

# **Análisis de contaminación de las aguas subterráneas de Don Torcuato**

Resumen del Trabajo Final de Master en Gestión y Auditorías Ambientales.

Autor: Ing. Laura Gelsi

Enero del 2011, Buenos Aires, Argentina

## Índice

1. Introducción .....	3
1.1. Identificación de la problemática.....	3
1.2. Estudio de antecedentes .....	4
1.2.1. Distribución del Agua en el Mundo y en la Argentina .....	5
1.2.2. Consideraciones Generales sobre Aprovechamiento de Agua por medio de Fuentes Subterráneas .....	7
1.2.3. Disposición y Tratamiento de las aguas residuales domiciliarias .....	8
1.2.4. Características y Composición de las Aguas Residuales .....	9
1.2.5. Riesgos para la Salud ocasionados por la contaminación del Agua Subterránea .....	12
1.2.5.1. Trasmisión de Organismos Patógenos .....	13
1.2.5.2. Enfermedades relacionadas a la ingestión de Nitratos.....	16
1.2.6. Principios de Transporte de los contaminantes en el subsuelo.....	18
2. Objetivos .....	20
3. Encuadre Geográfico y Geológico .....	21
3.1. Acuíferos en la Región de Estudio .....	23
3.1.1. Acuífero Pampeano .....	24
3.1.2. Acuífero Puelches .....	25
3.1.3. Acuífero Paraná.....	27
3.1.4. Acuífardo .....	27
3.1.5. Acuífugo.....	28
4. Protección del Agua Subterránea frente a la Contaminación y al Agotamiento .....	28
4.1. Medidas .....	28
4.2. Monitoreo .....	30
5. Toma de Muestras .....	30
5.1. Toma de muestra de llave (agua potable).....	33
6. Métodos de Análisis.....	33
6.1. Análisis Bacteriológico.....	33
6.2. Nitritos .....	34
6.3. Nitratos .....	34
7. Resultados Obtenidos.....	35
8. Discusión de Resultados .....	36
9. Conclusiones .....	45
10. Bibliografía.....	47
11. Anexos.....	49
11.1. Reglamentación del Agua potable Artículo 982 .....	49

## 1. Introducción

La tendencia a la concentración de la población en zonas urbanas ha traído como consecuencia una presión creciente sobre los recursos naturales, con una seria degradación del ambiente.

El abastecimiento de agua potable y saneamiento de los núcleos urbanos, tienen una importancia fundamental, siendo éstos elementos cruciales para mantener el nivel sanitario, de lo contrario se está frente a un peligro potencial para la salud pública y la economía de la sociedad.

El desarrollo de un país, y su modernización dependen, de forma directa, de las infraestructuras de las que dispone, entre las que se citan las relativas a la captación, abastecimiento y distribución de los recursos hídricos que demanda la población, y el posterior tratamiento de las aguas residuales. A pesar de la importancia que poseen estas estructuras para el desarrollo, éstas ocupan papeles muy secundarios en el contexto general de los países.

En el presente trabajo se realizó un estudio para conocer la calidad sanitaria de los suministros (pozos) de agua que abastecen a la población de la ciudad de Don Torcuato, consistente en la detección de bacterias mesofílicas aerobias, organismos coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*, así como en la inspección de la cantidad de nitritos y nitratos.

### 1.1. Identificación de la problemática

La zona de Don Torcuato abarca 22,2 km<sup>2</sup>, se encuentra en el sector sur del partido de Tigre y posee 64.867 habitantes<sup>1</sup>, como muchas otras regiones de la Argentina no dispone de una red cloacal, ni red de abastecimiento de agua potable.

Debido a que el uso generalizado de los sistemas de disposición local puede contaminar seriamente el nivel freático y las napas subterráneas con

---

<sup>1</sup> Dato determinado por el INDEC según el censo de 2001.

microorganismos patogénicos y productos de la biodegradación de excretas humanas, como son los nitratos, se estaría exponiendo a las personas a un posible riesgo de enfermedades.

Es de fundamental prioridad investigar la relación entre la calidad del agua proveniente del subsuelo y dichos sistemas locales, para asegurarse que no se esté ante una excesiva contaminación del suelo y del nivel freático. Es necesario comprender mejor los alcances de la contaminación de aguas subterráneas que se produce al evacuar excretas y aguas residuales en el subsuelo.

Teniendo en cuenta esta situación y la fundamental incidencia que marca la presencia del agua en el desarrollo de la vida (como elemento vital para el hombre) existe la necesidad de desarrollar una gestión integral del agua, que involucre desde su extracción, potabilización, distribución y por último el tratamiento de las aguas residuales de manera de no comprometer los acuíferos subterráneos.

El agua subterránea es un recurso natural muy valioso, es importante no permitir que lo dañen las actividades humanas. Por esto es importante que todos, gobierno, industrias y ciudadanos proporcionemos los recursos necesarios para proteger los acuíferos subterráneos durante las generaciones venideras.

## 1.2. Estudio de antecedentes

El suministro de agua potable y la recolección de las aguas residuales tienen enorme importancia dentro de la resolución de la problemática ambiental relacionada, en particular, con las condiciones sanitarias de los habitantes en las ciudades. Para cualquier población, independientemente de su tamaño, contar con los servicios básicos de agua potable y cloaca, permite su desarrollo social y económico y, ante todo, la reducción de sus tasas de morbilidad y mortalidad, en especial en lo que respecta a la población infantil.

En la Argentina, a partir de la Reforma Constitucional de 1994, los tratados internacionales de derechos humanos gozan de jerarquía constitucional, por ende el Estado debe garantizar y asegurar el acceso al agua potable por parte de todos los ciudadanos, sin distinción de ningún tipo. Además debe asegurar y vigilar el buen estado del recurso hídrico.

A pesar de que las primeras investigaciones sobre la contaminación de las aguas subterráneas debido a los sistemas de saneamiento básico datan de muchos años atrás, en la última década se ha convertido en un tema olvidado, a pesar de ser muy común el uso de sistemas sanitarios básicos en países en vías de desarrollo. Si bien se han realizado varios trabajos sobre la hidrogeología, no existen estudios de contaminación de las aguas subterráneas en la región.

#### 1.2.1. Distribución del Agua en el Mundo y en la Argentina

De la totalidad de agua en el mundo, el 97 % es salada, y el 3 % es dulce. Del total de agua dulce, el 69 % corresponde a hielos y glaciares, el 30 % a aguas subterráneas, y el 1 % a agua de fácil acceso.

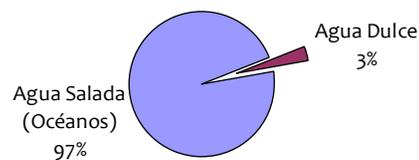


Gráfico 1.2.1.1 – Representación gráfica de la distribución de agua terrestre.

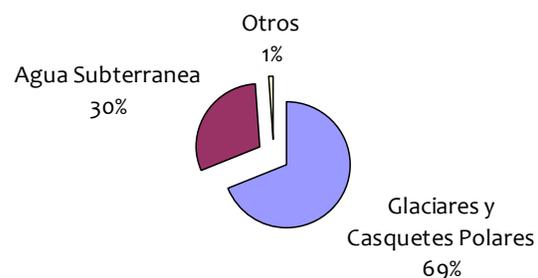


Gráfico 1.2.1.2 – Representación gráfica de la distribución de agua dulce.

Del agua dulce superficial líquida que se encuentra en el planeta el 87 % se halla en los lagos, el 11 % en pantanos y solo el 2 % en ríos.

El agua superficial está más expuesta a la contaminación y generalmente es mucho más cara, por el tratamiento que necesita para su potabilización, que la subterránea. Por ello, en la mayoría de los países desarrollados, que se caracterizan por optimizar los usos de los recursos naturales, el empleo de agua subterránea para consumo humano, supera apreciablemente al del agua superficial.

En la Argentina alrededor del 75% del territorio es árido o semiárido; o sea presenta déficit en el balance hídrico. A esto, se agrega el hecho de que sólo dos regiones tienen abundante agua superficial potabilizable (Mesopotamia y Cordillera Patagónica). Por ello el agua subterránea juega un rol importantísimo en la provisión para consumo humano y para riego. A nivel del país, aproximadamente un 20% del abastecimiento para consumo humano es de origen subterráneo.

Dos terceras partes del territorio argentino tiene déficit hídrico, mientras que en distintos sectores del resto del país se manifiestan excesos. En el 52 % del territorio las precipitaciones son inferiores a 500 mm; en el 31 % son aún inferiores a los 200 mm, mientras que en el 9 % superan los 1000 mm anuales. Ambas situaciones, déficit y exceso, unidas a un histórico inadecuado manejo del recurso, generaron serios problemas ambientales.

La distribución irregular del recurso hídrico superficial antes mencionado, que determina que el 82 % de los mismos correspondan a la zona litoral húmeda; el 5 % a la zona árida y semiárida del centro oeste; y que el 13 % restante corresponda a la zona patagónica, con un 8 % de la vertiente atlántica y 5 % de la vertiente pacífica.

#### 1.2.2. Consideraciones Generales sobre Aprovechamiento de Agua por medio de Fuentes Subterráneas

El relativo bajo costo y normalmente excelente calidad natural de las aguas subterráneas han sido suficientes para justificar su explotación.

Los pozos para la extracción del agua consisten en excavaciones efectuadas en el terreno, que penetran en el acuífero y el agua se extrae a través de bombas apropiadas.

Para que el agua obtenida sea de buena calidad el pozo debe cumplir con algunos requisitos esenciales:

- a) *Instalación:* Hay que evitar que el acuífero que provee al pozo se contamine por pozos negros, absorbentes u otro sistema de aguas negras al subsuelo, para lo cual se aconseja distanciar el pozo de 10 a 15 metros, o 20 a 25 metros, según se encuentre aguas arriba o aguas debajo de esos sistemas.
- b) *Entrada de agua superficial:* debe evitarse la entrada superficial al pozo, por medio de una cubierta hermética impermeable.
- c) *Entrada de agua por infiltración:* para construir este objeto es necesario construir un brocal impermeable que recubra el pozo de por lo menos tres metros de profundidad y que sobresalga 0,20 metros del nivel del terreno.
- d) *Extracción del agua:* el agua se extrae por medio de una bomba conectada a una cañería que la succiona o impulsa del pozo.

Una vez extraída el agua, generalmente se dispone de un tanque de almacenamiento colocado en una torre, de donde se obtiene la energía para el sistema de distribución domiciliario.

### 1.2.3. Disposición y Tratamiento de las aguas residuales domiciliarias

Los inmuebles ubicados en sectores que carecen de red de alcantarillado público o particular, deben disponer las heces humanas y aguas residuales del domicilio en instalaciones que sirven para un reducido número de personas (tipo individual).

Se destacan dos sistemas diferentes para la disposición y tratamiento de las aguas residuales, uno es la fosa séptica y el otro el pozo absorbente.

