, para la caracterización inicial de un acuífero desconocido o para la prefactibilidad de un recurso para su eventual uso como fuente de agua mineral se analiza los siguientes parámetros:

- | | |
|-----------------------------|------------------------|
| • Aspecto | • Calcio |
| • Color | • Nitritos |
| • Olor | • Nitratos |
| • pH | • Amonio |
| • Sólidos disueltos totales | • Fluor |
| • Dureza total | • Arsénico |
| • Alcalinidad | • Sodio |
| • Cloruros | • Hierro |
| • Sulfatos | • Cloro residual total |

Para agua de riego, para agua de consumo animal, para agua de morteros y hormigones de cemento, etc. se analizaran los parámetros necesarios para cada fin, siendo el agua consumida por dializados la que contenga un número mayor de análisis y sobre todo se investigará la presencia de metales, ya que resultan muy perjudiciales para estos pacientes.

4.3. Análisis bacteriológico del agua

Según el artículo 982 del C.A.A. para los análisis bacteriológicos, los resultados esperables para el agua potable serán:

- Rto. de coliformes totales (Caldo Mac Conkey o Caldo Lauril Sulfato-37 °C-48 hs):
 - NMP Máximo 3/ 100 ml
 - *Escherichia coli*: Ausencia en 100 ml
 - *Pseudomonas aeruginosa*: Ausencia en 100 ml
 - *Aerobios heterótrofos* (Agar Nutritivo -37° C -24 hs): Máximo de 30 UFC/ml
 - Recuento de aerobios mesófilos (Agar PCA-37°C-24 hs): Máximo 500 UFC/ml
- Si es mayor de 500 y cumple el resto de los parámetros se deberá exigir la higienización del reservorio y realizar un nuevo recuento.

4.3.1. Métodos de recuento NUMERO MÁS PROBABLE (NMP)

- Método estadístico basado en la distribución de los microorganismos en el agua
- Utiliza series de 3 ó 5 tubos inoculados con diluciones sucesivas de la muestra
- Requiere confirmación
- Permite realizar recuentos selectivos de distintos microorganismos o grupos microbianos
- Permite cuantificar bajas concentraciones microbianas (sensibilidad)
- Tiene poca precisión. El resultado expresa la probabilidad de encontrar un número determinado de microorganismos en la muestra, pero el número real puede estar dentro de un amplio rango.

4.3.2. Coliformes fecales

La prueba de coliformes fecales es considerada la prueba más exacta disponible hasta ahora para detectar la presencia de heces de animales de sangre caliente, en el agua. Otros indicadores posibles, tales como la salmonella y el grupo de los estreptococos fecales, han resultado menos confiables debido a su ocurrencia variable, tasas de supervivencia y orígenes.

Debe recordarse y tomarse en consideración el tiempo y la temperatura de todas las muestras cuando se interpreten los datos.

- Especificaciones de Manejo de Muestras de Agua (Parámetros Bacteriológicos)

| Parámetro | Tipo de Recipiente | Cantidad Mínima de Muestra (ml) | Preservación Requerida | Tiempo de Almacenamiento | Aplicabilidad |
|--------------------|--------------------|---------------------------------|----------------------------|---|--|
| COLIFORMES FECALES | Vidrio | 100 | Refrigerar a menos de 10°C | Máx. 6 hs., como tiempo de transporte. Máx. 24 hs. de almacenamiento | Aguas residuales Aguas industriales |

La aptitud bacteriológica del agua de Salliqueló puede clasificarse como **apta según los resultados obtenidos** para las muestras remitidas desde los pozos 1º,3º,4º, desde el tanque elevado, desde la casa 62 del barrio fonavi desde la escuela N°2, desde el hogar de ancianos, desde el departamento de la coop. Eléctrica y desde la sala de primeros auxilios, pero es de esperarse, según los análisis químicos realizados, que con concentraciones de nitratos tan altas (claro indicador de contaminación fecal) el I recuento de coliformes fecales sean mucho mas alto que lo obtenido.

5. DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACION Y TRATAMIENTO DE AGUA

5.1. Dotación de Diseño

Factores que afectan el consumo:

Factores generales:

1. Tamaño de la ciudad: En las grandes ciudades, donde existe un estrato social importante, nivel de vida elevado el consumo por habitante es mayor que en pequeñas localidades, donde el uso del agua se limita a atender las necesidades primarias de uso doméstico
2. Características de la ciudad: industrial, comercial, balnearias, etc.
3. Clima
4. Hábitos higiénicos
5. Disposición de los líquidos residuales: en las localidades que cuentan con redes cloacales a través de las cuales los materiales de desecho son fácilmente eliminables o donde es difícil la colmatación de los pozos absorbentes. Se ha comprobado un aumento de hasta el 100% en la dotación al cabo de diez años en localidades donde e han construído redes cloacales.

Factores específicos:

1. Tipo de abastecimiento: el consumo de agua en comunidades servidas por un sistema público de abastecimiento, con distribución domiciliaria es mayor.
2. Calidad del agua: a mejor calidad de agua mayor consumo.
3. Presión de la red: la presión en la red afecta el consumo a través de los derroches y pérdidas.
4. Uso de medidores de consumo: por medio de medidores y tarifa progresiva en función del propio consumo, el valor del mismo es inferior al de localidades con servicio libre.

Para determinar la dotación de diseño nos basamos en el consumo inicial, que es la cantidad de agua por habitante y por día actual. El sistema hay que proyectarlo para que sea capaz de cubrir todos los requerimientos, durante toda su vida útil o "período de diseño".

De los datos obtenidos por el Instituto de Hidrología de Llanuras, el consumo de agua de la ciudad de Salliqueló alcanza los $0,64 \text{ hm}^3 / \text{año}$.

Habitantes: 7.522

Consumo medio diario actual: 233 lt/persona/día

Período de diseño: 20 años Población de diseño: 9113 habitantes

Q medio diario: $2200 \text{ m}^3 / \text{día}$

Según las estadísticas a medida que transcurre el tiempo desde la puesta en funcionamiento del servicio, el consumo de agua aumenta. Para localidades de las características de Salliqueló y teniendo en cuenta que el 40 % de la población posee agua de red, se estimó un aumento del 60% :

Q medio diario anual: $3500 \text{ m}^3 / \text{día}$

5.2. Caudales de Diseño

El consumo o demanda de una población varía durante las horas del día, de un día respecto a otro y de una estación del año respecto de otra.

De todos los días del año, habrá uno en el cual el consumo será el máximo: Día de máxima demanda, de este día es necesario determinar el Consumo medio diario del día de máxima y el consumo máximo de del día de máxima.

Las distintas obras del sistema de abastecimiento de agua potable se diseñan teniendo en cuenta los siguientes caudales:

Captación: Consumo medio diario anual (Q_{mdm})

Reserva: Consumo máximo del día de máxima (Q_{MdM})

Conducción: Consumo medio del día de máxima (Q_{mdM})

Distribución: Consumo máximo del día de máxima (Q_{MdM})

Durante el año existe un día en el que se consume más agua: Día de máxima demanda

Consumo medio del día de máxima (Q_{mdM}) : $\alpha_1 * Q$ medio diario anual

Los coeficientes α_1 y α_2 se determinaron en servicios que están en funcionamiento y poseen un medidor de caudal con el cual puede graficarse los consumos instantáneos de

las diferentes horas del día. De acuerdo a los consumos de poblaciones de características similares a Salliqueló se adoptaron los siguientes valores:

Donde α_1 varía entre 1,2 y 1,5

$\alpha_1 : 1,3$ $Q_{mdM}: 4550 \text{ m}^3 / \text{día}$

Consumo máximo del día de máxima (Q_{MdM}): $\alpha_2 * Q_{mdM}$

Donde α_2 varía entre 1,3 y 1,6

$\alpha_2 : 1,4$ (Q_{MdM}): $6300 \text{ m}^3 / \text{día}$

5.3. Captación

El sistema de captación estará integrado por los trece pozos que se encuentran en funcionamiento y se ejecutarán doce pozos más para alcanzar el consumo medio diario anual para el período de diseño: Q medio diario anual: $3500 \text{ m}^3 / \text{día}$.

