



XX CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO
GEOLOGÍA, PRESENTE Y FUTURO
Agosto de 2017 | San Miguel de Tucumán



SESIÓN TÉCNICA 11

**GEOLOGÍA DE LOS
RECURSOS HÍDRICOS**

Coordinadores

RODOLFO GARCÍA
CARLOS SCHULZ



CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS EN LA ZONA DE RÍO GRANDE (TIERRA DEL FUEGO)

Eduardo KRUSE^{1,2}, Rita LOFIEGO³, Patricia LAURENCENA^{1,4}, Marta DELUCHI^{1,4}, Silvina CARRETERO^{1,2}

¹Facultad de Ciencias Naturales y Museo, CEIDE, UNLP, 64 n°3, tel: 221-424-9049 - kruse@fcnym.unlp.edu.ar

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

³Universidad Nacional de Tierra del Fuego.

⁴CIC. Comisión de Investigaciones Científicas. Provincia de Buenos Aires.

RESUMEN

La ciudad de Río Grande, ubicada en la provincia de Tierra del Fuego e islas del Atlántico Sur se emplaza en un ambiente fluvio-estuarino, sobre sedimentos cuaternarios. La ciudad presenta un aumento de su área urbanizada que conlleva a cambios ambientales de importancia. El uso y/o aprovechamiento del recurso hídrico subterráneo para consumo humano es escaso y por tal motivo son escasos los estudios hidrogeológicos. El objetivo de este trabajo es reconocer el comportamiento del agua subterránea somera en el área urbana y suburbana de la ciudad de Río Grande. Se analizó información antecedente, fotografías aéreas e imágenes satelitarias y se efectuó censo de perforaciones donde se midieron niveles y se muestreó para realizar análisis químicos. La dirección de flujo subterráneo somero se produce hacia el río Grande y localmente hacia el litoral marítimo, con pequeñas variaciones a lo largo del tiempo. Las condiciones hidroquímicas son variables, diferenciándose en forma general aguas con un alto contenido salino 1200 mg/L en el área urbana y con valores de 300 mg/L en el área suburbana. La recarga del agua subterránea somera se produce naturalmente a partir de las escasas precipitaciones, mientras que en la zona urbana existe una recarga adicional derivada del agua importada que es compensada con las descargas hacia el río Grande.

Palabras clave: Río Grande, acuífero somero, hidrodinámica.

ABSTRACT

Hydrogeological conditions in Río Grande area (Tierra del Fuego). The city of Río Grande, located in the province of Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur is placed over Quaternary sediments, in a fluvial-estuarine environment. The city shows an increase of the urban area which leads to some important environmental changes. Groundwater extraction for human consumption is scanty and in consequence, also the hydrogeological studies. The aim of this work is to recognize the shallow groundwater behavior in the urban and suburban areas of the city of Río Grande. Background information, aerial photographs and satellite images were analyzed. Survey at domestic wells was undertaken, the depths of the water table were measured and groundwater samples were obtained for chemical analysis. Flow direction of the shallow groundwater is towards Río Grande river and locally towards the marine littoral zone showing small variations over time. Hydrochemical conditions are variable showing, in general, water with higher salinity values (1200 mg/L) in the urban area and lower values (300 mg/L) in the suburban area. Shallow groundwater recharge is produced naturally from the scarce precipitations, whereas in the urban area there is an additional recharge coming from the imported water which is compensated with the discharge towards the Río Grande river.

Keywords: Río Grande, shallow aquifer, hydrodynamic.

INTRODUCCIÓN

Las zonas urbanas que poseen abastecimiento de agua potable exclusivamente a través de una fuente superficial presentan frecuentemente escasos estudios hidrogeológicos. La falta de conocimiento del comportamiento del agua subterránea deriva en la dificultad de evaluación de los impactos que genera la actividad del hombre en el sistema subterráneo. Por otra parte, estos efectos antrópicos usualmente no son percibidos en forma directa, pudiendo ser muchas veces subestimados en cuanto a su influencia ambiental. El objetivo de este trabajo es reconocer el comportamiento del agua subterránea somera en el área urbana y suburbana de la ciudad de Río Grande, provincia de Tierra del Fuego, Antártida e islas del Atlántico Sur.