- Fosa Séptica con descarga o pozo absorbente, cañerías de infiltración, zanjas filtrantes, filtros subterráneos de arena, cámaras de contacto, filtros superficiales de arena y cursos de agua: Las aguas residuales provenientes de la instalación domiciliaria se evacúan a una fosa séptica, donde se origina el tratamiento primario (aunque incompleto); y el efluente que sale cargado de materia orgánica en suspensión, finamente dividida, en estado coloidal y en solución, debe ser sometido a un tratamiento posterior (tratamiento secundario) y, por consiguiente, una fosa séptica no constituye sino una parte de un tratamiento de aguas residuales, el cual debe completarse con unidades tales como pozos absorbentes, sistemas de drenaje, zanjas filtrantes, filtros subterráneos de arena, cámaras de contacto, filtros superficiales de arena; y aún es aceptable que el efluente sufra solo un proceso de autopurificación en un curso de agua con cloración previa o sin ella, según las circunstancias y condiciones locales.
- Pozo Negro Absorbente (Cespol): Este sistema de disposición de excreta no debe confundirse con el pozo absorbente

correspondiente al tratamiento secundario de un sistema de disposición de excreta con fosa séptica, por cuanto éste recibe las aguas residuales sedimentadas; en cambio, llegan al pozo negro absorbente las aguas residuales provenientes de la instalación domiciliaria sin ningún tratamiento previo. Este pozo actúa como una cámara de sedimentación y digestión, con la correspondiente licuefacción y gasificación de los sólidos y como unidad absorbente. En un tiempo relativamente corto, las paredes del pozo se colmatan, debido a la gran cantidad de sólidos sedimentables y en suspensión que contienen las aguas residuales, y es necesario construir otra unidad.

La utilización de pozos absorbentes o pozos negros como método de disposición de efluentes trae aparejado la contaminación de las napas freáticas, los suelos y en algunos casos, del acuífero utilizado como fuente de agua para consumo. Indirectamente existe un efecto asociado al cegado de los pozos que resulta relevante para la calidad ambiental: la eliminación de fuentes difusas de emisión de gases de efecto invernadero, como el metano.

#### 1.2.4. Características y Composición de las Aguas Residuales

La contaminación, como modificación de la composición o estado de las aguas originada por la actividad del hombre, puede consistir en la incorporación de gérmenes patógenos, materia orgánica, materia en suspensión, grasas, hidrocarburos, ácidos y bases, sales, elementos tóxicos y elevación de la temperatura como características a tener en cuenta.

Las aguas residuales provienen de los efluentes del domicilio, y está constituida por una proporción variable de: el agua de baños, cocinas, lavabos y servicios.

Desde el punto de vista físico, las aguas residuales tienen aproximadamente 99,9 % de agua y 0,1 % de sólidos totales. Químicamente, las aguas residuales

contienen sustancias de origen vegetal, animal y mineral. Las dos primeras constituyen la materia orgánica, que corresponde aproximadamente al 50 % de los sólidos. Biológicamente, éstas aguas contienen gran número de organismos, entre los cuales predominan las bacterias, la mayor parte de las cuales son beneficiosas e imprescindibles para la transformación y estabilización de la materia orgánica. Por otra parte, pueden incluir organismos patógenos, lo que las hacen potencialmente peligrosas para la salud de la comunidad.

Desde el punto de vista químico, físico y biológico, las propiedades o características de las aguas residuales están cambiando permanentemente, a medida que transcurre el tiempo. Contienen gran cantidad de bacterias de cuya actividad biológica depende su descomposición, de tal manera que no solo varía su constitución, sino también las especies de bacterias de acuerdo con el medio resultante.

Por la acción de las bacterias nitrificantes, los compuestos de amonio son convertidos en nitritos y finalmente en nitratos.

El agua residual domiciliaria fresca y aerobia tiene olor a queroseno y color gris. El agua residual con más tiempo de haber sido generada es séptica y pestífera; su olor característico es a sulfhídrico, similar al de los huevos podridos. El agua residual séptica es de color negro.

La temperatura del agua residual es mayor que la del agua potable, varía entre 10 y 20°C; esto se debe a que se añade calor al agua en los sistemas de plomería de las edificaciones.

El agua residual domiciliaria corresponde a una amplia variedad de usos. El Cuadro 1.2.4 presenta una lista de contaminantes que es común encontrar en las aguas residuales municipales, así como la fuente que los genera y sus consecuencias ambientales. Se presentan valores típicos de los constituyentes más importantes del agua residual.

Contaminante	Fuente	Importancia Ambiental
Sólidos suspendidos.	Uso doméstico y desechos domésticos.	Causa depósitos de lodos y condiciones anaeróbicas en ecosistemas acuáticos.
Compuestos orgánicos biodegradables.	Desechos domésticos e industriales.	Causa degradación biológica, que incrementa la demanda de oxígeno y ocasiona condiciones indeseables.
Microorganismos patógenos.	Desechos domésticos.	Causan enfermedades transmisibles.
Nutrientes.	Desechos domésticos e industriales.	Pueden causar eutrofización.

Cuadro 1.2.4 – Contaminantes importantes de las aguas residuales.

El gasto de agua y la composición de las aguas residuales refleja los diferentes usos del agua potable. Dicha composición puede cambiar ligeramente de acuerdo con la estación del año, pero incluso es posible observar fluctuaciones diarias.

En general, los sistemas de localidades pequeñas con uso homogéneo del agua, experimentan mayores fluctuaciones en la composición de las aguas residuales.

La Argentina utiliza el agua potable en uso residencial el 9 %, para uso industrial el 18 % y para uso agrícola el 73 % (datos obtenidos de Greenpeace, 2010).

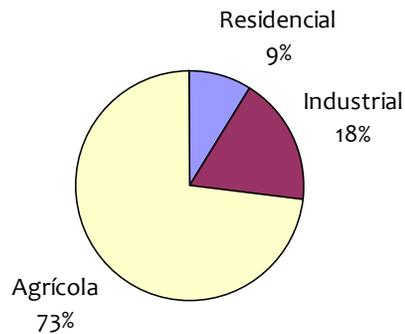


Gráfico 1.2.4 – Usos del recurso Hídrico en la Argentina por sectores.

#### 1.2.5. Riesgos para la Salud ocasionados por la contaminación del Agua Subterránea

Comités de expertos en saneamiento e higiene de la vivienda de la Organización Mundial de la Salud han señalado en múltiples ocasiones la relación entre las grandes epidemias o endemias y la contaminación de los suministros de agua.

La falta de higiene sanitaria y buena calidad de agua potable sigue siendo una amenaza para la salud humana. Las enfermedades transmisibles por el agua generan patologías que demuestran y evidencian el grado de deterioro de una población, siendo los sectores más afectados aquellos que sufren de pobreza, condiciones habitacionales y de higiene sanitaria deficientes, desnutrición y marginalidad.

Se entiende por contaminación del agua a la acción o al efecto de introducir materiales o inducir condiciones sobre el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación a sus usos posteriores o sus servicios ambientales.

El agua para satisfacer distintas necesidades se transforma en un recurso. Sin embargo no todas las personas disponen de él. Existe una estrecha relación entre la posibilidad de abastecimiento y el desarrollo, porque cuanto mayor es

el desarrollo, mayor es la capacidad para obtenerla y mayor es la contaminación.

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.

#### 1.2.5.1. Trasmisión de Organismos Patógenos

Los potenciales patógenos presentes en el agua son bacterias, virus, protozoos, helmintos y otros parásitos. La mayoría de los patógenos que se encuentran en el agua contaminada provienen de heces humanas o animales, no se reproducen en el agua y una vez dentro del organismo, inician una infección en el tracto gastrointestinal luego de ser ingeridas.

Los efectos en la salud de las enfermedades transmisibles por el agua varían en severidad desde una leve gastroenteritis hasta casos graves de disentería, hepatitis, cólera, fiebre tifoidea y diarrea severa.

Las excretas humanas pueden contener hasta cuatro tipos de agentes patógenos: huevos de helmintos, protozoarios, bacterias y virus. Estos organismos generalmente son excretados en grandes cantidades, dependiendo de la edad y el estado de salud del individuo. La materia fecal contiene un promedio de  $10^9$  bacterias por gramo (no necesariamente patogénicos) y, en el caso de excretas de individuos infectados, hasta  $10^6$  virus por gramo.

Las bacterias y los virus pueden ser transportados a través del efluente que se filtra de los pozos absorbentes a las aguas subterráneas, y si son ingeridos pueden causar infecciones. Sin embargo, los virus y bacterias que son excretados pueden transmitirse de muchas otras maneras. En general los virus que se excretan tienen bajas dosis infecciosas (menos de 100 organismos), mientras que las dosis infecciosas de bacterias suele ser de 10.000 o más. Las

bacterias, sin embargo, a diferencia de los virus, pueden multiplicarse fuera de su ambiente primario.

Desde el punto de vista microbiológico, el examen de la calidad sanitaria del agua tiene por objetivo determinar la presencia de ciertos grupos de bacterias, que revelen una contaminación reciente por materia fecal o por materia orgánica.

Las enfermedades y sus agentes transmisores que pueden ser esparcidos por el agua proveniente de pozos contaminados por materia fecal aparecen señalados en la tabla 1.2.5.1.

Trasmitidas por Bacterias	
Enfermedad	Agente Patógeno
Cólera	Vibrio cholerae
Fiebre Tifoidea	Salmonella typhi
Fiebre Paratifoidea	Salmonella paratyphi
Disentería Bacilar	Shigella spp.
Diarreas	E. coli enterotoxigénica E. coli enteropatógena Salmonella spp y otros
Trasmitidas por Virus	
Enfermedad	Agente Patógeno
Hepatitis Infecciosa	Virus de Hepatitis A y E
Poliomelitis	Poliovirus
Diarreas	Rotavirus agente Norwalk
Diversos síntomas	Echovirus, Coxsackievirus y otros.

Tabla 1.2.5.1 – Enfermedades que podrían transmitirse por las aguas subterráneas contaminadas. (Lewis; Foster; Drasar. 1988. “Análisis de Contaminación de las Aguas Subterráneas por Sistemas de Saneamiento Básico”)

Durante más de medio siglo se ha empleado el grupo coliforme como un indicador del grado de contaminación y, por lo tanto, de la calidad sanitaria del agua. Este grupo se encuentra conformado por bacilos gram negativos, aerobios y anaerobios facultativos, no esporulados, caracterizados por fermentar la lactosa con producción de ácido y gas dentro de las 48 horas de incubación a 35°C. La capacidad de producir gas en estas condiciones es el criterio que permite diferenciar el componente fecal del grupo coliforme.

El empleo de los organismos coliformes como grupo indicador de contaminación fecal en el agua, se fundamenta en el hecho de encontrarse presentes en el intestino y en las heces de los animales de sangre caliente en mayor número que las bacterias patógenas, siendo incapaces de multiplicarse en aguas limpias. Su presencia no indica obligatoriamente la existencia de patógenos en el agua; más bien representa una medida de la posibilidad de que existan patógenos en el agua en el momento de efectuarse el muestreo o quizás en otro posterior.

