

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN**

**Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Civil**



**Estudio de la Contaminación del Acuífero Patiño**

**Sergio Cardozo López  
Claudia Crosa Rivarola**

**San Lorenzo  
2006**

*IN MEMORIAM*



Dedicamos este trabajo final de grado al Ing. Darío Coronel, quien en vida fuera nuestro Vice Decano de la Facultad de Ingeniería. El Ing. Coronel dedicó sus esfuerzos a la docencia, la investigación y al avance académico de esta casa de estudios. Dificilmente reemplazable, y meritoriamente imitable, será siempre recordado como personaje de bien en la historia de esta facultad.

## ***AGRADECIMIENTOS***

A la **Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción**, la cual nos brindó excelencia académica en la formación profesional; y al pueblo paraguayo que nos dio la oportunidad de estar en ese ínfimo porcentaje privilegiado de población universitaria, a quienes nos debemos, y tomamos el compromiso de devolver esta educación brindada convirtiéndonos en excelentes ingenieros, patriotas, líderes y responsables de la construcción de la sociedad y del Paraguay que queremos.

### **A nuestros asesores:**

Ing. Alejandro Blanco Centurión  
Lic. Félix Villar  
Ing. Luís Segovia  
Dr. Carlos Antonio López

### **A nuestro Director de Ing. Civil:**

Ing. Carlos Montero

### **A ESSAP por los análisis químicos:**

Ing. Manuel López Cano	Dra. María Teresa Blanco de Rivarola
Ing. Ricardo Sitjar	Dra. Antonella Blatter
Dra. Gladis Alcaráz de Molas	Dr. Anuncio Martino
Dra. Del Rosario	Dra. Sandra Pagliaro
Dra. Maribel Ramírez	

### **A SENASA**

Ing. Sergio Santos

### **A ERSSAN**

Ing. Salvador Quenhan  
Ing. Sonia Chávez

### **Al CITEC y su Departamento de Investigación y Desarrollo:**

Ing. Hugo Ruiz  
Ing. Roger Monte Domecq  
Ing. Raúl Ayala  
Ing. Andrés Wherle  
Ing. Alex Gaona

### **A ALTERVIDA**

Ing. Jorge Abbate  
Ing. Jorge Pusineri  
Ing. Cristian Escobar  
Ing. Roberto Zalazar

A los encargados de los pozos, miembros de juntas de saneamiento, aguateros y vecinos de los lugares a donde acudimos para la toma de muestra de agua.

A nuestros compañeros que nos ayudaron y nos acompañaron en los viajes.

Al **FERI** y al **FIEI**, que en su momento nos dieron espacios para canalizar nuestras energías de solidaridad y nuestro liderazgo, ayudándonos a crecer en la realidad nacional e inculcándonos un compromiso social.

A Federico Allara, Nancy Arguello, Rodrigo Arias, Laura Bogado, Noelia Boggino, Karen Canatta, Rosana Casatti, Roberto Cristaldo, Ingrid Dallmann, Christian Díaz, Javier Giammarinaro, José Gianninotto, Marta Godoy, Gaby Mesquita, Dani Mojoli, Elisa Mosqueda, Juan Pablo Nogués, Federico Olmedo, Familia Oviedo, Margarita Pereira, José Tomas Riera, Oscar Rivas, Diego Schmeda, Lourdes Servián, Fernando Talavera, Jeannette Thielmann, Karina Ugarte, Amanda Zárate, y, en general,

A nuestros amigos, quienes cada uno, con sus pequeños granitos de arena, formaron las dunas que marcaron nuestra vida universitaria e hicieron posible, directa o indirectamente, el éxito de nuestra tesis final de grado y de una etapa más de la vida.

A todos los profesores, ayudantes y docentes de la facultad así como a sus funcionarios y empleados.

Y a muchos otros que de una u otra forma hicieron posible este trabajo y nos acompañaron en nuestro pasar por la Facultad de Ingeniería

Especialmente, con cariño y amor, agradecemos

**A nuestros Padres**

Carmen y Pancho  
Blanca y Carmelo,

**A nuestros hermanos**

Carla, Cecilia y Jose Miguel,  
Laura, Alejandra y Luís.

**A nuestros familiares y amigos,**

María de la Paz Peña, Marité y Miguel Angel Rivarola, Tío Carlitos, Mike Anderson, Abuela Emilce, Abuela Blanca, Lela, Tata, Elva

A Enrique Godoy Gamarra

**y a Dios**

***¡MUCHAS GRACIAS!***

## Índice de Contenido

Generalidades	1
Introducción	2
Planteamiento del Tema	5
Objetivos	7
Marco Teórico	9
El Agua	10
Conceptos pertinentes de Ecología	21
Contaminación	37
Coliformes	46
Riesgo de enfermedades transmitidas por el agua	51
Aguas Subterráneas	72
Acuíferos	74
Otros tipos de formaciones	76
Agua subterránea y agua superficial	77
Análisis Técnico	91
Área de Estudio	92
El sistema acuífero	100
Metodología	103
Resultados	119
Conclusiones y Recomendaciones	150
Bibliografía	158
Anexos	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## Indice de Tablas

Tabla 1 Principales Reservas Hídricas	13
Tabla 2 Principales bacterias transmitidas por el agua.	56
Tabla 3 Principales virus transmitidos por el agua.	57
Tabla 4 Principales parásitos transmitidos por el agua.	58
Tabla 5 Principales enfermedades transmitidas por el agua.	59
Tabla 6 Principales enfermedades con base en el agua.	60
Tabla 7 Principales enfermedades vectoriales relacionadas con el agua	62
Tabla 8 Demografía sobre el Acuífero Patiño y proyección al 2030	102

## Índice de Apéndices

### Apéndice I

Resolución 2155/05 Por la cual se establecen las especificaciones técnicas de construcción de pozos tubulares destinados a la captación de aguas subterráneas API

### Apéndice II

Normas Técnicas de Análisis de Aguas APII

### Apéndice III

Fichas de calidad de agua de los pozos muestreados del Acuífero Patiño APIII

# Generalidades

## ***Introducción***

“De nada sirve el oro si no tenemos agua”

Es conocida por demás la importancia del agua en nuestras vidas, la utilizamos desde para recreación, hasta para mantener vivo a nuestro cuerpo, pasando por todos los procesos productivos del hombre. El agua está presente en todos ellos, lo que aún es desconocido o se conoce muy poco es sobre el estado actual de la disponibilidad del agua. La escasez de agua en el mundo ya no es una proyección que hacen los expertos, es una realidad, y las consecuencias de esto, devastadoras, van desde cierre de industrias, problemas de cultivos, hasta graves problemas en la salud de las personas. Esta realidad actual, nos impone un desafío, el cuidado y mantenimiento de este crucial recurso. Las guerras del futuro ya no serán por petróleo sino por agua, pronostican los mas radicales. Es difícil de creer en una guerra por agua, pero podría pasar, cosas más horrendas hemos visto hacer al hombre en el pasar de la historia, pero sólo para pensar un momento: ¿no sería mas productivo, en vez de invertir millonarios recursos en guerras, invertirlos para conservar y recuperar el agua ahora disponible?

En nuestro país, el Acuífero Patiño, por su posición estratégica, es uno de los acuíferos más importantes del Paraguay. Sirve a una población de 2.000.000 de personas aproximadamente, lo que hace a un 38% de la población nacional, por más que su superficie sea de apenas 1770 Km<sup>2</sup>.

Su accesibilidad permite que la población ubicada sobre este acuífero sea fácilmente servida por medio de pozos profundos y someros, ya que su profundidad también es moderada. Por esto se corre el riesgo de caer en una explotación intensiva y hasta una sobreexplotación del acuífero.

Este acuífero tiene una buena recarga de agua, lo cual lo hace bastante vulnerable a la polución. La cantidad de pozos perforados en el acuífero es una ventana abierta a la contaminación.

El área del acuífero cubierta por alcantarillado sanitario es poca, y la mayor parte de los desechos líquidos son depositados en el terreno. La consecuencia directa a esto es la infiltración de los contaminantes al acuífero.

La aparición de agua salada en los pozos perforados se puede deber a la intrusión de formaciones provenientes del suelo chaqueño, o a la sobreexplotación y disminución de la presión en el acuífero e invasión de las aguas subterráneas del chaco.

Existen varios pozos en las zonas de Luque, Areguá y Noroeste del acuífero que presentan salinidad.

Este tema resurge hoy con gran ímpetu, pues se está volviendo cada vez más crítica la obtención de agua potable en el área de Asunción y Gran Asunción. Las proyecciones de las entidades encargadas de la planificación técnica del abastecimiento de agua predicen que en poco tiempo no será posible el suministro suficiente para la población que habita sobre este acuífero. El descontrol y la falta de registros de los pozos artesianos

particulares, la creciente cantidad de empresas perforadoras de pozos artesianos y la falta de control y regulación de las mismas por parte del estado influyen significativamente a que este recurso tan limitado y vulnerable se degrade en capacidad y calidad. La alternativa más factible, la toma de agua superficial del Río Paraguay, es una posibilidad costosa, y si no cuidamos nuestros recursos actuales, será nuestra única solución.

### ***Planteamiento del Tema***

El Acuífero Patiño, por su localización, su vulnerabilidad a la intrusión de las aguas negras no tratadas, y su importancia estratégica por servir a una 38% de la población del Paraguay, es receptor de alta contaminación microbiológica.

Planteamos cuantificar el contenido de coliformes fecales y totales en una muestra definida de los pozos perforados dentro del área del Acuífero Patiño.