El área de estudio abarca la desembocadura de la cuenca hidrológica del río Grande (Figura 1). La ciudad es la más poblada de la provincia, con 66475 habitantes (DGEC, 2015). El área urbana se desarrolla mayormente sobre la margen norte de dicho río, donde se localiza además un sector industrial (Lofiego *et al.* 2009). Actualmente la urbanización crece hacia la margen sur (Gaspari 2016).

El aprovechamiento del agua subterránea es escaso, relacionada sólo a unas pocas extracciones locales destinadas a lavaderos o a riego con una influencia puntual. Como se indicó, si bien el agua subterránea no es utilizada para consumo humano, su conocimiento es esencial en la planificación de la ciudad que muestra un crecimiento poblacional considerable.

Este trabajo forma parte de una evaluación de la influencia de la actividad antrópica sobre las condiciones ambientales y específicamente sobre el agua subterránea en Río Grande (Provincia de Tierra del Fuego) desarrollada en el marco de los “Proyectos de Investigación, Innovación y Transferencia en áreas prioritarias” (PIITAP), impulsados por la Universidad Nacional de La Plata. Las actividades del proyecto fueron ejecutadas por un equipo de trabajo multidisciplinario de la UNLP con el apoyo de la Universidad Nacional de Tierra del Fuego y también el aporte para los trabajos de campo de la Dirección General de Recursos Hídricos (Secretaría de Desarrollo Sustentable y Ambiente de la provincia de Tierra del Fuego).

MARCO GEOLÓGICO

Desde el punto de vista geológico el área de estudio se desarrolla en una plataforma relativamente estable,

