



**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y
NATURALES**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS
NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CONCENTRACIONES DE MATERIA
NITROGENADA DE LAS ÁREAS URBANA Y SUBURBANA DE LA
LOCALIDAD DE MIGUEL RIGLOS, PROVINCIA DE LA PAMPA”**

PATRICIA YANET HUENTEMILLA

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

-2012-

PREFACIO

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al grado académico de Ingeniero en Recursos Naturales y Medio Ambiente, de la Universidad Nacional de La Pampa y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad ni en otra Institución Académica. Se llevó a cabo en la Cátedra de Hidrología Ambiental dependiendo del Departamento de Recursos Naturales, durante el período comprendido entre el 23 de Septiembre de 2010 y el 24 de Febrero de 2012, bajo la dirección del Lic. Malán José Miguel y bajo la codirección de la Lic. Dalmaso María Gabriela.

Agradecimientos

En primer lugar quiero agradecer al Lic. Malán José Miguel, director de este trabajo, por su ayuda en la confección del plan de trabajo, supervisión durante el desarrollo y posterior corrección del texto.

Igualmente mi agradecimiento a la Lic. Gabriela Dalmaso, co-directora del trabajo, por su apoyo, orientación crucial para el desarrollo de esta tesis y supervisión durante el desarrollo.

También mi agradecimiento especial a mi familia y amigos por el incondicional apoyo durante toda la carrera.

Mi gratitud al laboratorio de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam, en la persona de Mariana Espíndola.

El presente estudio ha sido posible gracias al apoyo financiero de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam.

29 de Marzo de 2012

.....

DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

RESUMEN

El presente trabajo fue realizado con el objetivo de determinar la contaminación del agua subterránea en el área urbana y periurbana de la localidad de Miguel Riglos, analizando la presencia de nitrato como principal indicador de la calidad del recurso, teniendo en cuenta que la localidad no posee servicio de saneamiento.

Se realizaron 3 campañas de recolección de muestras de agua en perforaciones domiciliarias. Las dos primeras para análisis físico-químicos y la última para bacteriológicos. Se midió “*in situ*”: temperatura, pH y conductividad. En laboratorio se determinó la concentración de los iones nitrato, nitrito y cloruro, también coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli* y *Pseudomona aeruginosa*.

En gabinete se estimaron vulnerabilidad y riesgo a la contaminación, y los tiempos de tránsito de los contaminantes en la zona no saturada y saturada.

De acuerdo con los datos obtenidos se evidencia un deterioro en la calidad de las aguas subterráneas, ya que del total de las muestras (21), el 71% registró concentraciones de nitrato que superan los niveles máximos permitidos para el consumo humano. Por otro lado, los análisis bacteriológicos indicaron que el 100 % de las muestras extraídas no son aptas para consumo humano, según las legislaciones vigentes, ya sea por la presencia de Coliformes Totales o *Pseudomonas aeruginosa*.

En esta investigación se pudo demostrar que existe contaminación en la zona urbana y periurbana, y que las principales fuentes contaminantes son los efluentes domiciliarios vertidos en “pozos ciegos”, y la cría intensiva de ganado porcino y bovino, respectivamente. Por lo tanto, se proponen medidas para evitar el deterioro del área acuífera donde se ubican las perforaciones, estableciendo concretas medidas de protección paralelamente con un estudio hidrogeológico más detallado. Por otra parte, se recomienda en forma urgente la instalación del servicio de saneamiento que corresponde y temporalmente llevar a cabo una campaña de concientización para informar sobre la problemática y las medidas higiénicas a adoptar.

INDICE GENERAL

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Marco Teórico General.....	1
1.2. Objetivos.....	3
1.3. Antecedentes.....	3
1.4. Descripción del área de estudio	4
1.5. Características del Servicio de Agua Potable	5
CAPÍTULO II: CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA	8
2.1. Climatología.....	8
2.1.1. Precipitaciones	9
2.1.2. Temperatura	10
2.1.3. Evapotranspiración.....	11
2.1.4. Vientos	14
2.2. Suelo	14
2.3. Geomorfología	17
2.4. Geología.....	18
2.5. Marco Geohidrológico	20
2.6. Piezometría	21
2.7. Parámetros Hidráulicos.....	24
2.8. Hidráulica de Captaciones	25
2.9. Aspectos Hidroquímicos.....	28
2.10. Calidad del Agua para Consumo Humano	32
2.11. Aspectos Bacteriológicos.....	36
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO.....	37
3.1. Contaminación	37
3.2. El Nitrato en el Agua Subterránea	37
3.3. Vulnerabilidad a la Contaminación del acuífero	40
3.4. Riesgo de Contaminación	41
3.5. Riesgos para la Salud.....	41
3.5.1. Derivados de Sustancias Químicas	42
3.5.1.1. Metahemoglobinemia o enfermedad del “bebé azul”	42
3.5.1.2. Carcinogénesis	43
3.5.2. Derivados de Organismos Patógenos.....	43

3.5.2.1. Coliformes Totales.....	43
3.5.2.2. Pseudomonas aeruginosas.....	43
3.6. Marco Legal.....	44
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA.....	45
4.1. Metodología para el análisis de la Contaminación.....	45
4.2. Tareas previas realizadas en gabinete.....	45
4.3. Tareas realizadas en campo.....	45
4.4. Parámetros físico-químicos y bacteriológicos determinados.....	48
4.5. Elaboración y tratamiento de datos.....	49
4.6. Método para determinar Vulnerabilidad a la Contaminación de acuífero.....	50
4.7. Método para determinar Riesgo de Contaminación.....	51
4.8. Método para determinar Tiempo de tránsito del contaminante en la ZNS.....	52
4.9. Método para determinar Tiempo de tránsito del contaminante en la ZS.....	53
CAPÍTULO V: RESULTADOS.....	54
5.1. Análisis de los Resultados físico-químicos.....	54
5.1.1. Zona Urbana.....	54
5.1.2. Zona Periurbana.....	56
5.2. Análisis de los Resultados bacteriológicos.....	61
5.3. Vulnerabilidad – GOD.....	64
5.4. Riesgo de Contaminación.....	64
5.5. Tiempo de tránsito del contaminante en la ZNS.....	65
5.6. Tiempo de tránsito del contaminante en la ZS.....	65
CAPÍTULO VI.....	67
6.1. Conclusión.....	67
6.2. Recomendaciones.....	68
BIBLIOGRAFÍA.....	70
ANEXO I.....	79
ANEXO II.....	96

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1.- Marco Teórico General

El hombre ha intervenido en los ecosistemas naturales, modificando las características de los mismos, debido al creciente consumo de alimentos, bienes y servicios que la sociedad ha manifestado durante el siglo 20, manteniendo su tendencia en el presente. La causa principal de este problema es la expansión urbana o evolución demográfica de la población y la industrialización de las grandes urbes, que debido a su excesivo consumo genera la sobreexplotación o contaminación.

En la provincia de La Pampa esta situación se destaca porque muchas localidades no cuentan con servicio de saneamiento y existe un incremento en el número de establecimientos agroindustriales, como productores de lácteos, industria frigorífica, etc.

Según Schulz (1999), el agua es un recurso natural, ineludible e insustituible que cada vez más entra en los dominios de los bienes escasos, fundamental para todo desarrollo socioeconómico, así como para preservar la salud de los ecosistemas. Las limitaciones de los recursos hídricos y la degradación de la calidad del agua están debilitando una de las bases de recursos en que se asienta la sociedad humana.

El agua es un elemento vital para los ecosistemas y para las sociedades humanas, al ser un elemento vital para la supervivencia de la biodiversidad y de las sociedades, un recurso vital para el desarrollo de las diversas actividades económicas, un recurso natural, que por su carácter limitado, adquiere valor económico, un recurso ambiental que es patrimonio común de la sociedad, la cual debe usar, conservar y preservar. (Bocanegra y Benavidez, 2002)

El agua en general y la subterránea en particular es un recurso limitado en nuestro planeta, donde más del 97% es salada y se concentra en mares y océanos. Del resto, menos del 1% corresponde a agua subterránea. Sin embargo, debido a que el agua superficial está más expuesta a la contaminación y generalmente es mucho más cara que la subterránea, por el tratamiento que necesita para su potabilización, la mayoría de los países desarrollados emplea estas últimas para consumo humano, superando apreciablemente al del agua superficial. (Auge, 2006a)

En la Provincia de La Pampa, el agua subterránea es la principal fuente de abastecimiento humano y otras actividades económicas. Ello significa que el consumo provincial depende casi exclusivamente de éste recurso, que aún con limitaciones

económicas coyunturales, constituye un elemento primordial para el desarrollo de la misma. (Schulz, 1995)

En la mayor parte de la provincia, con excepción de su extremo oeste, los ambientes medanosos constituyen los principales reservorios de agua subterránea que se aloja en los sedimentos con un comportamiento hidráulico variable, desde netamente acuífero hasta acuitardo. En estas zonas de interés por tratarse de fuentes para el abastecimiento urbano y rural, surgen limitaciones derivadas de la calidad de sus aguas y los estudios exploratorios muestran una variabilidad significativa de la configuración química y de la presencia en distintas concentraciones de elementos perjudiciales para la salud humana. (Mariño, 2003)

El valor de las aguas subterráneas como fuente de suministro de agua potable ha influenciado en el aumento del interés para la detección y control de su contaminación. (Dalmaso *et al*, 2007). La contaminación del agua está definida como la acción y el efecto de introducir materias o energía, o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica. (Foster, 1987)

Hay que tener muy en cuenta que un acuífero seriamente contaminado nunca más podrá volver a su calidad anterior ya que su recuperación es muy costosa y técnicamente problemática. (Foster, 1987). Por esto, la mejor práctica que asegure la sustentabilidad del recurso, es proteger el acuífero antes de que sea contaminado.

Generalmente se carece de un diagnóstico precoz del deterioro, debido a las heterogeneidades inherentes al sistema subsuperficial que son difíciles de detectar y por lo común sólo se conoce la contaminación cuando afecta a los abastecimientos de agua, frecuentemente cuando ya es demasiado tarde. A menudo no se tiene en cuenta que los procesos que conducen a la degradación de la calidad y a la contaminación de los sistemas acuíferos, están retardados y escondidos, y son a largo plazo. (Dalmaso *et al*, 2007)

El riesgo de contaminación del agua subterránea puede determinarse como la interacción entre las cargas contaminantes aplicadas al subsuelo como resultado de las actividades humanas y la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación. (Foster e Hirata, 1991)

La actividad humana produce gran cantidad de desechos de origen urbano, industrial y agrícola que introducen una alteración en el medio natural y crean un grado de deterioro ambiental que abarca desde los aspectos estéticos a los tóxicos, que si no son convenientemente tratados, contaminan los recursos hídricos.

En este contexto, es necesario desarrollar políticas orientadas a preservar la calidad del agua subterránea, adoptando medidas para detectar, controlar y mitigar las causas que originan su deterioro.

1.2.- Objetivos

El objetivo general del presente trabajo es determinar el grado de contaminación derivado de los nitratos en el agua subterránea del sector urbano de la localidad de Miguel Riglos, sin servicio cloacal, del área aledaña, donde se ubica el acuífero que abastece a su población y del entorno rural; y reconocer el probable efecto de las fuentes contaminantes existentes.

Por otro lado, se trata de brindar un instrumento que suministre información para la adecuación de políticas de planificación y protección del recurso hídrico subterráneo, para tener en cuenta en el ordenamiento territorial ante el posible crecimiento urbano, dada la proximidad de los pozos de abastecimiento de agua con la localidad.

Objetivos específicos

a) determinar la calidad del agua de las perforaciones domiciliarias en las zonas urbana y periurbana y su posible fuente de contaminación, para poder establecer su incidencia en el agua subterránea.

b) determinar la vulnerabilidad y el riesgo a la contaminación del agua subterránea en el área de estudio.

1.3.- Antecedentes

Entre los estudios que abordan la contaminación de aguas subterráneas por actividades antrópicas se pueden mencionar los trabajos de Auge y Nagy (1996) en la ciudad de La Plata; Blarasin *et al.* (1999) en la ciudad de Río Cuarto; Auge (2001) en un acuífero semiconfinado en Argentina; Zamora *et al.* (2001) en el Partido de Gral. Pueyrredón; Perdomo *et al.* (2001) en el Litoral Sudoeste del Uruguay; Rocha y Baudino (2002) en la ciudad de Salta; Fiore *et al.* (2002) en San Juan; Saracho *et al.* (2004) en la ciudad de Catamarca; Fernández (2005) en el Partido de Moreno; Barranquero *et al.* (2006) en la ciudad de Tandil y Echevarría (2009) en la localidad de Ingeniero Thompson.

En la provincia de La Pampa algunos de los trabajos llevados a cabo corresponden a Dalmaso *et al.* (1999) en el acuífero de General Pico; Fernández y Mariño (2002), en este caso enfocado al ámbito rural del Valle Argentino; Schulz *et al.* (2002) en el acuífero del Valle Argentino; Camilletti y Dalmaso (2005), en la ciudad de Santa Rosa y zona de influencia; Peroni (2006) en la localidad de Macachín; Irribarra (2006) en la localidad de Quemú Quemú; Ceccani Olave (2007) en el área de Santa Rosa-Toay; Dalmaso *et al.* (2007) en la localidad de Catrilo; Holzman (2008) en la localidad de Macachín; Malán *et al.* (2009) en la localidad de Jacinto Arauz.

Las características climatológicas, edafológicas, geomorfológicas y de vegetación del área de estudio son descriptas en el “Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa” (Cano *et al.*, 1980).

Con respecto a la caracterización hidrogeológica e hidroquímica del área, se pueden mencionar a Bisceglia (1973); Malán (1986); Malán y Miglianelli, (1987); Castro (1996a); Castro (1996b); Castro (1997); Dalmaso y Tullio, (2006).

1.4.- Descripción del Área de Estudio

El área de estudio comprende la zona urbana y periurbana de la localidad de Miguel Riglos. La localidad se encuentra en el Departamento de Atreucó, sobre un acuífero situado al Norte del Sistema del Valle Argentino, a 75 km al Sur-Este de la ciudad de Santa Rosa, capital de la Provincia de La Pampa, Argentina. Se ubica en la intersección de las rutas Provincial N° 1 y la Provincial N° 14, en las coordenadas 36°51'00"S y 63°42'00"O. (Figura 1.4.1)

La localidad cuenta con una población de 2385 habitantes (Dirección General de Estadística y Censo, 2001). Sin embargo, datos del personal del municipio estiman que la población actualmente supera los 2500 habitantes.

La zona es productora de materia prima como carne, leche, cereales, etc. También cuenta con actividad industrial constituida actualmente por la industria de quesos “Kelolak” y la Planta extractora de miel. Ésta última a cargo de la Cooperativa de Obras y Servicios Públicos de Miguel Riglos Limitada, que funciona desde el año 2002.

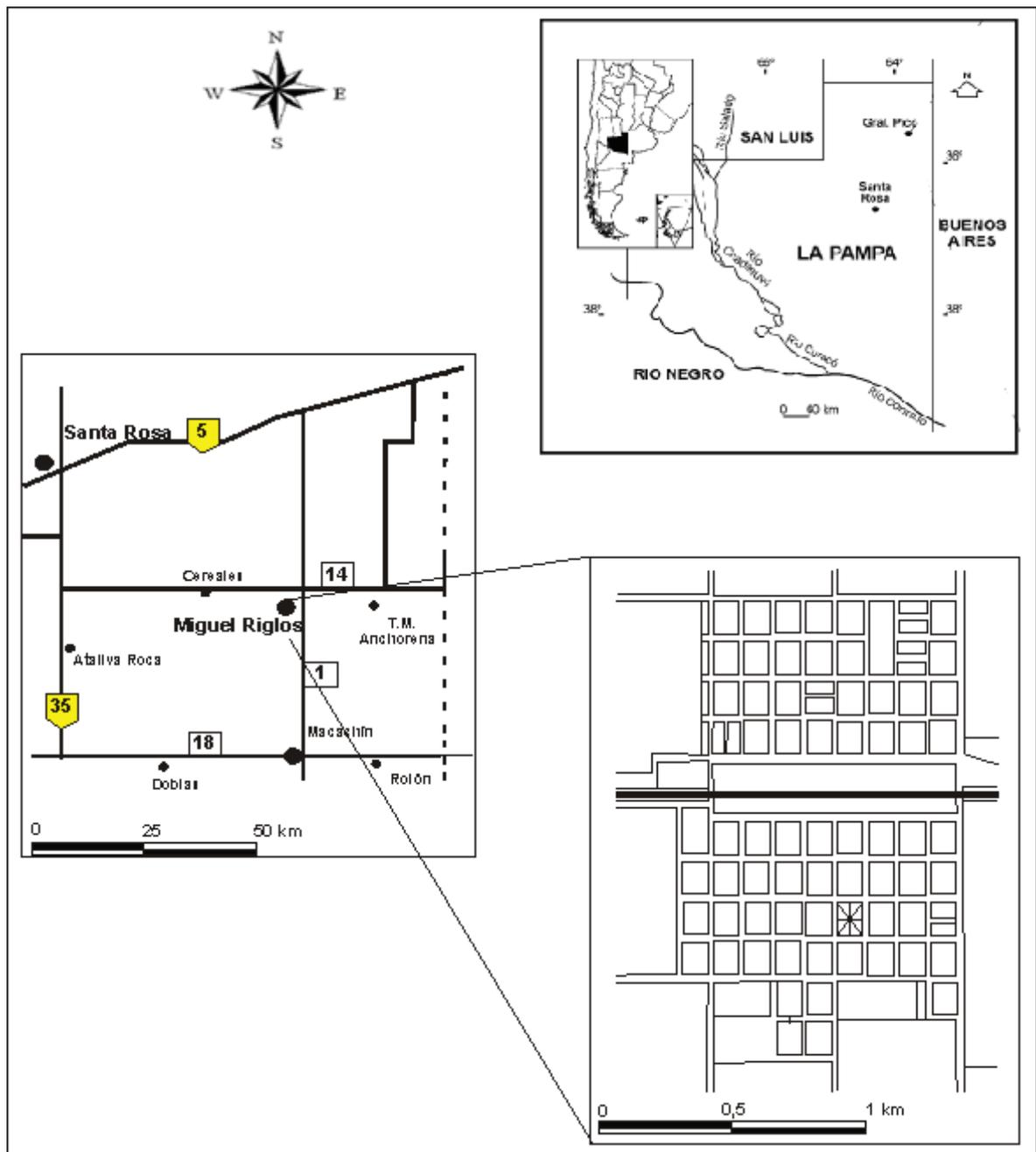


Figura 1.4.1. Mapa de ubicación de la localidad de Miguel Riglos.

1.5.- Características del Servicio de Agua Potable

La localidad de Miguel Riglos posee como única fuente de agua para uso doméstico, industrial y ganadero, el agua subterránea. Sin embargo cuentan con red de agua potable extraída de esta misma, que cubre prácticamente la totalidad de la población.

El servicio de agua potable es prestado por la Cooperativa de Obras y Servicios Públicos de Miguel Riglos Limitada desde el año 1976. Consiste básicamente en una batería de 5 perforaciones que explotan la parte superior del acuífero. Posteriormente el

agua se almacena en una cisterna, que tiene una capacidad de 150.000 litros, que se incorporó al sistema en el año 2007 para evitar los problemas que surgen cuando la reserva del tanque se ve comprometida, por ejemplo al producirse cortes de energía eléctrica y el sistema de bombeo se ve imposibilitado de funcionar. Una vez en la cisterna el agua se somete a cloración y por último se eleva al tanque, con una capacidad de 90.000 litros, de donde se distribuye a la población.

Los pozos de captación de agua para el abastecimiento de la población se encuentran ubicados al Noreste de la localidad (Figura 1.5.1), muy cercanos a la planta urbana. Así mismo, la Estación de Suministro de Agua, donde se ubica el tanque de elevación (T.E), se encuentra dentro de la misma.

La Bomba N° 1 se encuentra a una distancia de 700 mts del T.E, la Bomba N° 2 a 200 mts de la Bomba N° 1, la Bomba N° 3 a 300 mts de la N° 2, la Bomba N° 4 se encuentra a 500 mts de la Bomba N°1 y la N° 5 se encuentra sobre la calle que limita por el Este al ejido urbano, a 700 mts de la Av. San Martín. (Arroyo, 2009)

Cada tres meses se realizan análisis físico-químicos y bacteriológicos en cada uno de los pozos de extracción, en la salida del tanque elevado y en terminales de la red de distribución. Estos análisis están a cargo de la Administración Provincial del Agua de la Provincia de La Pampa.

Respecto de los efluentes domiciliarios, la población vierte los mismos en fosas sépticas (“pozos ciegos”), debido a que carece de servicio de saneamiento. Esta práctica es una de las principales formas potenciales de contaminación antrópica, ya que puede deteriorar el recurso hídrico subterráneo de manera que se torne no apto para el consumo humano, especialmente en áreas de alta vulnerabilidad.

En la Provincia de La Pampa, esta situación representa un problema de vital importancia, ya que parte del agua para abastecimiento doméstico, y en su totalidad para el sector ganadero e industrial proviene de esta fuente. Por lo tanto, una alteración en la calidad de la misma no sólo afecta al sistema ambiental, sino también al socioeconómico, ya que al hacerse inprovechables, obliga a la búsqueda y puesta en explotación de sectores de acuíferos no afectados, que a veces no se dispone o se ubican a mayores distancias.

Estas consideraciones mantendrán plena vigencia hasta tanto no se instalen los sistemas de alcantarillado, eficientes, seguros y garantizando la total conexión en la localidad.

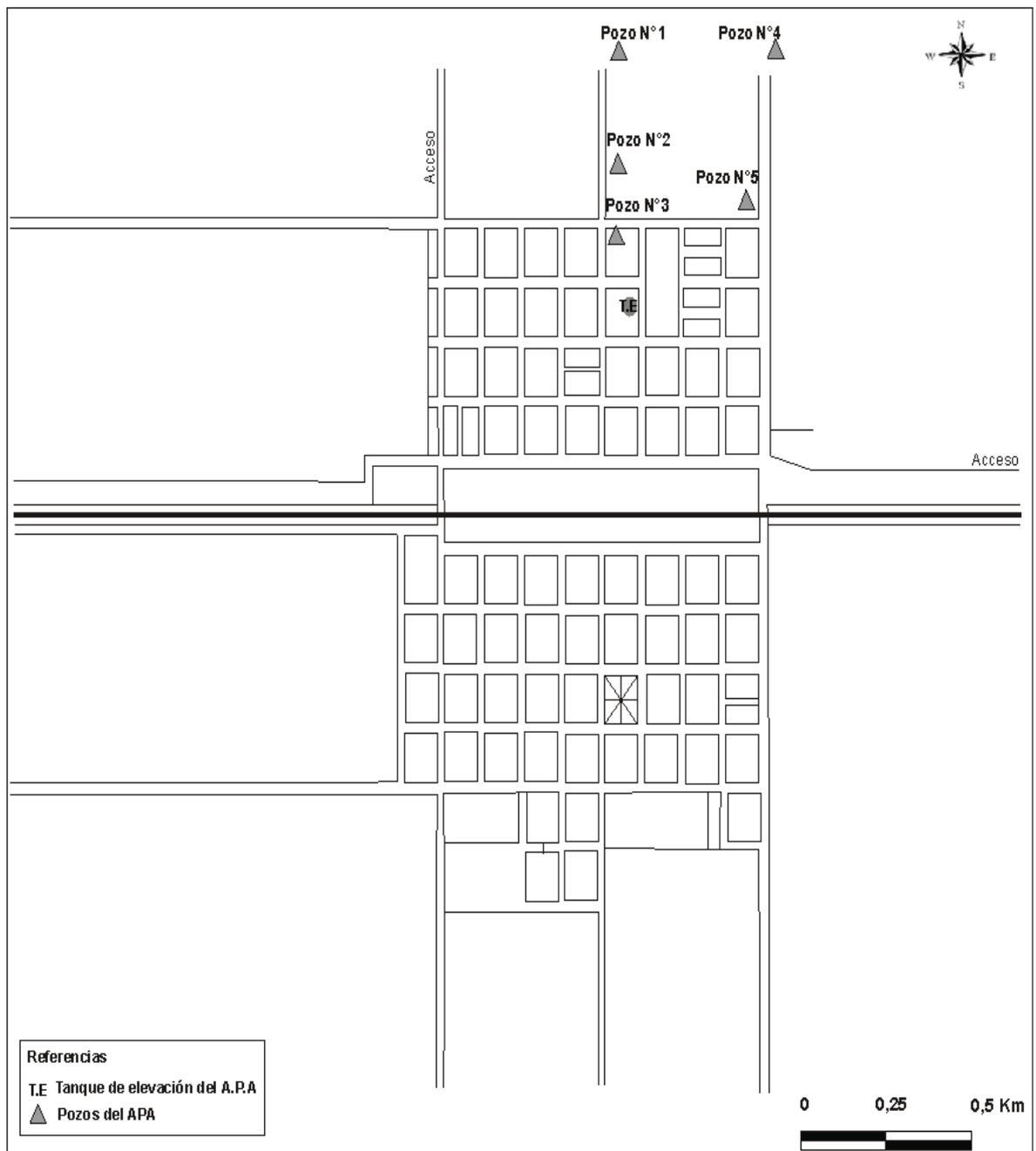


Figura 1.5.1. Ubicación de los pozos de captación de agua para abastecimiento.

CAPÍTULO II: CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA

2.1.- Climatología

El área de estudio se caracteriza por un clima subhúmedo seco con precipitaciones que varían de N a S en unos 80 mm, según la descripción efectuada por Cano *et al* (1980), que la incluye dentro de la Subregión de las Planicies Medanosas, cuya descripción se desarrolla en el ítem 2.3. La misma se ubica en el extremo NE de la provincia de La Pampa (Figura 2.1.1).

Esta subregión es una de las más susceptibles a la erosión eólica, fundamentalmente por el tipo de suelo y por la característica de las explotaciones rurales (alto porcentaje de agricultura de cosecha).

Desde el punto de vista agroclimático es la subregión mejor dotada de toda la provincia; sus regímenes térmicos e hídricos son adecuados para obtener una buena producción agropecuaria. (Cano *et al.*, 1980).

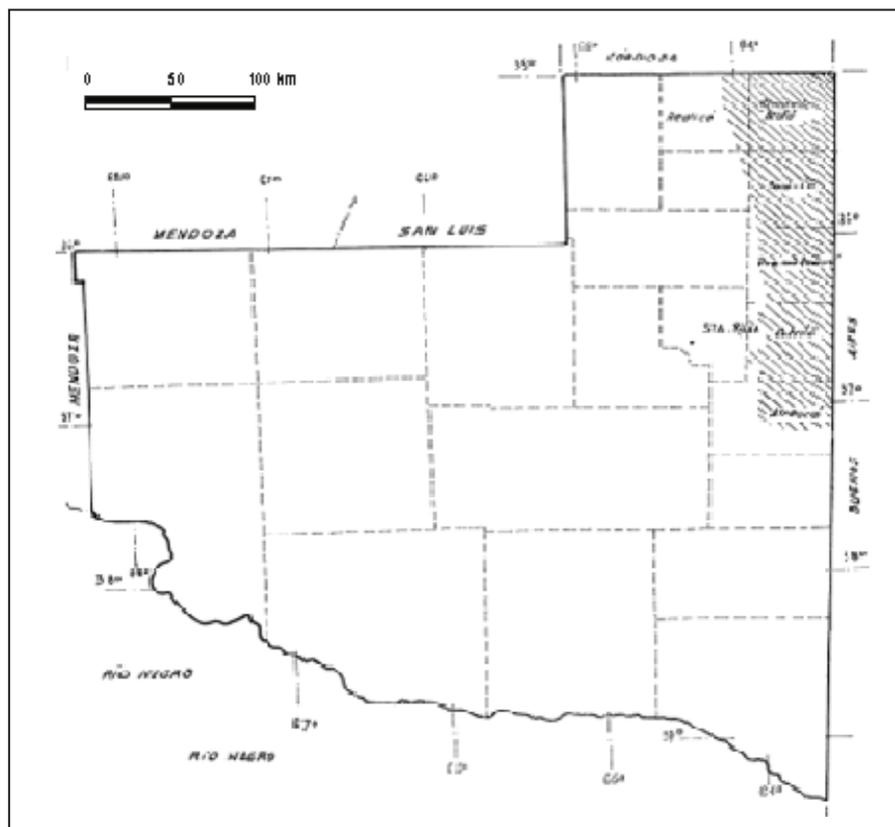


Figura 2.1.1. Ubicación geográfica de la Subregión de las Planicies Medanosas. (Cano *et al.*, 1980)

2.1.1. Precipitaciones

Las precipitaciones medias anuales de Miguel Riglos alcanzan los 716,86 mm. En la Figura 2.1.2 se presentan las precipitaciones anuales ocurridas en ésta localidad perteneciente al período 1921-2010. Los datos pluviométricos fueron suministrados por la Administración Provincial del Agua de la Provincia de La Pampa.

En la serie de datos analizados se nota una clara tendencia creciente debida fundamentalmente a la ocurrencia de un ciclo de años húmedos a partir de 1976, que se mantuvo hasta el 2001, a partir del cual volvió a decrecer, pese a que fue el año que más llovió.

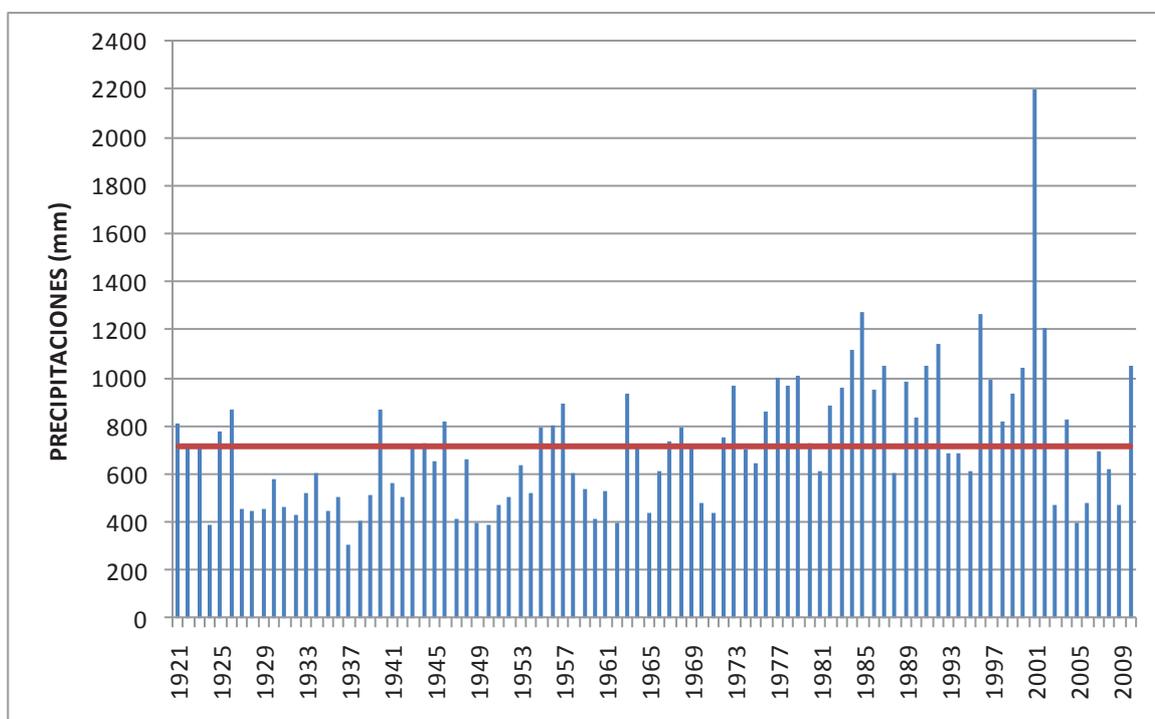


Figura 2.1.2. Yetograma de Precipitaciones anuales de Miguel Riglos. Serie 1921-2010.