Además también existen zonas en el Acuífero Patiño que presentan salinidad en sus aguas, lo cual representa un problema para el suministro de agua a la población. Estas zonas no están totalmente delimitadas ni cuantificadas, y esto pone en riesgo la obtención de agua potable en la perforación de nuevos pozos.

Una herramienta muy útil en el estudio del acuífero Patiño, ya sea para la perforación de pozos, o para la planificación integrada y utilización del recurso sería un mapa del acuífero con las zonas saladas y sus posibles causas, en formato digital y en formato duro.

Planteamos la elaboración de un mapa de isoconductividad con un nivel de precisión suficientemente confiable para la determinación de zonas de probable aparición de salinización en el acuífero Patiño.

El problema del agua, ya discutido extensamente alrededor del globo, se plantea en todos los rincones, clases sociales, formas de gobierno y grupos económicos.

La organización *Global Water Partnership* en un informe técnico<sup>1</sup> en el año 1998 afirmaba que el agua debe de tomarse como un bien económico, social y ambiental. Estas tres facetas del recurso vital son los ejes directores para un manejo integrado de los recursos hídricos.

---

<sup>1</sup> Global Water Partnership (Asociación Mundial del Agua) Comité Técnico Asesor. Publicación Técnica Número 2. “El agua como bien económico, social y ambiental”

## ***Objetivos***

### **Objetivo General**

El objetivo general de este trabajo es la determinación cuantitativa de las áreas con presencia de agua salada y coliformes en el Acuífero Patiño. Con esto se plantea pintar un panorama de la situación actual del estado de contaminación del acuífero, de tal forma que este documento sirva posteriormente para tomar medidas preventivas y correctivas en lo que refiere al saneamiento de la zona del acuífero patiño, así como una previsión racional del abastecimiento de agua.

### **Objetivos Específicos**

Los objetivos específicos del estudio se enfocan en tres preguntas concretas, las cuales intentaremos responder a lo largo del presente documento. Estas son:

**¿Como se encuentra el Acuífero Patino a partir de los estudios realizados en el año 2000?**

Como explicaremos mas adelante, en el año 2000 una firma holandesa (TNO) realizo un estudio bastante detallado del acuífero, y se enfoco principalmente en una zona piloto, en la cuenca del arroyo Nemby. Este estudio incluyo análisis de calidad de agua e información hidrogeologica. Es uno de

nuestros objetivos específicos determinar el comportamiento en materia de contaminación en el acuífero a partir de este estudio.

### **¿Que áreas del Acuífero están mas expuestas a la contaminación del Recurso?**

En nuestros análisis trabajamos mucho con la información espacial de los pozos y los valores de calidad de los mismos. Esto nos permitirá luego determinar las zonas mas vulnerables a la contaminación en el área. Es de nuestro interés clasificar los distritos según su calidad de agua. Esto en el futuro permitirá delimitar políticas publicas para la preservación y remediación del recurso hídrico.

### **¿Como afecta la contaminación del recurso en el aspecto social?**

La población sobre el acuífero es la mas perjudicada en el caso de que el acuífero llegue a estados de contaminación irreversible. El manejo del mismo debe ser sostenible economica y socialmente. Planteamos en este punto pintar un panorama de la salud pública en materia de enfermedades de origen hídrico, las cuales pueden ser causadas por el consumo de agua subterránea contaminada.

## Marco Teórico

## ***El Agua***

### **Importancia**

El agua, representa aproximadamente el 70% de la superficie de la tierra y es considerada como la base del origen y el sustento de la vida en el planeta. Todos los seres vivos requieren un aporte periódico de agua para el funcionamiento de su metabolismo ya que esta constituye entre el 50 y 90 % del peso corporal de un organismo.

Pero el rol del agua no se limita sólo al aspecto biológico, también ejerce influencia sobre los fenómenos meteorológicos, como elemento regulador de la temperatura, e interviene en la geología de un lugar en la medida en que la erosión hídrica modifica el entorno natural y transporta nutrientes hacia lugares estratégicos.

Para el hombre el agua tiene importancia socioeconómica, la mayoría de las ciudades se establecen próximas a un cuerpo de agua, no sólo porque es una fuente de abastecimiento de agua para bebida sino que también es un insumo fundamental para el desarrollo de varias actividades productivas, es utilizada para la generación de energía, el transporte, recreación, etc. La disponibilidad y acceso al agua que tiene una población condiciona su calidad de vida.

### ***Distribución***

El agua del planeta está principalmente almacenada en los océanos (97.39%) y en los inlandsis, glaciares y banquisas (2.01%). Un porcentaje importante está contenido en las formaciones geológicas (0.54%). El remanente (0.06%) está constituido por aguas superficiales, que en una gran proporción (más de la mitad) son saladas y por lo tanto no potables. En los hechos, el agua dulce directamente disponible para el uso humano constituye menos de 0.02% de la hidrósfera. De esa cantidad, 95% está almacenada en los lagos, quedando solamente 0.001% para todos los ríos y arroyos.

A pesar de su aparente escasez, el volumen de agua potencialmente utilizable para el consumo sería más que suficiente para satisfacer todas las necesidades sociales actuales y las del futuro cercano.

Cada año, caen 496 mil km<sup>3</sup> de agua sobre la superficie de la tierra. Esto representa alrededor de 100 mil m<sup>3</sup> por persona y por año. Si las precipitaciones se distribuyeran homogéneamente en todo el planeta, su altura anual sería de 973 milímetros. Sólo 25% de este total cae en los continentes. A pesar de recibir precipitaciones medias anuales de apenas 696 mm, el continente asiático recoge la mayor parte (28%) del total de agua continental. América del Sur con menos de la mitad del área asiática recibe 25% debido a sus elevadas precipitaciones (1,464 mm por año). El promedio africano es similar al de Asia y el norteamericano ligeramente inferior (645 mm por año). Asumiendo que el volumen de agua almacenado en los acuíferos se

mantuviera estable, se puede estimar el agua evaporada a partir de los continentes en un 84% del total precipitado en Africa, 67% en Australia y 62% en América del Norte. En Asia y América del Sur las pérdidas por evaporación representan el 60% del agua caída; y en Europa, 57%. Solamente en la Antártica la tasa es considerablemente menor (17%).

Aún limitando nuestros cálculos a las precipitaciones continentales (y restando el volumen evaporado que es aproximadamente un 60%) habría más de 80 mil m<sup>3</sup> de agua anuales disponibles para el consumo de cada persona en el planeta.

Las necesidades per cápita varían con las zonas consideradas, pero generalmente son inferiores a 1 m<sup>3</sup> por día y por persona, o sea unos 200–350 m<sup>3</sup> por año.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Rodolfo Molina-el agua-monografias.com

Principales Reservas Hídricas			
	Volumen (1.000 Km3)	% del total de agua	% del total de agua dulce
Agua salada			
Océanos	1.338.000	96.54	
Aguas subterráneas salinas/ salobres	12.870	0.93	
Lagos de agua salada	85	0.006	
Aguas Continentales			
Glaciares, cubierta de nieve permanente	24.064	1.74	68.7
Agua dulce subterránea	10.530	0.76	30.06
Hielo del suelo, gelisuelo	300	0.022	0.86
Lagos de agua dulce	91	0.007	0.26
Humedad del suelo	16.5	0.001	0.05
Vapor de agua atmosférico	12.9	0.001	0.04
Pantanos, humedales*	11.5	0.001	0.03
Ríos	2.12	0.0002	0.006
Incorporados en la biota*	1.12	0.0001	0.003
Total de agua	1.386.000	100	
Total de agua dulce	35.029		100
* Los pantanos, humedales y el agua incorporados en la biota son a menudo una mezcla de agua dulce y salada. Notas: es posible que los totales no muestren la suma exacta debido a redondeos.			

Tabla 1 Principales Reservas Hídricas

Fuente: GEO-3. PNUMA

Naturalmente muchos países sufren escasez del agua debido a que este recurso no se presenta homogéneamente distribuido sobre el planeta. El fenómeno se intensifica si consideramos la contaminación de ríos, lagos y otros cuerpos de abastecimiento, que deterioran la calidad del recurso, limitando aun más su disponibilidad.

Las estadísticas nos indican que alrededor de la tercera parte de la población mundial (más de 1000 millones de personas) viven en países con un

stress hídrico entre moderado y elevado. Unos 80 países, que representan el 40% de la población mundial sufrían una grave escasez de agua a mediados de los noventa (CSD1997) siendo las regiones más afectadas Oriente Medio, el norte de África y el sur de Asia.

Según la ONU, se espera que la situación se agrave ya que para el 2025 unas 5500 millones de personas vivirán en países con limitaciones graves de agua potable.

### **Problemática**

Cuando se habla de agua como derecho humano es necesario recapacitar sobre el valor que cada uno de nosotros le damos a la misma. El campesino considera el agua como un bien de propiedad común y local, generador de vida y de riqueza, o fuerza destructiva que condiciona su supervivencia, desarrollo y bienestar. El habitante urbano usa el agua como elemento de consumo que tiene a su alcance con sólo abrir una llave, o al contrario, de un servicio básico faltante. Cuando lo tiene normalmente desperdicia el agua. El industrial lo ve como un insumo más en sus procesos productivos. En la mayoría de los casos no lo incorpora a los mismos y una vez usado lo devuelve al medio ambiente contaminado.

A su vez, para los indígenas el agua alcanza niveles sagrados y se vuelve verdaderamente una cuestión de vida o muerte.

En cuanto a las autoridades es un recurso limitado, cada vez más escaso, con una demanda creciente, no sólo porque la población aumenta, sino

también porque las condiciones de vida van mejorando y requiriendo mayores cantidades de agua. Por ello la escasez no sólo es natural, sino también provocado, puesto que la contaminación limita su uso.