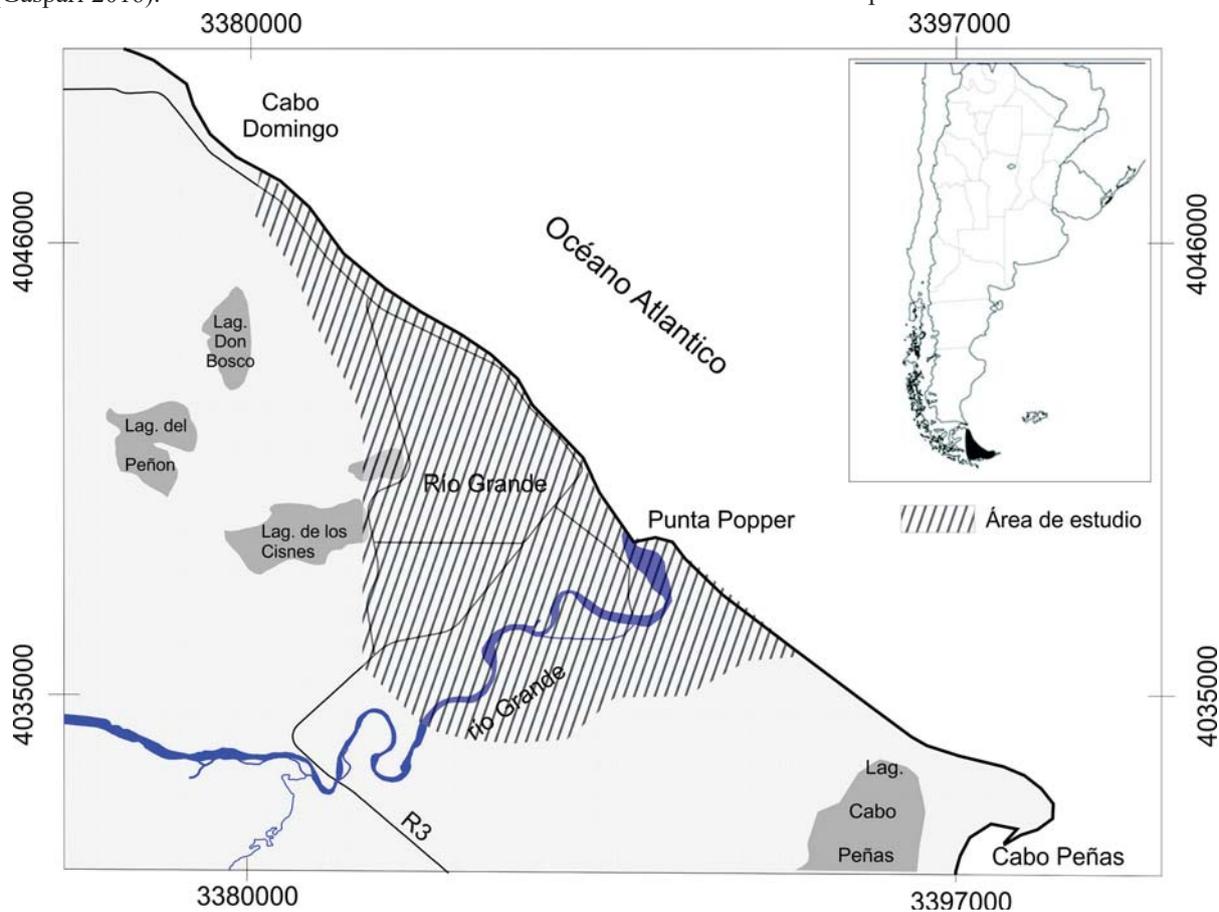


Figura 1. Área de estudio.

constituida por rocas Jurásico-Cretácicas, sobre las que yacen rocas sedimentarias terciarias y cuaternarias (Bujalesky 2007). La zona urbana original de Río Grande se sitúa fundamentalmente en la planicie litoral Pleistocena sobre la margen norte y su eje de crecimiento es hacia la margen sur sobre la planicie litoral Holocena.

El paisaje se manifiesta como una llanura formada por depósitos litorales, que hacia el mar está en contacto con una amplia plataforma de abrasión y hacia el continente con una terraza marina del Pleistoceno. El ambiente fluvio-estuario del río Grande y la presencia de bajos son rasgos dominantes en la morfología, en forma conjunta, con las geoformas de origen marino (Fucks 2016).

Las rocas terciarias, de origen marino y continental, están constituidas por areniscas, limolitas y arcillitas castaño claras hasta pardo verdosas. Afloran en la plataforma de abrasión y hacia el interior en forma de serranías, hacia el N, S y O de Río Grande (Fucks 2016). Los afloramientos presentan estratificación y alcanzan espesores considerables como en Cabo Domingo con 70 m. Los sedimentos cuaternarios están compuestos mayormente por gravas vinculados a glaciaciones plio-pleistocenas y eventos transgresivos. Para el sector de estudio se conocen con los nombres formacionales de La Sara y San Sebastián.

La Fm La Sara (Codignotto 1979) está compuesta

por depósitos de origen marino, pleistocenos, conformados por gravas finas clasto sostenidas y arenas finamente estratificadas, presenta restos de conchillas y posee un desarrollo incipiente de suelo. Constituye un nivel de playa fósil de amplia distribución espacial, con cota variable entre 13 y 17 msnm, que tuvo lugar en el último período interglacial. La Fm San Sebastián (Codignotto 1979) incluye sedimentos originados por la transgresión holocena emplazados entre la línea de costa actual y el paleoacantilado labrado sobre la Fm La Sara. Se trata de gravas y arenas estratificadas de colores grises y castaños relacionados a paleoplayas y fangos, asociados a llanuras de mareas y lagunas.

METODOLOGÍA

El análisis general del área de estudio se hizo en base a antecedentes, fotografías aéreas, imágenes satelitales y trabajo de campo.

Para la caracterización hidrológica se efectuó un relevamiento de pozos existentes, identificados durante las primeras tareas de campo. Este relevamiento fue la base para el reconocimiento y seguimiento de las condiciones de flujo y la calidad química del agua freática. Se instrumentó una red de monitoreo preliminar de agua subterránea, que inicialmente constó de 9 pozos existentes con