En el yetograma de precipitaciones medias mensuales de Miguel Riglos (Figura 2.1.3) puede visualizarse claramente la ocurrencia de inviernos secos y veranos húmedos, siendo Marzo el mes que registra la máxima precipitación y Julio el mes más seco.

Por otro lado, al carecer de datos freaticométricos en el área de estudio y en sus inmediaciones, no se pudo correlacionar el comportamiento de las precipitaciones con la respuesta de los niveles piezométricos.

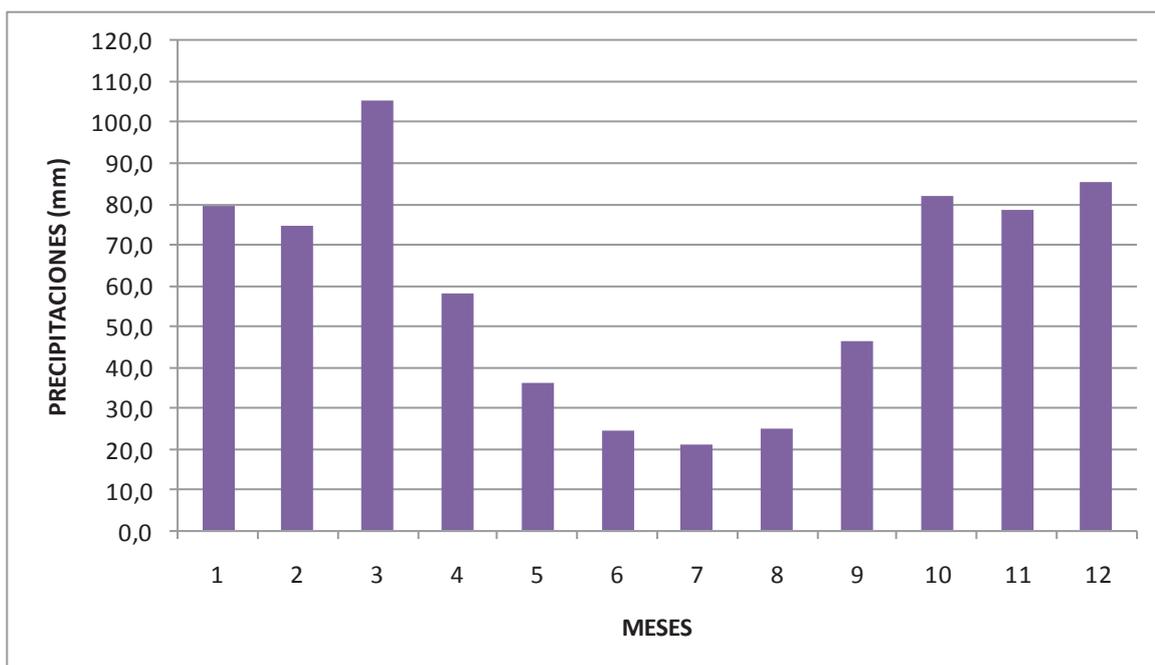


Figura 2.1.3. Yetograma de Precipitaciones medias mensuales de Miguel Riglos. Serie 1921-2010.

2.1.2. Temperatura

La temperatura media anual es de 15,2 °C, registrando la máxima media en el mes de Enero con 22,9 °C y la mínima media para el mes de Julio con 7,3 °C. En la Figura 2.1.4 se representan gráficamente las temperaturas medias mensuales correspondientes a la serie 1973-2009. Dado el régimen de precipitaciones y temperaturas, la localidad cuenta con inviernos secos y fríos y veranos húmedos y calurosos.

Debido a la carencia de datos de la localidad objeto de estudio, se tuvieron en cuenta las temperaturas de la Estación Experimental del INTA de Anguil, ya que por su proximidad no es esperable una variación significativa.

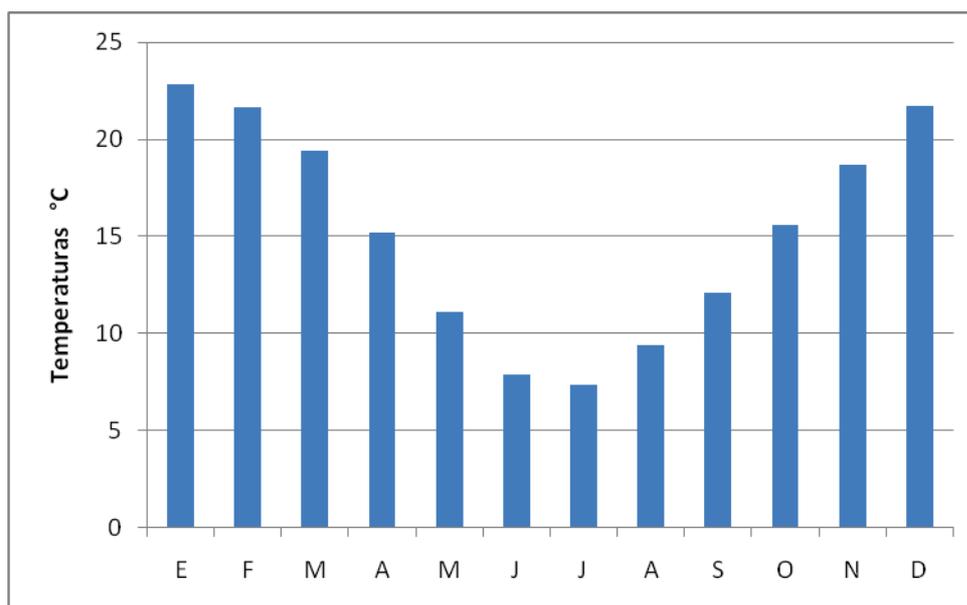


Figura 2.1.4. Temperaturas medias mensuales. Serie 1973-2009. (INTA Anguil).

La fecha media de las primeras heladas es entre el 21 de Abril, con un desvío estándar de +/- 16 días. Así mismo, la fecha media de las últimas heladas se da entre el 14 de Octubre, con un desvío estándar de +/- 18 días.

Las heladas registraron una temperatura mínima media de -8,9 °C a 1,5 metros, para el período 1973-1998. (INTA Anguil)

2.1.3. Evapotranspiración

La evapotranspiración potencial (ETP) para el área de estudio fue calculada mediante el método propuesto por Thornthwaite en el año 1948 y la evapotranspiración real (ETR) de acuerdo al método propuesto por Turc en el año 1954, ya que es un método sencillo basado en la temperatura y la precipitación.

El cálculo de la evapotranspiración potencial se realizó mediante el método propuesto por Thornthwaite, según la relación:

$$ETP = 16 \left(\frac{10t}{I} \right)^a \times K$$

donde la ETP está dada en mm/mes, t es la temperatura media mensual en °C, I es el índice de calor anual que es igual a $\sum i$, siendo i el índice de calor mensual, calculado para cada mes según la expresión:

$$i = \left(\frac{t'}{5} \right)^{1.514}$$

siendo t' la temperatura media mensual en °C. El coeficiente a es función del índice de calor anual y viene dado por:

$$a = 675 \cdot 10^{-9} I^3 - 771 \cdot 10^{-7} I^2 + 1792 \cdot 10^{-5} I + 0,49239$$

y el coeficiente K es un coeficiente de corrección que es función de la latitud y del mes para el cual se calcula la ETP,

$$K = \frac{N \ d}{12 \ 30}$$

Este método tiene en cuenta la temperatura media mensual obtenida a partir de las medias diarias, la duración real del mes y el número máximo de horas de sol, según la latitud del lugar.

El cálculo de la evapotranspiración real se realizó mediante el método propuesto por Turc, el cual plantea:

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Donde:

P : precipitación en mm/año

L : $300 + 25 t + 0,05 t^3$

t : temperatura media anual en °C

Como no se dispone de datos de temperatura de la localidad de Miguel Riglos, la determinación se realizó a partir de los datos de temperatura brindados por INTA Anguil para el período 1973-2009. Los cálculos realizados se encuentran en el Anexo I.

Según la fórmula de Thornthwaite, la evapotranspiración potencial (ETP) media anual es de 790,59 mm, para el período 1973-2009 (Tabla 2.1.5). La máxima ocurre en el

mes de Enero con un valor de 131,48 mm/mes, mientras que la mínima se presenta en el mes de Julio con 15,36 mm/mes.

Por otro lado, según Turc la evapotranspiración real (ETR) es de 630,14 mm/año.

Tabla 2.1.5. Evapotranspiración Potencial media en mm. Período 1973/2009.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
ETP	131,48	105,71	95,43	52,65	30,24	16,31	15,36	24,93	38,92	66,01	90,81	122,74	790,59

En la Figura 2.1.6 se muestra la relación entre la precipitación y la evapotranspiración potencial del área de estudio.

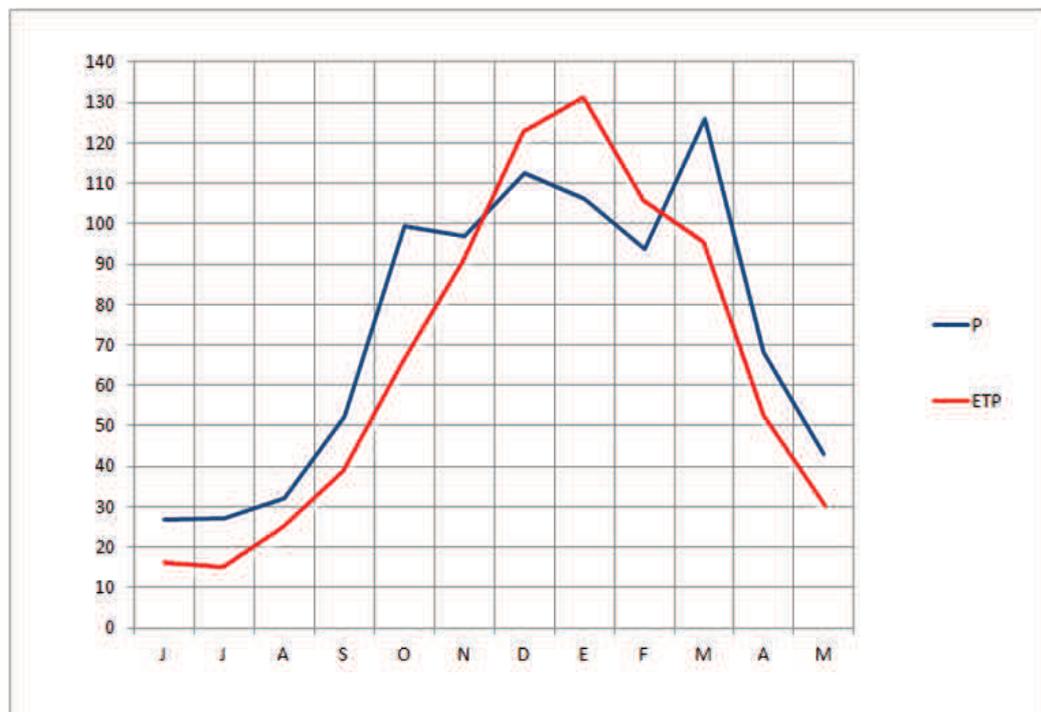


Figura 2.1.6. Relación entre Precipitación y Evapotranspiración Potencial.
(Período 1973/2009)

Se puede observar que la Evapotranspiración Potencial es superior a la precipitación en los meses de Diciembre, Enero y Febrero, lo que implica un déficit importante en estos meses. Sin embargo, desde Marzo hasta Noviembre la precipitación supera ampliamente a la evapotranspiración potencial, donde se generaría un excedente que contribuye a la recarga del acuífero en circunstancias en que las magnitudes de las precipitaciones puntuales fueran significativas.

2.1.4. Vientos

Los vientos predominantes son del N-NE y S-SW. Esta circulación de las masas de aire corresponde al accionar de los dos anticiclones que la gobiernan. (Cano *et al.*, 1980)

En Anguil la velocidad promedio anual del viento que se registra para el período 1973-2009, es de 8,6 km/h, a una altura de 2 metros.

Por otro lado, se puede observar en la Figura 2.1.7 que el período de mayor intensidad de los vientos se extiende desde Septiembre a Diciembre.

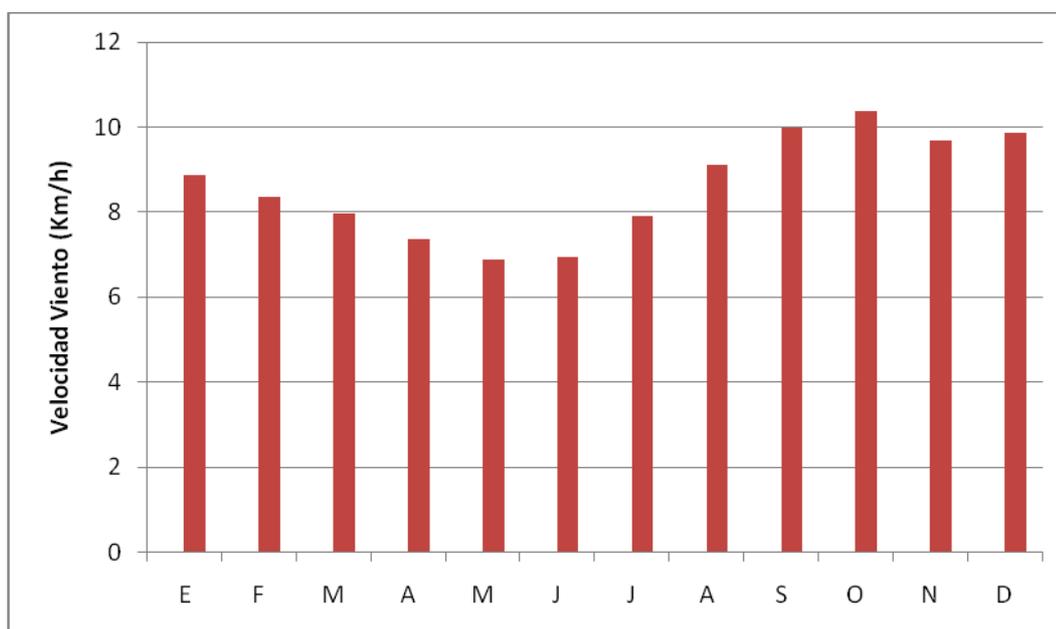


Figura 2.1.7. Velocidad promedio mensual del viento (km/h). Serie 1973-2009. (INTA Anguil)

2.2.- Suelo

Desde el punto de vista edafológico (Cano *et al.*, 1980), el área de estudio está ubicada en la Unidad Cartográfica denominada “Planicie Medanosa Ondulada”. Los suelos dominantes pertenecen a la clasificación Haplustol éntico (Tabla 2.2.1), familia arenosa, mixta, térmica, estimándose en 80% de la superficie de la unidad y Ustipsamente típico, familia silícea, térmica. Antiguamente estos suelos eran conocidos como Castaños y Regosoles, respectivamente.

Otros suelos incluidos dentro de esta unidad, son los que se encuentran en bajos, con tenores variables de sales y tienen vegetación halófila o palustre. (Cano *et al.*, 1980)

Los suelos están poco estructurados y el horizonte superficial ha perdido parte de su espesor. En consecuencia, se han originado montículos y médanos en campos dedicados al cultivo. (Cano *et al.*, 1980)

Los suelos de esta unidad integran una asociación, con poca evolución genética, presentando un sencillo perfil de tipo A-AC-C. Los carbonatos aumentan en profundidad, aunque excepcionalmente pueden reconocerse algunos suelos libres de carbonatos de calcio pulverulento y concreciones en todo el perfil. No obstante puede haber cementación en los horizontes inferiores. (Cano *et al.*, 1980)

El suelo superficial (capa arable) tiene buen espesor con alto contenido de materia orgánica, reuniendo las exigencias de epipedón mólico. El suelo dominante (Serie Pellegrini) limita abruptamente al O con los suelos de las planicies con tosca; tiene permeabilidad rápida, es excesivamente drenado y está asociado a médanos más o menos planos y estabilizados, que en su mayoría se aran. No hay diferencias entre las cúspides y los bajos de las ondulaciones de este relieve en cuanto al desarrollo genético y características morfológicas del perfil. Tienen regímenes de humedad ústico, de temperatura térmica y su clase por tamaño de partícula es arenosa (Cano *et al.*, 1980). Son arenas cuya textura es franco arenosa fina, con 10 % de arcilla y 15% de limo total. No hay tosca dentro de los 2 m de profundidad pero se registra carbonato de calcio en concreciones cerca del metro y en la masa próximo a los 2 metros.

Las limitaciones de estos suelos son las que derivan de la textura del material parental y el clima, o sea baja capacidad de retención de la humedad, sequías estacionales y erosión eólica atribuida al laboreo y excesivo pastoreo.

La principal vegetación presente en la subregión es la cultivada, asociada con vegetación natural representada por comunidades halófilas en la zona de lagunas y sammófilas en las áreas medanosas no cultivadas. (Cano *et al.*, 1980)

Las tierras están destinadas a la agricultura y a la ganadería (principalmente invernada y en menor grado cría y recria).

Está muy difundida la implantación de forrajeras, siendo la alfalfa uno de los cultivos más importantes a pesar de los problemas que suelen ocurrir (enfermedades, insectos, baja fertilidad de los suelos, descenso de la napa freática, etc.).

Los suelos de la unidad cartográfica presentan muy severas limitaciones que restringen la elección de ciertos cultivos o requieren de prácticas conservacionistas.

Tabla 2.2.1. Descripción de un Haplustol éntico. Calicata N°427C. Serie Pellegrini. El presente perfil fue descrito y muestreado a 52 Km al N de General Pico. (Cano *et al.*, 1980).

Situación: Latitud 35°11'S, Longitud 63°49'W, Altitud 142 metros.
Pendiente: 0-0,5 %.
Relieve: Subnormal.
Grado de desarrollo del perfil: desarrollo incipiente.
Escurrimiento: Muy lento.
Permeabilidad estimada: Rápida.
Drenaje natural: Excesivamente drenado.
Salinidad: No salino.
A1- 0-20 cm; pardo grisáceo (10YR 5/2) en seco y pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco arenoso fino; bloques subangulares medios moderados; pH 5,9; límite inferior claro suave; raíces abundantes. Ceniza volcánica de 2 cm de espesor a veces mezclada por el laboreo. Muchas veces debe reconocerse un subhorizonte Ap de 10 cm de espesor.
AC- 20-43 cm; pardo (10YR 5/3) en seco y pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/3) en húmedo; franco arenoso fino; bloques subangulares medios débiles; pH 6,2; límite inferior claro, suave; raíces comunes.
C1- 43-80 cm; pardo pálido (10YR 6/3) en seco y pardo a pardo a oscuro (10YR 4/3) en húmedo; franco arenoso fino; sin estructura, grano simple; pH 7,1; límite inferior claro, suave, raíces escasas.
C2- 80-+ cm; pardo pálido (10YR 6/3) en seco y pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo; areno franco fino; sin estructura, grano simple; pH 8,3; raíces escasas, a 1,7 m permanece sin mayores cambios.

Desde el punto de vista hidrogeológico, la textura arenosa de los suelos que caracterizan el área de estudio le confiere una alta permeabilidad, que hace que el agua de lluvia tenga poco tiempo de exposición en superficie y se infiltre rápidamente, por lo que es poco probable que se llegue a evaporar, alcanzando así al acuífero.

Además, otro factor que interviene en el comportamiento de la infiltración es la cobertura vegetal. La misma está constituida por pastizales naturales y cultivados, que no tienen importancia significativa en la intercepción del agua de lluvia, y por lo tanto no afectan a la infiltración.

2.3.- Geomorfología

Las características geomorfológicas de la zona permiten incluirla en la Llanura Pampeana de modelado eólico Superimpuesto, según Calmels (1996), o en la Subregión de las Planicies Medanosas como la denominan Cano *et al* (1980).

Los procesos morfogenéticos que actuaron en esta subregión “Planicie Medanosa” fueron fundamentalmente hídricos (de escurrimiento difuso) y eólicos (de acumulación-deflación). Los primeros elaboraron una superficie calcárea con pendiente regional al E, y sobre ella el viento acumuló un manto arenoso de espesor variable. (Cano *et al.*, 1980)

La subregión presenta un relieve con ondulaciones arenosas en sentido N-S y de médanos aislados. Intercaladas entre estas ondulaciones existen planicies arenosas de aproximadamente 3 a 4 km de ancho. Hay frecuentes áreas deprimidas con lagunas temporarias (Cano *et al.*, 1980), de reducida extensión y profundidad, y con aguas de mala calidad, que no son susceptibles de ser utilizadas.

Litológicamente está constituida totalmente por un sedimento arenoso cuya potencia es variable (3 a 6 m). En el W este espesor apenas alcanza el metro; mientras en el límite E de la unidad supera los 6 m. Dentro de este sedimento se encuentran acumulaciones de ceniza volcánica, suelos enterrados y paleohorizontes. No se observan afloramientos rocosos. (Cano *et al*, 1980)

Según el Inventario de Recursos Naturales de La Pampa (Cano *et al.*, 1980), la localidad de Miguel Riglos se incluye en la Unidad Cartográfica de la Planicie Medanosa Ondulada, perteneciendo al Sector Sur de la subregión, con relieve suavemente ondulado a medanoso, con apreciable cantidad de médanos vivos y numerosas microdepresiones dispuestas con sentido SW-NE (Figura 2.3.1). Dicha alineación corresponde con el sector medanoso del Valle Argentino. Se diferencia así del Sector Norte de la Subregión donde la alineación es NNW-SSE.

Algunos de los médanos, en los lugares de relieve más irregular, son de formación reciente, ya que al erosionarse se descubren suelos con alto contenido en materia orgánica, y presentan también restos vegetales. Son principalmente arenosos y de color gris plomizo muy oscuros. (Bisceglia, 1973).

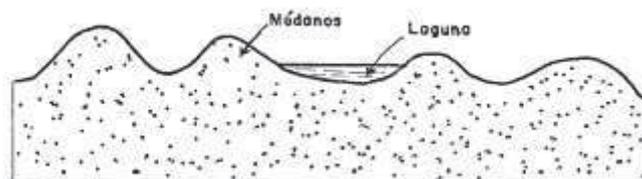


Figura 2.3.1. Perfil esquemático del relieve en el Sector Sur. (Cano *et al.*, 1980)

2.4.- Geología

La Región se encuentra dentro del ambiente de la Cuenca de Macachín, donde se infiere que el basamento se encuentra a algunos miles de metros de profundidad. (Bisceglia, 1973)

Según Terraza *et al.* (en Schulz, 2004), la estratigrafía presente en la zona se sintetiza en la Tabla 2.4.1.

Tabla 2.4.1. Cuadro estratigráfico del área.

EDAD	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	LITOLOGÍA
Pleistoceno Medio Superior	Formación Padre Buodo	Arenas eólicas, sin estratificación visible.
Plioceno- Pleistoceno	Formación Pampeana	Limolitas y areniscas muy finas limosas, ambas en el límite entre sedimentos y sedimentitas (Fm. Cerro Azul).
Mioceno Superior	Formación Macachín	Areniscas gruesas a conglomeradas con matriz arenosa y cemento arcilloso y encima una granulometría fina a muy fina de coloración verdosa, con intercalaciones de materiales piroclásticos.
Mioceno Inferior	Formación Abramo	Limolitas y areniscas finas de color pardo rojizo con intercalaciones de pequeñas lentes de arcilla.
Pérmico	Formación Arata	Areniscas finas a medianas de color gris rojizo a violáceo con intercalaciones de arcilla gris oscura con escasa mica y yeso y algunos restos carbonosos.
Precámbrico y Paleozoico Inferior	Basamento	Rocas metamórficas de grado mediano como anfibolitas y gneises de composición granítica.

A los efectos de este trabajo son de interés dos unidades litológicas que afloran en la zona, por ser las que alojan al acuífero estudiado, en las que se produce la infiltración, recarga y circulación. La más antigua de ellas es la que Salso (en Schulz, 2004) denominará de manera informal "Formación Pampeana". En general está compuesta por arenas muy finas, limosas, castañas, de carácter acuitado, que suelen culminar en las partes elevadas con un encostramiento calcáreo. Desde el punto de vista hidrogeológico, constituye la roca almacén de un acuífero multicapa.

Finaliza con la Formación Padre Buodo, descrita por Tullio (en Schulz, 2004), donde se consideran a las arenas eólicas, de espesor variable alcanzando aproximadamente los 12 metros, sin estratificación visible que se apoyan sobre el pampeano. Se le asigna origen eólico y está integrada por granos de cuarzo subredondeado, en ocasiones con indicios de modelado por el viento, clastos volcánicos y escasos mafitos. Su color es pardo rojizo y, se cree que primeramente estos materiales experimentaron un transporte y selección por medio de cursos de agua, siendo posteriormente removidos por el viento. Considerada de escasa significación estratigráfica por Terraza *et al* (en Schulz, 2004), sin embargo se constituye en el área de recarga más importante de la zona.

La profundidad de las perforaciones que abastecen al servicio de agua potable de la localidad de Miguel Riglos han alcanzado los 35 metros (Bisceglia, 1973), no conociéndose la litología total del perfil. Sólo se dispone de la descripción de las perforaciones de exploración realizadas por Malán y Miglianelli (1987), de las cuales una de ellas alcanzó una profundidad máxima de 27 metros. Finalmente se detalla el análisis sedimentológico (Tabla 2.4.2) del Pozo de Exploración N° 3.

Tabla 2.4.2. Análisis sedimentológico.

00 - 06 m	Arena mediana y fina - los clastos de la primera son de forma subredondeada y los de la segunda subangulosa. Los minerales que se observan son, cuarzo con superficies esmeriladas, feldespatos y mafitos.
06 - 09 m	Arenisca muy fina cementada con CO_3Ca .
09 - 12 m	Arenisca con escasa cementación de carbonato de calcio. Presenta arena fina, mediana en menor proporción y escasos clastos de arena muy fina.
12 - 18 m	Areniscas cementadas con CO_3Ca , englobando clastos finos y muy finos, limos, y en poca proporción de clastos medianos. Presenta escasos nódulos calcáreos.
18 -27 m	Arenisca cementada con carbonato de calcio, incluyendo clastos finos, muy finos y limos en menor proporción.

2.5.- Marco Geohidrológico

Según Auge (2004a), el área de estudio corresponde a la Llanura Chaco-pampeana árida. La misma se caracteriza por presentar debajo de la cubierta edafizada un sedimento limo arenoso, castaño, de origen eólico, denominado Loess Pampeano, pero la magnitud de su extensión geográfica da lugar a la existencia de otros tipos litológicos.

En términos generales, el agua subterránea de la Llanura Chaco-pampeana árida, presenta mayor salinidad y la superficie freática se emplaza a mayor profundidad que la del sector húmedo. Los ríos son influentes y la recarga se focaliza en las depresiones, donde se concentra el flujo superficial. En algunos casos estas depresiones son prácticamente imperceptibles, pero influyen significativamente en la calidad del agua. Otras unidades que inciden en la salinidad son los médanos, ya que por su condición litológica, constituyen ámbitos favorables para la infiltración y el almacenamiento de agua de baja salinidad. (Auge, 2004a)

Según Malán (1981), el tipo de relieve, de alternancia de áreas bajas y elevadas que caracterizan a la región de las “Planicies Medanosas” a la cual pertenece el área de estudio,

constituye la mejor disposición para la existencia de acuíferos de baja salinidad en zonas de llanuras, ya que las segundas se comportan como zonas de recarga en tanto que las primeras actúan como zonas de descarga.

El almacén hídrico lo constituyen tanto las formaciones arenosas (F. Padre Buodo) como los sedimentos semiconsolidados de la Formación Pampeana subyacente, desarrollándose las mejores condiciones hidrogeológicas en la parte central de las lentes, tanto en lo relativo a los aspectos hidroquímicos como hidráulicos. Por causas que han sido interpretadas como de tipo hidrodinámico, sólo se cuenta con agua de buena calidad para consumo humano hasta profundidades que raramente sobrepasarían los 30 metros, para de allí en más ir aumentando el contenido en elementos perniciosos principalmente y también en salinidad, que sigue siendo baja hasta una considerable profundidad (más de 60 mts), que disminuye hacia los márgenes de las lentes. Más allá de las áreas marginales a estas franjas medanosas positivas, aparecen zonas de descarga donde se concentran las sales de tal forma, que la calidad del agua resulta totalmente inapropiada, incluso a veces hasta para el ganado. (Malán, 1981)

El área de estudio se encuentra ubicada en una zona donde no se han realizado levantamientos hidrogeológicos regionales; por lo tanto el trabajo correspondiente al estudio de fuentes para provisión de agua de la localidad de Miguel Riglos realizado por Bisceglia (1973) constituye el antecedente de mayor relevancia para este trabajo. No obstante esta carencia, se puede considerar en base a las características geomorfológicas un comportamiento geohidrológico similar al extremo oriental del sistema del acuífero del Valle Argentino (en La Pampa) y al sistema de lentes correspondientes al acuífero Toay-Santa Rosa-Anguil-Catriló. (Giai y Tullio, 1998)

Es así, que este trabajo está enmarcado dentro del área con acuíferos ubicados al Norte del extremo oriental del sistema del Valle Argentino, donde las terrazas van perdiendo altitud y se constituye en una llanura ondulada con médanos vivos. (Schulz *et al.*, 2002)

2.6.- Piezometría

El área de estudio se encuentra emplazada en un acuífero freático que se desarrolla a partir de los 4,8 metros b.t.n aproximadamente, valor obtenido a partir del análisis de la Carta del IGM y datos de Bisceglia (1973).