Podríamos seguir cuestionando el valor de uso del agua para distintos segmentos de los grupos antes mencionados: los niños, ¿para las mujeres que deben invertir varias horas de su jornada de trabajo diario para transportarla de fuentes lejanas a sus hogares? ¿Cuánto vale el agua para los estudiantes, los ambientalistas, las amas de casa, los científicos?

A su tiempo, disponibilidad, población, procesos productivos y contaminación inciden en la distribución espacial del vital líquido.

El sector agrícola es el mayor consumidor de agua en la mayoría de los países. Utiliza más del 80% de toda el agua extraída. Normalmente, se considera a la agricultura como el motor del progreso y al agua como el componente esencial de un desarrollo agrícola sostenible.

Desde 1950, el área regada mundialmente se ha incrementado al triple y se estima en aproximadamente 275 millones de hectáreas. Actualmente, casi la mitad del alimento a nivel mundial se produce en sólo el 18% de las tierras regadas. No obstante, en el afán de incrementar el área de riego, se ha puesto poca atención en la eficiencia con que operan los sistemas.

Se pierde mucha agua en la conducción de las presas o pozos hasta las parcelas. Se estima que en promedio, la eficiencia de los sistemas de riego es del 37%, a nivel mundial. Mucho del volumen perdido se vuelve improductivo o

se degrada severamente en su calidad, al arrastrar sales, pesticidas y elementos tóxicos del suelo. Por lo tanto, el problema no es siempre de recursos hidráulicos adicionales. En muchos casos, los recursos hidráulicos existen para su manejo es ineficiente y la contaminación lo deterioran.

Los principales problemas de abastecimiento a los centros urbanos son el agotamiento de las fuentes locales, la contaminación de las mismas, los altos costos de captación y conducción del agua y los conflictos generados por los intereses de diferentes usuarios sobre las fuentes. Paradójicamente, ante esta difícil situación, en las ciudades ocurren grandes porcentajes de fugas, se utilizan tecnologías derrochadoras de agua, no se reutiliza este recurso, los sistemas de facturación y cobranza son deficientes, las tarifas por el servicio frecuentemente no cubren los costos del suministro y existe poca conciencia ciudadana.

En las industrias, las maquinarias, los procesos y los servicios accesorios demandan grandes cantidades de agua. Los usos industriales de este recurso se pueden dividir en tres grandes grupos: transferencia de calor, generación de energía y aplicación a procesos.

El agua contaminada usada para consumo humano y aseo personal es una vía para la transmisión de enfermedades contagiosas y alteraciones mutagénicas. Casi la mitad de la población del mundo sufre enfermedades relacionadas con el agua y la mayoría de los enfermos son pobres y viven en

países en desarrollo. Se estima que solamente las enfermedades diarreicas producen la muerte a cuatro millones de niños anualmente.

La presenta pandemia del cólera que afecta a casi toda América Latina, es una muestra de los efectos devastadores que las enfermedades relacionadas con el agua pueden tener sobre la sociedad.

La tarea básica para limitar las enfermedades de carácter hídrico que afectan sobre todo los niños mayores de cinco años es el saneamiento rural. El abastecimiento de agua potable y los servicios de drenaje en el medio urbano y el mejoramiento de la calidad del agua y la disposición adecuada de las excretas en el medio rural, son tareas básicas que no pueden posponerse si se quiere reducir la mortalidad infantil relacionada con enfermedades hídricas.

El hombre, le ha dado diferentes utilidades como por ejemplo para regadío, recreo. Así como usos domésticos e industriales entre otros, el mal aprovechamiento de este recurso natural así como su uso para la vida del hombre y la naturaleza, olvidándose de que es un recurso no renovable y vital para el hombre.

El hombre moderno ha cambiado el color cristalino radiante a borroso marrón. Accidentalmente o a propósito, le ha arrojado millones de toneladas de suciedad. En el intento de blanquear su ropa las amas de casa solo han logrado, llenar de espuma con detergente de fosfatos, son ejemplo algunas de las causa hacen crecer algas y otros vegetales acuáticos volviendo pantanosos los lagos agregan mal sabor y mal olor al agua.

Con sus desechos químicos y derrames de petróleo el hombre ha contaminado las aguas y matado cientos de especies y tal vez el que algunos de ellos se desarrollen desproporcionadamente, provocando un desequilibrio ecológico.

El agua como ya mencionamos es el medio de vida para muchas especies, si su composición se ve alterada entonces los organismos animales y vegetales sufren cambios en sus metabolismos.

Los océanos del mundo están enfermos por la contaminación, han encontrado cangrejos muertos, envenenados por cadmio, peces infectados por mercurio, DDT, y otros venenos fabricados por el hombre, esta es una de las muchas causas que nos han dejado los avances tecnológicos.

### **Gobernabilidad**

Otra problemática del agua en el Paraguay, un bien sobre el cual existe consenso sobre su abundancia (en la región Oriental) y su escasez (en diversas regiones del Chaco), aparece y se instala como un problema en el país, desde la década de los '80, siendo asumida totalmente como un aspecto de urgente atención, en los '90 y en la actualidad.

Si de la capacidad profesional dependieran las soluciones de las distintas problemáticas alrededor del tema, ya se habría llegado a disponer de instrumentos más ágiles para una gestión de los recursos hídricos del país. Sin embargo, existen deficiencias de todo tipo, desde las conceptuales y políticas,

que se ubican en el origen de los problemas, como en la inadecuación del marco institucional y legal.

Todo parece indicar que la falta de armonización entre los valores sociales, ambientales, políticos y económicos se desarticulan con la matriz cultural que hizo que el agua haya sido considerada “desde siempre” con un bien inagotable, simplemente a disposición de quien lo necesite.

Al respecto, se señala que en el Paraguay, existe “una gran dispersión de disposiciones legales, entre las cuales hay evidentes inconsistencias, profusión de leyes, con vacíos tanto conceptuales como de estrategia y acción, que son realmente muy importantes y en muchos casos completamente desactualizadas y desvinculadas de la realidad nacional. Está ausente un principio integrador de la gestión del agua y el concepto mismo de ésta, está difuso. En forma complementaria, el papel que asume el Estado ante la tarea de gestión del agua, al haber sido concebido por aproximaciones sucesivas, resulta incompleto, sesgado y en varios tópicos, anacrónico. Más aun, en la propia conceptualización del agua, existen diferentes interpretaciones sobre considerar el recurso como bien de dominio público o privado. Se observan contradicciones entre los principales instrumentos jurídicos que regulan el dominio, propiedad y aprovechamiento del recurso en ese sentido (Crespo y Martínez, 2000. Citado en “Crisis de gobernabilidad en la gestión del agua, Axel Dourojeanni y Andrei Jouravlev, Serie Recursos Naturales e Infraestructura, Cepal, NN UU, 2001.).

La situación de confusión que se ha instalado en el manejo del recurso, plantea entonces, al no existir principios ni políticas rectoras sobre el uso de el agua en sus diferentes formas, lo que podría denominarse como la ingobernabilidad del recurso, tema que pretende abordarse en este documento y que ocupa hoy a muchos países de América Latina y el mundo.

El Paraguay no escapa entonces, a la crisis de gobernabilidad sobre el recurso agua que se ha instalado a nivel mundial<sup>3</sup>. (\*)

---

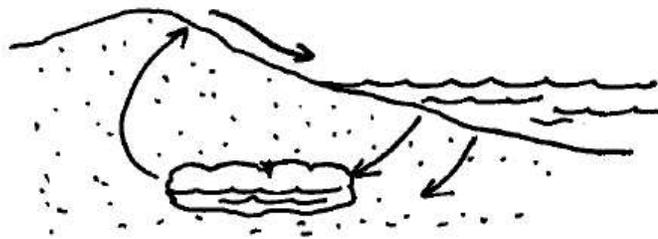
<sup>3</sup> (\*)GOBERNABILIDAD DEL AGUA EN EL PARAGUAY (\*)  
Ing. Jorge Abbate Marengo H. La ingeniería de presas y la hidrogenación en las próximas décadas. Revista Ingeniería Civil, N° 313 mayo, 1995.

## ***Conceptos pertinentes de Ecología***

### **El Ciclo Hidrológico**

#### **Historia**

La idea del Ciclo Hidrológico, que hoy nos parece tan intuitiva, durante siglos no fue comprendida por filósofos y “científicos”, creyendo que el ciclo se realizaba al revés: el agua penetraba en la corteza desde el fondo de los océanos, se almacenaba en la profundidad, probablemente en grandes cavernas, y ascendía después por el calor de la Tierra hasta las partes altas de



las montañas, surgiendo en las zonas de nacimiento de los ríos. No creían posible que el caudal de un gran río

fuera producido exclusivamente por las lluvias y les maravillaba la existencia de manantiales en lugares topográficamente elevados y con caudales relativamente constantes. Tales, Platón, Aristóteles,... hasta Kepler (1571-1630) y Descartes (“Principios de la Filosofía”, 1644) no se limitaban con esbozar la idea del Ciclo al revés, sino que dedicaban largos textos a pormenorizar las diversas etapas del proceso.

Lo más complicado era la pérdida de la sal marina, pero para ello invocaban procesos similares a la destilación.

También hubo excepciones, como el arquitecto romano Vitrubio o Leonardo da Vinci que hablaron del ciclo tal como es.

La Hidrología moderna nace con las experiencias de Perrault, Mariotte y Halley. Fueron los primeros hidrólogos empíricos que basaron sus ideas en medidas y no en la especulación.