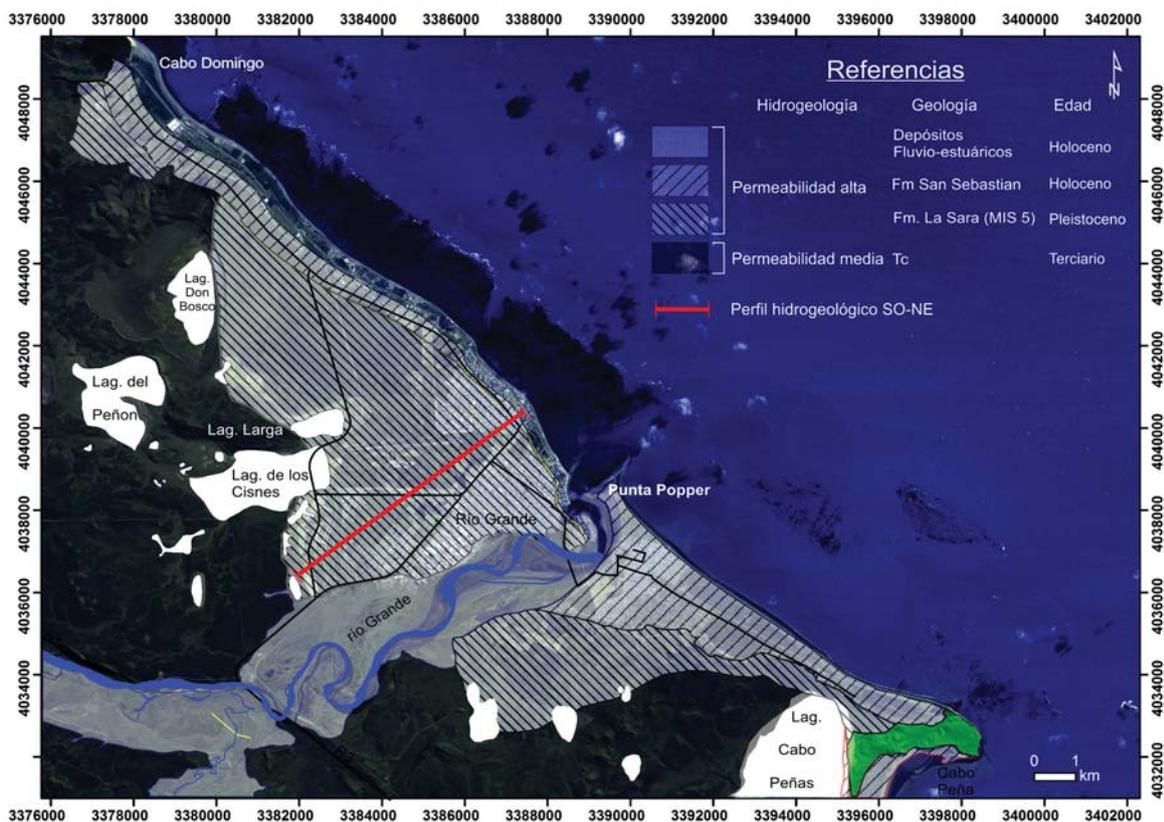


Figura 2. Mapa Hidrogeológico (modificado de Fucks 2016).