A partir de los datos obtenidos por Bisceglia (1973), se pudo elaborar el mapa de isopiezas del acuífero, en inmediaciones de la localidad de Miguel Riglos (Figura 2.6.1). Del análisis del mismo se puede inferir que en general el sentido del escurrimiento se orienta hacia el Sur-Oeste y Norte de la localidad. Este último coincide con la ubicación de las perforaciones que abastecen a la misma y con el área de recarga. No obstante, se aconseja en un próximo estudio actualizar e incorporar mayor cantidad de datos para obtener más precisión acerca del escurrimiento y su comportamiento en función de la explotación (red de control piezométrico).

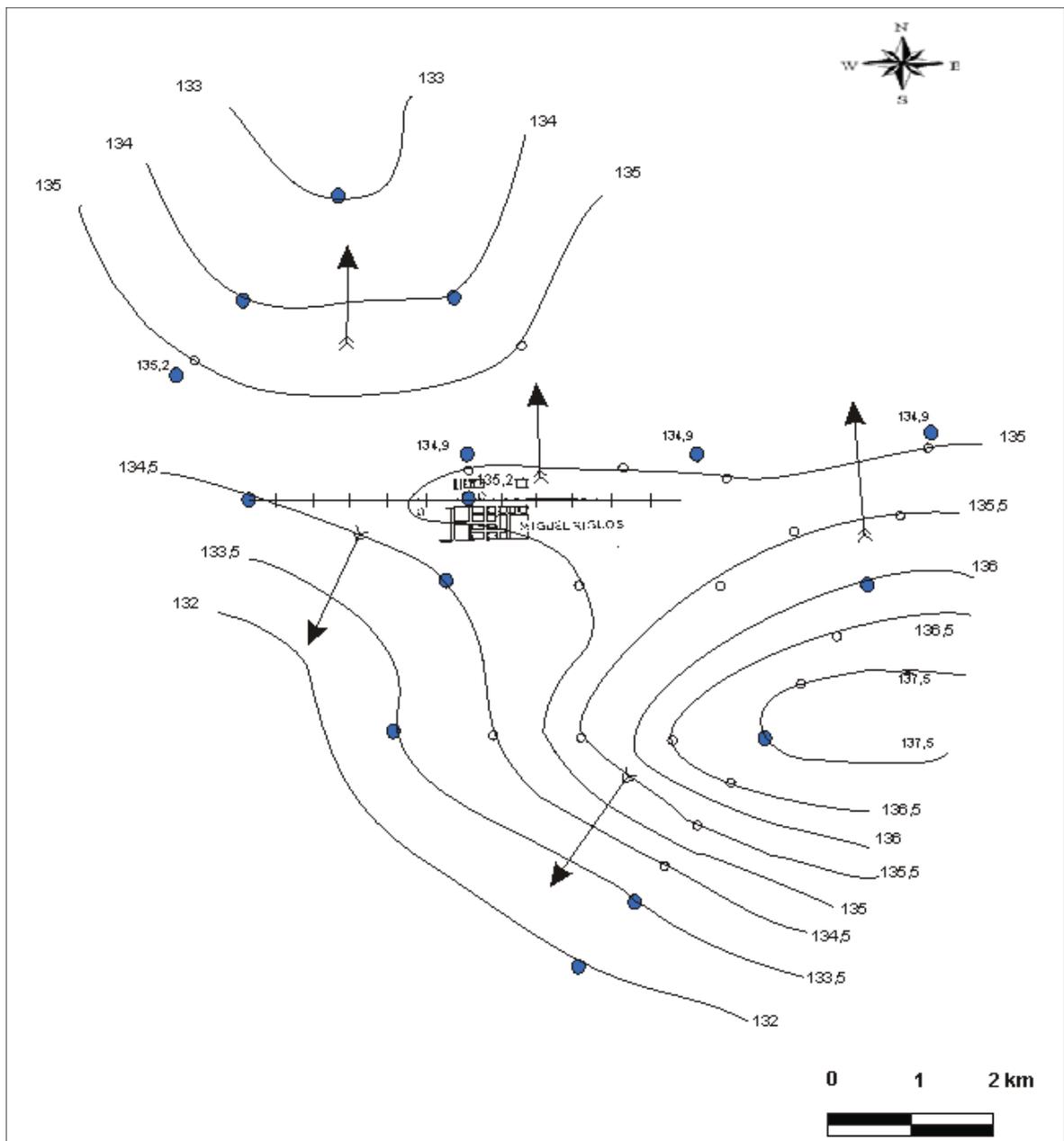


Figura 2.6.1. Mapa de escurrimiento del agua subterránea en Miguel Riglos. Modificado a partir de Bisceglia (1973).

En estudios posteriores se estimó que la profundidad del nivel freático alcanzaba en media los 4,49 mts (Malán y Miglianelli, 1987). Este valor se obtuvo de los valores piezométricos determinados en los ensayos de bombeo de las 3 perforaciones que se ejecutaron en ese momento. (Tabla 2.6.2)

A partir de datos registrados por Malán (2007), en el control efectuado a las cuatro perforaciones de explotación que se encontraban en ese momento en servicio (Tabla 2.6.2), se obtuvo una profundidad del nivel freático media de 6,25 mts.

Por último, a partir de datos registrados por Arroyo (2009) en el control efectuado a las cinco perforaciones de explotación (Tabla 2.6.2), se calculó que la profundidad media del nivel freático es de 6,51 mts, el que constituye el dato más actual.

De esta manera se puede determinar que las profundidades entre el año 2007 y 2009 no variaron notoriamente, pero si se registra un abrupto descenso en comparación con los niveles iniciales.

En la Tabla 2.6.2 se detallan los valores de profundidad del agua y se observan las variaciones desde la fecha de ejecución de las perforaciones hasta el año 2009.

Tabla 2.6.2. Variación de los niveles estáticos de las 5 perforaciones.

N° de Pozo	1	2	3	4	5
Fecha de Ejecución	Abr-86	Abr-86	Dic-86	Feb-97	Oct-06
Nivel Estático (mts)	4,89	3,3	5,3	4,26	5,02
Fecha de Verificación	Jul-07	Jul-07	Jul-07	Jul-07	-
Nivel Estático (mts)	6,98 (apr.)	5	6,85 (apr.)	6,20 (apr)	-
Fecha de Verificación	Mar-09	Mar-09	Mar-09	Mar-09	Mar-09
Nivel Estático (mts)	7,12	5,72	7,05	6,22	6,46

Como los datos lo indican, se observan descensos de los niveles freáticos que varían de 1,5 a 2,5 metros aproximadamente desde la fecha de ejecución al 2009.

Estas variaciones coinciden con el descenso de precipitaciones que se produjo en el período 2003-2009, y señalan claramente la incidencia de las mismas tales como se indica en el Figura 2.6.3.

Se distingue que a partir del año 2003 hubo un brusco descenso de las precipitaciones por debajo de los 600 mm y se puede inferir que esta situación se ve reflejada en la fluctuación de los niveles freáticos.

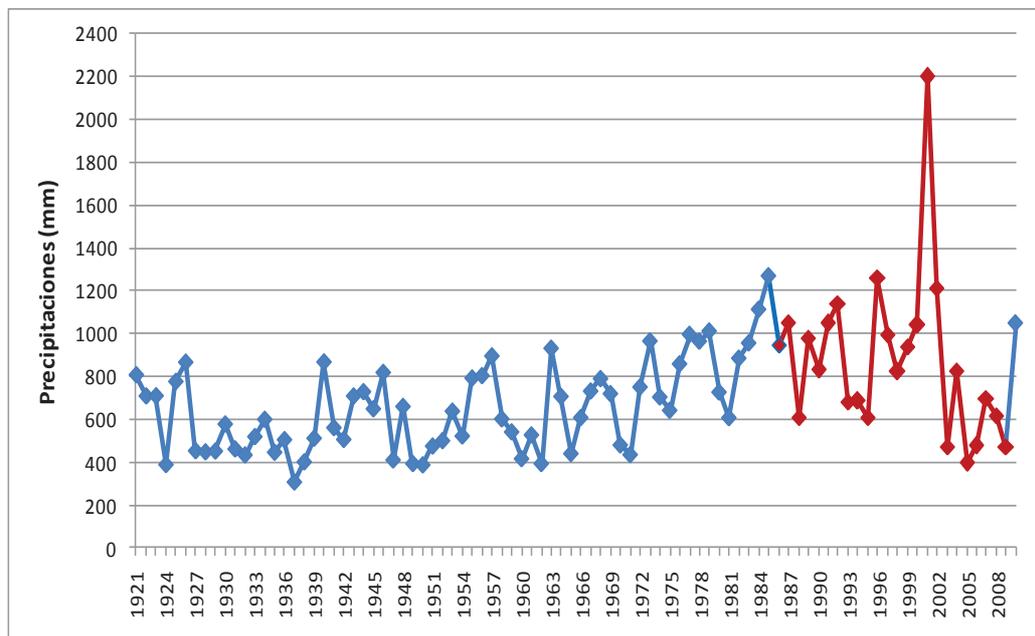


Figura 2.6.3. Variación de las Precipitaciones medias anuales de Miguel Riglos. Período analizado: 1986-2009.

2.7.- Parámetros Hidráulicos

Para el cálculo de la transmisividad (T) se tuvieron en cuenta los resultados de los ensayos de bombeo obtenidos de las 5 perforaciones de exploración que se realizaron previamente para abastecer a la localidad. Con estos datos se calculó la transmisividad media a partir de la Curva de Conversión para Acuíferos de Theis (Auge y Temporetti, 1974). La misma se determinó en 100 m²/día.

Por otro lado, se calculó la permeabilidad (k) que es de 7 m/día, asumiendo que $K = T/b$ (b=espesor de la capa acuífera).

También se pudo establecer la infiltración eficaz, la cual se define como la cantidad de agua infiltrada que alcanza real y efectivamente la zona saturada, dando lugar al agua subterránea propiamente dicha (en Malán *et al*, 1997). Es equivalente a la recarga. Según Custodio y Llamas (1983) la recarga natural es el volumen de agua que entra en un embalse subterráneo durante un período de tiempo, a causa de la infiltración de las precipitaciones o de un curso de agua.

Este valor se obtuvo de un trabajo de Malán *et al* (1997), donde estimaron la infiltración eficaz a través de varios métodos, de los cuales se tomó como base para este trabajo el “balance de cloruros”, tomando como área de estudio el sector de la EEA- INTA Anguil.

Se considera que el valor obtenido para esta área es representativo para el presente trabajo, ya que presenta características semejantes a la localidad de Miguel Riglos, desde el punto de vista edafológico. El resultado obtenido en dicho estudio para el período 1989-1995 fue del 18,6 %, que equivale a 751 mm.

Para el área de interés correspondería una infiltración eficaz de 133,33 mm/año, considerando el período 1921-2010.

Por último, a partir del mapa de isopiezas (Figura 2.6.1) se calculó el gradiente hidráulico con un valor de 5×10^{-4} . El mismo no es uniforme para toda el área sino que se corresponde con un sector de pendiente más suave del perfil piezométrico.

2.8.- Hidráulica de Captaciones

La explotación del acuífero se realiza a través de 5 perforaciones que aprovechan los términos superiores del acuífero freático, ubicadas en el sector Noreste de la localidad, y se encuentran bajo la supervisión y control de la Administración Provincial del Agua.

El estudio de fuentes, para dotar de agua potable, a la localidad de Miguel Riglos fue ejecutado durante el año 1973 por Bisceglia, que culminó con la realización de una perforación de exploración de 30,3 m de profundidad, en la cual se efectuó un solo ensayo de bombeo. Posteriormente, la misma fue adecuada como perforación de explotación, aunque no brindó agua potable por contener ión flúor en exceso (4,5 mg/l). Se recomendó explotar la perforación a un régimen de 22,5 m³/h. A continuación se ejecutó una segunda perforación de explotación de similares características que la primera. (Dalmaso y Tullio, 2008)

Es así que, desde fines de 1974 y hasta 1987, el servicio de agua potable de la localidad se abastecía de 2 perforaciones, que resultaban deficientes como consecuencia de su mala calidad principalmente por exceso de flúor. Por tal motivo, se instaló una planta defluorizadora por filtrado con hueso molido, a fin de mejorar la calidad del agua para consumo humano. La misma, quedó fuera de servicio en 1981. (Arroyo, 2009)

Durante el año 1986, Malán y Miglianelli (en Arroyo, 2009), efectuaron 3 pozos de exploración, cuya profundidad no superó en ninguno de los casos los 24 metros y se ensayaron 2 niveles de cada pozo. Dos de ellos, se realizaron en cercanías de los pozos de explotación N°1 y N°2 existentes hasta ese momento y el tercero se ubicó sobre la misma línea del acueducto, a unos 300 metros al Sur del N°2, en dirección hacia el pueblo. En los tres sitios explorados se logró agua potable, con bajo contenido en flúor y de muy baja salinidad, por lo que, a principios de 1987 se decidió anular los pozos de explotación y ejecutar, una nueva batería compuesta por 3 nuevas obras de captación de menor profundidad. Los nuevos pozos de explotación se situaron en el mismo lugar que las perforaciones de exploración, a fin de aprovechar las instalaciones electromecánicas (Arroyo, 2009).

En Febrero del 1997, se realizó la perforación de explotación N° 4, la misma se ubicó a unos 500 metros hacia el Este de la N°1 presentando una profundidad de 20 metros. Por último, se ejecutó en Octubre del 2006 la obra de captación N°5, la misma se efectuó en la calle que limita por el Este al ejido urbano, su ubicación surgió de los resultados obtenidos de 2 perforaciones de exploración que se realizaron en la localidad durante el mes de Junio del mismo año. Esta última fuente ha sido conectada al servicio de agua potable en Septiembre del 2007. (Arroyo, 2009)

Los caudales explotables recomendados pueden verse en la Tabla 2.8.1. Teniendo en cuenta los valores que se observan en dicha tabla, se advierte un descenso entre 1,5 y 2,5 metros en los N.E de los pozos, y por lo tanto debe asumirse la posibilidad de una disminución relativa de los caudales aprovechables.

Tabla 2.8.1. Parámetros hidráulicos de los pozos de explotación. (Malán, 2007; Arroyo, 2009)

Pozo	Fecha de Ejecución	Profundidad (m)	Filtros (m)	N.E Original (m)	Transmisividad '07 (m ² /día)	N.E (m) '09	Caudal Explotable Recomendado (litros/hora)
I	abr-86	21,5	15 a 21	4,89	110	7,12	15000
II	abr-86	18,5	12 a 18	3,3	29	5,72	9000
III	dic-86	20,5	13,5 a 19,5	5,3		7,05	7000
IV	feb-97	20	12 a 20	4,26	161,04	6,22	10500
V	oct-06	18	9,8 a 11,8 13,8 a 17,8	5,02		6,46	14000

Por otro lado, la cantidad de horas que permanecen encendidas las bombas por día depende en gran medida de la demanda de la población y de la época del año, que generalmente aumenta en verano.

Arroyo (2009) considera que el acuífero debe ser explotado a los caudales recomendados y durante un lapso máximo de 10 horas diarias. Por lo tanto el caudal obtenido sería de 555 m³/día.

De acuerdo a los caudales propuestos por personal técnico y al tiempo de bombeo recomendado de 10 horas diarias, se obtendría un total de 555.000 litros/día para la localidad de Miguel Riglos. Esto significa que, para una población de 2.500 habitantes aproximados en la actualidad, se calcula un total de 222 litros/día/habitante. No obstante, cabe señalar que durante el mes de mayor demanda (Enero) se registró un consumo de agua de 159,60 litros/día/habitante, valor que está por debajo del que se explota (Arroyo, 2009).

Por lo tanto, se estima que no es necesaria una sobreexplotación de los pozos para satisfacer la demanda regular.

Es importante destacar que las perforaciones se ubican a escasos metros de las viviendas, debido al crecimiento y expansión no planificada del pueblo, lo que puede influir en la calidad del agua. A esta situación se suma que la localidad no posee servicio de saneamiento, lo cual se considera que aumenta el riesgo de contaminación del agua subterránea.

2.9.- Aspectos Hidroquímicos

La precipitaciones representan la única fuente de entrada de agua al sistema acuífero aquí considerado. Su composición depende de las características climáticas y atmosféricas del lugar. Su consideración adquiere mayor relevancia si se tiene en cuenta la lixiviación en el perfil no saturado, además de una recarga directa debido a la existencia de una cubierta arenosa de significativa importancia con su consecuente efecto de dilución. (Peroni, 2005)

En el presente ítem se realizó un análisis de las particularidades hidroquímicas que caracterizan el área ubicada en la zona aledaña, al Noreste de la localidad, dentro de la cual se ubica la zona de explotación que abastece a la población.

En primer lugar se describen las particularidades hidroquímicas del acuífero que caracterizó Bisceglia (1973) en el estudio de fuentes. Del mismo, se pudo obtener mapas de isosalinidad (Figura 2.9.1) y de isoflúor (Figura 2.9.2) del área de interés.

Según la información aportada por el mapa de isosalinidad podemos decir que la localidad se encuentra en un sector con valores menores a 1 g/l.

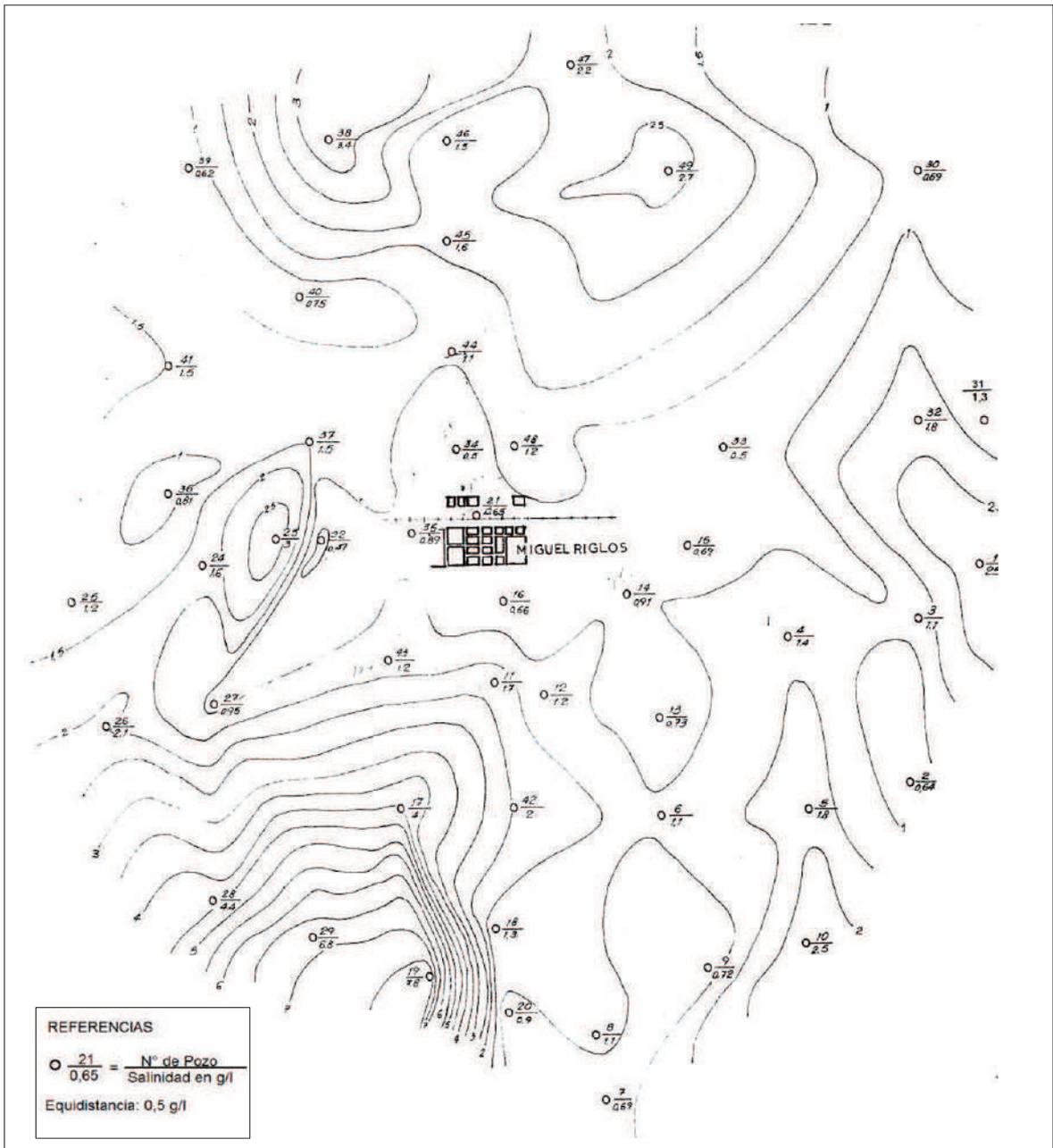


Figura 2.9.1. Mapa de Curvas Isosalinas (g/l) de Miguel Riglos. Bisceglia (1973)

Por su parte, el mapa de isoflúor (Figura 2.9.2) localiza al área urbana sobre la isolínea de 1,5 mg/l. Sin embargo, Bisceglia (1973), propuso el lugar para los pozos de exploración entre las isolíneas menores a 1 mg/l, lugar que coincide con el Norte de la localidad.

A partir de esta información, Bisceglia (1973) señaló que el área poseía agua de buena calidad desde el punto de vista de las concentraciones de salinidad y flúor,

correspondiendo a los términos superficiales del acuífero. Cabe reiterar que los dos pozos originalmente diseñados presentaron excesos por ser más profundos.

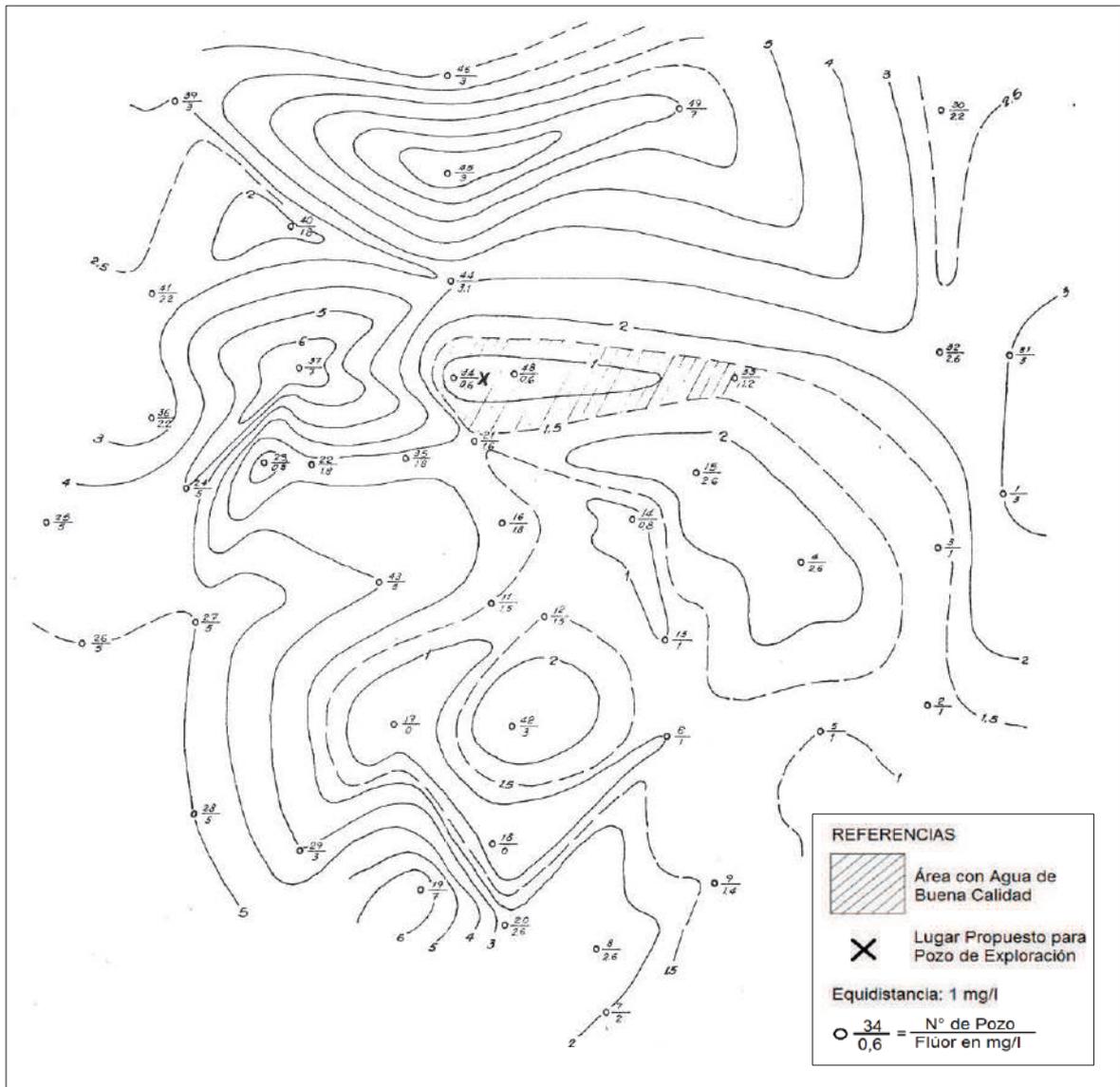


Figura 2.9.2. Mapa de Curvas de Isoflúor (mg/l) de Miguel Riglos. Bisceglia (1973)

Por otro lado, las características hidroquímicas del acuífero en explotación pueden representarse a través de muestras de 5 pozos que integran la batería de producción de la Cooperativa de Obras y Servicios Públicos de Miguel Riglos Limitada, obtenidas durante el período 1988-2010. En la Tabla 2.9.3 se resumen los valores máximos, mínimos y medios.

La evolución de la calidad química de los pozos de explotación se encuentra detallada en el Anexo I, Tablas 4, 5, 6, 7 y 8.

Tabla 2.9.3. Análisis de los valores medios de la composición química de los 5 pozos de abastecimiento de Miguel Riglos. Período 1988-2010.

POZOS	RESIDUO SECO	CONDUC TIVIDAD	Ph	Cl-	SO4=	ALCALIN. TOTAL	CO3=	CO3H-	DUREZA TOTAL	Ca++	Mg++	Fe+++	NO3-	NO2-	NH4+	F-	As	Na+	K+
	mg/l	mmho/cm		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1	444,71	548,56	8,12	14,45	22,23	284,33	4,53	279,80	128,63	27,15	14,85	0,00	13,64	0,00	S/D	2,11	0,05	87,38	6,63
2	439,42	558,71	8,19	15,93	23,06	278,52	7,12	271,74	125,81	26,75	14,07	0,16	12,27	0,00	S/D	1,80	0,05	80,48	6,83
3	436,81	563,83	8,07	20,19	23,26	243,47	2,58	243,11	150,22	32,07	16,96	0,02	44,60	0,00	S/D	1,66	0,05	68,98	5,46
4	398,17	491,97	8,19	14,63	16,63	259,88	7,19	252,69	129,94	25,31	16,21	0,00	17,80	0,00	S/D	1,97	<0,04	92,00	7,80
5	296,75	386,50	8,31	9,75	12,14	193,50	4,00	188,50	100,50	20,50	11,97	S/D	11,23	0,00	S/D	2,31	<0,04	46,00	3,90
MÁXIMA	444,71	563,83	8,31	20,19	23,26	284,33	7,19	279,80	150,22	32,07	16,96	0,16	44,60	0,00	S/D	2,31	0,05	92,00	7,80
MÍNIMA	296,75	386,50	8,07	9,75	12,14	193,50	2,58	188,50	100,50	20,50	11,97	0,00	11,23	0,00	S/D	1,66	0,05	46,00	3,90
MEDIA	403,17	509,92	8,17	14,99	19,46	251,94	5,08	247,17	127,02	26,36	14,81	0,04	19,91	0,00	S/D	1,97	0,05	74,97	6,12

La caracterización hidroquímica de los pozos estudiados se encuentra resumida en la Figura 2.9.4 a través del Diagrama de Piper, el cual se elaboró utilizando el programa Aquachem (Calmbach, 1977).

Como resultado del análisis de los datos se obtuvo que el agua en los pozos es bicarbonatada sódica, coincidente con una zona de recarga, tal como lo señaló Bisceglia (1973) en el estudio de fuentes.

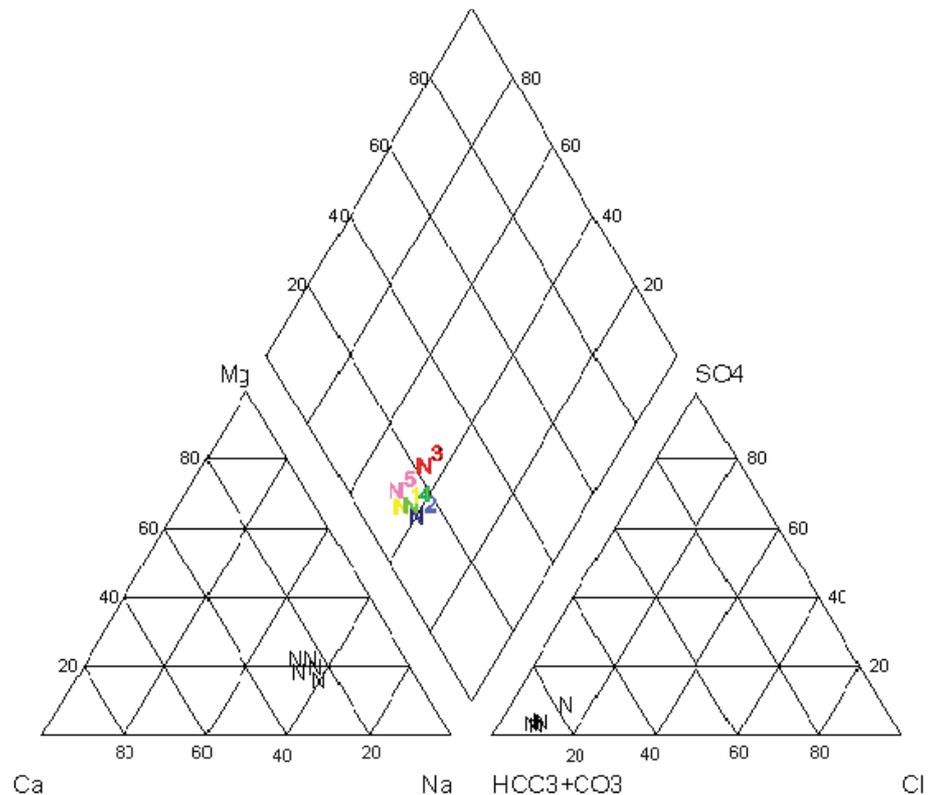


Figura 2.9.4. Diagrama de Piper del Agua Subterránea. Período 1988-2010.

2.10.- Calidad del Agua para consumo humano

Para establecer la calidad del agua para consumo humano de las muestras obtenidas de los pozos que abastecen a la localidad de Miguel Riglos, se tomaron como valores de referencia los límites establecidos por la Administración Provincial del Agua de la Provincia de La Pampa (Ley 1027 del año 1981) y el Código Alimentario Argentino (CAA). En la Tabla 2.10.1 se pueden observar el valor máximo y mínimo registrado, con su respectivo pozo, y se señalan aquellos que exceden los límites establecidos por las legislaciones vigentes.