Los organismos coliformes pueden diferenciarse en coliformes fecales debido a la capacidad que presentan algunos para producir indol y fermentar la lactosa a temperaturas elevadas (44,5°C). Bajo estas condiciones, se excluyen aquellos organismos coliformes cuyo origen no sea intestinal. La investigación de los organismos coliformes fecales brinda mayor especificidad al estudio de la contaminación fecal en el agua. Sin embargo, para fines de evaluación de la calidad sanitaria del agua para consumo humano, la existencia de cualquier bacteria coliforme la hace potencialmente peligrosa.

Por otra parte, la investigación de bacterias mesofílicas aerobias proporciona información acerca del número total de bacterias viables, constituyendo un recurso valioso adicional para determinar el grado de exposición del agua a la contaminación por materia orgánica. El recuento de estos organismos representa un respaldo al significado atribuido a los resultados de los análisis de coliformes.

### 1.2.5.2. Enfermedades relacionadas a la ingestión de 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 definitiva, en la actualidad, la contaminación con  $\text{NO}_3^-$  aparece como la más difundida geográficamente y vinculada a la mayor parte de las actividades humanas.

En los centros urbanos carentes de servicios cloacales los  $\text{NO}_3^-$  derivan de la degradación de la materia orgánica, mayormente de origen fecal. Los pozos absorbentes, en los que se vierten los desechos fecales, son las fuentes de emisión principales.

El espesor y la permeabilidad de la zona subsaturada condicionan la velocidad y el tiempo de tránsito hasta la saturada, favoreciendo la disminución en la concentración, por dilución, en el caso de producirse infiltración efectiva de agua no contaminada (figura 1.2.5.2). Sin embargo, la zona de aireación por sí sola, no es hábil para detener a los  $\text{NO}_3^-$  cuando existe flujo vertical descendente.

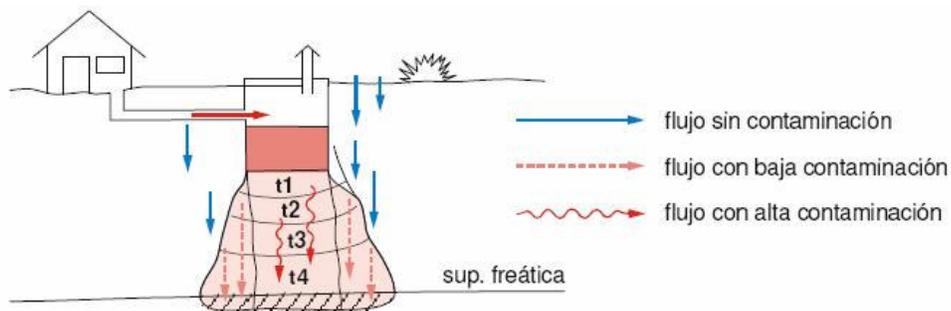


Figura 1.2.5.2. Flujo de contaminación de los Nitratos. (Aige, M. 2008)

En los ámbitos urbanos es frecuente que la contaminación con nitratos no sólo deteriore la calidad del agua freática, sino también la de acuíferos semiconfinados, como sucede en gran parte del Conurbano de Buenos Aires y en La Plata, donde la contaminación es de tipo areal o regional y llega al acuífero inferior (semiconfinado), luego de atravesar el acuitardo que lo separa de la capa freática, por el proceso de filtración vertical descendente.

Este proceso se genera por la disminución de presión hidráulica en la base del acuitardo, derivada de la importante extracción a que está sometido el acuífero semiconfinado, para agua potable y uso industrial.

El uso difundido de sistemas de pozos absorbentes puede conducir a elevadas concentraciones de nitratos en el nivel freáticos subyacente. Existen dos tipos de enfermedades cuyo origen tiene relación con el consumo de agua que contiene elevadas concentraciones de nitratos:

- Metahemoglobinemia (cianosis infantil): Se trata de una enfermedad que afecta principalmente a los niños pequeños. La toxicidad del nitrato proviene de su reducción a nitrito, proceso que puede ocurrir bajo condiciones específicas en el estómago y en la saliva. El ión de nitrito que se forma oxida el hierro en las moléculas de la hemoglobina, transformándolo de ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) en férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ). La metahemoglobina así producida vuelve a la sangre incapaz de fijar de manera reversible el oxígeno, la cual da como resultado una anoxia y aun la muerte, cuando tal situación no se corrige a tiempo.
- Carcinogénesis: los nitritos (e indirectamente los nitratos) pueden reaccionar con aminos 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, y muchos de ellos han sido

considerados mutagénicos. Las evidencias epidemiológicas sugieren que la abundante ingestión de nitratos puede contribuir al surgimiento del cáncer gástrico.

Las personas con mayor riesgo son los individuos con acidez gástrica reducida, personas con carencia de metahemoglobina reductasa por causas hereditarias, niños y mujeres embarazadas.

#### 1.2.6. Principios de Transporte de los contaminantes en el subsuelo

El hecho de que el perfil natural del suelo puede servir como un sistema eficaz de la purificación de las aguas residuales ha sido reconocido desde tiempo atrás. El proceso normalmente incluye la eliminación de microorganismos fecales y la atenuación de diversos compuestos químicos. Sin embargo, cabe señalar, que no todos los perfiles de suelo tienen igual capacidad de procesamiento.

El diseño, construcción, operación y mantenimiento inadecuados de los pozos absorbentes domiciliarios pueden provocar problemas, a consecuencia de la pérdida de la capacidad de infiltración del suelo, con el consiguiente rebosamiento de los efluentes. Si bien tales problemas son obvios, existe otro problema igualmente serio, que es la inadecuada purificación de los efluentes.

La principal preocupación son los elementos patógenos que contienen las excretas, así como ciertos constituyentes químicos (principalmente nitratos). El tamaño relativamente grande de los helmintos y protozoarios (superior a 25 micras) hace que su extracción sea bastante eficiente filtrándolos a través del suelo. Es poco probable que estos elementos lleguen a contaminar los mantos acuíferos, por lo que no serán abordados en el presente estudio. Las bacterias y los virus son mucho más pequeños y pueden ser transportados, a través de la precolación de los efluentes, desde el pozo absorbente hasta el nivel freático.

La efectividad de la mayoría de los pozos absorbentes depende, fundamentalmente, de la capacidad del suelo y de la zona no saturada para aceptar y purificar los efluentes. Ambas funciones son controladas en gran parte por las características hidráulicas del suelo.

La zona no saturada del suelo esta constituida por una compleja disposición de partículas sólidas y poros con cantidades siempre variables de aires y agua. El agua se desplaza desde puntos de mayor energía hacia los de menor energía potencial.

Cuando el suelo esta saturado todos los poros se encuentran llenos de agua.

En las condiciones de los sistemas de incorporación al subsuelo, los organismos se desplazan verticalmente.

El agua contenida en la zona de saturación es de dos tipos. Una prácticamente inmóvil, está adherida a la superficie de los clastos con una fuerza superior a la de la gravedad, generalmente denominada pelicular. La otra, que se dispone recubriendo a la pelicular, es móvil bajo la acción gravitatoria, por lo que se llama agua gravitacional y dado que es la que se extrae en las obras de captación, resulta la más peligrosa como medio de transporte de eventuales contaminantes (figura 1.2.6).

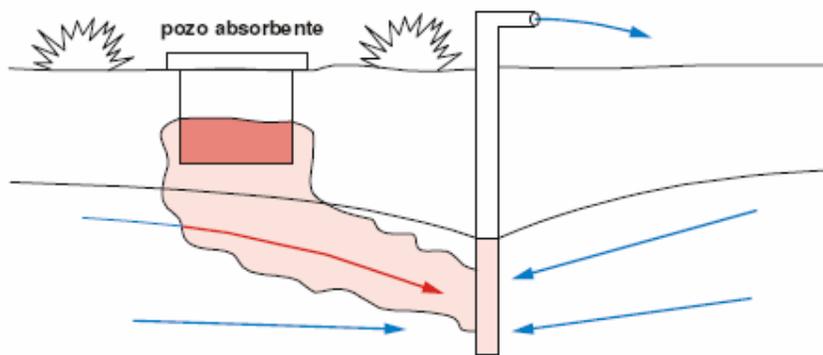


Figura 1.2.6. Desplazamiento de contaminación en el agua. (Aige, M. 2008)

El desplazamiento de un contaminante en el agua, está controlado por varios factores: la solubilidad, la reactividad con el agua y con el suelo, el tamaño molecular, la relación disolución - precipitación, la permeabilidad y porosidad del medio, la persistencia, la difusión molecular, la dispersión mecánica, etc.

De cualquier manera, la velocidad de propagación no puede ser mayor que la del agua subterránea y el sentido seguirá al del flujo hidráulico. Algunos compuestos altamente solubles y móviles y que no reaccionan con el componente sólido ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ), se mueven prácticamente a la misma velocidad que el agua y por ello se los emplea como trazadores. Los  $\text{NO}_3^-$ , sin embargo, pueden ser reducidos por el medio, o por bacterias desnitrificantes que, en el caso de existir, modifican significativamente su concentración.

## 2. Objetivos

Con el presente trabajo se pretende:

- Determinar el contenido de contaminantes en muestras de agua.
- Proporcionar información sobre las posibles relaciones entre los pozos y la contaminación de las aguas subterráneas a través de los resultados obtenidos.
- Aportar soluciones al problema existente, dando lugar a través de este estudio a la proyección de un sistema de red cloacal y de agua, para contribuir al incremento en la calidad de vida de los vecinos de la zona.
- Mejorar las condiciones de vida de la población y el cuidado de la salud colectiva.
- Proponer estrategias sobre la educación ambiental y participación vecinal sobre agua potable, red de abastecimiento y tratamiento de aguas residuales en la zona para la elaboración de una propuesta de gestión de estas necesidades.

### 3. Encuadre Geográfico y Geológico

La localidad de Don Torcuato pertenece al partido de Tigre, en la provincia de Buenos Aires. Don Torcuato se encuentra ubicado a una latitud de  $-34^{\circ} 48'$  y una longitud de  $-68^{\circ} 61'$ .



Figura 3.1 – Mapa de ubicación del partido de Tigre en la provincia de Buenos Aires.



Figura 3.2 – Mapa de ubicación de Don Torcuato en el partido de Tigre (Municipalidad de Tigre, 2007)



Figura 3.3 – Mapa de Don Torcuato (Municipalidad de Tigre, 2009)

El área de estudio tiene una extensión de 22,2 km<sup>2</sup>. La misma se caracteriza por ser una región llana o ligeramente ondulada con algunas montañas de poca altura (hasta 1200 m). Posee un clima templado-cálido con temperaturas medias anuales entre 13 y 17 ° C. Las precipitaciones son de 600 a 1200 mm anuales. Las mismas se distribuyen en todo el año.