En 1674 Pierre Perrault publica “De l’origine des fontaines”. Había medido las precipitaciones de la cuenca alta del Sena y los aforos del río, concluyendo que el volumen de las precipitaciones era seis veces superior a las aportaciones del río. Mariotte, contemporáneo de Perrault, repitió estos experimentos en un punto distinto de la cuenca del Sena, estudiando además la infiltración profunda del agua, y comprobando que el caudal de ciertos manantiales variaba de acuerdo con la oscilación de las precipitaciones.

Faltaba por cuantificar la otra mitad del Ciclo: cómo era posible que del cielo cayera tanta agua. El astrónomo Halley se interesó por el fenómeno de la evaporación porque se empañaban las lentes de sus telescopios. Realizó medidas y cálculos concluyendo que el volumen de agua evaporado un día de

verano del Mediterráneo era superior al volumen de agua que recibe de todos los ríos que llegan él.<sup>4</sup>

### Concepto

Se denomina Ciclo Hidrológico al movimiento general del agua, ascendente por evaporación y descendente primero por las precipitaciones y después en forma de escorrentía superficial y subterránea.

Sobre esta definición

tan simple podemos

realizar algunas

observaciones:

1) No es tan simple como “El agua se evapora en el océano y precipita sobre los continentes”.

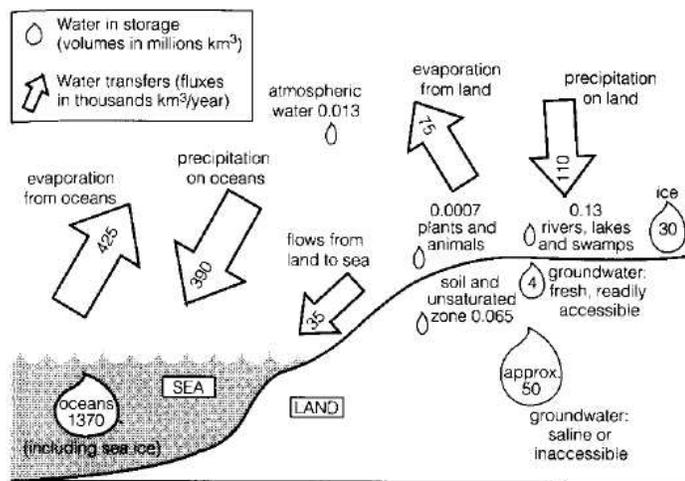


Figure 3.2 A budget for the world's water.

Price, M. (1996) pág 15

Figura 1 Distribución de Agua en el Planeta

<sup>4</sup> Este es un balance impreciso, hay que considerar las entradas desde el Atlántico. Dejé constancia de que el volumen de agua evaporada de los mares era suficiente para explicar las lluvias.

Vemos en la figura adjunta que en ambos medios se produce evaporación y precipitación, aunque es cierto que la evaporación predomina en el océano y la precipitación en los continentes

2) La escorrentía subterránea es mucho más lenta que la superficial. La lentitud (a veces inmovilidad) de la escorrentía subterránea confiere al ciclo algunas características fundamentales, como que los ríos continúen con caudal mucho tiempo después de las últimas precipitaciones.

3) Las aguas subterráneas no son mas que una de las fases o etapas del ciclo del agua, no tienen ningún misterioso origen magmático o profundo. A veces se olvida esta obviedad y se explotan las aguas de una región como si nada tuvieran que ver con las precipitaciones o la escorrentía superficial, con resultados indeseables.

Una excepción: Existen efectivamente surgencias de aguas que proceden del interior de la Tierra y nunca han estado en la superficie ni formado parte del Ciclo Hidrológico. Pueden denominarse *aguas juveniles* y se trata de casos verdaderamente excepcionales. Las aguas termales, sulfuradas, etc. de los balnearios se demuestra mediante estudios isotópicos que son aguas meteóricas en la mayoría de los casos.

Las *aguas fósiles* o *congénitas* son aquellas que quedaron atrapadas en la formación de un sedimento.

Otras aguas subterráneas que parecen ajenas al ciclo son las que aparecen en regiones desérticas. Son aguas que se infiltraron hace decenas de

miles de años cuando esas mismas zonas desérticas no eran tales. Tanto estas como las aguas fósiles pertenecen al Ciclo Hidrológico, pero han estado apartadas de él durante un periodo muy prolongado.

## Fases del Ciclo

Como se trata de un ciclo podríamos considerar todas sus fases comenzando desde cualquier punto, pero lo más intuitivo puede ser comenzar en la Precipitación y considerar qué caminos puede seguir el agua que cae sobre los continentes en las precipitaciones:

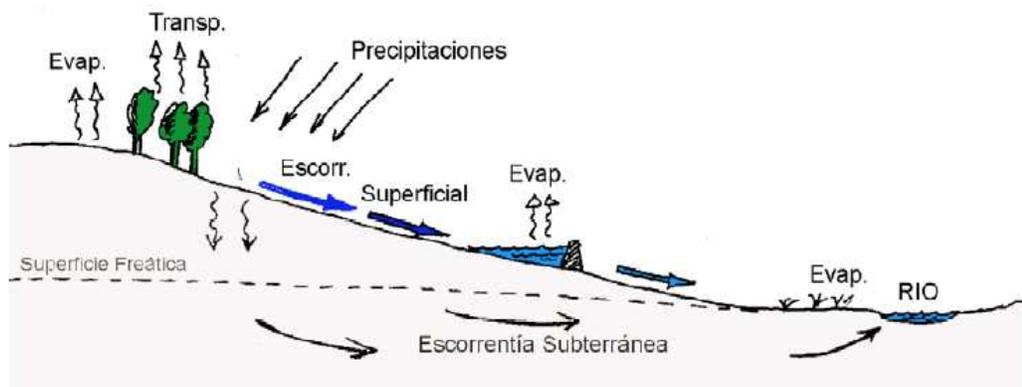


Figura 2 Ciclo Hidrológico

**Evaporación.** Una parte se evapora desde la superficie del suelo (“charcos”) o si ha quedado retenida sobre las hojas de los árboles. A este último fenómeno se le denomina “**intercepción**”, y en lluvias de corta duración sobre zonas de bosque puede devolver a la atmósfera una gran parte del agua precipitada sin haber tocado el suelo.

**Infiltración.** El agua infiltrada puede, a su vez, seguir estos caminos:

b1) **Evaporación.** Se evapora desde el suelo húmedo, sin relación con la posible vegetación.

b2) Transpiración. Las raíces de las plantas absorben el agua infiltrada en el suelo, una pequeña parte es retenida para su crecimiento y la mayor parte es transpirada.

La suma de b1) y b2) se estudia conjuntamente: es la

**evapotranspiración**

b3) Escorrentía subsuperficial o hipodérmica, (“interflow”), que tras un corto recorrido lateral antes de llegar a la superficie freática acaba saliendo a la superficie

b4) Si no es evaporada ni atrapada por las raíces, la gravedad continuará llevándola hacia abajo, hasta la superficie freática; allí aún puede ser atrapada por las raíces de las plantas “freatofitas” (chopos, álamos,...), de raíces muy profundas, y que a diferencia de otras plantas, buscan el agua del medio saturado.

b5) Finalmente, el agua restante da lugar a la escorrentía **subterránea**.

Escorrentía **superficial**. El agua de las precipitaciones que no es evaporada ni infiltrada, escurre superficialmente. Aún le pueden suceder varias cosas:

c1) Parte es evaporada: desde la superficie de ríos, lagos y embalses también se evapora una pequeña parte2 2 Proporcionalmente pequeña, si

consideramos el total de una gran cuenca, pero puede ser muy importante en lugares áridos que se abastecen con un embalse

c2) Otra parte puede quedar retenida como nieve o hielo o en lagos o embalses. (“Escorrentía superficial diferida”)

c3) Finalmente una parte importante es la escorrentía superficial rápida que sigue su camino hacia el mar.

En resumen, hemos visto que el agua precipitada puede: - sufrir Evaporación y Evapotranspiración (a, b1, b2, b4, c1) - escurrir superficialmente - constituir escorrentía subterránea.

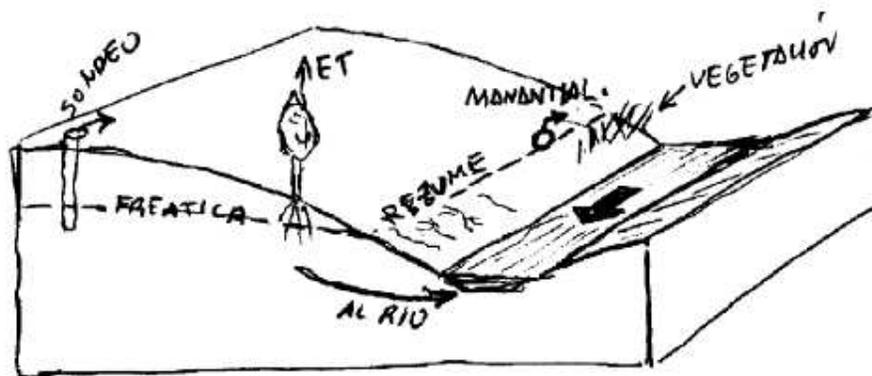
Otros conceptos fundamentales son:

**Escorrentía Directa**, la que llega a los cauces superficiales en un periodo de tiempo corto tras la precipitación, y que normalmente engloba la escorrentía superficial (c3) y la subsuperficial (b3). Son imposibles de distinguir: una gran parte de lo que parece escorrentía superficial (por el aumento de los caudales que sigue a las precipitaciones) ha estado infiltrada subsuperficialmente

**Escorrentía Básica**, la que alimenta los cauces superficiales en los estiajes, durante los periodos sin precipitaciones, concepto que engloba la Escorrentía Subterránea (b5) y la superficial diferida (c2)

### Salidas del agua subterránea

Ya hemos visto cómo continúan su camino el agua evaporada y la escurrida superficialmente. Para continuar con la visión del ciclo, nos queda



sólo reseñar cómo lo hace el agua subterránea, la esorrentía subterránea.