Tabla 2.10.1. Comparación de los promedios generales de los 5 pozos considerados para el período 1988-2010, según los límites establecidos por APA (Ley 1027 del año 1981) y el CAA (2007).

Parámetro	Unidad	Código Alimentario	Ley 1027 L.P	Máximo Muestreado	Mínimo Muestreado
Residuo Seco	mg/l	1500	2000	444,71 (1)	296,75 (5)
pH		6,5-8,5	6,5-9,2	8,31 (5)	8,07 (3)
Dureza Total	mg/l	Máx. 400	200	150,22 (3)	100,5 (5)
Cloruros	mg/l	Máx. 350	700	20,19 (3)	9,75 (5)
Sulfatos	mg/l	Máx. 400	300	23,26 (3)	12,14 (5)
Calcio	mg/l	-	-	32,07 (3)	20,50 (5)
Magnesio	mg/l	-	-	16,96 (3)	11,97 (5)
Sodio	mg/l	-	-	92,0 (4)	46,0 (5)
Potasio	mg/l	-	-	7,8 (4)	3,9 (5)
Nitratos	mg/l	Máx. 45	45	44,60 (3)	11,23 (5)
Nitritos	mg/l	Máx. 10	Menor a 0,1	0,05	< 0,04
Amonio	mg/l	Máx. 0,2	-		
Flúor	mg/l	0,7-1,2	1,2-1,8	2,31 (5)	1,66 (3)
Arsénico	mg/l	Máx. 0,01	0,15-0,18	0,05	< 0,04
Cobre	mg/l	1	-		
Hierro	mg/l	Máx. 0,3	0,1		
Aluminio	mg/l	Máx. 0,2	-		

Los casilleros vacíos significan que no se estableció límite para ese parámetro.

Valor que supera uno o ambos límites establecidos.

() Pozo que registra dicha concentración.

Analizando las figuras que representan la evolución temporal de Arsénico (Figura 2.10.2), de Flúor (Figura 2.10.3), de Cloruros (Figura 2.10.4), de Residuo Seco (Figura 2.10.5), y Nitratos (Figura 2.10.6) en las 5 perforaciones para el Período 1988-2010, se puede observar que:

- Las concentraciones de Arsénico para los Pozos N° 4 y 5 están por debajo de los 0,04 mg/l, valor mínimo determinable en laboratorio. Para el resto oscilan entre 0,04 y 0,06 mg/l, exceptuando un pico de incremento entre 1994 y 1996 en los Pozos N° 1 y 2. Esta variación coincide con un lapso de precipitaciones por debajo de la media anual para el período 1921-2010.

En general todos los pozos se encuentran por encima de los límites establecidos por el CAA y el APA.

- Las concentraciones de Flúor tienen una tendencia a incrementarse a lo largo del tiempo, oscilando entre 1,2 y 2,6 mg/l. Sólo se observa un abrupto incremento en el año 1997 que alcanzó los 4,2 mg/l en el Pozo N° 1, demostrando un comportamiento similar a lo ocurrido con el arsénico.

En general, todas las perforaciones se encuentran superando el límite adoptado por el CAA y el APA.

- Las concentraciones de Cloruros y de Residuo Seco muestran una clara tendencia creciente a lo largo del tiempo. Sin embargo, ambos se encuentran dentro de los límites aceptables por el CAA y el APA.
- En cuanto al ión nitrato, se puede observar que en 4 pozos de abastecimiento de agua potable para el período analizado, los valores oscilan entre 3 y 25 mg/l. Sin embargo, a partir del 2001, el Pozo N°3 supera los límites establecidos por las legislaciones vigentes, alcanzando los 78 mg/l para el año 2004.

Se dedica un capítulo aparte para la concentración de nitratos por ser este un elemento indicador de contaminación utilizado en esta investigación.

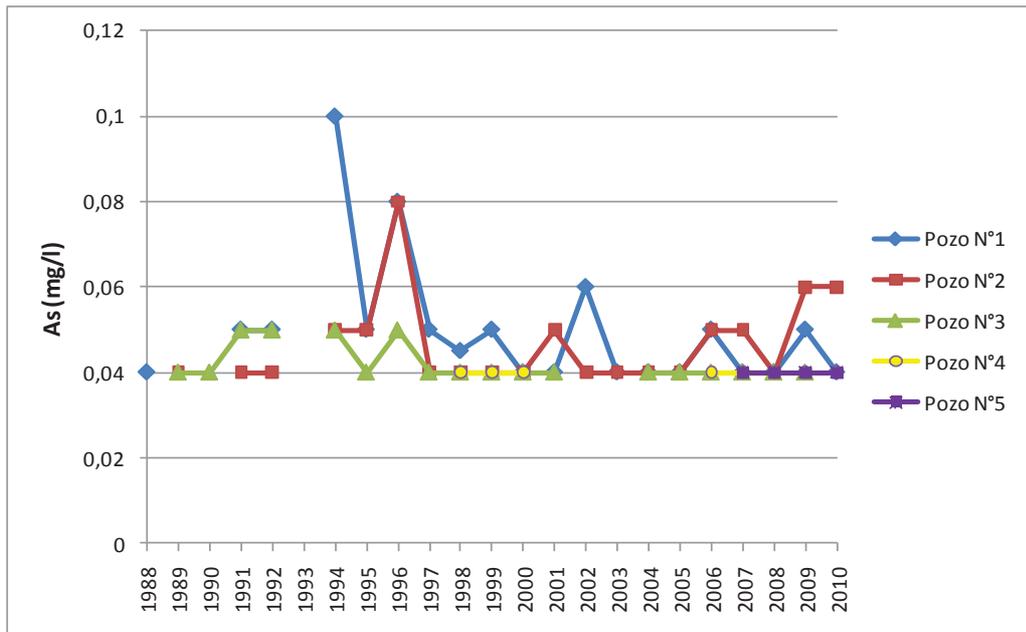


Figura 2.10.2. Evolución temporal de la concentración de Arsénico. Serie 1988-2010.

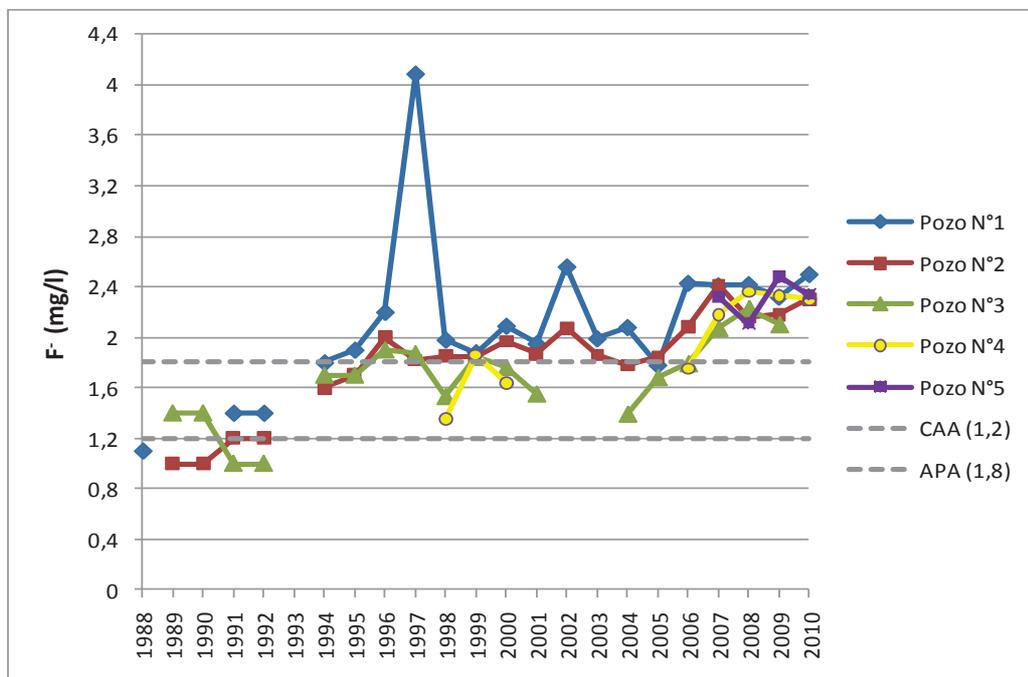


Figura 2.10.3. Evolución temporal de la concentración de Flúor. Serie 1988-2010.

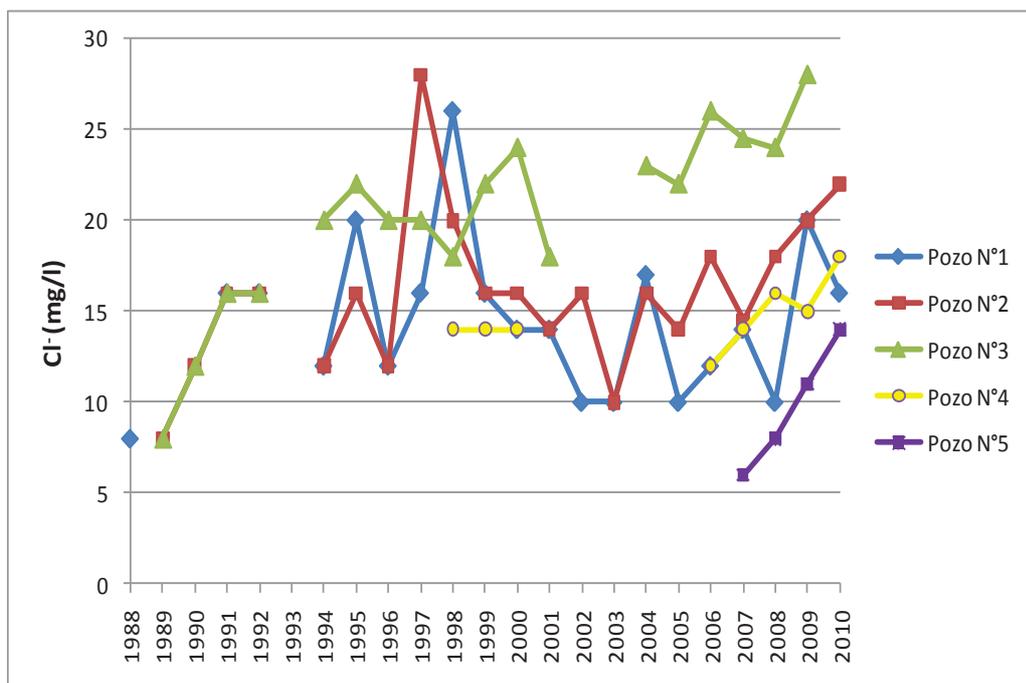


Figura 2.10.4. Evolución temporal de la concentración de Cloruros. Serie 1988-2010.

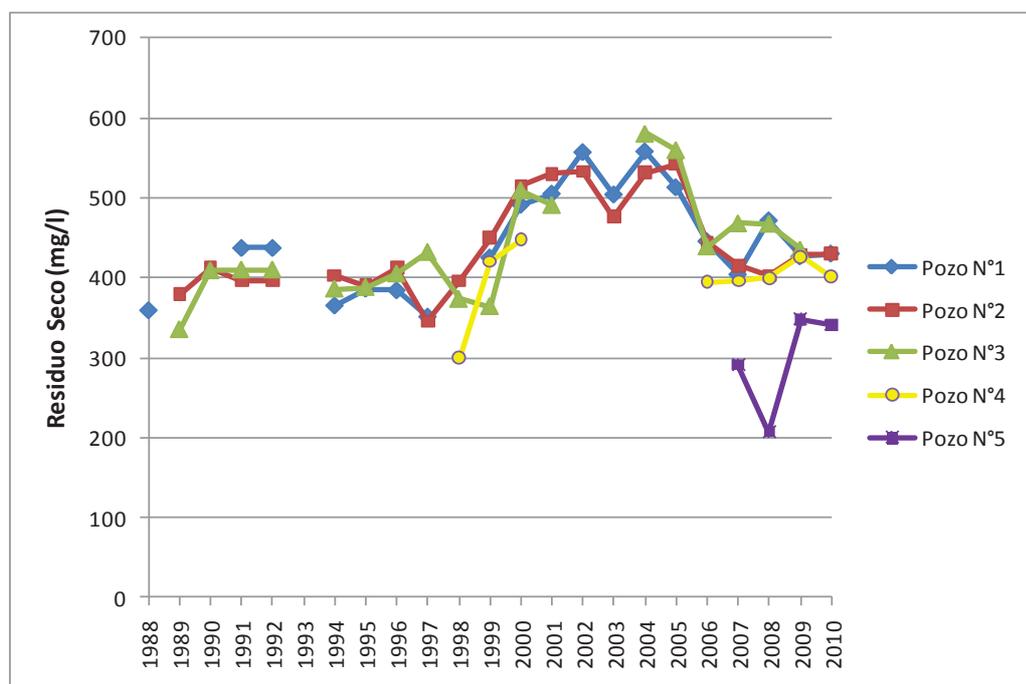


Figura 2.10.5. Evolución temporal de la concentración de Residuo Seco. Serie 1988-2010.

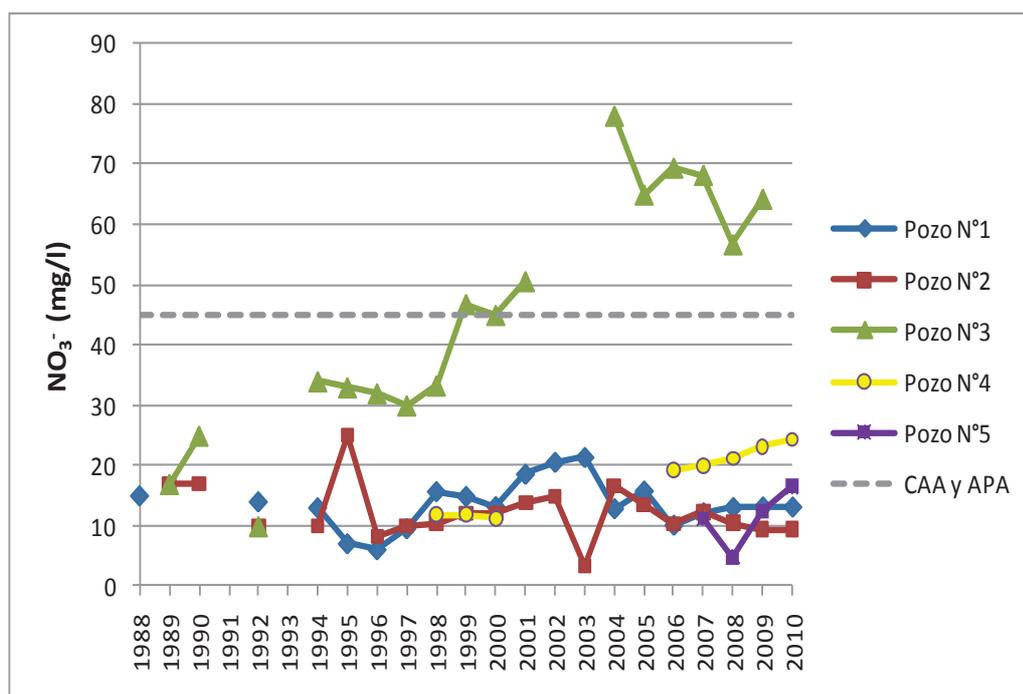


Figura 2.10.6. Evolución temporal de la concentración de Nitratos. Serie 1988-2010.

2.11.- Aspectos Bacteriológicos

A partir de los análisis realizados por la Administración Provincial del Agua (A.P.A) a los 5 pozos que integran la batería de producción de la Cooperativa de Obras y Servicios Públicos de Miguel Riglos Limitada se puede conocer la evolución de la calidad bacteriológica. (Anexo I; Tablas 9, 10, 11, 12 y 13)

Los análisis bacteriológicos consisten en la determinación de aerobias, coliformes, colifecales y *Pseudomonas aeruginosa*. Se obtuvieron muestras durante el período 1997-2010, donde se calificó el agua en buena, deficiente leve, deficiente alta y mala, según su composición bacteriológica.

Los resultados obtenidos por el A.P.A se detallan en la Tabla 2.11.1.

Tabla 2.11.1. Calificación de las muestras en cada Bomba.

BOMBA CALIDAD	1	2	3	4	5
BUENA	92%	90%	90%	88%	78%
DEFICIENTE LEVE	2%		10%	4%	
DEFICIENTE ALTA	6%	2%		4%	
MALA		8%		4%	22%

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

3.1.- Contaminación

La contaminación se puede definir como la alteración de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del agua por la acción de procesos naturales o artificiales que producen resultados indeseables. La contaminación puede ser: natural ó artificial y esta última, directa o inducida (Auge, 2006b).

Natural. Es común la salinización del agua por contacto con sedimentos marinos y salinos, o la incorporación de sustancias que forman los yacimientos metalíferos (Pb, Hg, Zn y Cu), no metalíferos, radiactivos y petrolíferos y la disolución de oligoelementos como F y As, a partir de sedimentos de origen volcánico (Loess Pampeano).

Artificial

a) Directa: Es la más frecuente y se la puede clasificar de acuerdo al sitio donde se produce (urbana, rural) o a la actividad que la genera (doméstica, industrial, agropecuaria).

b) Inducida: Es la que deriva de la sobre-explotación; la más común es la salinización en acuíferos costeros o por ascenso de agua salada de fondo en acuíferos continentales lentiformes, portadores de agua dulce.

3.2.- El Nitrato en el Agua Subterránea

En el presente trabajo se va a tratar con especial atención a la contaminación por nitratos.

La contaminación con nitratos se ha convertido en una de las causas principales de deterioro del agua subterránea, tanto en los países desarrollados como en los en desarrollo. En la actualidad, aparece como la más difundida geográficamente y vinculada a la mayor parte de las actividades humanas. (Auge, 2006)

La contaminación debida a las actividades domésticas es esencialmente orgánica y biológica, a la que debe sumarse una contaminación nacida de la utilización cada vez más intensa de productos químicos de uso doméstico, tales como detergentes en sus diversas versiones. El empleo del agua supone un aumento del residuo seco, principalmente en cloruros y dureza. (Custodio y Llamas, 1983)

En los centros urbanos carentes de servicios cloacales, los nitratos derivan de la degradación de la materia orgánica, mayormente de origen fecal, siendo los pozos ciegos o negros las principales fuentes de emisión en los que se vierten los desechos fecales.

Sin embargo, aquellas ciudades que cuentan con servicios cloacales, los nitratos derivan de pérdidas en las redes, de aportes provenientes de los suburbios, que carecen o tienen poca cobertura cloacal, de viejos pozos ciegos que estaban situados en los cascos urbanos, y fueron reemplazados posteriormente por las redes sanitarias y en algunos casos, de antiguos repositorios de basura que estuvieron emplazados en la vecindad del ejido poblado y que luego de desactivados, fueron empleados como terrenos para viviendas o parqueados (Auge, 2004b). Todas estas, son actividades potencialmente generadoras de sustancias orgánicas nitrogenadas que pueden contaminar el agua subterránea, y fueron tenidas en cuenta en el trabajo de Saracho *et al* (2004) en la Ciudad de Catamarca y en el de Peroni (2005) en la localidad de Macachín, La Pampa.

En el campo, los NO_3^- derivan de fertilizantes a base de abonos, sulfato de amonio o urea en los sitios cultivados, como resulta del trabajo de Auge y Nagy (1996) respecto a la contaminación del agua subterránea por agroquímicos en la ciudad de La Plata, Buenos Aires.

La contaminación por ganadería también es esencialmente orgánica y biológica, pero más concentrada e intensa, donde los nitratos derivan de la bosta y orín existentes en corrales, tambos, criaderos de aves y en la vecindad de bebederos.

La contaminación en granjas intensivas como las porcinas son un grave problema; sin embargo en las granjas avícolas es proporcionalmente menos intensa (Custodio y Llamas, 1983).

La práctica de cría de ganado mediante feed lot, que se está difundiendo rápidamente, consiste en la concentración de una gran cantidad de animales por unidad de superficie, lo que origina una alta carga de desechos orgánicos que inevitablemente derivará en una fuerte contaminación biológica con materia nitrogenada del agua subyacente a los mismos. (Auge, 2006b)

La industria que produce alimentos, la que faena, la que embute carnes y la que procesa y fabrica productos lácteos, genera desechos con alta proporción de materia orgánica, que si no son adecuadamente tratados y dispuestos, darán lugar a la formación de NO_3^- , que pueden contaminar el agua subterránea luego de atravesar la zona subsaturada (Auge, 2006b). El trabajo de Dalmaso *et al* (1999) sobre contaminación por efluentes de la

industria frigorífica en el Acuífero de General Pico, es un ejemplo de esta situación en la Provincia de La Pampa.

En general estos tipos de contaminación son puntuales o localizados.

El espesor y la permeabilidad de la zona subsaturada condicionan la velocidad y el tiempo de tránsito hasta la zona saturada, favoreciendo la disminución en la concentración, por dilución, en el caso de producirse infiltración efectiva de agua no contaminada. Sin embargo, la zona de aireación por sí sola, no es hábil para detener a los nitratos cuando existe flujo vertical descendente.

En la zona subsaturada, la materia orgánica se degrada por actividad biológica, generando aminas las que producen nitrógeno orgánico y éste a su vez pasa a NO_2^- y a NH_4^+ , que son inestables y se oxidan rápidamente para formar NO_3^- , que es la forma más estable y móvil de la materia nitrogenada. (Auge, 2006b)

Cuando el NO_3^- alcanza la zona saturada, sus características químicas lo favorecen para poder ser transportado a través de grandes distancias a velocidades cercanas a las del agua.

El contenido de nitratos disminuye con la profundidad, pudiendo ocurrir esta variación en el interior de un mismo acuífero. Cuando se ocasiona una disminución del potencial redox del agua subterránea, puede iniciarse el proceso de desnitrificación. (Fernández, 2005)

El hecho de que se produzca este proceso de desnitrificación, al parecer es muy reducido, lo cual se podría deber a la insuficiencia de materia orgánica en la zona saturada, que comúnmente no permite el crecimiento de bacterias desnitrificantes. (Fernández, 2005)

Cabe aclarar que las concentraciones normales de nitrato en aguas que no se encuentran contaminadas son bajas, es decir, menores a 5 mg/l; por ende, se podría considerar a este ión como un buen indicador de la contaminación de dichas aguas. También se debe considerar que el proceso de filtración de contaminantes se produce lentamente, y el impacto de esa contaminación puede manifestarse luego de varios años. (Fernández, 2005)

Otro importante parámetro de calidad de aguas para el consumo humano es la presencia de bacterias coliformes. Estas, si bien no son generalmente patógenas de por sí, son indicadoras de la presencia de microbios potencialmente patógenos, y por lo tanto son un índice de deficiencias sanitarias en la fuente de agua, según Hunter *et al* (en Perdomo *et al*, 2001).

Dentro de los coliformes totales (CT), se pueden distinguir dos tipos, por un lado están los coliformes fecales (CF), que provienen del tracto intestinal de animales de sangre caliente y que serían los mejores indicadores de riesgo de afecciones humanas, y por otro lado existe otro grupo de coliformes que son residentes naturales en el suelo y agua. Al igual que en el caso de NO_3^- , el movimiento del agua en profundidad transporta estas bacterias desde el suelo hacia el agua subterránea. Se ha señalado que la presencia de CF en el agua generalmente está indicando la contaminación reciente de la misma por efluentes cloacales o estiércol animal, y además de deficiencias de construcción de pozos, según Hunter *et al* (en Perdomo *et al*, 2001).

Además, la supervivencia de los coliformes es más probable en aguas profundas, de lento movimiento y altamente polucionadas, según Hunter *et al* (en Perdomo *et al*, 2001).

3.3.- Vulnerabilidad a la Contaminación del acuífero

El concepto de vulnerabilidad de acuíferos, aplicado a la contaminación antrópica, es una de las vías más adecuadas para encarar la preservación de la calidad de los recursos hídricos subterráneos. Establecer una actividad humana en función de la capacidad del medio de soportarla, o sea, en cuánto se puede atenuar la carga contaminante, es tener una comprensión de las características naturales del terreno para realizar una ocupación ambientalmente responsable. (Hirata y Reboucas, 2001)

Existen numerosas definiciones correspondientes a la vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación, por ejemplo en Auge (2004c) según Vrba y Zaporozec es la propiedad intrínseca del sistema de agua subterránea que depende de la sensibilidad del mismo a los impactos humanos y/o naturales. Según Foster e Hirata, la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación, representa su sensibilidad para ser adversamente afectado por una carga contaminante impuesta. Para Custodio, la vulnerabilidad a la polución expresa la incapacidad del sistema a absorber las alteraciones, tanto naturales como artificiales. Carbonell define la vulnerabilidad a la contaminación, como la tendencia de los contaminantes a localizarse en el sistema de agua subterránea, luego de ser introducidos por encima del acuífero más somero. Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (1987), es la facilidad con que un contaminante aplicado en la superficie, puede alcanzar al acuífero en función de las prácticas agrícolas empleadas, las características del plaguicida y la susceptibilidad hidrogeológica.

3.4.- Riesgo de contaminación

El concepto de riesgo está íntimamente asociado a la vulnerabilidad y al igual que esta última, presenta varias definiciones. Por ejemplo, según Foster e Hirata (1991) el riesgo de contaminación del agua subterránea puede determinarse como la interacción entre las cargas contaminantes aplicadas al subsuelo como resultado de las actividades humanas y la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación. En Auge (2004), Vrba y Zaporozec (1994) lo asimilan a la vulnerabilidad específica, que se refiere al peligro de contaminación del agua subterránea respecto a un contaminante o familia de contaminantes de características y comportamientos similares (nitratos, hidrocarburos livianos o pesados, plaguicidas, materia orgánica, fenoles, metales, etc.).

El término riesgo de contaminación se define como la probabilidad de que las aguas subterráneas se contaminen con concentraciones por encima de los valores recomendados por la OMS para la calidad del agua de consumo humano. (Foster e Hirata, 1991)

El hecho que este riesgo pueda convertirse en una seria amenaza a la calidad de un abastecimiento de agua subterránea ya desarrollado o por desarrollar, dependerá de la movilidad de los contaminantes dentro del acuífero mismo. (Foster e Hirata, 1991)

3.5.- Riesgos para la Salud

Los nitratos están acumulándose en nuestro entorno y constituyen el primer eslabón de una cadena de transformaciones biológicas y químicas que conduce a la formación de compuestos tóxicos en nuestro organismo. (Fritsch y De Saint Blanquat, 1984)

En efecto, nuestra alimentación cotidiana contiene cantidades crecientes de nitratos y unos microorganismos presentes en nuestra saliva transforman estos nitratos en nitritos, compuestos tóxicos –e incluso mortales a grandes dosis- para la sangre. Se cree que estos mismos nitritos podrían reaccionar luego con diversos compuestos presentes en nuestro organismo y en nuestra alimentación dando lugar a nitrosaminas cuyo poder es cancerígeno. (Fritsch y De Saint Blanquat, 1984)

Debido a la contaminación de los acuíferos freáticos, se ingieren diariamente nitratos en el agua de bebida, pero una parte no despreciable de la ración cotidiana procede de las legumbres. Otra forma de incorporar nitratos ocasionalmente es a través de medicamentos. (Fritsch y De Saint Blanquat, 1984)

Por último, los nitratos y nitritos se utilizan efectivamente como aditivos en la alimentación, sobre todo en la conservación y coloración de los embutidos y los productos cárnicos. (Fritsch y De Saint Blanquat, 1984)

El ión nitrato es muy estable, poco reactivo, mientras que el ión nitrito es muy inestable y reactivo (puede desempeñar el papel de oxidante o el de reductor) y puede transformarse fácilmente en otros compuestos o reaccionar con otras moléculas. Esta gran inestabilidad implica en parte su toxicidad.

Las enfermedades relacionadas con el uso de agua contaminada pueden dividirse en aquellas causadas por agentes biológicos (organismos patógenos) y las que son producidas por sustancias químicas. (Lewis *et al.*, 1988)

3.5.1.-Derivados de Sustancias Químicas

3.5.1.1.- Metahemoglobinemia ó enfermedad del “bebé azul”:

El ión nitrato es transformado a nitrito a través de un proceso de reducción que requiere de la acción de una enzima, la nitrato reductasa, que está presente en la flora de nuestra cavidad bucal, donde el pH, comprendido entre 6 y 6,4 es favorable a la reacción. (Fritsch y De Saint Blanquat, 1984)

Los nitritos provocan entonces una intoxicación mortal por envenenamiento de la sangre llamada metahemoglobinemia, actuando directamente sobre la hemoglobina. (Fritsch y De Saint Blanquat, 1984)

Para que la hemoglobina pueda desempeñar su papel de pigmento respiratorio, es preciso que el hierro del hemo esté en estado ferroso Fe^{++} . Si el hierro se encuentra en estado férrico, Fe^{3+} , la hemoglobina, llamada entonces metahemoglobina, se convierte en no funcional. La metahemoglobinemia es una acumulación anómala de metahemoglobina en los glóbulos rojos, es decir un “envenenamiento” de la sangre. (Fritsch y De Saint Blanquat, 1984)

El hombre posee un arsenal eficaz de mecanismos de defensa contra la intoxicación por los nitritos. Existen sin embargo organismos más susceptibles y capaces de efectuar rápidamente la reducción de nitratos a nitritos. Por un lado los rumiantes, que ingieren grandes cantidades de forraje cuyo contenido en nitratos es a veces elevado. La panza de estos animales tiene un pH neutro y contiene una abundante flora nitrógena. Si se inicia la reacción de reducción, las bacterias ponen en marcha una producción explosiva de nitritos que provoca la muerte de los animales por metahemoglobinemia. (Fritsch y De Saint Blanquat, 1984)

Por otra parte, son afectados los lactantes menores de 4 meses, cuya alimentación es preparada con aguas o legumbres (espinacas o zanahorias) ricas en nitratos. (Fritsch y De Saint Blanquat, 1984)

Un infante con metahemoglobinemia leve o moderada puede sufrir letargo (sueño profundo y continuo), diarrea y vómito. Frecuentemente se reconoce cuando ya está en etapas agudas cianóticas, cuando el infante adquiere un color café azulado y tiene dificultad para respirar. (Walton, 1951)

3.5.1.2.- Carcinogénesis

Los nitritos (e indirectamente los nitratos), pueden reaccionar con aminas y amidas para formar nitrosaminas y nitrosamidas. Se ha comprobado que la mayoría de estos compuestos son carcinogénicos en un gran número de especies animales. Las evidencias epidemiológicas, sugieren que la abundante ingestión de nitratos puede contribuir al surgimiento de cáncer gástrico (Lewis *et al.*, 1988).