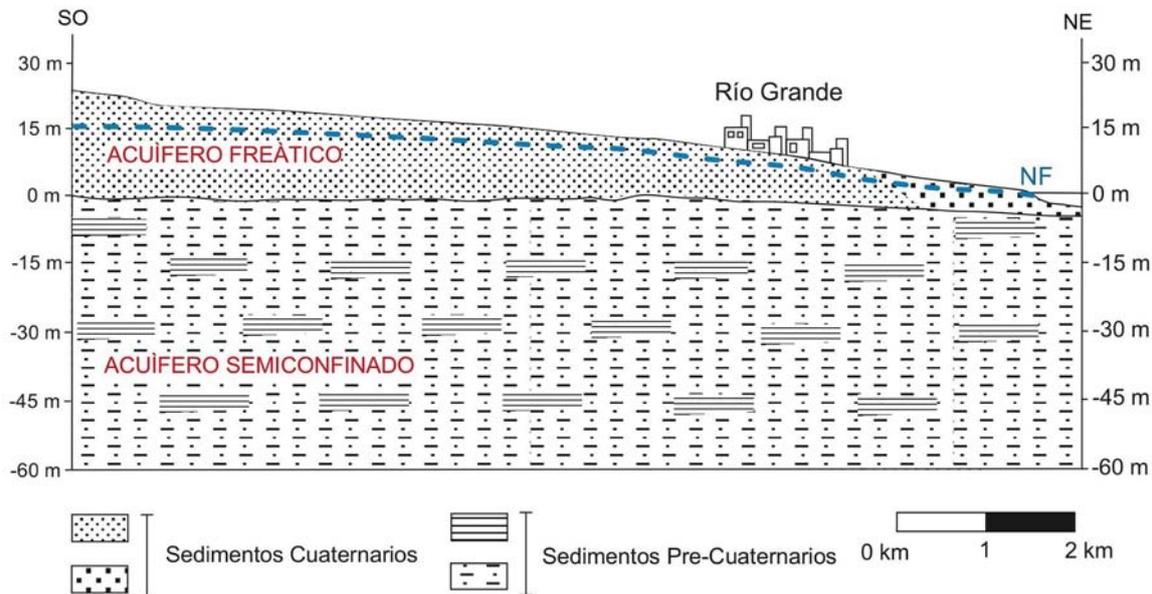


Figura 3. Perfil Hidrogeológico.

profundidades variables entre 3 y 25 m y 1 pozo más profundo de 85 m. La operación de esta red de monitoreo está a cargo de la Dirección General de Recursos Hídricos de la provincia de Tierra del Fuego. Se realizaron lecturas mensuales del nivel freático a partir de abril de 2015 y hasta la actualidad, en esta operación se tomaron muestras de agua con el objeto de determinar conductividad, pH y temperatura in situ. Los datos de precipitación y temperatura corresponden a la Estación Meteorológica Río Grande para el período 1979-2010.

Se efectuó un muestreo químico, cuyos análisis fueron realizados por Obras Sanitarias de Río Grande, incluyendo algunos de los analitos mayoritarios que permitió la clasificación química del agua subterránea.

Se emplearon métodos geofísicos que incluyeron sondeos eléctricos verticales y tomografías eléctricas para una caracterización de mayor detalle (Perdomo 2016).

Se elaboraron mapas de flujo subterráneo y se realizó la estimación de la evapotranspiración real anual por la metodología de Turc (1961) y evapotranspiración real mensual y balance hídrico por el método de Thornthwaite (1948). La interpretación hidroquímica se realizó a través de mapas de componentes químicas y representaciones gráficas.

RESULTADOS

Características hidrogeológicas

Desde el punto de vista hidrogeológico, las unidades aflorantes incluyen una de alta permeabilidad (Cuaternario) y una unidad de permeabilidad media (Terciario) (Figura 2).

En el subsuelo, la primera constituye un acuífero somero abarcando los sedimentos pleistocenos (Fm La Sara) y holocenos (Fm San Sebastián). Presentan una conductividad hidráulica estimada entre 50 y 70 m/d y porosidad efectiva entre 15 y 20 %. El espesor es variable entre 2 y 20 m con un valor medio del orden de los 10 m. Los menores espesores (entre 2 y 5 m) se registran en los sectores próximos al río y los máximos en la parte central del área de estudio y en la costa.

La segunda unidad conforma un acuífero semiconfinado. Se trata de una sucesión de niveles acuíferos con intercalaciones acuitardas, que en general presentan un nivel superior arcilloso (Figura 3). Es posible diferenciarla desde un punto de vista geoelectrico de la unidad más somera ya que posee una resistividad eléctrica menor a 10 ohm.m. La información con que se cuenta de esta unidad es muy escasa.



Figura 4. Mapa Isofreático.

Hidrodinámica subterránea

El sentido general de escurrimiento del acuífero freático se produce hacia el río Grande y localmente hacia el litoral marítimo. Las alturas hidráulicas en la margen sur alcanzan 14 msnm, y presentan los mayores gradientes hídricos con valores de 9 m/km. En la margen norte la mayor altura hidráulica registrada en los pozos disponibles es de 8 msnm y los gradientes se aproximan a 3,3 m/km. En la Figura 4 se presenta el mapa equipotencial correspondiente al mes de octubre de 2016.

Las variaciones en las profundidades en el período (abril-2015 y octubre-2016) muestran leves oscilaciones en todos los pozos. En la zona urbana la profundidad es inferior a 4 mbbp y durante el análisis se observa una tendencia a la profundización (P12).