El agua que ha llegado a la zona saturada circulará por el acuífero siguiendo los gradientes hidráulicos regionales. Hasta que sale al exterior o es extraída su recorrido puede ser de unos metros o de bastantes kilómetros,



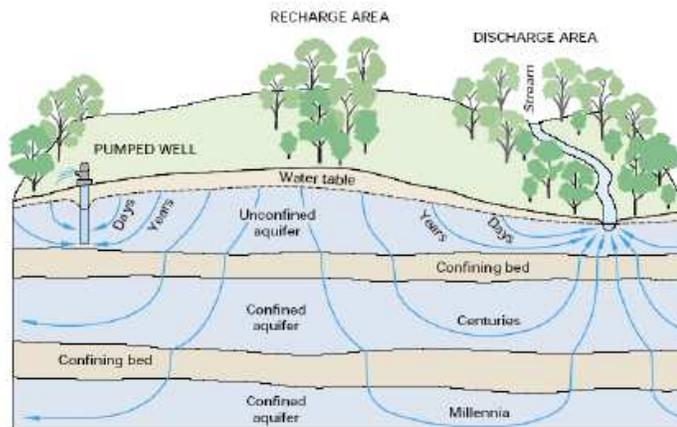
durante un periodo de unos meses o de miles de años. Esta salida al exterior puede ser por los siguientes caminos:

Ser extraído artificialmente, mediante **pozos o sondeos**. En zonas de topografía plana y superficie freática profunda, la extracción por captaciones constituye casi la única salida del agua subterránea.

Salir al exterior como **manantial**. Los contextos hidrogeológicos que dan lugar a un manantial son variados, en figura adjunta se esquematiza sólo uno de ellos

**Evapotranspiración**, por plantas freatofitas o si la superficie freática está próxima a la superficie. En laderas que cortan la superficie freática se genera una abundante vegetación

**Alimentar un cauce** subrepticamente. Es normal que un río aumente



Tomado de <http://water.usgs.gov/pubs/circ/circ1139/>

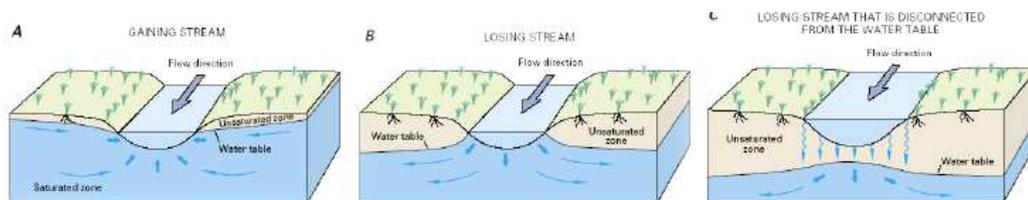
paulatinamente su caudal aguas abajo aunque no reciba afluentes superficiales.

En zonas costeras: Afluye subterráneamente **al mar**.

Esta pérdida es necesaria para mantener estable la “interfase” agua dulce – agua salada.

De todas ellas, exceptuando las áreas costeras, la más importante es la salida hacia los cauces. En una región con alternancia entre capas permeables y otras poco permeables (en la figura: “confining beds”) el flujo sería así:

Esta afluencia de agua subterránea a los ríos no se produce siempre, en ocasiones el flujo es del río al acuífero. Se denominan ríos **efluentes** e **influentes** respectivamente (o ganadores y perdedores).



Tomado de <http://water.usgs.gov/pubs/circ/circ1186>

## Ciclo del Nitrógeno

Todos los seres vivos requieren de átomos de nitrógeno para la síntesis de proteínas de una variedad de otras moléculas orgánicas esenciales. El aire, que contiene 79% de nitrógeno, se utiliza como el reservorio de esta sustancia. A pesar del gran tamaño del patrimonio de nitrógeno, a menudo es uno de los ingredientes limitantes de los seres vivos. Esto se debe a que la mayoría de los organismos no puede utilizar nitrógeno en forma elemental, es decir: como gas

N<sub>2</sub>. Para que las plantas puedan sintetizar proteína tienen que obtener el nitrógeno en forma "fijada", es decir: incorporado en compuestos. La forma más comúnmente utilizada es la de iones de nitrato, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Sin embargo, otras sustancias tales como el amoníaco NH<sub>3</sub> y la urea (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO, se utilizan con éxito tanto en los sistemas naturales como en forma de fertilizantes en la agricultura.

**Fijación del Nitrógeno.** La molécula de nitrógeno, N<sub>2</sub>, es bastante inerte. Para separar los átomos, de tal manera que puedan combinarse con otros átomos, se necesita el suministro de grandes cantidades de energía. Tres procesos desempeñan un papel importante en la fijación del nitrógeno en la biosfera. Uno de estos es el relámpago. La energía enorme de un relámpago rompe las moléculas de nitrógeno y permite que se combinen con el oxígeno del aire. Los óxidos de nitrógeno formados se disuelven en el agua de lluvia y forman nitratos. En esta forma pueden ser transportados a la tierra. La fijación atmosférica del nitrógeno probablemente representa un 5-8% del total.

La necesidad de nitratos para la fabricación de explosivos condujo al desarrollo de un proceso industrial de fijación del nitrógeno. En este proceso, el hidrógeno (derivado generalmente del gas natural o del petróleo) y el nitrógeno reaccionan para formar amoníaco, NH<sub>3</sub>. Para que la reacción pueda desarrollarse eficientemente, tiene que efectuarse a elevadas temperaturas (600°C), bajo gran presión y en la presencia de un catalizador. Hoy en día, la mayor parte del nitrógeno fijado industrialmente se utiliza como fertilizante.

Quizás un tercio de toda la fijación del nitrógeno que hoy en día tiene lugar en la biosfera se efectúa industrialmente.

Las bacterias son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico tanto para su huésped como para sí mismas. En efecto, la capacidad para fijar nitrógeno parece ser exclusiva de los procariotes.

Otras bacterias fijadoras del nitrógeno viven libremente en el suelo. También algunas algas verde-azules son capaces de fijar nitrógeno y desempeñan un papel importante en el mantenimiento de la fertilidad en medios semiacuáticos como campos de arroz.

A pesar de la amplia investigación desarrollada, todavía no es claro de que manera los fijadores del nitrógeno son capaces de vencer las barreras de alta energía inherentes al proceso. Ellos requieren de una enzima, llamada nitrogenasa, y un alto consumo de ATP. Aunque el primer producto estable del proceso es el amoníaco, este es incorporado rápidamente en las proteínas y en otros compuestos orgánicos que contienen nitrógeno. Podemos decir, entonces, que la fijación del nitrógeno en las proteínas de la planta (y de los microbios). Las plantas carentes de los beneficios de la asociación con fijadores del nitrógeno, sintetizan sus proteínas con fijadores de nitrógeno absorbido del suelo, generalmente en forma de nitratos.

**Descomposición.** Las proteínas sintetizadas por las plantas entran y atraviesan redes alimentarias al igual que los carbohidratos. En cada nivel trófico se producen desprendimientos hacia el ambiente, principalmente en

forma de excreciones. Los beneficiarios terminales de los compuestos nitrogenados orgánicos son microorganismos de descomposición. Mediante sus actividades, las moléculas nitrogenadas orgánicas de las excreciones y de los cadáveres son descompuestas y transformadas en amoníaco.

**Nitrificación.** El amoníaco puede ser absorbido directamente por las plantas a través de sus raíces y, como se ha demostrado en algunas especies, a través de sus hojas. (Estas últimas, cuando se exponen a gas de amoníaco previamente marcado con isótopos radiactivos, incorporan amoníaco en sus proteínas). Sin embargo, la mayor parte del amoníaco producido por descomposición se convierte en nitratos. Este proceso se cumple en dos pasos. Las bacterias del género nitrosomonas oxidizan el  $\text{NH}_3$  y lo convierten en nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ). Los nitritos son luego oxidados y se convierten en nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) mediante bacterias del género Nitrobacter. Estos dos grupos de bacterias quimioautotróficas se denominan bacterias nitrificantes. A través de sus actividades (que les suministran toda la energía requerida para sus necesidades), el nitrógeno es puesto a disposición de las raíces de las plantas.

**Desnitrificación.** Si el proceso descrito antes comprendiera el ciclo completo del nitrógeno, estaríamos ante el problema de la reducción permanente del patrimonio de nitrógeno atmosférico libre, a medida que es fijado comienza el ciclaje a través de diversos ecosistemas. Otro proceso, la desnitrificación, reduce los nitratos a nitrógeno, el cual se incorpora nuevamente a la atmósfera. Así, otra vez, las bacterias son los agentes

implicados. Estos microorganismos viven a cierta profundidad en el suelo y en los sedimentos acuáticos donde existe escasez de oxígeno. Las bacterias utilizan los nitratos para sustituir al oxígeno como aceptor final de los electrones que se desprenden durante la respiración. Al hacerlo así, las bacterias cierran el ciclo del nitrógeno.