3.5.2.- Derivados de Organismos Patógenos

3.5.2.1- Coliformes Totales: (incluye Coliformes Fecales y *E. coli*). Por sí mismo, las coliformes no constituyen una amenaza para la salud, su determinación se utiliza para indicar si pudiera haber presentes otras bacterias posiblemente nocivas.

Las coliformes se presentan naturalmente en el medio ambiente pero las coliformes fecales y *E. coli* provienen de heces fecales animales y humanas, por lo que su presencia en el agua indica una reciente contaminación fecal (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 1987; WHO, 2004). Los microbios que provocan enfermedades (patógenos) y que están presentes en las heces, causan diarrea, retorcijones, náuseas, cefaleas u otros síntomas. Estos patógenos podrían representar un riesgo de salud muy importante para bebés, niños pequeños y personas con sistemas inmunológicos gravemente comprometidos (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 1987).

3.5.2.2.- Pseudomonas aeruginosas: es un organismo que se halla comúnmente en el ambiente. Se puede encontrar en el suelo, las heces, el agua y en aguas residuales. Puede causar una variedad de infecciones, pero raramente causa serias enfermedades en individuos sanos, sin ningún factor de predisposición.

La principal ruta de infección es por la exposición de tejidos susceptibles, heridas y membranas mucosas, al agua contaminada o a instrumentos quirúrgicos contaminados (WHO, 2004).

3.6.- Marco Legal

Existen normas que establecen límites máximos para los nitratos y nitritos en el agua de consumo humano. A continuación se mencionan algunas de estas normas:

La Organización Mundial de la Salud (WHO, 2004) fija como límite máximo permitido para agua de bebida el de 50 mg/l de nitratos y 3 mg/l de nitritos para períodos cortos y 0,2 mg/l para períodos largos de exposición a este compuesto. De la misma forma, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (1987) establece tenores de 10 mg/l expresados en términos de N-NO₃ y 1 mg/l de N-NO₂.

El Código Alimentario Argentino (2007) determina en el Capítulo XII (Bebidas hídricas, agua y agua gasificada) – Artículo N° 982 las características físicas, químicas y bacteriológicas que deberá cumplir el agua para ser considerada potable. Adopta los valores de 45 mg/l para nitratos, 0,1 mg/l para nitritos y para el amonio no se debe registrar su presencia, como también lo establece la Ley N° 1027 con su Decreto Reglamentario N° 193 de la Provincia de La Pampa del año 1981.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (1987), establece que en un mes dado, no pueden detectarse más de 5 % de muestras con coliformes totales positivas. Toda muestra que presente coliformes totales debe analizarse para saber si presenta *Escherichia coli* o coliformes fecales, a fin de determinar si hubo contacto con heces fecales humanas o de animales.

El Código Alimentario Argentino (2007), determina que el total de bacterias coliformes debe ser menor o igual a 3 NMP (número más probable) en 100 ml; y el Código de Aguas de la Provincia de La Pampa, establece que las coliformes totales deben estar ausentes en 100 ml.

En relación a *E. coli* y *Pseudomonas aeruginosa*, las citadas normas coinciden en que estas bacterias deben estar ausentes en 100 ml.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

4.1.- Introducción

El trabajo estuvo orientado fundamentalmente a la detección del contenido de NO^{3-} y NO^{2-} en las perforaciones domiciliarias de la localidad y otras de uso variado en la zona urbana y suburbana, como así también a la eventual contaminación bacteriana; complementada con el comportamiento de los pozos de explotación ubicados al Norte de la localidad, en el área periurbana.

La información geológica e hidrogeológica permitió analizar las condiciones de Vulnerabilidad, Riesgo, Tiempo de tránsito en la zona no saturada y saturada.

4.2.- Tareas previas realizadas en gabinete

a) Se recopiló y analizó la información básica (cartográfica, climatológica, geológica, geomorfológica e hidrogeológica).

b) Se confeccionó un mapa base y se diseñó una red de muestreo.

4.3.- Tareas realizadas en campo

En una primera etapa se hizo un relevamiento expeditivo de la localidad y de la información obtenida en el lugar se identificaron las perforaciones que posteriormente se muestrearon. Además se realizó una encuesta a los propietarios, a fin de conocer algunas características de los pozos, tales como profundidad, condiciones, usos, distancias a los pozos ciegos, entre otras.

En una segunda etapa se procedió a la recolección de las muestras de agua en sucesivas campañas siguiendo las recomendaciones de Coletto y Maestro (1988), tanto de la zona urbana como periurbana (Fotos Anexo II), de forma tal de abarcar la mayor extensión de manera representativa.

Previo a la extracción de todas las muestras, se procedió a dejar que el agua circule por la cañería varios minutos y se lavó varias veces el recipiente con la misma agua a muestrear, con el fin de que la misma sea representativa del abasto. Una vez obtenidas, se almacenaron en botellas de polietileno de 1 litro de capacidad, para análisis químicos y en envases estériles para análisis bacteriológicos, sin burbujas de aire, resguardadas de la luz

hasta su llegada al laboratorio en conservadoras portátiles. (Fotos 6, 7, 8 y 9, Anexo II)

Las determinaciones físico-químicas que se realizaron “in situ” son pH, conductividad eléctrica y temperatura. Posteriormente, las muestras colectadas se enviaron a laboratorio para determinar la presencia de los iones nitratos, nitritos y cloruros. En los análisis bacteriológicos se determinaron Coliformes Totales, Coliformes Fecales, *Escherichia coli* y *Pseudomona aeruginosa*.

En todos los casos se utilizaron técnicas analíticas convencionales estandarizadas (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

En total se colectaron 21 muestras para análisis físico-químico, de las cuales 15 pertenecen a la zona urbana y 6 a la zona periurbana. En una primera campaña se tomaron 9 muestras y en la segunda las restantes. La ubicación de los puntos de muestreo se observan en la Figura 4.3.1.

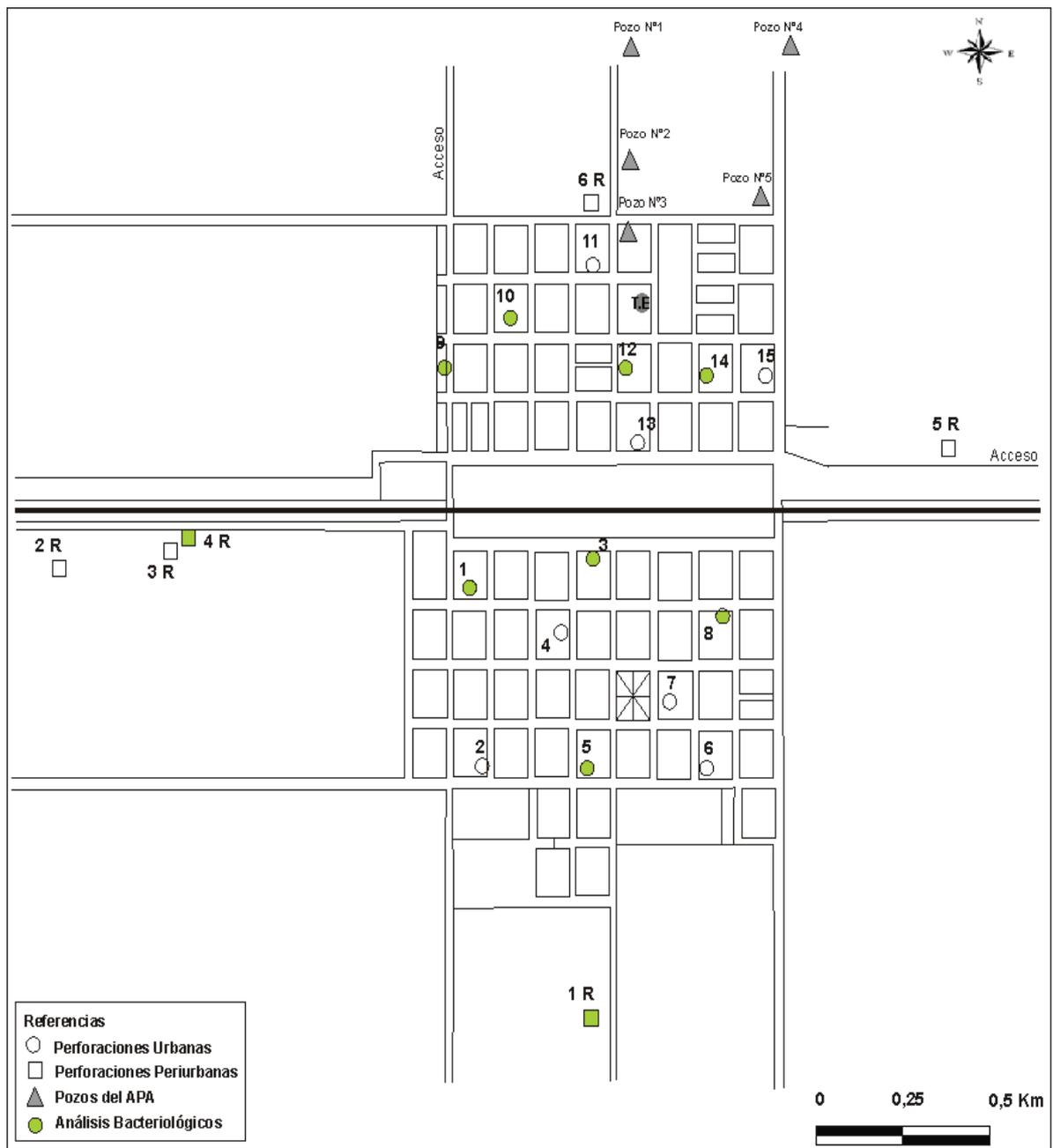


Figura 4.3.2. Ubicación de los pozos muestreados para análisis bacteriológico en la localidad de Miguel Riglos.

4.4.- Parámetros físico-químicos y bacteriológicos determinados

Conductividad, pH y temperatura medidos *in situ*. La conductividad se determinó por conductimetría directa, con un conductímetro Marca HANNA Instruments HI 9635. (Fotos 1 y 3, Anexo II)

La temperatura se determinó por termometría directa utilizando el medidor de

conductividad, Marca HANNA Instruments HI 9635.

El pH se determinó por potenciometría directa empleando un pHmetro modelo 250A Marca ORION. (Fotos 2 y 3, Anexo II)

Las determinaciones analíticas se efectuaron en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam. Las variables analizadas mediante técnicas convencionales estandarizadas (APHA, AWWA, WPCF, 1992) fueron:

Nitrato. El cadmio metálico reduce el nitrato presente en la muestra a nitrito, el cual reacciona en medio ácido con ácido sulfanílico para formar una sal intermedia coloreada. Se midió la adsorvancia a 410 *nm* en un espectrofotómetro UV-Visible, marca HACH. (Fotos 4 y 5, Anexo II)

Nitrito. El nitrito presente en la muestra reacciona con ácido sulfanílico para formar una sal intermedia., la cual al reaccionar con ácido cromotrópico produce un complejo, cuyo color es directamente proporcional a la cantidad de nitrito presente. La intensidad de coloración se midió en un espectrofotómetro UV-Visible, marca HACH.

Cloruro. Se determinó en medio neutro con una solución de nitrato de plata en presencia de cromato de potasio. El final de la reacción se detectó por la formación del color rojizo característico del cromato de plata. Se calculó la concentración de cloruro a partir del volumen consumido de solución de nitrato de plata.

Análisis de componentes microbiológicos. La prueba estándar para el grupo coliforme, *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli*, puede realizarse mediante una Técnica de Fermentación en Tubos Múltiples (a través de las fases supuestas y confirmatorias para cada grupo de microorganismos o prueba completa). Los resultados de los tubos y diluciones replicados se comunican en términos de Número Más Probables (NMP) de microorganismos existentes. Este número, basado en fórmulas de probabilidad, es el cálculo de la densidad media de coliformes en la muestra.

4.5.- Elaboración y tratamiento de los datos

En esta etapa del trabajo se confeccionaron tablas y se elaboraron mapas de ubicación de los sitios de muestreo y de contenido de nitrato.

Se utilizaron los programas MICROSOFT EXCEL WINDOWS 7 para el tratamiento estadístico y para la representación gráfica de los datos hidroquímicos. Se calcularon parámetros estadísticos básicos (media, mínimos y máximos) de los 5 pozos en explotación correspondientes a la batería de la Cooperativa de Obras y Servicios Públicos

de Miguel Riglos y de las perforaciones analizadas. (Ver Capítulo II)

Con el fin de apreciar los principales rasgos hidroquímicos de dichos pozos se confeccionó un diagrama de Piper con el programa Aquachem (Calmbach, 1997).

Para la confección de mapas se utilizó el programa COREL DRAW 3X, MICROSOFT PAINT WINDOWS 7.

4.6.- Método para determinar Vulnerabilidad a la contaminación del acuífero

Se realizó la determinación de la vulnerabilidad a la contaminación según la siguiente metodología citada por Auge (2004):

GOD: La metodología GOD fue desarrollado por Foster (1987) y es un método sencillo y sistemático, por lo que se usa cuando se cuenta con escasos datos, éstos no son fiables o no cubren la totalidad del territorio que se estudia. Por su estructura simple y pragmática, es el método utilizado en primer lugar para estimar el riesgo de contaminación de un acuífero, lo que sirve para establecer prioridades de actuación a la vista de los resultados.

Es importante destacar que sólo toma en cuenta la posible atenuación antes de alcanzar la zona saturada, sin tomar en cuenta la dilución y dispersión en el acuífero. (Agüero Valverde y Pujol Mesalles, 2000)

El método se basa en la asignación de índices entre 0 (mínima vulnerabilidad) y 1 (máxima vulnerabilidad) a tres variables, que son las que nominan el acrónimo:

G: ground water occurrence. Tipo de acuífero.

O: overall aquifer class. Litología de la cobertura.

D: depth. Profundidad del agua o del acuífero.

Los tres índices se multiplican entre sí y resultan en uno final que puede variar entre 1 (vulnerabilidad máxima) y 0 (mínima).

Se considera vulnerabilidad muy baja si el valor es menor a 0.1, baja si el valor está entre 0.1 y 0.3, moderada si está entre 0.3 y 0.5, alta si está entre 0.5 y 0.7 y extrema si es mayor a 0.7. (Foster e Hirata, 1991)

El método de asignación de puntuaciones a cada variable y los grados de valoración final se resumen en la Figura 4.6.1:

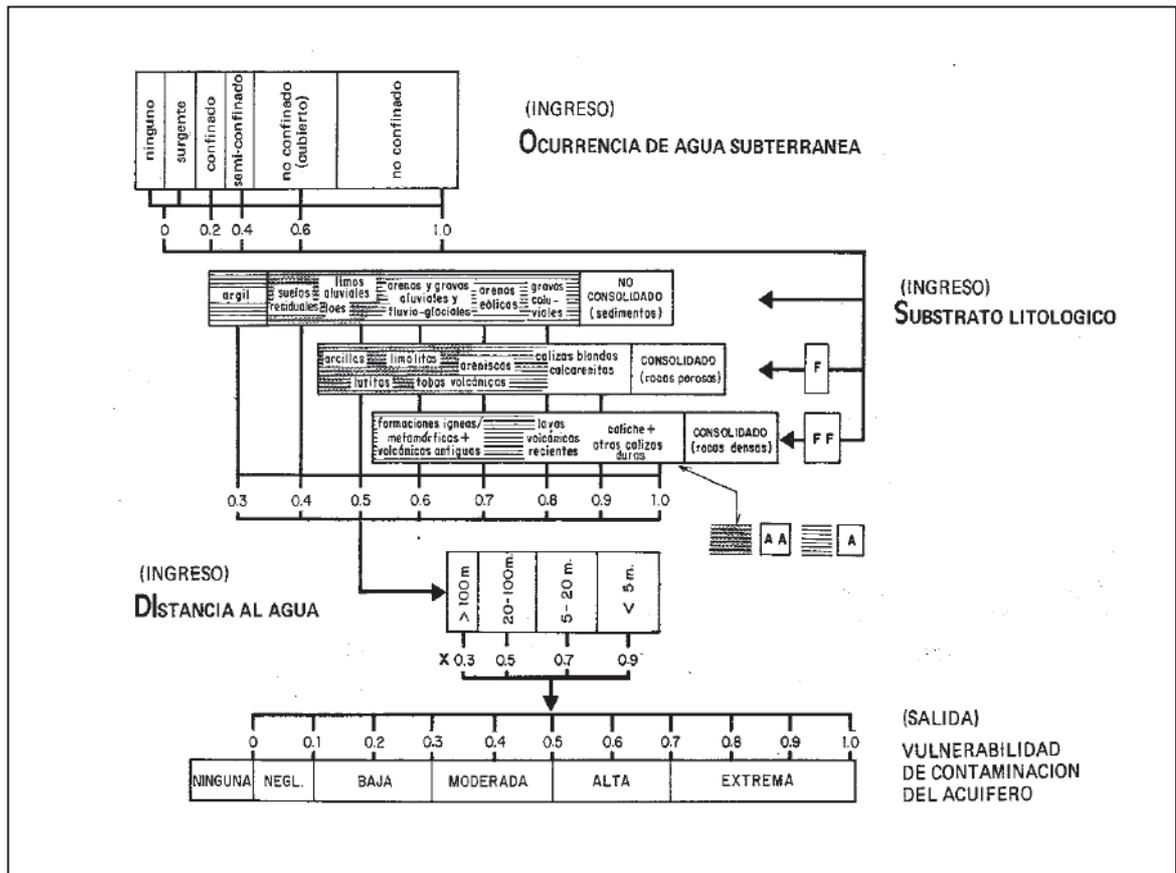


Figura 4.6.1. Método DIOS (o GOD) para la evaluación del Índice de Vulnerabilidad del Acuífero.

GOD es una metodología utilizada en regiones relativamente extensas, que requiere de pocos parámetros (3), y resulta en definiciones poco claras. Sin embargo ofrece mayor ventaja, por lo sencillo de su operación, frente a DRASTIC. Si bien este último es utilizado en estudios de detalle o semidetalle y además es más robusto dado que emplea mayor cantidad de variables (7), lo cual sería ideal para este trabajo, GOD nos ofrece una categorización de la vulnerabilidad en función del resultado obtenido a diferencia de DRASTIC que, según Schulz (1999), es un índice que no encierra un concepto en si mismo sino que permite comparar vulnerabilidades de distintas zonas.

4.7.- Método para determinar Riesgo de contaminación

Para la determinación del riesgo, se utilizó el Método Catalán (Schulz, 1999) el cual tiene en cuenta:

A. Permeabilidad, a la cual se le asigna valores del 1 al 30 correspondiendo el primero a las arcillas y el segundo a las arenas medias a gravas.

B. Espesor en metros de la capa acuífera, al cual se le asigna valores de 1 a 10, correspondiendo el primero a espesores mayores o igual a 10 metros y el segundo a aquellos menores o igual a 1 metro.

C. Absorción sobre la capa acuífera, a la cual se le asigna valores de 1 a 30, correspondiendo el primero a las arcillas y el segundo a las gravas.

D. Gradiente de la capa acuífera, al cual se le asigna valores de 1 a 6, correspondiendo el primero a 0,5 m/m y el segundo a $5,0 \times 10^{-3}$ m/m.

E. Distancia horizontal, a la cual se le asignan valores de 1 a 3, correspondiendo el primero a una distancia de 2000 metros y el segundo a una de 200 metros.

Para obtener un valor final de posibilidad de polución de agua subterránea, se establece la siguiente expresión:

$$R = (A \times B) + (C \times 3) + (A \times D \times E)$$

De acuerdo a los resultados obtenidos, el Riesgo de Contaminación puede ser:

- INMINENTE (> 700)
- PROBABLE O POSIBLE (190-700)
- POSIBLE AUNQUE NO PROBABLE (50-190)
- IMPOSIBLE (< 50)

4.8.- Método para determinar Tiempo de tránsito del contaminante en la ZNS

El cálculo del tiempo de tránsito del contaminante en la zona no saturada se obtuvo de la expresión usada por Auge (2006b), tomada por Irribarra (2006), Holzman (2008) y Cufre (2011).

$$t = \frac{H \cdot mh}{R}$$

Siendo:

t = tiempo de tránsito del contaminante en la zona no saturada.

H = espesor no saturado.

mh = contenido de humedad.

R = recarga en el lugar.

4.9.- Método para determinar Tiempo de tránsito del contaminante en la ZS

El cálculo del tiempo de tránsito del contaminante en la zona saturada fue calculado mediante la expresión usada por Auge (2006), tomada por Irribarra (2006), Holzman (2008) y Cufre (2011).

$$T = \frac{d \cdot m}{k \cdot i}$$

Donde:

T = tiempo de tránsito del contaminante en la zona saturada.

d = distancia horizontal.

m = porosidad.

k = permeabilidad.

i = gradiente hidráulico.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1.- Análisis de Resultados físico-químicos

5.1.1.- Zona Urbana

De las 15 muestras tomadas en las perforaciones domiciliarias, se analizaron las concentraciones de nitratos, nitritos y cloruros principalmente. Los resultados de los correspondientes análisis se presentan en la Tabla 5.1.1 y en la Figura 5.1.4.

Tabla 5.1.1. Concentraciones de nitratos, nitritos y cloruros. Conductividad y pH en la Zona Urbana de Miguel Riglos, correspondiente a Marzo de 2011.

(Valores en color rojo: exceden los máximos permitidos por la legislación vigente)

Muestra	Nitratos (mg/l)	Nitritos (mg/l)	Cloruros (mg/l)	C.E. (µs/ cm)	pH
1	4	0,0013	98,69	1610	7,94
2	63	0,0015	82,74	1336	8,57
3	68	0,0023	85,73	1600	7,74
4	70	0,011	18	958	7,86
5	248	0,015	30	2320	7,5
6	20	0,0017	26,91	936	
7	109	0,020	12	972	8,9
8	61	0,0012	68,80	1174	8,45
9	50	0,012	18	1346	7,84
10	32	0,013	10,5	810	8,24
11	136	0,017	18	1200	7,93
12	136	0,011	12	1204	7,88
13	54	0,012	4,5	911	8,09
14	127	0,012	19,5	1513	7,78
15	118	0,014	16	633	8,28
Promedio	84,14	0,0168	34,75	1234,86	8,07
Mínimo	4	0,0012	4,5	633	7,5
Máximo	248	0,020	98,69	2320	8,9

La conductividad eléctrica varía entre 633 a 2320 $\mu\text{s}/\text{cm}$. El valor más elevado se presenta en la Muestra N° 5 y el más bajo en la Muestra N° 15.

El pH varía entre 7,5 y 8,9. El valor máximo lo registra la Muestra N°7 y el mínimo la N°5. Todas se encuentran dentro de los límites establecidos por la Ley 1027 de La Pampa, pero no así del Código Alimentario, ya que las Muestras N° 2 y 7 los superan.

Por otro lado, el 100% de las muestras presenta concentraciones de cloruros por debajo del valor máximo permitido por la legislaciones vigentes, registrándose el valor máximo en la Muestra N° 1 (98,69 mg/l) y el mínimo en la N° 13 (4,5 mg/l).

Con respecto a las concentraciones de nitratos, casi la totalidad de las muestras tomadas han superado el valor máximo permitido para consumo humano (45 mg/l) establecido por el Código Alimentario Argentino (2007) y la Ley N° 1.027 con su decreto reglamentario N° 193 de la Provincia de La Pampa (1981). Aproximadamente el 80% de las muestras recolectadas no es apta. El valor mínimo registrado es de 4 mg/l (Muestra N° 1) y la máxima es de 248 mg/l (Muestra N° 5). Por su parte, la media de las concentraciones es de 84,14 mg/l.

Cabe aclarar que las Muestra N° 4 y 5 fueron recolectadas de la salida de una manguera de más de 10 metros de largo, lo que podría producir una alteración en su composición.

Las concentraciones de nitrito en ningún caso superan el límite permitido (0,1 mg/l), lo que indica que ocurre un proceso de oxidación hacia nitrato, que es un indicio de que la contaminación no es reciente (Blarasín *et al.*, 1999). De esta manera, también se descarta la posibilidad de intoxicación con este elemento, causante de la metahemoglobinemia o “enfermedad del bebé azul” que afecta principalmente a lactantes, tal como se describió en el Capítulo III.

En los centros urbanos o suburbanos, carentes de servicios cloacales, los NO_3^- derivan de la degradación de la materia orgánica, mayormente de origen fecal. Los pozos ciegos o negros, en los que se vierten los desechos fecales, son las fuentes principales de emisión.

En el presente estudio, en todos los sitios de muestreo se encontraba un pozo ciego próximo a la perforación. En general, la distancia de separación no era mayor a 15 metros aproximadamente, salvo la Muestra N° 1 y 3, que se ubican a una distancia de 30 metros.

Perdomo *et al.* (2001) en un trabajo realizado en el sudoeste de Uruguay, obtuvieron que el 31 % de los pozos cercanos (menos de 50 m de distancia de Fuentes Localizadas de Contaminación, FCL) estaban contaminadas por nitratos. De esta manera se

puede considerar que el 100 % de los pozos analizados en Miguel Riglos podrían ser considerados cercanos. Sin embargo, analizando las distancias halladas (Tabla 14, Anexo I), se observa que no siempre existe relación entre la distancia de la perforación y el pozo ciego, con el contenido de nitratos. Así, muestras que se encuentran a menor distancia de alguna fuente probable de contaminación, evidenciaron tenores de nitratos inferiores, en relación a otras muestras, cuya perforación se hallaba a mayor distancia de dicha fuentes. Esto puede deberse a las distintas profundidades de las perforaciones, ya que a una menor distancia podrían darse valores bajos si el pozo es profundo, y viceversa.

Por ejemplo la Muestra N° 1 y 3, que se encuentra distantes del pozo ciego 30 metros, presentan una concentración de 4 y 68 mg/l respectivamente, lo contrario de la Muestras N° 6 y 11 que se encuentran a una distancia de 4 mts del pozo ciego, presentan concentraciones de 20 y 136 mg/l respectivamente.

Con respecto a los pozos ciegos de toda la localidad, los mismos tienen una profundidad aproximada de 3-4 metros, según información verbal de vecinos, por lo que se estima que los mismos pudieron penetrar o estar próximos al nivel del acuífero freático en la zona urbana, y de esta forma producir contaminación del agua por lixiviado de los contaminantes desde los pozos ciegos. De esta manera, la relación sería más estrecha, en aquellos periodos de precipitaciones que superaron la media (1989-1992 y 1996-2002), lo que produciría un ascenso de los niveles freáticos (Figura 2.6.3). No obstante, a partir del año 2003 hubo un brusco descenso de las precipitaciones por debajo de los 600 mm, por lo que inferimos que esta situación se ve reflejada en los niveles freáticos, y por lo tanto podrían estar por debajo del fondo de los pozos ciegos. Esta situación, parece justificar que la contaminación debida a concentraciones de nitratos no sea reciente.

5.1.2.- Zona Peri-Urbana

Del análisis de las 6 muestras tomadas en las perforaciones de la periferia de la localidad se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 5.1.2 y Figura 5.1.4.).

Tabla 5.1.2. Concentraciones de nitratos, nitritos y cloruros. Conductividad y pH en la Zona Peri-Urbana de Miguel Riglos, correspondiente a Marzo de 2011.

(Valores en color rojo: exceden los máximos permitidos por la legislación vigente)

Muestra	Nitratos (mg/l)	Nitritos (mg/l)	Cloruros (mg/l)	C.E. ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	pH
1 R	81	0,0049	80,74	1033	-
2 R	11	0,0045	18,94	1045	8,54
3 R (M)	49	0,0087	81,74	1360	7,84
4 R (B)	15	0,0070	32,89	1090	8,89
5 R	13	0,011	10,5	871	8,13
6 R	178	0,012	28,5	1707	8,1
Promedio	57,83	0,0080	42,21	1184,33	8,3
Mínimo	11	0,0045	10,5	871	7,84
Máximo	178	0,012	81,74	1707	8,89

La conductividad varía entre 1707 y 871 $\mu\text{s}/\text{cm}$, encontrándose en la Muestra N° 5R el valor mínimo y en la N° 6R el valor máximo.

El pH varía entre 7,84 y 8,89. El valor máximo lo registra la Muestra N° 4R y el mínimo la N° 3R. Todas se encuentran dentro de los límites establecidos por la Ley 1027 de La Pampa, pero no así del Código Alimentario, ya que las Muestras N° 2R y 4R los superan.

Las concentraciones de cloruros en el 100% de las muestras arrojaron valores por debajo del nivel máximo permitido, encontrándose en la Muestra N° 5R el valor mínimo (10,5 mg/l) y el máximo en la Muestra N° 3R (81,74 mg/l).

Según las legislaciones vigentes, el 50 % de las muestras no son aptas para el consumo humano en función de las concentraciones de nitratos, encontrando como valor medio una concentración 57,83 mg/l, con una máxima de 178 mg/l (Muestra N° 6R) y una mínima de 11 mg/l (Muestra N° 2R).

Por otro lado cabe mencionar que la Muestra N° 6R fue obtenida a la salida de una manguera, lo cual puede alterar los valores registrados de nitratos.

Respecto a las concentraciones de nitritos, ninguna de las muestras supera el límite establecido por las legislaciones (0,1 mg/l), lo que indica que la contaminación no es reciente.

De las muestras recolectadas en la periferia de la localidad sólo tres presentaron valores de nitratos superiores a los adoptados para consumo humano por las legislaciones.

La Muestra N° 4R, que pertenece a la industria de quesos “Quelolak”, registró una concentración de 15 mg/l. Sin embargo, es importante destacar que a 4 metros de distancia aproximadamente se recolectó la Muestra N° 3R que pertenece a un molino (en desuso), la cual registró una concentración de 49 mg/l. Esta diferencia en las concentraciones de nitratos, puede deberse a que la primera muestra fue tomada de una perforación que posee bomba sumergible de aproximadamente 22 metros de profundidad; y la segunda fue extraída de un molino, que se estima es menos profundo. Por lo tanto el foco contaminante se encuentra a mayor distancia horizontal en la Muestra N° 4, lo que retarda el lixiviado de los nitratos. También puede ser debido a la circulación lateral; ya que si bien, la Muestra N° 3R no excede demasiado el límite permitido comienza a generarse un proceso de contaminación, y este puede ser causado por el vertido de líquidos residuales a unos 50 metros de las perforaciones, en un lugar de contención pero sin garantía de adecuada impermeabilización. La situación se agrava teniendo en cuenta la presencia de cerdos y vacas en un corral, con la consiguiente deposición de alimento y materia fecal de los animales que se encuentran encerrados en el mismo predio, a unos 20 metros. (Foto 14, Anexo II).

Por otro lado, la muestra N° 1R registró un valor de 81 mg/l que puede deberse a la cercanía del pozo ciego con la perforación (8 metros aprox.), pero mayormente puede ser causada por el bosteo de animales, ya que en el predio está instalado un criadero de chanchos y gallinas. (Fotos 10 y 11, Anexo II).