Los pozos ubicados en la margen sur son menos profundos con valores que varían entre 1 y 2 m (P1), mostrando un escaso rango de variación, reconociéndose un leve ascenso de los niveles entre diciembre de 2015 y enero de 2016.

En la unidad hidrogeológica semiconfinada, la profundidad del agua subterránea varía entre 4 y 7 mbbp (P3). La existencia de un único pozo en esta unidad no permite reconocer las características del flujo subterráneo y su relación con el acuífero somero. Las variaciones de profundidad medidas tienen relación con la explotación que se realiza y no responden a las condiciones naturales del acuífero (Figura 5).

Hidroquímica subterránea

La composición química del agua subterránea es bicarbonatada sódica/cálcica excepto aquellas muestras localizadas en el centro-oeste de la ciudad que son cloruradas y/o sulfatadas sódicas.

Los sólidos disueltos totales en el acuífero freático presentan contenidos salinos del orden de 300 mg/L. La margen norte muestra un menor contenido salino en la zona costera con respecto a los valores de la ciudad en donde algunos pozos registran valores de 1200 mg/L. La margen sur presenta agua con un TSD que no supera los 300 mg/L.

La dureza en los pozos de la margen norte presenta valores entre 100 y 300 mg/L, mientras que en la margen sur no superan los 100 mg/L. Valores de cloruros superiores a 200 mg/L se detectan en la capa freática de dos pozos del centro de la ciudad y en el pozo profundo. Las concentraciones por debajo de 100 mg/L caracterizan al resto de las perforaciones. El contenido de sulfatos se encuentra por debajo de los 70 mg/L, en todos los casos.

En el análisis de la temperatura en función del tiempo se reconocen dos grupos de pozos, uno correspondiente al área suburbana, en el que las variaciones se producen entre los 3°C y 8°C durante el invierno y que alcanzan valores de 10°C en el verano, y otro grupo ubicado en la zona urbanizada que varía entre 8°C y 10°C durante el invierno, superando los 13°C durante el verano.