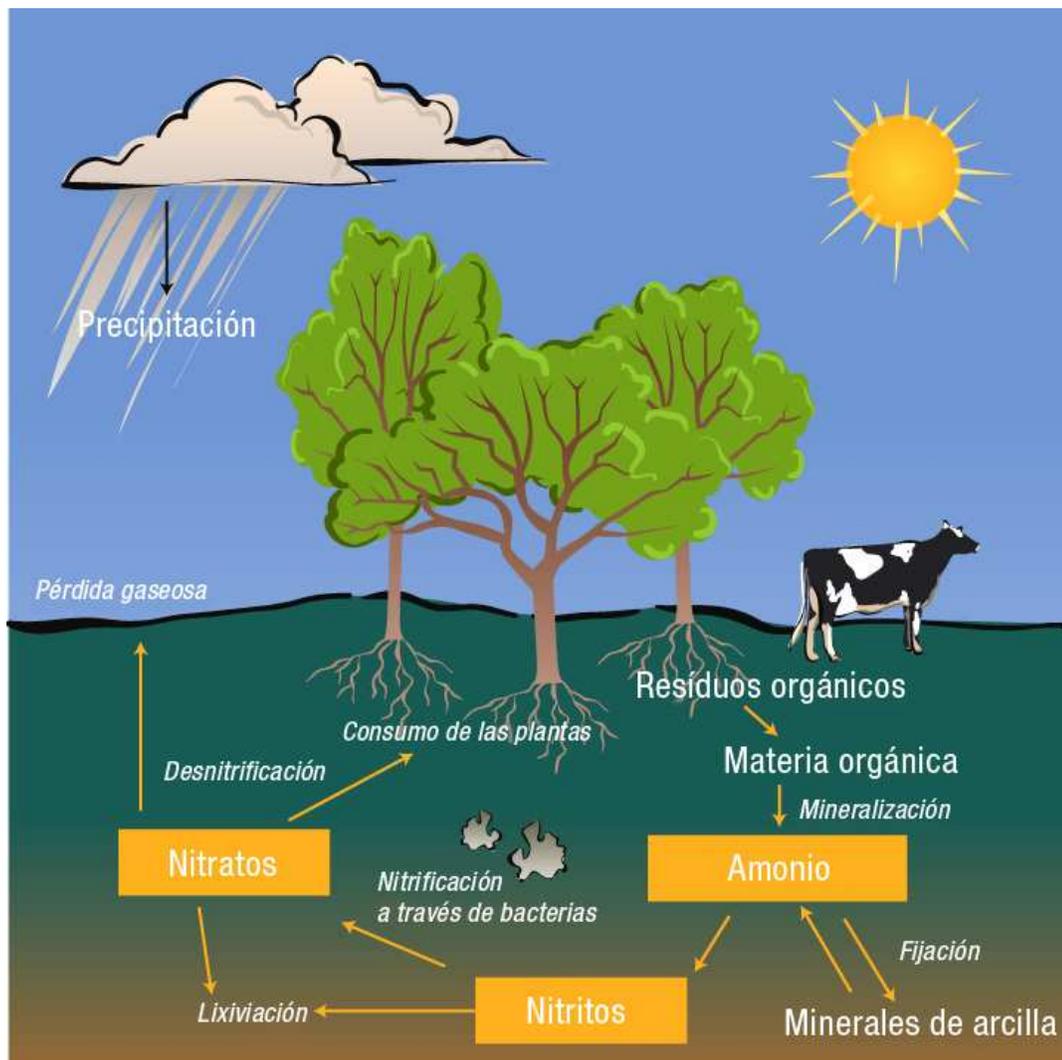


Figura 3 Ciclo del Nitrógeno

(UCAR). ©1995-1999, 2000 Los Regentes de la Universidad de Michigan;

©2000-05 University Corporation for Atmospheric Research

### ***BIBLIOGRAFIA***

KIMBAL. Biología. 4º Edición. Massachusetts, USA. Addison Wesley –  
Dominicana. 1986. Pág. 772 – 782.

MILLER Jr., G. Tyler. Ecología y Medio Ambiente. Iberoamericana. Pág.  
91, 113 – 115.

## ***Contaminación***

### **El concepto de la contaminación**

Por contaminación de agua entendemos la adición de sustancias a un cuerpo de agua que deteriora su calidad, de forma tal que deja de ser apto para el uso que fue designado. La materia extraña contaminante puede ser inerte como los compuestos de plomo o mercurio o viva como los microorganismos. En su sentido amplio, podemos definir contaminación de agua como: hacer que las aguas no sean aptas para algún uso particular. Mientras que para un ama de casa, contaminación de agua puede significar mal sabor, malos olores o que el agua cause enfermedades intestinales, no así lo visualiza un industrial o un agricultor. Para un industrial, contaminación de agua puede significar el que se afecte la tubería de la caldera de su industria y para un agricultor el que el agua contenga cantidades extraordinarias de sal que no permita su uso para riego o para consumo animal. El concepto de contaminación de agua es relativo y está íntimamente relacionado con el uso propuesto del agua.

### **Causas de la contaminación**

Las causas de la contaminación del agua son diversas, se las puede clasificar en dos grandes grupos de acuerdo a su origen:

## **Naturales**

Los cuerpos de agua naturales como los ríos, lagos, mares y estuarios tienen la capacidad de limpiarse a sí mismos sin ayuda del hombre. Esta capacidad de las aguas es limitada debido a que los niveles de auto purificación están determinados por el volumen de los cuerpos de agua, la cantidad de bacterias y organismos que viven en las aguas y las cantidades de contaminantes que llegan a éstas. Un cuerpo de agua de gran tamaño puede diluir un contaminante hasta el límite de que dicho contaminante no le haga daño a los organismos que habitan en el cuerpo de agua. También, un cuerpo de agua de gran tamaño contiene grandes cantidades de oxígeno el cual es necesario para que las bacterias descompongan los contaminantes que llegan al cuerpo de agua. Los microorganismos que habitan el cuerpo de agua son los encargados de descomponer los compuestos contaminantes y convertirlos en formas químicas que pueden ser utilizados por las plantas y por los animales. No obstante, si las cantidades de contaminantes que llegan al cuerpo de agua son tales que no pueden ser atacados y descompuestos por el número de microorganismos que habitan el cuerpo de agua, dichos contaminantes permanecen en el cuerpo de agua y evitan el crecimiento de la flora y la fauna natural. Esto es, causan contaminación. Casi todas las aguas naturales mantienen una flora compuesta por microorganismos, tales como los protozoarios y bacterias aeróbicas.

Los protozoarios se alimentan de bacterias y algunas de éstas se alimentan de materia orgánica disuelta o suspendida en el agua. La materia orgánica que consumen las bacterias puede provenir del cuerpo de agua en sí o de descargas de aguas usadas de industrias o domicilios. Tanto las bacterias como los protozoarios consumen oxígeno durante su respiración y reproducción. Cuando las descargas de aguas usadas contienen grandes proporciones de materia orgánica (contaminante), las bacterias tienen suficiente alimento para reproducirse en grandes cantidades y consumir todo el oxígeno disponible.

Una vez consumido el oxígeno, tanto las bacterias aeróbicas como los protozoarios mueren. Al morir los protozoarios y las bacterias aeróbicas, se desarrollan en el cuerpo de agua otras bacterias conocidas como bacterias anaeróbicas que no necesitan del oxígeno para su alimentación y reproducción. En el proceso de alimentación las bacterias anaeróbicas utilizan nitratos y sulfatos en lugar de oxígeno. De la utilización de los sulfatos resulta el sulfuro de hidrógeno, el cual es un gas pestilente. El sulfuro de hidrógeno es el responsable de la pestilencia de algunas aguas contaminadas. Los fenómenos que contribuyen a degradar las aguas son los mismos que a la larga las purifican. Tanto las bacterias aeróbicas como las anaeróbicas posteriormente destruyen la materia orgánica al utilizarla y la convierten en bióxido de carbono, el cual luego se dispersa en la atmósfera con el amoníaco y el sulfuro de hidrógeno. Una vez destruida la mayor parte de la materia orgánica, se reduce

el ritmo de consumo de oxígeno, lo que permite el desarrollo de la fauna en los cuerpos de agua. Otro componente de la flora acuática son las algas. Contrario a los protozoarios y bacterias, las algas convierten el bióxido de carbono y los bicarbonatos en materia orgánica y oxígeno con la ayuda de la luz solar (fotosíntesis).

La materia orgánica producida por las algas es utilizada por estas mismas para alimentarse y reproducirse invirtiendo el proceso. En un cuerpo de agua turbia, el crecimiento de las algas es limitado debido a la poca luz solar disponible.

Como hemos visto, el crecimiento de bacterias tiende a destruir los contaminantes orgánicos, mientras que el crecimiento de las algas tiende a crearlos. Cuando el crecimiento de las algas no es excesivo resulta beneficioso, ya que la fauna del cuerpo de agua se alimenta de ellas. Cuando el crecimiento de algas es excesivo, éstas mueren y se hunden dando lugar a que las bacterias aeróbicas las utilicen, iniciándose así otro ciclo de respiración.

## **No Naturales**

**1 Descargas domésticas** – Los desperdicios sanitarios generados por la población que no recibe servicio de alcantarillado sanitario, descargan en los cuerpos de agua contaminándolos.

Por otra parte, aún los desperdicios generados por la población que cuenta con servicio de alcantarillado sanitario no siempre reciben el tratamiento adecuado y son depositados en los cuerpos de agua contaminándolos.

Esto afecta mayormente a la zona rural, donde una parte de la población carece de servicios de agua potable y consume las aguas de ríos y arroyos contaminados.

**2 Descargas industriales** – Existe una gran cantidad de industrias que descargan sus desperdicios líquidos a los cuerpos de agua superficiales. Dependiendo de la naturaleza de la industria y el uso que tenga el cuerpo de agua receptor, se determina qué clase de contaminante será necesario remover de las aguas servidas antes de llegar éstas al cuerpo receptor.