Los pozos se ejecutarán por el método de percusión teniendo en cuenta las características del suelo (arena). Este método consiste en levantar y dejar caer con regularidad el barreno, aflojando el material e hincando la camisa. A esta acción de vaivén se la entremezcla con el agua necesaria para desprender las partículas y retirar el lodo que se encuentra dentro de la camisa.

Con la colocación de filtros se permite que el agua fluya libremente hacia el pozo desde la formación saturada, evitando que la arena penetre.

Bombas: para la elección del tipo de bombas se tendrá en cuenta los siguientes factores: profundidad del nivel del acuífero, presión necesaria a la salida de la bomba y caudal a extraer.

5.4. Deposito de Reserva

Para asegurar la continuidad en el servicio de agua potable se debe diseñar un depósito de reserva cuya capacidad se diseña considerando el consumo máximo del día de máxima demanda, oscilando entre valores equivalentes al consumo durante 6 horas o varios días.

En general se construyen de hormigón armado, semienterrados con un tirante de agua que puede variar entre 2 y 6 metros. Conviene que el volumen se divida en dos para que en las

ocasiones en que se limpie o refaccione una de ellas la otra permanezca llena. El fondo las divisiones debe tener pendiente de 0.5% hacia una canaleta central que favorezca la limpieza.

El depósito debe permanecer lleno, no obstante como no es conveniente dejar el agua estacionada totalmente durante más de 3 o 4 días, se debe entregar parte de ella al consumo y permitir el ingreso de agua nueva, evitándose así la contaminación de la reserva.

Volumen del depósito de reserva: Q_{MdM} : 6.300 m³ /día

Tirante de agua: 3 m

Superficie: 2100 m²

5.5. Planta de Potabilización

El caudal de diseño de la planta de potabilización es igual al consumo medio del día de máxima demanda.

Caudal de diseño: Consumo medio del día de máxima: 4550 m³ /día

Q_{mdM} : 190 m³ /hora

De acuerdo a las características microbiológicas, físicas y químicas se seleccionaron los siguientes tratamientos:

Características microbiológicas, físicas y química del agua

5.5.1. Tratamiento Físico:

Se utilizará un decantador simple de sedimentación continua con una velocidad suficientemente pequeña que permita la acumulación de los sedimentos. En laboratorio se determina la Permanencia, que es el tiempo que el agua debe permanecer en el decantador. La permanencia es igual al cociente entre el caudal a tratar y el volumen del decantador, por lo tanto conociendo su valor y el caudal se determina el volumen del decantador. La profundidad no debe ser mayor de 2 a 3 metros, mientras que la longitud debe ser entre 2 a 3 veces el ancho, con el fin de producir una corriente que no deje agua inmóvil en los rincones,

Decantador simple de sedimentación continua

Forma: longitud=2 a 3 veces el ancho

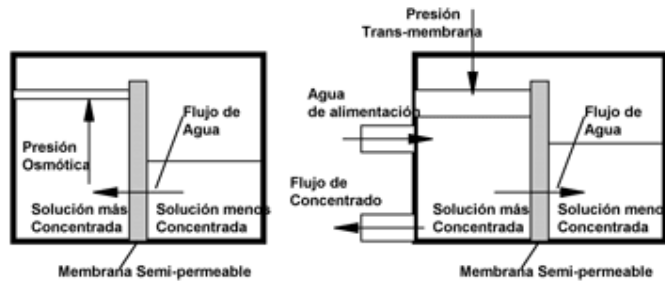
tirante máximo= 2 a 3 metros

Tiempo de permanencia: $Q/\text{Volumen decantador}$.