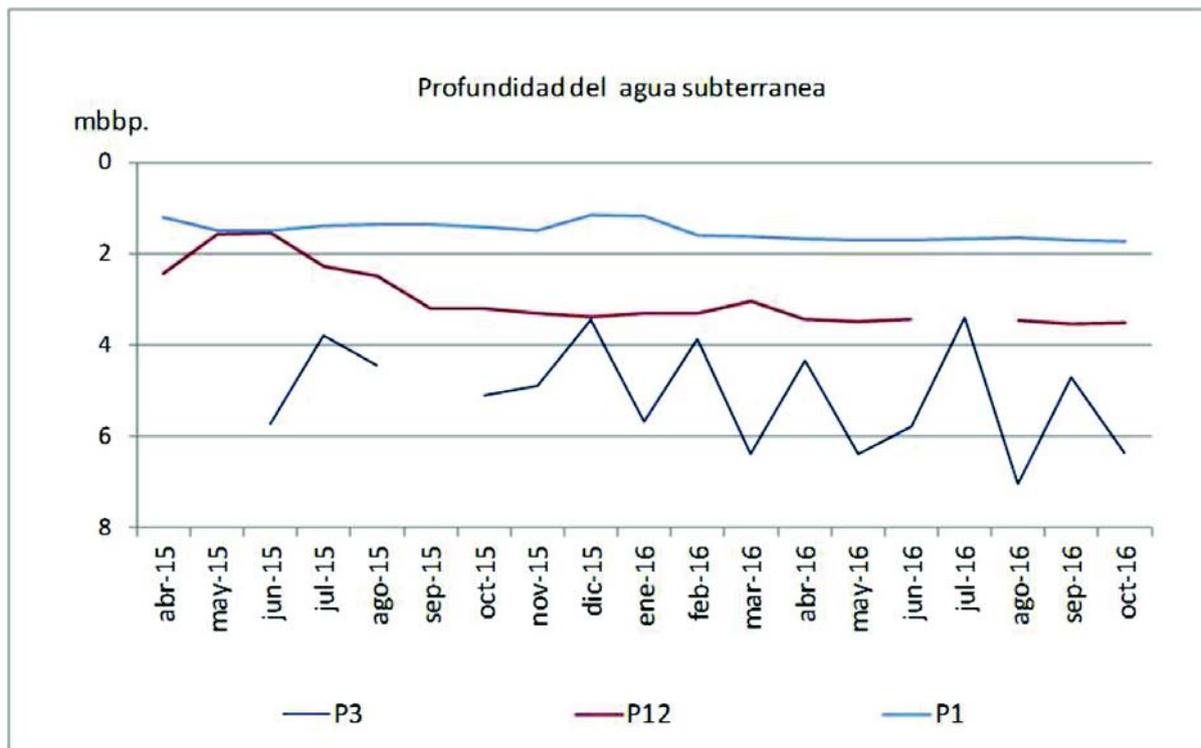


Figura 5. Profundidad del Nivel Freático.

Balance hidrológico

A pesar de la escasa información existente, una estimación preliminar del balance hidrológico posibilita contar con una evaluación de los recursos de agua disponibles y sus modificaciones por influencia de las actividades del hombre.

En un clima frío, con influencia oceánica, la precipitación media anual (1979-2010) es de 315 mm. La distribución en el año es relativamente uniforme (Figura 6), siendo algo más lluviosos los meses de diciembre y enero (35 mm), dándose los menores registros en septiembre y octubre (18,5 mm).

La evapotranspiración real, de acuerdo a la metodología de Thornthwaite (1948) es de 291 mm/año mientras que de acuerdo a Turc (1961) alcanza a 269 mm/año. De esta forma los excesos hídricos con capacidad de escurrimiento superficial ó infiltración son de 24 y 46 mm/año respectivamente.

En condiciones naturales existe un volumen de agua con posibilidades de recarga en el acuífero somero, que según Thornthwaite (1948) se produciría esencialmente en el invierno. Como se mencionara previamente, el sistema de abastecimiento de agua potable e industrial no depende de la disponibilidad de agua subterránea en el sitio, ya que se utiliza agua superficial. Este recurso es agua importada para el área urbana que proviene de una

toma del río Grande situada aguas arriba de la ciudad (en las proximidades del cruce de la Ruta 3). La cantidad de agua que circula en los sistemas de distribución es mayor en relación con los posibles excesos de lluvia. De esta forma las pérdidas en las cañerías son significativas en la recarga del agua subterránea somera. Sin embargo, es difícil cuantificar esa recarga, ya que no es posible hacer mediciones directas. Las escasas variaciones en los niveles freáticos en la zona urbana podrían indicar que la descarga natural que se produce subterráneamente hacia el río Grande es compensada con esta recarga artificial. En la zona suburbana, los ascensos en los niveles freáticos en enero de 2016 se podrían relacionar a precipitaciones superiores a los valores medios ocurridas en ese período.

CONCLUSIONES

En el área urbana y suburbana de Río Grande se reconoce un sistema hidrogeológico conformado por un acuífero somero (alta permeabilidad) relacionado con los sedimentos pleistocenos y holocenos, que se superpone a un acuífero semiconfinado (alternancia de capas de alta y baja permeabilidad) de edad terciaria. El conocimiento de este último es escaso ya que no existe información documentada acerca de su comportamiento.

El flujo freático se produce hacia el río Grande y localmente hacia el litoral marítimo. Las condiciones hi-