La fisiografía natural del terreno se ha visto modificada debido a la acción antrópica. La construcción de zanjas, la realización de tareas de dragado, las rectificaciones y desvíos de los cursos de agua y modificación de los accidentes geográficos y su pendiente natural son algunas de las acciones realizadas que posiblemente hayan modificado el paisaje natural. Por tratarse de zonas urbanas, la mayoría de esos arroyos se encuentran entubados.

Las áreas de estudio se encuentran urbanizadas en mayor o menor grado y por lo tanto, las condiciones originales del medio biótico no se observan, salvo en relictos marginales.

Según el último censo realizado por el INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) en el 2001 su población era de 64.867 habitantes, que,

teniendo en cuenta una tasa de crecimiento anual de 1,5 % su población hoy ascendería aproximadamente a los 74.165 habitantes. De la población, el 50,85 % son mujeres y el 49,15 % hombres. La zona posee una conformación social muy variada, tanto económica como cultural. Los datos del censo 2001 muestran que la desocupación llegaba al 35,1 %.

La trama urbana es medianamente densa y geométrica en general. La edificación es de baja a media altura; los edificios y departamentos suelen estar emplazados sobre las avenidas (el 94,7% de los hogares son casas contra un 5 % de departamentos). La ocupación del suelo es media. Para el Partido de Tigre la cobertura del servicio de agua potable alcanza al 58% del total de la población del Partido y el servicio de saneamiento al 14% de la población. Suelen encontrarse asentamientos precarios.

### 3.1. Acuíferos en la Región de Estudio

Los principales acuíferos de esta región se caracterizan por la siguiente hidroestratigrafía y estratigrafía:

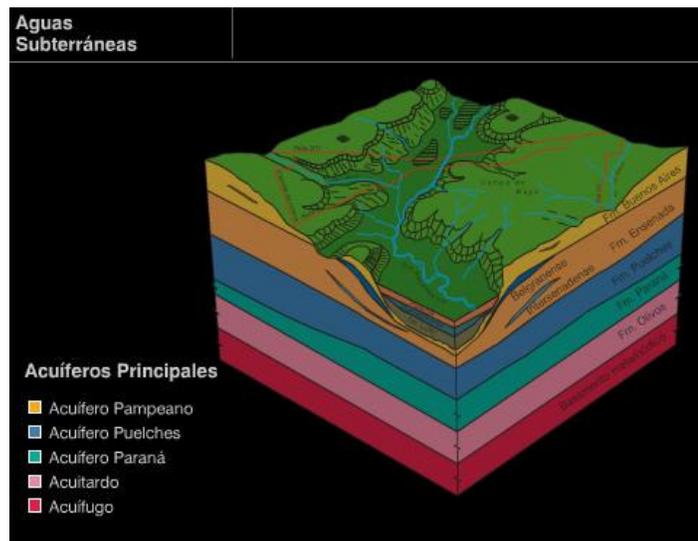


Figura 3.4 – Acuíferos Principales de la zona. AABA (Atlas Ambiental Buenos Aires). 2010.

El acuífero freático es el que en condiciones naturales se halla más cerca de la superficie, está en equilibrio con la presión atmosférica y se alimenta directa o indirectamente del agua de lluvia que se infiltra. Este acuífero se encuentra alojado en los Sedimentos Pampeanos y Post-Pampeanos.

Principales Acuíferos de la Región		
Acuífero	Hidroestratigrafía	Estratigrafía
Acuífero Pampeano	Epiparaneano	Sed. Pampeanos
Acuífero Puelches	Epiparaneano	Formación Puelches
Acuífero Paraná	Paraneano	Formación Paraná
Acuitardo	Hipoparaneano	Formación Olivos
Acuífugo	Basamento Hidrogeológico	Basamento Cristalino

Tabla 3 –Principales Acuíferos de la Región. AABA (Atlas Ambiental Buenos Aires). 2010.

Por debajo de la capa freática, se encuentran los Acuíferos Pampeano y Puelches, que por tratarse de acuíferos multicapa de llanura, están hidráulicamente conectados. O sea, que si se explota sólo el más profundo (Acuífero Puelches), también va a repercutir en los acuíferos superiores, bajando el nivel en la freática o “arrastrando” la depresión de la misma. A la inversa, si se extrae agua de la freática va a llegar un momento en que un acuífero más profundo va a aportar agua hacia arriba disminuyendo su nivel piezométrico, o sea la presión del agua.

### 3.1.1. Acuífero Pampeano

El agua se encuentra alojada en los poros de los sedimentos Pampeanos, los que están integrados por limos arenosos, algo arcillosos, de color castaño con tonalidades amarillentas a rojizas, con intercalaciones calcáreas en forma de nódulos o estratiformes conocido como tosca.

El espesor que pueden alcanzar los Sedimentos Pampeanos varía entre los 20 y 120 metros, en coincidencia con la profundidad del techo de la Formación Puelches. En algunos sectores y por encima del Pampeano se encuentran sedimentos más modernos y de menor espesor denominados Post-pampeanos, ubicados generalmente en los valles de los ríos y en posiciones topográficas bajas.

Esta unidad se caracteriza por mantener sus paredes verticales en cortes y perforaciones y brinda caudales más bajos comparativamente con los caudales obtenidos de las Arenas Puelches, debido a su menor permeabilidad.

Sus parámetros hidráulicos se pueden sintetizar en los siguientes valores:

- Porosidad efectiva: 10%.
- Permeabilidad: 5 a 10 m/d.
- Transmisividad: 100m<sup>2</sup>/d a 200m<sup>2</sup>/d.
- Coeficiente de Almacenamiento del orden de 10<sup>-3</sup>.
- Caudales obtenibles más comunes: entre 40 y 100 m<sup>3</sup>/h.
- Caudales máximos sin garantía de sustentabilidad: hasta 150 m<sup>3</sup>/h.

La salinidad del agua de esta sección aumenta en las áreas de las llanuras de inundación de los grandes ríos y arroyos donde se hallan importantes depósitos de sedimentos Post-pampeanos alcanzando incluso valores superior a los 2.000 mg./l.

### 3.1.2. Acuífero Puelches

Es el acuífero más importante de la región por su calidad y buenos rendimientos. Las Arenas Puelches son arenas cuarzosas, maduras, prácticamente carentes de cemento, de colores amarillentos a grisáceos o blanquecinos, de grano fino a mediano, con intercalaciones de gravillas y rodados en sus niveles inferiores. Se encuentra a profundidades variables

entre 40 m en las cercanías del Río Paraná, a más de 100 m en Pergamino, y 120 m en Junín. Sus espesores son muy variables (especialmente el cuerpo de arena) pudiéndose considerar valores más comunes entre 20 y 35 metros con espesores mayores en algunos lugares.

Presenta los mayores valores de presión (cotas piezométricas) hacia el oeste y fluye hacia el NE y E con valores próximos a 9900 m<sup>3</sup>/día.

Los parámetros hidráulicos se pueden sintetizar en los siguientes valores:

- Porosidad efectiva de hasta 20 %.
- Permeabilidad de hasta 25 m/d.
- Transmisividad entre 300-500 m<sup>2</sup>/d.
- Coeficiente de Almacenamiento del orden de 10<sup>-3</sup> e incluso de 10<sup>-4</sup>.
- Caudales Específicos más comunes: entre 3 y 11 m<sup>3</sup>/h.
- Caudales obtenibles más comunes: entre 50 y 120 m<sup>3</sup>/h.
- Caudales máximos sin garantías de sustentabilidad: hasta 200 m<sup>3</sup>/h.

Las aguas del Puelches son consideradas bicarbonatadas cálcicas-magnésicas sódicas y carbonato-cloruradas, pero pueden ser cloro-sulfatadas cuando se hallan en contacto con Sedimentos Post-pampeanos, y/o en las cercanías de las áreas de descarga subterránea. La descarga se produce en los cursos de agua principales, mientras que la recarga del sistema se alimenta de las precipitaciones, que caen especialmente en las áreas interfluviales (o sea, en las superficies mas elevadas que se encuentran entre dos ríos).

La calidad química del Acuífero Puelches, en términos generales, es buena, con valores de residuo seco salino inferiores a los 500 mg/l. Sin embargo desmejora hacia el oeste de la región, registrándose en algunas zonas agua con valores de residuo salino superiores a los 2000 mg/l.

El acuífero Puelches presenta vulnerabilidad mediana debido a la baja filtración vertical y a la distancia a los agentes contaminantes, mediana a alta influencia de perforaciones de aislamiento deficiente o inexistente, y un incremento de la filtración vertical por sobreexplotación, con el consiguiente aumento de la contaminación.

### 3.1.3. Acuífero Paraná

Por debajo de los acuíferos más explotados de la Sección Epiparaneana, se encuentra el Acuífero Paraná también conocido como “arcillas verdes” por los perforistas. La extracción de agua de este acuífero está limitada por la gran profundidad a la que se encuentra y la elevada salinidad de sus aguas, que son mayores a 2.500 mg/l. Éstas sólo pueden ser utilizadas con fines terapéuticos ó industriales, como por ejemplo la fabricación de cerveza. En perforaciones para la industria se han obtenido caudales de hasta 180 m<sup>3</sup>/h.

La Formación Paraná se ha originado en ambiente marino, y su sedimento está constituido por arcillas grises azuladas y verdes, con intercalaciones arenosas y abundantes fósiles marinos. Su espesor aumenta hacia el sur de la región pudiendo sobrepasar los 500 metros de potencia.

### 3.1.4. Acuítardo

Por debajo de los acuíferos descriptos, se encuentra una sucesión sedimentaria de origen continental dividida en tres sub-secciones, de las cuales la mejor conocida es la superior, de 250 m de espesor aproximadamente, constituida por areniscas y arcillas rojas conocidas como Formación Olivos, también conocida como “arcillas rojas” por los perforistas, la que presenta varios niveles acuitardos y algunos acuíferos de salinidad variable y muy poco conocidos.

### 3.1.5. Acuífugo

Esta sección actúa como una base impermeable y corresponde al Basamento Cristalino, que está constituido por rocas ígneas y metamórficas.

Es la unidad acuífuga basal de los sistemas de acuíferos que se desarrollan por encima. Un sistema de fracturas escalonadas lo ubica a diferentes profundidades, por lo que si bien aflora en la Isla Martín García, se encontró a 283 m de profundidad en el Zoológico de Buenos Aires, a 401 metros en el Puente de la Noria, mientras que se encuentra a más de 6000 metros de profundidad en la Cuenca del Salado.

## 4. Protección del Agua Subterránea frente a la Contaminación y al Agotamiento

Las medidas para proteger al agua subterránea de la contaminación, están orientadas a prevenirla, a eliminar sus consecuencias y a preservar su calidad, para asegurar un uso efectivo de la misma.

Dado que la contaminación del agua subterránea está íntimamente relacionada con el estado del agua superficial, la atmósfera, la lluvia y el suelo, su protección debe encararse al mismo tiempo y sobre la base de pautas que apunten a la preservación del ambiente en forma global.