Por último, la Muestra N° 6R excede ampliamente los valores establecidos de nitratos (178 mg/l). La causa principal de este valor es la existencia cercana de corrales de ganado ovino, vacuno y equino. Los mismos se encuentran a 300 metros aproximadamente de las perforaciones del APA. (Foto 13, Anexo II).

Es importante destacar que la Muestra N° 2R pertenece al Basurero Municipal de la localidad de Miguel Riglos y registró concentraciones de nitratos por debajo de los límites establecidos por las legislaciones. Esto parece deberse a que se realiza separación de residuos sólidos urbanos y con los orgánicos se elabora compost. (Foto 12, Anexo II)

Cabe aclarar que las concentraciones registradas en las muestras recolectadas en la zona Norte de la localidad superan ampliamente a las que registran las perforaciones que abastecen a la misma. Dicha diferencia puede deberse a las distintas profundidades entre las perforaciones del APA y las domiciliarias, y a la distancia (aproximadamente 200 metros) con la posible fuente contaminante que se encuentra al oeste del pozo muestreado (6R), la cual consiste en corrales para la cría de ganado ovino, bovino y equino, como se

mencionó anteriormente. No obstante, el Pozo N°3, que pertenece al APA, y que es el más próximo a la fuente contaminante registra el valor máximo en contenidos de nitratos (79 mg/l) respecto al resto de las perforaciones que abastecen a la localidad. El mismo supera los límites máximos permitidos por las legislaciones vigentes, lo que demuestra un proceso de contaminación, que puede adjudicarse a la ubicación del pozo dentro de la planta urbana, la cual sufre un proceso de expansión en dirección al mismo, y la persistencia en el tiempo de las instalaciones de cría de ganado que incrementan progresivamente los aportes orgánicos. (Foto 15, Anexo II)

La permeabilidad y transmisividad del acuífero y el continuo bombeo de los pozos de explotación, dan lugar a un desarrollo del cono de depresión más extenso en sentido lateral, lo cual incide en el efecto contaminante de los focos de aporte orgánico mencionados.

Para el resto de las perforaciones (1, 2, 4 y 5), las concentraciones de nitratos son bajas y además se mantuvieron constantes, con algunas oscilaciones, para el período analizado.

A continuación se muestra la evolución histórica de las concentraciones de nitratos (Figura 5.1.3) de las perforaciones que abastecen a la localidad de Miguel Riglos. Los datos fueron provistos por el Laboratorio de la Administración Provincial del Agua de La Pampa. (Anexo I)

Las concentraciones de Nitratos de los Pozos N° 1 y 2 oscilan entre 3 y 25 mg/l, los Pozos N°4 y 5 si bien no registran un rango tan amplio como los anteriores, siguen una tendencia de aumento. Por su parte, el Pozo N° 3 muestra una pronunciada tendencia creciente a lo largo del tiempo, oscilando entre 50 y 80 mg/l desde el 2004 al 2009 en sentido decreciente. No obstante, este último pozo supera los límites adoptados tanto por el CAA como por el APA.

La evolución temporal de los Nitratos y los valores elevados del Pozo N°3 evidencian una alteración en la calidad del agua subterránea. La presencia de este ión en el agua subterránea implica el contacto directo o indirecto con sustancias orgánicas.

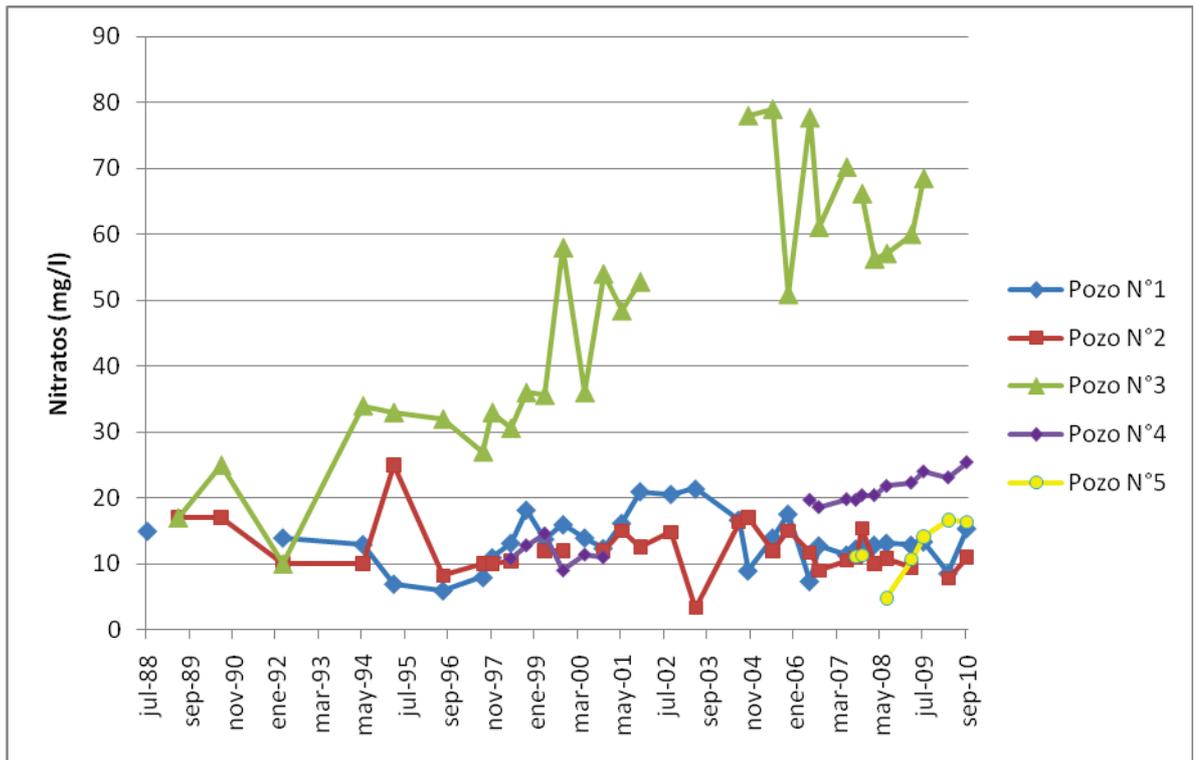


Gráfico 5.1.3. Evolución de las concentraciones de Nitratos en las 5 perforaciones que abastecen a Miguel Riglos. Período 1988-2010.

Teniendo en cuenta que en Argentina se utiliza en general un valor máximo de nitrato recomendable de 45 mg/l y tolerable de 90 mg/l (Minghinelli, 1995), se elaboró el mapa presentado en la Figura 5.1.4, donde se pueden apreciar la ubicación de todas las perforaciones muestreadas con la categorización de las mismas según las concentraciones de nitrato.

Del total de la muestras tomadas (21) el 71% aproximadamente registra concentraciones de nitratos por encima del límite establecido por las legislaciones vigentes. El 33,3 % superó una concentración de 90 mg/l.

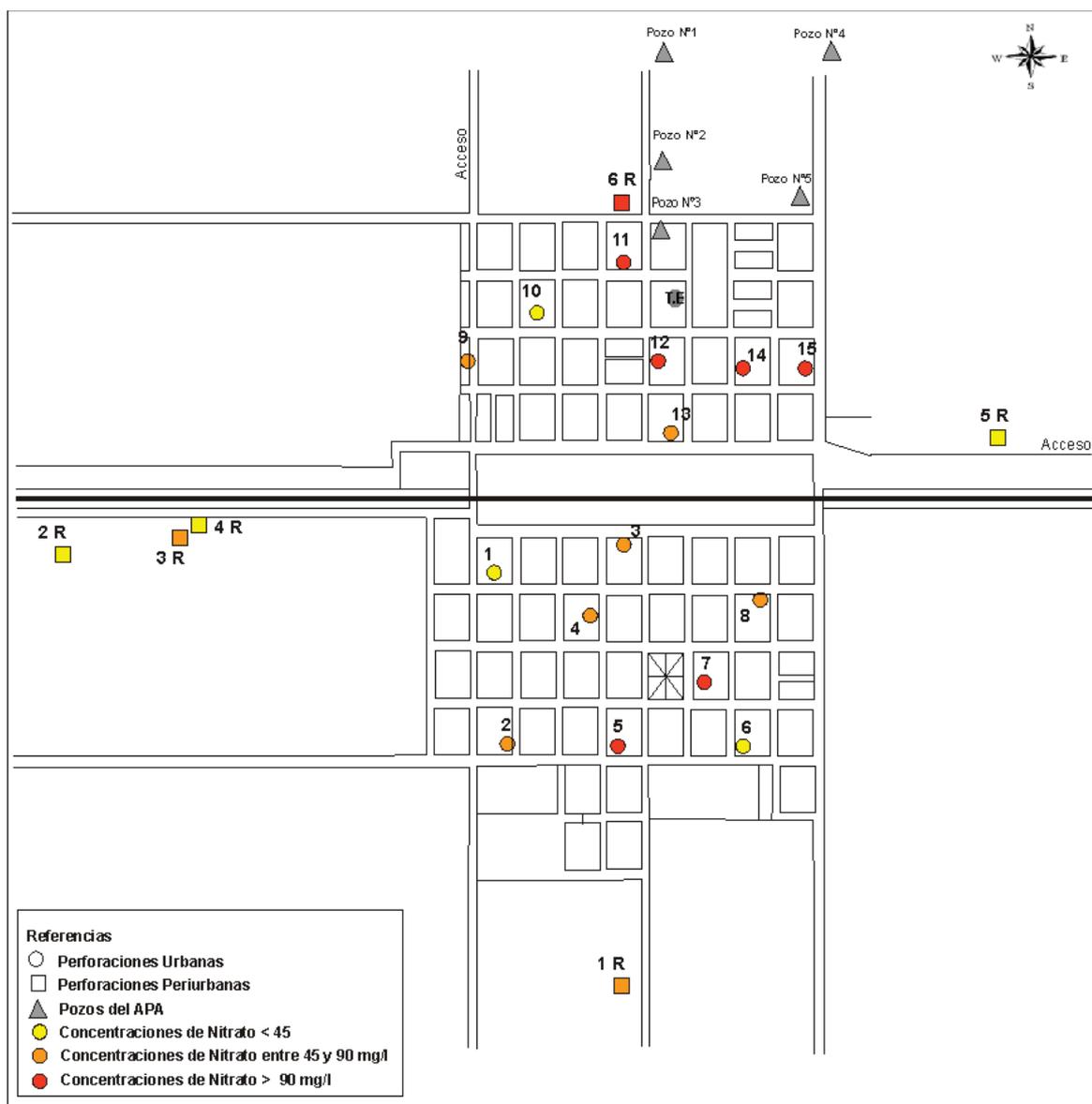


Figura 5.1.4. Categorización de las perforaciones muestreadas según las concentraciones de nitratos.

5.2.- Análisis de Resultados Bacteriológicos

Según lo que establece el Código Alimentario Argentino, los análisis bacteriológicos indican que del total de las muestras extraídas en las perforaciones domiciliarias el 90% no son aptas para consumo humano, ya sea por la presencia de Coliformes Totales (CT) o *Pseudomonas aeruginosa*; y sólo el 10% es apta, por estar dentro de los límites establecidos. (Tabla 5.2.1)

No obstante, según el Código de Aguas de la Provincia de La Pampa, de las 10 muestras recolectadas para calidad bacteriológica el 40% se califican como DEFICIENTE ALTA debido a la presencia de Coliformes Totales, y el 60% restante como MALA, debido a la presencia de *Pseudomonas aeruginosa*.

En general, del análisis de las legislaciones vigentes, el 100% de las muestras no son aptas para consumo humano.

En ningún caso se hallaron coliformes fecales y *E. coli*, pero como se señaló en el Capítulo III, la presencia de CF en el agua generalmente está indicando la contaminación reciente de la misma por efluentes cloacales o estiércol animal, y además de deficiencias de construcción de pozos, según Hunter *et al* (en Perdomo *et al*, 2001); por lo que de esta manera se vuelve a confirmar que la contaminación es antigua.

Por otro lado, según la WHO (2004) la presencia de *P. aeruginosa* y de coliformes puede deberse a una inadecuada desinfección de los sistemas de conducción del agua. Sin embargo, en un trabajo realizado por Marchand Pajares, 2007 (en Echevarría, 2009), donde cita a Roberts *et al.* (1982), se comprobó que especies del género *Pseudomonas* producen una sustancia denominada “Pseudocin” (PLS) que inhibe el crecimiento de *E. coli*, entre otras especies, por lo que se considera que aún cuando las aguas muestren estar libres de coliformes, no se puede asegurar su potabilidad.

Blarasín *et al.* (1999), en un estudio realizado en Río Cuarto, reveló que prácticamente todas las muestras analizadas (90 %) presentaron nitratos, dando indicios de un comienzo de degradación de la calidad del agua. Desde el punto de vista bacteriológico, el 53,6 % de las muestras, resultaron no aptas para consumo humano, por sus contenidos en microorganismos aerobios mesófilos totales, bacterias coliformes totales y *P. aeruginosa*. Estos autores concluyeron que la principal fuente de contaminación son los sistemas de saneamiento in situ.

Tabla 5.2.1. Análisis Bacteriológicos y aptitudes del agua de acuerdo a los valores establecidos por el CAA y el Código de Aguas de La Pampa)

Muestra N° 1	1 R	Muestra N° 6	8 U
Aerobias Totales	30 UFC	Aerobias Totales	<10
Coliformes	15	Coliformes	3
Colifecales	0	Colifecales	0
Escherichia-coli	(-)	Escherichia-coli	(-)
Pseudomonas Aeruginosas	Presuntivo (+)	Pseudomonas Aeruginosas	Presuntivo (-)
	Confirmativo (+)		DEFICIENTE ALTA
	MALA		
Muestra N° 2	1 U	Muestra N° 7	9 U
Aerobias Totales	< 10	Aerobias Totales	<10
Coliformes	43	Coliformes	3,6
Colifecales	0	Colifecales	0
Escherichia-coli	(-)	Escherichia-coli	(-)
Pseudomonas Aeruginosas	Presuntivo (+)	Pseudomonas Aeruginosas	Presuntivo (+)
	Confirmativo (+)		Confirmativo (-)
	MALA		DEFICIENTE ALTA
Muestra N° 3	3 U	Muestra N° 8	10 U
Aerobias Totales	27 UFC	Aerobias Totales	< 10
Coliformes	93	Coliformes	3,6
Colifecales	0	Colifecales	0
Escherichia-coli	(-)	Escherichia-coli	(-)
Pseudomonas Aeruginosas	Presuntivo (+)	Pseudomonas Aeruginosas	Presuntivo (+)
	Confirmativo (+)		Confirmativo (+)
	MALA		MALA
Muestra N° 4	4 R	Muestra N° 9	12 U
Aerobias Totales	<10	Aerobias Totales	< 10
Coliformes	23	Coliformes	3,6
Colifecales	0	Colifecales	0
Escherichia-coli	(-)	Escherichia-coli	(-)
Pseudomonas Aeruginosas	Presuntivo (+)	Pseudomonas Aeruginosas	Presuntivo (+)
	Confirmativo (+)		Confirmativo (+)
	MALA		MALA
Muestra N° 5	5 U	Muestra N° 10	14 U
Aerobias Totales	< 10	Aerobias Totales	<10
Coliformes	9,2	Coliformes	3,6
Colifecales	0	Colifecales	0
Escherichia-coli	(-)	Escherichia-coli	(-)
Pseudomonas Aeruginosas	Presuntivo (+)	Pseudomonas Aeruginosas	Presuntivo (+)
	Confirmativo (-)		Confirmativo (-)
	DEFICIENTE ALTA		DEFICIENTE ALTA

5.3.- Vulnerabilidad – GOD

Los datos correspondientes a los distintos parámetros utilizados en la metodología GOD son: acuífero no confinado y sustrato litológico correspondiente a las arenas eólicas. En cuanto a la distancia al agua, se tomo un valor promedio de 6,51 metros (Arroyo, 2009).

A continuación, en la Tabla 5.3.1 se presentan los valores de los parámetros:

Tabla 5.3.1. Valores de los parámetros y Vulnerabilidad.

Parámetros	Puntaje
Ocurrencia del agua subterránea	1
Substrato litológico	0,7
Distancia al agua	0,8
Total	0,56

A partir de los resultados obtenidos con esta metodología, se considera que el área de estudio presenta una Vulnerabilidad Alta, según Foster e Hirata (1991).

5.4.- Riesgo de Contaminación

La permeabilidad y la absorción sobre la capa acuífera corresponden a la de arena fina, el espesor a la capa acuífera considerado es el valor promedio de 6,51 metros (Arroyo, 2009). Las distancias consideradas fueron de 200, 600, 1000 y 1200 metros. Para el caso del gradiente de la capa acuífera se estimó un valor de 5×10^{-4} .

En la Tabla 5.4.1 se presentan los resultados.

Tabla 5.4.1. Valores de los parámetros y Riesgo.

	200 m	600 m	1000 m	1200 m
Permeabilidad	10	10	10	10
Espesor en metros a la capa acuífera	5	5	5	5
Absorción sobre la capa acuífera	10	10	10	10
Gradiente de la capa acuífera	1	1	1	1
Distancia horizontal	3	2,5	2	1,8
Total	110	105	100	98

De acuerdo a los valores obtenidos, para todas las distancias analizadas el riesgo a la contaminación del agua subterránea es POSIBLE PERO NO PROBABLE, según Schulz (1999).

5.5.- Tiempo de tránsito del contaminante en la ZNS

Para el cálculo se consideró una media del espesor no saturado de 6,51 metros (Arroyo, 2009). El contenido de humedad es del 11%, valor indicado por Malán (1983) y adoptado por Irribarra (2006). En cuanto a la recarga en el lugar, se estimó a partir de datos existentes en Malán *et al* (1997) para una zona cercana y el valor calculado es de 133,33 mm/año.

El cálculo del tránsito en la zona no saturada determinó un tiempo de 5,3 años aproximadamente, debido a la elevada permeabilidad y recarga que existe en el área de estudio.

5.6.- Tiempo de tránsito del contaminante en la ZS

Para calcular el tiempo de tránsito del contaminante en la zona saturada se consideró una porosidad de 36%, correspondiente a las arenas (Custodio y Llamas, 1983), una permeabilidad de 7 m/día y un gradiente hidráulico de 5×10^{-4} . (Ver Capítulo II)

Los resultados varían dependiendo de las distancias y se describen en la Tabla 5.6.1.

Tabla 5.6.1. Tiempo de tránsito en la zona saturada.

Distancia (m)	100	500	1000	1200
Tiempo (años)	28	140	281	338

Como señaló Fernández (2005), se debe considerar que el proceso de filtración de contaminantes se produce lentamente, y el impacto de esa contaminación puede manifestarse luego de varios años.

No obstante, los valores calculados parecen ser demasiado elevados y no concordantes con la situación apreciada a través de la investigación. Cabe aclarar, que tanto el valor de permeabilidad como, de forma especial, el gradiente hidráulico son valores estimados, y en este último caso, en base a mediciones efectuadas con anterioridad a la instalación del servicio de provisión de agua, la cual fue modificada hidrológicamente por aportes alóctonos a la zona mas urbanizada.

CAPÍTULO VI

6.1.- Conclusión

Como resultado de esta investigación se pudo demostrar que en la zona urbana y periurbana existen factores altamente contaminantes como son los efluentes domiciliarios, y la cría intensiva de ganado porcino y bovino, principalmente.

En los análisis químicos de muestras de agua subterránea tomadas en la zona urbana y periurbana de la localidad de Miguel Riglos, se pueden apreciar tenores altos de nitrato, lo que indica una sensible modificación de origen antrópico del medio natural.

Del total de las muestras (21), el 71% registró concentraciones de nitratos por encima del límite establecido por las legislaciones vigentes. Con respecto a los nitritos, el 100% de las muestras presentó tenores por debajo del límite admitido para consumo humano. Esto puede deberse a que ocurre un proceso de oxidación hacia el ión nitrato, lo que indica que la contaminación no es reciente o bien, que el potencial de oxidación del acuífero es muy alto. Por otro lado, según las legislaciones vigentes analizadas, el 100% de las muestras extraídas no son aptas para consumo humano, ya sea por la presencia de Coliformes Totales o *Pseudomonas aeruginosa*. Sin embargo, en ningún caso se hallaron coliformes fecales y *E. coli*; lo que confirma que la contaminación no es reciente.

Por lo tanto, del análisis de los resultados, tanto físico-químicos como bacteriológicos de las muestras recolectadas en la localidad de Miguel Riglos, se concluye que la contaminación del acuífero es causada por el aporte antrópico de compuestos orgánicos. Esta investigación sostiene que este aporte de materia orgánica al agua en la zona urbana, tendría su origen en la descomposición de los desechos domiciliarios dispuestos en los pozos ciegos, por contacto directo entre los líquidos cloacales y el acuífero; y del bosteo en los corrales de animales, en la zona periurbana, que son lixiviados hasta alcanzar la zona saturada.

Dicha contaminación se ve incrementada en los períodos de mayores precipitaciones, donde se da un ascenso de los niveles piezométricos con el consecuente acercamiento de los mismos a las profundidades medias de los pozos ciegos, amén del mayor volumen de agua infiltrada que incrementa los aportes orgánicos, especialmente en las áreas de corrales.

Por otro lado, al analizar la evolución de la calidad del agua de las perforaciones que abastecen de agua potable a la población de Miguel Riglos, se identificó un aumento

significativo en las concentraciones de nitrato del Pozo N° 3, a partir del año 1999. Se estima, que dicha alteración se debe a su ubicación en relación al crecimiento urbano y por otro lado, a la cercanía con instalaciones de cría de ganado. Asimismo, la alta vulnerabilidad del acuífero y el posible riesgo de polución, amenazan la calidad del agua ya que, uno de los sentidos del escurrimiento del agua subterránea es en dirección Norte, donde se ubican las perforaciones y el área de recarga.

Por último, es importante recordar que si bien la localidad de Miguel Riglos posee agua potable, excepto la zona periurbana, se torna necesaria la protección de las fuentes de abastecimiento. Por lo tanto, queda planteada la importancia de encarar estudios más complejos ya que la propia limitación del número de muestras analizadas para el presente trabajo determinan que los resultados constituyan sólo una primera aproximación al conocimiento de la calidad del agua subterránea en la zona. Además, la distribución espacial de las muestras refleja únicamente la situación en un entorno muy reducido. Por todo ello, el presente trabajo debe ser considerado como un punto de partida para posteriores investigaciones, que contemplen no sólo la zona urbana sino también la zona rural.

6.2.- Recomendaciones

Las altas concentraciones de nitratos y bacterias hallados en las perforaciones domiciliarias del área estudiada, evidencian un deterioro del agua subterránea. Por tal motivo, las recomendaciones que surgen de este trabajo son:

- Extender la red de agua potable hacia la zona periurbana.
- Implementar un sistema de saneamiento cloacal en la localidad.
- Realizar un ordenamiento de futuras actividades que sean potencialmente perjudiciales para el acuífero, debido a la vulnerabilidad que posee el mismo frente a los contaminantes.
- Controlar, reubicar o acondicionar las actividades actuales que producen contaminación. Planificar el ordenamiento territorial, para el cual se deberá ampliar el conocimiento hidrogeológico del área próxima a la localidad, con el fin de que la expansión no afecte futuras fuentes de aprovisionamiento de agua y así preservar la calidad del agua para uso humano.
- Monitorear las perforaciones que abastecen de agua potable a la población con el objetivo de controlar la evolución de las concentraciones de nitratos.

- Proteger las zonas de recarga y áreas de captación del acuífero mediante la creación de áreas de preservación para fuente de agua potable.
- Realizar tareas educativas y de difusión de la temática tratada hacia la comunidad, tendiendo a una gestión participativa del recurso hídrico subterráneo.
- Tender a la difusión de la inconveniencia de la ingesta de agua de las perforaciones domiciliarias, restringiéndolas a uso recreativo e higiénico, con las correspondientes precauciones.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (E.P.A), 1987. “Agua subterránea y agua potable”.

<http://www.epa.gov/OGWDW/agua/estándares.html>

Agüero Valverde J. y R. Pujol Mesalles, 2000. Análisis de vulnerabilidad a la contaminación de una sección de los acuíferos del Valle Central de Costa Rica.

http://proceedings.esri.com/library/userconf/latinproc00/costa_rica/analisis_vulnerabilidad/vulnerabilidad_acuiferoscr.htm

A.P.H.A, A.W.W.A. y W.P.C.F, 1992. Standard methods for the examination of water and waste water, 18^a ed., 1134 p, Washintong.

Arroyo, C., 2009. Informe sobre el funcionamiento hidráulico de los pozos que abastecen el servicio de agua potable de la localidad de Miguel Riglos. Administración Provincial del Agua. Provincia de La Pampa.

Auge, M., 2001. “Vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación con nitratos. Ejemplo de un acuífero semiconfinado en Argentina”. I Seminario – Taller. Protección de acuíferos frente a la contaminación: Metodología. Toluca, México.

Auge, M., 2004a. “Regiones hidrogeológicas. República Argentina y provincias de Buenos Aires, Mendoza y Santa Fé”. 104 p

<http://www.gl.fcen.uba.ar/investigación/grupos/hidrogeologia/auge/Reg-Hidrogeo.pdf>

Auge, M., 2004b. “Hidrogeología ambiental I”. 84 pp.

<http://www.gl.fcen.uba.ar/investigación/grupos/hidrogeologia/auge/Reg-Hidrogeo.pdf>

Auge, M., 2004c. Vulnerabilidad de acuíferos. Conceptos y métodos. Universidad de Buenos Aires. 38 p.

<http://www.gl.fcen.uba.ar/investigacion/grupos/hidrogeologia/auge/Vulnerabilidad-Conceptos.pdf>

Auge, M., 2006a. “Agua. Fuente de vida”. 27 p.

<http://www.gl.fcen.uba.ar/investigación/grupos/hidrogeologia/auge/aguafuentevedida.pdf>

Auge, M., 2006b. “Agua Subterránea. Deterioro de calidad y reserva”. 169 p.

http://www.alhsud.com/castellano/articulos_listado.asp

Auge y Temporetti, 1974. Curvas de Conversión para Acuíferos de Theis. Transmisividad- Caudal Característico y viceversa. Ed. Aemi-Leuch, Bern, N. 551.

Auge, M. y Ma. I. Nagy, 1996. “Estado del agua subterránea respecto a la contaminación con agroquímicos en La Plata, Provincia de Buenos Aires”. 3er Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea, San Luís de Potosí, México, Memorias, tema 1, p. 1-12.

Barranquero, R., A. Ruiz de Galarreta y R. Banda Noriega, 2006. “Evaluación de nitratos en los pozos de explotación en la ciudad de Tandil, Buenos Aires, Argentina. VIII Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea, Asunción (versión en CD).

Bisceglia, H.A., 1973. Estudio de fuentes de Miguel Riglos, La Pampa. Biblioteca de la Administración Provincial del Agua. Est. 4 (24).

Blarasin, M., A. Cabrera, M. Villegas, S. Bettera, C. Frigerio y D. Lombardo, 1999. “Evaluación ambiental del impacto de sistemas de saneamiento domiciliarios sobre el agua subterránea en el Barrio San Martín, ciudad de Río Cuarto, Provincia de Córdoba”. II Congreso de Hidrología subterránea. Ed. Tineo A., “Hidrología Subterránea”, UNT, Serie de Correlación Geológica N° 13, p. 177-186.

Bocanegra, E. y P. Benavidez, 2002. “Agua y Salud para el Desarrollo Humano”. XXXII Congreso AIH y VI ALHSUD, Mar del Plata.

Calmbach, L., 1997. Aquachem, Aqueous Geochemical Data Analysis and Plotting. Waterloo Hydrogeologic. Versión 3.7

Calmels, A. P., 1996. Bosquejo Geomorfológico de la Provincia de La Pampa. UNLPam. Santa Rosa. 106 p.

Camilletti, C. y M.G. Dalmaso, 2005. “Exploración estadística de las concentraciones de nitratos en Santa Rosa (L.P.) y zona de influencia. I Congreso Pampeano del Agua, Santa Rosa, La Pampa, p 60.

Cano, E., G. Casagrande, H. A. Conti, B. Fernández, R. Hevia, J. C. Lea Plaza, D. Maldonado Pinedo, H. Martínez, M. A. Montes y C. A. Peña Zubiate, 1980. Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la provincia de La Pampa. INTA-Gobierno de La Pampa-UNLPam, 493 p, Santa Rosa.

Castro, E., 1996a. Informe sobre la evaluación de los pozos de explotación N°1, N°2 y N°3 en Miguel Riglos, La Pampa. Biblioteca de la Administración Provincial del Agua. Est. 20 (112).

Castro, E., 1996b. Informe sobre el funcionamiento del servicio. Propuesta de nuevas perforaciones en Miguel Riglos, La Pampa. Biblioteca de la Administración Provincial del Agua. Est. 26 (49).

Castro, E., 1997. Perforación N°4 en Miguel Riglos, La Pampa. Biblioteca de la Administración Provincial del Agua. Est 26 (48).

Ceccani Olave, H., E. Mariño y M. G. Dalmaso, 2007. “Impactos de los efluentes domiciliarios sobre el agua subterránea en el área Santa Rosa-Toay, La Pampa, Argentina”. IX Congreso Latinoamericano de Hidrogeología Subterránea. Quito, Ecuador, (CD).

Código Alimentario Argentino actualizado, 2007. Art 982/07. Capítulo XII. Bebidas hídricas, agua y aguas gasificadas. Buenos Aires. 65 pp.

Coletto, I. y M. T. Maestro, 1988. “Aguas Subterráneas: Instrumentación, medida y toma de muestra”. Recogida y conservación de muestras (a) y Medición en campo de constituyentes inestables (b). En Guirguí, A., L. Candela y J. M. Pascual (Eds). Barcelona.

Comisión Técnica Acueducto Río Colorado, 1996. “Estudios y proyectos del acueducto del Río Colorado”. Primera etapa. Estudios preliminares. Comisión Técnica Acueducto Río Colorado (COTARC). Provincia de La Pampa. Ministerio de Hacienda, Obras y Servicios Públicos. Tomo I. 342 pág.

Cufre, A.C., 2011. Evaluación de la contaminación del agua subterránea en una zona urbana y periurbana a General Acha, La Pampa”. Tesina de Grado, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNLPam, Santa Rosa. (Inédito)

Custodio, E y M. R. Llamas, 1983. Hidrología Subterránea. Edición Omega SA., Segunda Edición. Barcelona. Vol. I y II, 2359 pp.

Dalmaso, M.G., D. E. Martínez, E. E. Mariño, 1999. “Contaminación por efluentes de la industria frigorífica: El caso del acuífero arenoso de General Pico”. II Congreso de Hidrología Subterránea y IV Seminario Hispano Argentino sobre temas actuales de la Hidrología Subterránea.