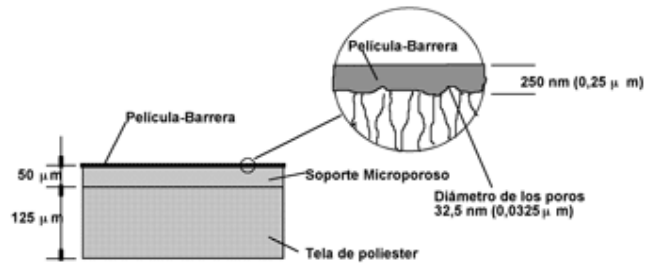
5.5.2. Tratamiento Químico: Osmosis inversa con y ultrafiltración

Es un proceso de filtración por membrana semipermeable a alta presión, que elimina los sólidos disueltos en el agua.

En el proceso de osmosis natural el agua pasa por la membrana del lado de la solución menos concentrada para diluir la más concentrada. El proceso continúa hasta que la columna de líquido alcanza una altura donde el proceso cesa. Esta altura de líquido es denominada como presión osmótica. Si es aplicada una presión en el lado de la solución más concentrada, venciendo la presión osmótica, el agua pasará por la membrana para el lado de menor concentración.



Constitución de la membrana



Membrana Compuesta de Película Fina FT-30 (Dow-Filmtec)

Comparación del Desempeño de Membranas

| Tipo de Membrana | Tolerancia al pH | Resistencia a las Bacterias | Tolerancia al Cloro | Rechazo del TDS (Mezcla de iones) | Rechazo de la Dureza | Rechazo de Nitratos | Rechazo de Metales Pesados | Flux | Limpieza |
|------------------------------|------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------|---------------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| CA Acetato de Celulosa | Pobre | Pobre | Buena | Regular | Buena | Pobre | Buena | Regular | Pobre |
| CTA Tri-acetato de Celulosa | Regular | Regular | Buena | Buena | Buena | Pobre | Buena | Buena | Pobre |
| TFC Compuesta de Camada fina | Excelente | Excelente | Pobre | Excelente | Excelente | Excelente | Excelente | Excelente | Excelente Pobre(2) |

▪ **Mecanismo de remoción de las membranas**

La Osmosis Inversa es un proceso que tiene lugar cuando una solución de agua e impurezas disueltas es forzada bajo presión contra una membrana semi-permeable de material plástico sintético.

Las moléculas de agua, como resultado de una fuerte atracción, forman una camada sobre la superficie de la membrana. Esta camada penetra en la membrana a través de los múltiples poros a través de la superficie de la membrana. Cuando es aplicada una presión, las moléculas de agua fluyen a través de los poros y encuentran el camino para salir por la otra cara de la membrana.

Los iones de los sales actúan como si fuesen repelidos de la superficie de la membrana. Como resultado de complejas fuerzas moleculares son excluidos de pasar a través de los poros. Ellos realmente no son rechazados por su tamaño. Los iones que permanecen en solución detrás de la membrana, son llevados para afuera por el flujo principal de agua.

1.- Rechaza o repele los iones de sales minerales por un proceso denominado de osmosis inversa. Este proceso es muy complejo y envuelve difusibilidad, interacciones dieléctricas, y otras fuerzas moleculares:

- La mayoría de los sólidos disueltos (sales minerales) tales como bario, calcio, cloruros, cromo, cobre, hierro, fluoretos, magnesio, manganeso, nitratos, selenio, sodio, sulfatos, zinc, etc.
- La mayoría de los metales pesados tales como arsénico, cadmio, plomo, mercurio y plata.
- La mayoría de los elementos radioactivos y sus isótopos tales como radio y estroncio.

2.- Tamiza el material particulado, microorganismos y moléculas orgánicas por el proceso denominado de ultrafiltración. Este proceso es muy similar a la filtración, pero en una escala mucho más fina con poros del tamaño de 0,0005 micra. Las moléculas orgánicas pequeñas y de los gases pasan por estos poros.

Todo el material particulado tales como sedimentos, costras, asbestos y material orgánico en suspensión.

Microorganismos tales como bacterias, cistos, virus y pirógenos.

Material coloidal.