### 4.1. Medidas

Dentro de las medidas de naturaleza técnica, se pueden citar:

- creación de sistemas cerrados para la disposición de residuos líquidos industriales y urbanos.
- empleo de tecnología limpia o que genere pocos residuos.
- tratamiento de las aguas servidas.

- verificación y reparación de pérdidas en los sistemas de saneamiento (desagües cloacales).
- aislamiento de las aguas contaminadas respecto de las aptas.
- desactivación y reemplazo de los pozos ciegos o fosas sépticas por redes cloacales.

La experiencia indica que la restauración de la calidad de un acuífero deteriorado por el ingreso de uno o varios contaminantes, constituye una tarea sumamente complicada en el aspecto técnico y generalmente de elevado costo. Es prácticamente imposible restaurar un acuífero a su condición original y con frecuencia, ni siquiera se logra recomponerlo para las exigencias que requiere el uso. En definitiva, es válido para los recursos naturales en general y para el agua subterránea en particular, el apotegma de la medicina: es preferible prevenir que curar.

En este sentido, no debe olvidarse la escasa dinámica que posee el agua subterránea si se la compara con el agua superficial o el aire, por lo que los procesos de contaminación insumen tiempos prolongados para producirse y manifestarse (años, decenios, centenios y hasta milenios), pero también para mejorar su condición frente a la polución. Por ello, en la generalidad, es mucho más sencillo y rápido, restaurar la calidad de un río que la de un acuífero.

Otros factores trascendentes en la prevención para evitar el deterioro del agua subterránea, son las normas, regulaciones y leyes, que traten sobre la utilización, las concentraciones máximas admitidas para diferentes usos y las cargas de contaminantes permitidas en los efluentes industriales, urbanos y agrícolas.

#### 4.2. Monitoreo

El primer paso para un adecuado sistema de prevención hidrogeológico, es la instalación de una red para el monitoreo de niveles y calidad del agua subterránea.

El término monitoreo implica seguimiento y por lo tanto, se refiere a mediciones y muestreos reiterados (periódicos). La periodicidad del monitoreo, depende de variados factores: régimen de flujo (natural o artificial - extracción); fuentes reconocidas o potenciales de contaminación (ubicación y características), carga, movilidad, persistencia y toxicidad de los contaminantes; tamaño del acuífero; comportamiento hidráulico (libre, semiconfinado o confinado); características y espesor de la zona subsaturada; características y posición de la zona de recarga y profundidad de los acuíferos semi y confinados; relación exceso - déficit y periodicidad de la recarga; etc.

La mayoría de estos factores incide también en la distribución y separación de los pozos para monitoreo, cuya principal virtud consiste en que sean hábiles para brindar valores representativos de los potenciales hidráulicos y para permitir un muestreo que también sea representativo de la calidad del acuífero.

La condición señalada, no sólo debe cumplirse espacialmente, sino también en el tiempo y en este sentido, los pozos que integren la red, debe elegirse teniendo presente el lapso previsto para el monitoreo de forma de disponer de puntos estables, que permitan una fácil medición y muestreo. Además deberán tener libre acceso en los momentos elegidos para los registros.

#### 5. Toma de Muestras

Se tomaron muestras de agua de pozo que consumen los habitantes de la zona de Don Torcuato.

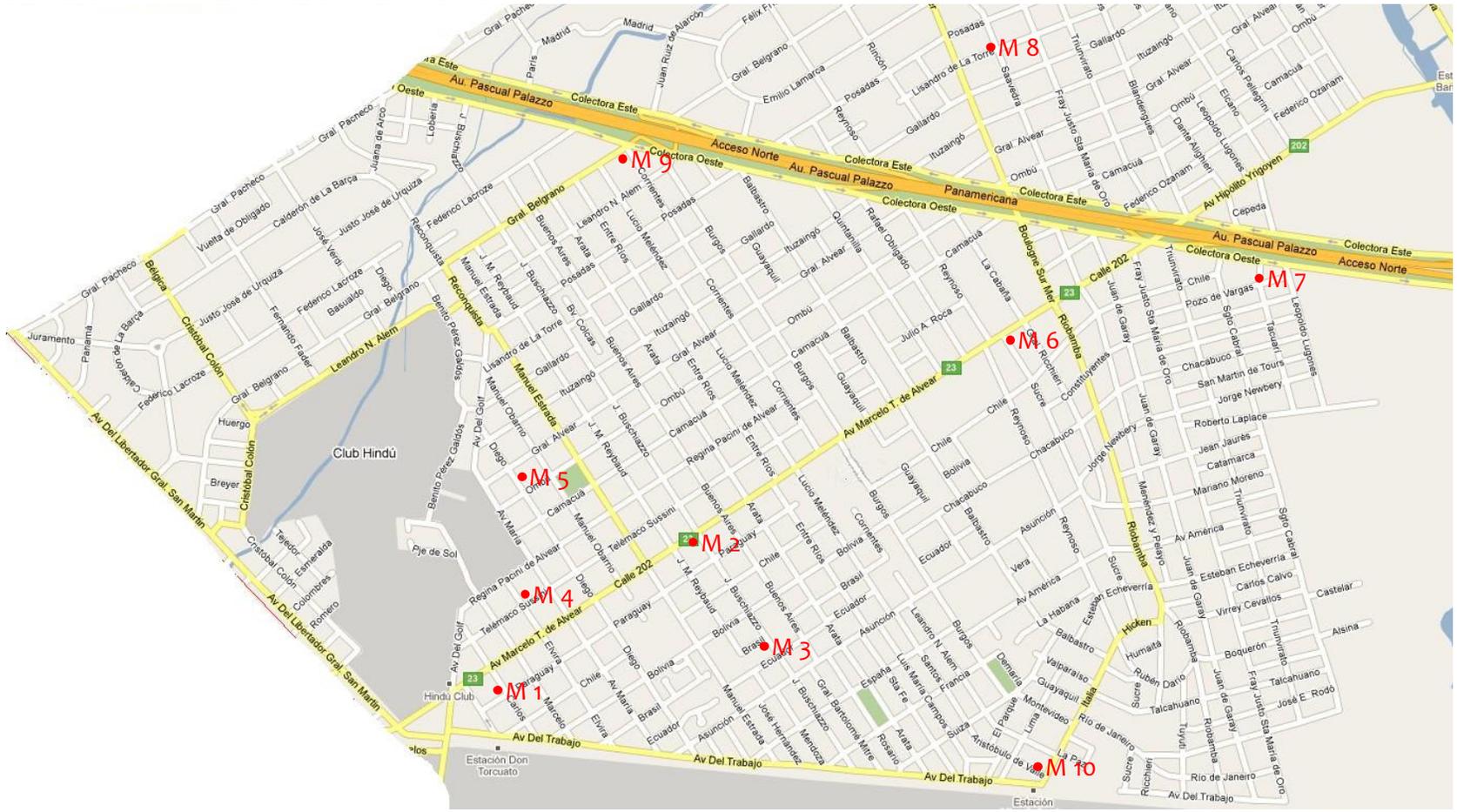
La toma de muestras se realizó eligiendo una llave que fuera usada de continuo y no presente anomalías (alambres, trapos, etc.), y que se ubicara dentro de la residencia del individuo.

La localización de los puntos de muestreo, así como la toma de las muestras, se realizó en cooperación con los vecinos de la zona. Cada muestra fue tomada en una boca de extracción y recolectada en recipientes plásticos.

Las muestras tomadas fueron enviadas a un renombrado laboratorio de la zona, donde se analizó el contenido bacteriológico del agua y un estudio de nitritos y nitratos, determinando la presencia de indicadores de contaminación fecal. Se tomaron 10 muestras de agua de pozo (Ver Mapa 5). Todas las muestras fueron tomadas de pozos de profundidad media (entre 25 y 60 metros) de donde la gente extrae el agua para su aseo y consumo (tanto para beber como para cocinar).

Muestra	Punto de Recogida (Intersección de las calles)
M 1	Carlos y Paraguay
M 2	Reybaud y Ruta 202
M 3	Buschiazzo y Brasil
M 4	Susini y Elvira
M 5	Ombú y Diego
M 6	Ruta 202 y Panamericana
M 7	Colectora Oeste y Tacuarí
M 8	Lisandro de la Torre y Saavedra
M 9	General Belgrano y Corrientes
M 10	Italia y La Paz

Tabla 5 – Muestra y punto de recogida.



Mapa 5 - Muestras tomadas de agua de pozo de consumo en la zona de Don Torcuato.

### 5.1. Toma de muestra de llave (agua potable)

Se elige la llave de la cual se tomará la muestra, de preferencia una que sea usada de continuo y no presente anomalías (alambres, trapos, etc.). Se deja escurrir el agua, procediendo a lavar y limpiar la boca con escobilla. Una vez lavada se dejó escurrir por espacio de dos minutos.

En seguida se procedió al lavado de manos de la persona que tomó la muestra. Se cerró la llave y flameo la boca por algunos segundos. Se abrió la llave y se dejó escurrir el líquido por dos minutos, para que la muestra refleje exactamente la calidad higiénica del agua, cuya calidad se investigaba.

Luego de la colecta de muestras se conservaron y transportaron las muestras; y, se procedió a realizar el análisis de éstas dentro de las dos horas próximas a su recolección.

El muestreo de aguas subterráneas fue realizado intentando cubrir toda la zona, pero la cantidad de muestras es relativamente baja.

## 6. Métodos de Análisis

### 6.1. Análisis Bacteriológico

Las bacterias aerobias mesófilas son bacterias que viven en presencia de oxígeno libre a temperaturas entre 15 °C y 45 °C. El examen bacteriológico se llevó a cabo mediante el recuento de heterótrofos en placa (bacterias mesófilas aeróbicas) (unidades formadoras de colonias/ml, UFC/ml), en dicho método se hace el recuento de bacterias en placa a 20 °C con medio agar.

Las bacterias coliformes son aquellas bacterias de morfología bacilar, Gram (-), aerobias o anaerobias facultativas, oxidasa negativas, no esporógenas, que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a 37 °C en un tiempo máximo de 48 horas.

El método para la determinación de estas bacterias consiste en la determinación del número de coliformes mediante siembra de distintos volúmenes del agua a analizar en series de tubos conteniendo medio de cultivo líquido lactosado y resiembra en medios de cultivo selectivos con incubación a temperaturas adecuadas. Se basa en la capacidad de estos organismos para producir gas a partir de la lactosa.

### 6.2. Nitritos

Habitualmente la concentración de nitrógeno en forma de ión nitrito en aguas superficiales y subterráneas suele ser menor a 0,1 mg/L. En efluentes de aguas residuales tratadas en plantas depuradoras tampoco acostumbra ser superior a 1 mg/L. Es por ello que para la determinación del ión nitrito se requieren métodos analíticos con una gran sensibilidad.

Para la determinación de los nitritos se empleó el método modificado de Griess – Ilosvay, dicho método proporciona una alta sensibilidad.