Dalmaso, M.G y J. Tullio, 2006. Perforación N°5 en Miguel Riglos, La Pampa. Biblioteca de la Administración Provincial del Agua.

Dalmaso, M.G., E. Mariño y J. Tullio, 2007. "Análisis de la calidad del agua de pozos de provisión a la localidad de Catriló, La Pampa, Argentina". V Congreso Argentino de Hidrogeología, III Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de la Hidrología Subterránea, Paraná, 16 al 19 de octubre de 2007. Actas: 81-90

Dalmaso, M.G y J. Tullio, 2008. Informe técnico sobre las perforaciones de exploración N°4 y N°5 en la localidad de Miguel Riglos, La Pampa. Biblioteca de la Administración Provincial de Agua, 6 pp.

Dirección General de Estadística y Censo, 2001. Publicaciones estadística anuales. Gobierno de La Pampa. Santa Rosa.

<http://www.estadisticalapampa.gov.ar>

Echevarria, K., 2009. “Evaluación de la calidad del agua subterránea para consumo humano en Ingeniero Thompson”. Tesina de Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de La Pampa.

Fernández, Ma. A. y E. E. Mariño, 2002. “Evaluación de los contenidos de nitratos en los alrededores de General Acha, La Pampa, Argentina” Actas XXXII Congreso de Aguas Subterráneas. En *Groundwater and Human Development*”. Eds.: Bocanegra, E., Martínez, D., y Massone, H. Mar del Plata, Argentina.

Fernández, Natalia R., 2005. “Estudio de la concentración de nitratos, nitritos y amonio en el agua de consumo del Partido de Moreno, Provincia de Buenos Aires”. Trabajo de investigación de grado correspondiente a la carrera de Ingeniería en Ecología. Universidad de Flores.

Fiore, J.M; Castro, A.; Medici, M.E.; Giménez, M.; Suero, E. y Turcuman, M.H., 2002. “Contaminantes de origen antrópico en aguas subterráneas San Juan – Argentina. Vulnerabilidad e indicadores hidroquímicos”. IV Congreso de Hidrología Subterránea y II Seminario Hispano Argentino sobre temas actuales de la Hidrología Subterránea.

Fritsch, P. y De Saint Blanquat, G., 1984. “La contaminación por los nitratos”. *Mundo científico* n. 52. vol.5 1172-1181.

Foster, S. S. D., 1987. Fundamental concepts in Acuífer Vulnerability Pollution Risk and Protection Strategy. Proceedings of International Conference: Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants. Noordwijk, Países Bajos.

Foster, S.S.D y R. Hirata, 1991. Determinación del Riesgo de Contaminación de Aguas Subterráneas, una Metodología basada en Datos Existentes. CEPIS, 81p.

Giai, S y J.O. Tullio, 1998. “Características de los Principales Acuíferos de la Provincia de La Pampa”. *Revista Huellas*. Publicación del Instituto de Geografía. Facultad de Humanas. Universidad Nacional de La Pampa. 21-62p.

Hirata R. y A. Reboucas, 2001. La protección de los recursos hídricos subterráneos: Una visión integrada, basada en perímetros de protección de pozos y vulnerabilidad de acuíferos. Medio Ambiente Online.

<http://www.medioambienteonline.com/site/root/index.html>

Holzman, Mauro E., 2008. “Caracterización hidrogeológica-ambiental de la zona urbana y rural de la localidad de Macachín”. Tesina de Grado. Facultad de Ciencia Exactas y Naturales. UNLPam. Santa Rosa.

Iribarra, M. de los Angeles, 2006. Caracterización geoambiental en el área de Quemú Quemú con énfasis en los recursos Hídricos. Tesina de Grado. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. UNLPam. Santa Rosa. 59 pp.

Ley 1027/80 y Decreto N° 193/81. Reglamento que establece el Régimen de Interés Público Provincial para asegurar la Conservación y Uso Racional de las fuentes de agua potable. Ministerio de Obras Públicas, APA. Dirección General de SAPASA.

Lewis, W. J., S. S. D. Foster & B. S Drasar, 1988. “Análisis de contaminación de las aguas subterráneas por sistemas de saneamiento básico”. Pan American Center for Sanitary Engineering and Environmental Sciences, World Health Organization, and Pan American Health Organization, Lima, Peru. 82 pp.

Malán, J.M., 1981. Aspectos Geohidrológicos más salientes de la Provincia de La Pampa. Fascículo 5. Primeras Jornadas de Geología de la Provincia de La Pampa. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de La Pampa.

Malán, J.M., 1983. Estudio hidrogeológico para el abastecimiento de agua potable a la localidad de General Pico, departamento Maracó, provincia de La Pampa. Informe Preliminar. Coloquio de Hidrología de Grandes Llanuras, Actas III: 1449-1457, Olavarría.

Malán, J.M., 1986. Informe sobre la construcción de un pozo de explotación en la Municipalidad de Miguel Riglos, La Pampa. Biblioteca de la Administración Provincial del Agua. Est 24 (38).

Malán, J.M. y C. Miglianelli, 1987. Informe sobre los estudios hidrogeológicos y nuevas perforaciones de explotación para mejoramiento del servicio de agua potable en Miguel Riglos, La Pampa. Biblioteca de la Administración Provincial del Agua. Est. 25 (20).

Malán, J, Mariño E. y G. Casagrande. 1997. Estimación de la infiltración eficaz en dos sectores del acuífero Santa Rosa-Anguil, Provincia de la Pampa. Actas I Congreso Nacional de Hidrogeología. UNS. Bahía Blanca, Argentina. 153-163.

Malán J.M., 2007. Informe sobre el estado de situación de los pozos que abastecen el servicio de agua potable de la localidad de Miguel Riglos. Administración Provincial del Agua. Subsecretaría de Obras y Servicios Públicos. Gobierno de La Pampa.

Malán J.M., B. Buitrón y C. Arroyo, 2009. “Estudio de factibilidad de aprovechamiento de agua subterránea para uso sanitario en el área urbana de Jacinto Arauz”. VI Congreso Argentino de Hidrogeología. Asociación Internacional de Hidrogeólogos. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de La Pampa. Editores: L. Vives, E. Custodio Gimena y L. Rodríguez. Pág. 43-52

Mariño, E., 2003. “Sistema hidrogeoquímico de un acuífero libre en ambiente medanoso en el área General Pico-Dorila, provincia de La Pampa”. Tesis Doctoral en Ciencias Geológicas. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. 142 p.

Minghinelli, L. F., 1995. Geohidrología del acuífero freático en la cuenca de los Arroyos Martín y Carnaval (Partido de La Plata). Evaluación del impacto ambiental y carga contaminante. Informe Final Beca de Estudio CIC, La Plata, Inédito. 193 pp.

Perdomo, C.H., O.N. Casanova y V.S Ciganda, 2001. “Contaminación de aguas subterráneas con nitratos y coliformes en el Litoral Sudoeste del Uruguay”. Agrociencia. Vol V N°1 pág. 10-22.

Peroni, M. I., 2005. “Estudio de la vulnerabilidad y calidad del agua del acuífero que abastece a la localidad de Macachín, La Pampa”. Tesina de Grado, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNLPam, Santa Rosa.

Rocha, V. y G. Baudino, 2002. “Contaminación con nitratos en el Norte de Salta Capital, Noreste argentino”. Actas XXXII Congreso de Aguas Subterráneas, Mar del Plata, Argentina. Groundwater and Human Development. Bocanegra, E., Martinez, D., Massone, H. (Editores). pág. 480-488.

Saracho, M., L. Segura, P. Moyano, N. Rodríguez, 2004. “Variación espacio-temporal de la concentración de nitratos en el agua subterránea de la ciudad capital, Provincia de Catamarca”.

Schulz, C; 1995. “Hidrogeología del Ambiente Central del Valle Argentino, La Pampa Argentina, con énfasis en la dinámica del acuífero libre” (informe preliminar), Departamento de Geografía, Facultad de Ciencias Humana, UNLPam.

Schulz, C. J., 1999. Apuntes de Hidrología Ambiental. Ed Talleres Gráficos Nexo/di Napoli. Pág 190.

Schulz, C.J., E.C. Castro y M. G. Dalmaso, 2002. “Hidrogeoquímica del acuífero del valle argentino (L.P). Aptitud del agua para uso humano y rural”. XXXII Congreso AIH - VI Congreso ALHSUD “Aguas subterráneas y desarrollo humano”. Mar del Plata, octubre de 2002. Actas CD, Tópico 2.

Schulz, C.J., 2004. “Estudio Hidrogeológico del Área Central del Valle Argentino, La Pampa, Argentina”. Elaboración de una Propuesta de Gestión de los Recursos Hídricos. Tesis Doctoral. UNC. Argentina.

Walton, G., 1951. “Survey of Literature Relating to Infant Methemoglobinemia Due to Nitrate – Contaminated Water.” American Journal of Public Health, 41:986-996.

World Health Organization (WHO), 2004. “Guidelines for drinking-water quality”. 3ª ed, 366 p, Ginebra.

Zamora, A., A. Folabella, J. Pérez Guzzi, S. Dominguez y L. De Luca, 2001.
“Contaminación microbológica en aguas de pozo. Partido General Pueyrredón. Provincia de Buenos Aires. Argentina. Groundwater and human development.

ANEXO I

Tabla 1. ETP

MES	T °C	i
ENERO	22,9	10,01
FEBRERO	21,6	9,17
MARZO	19,4	7,79
ABRIL	15,2	5,38
MAYO	11,1	3,34
JUNIO	7,9	2
JULIO	7,3	1,77
AGOSTO	9,4	2,6
SEPTIEMBRE	12,1	3,81
OCTUBRE	15,6	5,6
NOVIEMBRE	18,7	7,37
DICIEMBRE	21,7	9,23
	I	68,07
	a	1,56

Tabla 2. ETP – THORNTHWAITE

MES	ETP Sin Ajustar	ETP Ajustada
ENERO	106,18	131,48
FEBRERO	96,92	105,71
MARZO	81,97	95,43
ABRIL	56,02	52,65
MAYO	34,3	30,24
JUNIO	20,18	16,31
JULIO	17,84	15,36
AGOSTO	26,47	24,93
SEPTIEMBRE	39,25	38,92
OCTUBRE	58,34	66,01
NOVIEMBRE	77,4	90,81
DICIEMBRE	97,63	122,74
		790,59

Tabla 3. ETR- TURC

MES	P (mm)	T °C
ENERO	106,01	22,9
FEBRERO	93,7	21,6
MARZO	126,07	19,4
ABRIL	68,2	15,2
MAYO	42,89	11,1
JUNIO	26,9	7,9
JULIO	27,15	7,3
AGOSTO	31,91	9,4
SEPTIEMBRE	52,13	12,1
OCTUBRE	99,36	15,6
NOVIEMBRE	96,79	18,7
DICIEMBRE	112,61	21,7
	883,72	15,2

$$L = 300 + 25 * t + 0,05 * t^3 = \mathbf{855,59}$$

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

$$ETR = \mathbf{630,14}$$

Tabla 4. Evolución de la calidad Físico-Química del agua de suministro de la localidad de Miguel Riglos correspondiente al Pozo N° 1.

P	FECHA	RESIDUO	CONDUC	Ph	Cl-	SO4=	ALCALIN.	CO3=	CO3H-	DUREZA	Ca++	Mg++	Fe+++	NO3-	NO2-	NH4+	F-	As	Na+	K+	RAS
		SECO	TIVIDAD		mg/l	mmho/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1	01/07/88	359	540	8,2	8	22	224	0	224	172	26	26	S/D	15	S/D	S/D	1,1	< 0,04	S/D	S/D	S/D
1	01/10/91	437	585	7,7	16	28	260	0	260	152	30	19	S/D	S/D	S/D	S/D	1,4	0,05	S/D	S/D	S/D
1	01/03/92	437	585	7,7	16	28	260	0	260	152	30	19	S/D	14	S/D	S/D	1,4	0,05	S/D	S/D	S/D
1	15/05/94	365	505	7,8	12	21	280	0	280	128	30	13	S/D	13	< 0,01	S/D	1,8	0,1	68,9	7,8	2,6
1	13/03/95	386	471	7,6	20	20	256	0	256	140	29	16	S/D	7	S/D	S/D	1,9	0,05	92	3,9	3,4
1	23/07/96	384	459	8	12	104	280	0	280	152	27	20	S/D	6	0	S/D	2,2	0,08	92	7,8	3,3
1	20/08/97	351	450	8,15	16	12	288	0	288	100	17	14	S/D	9,5	0	S/D	4,09	0,05	92	5,85	
1	11/05/98	S/D	490,5	7,91	26	18	286	0	286	128	27	14,58	0	15,7	0	S/D	1,98	0,045	S/D	S/D	
1	06/04/99	425	443	7,96	16	12	282	0	282	152	38	13,85	0	14,9	0	S/D	1,88	0,05	S/D	S/D	
1	03/05/00	491	530,5	8,32	14	11	268	16	252	136	28	16,05	0	13,2	0	S/D	2,09	0,04	S/D	S/D	
1	22/05/01	505	558,5	8,21	14	15	280	0	280	116	23,5	14,09	0	18,6	0	S/D	1,95	0,04	S/D	S/D	
1	24/09/02	557	627	8,62	10	15	328	20	308	96	22	9,72	S/D	20,6	S/D	S/D	2,56	0,06	S/D	S/D	
1	19/05/03	504	557	8,28	10	12	272	0	272	128	35	9,72	S/D	21,4	S/D	S/D	1,99	0,04	S/D	S/D	
1	13/07/04	558	617	8,61	17	13,95	304	10	294	118	23	14,58	0,01	12,85	< 0,001	S/D	2,08	< 0,04	S/D	S/D	
1	08/06/05	513	567,5	8,18	10	15,3	288	6	282	124	27	13,61	0,01	15,8	< 0,001	S/D	1,78	< 0,04	S/D	S/D	
1	12/06/06	445,5	585	8,47	12	33,5	310	10	300	104	26,5	12,15	S/D	10,1	S/D	S/D	2,43	0,05	S/D	S/D	
1	11/06/07	404	643,75	8,32	14	23,4	313	12,5	300	104,5	22	11,9	S/D	12,16	< 0,01	S/D	2,41	0,04	92	7,8	
1	03/03/08	471,5	577	8,2	10	21,25	304	0	304	118	23	14,58	S/D	13,05	S/D	S/D	2,42	0,04	S/D	S/D	
1	02/03/09	426,5	595	8,15	20	11,1	292	0	292	128	28	14,09	S/D	13,15	S/D	S/D	2,32	0,05	S/D	S/D	
1	01/03/10	430	584,5	8,05	16	8,06	312	16	296	124	31	11,17	S/D	13,13	S/D	S/D	2,5	< 0,04	S/D	S/D	
	MÁXIMA	558,00	643,75	8,62	26,00	104,00	328,00	20,00	308,00	172,00	38,00	26,00	0,01	21,40	< 0,01	S/D	4,09	0,10	92,00	7,80	
	MÍNIMA	351,00	443,00	7,60	8,00	8,06	224,00	0,00	224,00	96,00	17,00	9,72	0,00	6,00	0,00	S/D	1,10	< 0,04	68,90	3,90	
	MEDIA	444,71	548,56	8,12	14,45	22,23	284,33	4,53	279,80	128,63	27,15	14,85	0,00	13,64	0,00	S/D	2,11	0,05	87,38	6,63	

Tabla 5. Evolución de la calidad Físico-Química del agua de suministro de la localidad de Miguel Riglos correspondiente al Pozo N° 2.

P	FECHA	RESIDUO SECO	CONDUCTIVIDAD	Ph	Cl-	SO4=	ALCALIN. TOTAL	CO3=	CO3H-	DUREZA TOTAL	Ca++	Mg++	Fe+++	NO3-	NO2-	NH4+	F-	As	Na+	K+	RAS
		mg/l	mmho/cm		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
2	01/05/89	379	568	S/D	8	11	256	28	228	176	24	28	S/D	17	S/D	S/D	1	<0,04	S/D	S/D	S/D
2	01/07/90	412	516	8,2	12	45	240	0	240	204	27	33	S/D	17	S/D	S/D	1	S/D	S/D	S/D	S/D
2	01/10/91	396	592	7,7	16	17	260	0	260	124	29	12	S/D	S/D	S/D	S/D	1,2	0,04	S/D	S/D	S/D
2	01/03/92	396	592	7,7	16	17	260	0	260	124	29	12	S/D	10	S/D	S/D	1,2	<0,04	S/D	S/D	S/D
2	15/05/94	403	510	7,8	12	27	280	0	280	100	22	11	S/D	10	0,02	S/D	1,6	0,05	68,9	7,8	3
2	13/03/95	390	480	7,4	16	29	256	0	256	120	32	9,7	1,1	25	S/D	S/D	1,7	0,05	92	7,8	3,6
2	23/07/96	412	488	8,1	12	87	272	0	272	144	29	17	S/D	8,2	0	S/D	2	0,08	92	3,9	3,3
2	20/08/97	345	427,5	8,16	28	13	232	0	232	108	21	13	S/D	10	0	S/D	1,82	<0,04	69	5,85	
2	11/05/98	396	606	8,05	20	23	300	0	300	128	27	14,58	0	10,4	0	S/D	1,85	<0,04	S/D	S/D	
2	06/04/99	450	467	8,1	16	11,5	276	0	276	172	40	17,5	0	12	0	S/D	1,84	0,04	S/D	S/D	
2	28/11/00	515	570	8,35	16	21	276	12	264	112	29	9,7	0	12	0	S/D	1,97	<0,04	S/D	S/D	
2	22/05/01	530	586,5	8,25	14	22	280	0	280	126	26,5	14,58	0	13,75	0	S/D	1,87	0,05	S/D	S/D	
2	24/09/02	533	590	8,58	16	20	300	12	288	120	27	12,64	S/D	14,8	S/D	S/D	2,07	<0,04	S/D	S/D	
2	19/05/03	476	526	8,59	10	1	264	12	252	116	32	8,75	S/D	3,3	S/D	S/D	1,86	<0,04	S/D	S/D	
2	13/07/04	531,5	587,5	8,62	16	19,15	280	8	272	112	25,5	11,67	0,01	16,65	0,001	S/D	1,78	<0,04	S/D	S/D	
2	08/06/05	541,5	599	8,28	14	19,85	298	12	286	132	29	14,33	0,01	13,5	0,001	S/D	1,84	0,04	S/D	S/D	
2	12/06/06	444,5	600,5	8,61	18	22,4	302	16	286	94	14,5	10,93	S/D	10,35	S/D	S/D	2,08	0,05	S/D	S/D	
2	11/06/07	415,33	631,5	8,4	14,5	20,9	297	17,5	286,5	100,5	21,75	11,18	S/D	12,26	0,01	S/D	2,41	0,05	S/D	7,8	
2	03/03/08	403	594,5	8,31	18	23,5	306	0	306	115,5	23,5	14,09	S/D	10,4	S/D	S/D	2,16	<0,04	S/D	S/D	
2	02/03/09	429	619	8,38	20	21,8	300	16	284	100	24	9,72	S/D	9,4	S/D	S/D	2,18	0,06	S/D	S/D	
2	01/03/10	430	582	8,16	22	12,15	314	16	298	114	29	10,2	S/D	9,4	S/D	S/D	2,3	0,06	S/D	S/D	
	MÁXIMA	541,50	631,50	8,62	28,00	87,00	314,00	28,00	306,00	204,00	40,00	33,00	1,10	25,00	0,02	S/D	2,41	0,08	92,00	7,80	
	MÍNIMA	345,00	427,50	7,40	8,00	1,00	232,00	0,00	228,00	94,00	14,50	8,75	0,00	3,30	0,00	S/D	1,00	<0,04	68,90	5,85	
	MEDIA	439,42	558,71	8,19	15,93	23,06	278,52	7,12	271,74	125,81	26,75	14,07	0,16	12,27	0,00	S/D	1,80	0,05	80,48	6,83	

Tabla 6. Evolución de la calidad Físico-Química del agua de suministro de la localidad de Miguel Riglos correspondiente al Pozo N° 3.

P	FECHA	RESIDUO	CONDUC	Ph	Cl-	SO4=	ALCALIN.	CO3=	CO3H-	DUREZA	Ca++	Mg++	Fe+++	NO3-	NO2-	NH4+	F-	As	Na+	K+	RAS
		SECO	TIVIDAD		mg/l	mmho/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
3	01/05/89	335	540	S/D	8	18	204	0	204	172	29	24	S/D	17	S/D	S/D	1,4	<0,04	S/D	S/D	S/D
3	01/07/90	409	559	8,1	12	15	248	0	248	120	16	19	S/D	25	S/D	S/D	1,4	0,04	S/D	S/D	S/D
3	01/10/91	410	620	7,7	16	21	272	0	272	104	26	10	S/D	S/D	S/D	S/D	1	0,05	S/D	S/D	S/D
3	01/03/92	410	620	7,7	16	21	272	0	272	104	26	10	S/D	10	S/D	S/D	1	0,05	S/D	S/D	S/D
3	15/05/94	386	510	7,9	20	25	228	0	228	136	29	15	S/D	34	0,01	S/D	1,7	0,05	45,9	7,8	1,7
3	13/03/95	388	476	7,6	22	18	220	0	220	152	32	17	S/D	33	S/D	S/D	1,7	<0,04	69	3,9	2,4
3	22/07/96	405	476	8,1	20	63	228	0	228	164	32	20	S/D	32	0	S/D	1,9	0,05	69	3,9	2,3
3	20/08/97	432	450	8,1	20	16	248	0	288	160	37	16	S/D	30	0	S/D	1,87	<0,04	69	3,9	
3	11/05/98	373	469,5	7,82	18	15,5	246	0	246	164	34	19,44	0	33,3	0	S/D	1,53	<0,04	S/D	S/D	
3	06/04/99	364	477	8,03	22	17,5	258	0	258	156	42	12,39	0	46,8	0	S/D	1,84	<0,04	S/D	S/D	
3	03/05/00	509,5	550	8,3	24	21	228	18	210	170	38	17,95	0	45	0	S/D	1,76	<0,04	S/D	S/D	
3	22/05/01	491	543	8,3	18	20,5	212	4	208	138	32	14,09	0	50,6	0	S/D	1,55	<0,04	S/D	S/D	
3	13/07/04	580,5	642	8,41	23	24	236	8	228	145	40	10,98	0,01	78	<0,004	S/D	1,39	<0,04	S/D	S/D	
3	08/06/05	560	619,5	8,12	22	21,4	252	4	248	158	28	21,38	0,08	64,95	<0,001	S/D	1,68	<0,04	S/D	S/D	
3	12/06/06	439	617	8,31	26	28,15	236	4	232	182	37	21,87	S/D	69,4	S/D	S/D	1,79	<0,04	S/D	S/D	
3	11/06/07	468	689,5	8,32	24,5	27,23	266,5	8,5	258	162	28,75	21,99	S/D	68,2	<0,01	S/D	2,07	<0,04	92	7,8	
3	03/03/08	467,5	625	8,24	24	24,25	268	0	268	165	33,5	19,68	S/D	56,7	S/D	S/D	2,23	<0,04	S/D	S/D	
3	02/03/09	435	665,5	8,11	28	22,1	260	0	260	152	37	14,58	S/D	64,25	S/D	S/D	2,1	<0,04	S/D	S/D	
	MÁXIMA	580,50	689,50	8,41	28,00	63,00	272,00	18,00	288,00	182,00	42,00	24,00	0,08	78,00	0,01	S/D	2,23	0,05	92,00	7,80	
	MÍNIMA	335,00	450,00	7,60	8,00	15,00	204,00	0,00	204,00	104,00	16,00	10,00	0,00	10,00	0,00	S/D	1,00	<0,04	45,90	3,90	
	MEDIA	436,81	563,83	8,07	20,19	23,26	243,47	2,58	243,11	150,22	32,07	16,96	0,02	44,60	0,00	S/D	1,66	0,05	68,98	5,46	

Tabla 7. Evolución de la calidad Físico-Química del agua de suministro de la localidad de Miguel Riglos correspondiente al Pozo N° 4.

P	FECHA	RESIDUO	CONDUC	Ph	Cl-	SO4=	ALCALIN.	CO3=	CO3H-	DUREZA	Ca++	Mg++	Fe+++	NO3-	NO2-	NH4+	F-	As	Na+	K+
		SECO	TIVIDAD		mg/l	mmho/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
4	11/05/98	300	334	7,58	14	12	234	0	234	132	24	17,5	0	11,8	0	S/D	1,35	<0,04	S/D	S/D
4	06/04/99	420	409,5	8,01	14	11	260	0	260	200	27	32,2	0	11,8	0	S/D	1,86	<0,04	S/D	S/D
4	03/05/00	447,5	429,5	8,34	14	9	238	22	216	118	23	14,6	0	11,2	0	S/D	1,64	<0,04	S/D	S/D
4	12/06/06	394,5	513,5	8,46	12	30,7	254	10	244	118	26	13,12	S/D	19,15	S/D	S/D	1,75	<0,04	S/D	S/D
4	11/06/07	396,33	589,25	8,43	14	24,36	270	7,5	262,5	111,5	26,5	10,93	S/D	19,96	<0,01	S/D	2,18	<0,04	92	7,8
4	03/03/08	399,5	539,5	8,34	16	21,15	279	0	279	116	24	13,6	S/D	21,1	S/D	S/D	2,36	<0,04	S/D	S/D
4	02/03/09	426,5	578	8,13	15	15,7	270	0	270	122	25	14,58	S/D	23,15	S/D	S/D	2,33	<0,04	S/D	S/D
4	01/03/10	401	542,5	8,21	18	9,15	274	18	256	122	27	13,12	S/D	24,25	S/D	S/D	2,3	<0,04	S/D	S/D
	MÁXIMA	447,50	589,25	8,46	18,00	30,70	279,00	22,00	279,00	200,00	27,00	32,20	0,00	24,25	<0,01	S/D	2,36	0,00	92,00	7,80
	MÍNIMA	300,00	334,00	7,58	12,00	9,00	234,00	0,00	216,00	111,50	23,00	10,93	0,00	11,20	0,00	S/D	1,35	<0,04	92,00	7,80
	MEDIA	398,17	491,97	8,19	14,63	16,63	259,88	7,19	252,69	129,94	25,31	16,21	0,00	17,80	0,00	S/D	1,97	#iDIV/0!	92,00	7,80

Tabla 8. Evolución de la calidad Físico-Química del agua de suministro de la localidad de Miguel Riglos correspondiente al Pozo N° 5.