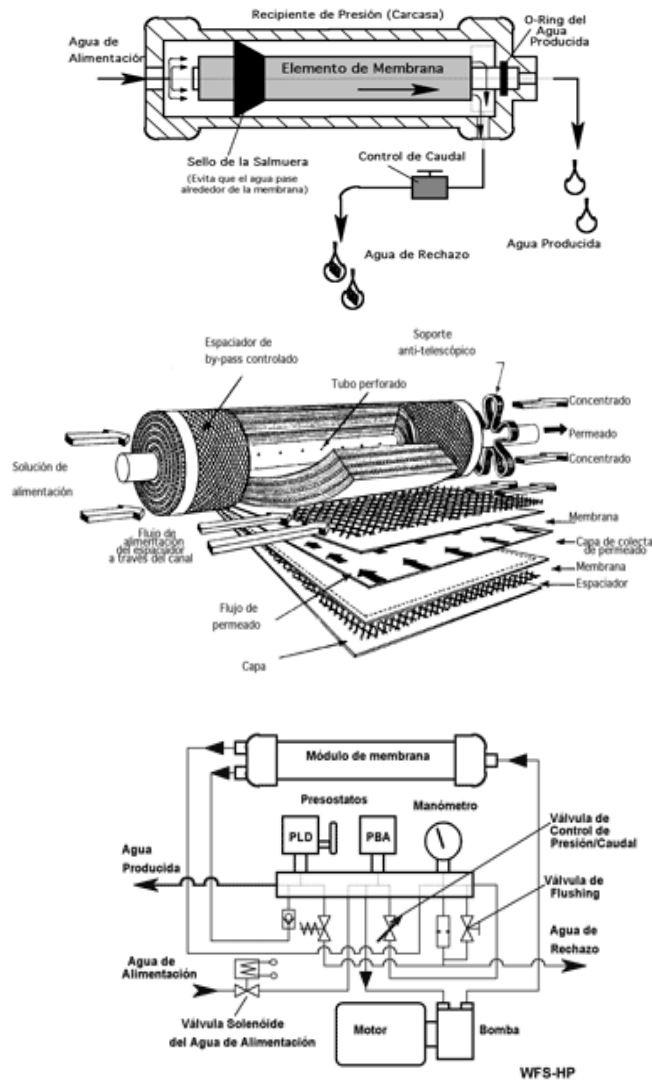
Metales pesados de arsénico, cadmio, plomo, mercurio, y plata.

Moléculas orgánicas con peso molecular mayor que 300 dalton tales como pesticidas y herbicidas.

▪ **Configuración del Módulo de Osmosis Inversa**

Las membranas son montadas en láminas con espaciadores entre ellas, y bobinadas en torno de un caño perforado. El agua de alimentación entra por una cara del cilindro, el agua producida sale por el caño perforado, y el concentrado o rechazo sale por el lado opuesto a la alimentación.

Una vez que la membrana es enrollada en configuración espiral, debe ser adecuadamente instalada en una carcasa que contiene el flujo del agua de alimentación y hace su aislamiento del agua pura producida.



▪ **Determinación de la cantidad de módulos**

Caudal de diseño: Q_{mdM} : 190 m³ /hora = 3170 LT/minuto

Con módulos de 3" y una tasa de caudal de servicio de 534,5 Lt/min

Cantidad de módulos necesarios: 6

Los costos de inversión son fáciles de asumir, los de instalación muy bajos y los de mantenimiento también, ya que no se precisa una mano de obra muy especializada. El único

coste de producción es la energía, el cual será grande o pequeño en función del agua de partida y sobre todo según las necesidades que se tenga de la misma.

5.5.3. Tratamiento bacteriológico: Cloración

La desinfección del agua es generalmente el último paso en los procesos de potabilización, porque con ella se asegura la eliminación de todas las bacterias patógenas que puedan haber sobrevivido a los procesos previos.

Se aplicará cloro en solución sobre la cañería de impulsión mediante bombas dosadoras para asegurarse una desinfección eficaz.

La dosis de cloro a aplicar en el agua se determinará mediante un análisis bacteriológico y se define como demanda de cloro a la cantidad de este elemento que consume las sustancias reductoras y la materia orgánica. Cuantitativamente se la define como la cantidad de cloro que se agrega, menos la cantidad que hay después del período de reacción, generalmente 10 minutos

Cloro residual: es la cantidad de cloro que permanece después del período de reacción, necesaria para su actuación bactericida posterior.