### 6.3. Nitratos

Se han desarrollado una gran cantidad de métodos para la cuantificación de nitratos en aguas y en otro tipo de muestras como alimentos y fluidos biológicos, muchos de los métodos están basados en cromatografía iónica, de hecho, se recomienda la determinación de nitratos y nitritos por este método, aunque existen varios métodos enfocados a la cromatografía líquida de alta presión o a la electroforesis capilar.

El método utilizado para la determinación de los nitratos está basado en la reducción de nitratos a nitritos con la detección colorimétrica posterior. Se utiliza como agente reductor el cadmio cuperizado, que se acopla como columna reductora. Este método es rápido, preciso y económico.

El nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) siempre se reduce cuantitativamente a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) en presencia de cadmio (Cd). Este método emplea gránulos de cadmio, disponible comercialmente, tratado con sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ) y empacado en columna de vidrio.

De esta manera, los nitratos se determinan transformándolos previamente en nitritos, haciendo pasar la muestra por una columna reductora que contiene cadmio y cobre. Para conocer la concentración de nitrato hay que restar a la cantidad obtenida la concentración de nitrito determinada previamente.

### 7. Resultados Obtenidos

Todas las muestras eran incoloras, inodoras y no presentaban turbiedad.

Se resumen a continuación los resultados obtenidos de las tomas de muestras (tabla 7), los datos de dicha tabla son los obtenidos en cada uno de los análisis (anexo 11.2).

Muestra	Nitritos [mg/l]	Nitratos [mg/l]
M 1	0,04	22
M 2	< 0,01	63
M 3	0,03	93
M 4	0,04	85
M 5	< 0,01	25
M 6	< 0,01	73
M 7	< 0,01	33
M 8	< 0,01	19
M 9	< 0,01	18
M 10	< 0,01	67

Tabla 7 – Resultados de los Análisis para cada muestra.

Muestra	Bacteriológico			
	Bacterias aerobias	Coliformes totales	Coli fecales	Escherichia coli
M 1	125	< 3	< 3	Ausente
M 2	10	3	< 3	Ausente
M 3	97	3,6	< 3	Ausente
M 4	1	< 3	< 3	Ausente
M 5	50	< 3	< 3	Ausente
M 6	15	< 3	< 3	Ausente
M 7	3	< 3	< 3	Ausente
M 8	< 1	< 3	< 3	Ausente
M 9	150	43	3	Ausente
M 10	235	150	< 3	Ausente

Tabla 7 – Resultados de los Análisis para cada muestra.

## 8. Discusión de Resultados

Para definir la calidad del agua analizada, se cotejaron los resultados de las muestras con el Código Alimentario Argentino, normativa que define las condiciones que debe cumplir el Agua Potable (Anexo 11.1).

Contaminantes	Límites Admisibles
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	≤ 45 mg/l
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	≤ 0,1 mg/l
Bacterias mesófilas	< 500 UFC/ml
Bacterias coliformes	en 100 ml: igual o menor de 3
Coli fecales	en 100 ml: igual o menor de 3
Escherichia coli	ausencia en 100 ml
Pseudomonas aeruginosa	ausencia en 100 ml

Tabla 8 – Valores límites admitidos por el Código Alimentario Argentino.

Los valores de referencia citados en las *Guías para la calidad del agua potable* de la OMS (Organización Mundial de la Salud) no se utilizaron por ser menos exigentes que los límites del Código Alimentario Argentino.

Contaminantes	Límites admisibles a corto plazo	Límites admisibles a largo plazo
Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )	$\leq 50 \text{ mg/l}$	$\leq 50 \text{ mg/l}$
Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ )	$\leq 3 \text{ mg/l}$	$\leq 0,2 \text{ mg/l}$

Tabla 8.1 – Valores límites admitidos por la OMS.

Para el caso de tener nitrato y nitrito en conjunto, el valor de referencia es la suma de los cocientes entre la concentración de cada uno y su valor de referencia no debe ser mayor que 1.

Los resultados de los análisis bacteriológicos para determinar la potabilidad del agua confirmaron que tres de las diez muestras no son aptas para consumo humano, y una se encuentra en el límite admitido según los parámetros establecidos por el Artículo 982 del Código Alimentario Argentino (ver tabla 7).

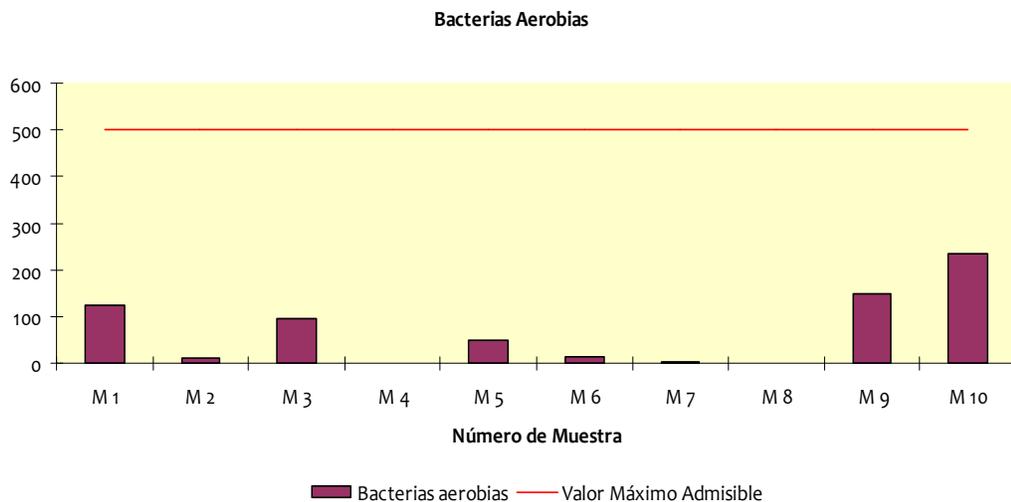


Gráfico 8 – Resultados de los análisis de Bacterias Aerobias.

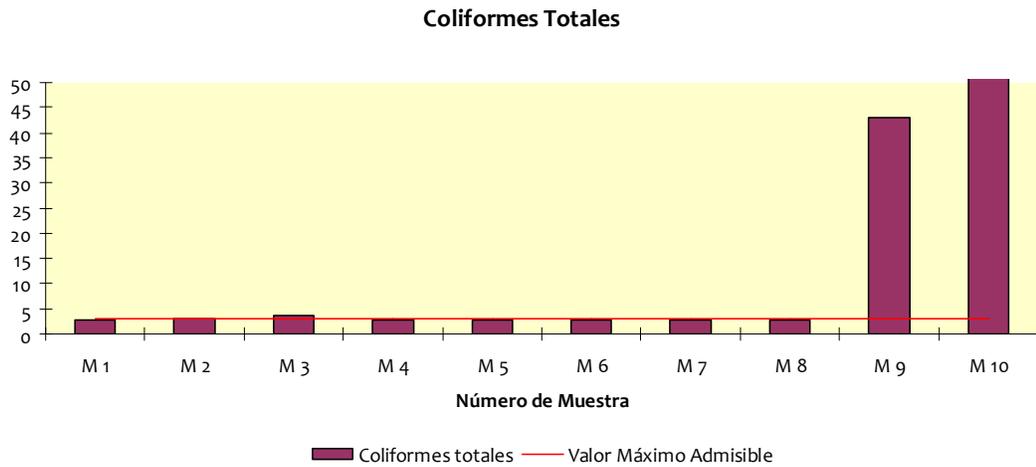


Gráfico 8.1 – Resultados de los análisis de Coliformes Totales.

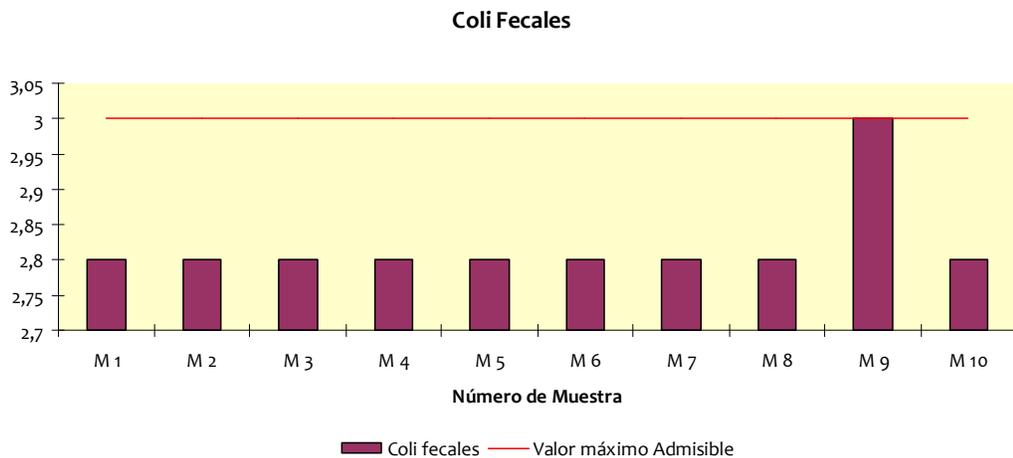


Gráfico 8.2 – Resultados de los análisis de Coli Fecales.

Es importante aclarar que todas las muestras fueron tomadas de pozos de profundidad media (entre 25 y 60 metros de profundidad), es decir que en esta profundidad estamos en presencia del acuífero Puelches.

En el recuento de bacterias mesofílicas aerobias, ninguna de las muestras superó el valor máximo permisible para aguas de consumo humano.

En las 3 (30 %) muestras que presentaron organismos coliformes, el valor mínimo y máximo encontrado, calculado por el número más probable en cada 100 ml de agua (NMP/100 ml), fue menor que 3/100 ml y mayor de 150/100 ml, respectivamente. Se evidenció la presencia de organismos coliformes fecales en 1 (10 %) de las muestras, en el límite del valor máximo permitido.

Del total de muestras examinadas durante el mes de julio (invierno), las 10 fueron negativas a la presencia de bacterias mesofílicas aerobias, y solamente tres (30 %) registraron niveles inaceptables de organismos coliformes. Sin embargo, repetir el estudio para los meses desde octubre hasta marzo, que por presentarse temperaturas mayores podría existir un aumento paulatino en el porcentaje de muestras con valores no permisibles de bacterias mesofílicas aerobias y de coliformes totales y fecales.

Los resultados indican que el 30 % de las muestras procedentes de los suministros de la ciudad de Don Torcuato presentaron niveles de coliformes totales superiores al límite permisible para aguas de consumo humano. Lo anterior demuestra la presencia de materia orgánica en esos suministros y, en consecuencia, la existencia de factores que condicionan la exposición del agua a la contaminación por materia orgánica. La contaminación de los pozos con microorganismos, que posiblemente incluyen la presencia de patógenos intestinales, es el resultado de una deficiente calidad sanitaria de los suministros y de su entorno, lo que representa un riesgo potencial para la salud de la población.

La ubicación geográfica de las muestras con valores no admisibles de Coli Totales puede observarse en el Mapa 8.1, sería conveniente realizar un estudio bacteriológico de otras muestras ubicadas en un radio menor a 200 metros de los puntos en cuestión.