**3 Desperdicios agrícolas** – Los desperdicios provenientes de granjas porcinas, avícolas y lecheras constituyen las principales fuentes de contaminación agrícola en los cuerpos de agua. Otra fuente de contaminación de agua proveniente de la agricultura son los fertilizantes. El alto contenido de fósforo y nitrógeno de los fertilizantes son los dos principales nutrientes de las algas. También los plaguicidas y herbicidas utilizados en la agricultura llegan a los cuerpos de agua contaminándolos. Los compuestos orgánicos presentes en estos contaminantes son tóxicos y causan frecuentemente la muerte a la vida acuática.

**4 Sedimentación y erosión** – Los sedimentos arrastrados por la erosión contribuyen en forma significativa al deterioro de las aguas

superficiales. Los sedimentos provienen principalmente de los terrenos cultivados, del terreno no protegido en los bosques, de las carreteras en construcción y de las áreas urbanas donde la vegetación ha sido removida.

### **Principales sustancias contaminantes del agua**

Hay un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar de muy diferentes maneras. Una posibilidad bastante usada es agruparlos en los siguientes ocho grupos:

#### **Microorganismos Patógenos.**

Son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños.

Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas. Por esto, un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua. La OMS (Organización Mundial de la Salud) recomienda que en el agua para beber haya 0 unidades formadoras de colonias de coliformes por 100 ml de agua.

### **Desechos Orgánicos.**

Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno.

Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos índices para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto, OD, en agua, o la DBO (Demanda Biológica de oxígeno).

### **Sustancias Químicas Inorgánicas.**

En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua.

### **Nutrientes Vegetales Inorgánicos.**

Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace

imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable.

### **Compuestos Orgánicos.**

Muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc..., acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos.

### **Sedimentos Y Materiales Suspendidos.**

Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, rías y puertos.

### **Sustancias Radiactivas.**

Isótopos radiactivos solubles pueden estar presentes en el agua y, a veces, se pueden ir acumulando a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua.

### **Contaminación Térmica.**

El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos

<http://www.gobierno.pr/JCA/Biblioteca/Publicaciones/ContaminacionAgua.htm>

[http://html.rincondelvago.com/contaminacion-del-agua\\_4.html](http://html.rincondelvago.com/contaminacion-del-agua_4.html)

## **Coliformes**

La denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.

Coliforme significa con forma de coli, refiriéndose a la bacteria principal del grupo, la *Escherichia coli*, descubierta por el bacteriólogo alemán Theodor von Escherich en 1860. Von Escherich la bautizó como *bacterium coli* ("bacteria del intestino", del griego *κολων*, *kolon*, "intestino"). Con posterioridad, la microbiología sistemática nombraría el género *Escherichia* en honor a su descubridor.

### **Hábitat del grupo coniforme**

Las bacterias de este género se encuentran principalmente en el intestino de los humanos y de los animales de sangre caliente, es decir, homeotermos, pero también ampliamente distribuidas en la naturaleza, especialmente en suelos, semillas y vegetales.

Los coliformes se introducen en gran número al medio ambiente por las heces de humanos y animales. Por tal motivo suele deducirse que la mayoría de los coliformes que se encuentran en el ambiente son de origen fecal. Sin embargo, existen muchos coliformes de vida libre.

## **Los coliformes como indicadores**

Tradicionalmente se los ha considerado como indicadores de contaminación fecal en el control de calidad del agua destinada al consumo humano en razón de que, en los medios acuáticos, los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales y porque su origen es principalmente fecal. Por tanto, su ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura.

Asimismo, su número en el agua es proporcional al grado de contaminación fecal; mientras más coliformes se aíslan del agua, mayor es la gravedad de la descarga de heces.

Los coliformes son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo a los humanos. En general, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo. Por su amplia diversidad el grupo coliformes ha sido dividido en dos grupos: coliformes totales y coliformes fecales.

Bacterias que integran el grupo: El grupo coliforme está formado por los siguientes géneros:

1. Escherichia
2. Klebsiella
3. Enterobacter
4. Citrobacter

No todos los autores incluyen al género *Citrobacter* dentro del grupo coliforme.

### **Coliformes totales y coliformes fecales**

No todos los coliformes son de origen fecal, por lo que se hizo necesario desarrollar pruebas para diferenciarlos a efectos de emplearlos como indicadores de contaminación. Se distinguen, por lo tanto, los coliformes totales, que comprende la totalidad del grupo y los coliformes fecales, aquellos de origen intestinal.

Desde el punto de vista de la salud pública esta diferenciación es importante puesto que permite asegurar con alto grado de certeza que la contaminación que presenta el agua es de origen fecal.

### **Coliformes fecales**

Se define como coliformes fecales a aquellos que fermentan la lactosa a 44,5 – 45,5 °C, análisis que permite descartar a *Enterobacter*, puesto que ésta no crece a esa temperatura. Si se aplica este criterio crecerán en el medio de cultivo principalmente *E. coli* (90%) y algunas bacterias de los géneros *Klebsiella* y *Citrobacter*. La prueba de coliformes fecales positiva indica un 90% de probabilidad de que el coliforme aislado sea *E. coli*.

## **E. coli**

El aislamiento de esta bacteria en el agua da alto grado de certeza de contaminación de origen fecal, alrededor del 99%. No es absoluta porque se han aislado cepas de E. coli que no tienen origen fecal, pero es un grado de certeza es más que razonable para certificar contaminación con ese origen.

Sin embargo, el aislamiento de este microorganismo no permite distinguir si la contaminación proviene de excretas humanas o animales, lo cual puede ser importante, puesto que la contaminación que se desea habitualmente controlar es la de origen humano. Esto no significa menospreciar la de origen animal, especialmente dada la existencia de zoonosis, enfermedades que son comunes al hombre y animales, que también se pueden transmitir por el agua.

## **Contaminación fecal humana o animal**

La Escherichia coli de origen animal y la de origen humano son idénticas. Sin embargo, algunos investigadores han encontrado que las bacterias del género Rodococcus se asocian solamente a la contaminación fecal por animales.

## **Coliformes e Higiene de alimentos**

En la higiene de alimentos los coliformes no se consideran indicadores de contaminación fecal sino solamente indicadores de calidad.

Los coliformes totales se usan para evaluar la calidad de la leche pasteurizada, leche en polvo, helados, pastas frescas, fórmulas para lactantes, fideos y cereales para el desayuno.

Los coliformes fecales se usan para evaluar los mariscos frescos.

Por último, la E. coli se usa como indicador en quesos frescos, quesillos, cereales para el desayuno, masas con relleno, alimentos infantiles, cecinas cocidas y verduras frescas.

### **Coliformes y aguas servidas**

La prueba de coliformes totales y fecales también se utiliza para determinar la calidad bacteriológica de los efluentes de los sistemas de tratamiento de aguas servidas.

### ***Riesgo de enfermedades transmitidas por el agua***

A nivel mundial, el 80% de las enfermedades infecciosas y parasitarias gastrointestinales y una tercera parte de las defunciones causadas por éstas se deben al uso y consumo de agua insalubre. La falta de higiene y la carencia o el mal funcionamiento de los servicios sanitarios son algunas de las razones por las que la diarrea continúa representando un importante problema de salud en países en desarrollo. El agua y los alimentos contaminados se consideran como los principales vehículos involucrados en la transmisión de bacterias, virus o parásitos. Los organismos transmitidos por el agua habitualmente crecen en el tracto intestinal y abandonan el cuerpo por las heces. Dado que se puede producir la contaminación fecal del agua (si ésta no se trata adecuadamente) al consumirla, el organismo patógeno puede penetrar en un nuevo hospedador. Como el agua se ingiere en grandes cantidades, puede ser infecciosa aun cuando contenga un pequeño número de organismos patógenos. Los microorganismos patógenos que prosperan en los ambientes acuáticos pueden provocar cólera, fiebre tifoidea, disenterías, poliomeilitis, hepatitis y salmonelosis, entre otras enfermedades. El agua y alimentos contaminados tienen una gran importancia en la transmisión de patógenos causantes del síndrome diarreico, por lo que se hace necesario tener estrategias que permitan un manejo adecuado de ella. La OMS calcula que la morbilidad (número de casos) y mortalidad (número de muertes) derivadas de

las enfermedades más graves asociadas con el agua se reduciría entre un 20 y un 80 por ciento, si se garantizara su potabilidad y adecuada canalización.

## **Introducción**

El agua hace posible un medio ambiente saludable pero, paradójicamente, también puede ser el principal vehículo de transmisión de enfermedades. Las enfermedades transmitidas por el agua son enfermedades producidas por el "agua sucia" —las causadas por el agua que se ha contaminado con desechos humanos, animales o químicos. Mundialmente, la falta de servicios de evacuación sanitaria de desechos y de agua limpia para beber, cocinar y lavar es la causa de más de 12 millones de defunciones por año.

Se estima que 3.000 millones de personas carecen, por ejemplo, de servicios higiénicos. Más de 1.200 millones de personas están en riesgo porque carecen de acceso a agua dulce salubre. En lugares que carecen de instalaciones de saneamiento apropiadas, las enfermedades transmitidas por el agua pueden propagarse con gran rapidez. Esto sucede cuando excrementos portadores de organismos infecciosos son arrastrados por el agua o se lixivian hasta los manantiales de agua dulce, contaminando el agua potable y los alimentos. La magnitud de la propagación de estos organismos infecciosos en un manantial de agua dulce determinado depende de la cantidad de excremento humano y animal que éste contenga. Dado que se puede producir la contaminación fecal de los abastecimientos de agua, si el agua no se trata

adecuadamente, el patógeno puede penetrar en un nuevo hospedador, al consumirla.