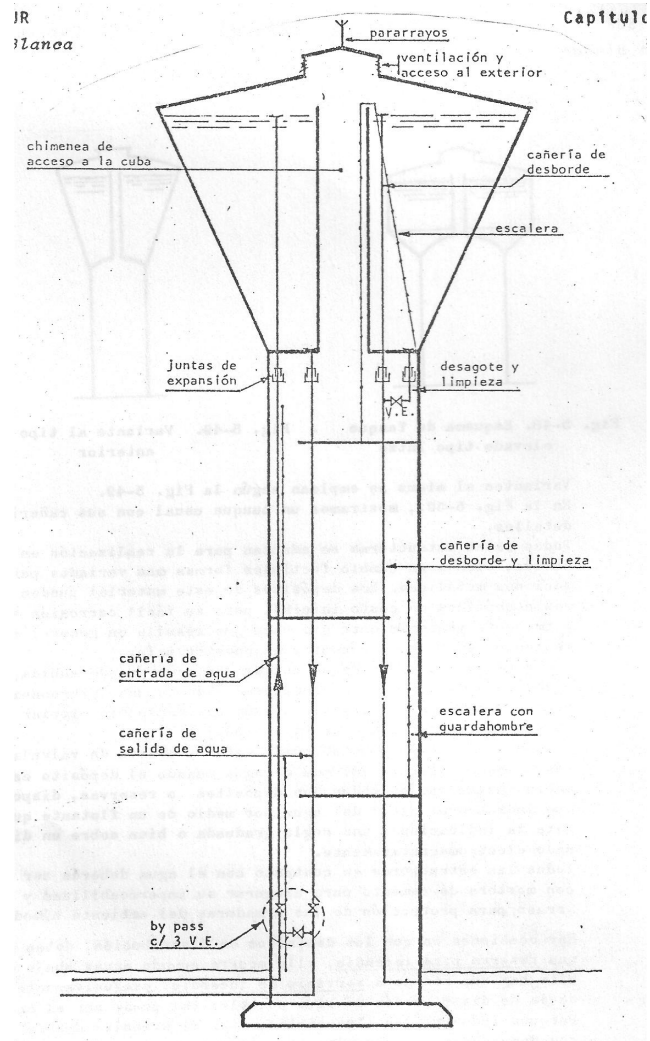


5.6. Depósito de Distribución

Caudal de diseño: Consumo máximo del día de máxima (QMdM): 6300 m³/día

El volumen necesario se determinará entre la diferencia entre diagrama de alimentación acumulado al tanque y el diagrama de consumo horario máximo del día de máxima. Según las características topográficas, el depósito de distribución deberá ser elevado para asegurar la presión de agua requerida.

Dispositivos:



6. COSTOS

El costo total del agua no incluye solamente el de abastecimiento, sino también otros costos importantes como el económico, el ambiental y el social.

El costo económico incluye los costos de oportunidad y las externalidades económicas; cuando un usuario consume agua, está privando a otro de esa misma agua. Si éste está dispuesto a pagar más por esa misma agua, esto representa un costo de oportunidad. El costo de oportunidad del agua es nulo sólo cuando no hay usos alternativos. Las externalidades económicas son los efectos positivos o negativos asociados con el consumo o uso de un recurso en particular. Algunos ejemplos de externalidades negativas son la contaminación del agua o el exceso de extracción de agua subterránea.

Además de los costos económicos y de suministro, el costo total del agua incluye costos sociales y ambientales. En general, las externalidades económicas se determinan por los cambios positivos o negativos en los gastos de producción o de consumo, mientras que las ambientales son aquellas que tienden a ser asociadas con salud pública y mantenimiento de ecosistemas. Sin embargo en la práctica es difícil separar la externalidad económica de la ambiental. En ambos casos, las externalidades negativas deberían resultar en costos adicionales a los usuarios responsables de las mismas, y asea en forma de cobros directos, impuestos o permisos comerciables.

El costo total del agua es igual a la suma de todos estos costos: el costo de abastecimiento más el costo económicos más las externalidades ambientales y sociales.