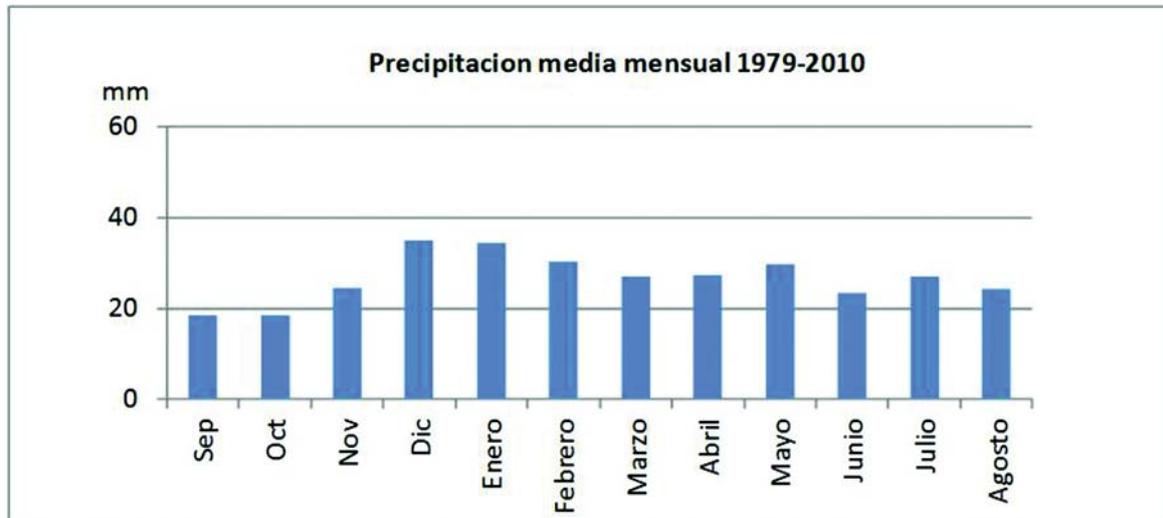


Figura 6. Precipitación Media Mensual.

droquímicas son variables, en general el acuífero freático presenta valores bajos de TSD de alrededor de 300 mg/L, los valores más elevados, 1200 mg/L, corresponden al área urbana. La recarga del agua subterránea somera se produce naturalmente a partir de las escasas precipitaciones, mientras que en la zona urbana existe una recarga adicional derivada del agua importada que es compensada con las descargas hacia el río Grande. La capacidad de infiltración y almacenamiento es reducida a causa de la ocurrencia de niveles freáticos poco profundos (inferior a 4 m).

Las características del sistema subterráneo adquieren importancia para cualquier planificación territorial. La calidad del agua subterránea se puede ver afectada por las actividades urbanas e industriales. La infiltración de aguas servidas en las zonas sin cloacas constituye una fuente de contaminación en el sector urbano. En el área industrial se suman los derrames accidentales, las pérdidas de tanques de combustibles o la disposición incorrecta de efluentes industriales, como causas que pueden ocasionar un deterioro en la calidad del agua subterránea.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Bujalesky, G.G. 2007. Coastal Geomorphology and evolution of Tierra del Fuego (Southern Argentina). *Barcelona, España Geologica acta: an international earth science journal*, (5) 004: 337-362.

Codignotto, J.O. 1979. Hojas Geológicas 63aCullen, 64ª Bahía San Sebastián y 65b Río Grande. Servicio Geológico Nacional, inédito. Buenos Aires.

DGEC (Dirección General de Estadística y Censos), 2015. Estadísticas de población. Síntesis histórica. Ministerio de Economía, 54 p., Provincia de Tierra del Fuego

Fucks, E. 2016. Geología y geomorfología de la región de Río Grande, Tierra del Fuego; en "Conflictos ambientales de la urbanización en Río Grande (Tierra del Fuego). Estudio integral con énfasis en el recurso hídrico subterráneo". Informe final (inédito), 120 p., UNLP. La Plata

Gaspari, F. 2016. Diferenciación de usos del suelo, Río Grande, Tierra del Fuego; en: "Conflictos ambientales de la urbanización en Río Grande (Tierra del Fuego). Estudio integral con énfasis en el recurso hídrico subterráneo". Informe final (inédito), 120 p., UNLP. La Plata.

Lofiego, R., Noir G., Urciuolo, A. y Iturraspe, R. 2009. Evaluación hidro-ambiental del estuario del Río Grande de Tierra del Fuego. *Actas del XXII Congreso Nacional del Agua*, 12 p, Trelew, Chubut.

Perdomo, S. 2016. Informe Preliminar. Sondeos Eléctricos Verticales. Río Grande. Tierra del Fuego; en "Conflictos ambientales de la urbanización en Río Grande (Tierra del Fuego). Estudio integral con énfasis en el recurso hídrico subterráneo". Informe final (inédito), 120 p., UNLP. La Plata.

Thornthwaite, C.W 1948. An approach toward a rational classification of climate. Reprinted from *The Geographical Review*, 38 (1): 55-94

Ture, L. 1961. Estimation of irrigation water requirements, potential evapotranspiration: a simple climatic formula evolved up to date. *Annals of Agronomy* 12: 13-49.