P	FECHA	RESIDUO	CONDUC	Ph	Cl-	SO4=	ALCALIN.	CO3=	CO3H-	DUREZA	Ca++	Mg++	Fe+++	NO3-	NO2-	NH4+	F-	As	Na+	K+
		SECO	TIVIDAD		mg/l	mmho/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
5	30/10/07	291	350	8,36	6	14,5	166	0	162	88	15,5	11,9	S/D	11,2	<0,01	S/D	2,32	<0,04	46	3,9
5	14/07/08	207	251	8,39	8	10,3	148	0	148	84	16	10,69	S/D	4,8	S/D	S/D	2,11	<0,04	S/D	S/D
5	02/03/09	348	463	8,24	11	14,4	226	0	226	104	24	10,69	S/D	12,4	S/D	S/D	2,48	<0,04	S/D	S/D
5	01/03/10	341	482	8,24	14	9,35	234	16	218	126	26,5	14,58	S/D	16,5	S/D	S/D	2,34	<0,04	S/D	S/D
	MÁXIMA	348,00	482,00	8,39	14,00	14,50	234,00	16,00	226,00	126,00	26,50	14,58	S/D	16,50	<0,01	S/D	2,48	<0,04	46,00	3,90
	MÍNIMA	207,00	251,00	8,24	6,00	9,35	148,00	0,00	148,00	84,00	15,50	10,69	S/D	4,80	0,00	S/D	2,11	<0,04	46,00	3,90
	MEDIA	296,75	386,50	8,31	9,75	12,14	193,50	4,00	188,50	100,50	20,50	11,97	S/D	11,23	0,00	S/D	2,31	<0,04	46,00	3,90

Tabla 9. Evolución de la calidad Bacteriológica del agua de suministro de la localidad de Miguel Riglos. Pozo N° 1. (1997-2011)

NUMERO de ANÁLISIS	FECHA RECEPCIÓN	FECHA SIEMBRA	DENOMINACION POZO	CLORO TOTAL	CLORO LIBRE	CLORACION	AEROBIAS	COLIFORMES	COLIFECALES	PSEUDOMONAS	CLASIFICACION
29531	01/07/1997	01/07/1997	03B03/06Ep				30	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
29623	26/08/1997	26/08/1997	03B03/06Ep				2	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
29771	05/11/1997	05/11/1997	03B03/06Ep				2	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
29885	13/02/1998	13/02/1998	03B03/06Ep				8	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30023	12/05/1998	12/05/1998	03B03/06Ep				4	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30214	30/10/1998	30/10/1998	03B03/06Ep				3	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30384	06/04/1999	07/04/1999	03B03/06Ep				3	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30532	27/07/1999	28/07/1999	03B03/06Ep				< 1	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30643	19/10/1999	19/10/1999	03B03/06Ep				< 1	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30748	18/01/2000	19/01/2000	03B03/06Ep				< 1	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30872	03/05/2000	03/05/2000	03B03/06Ep				< 1	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30986	01/08/2000	01/08/2000	03B03/06Ep				< 1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31144	28/11/2000	28/11/2000	03B03/06Ep				9	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31236	27/02/2001	27/02/2001	03B03/06Ep				< 1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31340	22/05/2001	22/05/2001	03B03/06Ep				4	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31437	07/08/2001	08/08/2001	03B03/06Ep				2	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31561	13/11/2001	13/11/2001	03B03/06Ep				40	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31655	10/07/2002	10/07/2002	03B03/06Ep				6	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31745	24/09/2002	25/09/2002	03B03/06Ep				6	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31867	04/03/2003	04/03/2003	03B03/06Ep				34	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31984	19/05/2003	19/05/2003	03B03/06Ep				17	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32067	28/07/2003	28/07/2003	03B03/06Ep				27	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32197	03/03/2004	03/03/2004	03B03/06Ep				17	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32287	19/05/2004	19/05/2004	03B03/06Ep				6	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32402	08/09/2004	08/09/2004	03B03/06Ep				13	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32471	25/10/2004	25/10/2004	03B03/06Ep				23	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32575	01/03/2005	01/03/2005	03B03/06Ep				<1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32675	17/05/2005	17/05/2005	03B03/06Ep				12	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32789	22/08/2005	22/08/2005	03B03/06Ep				16	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32923	29/11/2005	29/11/2005	03B03/06Ep				3	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33009	04/04/2006	04/04/2006	03B03/06Ep				30	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33122	12/06/2006	12/06/2006	03B03/06Ep				12	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33182	04/09/2006	04/09/2006	03B03/06Ep				9	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33279	13/11/2006	13/11/2006	03B03/06Ep				6	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33389	26/03/2007	26/03/2007	03B03/06Ep				1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33454	11/06/2007	11/06/2007	03B03/06Ep				23	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33518	24/09/2007	24/09/2007	03B03/06Ep				17	6.0	0.0	Ausencia	Deficiente Alta
33635	03/03/2008	03/03/2008	03B03/06Ep				42	7.0	0.0	Ausencia	Deficiente Alta

33743	14/07/2008	15/07/2008	03B03/06Ep				1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33841	06/10/2008	07/10/2008	03B03/06Ep				5	7	0.0	Ausencia	Deficiente Alta
33967	02/03/2009	03/03/2009	03B03/06Ep				20	0.0	0.0	Ausencia	Deficiente Leve
34147	28/07/2009	29/07/2009	03B03/06Ep				10	0.0	0.0	Ausencia	Buena
34233	19/10/2009	20/10/2009	03B03/06Ep				20	0.0	0.0	Ausencia	Buena
34366	02/03/2010	08/03/2010	03B03/06Ep				<1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
34474	18/05/2010	01/06/2010	03B03/06Ep				<1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
34594	07/09/2010	08/09/2010	03B03/06Ep				3	0.0	0.0	Ausencia	Buena
34784	30/05/2011	31/05/2011	03B03/06Ep				4	0.0	0.0	Ausencia	Buena

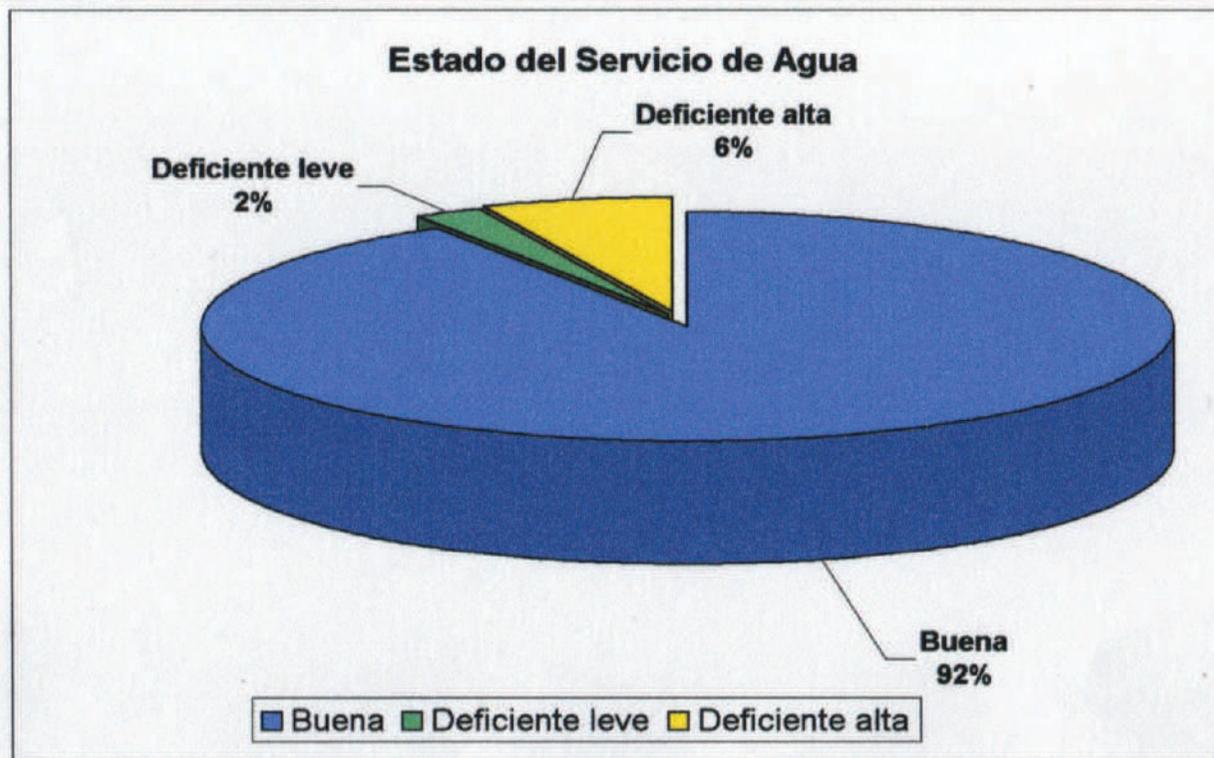


Tabla 10. Evolución de la calidad Bacteriológica del agua de suministro de la localidad de Miguel Riglos. Pozo N° 2. (1997-2011)

NUMERO de ANÁLISIS	FECHA RECEPCIÓN	FECHA SIEMBRA	DENOMINACION POZO	CLORO TOTAL	CLORO LIBRE	CLORACION	AEROBIAS	COLIFORMES	COLIFECALES	PSEUDOMONAS	CLASIFICACION
29368	08/04/1997	08/04/1997	03B03/07Ep				16	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
29531	01/07/1997	01/07/1997	03B03/07Ep				-----	< 2.2	0.0	Presencia	Malá
29623	26/08/1997	26/08/1997	03B03/07Ep				20	< 2.2	0.0	Presencia	Malá
29666	17/09/1997	17/09/1997	03B03/07Ep				10	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
29771	05/11/1997	05/11/1997	03B03/07Ep				8	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
29885	13/02/1998	13/02/1998	03B03/07Ep				25	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30023	12/05/1998	12/05/1998	03B03/07Ep				3	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30384	06/04/1999	07/04/1999	03B03/07Ep				< 1	< 2.2	0.0	Presencia	Malá
30423	06/05/1999	06/05/1999	03B03/07Ep				10	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30532	27/07/1999	28/07/1999	03B03/07Ep				40	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30643	19/10/1999	19/10/1999	03B03/07Ep				3	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30748	18/01/2000	19/01/2000	03B03/07Ep				3	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30986	01/08/2000	01/08/2000	03B03/07Ep				28	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31144	28/11/2000	28/11/2000	03B03/07Ep				< 1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31236	27/02/2001	27/02/2001	03B03/07Ep				5	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31340	22/05/2001	22/05/2001	03B03/07Ep				1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31437	07/08/2001	08/08/2001	03B03/07Ep				7	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31561	13/11/2001	13/11/2001	03B03/07Ep				15	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31655	10/07/2002	10/07/2002	03B03/07Ep				3	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31745	24/09/2002	25/09/2002	03B03/07Ep				4	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31867	04/03/2003	04/03/2003	03B03/07Ep				3	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31964	19/05/2003	19/05/2003	03B03/07Ep				20	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32067	28/07/2003	28/07/2003	03B03/07Ep				7	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32197	03/03/2004	03/03/2004	03B03/07Ep				15	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32287	19/05/2004	19/05/2004	03B03/07Ep				4	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32402	08/09/2004	08/09/2004	03B03/07Ep				32	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32471	25/10/2004	25/10/2004	03B03/07Ep				87	9	0.0	Ausencia	Deficiente Alta
32575	01/03/2005	01/03/2005	03B03/07Ep				4	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32675	17/05/2005	17/05/2005	03B03/07Ep				1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32769	22/08/2005	22/08/2005	03B03/07Ep				10	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32923	29/11/2005	29/11/2005	03B03/07Ep				< 1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33009	04/04/2006	04/04/2006	03B03/07Ep				23	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33122	12/06/2006	12/06/2006	03B03/07Ep				8	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33182	04/09/2006	04/09/2006	03B03/07Ep				12	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33279	13/11/2006	13/11/2006	03B03/07Ep				10	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33369	26/03/2007	26/03/2007	03B03/07Ep				< 1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33454	11/06/2007	11/06/2007	03B03/07Ep				39	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33518	24/09/2007	24/09/2007	03B03/07Ep				3	0.0	0.0	Ausencia	Buena

33635	03/03/2008	03/03/2008	03B03/07Ep				17	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33743	14/07/2008	15/07/2008	03B03/07Ep				1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33841	06/10/2008	07/10/2008	03B03/07Ep				<1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33967	02/03/2009	03/03/2009	03B03/07Ep				<1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
34059	01/06/2009	02/06/2009	03B03/07Ep				5	0.0	0.0	Ausencia	Buena
34233	19/10/2009	20/10/2009	03B03/07Ep				18	0.0	0.0	Presencia	Mala
34366	02/03/2010	08/03/2010	03B03/07Ep				2	0.0	0.0	Ausencia	Buena
34474	18/05/2010	01/06/2010	03B03/07Ep				1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
34594	07/09/2010	08/09/2010	03B03/07Ep				1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
34784	30/05/2011	31/05/2011	03B03/07Ep				<1	0.0	0.0	Ausencia	Buena

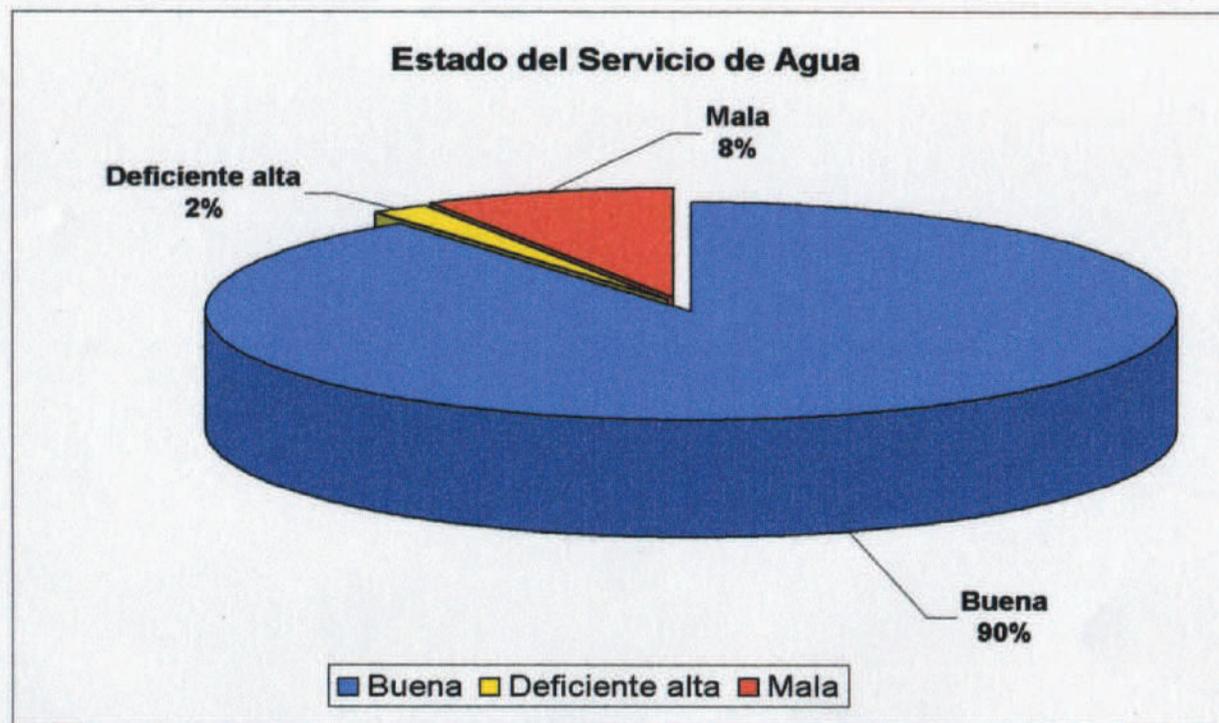


Tabla 11. Evolución de la calidad Bacteriológica del agua de suministro de la localidad de Miguel Riglos. Pozo N° 3. (1997-2009)

NUMERO de ANÁLISIS	FECHA RECEPCIÓN	FECHA SIEMBRA	DENOMINACION POZO	CLORO TOTAL	CLORO LIBRE	CLORACION	AEROBIAS	COLIFORMES	COLIFECALES	PSEUDOMONAS	CLASIFICACION
29368	08/04/1997	08/04/1997	03B03/08Ep				<1	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
29531	01/07/1997	01/07/1997	03B03/08Ep				80	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
29623	26/08/1997	26/08/1997	03B03/08Ep				3	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
29771	05/11/1997	05/11/1997	03B03/08Ep				7	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
29885	13/02/1998	13/02/1998	03B03/08Ep				10	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30023	12/05/1998	12/05/1998	03B03/08Ep				1	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30214	30/10/1998	30/10/1998	03B03/08Ep				1	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30384	06/04/1999	07/04/1999	03B03/08Ep				< 1	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30532	27/07/1999	28/07/1999	03B03/08Ep				15	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30643	19/10/1999	19/10/1999	03B03/08Ep				2	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30748	18/01/2000	19/01/2000	03B03/08Ep				< 1	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30872	03/05/2000	03/05/2000	03B03/08Ep				1	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30986	01/08/2000	01/08/2000	03B03/08Ep				57	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31144	28/11/2000	28/11/2000	03B03/08Ep				1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31236	27/02/2001	27/02/2001	03B03/08Ep				1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31340	22/05/2001	22/05/2001	03B03/08Ep				3	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31437	07/08/2001	08/08/2001	03B03/08Ep				6	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31561	13/11/2001	13/11/2001	03B03/08Ep				10	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31655	10/07/2002	10/07/2002	03B03/08Ep				1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31867	04/03/2003	04/03/2003	03B03/08Ep				< 1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32067	28/07/2003	28/07/2003	03B03/08Ep				3	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32197	03/03/2004	03/03/2004	03B03/08Ep				37	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32287	19/05/2004	19/05/2004	03B03/08Ep				5	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32402	08/09/2004	08/09/2004	03B03/08Ep				< 1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32471	25/10/2004	25/10/2004	03B03/08Ep				> 300	0.0	0.0	Ausencia	Deficiente Leve
32575	01/03/2005	01/03/2005	03B03/08Ep				3	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32675	17/05/2005	17/05/2005	03B03/08Ep				6	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32769	22/08/2005	22/08/2005	03B03/08Ep				30	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32923	29/11/2005	29/11/2005	03B03/08Ep				27	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33009	04/04/2006	04/04/2006	03B03/08Ep				12	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33122	12/06/2006	12/06/2006	03B03/08Ep				1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33182	04/09/2006	04/09/2006	03B03/08Ep				10	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33279	13/11/2006	13/11/2006	03B03/08Ep				31	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33369	26/03/2007	26/03/2007	03B03/08Ep				5	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33454	11/06/2007	11/06/2007	03B03/08Ep				< 1	0.0	0.0	Ausencia	Buena

33518	24/09/2007	24/09/2007	03B03/08Ep				1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33635	03/03/2008	03/03/2008	03B03/08Ep				2	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33743	14/07/2008	15/07/2008	03B03/08Ep				1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33841	06/10/2008	07/10/2008	03B03/08Ep				50	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33967	02/03/2009	03/03/2009	03B03/08Ep				>100	0.0	0.0	Ausencia	Deficiente Leve
34059	01/06/2009	02/06/2009	03B03/08Ep				>100	0.0	0.0	Ausencia	Deficiente Leve
34147	28/07/2009	29/07/2009	03B03/08Ep				>100	0.0	0.0	Ausencia	Deficiente Leve

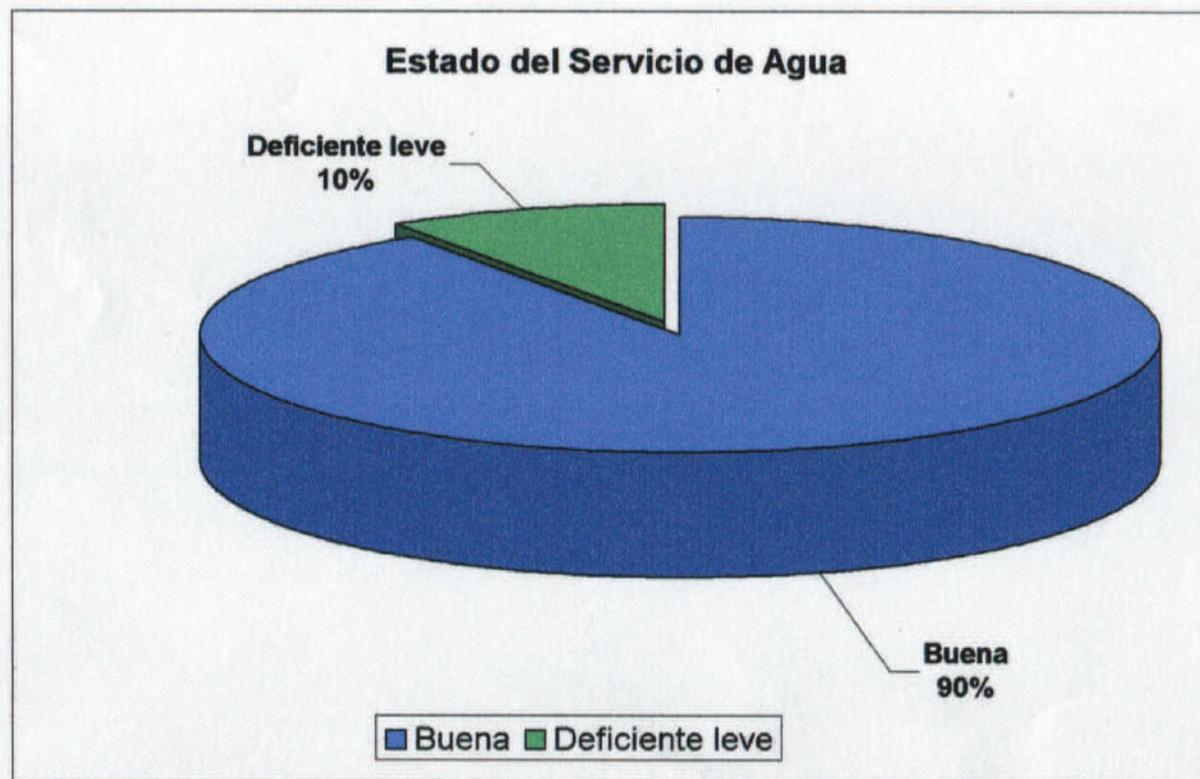


Tabla 12. Evolución de la calidad Bacteriológica del agua de suministro de la localidad de Miguel Riglos. Pozo N° 4. (1997-2011)

NUMERO de ANÁLISIS	FECHA RECEPCIÓN	FECHA SIEMBRA	DENOMINACION POZO	CLORO TOTAL	CLORO LIBRE	CLORACION	AEROBIAS	COLIFORMES	COLIFECALES	PSEUDOMONAS	CLASIFICACION
29531	01/07/1997	01/07/1997	03B06/09Ep				76	< 2.2	0.0	Presencia	Mala
29623	26/08/1997	26/08/1997	03B06/09Ep				7	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
29771	05/11/1997	05/11/1997	03B06/09Ep				4	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
29885	13/02/1998	13/02/1998	03B06/09Ep				5	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30023	12/05/1998	12/05/1998	03B06/09Ep				2	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30214	30/10/1998	30/10/1998	03B06/09Ep				2	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30384	06/04/1999	07/04/1999	03B06/09Ep				35	< 2.2	0.0	Presencia	Mala
30423	06/05/1999	06/05/1999	03B06/09Ep				5	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30532	27/07/1999	28/07/1999	03B06/09Ep				< 1	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30643	19/10/1999	19/10/1999	03B06/09Ep				< 1	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30748	18/01/2000	19/01/2000	03B06/09Ep				70	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30872	03/05/2000	03/05/2000	03B06/09Ep				5	< 2.2	0.0	Ausencia	Buena
30986	01/08/2000	01/08/2000	03B06/09Ep				33	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31144	28/11/2000	28/11/2000	03B06/09Ep				3	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31236	27/02/2001	27/02/2001	03B06/09Ep				< 1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31340	22/05/2001	22/05/2001	03B06/09Ep				5	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31437	07/08/2001	08/08/2001	03B06/09Ep				5	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31561	13/11/2001	13/11/2001	03B06/09Ep				2	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31655	10/07/2002	10/07/2002	03B06/09Ep				7	78	0.0	Ausencia	Deficiente Alta
31717	12/08/2002	12/08/2002	03B06/09Ep				9	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31745	24/09/2002	25/09/2002	03B06/09Ep				> 300	0.0	0.0	Ausencia	Deficiente Leve
31867	04/03/2003	04/03/2003	03B06/09Ep				3	0.0	0.0	Ausencia	Buena
31964	19/05/2003	19/05/2003	03B06/09Ep				15	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32067	28/07/2003	28/07/2003	03B06/09Ep				35	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32197	03/03/2004	03/03/2004	03B06/09Ep				3	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32287	19/05/2004	19/05/2004	03B06/09Ep				3	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32402	08/09/2004	08/09/2004	03B06/09Ep				21	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32471	25/10/2004	25/10/2004	03B06/09Ep				40	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32575	01/03/2005	01/03/2005	03B06/09Ep				8	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32675	17/05/2005	17/05/2005	03B06/09Ep				21	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32769	22/08/2005	22/08/2005	03B06/09Ep				9	0.0	0.0	Ausencia	Buena
32923	29/11/2005	29/11/2005	03B06/09Ep				2	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33009	04/04/2006	04/04/2006	03B06/09Ep				38	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33122	12/06/2006	12/06/2006	03B06/09Ep				20	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33182	04/09/2006	04/09/2006	03B06/09Ep				9	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33279	13/11/2006	13/11/2006	03B06/09Ep				80	2.0	0.0	Ausencia	Deficiente Alta
33369	26/03/2007	26/03/2007	03B06/09Ep				2	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33454	11/06/2007	11/06/2007	03B06/09Ep				< 1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33518	24/09/2007	24/09/2007	03B06/09Ep				< 1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33635	03/03/2008	03/03/2008	03B06/09Ep				< 1	0.0	0.0	Ausencia	Buena

33743	14/07/2008	15/07/2008	03B06/09Ep				2	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33841	06/10/2008	07/10/2008	03B06/09Ep				<1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33967	02/03/2009	03/03/2009	03B06/09Ep				5	0.0	0.0	Ausencia	Buena
34059	01/06/2009	02/06/2009	03B06/09Ep				10	0.0	0.0	Ausencia	Buena
34147	28/07/2009	29/07/2009	03B06/09Ep				5	0.0	0.0	Ausencia	Buena
34233	19/10/2009	20/10/2009	03B06/09Ep				>100	0.0	0.0	Ausencia	Deficiente Leve
34366	02/03/2010	08/03/2010	03B06/09Ep				<1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
34474	18/05/2010	01/06/2010	03B06/09Ep				<1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
34594	07/09/2010	08/09/2010	03B06/09Ep				<1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
34784	30/05/2011	31/05/2011	03B06/09Ep				1	0.0	0.0	Ausencia	Buena

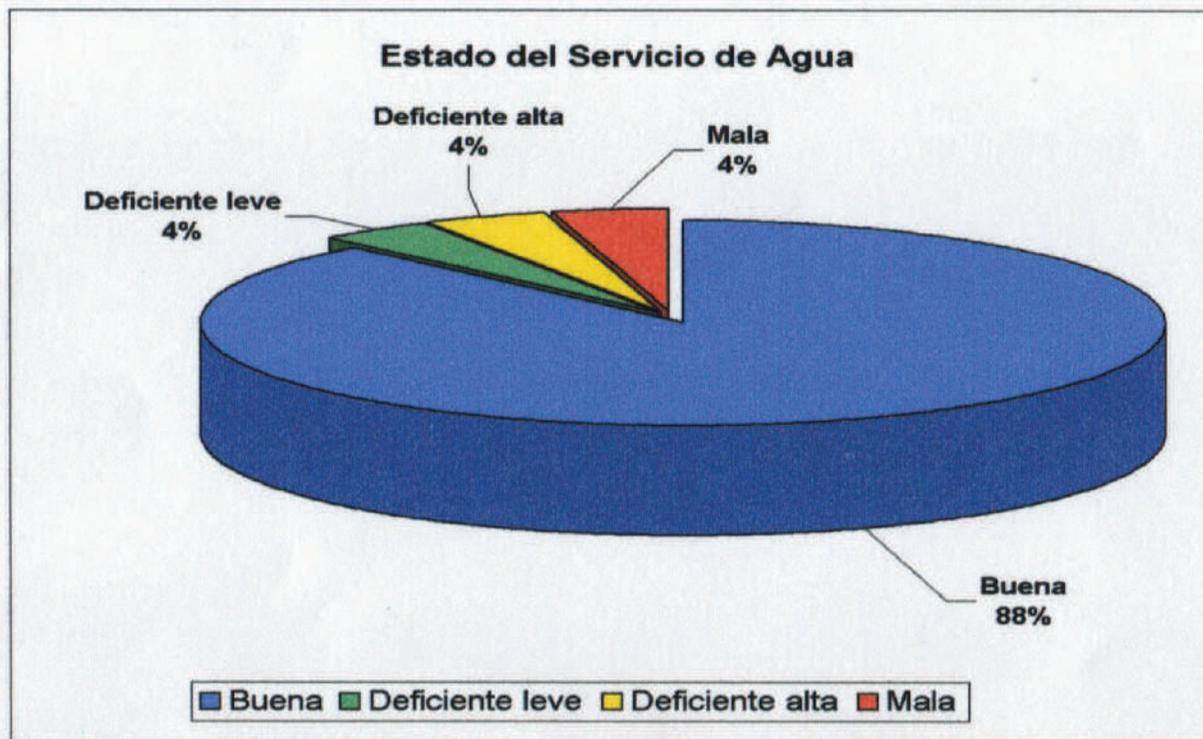


Tabla 13. Evolución de la calidad Bacteriológica del agua de suministro de la localidad de Miguel Riglos. Pozo N° 5. (2008-2011)

NUMERO de ANÁLISIS	FECHA RECEPCIÓN	FECHA SIEMBRA	DENOMINACION POZO	CLORO TOTAL	CLORO LIBRE	CLORACION	AEROBIAS	COLIFORMES	COLIFECALES	PSEUDOMONAS	CLASIFICACION
33743	14/07/2008	15/07/2008	03B03/10Ep				6	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33841	06/10/2008	07/10/2008	03B03/10Ep				30	0.0	0.0	Ausencia	Buena
33967	02/03/2009	03/03/2009	03B03/10Ep				10	0.0	0.0	Ausencia	Buena
34059	01/06/2009	02/06/2009	03B03/10Ep				10	0.0	0.0	Presencia	Mala
34147	28/07/2009	29/07/2009	03B03/10Ep				<1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
34233	19/10/2009	20/10/2009	03B03/10Ep				20	0.0	0.0	Presencia	Mala
34366	02/03/2010	08/03/2010	03B03/10Ep				7	0.0	0.0	Ausencia	Buena
34594	07/09/2010	08/09/2010	03B03/10Ep				<1	0.0	0.0	Ausencia	Buena
34784	30/05/2011	31/05/2011	03B03/10Ep				2	0.0	0.0	Ausencia	Buena

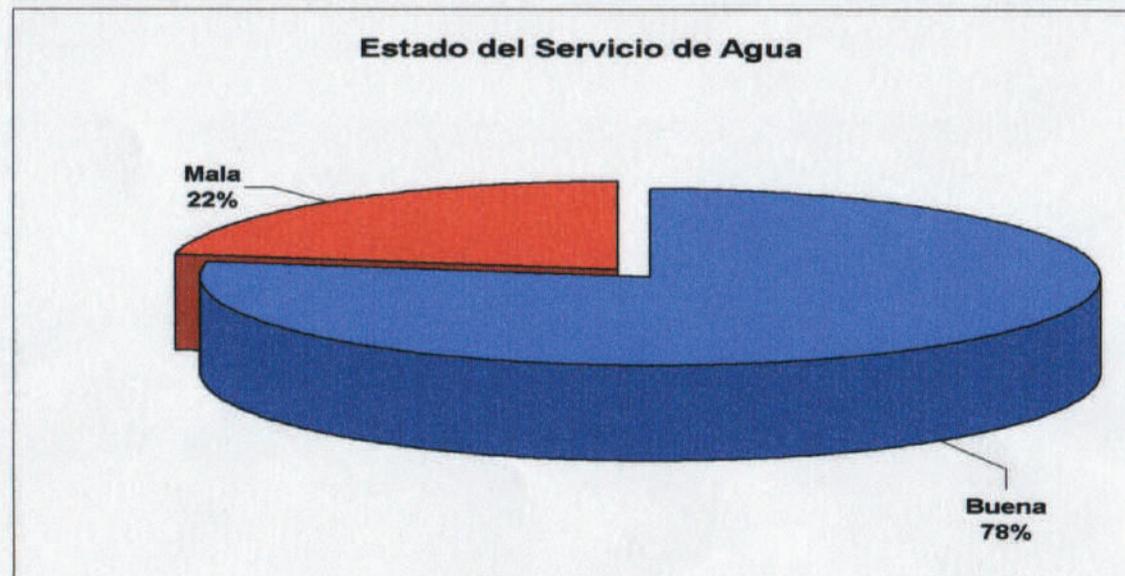


Tabla 14. Datos de las perforaciones domiciliarias.

Pozo	Profundidad bomba (mts)	N° Pozos ciegos	Distancia PC a la bomba (mts)	OTROS
1	12	1	30	
2	12	3	4 (el + cerca)	
3		2	30 (el + cerca)	Pileta
4	> 6	3	7 (el + cerca)	
5	6	2	8 (el + cerca)	
6		2	4 (el + cerca)	
7	18,8	2	15 (el + cerca)	Regador
8	25	1	5	Pileta
9		1	15	Pileta
10	6	2	10 (el + cerca)	
11		1	4	
12	12	2	10	
13	10	2	10	
14	12	1	12	
15	12	2	6	

1 R	13	1	8	
2 R	20	1	15	
3 R		2	30	Molino
4 R	22	2	35	Bomba
5 R		1	20	
6 R		1	15	

ANEXO II



Foto 1. Conductímetro Marca HANNA Instruments HI 9635. También medidor de T °C.

Foto 2. pHmetro Modelo 250A Marca ORION, electrodos y pizeta con agua destilada.



Foto 3. Conductímetro y pHmetro.



Foto 4. Espectrofotómetro UV-Visible, Marca HACH.

Foto 5. Muestras siendo procesadas en espectrofotómetro UV-Visible, tubos de ensayo con el reactivo.



Foto 6. Toma de muestra directa del bombeador.

Foto 7. Frasco estéril y alcohol para toma de muestra bacteriológica.



Foto 8. Esterilización de la salida de la cañería.



Foto 9. Toma de muestra en frasco estéril para análisis bacteriológico.





Foto 10. Chanchería. Sector Periurbano Sur.



Foto 11. Gallinero. En el mismo predio de la chanchería.



Foto 12. Basurero Municipal de M. Riglos. Galpón con rampa donde se clasifican los residuos.



Foto 13. Ganado vacuno en corrales ubicados en la Periferia Norte, cercana a las bombas del APA.



Foto 14. Animales encerrados en un predio atrás de la Quesería Quelolak.



Foto 15. Bomba N° 3 en la planta urbana, cercana al tanque de elevación.