La otra cuestión es el valor. El valor del agua es lo que la gente está dispuesta a pagar por ella y puede medirse a través de la observación directa de los mercados u otras técnicas económicas. Es interesante observar como las familias de bajos ingresos están generalmente dispuestas a pagar el acceso a agua potable.

Para que el agua sea utilizada sosteniblemente, su costo total debe ser igual a su valor total; lo que rara veces ocurre. Las consecuencias de este desequilibrio son serias: el ignorar los costos de oportunidad y las externalidades negativas, resulta en el desperdicio de agua y de recursos financieros, pérdida de oportunidades para las inversiones, disminución de la productividad económica, contaminación general, aumento de costos en salud pública, etc.

El precio del agua tiene un claro y profundo impacto en relación a la administración de los recursos de la misma. Una adecuada valoración y precio, son la clave para mejorar la administración de los recursos de agua, junto con políticas mejoradas que proporcionen incentivos regulatorios y económicos que aborden las externalidades ambientales así como otras externalidades.

Según un informe de 2004, de la Organización Mundial de la Salud (OMS):

- La reducción a la mitad del porcentaje de personas sin acceso sostenible a un abastecimiento de agua mejorado costaría alrededor de U\$s 1.780 millones anuales.
- La reducción a la mitad del porcentaje de personas sin acceso sostenible a un abastecimiento de agua y a un saneamiento mejorados costaría alrededor de U\$s11.300 millones anuales. La consecución de esta meta supone un importante aumento del costo en comparación con la primera, lo cual se explica porque. El costo per cápita del mejoramiento del saneamiento es mayor que el costo per cápita del mejoramiento de los servicios de abastecimiento de agua (los servicios de abastecimiento de agua son en su mayoría públicos y compartidos por gran número de personas, al contrario de las opciones básicas e saneamiento), y en términos absolutos, el número de personas que necesita acceso a un mejor saneamiento para que se cumpla la meta de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) es mayor que el número de personas que necesitan acceso a un mejor abastecimiento de agua.
- El acceso universal a servicios mejorados de agua y saneamiento costaría alrededor de U\$s 22.600 millones anuales.
- La cloración del agua doméstica y su almacenamiento seguro costaría unos U\$s 2.000 millones, que habría que añadir a los costos del mejoramiento del agua y del saneamiento hasta totalizar U\$s 24.600 millones.
- El acceso universal a un abastecimiento regulado de agua corriente con control de la calidad y a la conexión de la vivienda a la red de alcantarillado con tratamiento parcial de las aguas residuales necesitaría una inversión total de U\$s 136.500 millones anuales.

Además de reducir las enfermedades transmitidas por el agua y las enfermedades relacionadas con la falta de agua para la higiene personal un mayor acceso a servicios mejorados de abastecimiento de agua proporciona muchos otros beneficios. Un grupo cuya cuantificación es relativamente fácil son los costos evitados gracias a la disminución de las enfermedades, el ahorro en atención sanitaria se debe sobre todo a la reducción del número

de tratamientos de casos de diarrea.. También se evitarán gastos por asistencia, remedio y transporte, como también el costo de oportunidad del tiempo invertido en la búsqueda de asistencia. Otra consideración no menor son los beneficios relacionados con la disminución de la enfermedad, asociados con la disminución de los días perdidos en el trabajo, las actividades domésticas productivas y la asistencia a la escuela.

6.1. Costos en Salliqueló

6.1.1. Captación

- Pozos en funcionamiento
- Pozos nuevos (perforación, instalación, filtro y sellado)
- Bombas de extracción (pozos en funcionamiento y nuevos)
- Cañería de captación hasta depósito de reserva

6.1.2. Depósito de Reserva

- Depósito (máxima demanda: 6.300 m³/día)

6.1.3. Planta de Potabilización

- Construcción
- Tratamiento físico: decantador simple
- Tratamiento químico: Osmosis con ultrafiltración (Caudal: 190 m³/hora = 3.170 litros/minuto)
 - 6 módulos de 3 pulgadas
 - Servicio: 534 litros/minuto
- Tratamiento bacteriológico: cloración
 - Bombas dosificadoras
 - Mantenimiento (servicios, personal)
- Mantenimiento general