Mapa 8.1 – Ubicación de las muestras con valores de Coliformes Totales mayores a los límites admisibles.

El valor promedio de coliformes totales es de 22 por cada 100 ml, este valor es muy superior al valor máximo admisible.

Un factor de riesgo potencial de contaminación de los suministros de agua lo constituye la presencia, a menos de 10 m de distancia, de fosas sépticas, en el 80 por ciento del total de los suministros analizados se presentaba esta situación. Tomando en cuenta lo anterior, así como las características edafológicas de la región, es muy probable que se propicie un fenómeno de filtración que conduzca, seguramente, a la contaminación del manto freático.

Aun cuando ninguno de los suministros examinados arrojó un resultado negativo para la investigación de bacterias mesofílicas aerobias y el 70 por ciento para la presencia de organismos coliformes totales y fecales, es necesario tener presente que estos resultados solamente son aplicables a la muestra examinada y no al suministro en cuestión. Considerando que los suministros se encuentran expuestos a los diversos factores potenciales de contaminación antes descritos, es importante que el agua sea sometida a algún tipo de tratamiento antes de su consumo, dada la posibilidad de encontrarse presentes bacterias patógenas.

De los resultado de los análisis de nitritos y nitratos se determinó que ninguna de las muestras presentó valores no admisibles de nitritos, en cuanto a los valores de nitratos, el 50 % de las tomas muestreadas dieron valores por encima de lo permitido, siendo NO APTAS para consumo humano, superando los límites de los parámetros establecidos por el Artículo 982 del Código Alimentario Argentino (CAA) (Ver Tabla 7 y tabla 8).

Las muestras con altos valores de nitratos (M 2, M 3, M 4, M 6 y M 10) corresponden a la región central de Don Torcuato, zona que se halla mas densamente poblada (Mapa 8.2).



Mapa 8.2 – Ubicación de las muestras con valores de Nitratos mayores a los límites admisibles.

Los resultados de los muestreos del agua subterránea de todos los pozos presentaron una importante variación en su concentración de nitratos, oscilando ésta entre 18 y 93 mg/L.

El mayor valor se encontró en la muestra M 3 con unos 93 mg/l de nitrato, superando el límite establecido.

La concentración promedio de nitratos fue de 50 mg/L, valor que se halla por encima del nivel admitido para el consumo humano (45 mg/L). Este resultado de una concentración promedio superior al nivel crítico resulta preocupante,

ya que el valor promedio sería el indicador que mejor refleja el nivel de exposición de los consumidores de agua a este contaminante.

Sería importante verificar el aumento en el tiempo del contenido de nitrato en agua de pozo.

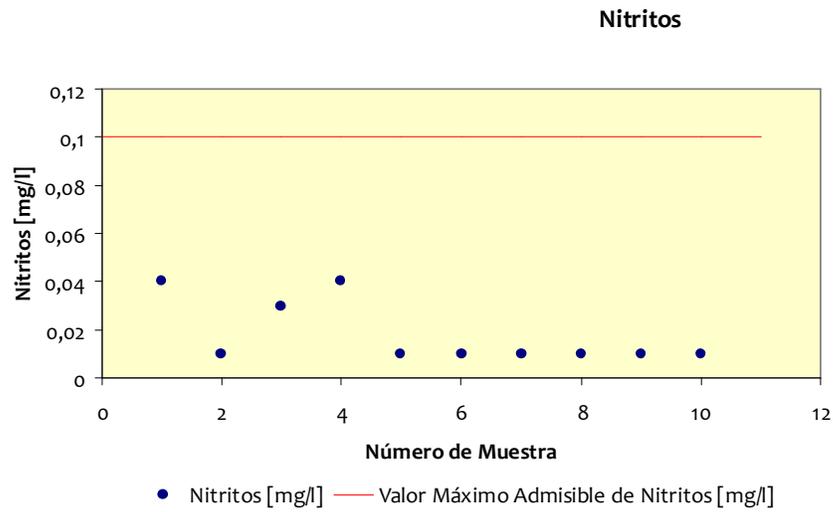


Gráfico 8.3 – Resultados de los análisis de Nitritos.

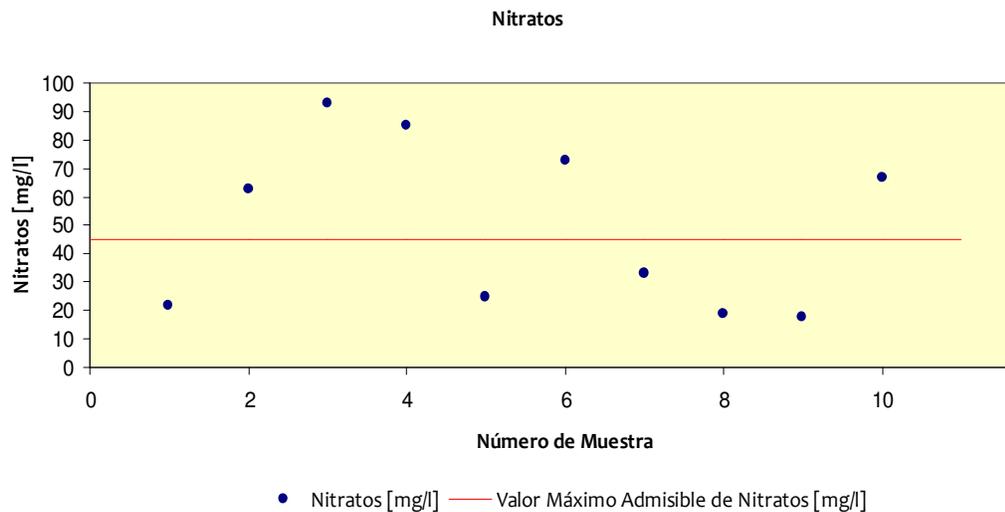


Gráfico 8.4 – Resultados de los análisis de Nitratos.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio, se sugieren las siguientes recomendaciones:

- a) instrumentar un programa permanente de monitoreo de la calidad sanitaria del agua para consumo humano en la ciudad de Don Torcuato, que asegure una vigilancia sistemática de las fuentes de abastecimiento del agua;
- b) establecer una serie de medidas en relación con las condiciones sanitarias de los suministros de agua y de los sistemas sanitarios, tales como dotar a los habitantes de sistemas adecuados de eliminación de excretas, prestar asesoría, por parte del servicio nacional de salud, en las construcciones de pozos y armado de sistemas sanitarios, así como realizar campañas de educación y concientización sobre hábitos higiénicos y medidas de prevención contra las infecciones intestinales.
- c) Estimular la construcción de sistemas sanitarios y bombas de extracción de agua de acuerdo con las especificaciones técnicas del servicio nacional de salud.

El acceso a fuentes de agua de buena calidad sanitaria constituye un requisito básico para la preservación de la salud humana, resultando sumamente necesario contar con programas permanentes de inspección de las mismas. La mayor parte del agua usada en la zona procede de pozos cuyos abastecimientos particulares no están protegidos, ni contruidos para evitar la contaminación, y por consiguiente, debe considerarse no solo la habilitación de nuevos servicios o abastecimientos particulares, sino que también el mejoramiento de los existentes.

No es posible solucionar simultáneamente todos los problemas que ocasiona un saneamiento imperfecto, sino que es necesario darles la prioridad que merecen, de acuerdo con su jerarquización, recursos económicos disponibles y personal del que se disponga para atender las actividades relacionadas con el saneamiento del medio.

Con el objetivo de brindar mayores evidencias de lo que estamos señalando, hemos realizado este muestreo de aguas de pozos que son fuente de agua de consumo y uso por parte de una razonable cantidad de población de la zona. En esta oportunidad, los análisis se centraron en la calidad microbiológica del agua tomada de canillas y bombas utilizadas por los vecinos.

Los resultados muestran la presencia de indicadores microbiológicos de contaminación fecal, básicamente por infiltración de líquidos de pozos negros. Estos indicadores son bacterias que señalan la posible presencia de patógenos tales como virus, bacterias y parásitos. Se utilizan estos indicadores porque se encuentran en mayor cantidad que los patógenos y son fácilmente detectables.

El 50 % de las muestras dio valores de nitratos mayores a los permitidos por el Código Alimentario Argentino.

Los resultados demuestran la necesidad de instrumentar un programa permanente de monitoreo de la calidad sanitaria del agua para consumo humano en la ciudad de Don Torcuato, que asegure una vigilancia sistemática de las fuentes de abastecimiento y distribución.

Es urgente evitar la contaminación de las napas de agua; la limpieza y remediación del ambiente por los daños que la contaminación ha ocasionado; también la necesidad de mejorar sustancialmente las condiciones de vida de la población y hacer frente a los impactos en la salud que la contaminación ha provocado.

Después del análisis realizado en el presente trabajo, se deduce que dadas las circunstancias actuales, es responsabilidad de los gobiernos preocuparse en forma preferente por incrementar al máximo los presupuestos estatales destinados a solucionar los problemas derivados de un saneamiento deficiente, y de la formación del personal debidamente preparado y

entrenado en las técnicas de la ingeniería sanitaria y del saneamiento en relación con la salud pública.

## 9. Conclusiones

La solución al problema del agua no admite demoras y tiene que abordarse en forma urgente.

Sería conveniente la realización de estudios continuos sobre el tema.

Se propone que desde el sector de la salud se genere un registro de pacientes con problemas derivados por el consumo de nitrato, y su seguimiento para, en forma conjunta, buscar una respuesta a estas dificultades.

Se debe evaluar la expansión del servicio cloacal y de la red de agua potable, conformes a las normas que regulan la prestación del servicio y su plan aprobado.

La situación de las áreas que actualmente no cuentan con el servicio de cloaca, se irá deteriorando paulatinamente frente a la presencia de mayor cantidad de pozos de disposición domiciliarios de efluentes, escurrimiento de líquido residual en vía pública y la saturación de los suelos, aumentando así la contaminación de los suelos y los recursos hídricos en estas áreas.

Esta pérdida de calidad también incidirá en la generación de olores en las áreas afectadas.

La obra de cloacas asumida por el gobierno aún no se ha llevado a cabo, a pesar que desde el punto de vista sanitario tener cloacas y agua corriente significa más salud, menores riesgos de enfermedad en los niños, menor cantidad de aguas servidas y desechos cloacales en la calle; el proyecto propuesto por el gobierno no abarca el 100 % de la región.

En resumen, el crecimiento demográfico y la falta de una adecuada infraestructura de servicios sanitarios generarán una presión exponencial

sobre el medio ambiente de la zona, lo que resulta en una merma de la calidad de vida de los habitantes.

Como se mencionó, no contar con una adecuada infraestructura de servicios sanitarios impacta directamente sobre los cuerpos receptores ya que, al aumentar la presión sobre la capacidad de asimilación del cuerpo receptor, éste se saturará tornando irreversible la condición de contaminación del mismo.

Además, la contaminación vertida en el acuífero no solo afecta a los lugareños, sino que también migra aguas abajo afectando a otros actores.