6.1.4. Depósito de Distribución

- Tanque (500 m³)
- Red de distribución

6.1.5. Análisis de Calidad de agua (13 parámetros)

- Cada semana
 - Tanque

- Distribución
- Casas
- Cada 6 meses
 - Contramuestra de ORAB

6.2. Estructura de Costos

6.2.1. Costos Directos

1. Estudios de Pre-inversión Técnico y Social
 - Diagnóstico
 - Elaboración de Documento
2. Obras de agua
 - Materiales (local, nacional e importado)
 - Mano de Obra (calificada profesional y técnica, no calificada)
 - Equipo Topográfico
 - Transporte (flete local y no local)
3. Otros costos directos
 - Terreno

6.2.2. Costos Indirectos

1. Costos financieros
2. Costos de la Entidad Promotora
 - Supervisión
 - Seguimiento y monitoreo del plan de intervención

6.2.3. Gastos Generales

- Administrativos (remuneraciones, beneficios sociales, viáticos, materiales, transporte, etc.)
- Supervisión
- Remuneración
- Materiales y equipos de oficina
- Gastos de servicios y mantenimiento
- Supervisión conjunta de obras
- Depreciación de los vehículos y equipos

- Otros gastos

7. FINANCIAMIENTO

El Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento - (ENOHSA) dependiente de la Secretaría de Obras Públicas, perteneciente al Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios se encarga de organizar, administrar y ejecutar Programas de Infraestructura que deriven de las políticas nacionales del sector Agua Potable y Saneamiento básico, en toda la extensión del territorio País.

Dichas políticas y programas deberán comprender, armonizar y coordinar las estrategias y acciones provinciales y municipales, tanto sean públicas como privadas que estuvieren orientadas al mismo objetivo y que sean tendientes a promover:

- La expansión y explotación eficiente de los servicios
- La regulación y control de los servicios,
- La integración y participación de empresas públicas, privadas, cooperativas, entidades comunitarias y trabajadores de la actividad

7.1. Programa PROAS

El Programa de agua potable y saneamiento para comunidades menores (**PROAS**), es en el que se encuadraría el posible financiamiento para el abastecimiento de agua potable de la ciudad de Salliqueló,

Los objetivos del Programa son:

- Mejorar las condiciones de vida en localidades de 500 a 50.000 habitantes de todo el país, mediante la ejecución de obras destinadas al incremento de la oferta de servicios de agua potable y saneamiento;
- Fortalecer la capacidad de gestión del Ejecutor del Programa y los Subejecutores para que mejoren sus mecanismos de planificación sectorial, de diseño, ejecución y administración de proyectos;
- Apoyar a los entes beneficiarios prestadores de servicios a mejorar su capacidad técnica, operativa y de gestión.

Los Componentes del Programa son:

- Estudios y Proyectos. Comprende la elaboración de proyectos de agua potable y proyectos de desagües cloacales, verificación del cumplimiento de los lineamientos y normativa ambientales.

- Obras de Agua Potable y Saneamiento (costos para la ejecución de obras:
 - sistemas nuevos, optimización, rehabilitación y ampliación de sistemas de provisión de agua potable;
 - ídem obras de desagües cloacales;
 - instalaciones intradomiciliarias para facilitar la conexión de los usuarios al servicio. La financiación de las obras es función de la pobreza de la población beneficiada y puede llegar hasta el 100 % de subsidio.
- Mejoramiento de la Gestión de las Entidades. Comprende el desarrollo y ejecución de los Proyectos de Mejora en la Gestión del Ejecutor, los Subejecutores del Programa y Entes Beneficiarios de servicios.
- Compra de Terrenos. Financiación para la adquisición de terrenos para la localización de plantas potabilizadoras, estaciones elevadoras, etc.
- **Costo Total Del Programa.** El total es por U\$S 450.000.000.-, a ejecutar en 3 operaciones individuales de U\$S 150.000.000.