Resulta urgente proyectar la expansión de la red del sistema cloacal y de agua potable, de manera de proteger el acuífero de la contaminación y mejorar las condiciones de vida de la población y el cuidado de la salud colectiva.

La expansión de los servicios sanitarios tiene como efecto colateral la valorización de los inmuebles servidos, aporta al crecimiento urbano y facilita los emprendimientos socioeconómicos.

La paulatina disminución del vertido de líquidos contaminantes al acuífero contribuye directamente a la mejora ambiental, e indirectamente a la mejora social.

## 10. Bibliografía

- Artaza, E. 1943. “Saneamiento Urbano de la Republica Argentina. Provisión de agua y desagües urbanos”. Universidad Nacional de La Plata (UNLP). 1ª Edición. 383 pp.
- Atlas Ambiental Buenos Aires. Aguas subterráneas. E-book: [http://www.atlasdebuenosaires.gov.ar/aaba/index.php?option=com\\_content&task=view&id=199&Itemid=76&lang=es](http://www.atlasdebuenosaires.gov.ar/aaba/index.php?option=com_content&task=view&id=199&Itemid=76&lang=es)
- Auge, M. 2008. “Hidrogeología Ambiental”. Informe Científico. Departamento de Geología. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 295 pp.
- Auge, M.; Hirata, M. y Lopez Vera, F. 2004. “Vulnerabilidad a la Contaminación por Nitratos del acuífero Puelches en La Plata – Argentina”. Informe Científico. Centro de Estudios de América Latina. 187 pp.
- AySA. 2008. “Estudio Ambiental de la Expansión de la Cuenca Norte”. Resumen Ejecutivo. 47 pp.
- Boletín Oficial 06/09/07. Circuitos Electorales. Resolución 2008/2007.
- Diario “El Torcuatense”. Noviembre de 2010. 8 – 9 pp.
- Diaz Dorado, M. 1993. “Ordenamiento Ambiental Urbanismo Sanitario”. Ed. Castiglioni. 1ª Edición. 224 Pp.
- Foster, S.; Gale, I. y Hespanhol, I. 1994. “Impacto del uso y Disposición de las aguas residuales en los acuíferos con referencia a América Latina”. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. 1ª Edición. 77 pp.
- Foster, S. e Hirata, R. 1988. “Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas: una metodología basada en datos existentes”. Textos completos Fulltext. 1ª Edición. 81 pp.
- Greenpeace. 2009. “Justicia Ambiental: La critica situación de acceso al agua”.
- Lewis, W.; Foster, S. y Drasar, B. 1988. “Análisis de Contaminación de las Aguas Subterráneas por Sistemas de Saneamiento Básico”. Ed. Textos Completos Fulltext. 3ª Edición. 82 pp.

- Mackenzie, Davis y Masten, Susan. 2005. “Ingeniería y Ciencias Ambientales”. Ed. McGraw – Hill, S.A. 1ª Edición. 750 pp.
- Morrison, R. y Boyd, R. 1998. “Química Orgánica”. Pearson Educación. 5ª Edición. New York. 954-956,964 pp.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2006. “Guías para la calidad del agua potable”. Primer apéndice de la tercera edición. Volumen 1: Recomendaciones. Versión electrónica para la web: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_fulll\\_1owsres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_1owsres.pdf). 408 pp.
- Opazo, Unda. 2000. “Ingeniería Sanitaria Aplicada a Saneamiento y Salud Pública”. Ed. Limusa. 4ª Edición. 968 pp.
- Ramanzin M; Yommi M.R.; Ribotta D. 1985. “Comparación de métodos para determinación de nitratos en aguas para consumo humano”. III Simposio Argentino sobre Control de Calidad en Aguas. Santa Fe, del 10 al 15 de junio de 1985.
- Romero Rojas, Jairo. 2005. “Calidad del Agua”. Ed. Alfaomega. 2ª Edición. 275 pp.
- Rodier, J.; Geoffray, C.; Kovacsik, G.; Laporte, J.; Plissier, M. y Scheidhaver, J. 1981. “Análisis de las aguas. Aguas naturales, aguas residuales y agua de mar”. Ediciones Omega, S.A. 1ª Edición. 476-478 pp.
- Steel, V. y Ehlers, E. 1938. “Saneamiento Urbano y Rural”. Ed. McGraw Hill. 2ª Edición. Estados Unidos. 225 – 272.
- Valencia, Jorge. 2000. “Teoría y Práctica de la Purificación del Agua”. Ed. McGraw – Hill. 3ª Edición. 362 pp.

## 11. Anexos

11.1. Reglamentación del Agua potable Artículo 982 - (Res Conj. SPRyRS y SAGPyA N° 68/2007 y N° 196/2007) del Código Alimentario Argentino.

“Con las denominaciones de **Agua potable de suministro público** y **Agua potable de uso domiciliario**, se entiende la que es apta para la alimentación y uso doméstico: no deberá contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, límpida y transparente. El agua potable de uso domiciliario es el agua proveniente de un suministro público, de un pozo o de otra fuente, ubicada en los reservorios o depósitos domiciliarios. Ambas deberán cumplir con las características físicas, químicas y microbiológicas siguientes:

Características físicas:

- Turbiedad: máx. 3 NTU;
- Color: máx. 5 escala Pt-Co;
- Olor: sin olores extraños.

Características químicas:

- pH: 6,5 - 8,5;
- pH sat.:  $\text{pH} \pm 0,2$ .

Substancias inorgánicas:

- Amoníaco ( $\text{NH}_4^+$ ) máx.: 0,20 mg/l;
- Antimonio máx.: 0,02 mg/l;
- Aluminio residual (Al) máx.: 0,20 mg/l;
- Arsénico (As) máx.: 0,01 mg/l;
- Boro (B) máx.: 0,5 mg/l;
- Bromato máx.: 0,01 mg/l;
- Cadmio (Cd) máx.: 0,005 mg/l;
- Cianuro ( $\text{CN}^-$ ) máx.: 0,10 mg/l;
- Cinc (Zn) máx.: 5,0 mg/l;
- Cloruro ( $\text{Cl}^-$ ) máx.: 350 mg/l;
- Cobre (Cu) máx.: 1,00 mg/l;
- Cromo (Cr) máx.: 0,05 mg/l;
- Dureza total ( $\text{CaCO}_3$ ) máx.: 400 mg/l;
- Fluoruro ( $\text{F}^-$ ): para los fluoruros la cantidad máxima se da en función de la temperatura promedio de la zona, teniendo en cuenta el consumo diario del agua de bebida.
  - Temperatura media y máxima del año ( $^{\circ}\text{C}$ ) 10,0 - 12,0, contenido límite recomendado de Flúor (mg/l), límite inferior: 0,9; límite superior: 1,7.
  - Temperatura media y máxima del año ( $^{\circ}\text{C}$ ) 12,1 - 14,6, contenido límite recomendado de Flúor (mg/l), límite inferior: 0,8; límite superior: 1,5.
  - Temperatura media y máxima del año ( $^{\circ}\text{C}$ ) 14,7 - 17,6. contenido límite recomendado de Flúor (mg/l), límite inferior: 0,8; límite superior: 1,3.

- Temperatura media y máxima del año (°C) 17,7 - 21,4, contenido límite recomendado de Flúor (mg/l), Límite inferior: 0,7; límite superior: 1,2.
- Temperatura media y máxima del año (°C) 21,5 - 26,2, contenido límite recomendado de Flúor (mg/l), límite inferior: 0,7; límite superior: 1,0.
- Temperatura media y máxima del año (°C) 26,3 - 32,6, contenido límite recomendado de Flúor (mg/l), límite inferior: 0,6; límite superior: 0,8.
- Hierro total (Fe) máx.: 0,30 mg/l;
- Manganeso (Mn) máx.: 0,10 mg/l;
- Mercurio (Hg) máx.: 0,001 mg/l;
- Niquel (Ni) máx.: 0,02 mg/l;
- Nitrato (NO<sub>3</sub>-) máx.: 45 mg/l;
- Nitrito (NO<sub>2</sub>-) máx.: 0,10 mg/l;
- Plata (Ag) máx.: 0,05 mg/l;
- Plomo (Pb) máx.: 0,05 mg/l;
- Selenio (Se) máx.: 0,01 mg/l;
- Sólidos disueltos totales, máx.: 1500 mg/l;
- Sulfatos (SO<sub>4</sub>=) máx.: 400 mg/l;
- Cloro activo residual (Cl) mín.: 0,2 mg/l.

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

Para aquellas regiones del país con suelos de alto contenido de arsénico, se establece un plazo de hasta 5 años para adecuarse al valor de 0,01 mg/l.

Características Microbiológicas:

Bacterias coliformes: NMP a 37 °C- 48 hs. (Caldo Mc Conkey o Lauril Sulfato), en 100 ml: igual o menor de 3.

Escherichia coli: ausencia en 100 ml.

Pseudomonas aeruginosa: ausencia en 100 ml.

En la evaluación de la potabilidad del agua ubicada en reservorios de almacenamiento domiciliario deberá incluirse entre los parámetros microbiológicos a controlar el recuento de bacterias mesófilas en agar (APC - 24 hs. a 37 °C): en el caso de que el recuento supere las 500 UFC/ml y se cumplan el resto de los parámetros indicados, sólo se deberá exigir la higienización del reservorio y un nuevo recuento. En las aguas ubicadas en los reservorios domiciliarios no es obligatoria la presencia de cloro activo.

Contaminantes orgánicos:

THM, máx.: 100 ug/l;

Aldrin + Dieldrin, máx.: 0,03 ug/l;

Clordano, máx.: 0,30 ug/l;

DDT (Total + Isómeros), máx.: 1,00 ug/l;

Detergentes, máx.: 0,50 mg/l;

Heptacloro + Heptacloroepóxido, máx.: 0,10 ug/l;

Lindano, máx.: 3,00 ug/l;

Metoxicloro, máx.: 30,0 ug/l;

2,4 D, máx.: 100 ug/l;

Benceno, máx.: 10 ug/l;  
Hexacloro benceno, máx.: 0,01 ug/l;  
Monocloro benceno, máx.: 3,0 ug/l;  
1,2 Dicloro benceno, máx.: 0,5 ug/l;  
1,4 Dicloro benceno, máx.: 0,4 ug/l;  
Pentaclorofenol, máx.: 10 ug/l;  
2, 4, 6 Triclorofenol, máx.: 10 ug/l;  
Tetracloruro de carbono, máx.: 3,00 ug/l;  
1,1 Dicloroetano, máx.: 0,30 ug/l;  
Tricloro etileno, máx.: 30,0 ug/l;  
1,2 Dicloro etano, máx.: 10 ug/l;  
Cloruro de vinilo, máx.: 2,00 ug/l;  
Benzopireno, máx.: 0,01 ug/l;  
Tetra cloro eteno, máx.: 10 ug/l;  
Metil Paratión, máx.: 7 ug/l;  
Paratión, máx.: 35 ug/l;  
Malatión, máx.: 35 ug/l.

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