Las enfermedades diarreicas, las principales enfermedades transmitidas por el agua, prevalecen en numerosos países en los que el tratamiento de las aguas residuales es inadecuado. Los desechos humanos se evacúan en letrinas abiertas, canales y corrientes de agua, o se esparcen en las tierras de labranza. Según las estimaciones, todos los años se registran 4.000 millones de casos de enfermedades diarreicas, que causan 3 a 4 millones de defunciones, sobre todo entre los niños. El uso de aguas residuales como fertilizante puede provocar epidemias o enfermedades como el cólera. Estas enfermedades pueden incluso volverse crónicas en lugares donde los suministros de agua limpia son insuficientes. A principios de los años noventa, por ejemplo, las aguas residuales sin tratar que se utilizaban para fertilizar campos de hortalizas ocasionaron brotes de cólera en Chile y Perú. La epidemia del cólera -que se abatió sobre Perú en 1991 y se extendió a casi toda Latinoamérica- es un recordatorio de la velocidad con que se propagan las enfermedades transmitidas por el agua.

Con más de un millón de casos reportados y casi 10 mil muertos a fines de 1994, el cólera también alertó sobre el hecho de que la activación de una ruta de transmisión impulsa otras.

## **Contaminación microbiológica del agua**

Las afecciones que se propagan por el agua se conocen como "enfermedades transmitidas por el agua". Sus agentes patógenos son biológicos, más que químicos, y los males que provocan casi siempre son contagiosos. Por lo general, los agentes patógenos pertenecen al grupo de los microorganismos, que se transmiten en la heces excretadas por individuos infectados o por ciertos animales. De forma que estas enfermedades se suelen contraer al ingerirlos en forma de agua o de alimentos, contaminados por esas heces (vía fecal-oral).

Los patógenos humanos transmitidos por el agua incluyen muchos tipos de microorganismos tales como: bacterias, virus, protozoos y, en ocasiones, helmintos (lombrices), todos ellos muy diferentes en tamaño, estructura y composición.

### **Bacterias transmitidas por el agua**

*Shigellae dysenteriae*, que causa la disentería (diarrea sangrante), una enfermedad que se manifiesta con fiebres altas, síntomas tóxicos, retortijones, pujos intensos e incluso convulsiones.

Esta enfermedad puede causar epidemias de gran magnitud, con altísimos índices de mortalidad, como la que se registró en América Latina entre 1969 y 1973, que causó más de 500 mil enfermos y 9 mil muertos.

*Salmonella typhi*, es un bacilo que causa la fiebre tifoidea, una enfermedad sistémica grave que puede dar lugar a hemorragia o perforación intestinal. Aunque el agente de la fiebre tifoidea puede transmitirse también por alimentos contaminados y por contacto directo con personas infectadas, la forma más común de transmisión es a través del agua. La fiebre tifoidea ha sido prácticamente eliminada de muchas partes del mundo, principalmente como resultado del desarrollo de métodos efectivos para tratar el agua.

*Salmonella spp.*, agente de salmonelosis, enfermedad más frecuente que la fiebre tifoidea, pero generalmente menos severa.

*Vibrio cholerae*, agente etiológico del cólera, se transmite habitualmente a través del agua. Sin embargo, también puede transmitirse por consumo de mariscos u hortalizas crudas. La enfermedad ha sido prácticamente eliminada en los países desarrollados gracias a la eficaz potabilización del agua.

*Escherichia coli*, generalmente las cepas de *E. coli* que colonizan el intestino son comensales, sin embargo dentro de esta especie se encuentran bacterias patógenas causantes de una diversidad de enfermedades gastrointestinales. Dentro de los *E. coli* patógenos se incluyen: *E. coli* enteropatogénico, *E. coli* enterotoxigénico, *E. coli* enteroinvasivo, *E. coli* enterohemorrágico, *E. coli* enteroadherente, *E. coli* enteroagregativo.

Bacterias	Fuente	Periodo de incubación	Duración	Síntomas clínicos
<i>Salmonella typhi</i>	Heces, orina	7 - 28 días (14)	5 - 7 días (semanas - meses)	Fiebre, tos, náusea, dolor de cabeza, vómito, diarrea
<i>Salmonella sp.</i>	Heces	8 - 48 horas	3 - 5 días	Diarrea acuosa con sangre
<i>Shigellae sp.</i>	Heces	1 - 7 días	4 - 7 días	Disenteria (diarrea con sangre), fiebres altas, síntomas tóxicos, retortijones, pujos intensos e incluso convulsiones.
<i>Vibrio cholerae</i>	Heces	9 - 72 horas	3 - 4 días	Diarrea acuosa, vómito, deshidratación
<i>V. cholerae</i> No.-01	Heces	1 - 5 días	3 - 4 días	Diarrea acuosa
<i>Eschericia coli enterohemorrágica</i> O157:H7	Heces	3 - 9 días	1 - 9 días	Diarrea acuosa con sangre y moco, dolor abdominal agudo, vómitos, no hay fiebre
<i>Eschericia coli enteroinvasiva</i>	Heces	8 - 24 horas	1 - 2 semanas	Diarrea, fiebre, cefalea, mialgias, dolor abdominal, a veces las heces son mucosas y con sangre
<i>Eschericia coli enterotoxigena</i>	Heces	5 - 48 horas	3 - 19 días	Dolores abdominales, diarrea acuosa, fiebre con escalofríos, náusea, mialgia
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Heces, orina	1- 11 días (24 - 48 horas)	1 - 21 días (9)	Dolor abdominal, diarrea con moco, sangre, fiebre, vómito
<i>Campylobacter jejuni</i>	Heces	2 - 5 días (42 - 72 horas)	7 - 10 días	Diarrea, dolores abdominales, fiebre y algunas veces heces fecales con sangre, dolor de cabeza
<i>Plesiomonas shigelloides</i>	Heces	20 - 24 horas	1 - 2 días	Fiebre, escalofríos, dolor abdominal, náusea, diarrea o vómito
<i>Aeromonas sp.</i>	Heces	Desconocido	1 - 7 días	Diarrea, dolor abdominal, náuseas, dolor de cabeza y colitis, las heces son acuosas y no son sanguinolentas

Tabla 2 Principales bacterias transmitidas por el agua.

## Virus relacionados con brotes de afecciones transmitidas por el agua

Entre ellos, se encuentran los virus de la hepatitis A y E, los enterovirus, los adenovirus y los rotavirus, una de las principales causas de la gastroenteritis infantil. Los virus adquieren una importancia especial para la salud pública, ya que se evacuan en gran cantidad a través de deposiciones de individuos infectados.

Virus	Fuente	Periodo de incubación	Duración	Síntomas clínicos
Enterovirus (Poliovirus 1, 2, 3, Coxsackie A y B, Echovirus).	Heces	3 - 14 días (5 - 10)	Variable	Gastrointestinales (vómitos, diarrea, dolor abdominal y hepatitis), encefalitis, enfermedades respiratorias, meningitis, hiperangina, conjuntivitis
Astrovirus	Heces	1 - 4 días	2 - 3 días	Nausea, vómito, diarrea, dolor abdominal, fiebre
Virus de la Hepatitis A (VHA)	Heces	15 - 50 días (25 - 30)	1 - 2 semanas hasta meses	Cansancio, debilidad muscular, síntomas gastrointestinales como pérdida de apetito, diarrea y vomito, o síntomas parecidos a la gripe como dolor de cabeza, escalofríos y fiebre, sin embargo, los síntomas más llamativos de esta enfermedad son la ictericia, es decir, el cambio que se produce en el color de los ojos y la piel hacia un tono amarillo (a veces intenso), las heces pálidas y la coloración intensa de la orina. A diferencia de los adultos, en niños se presentan signos más atípicos y síntomas gastrointestinales como náusea, vómito, dolores abdominales y diarrea.
Virus de la Hepatitis E (VHE)	Heces	15 - 65 días (35 - 40)	Similar a lo descrito para VHA	Similar a lo descrito para VHA
Rotavirus (Grupo A)	Heces	1 - 3 días	5 - 7 días	Gastroenteritis con náusea y vómito
Rotavirus (Grupo B)	Heces	2 - 3 días	3 - 7 días	Gastroenteritis
Calicivirus	Heces	1 - 3 días	1 - 3 días	Gastroenteritis
Virus Norwalk-like	Heces	1 - 2 días	1 - 4 días	Diarrea, náusea, vómito, dolor de cabeza, dolor abdominal

Tabla 3 Principales virus transmitidos por el agua.

## Protozoos de importancia en el agua

*Giardia lamblia*, agente de giardiasis, una forma de gastroenteritis aguda

Es un protozoo flagelado que se transmite a las personas principalmente por el agua contaminada. Las células del protozoo, trofozoítos, producen una forma de reposo llamada “quiste” y ésta es la forma primaria transmitida por el agua.

*Cryptosporidium*, agente de cryptosporidiosis caracterizada por una fuerte diarrea, autolimitada en individuos normales. En 1994, se reportaron 400 mil casos de cryptosporidiosis en Milwaukee, Wisconsin, EEUU.

Parásito	Fuente	Período de incubación	Duración	Síntomas clínicos
Giardia lamblia	Heces	5 - 25 días	Meses - años	Puede ser asintomática (hasta un 50%) o provocar una diarrea leve. También puede ser responsable de diarreas crónicas con mala absorción y distensión abdominal.
Cryptosporidium parvum	Heces	1 - 2 semanas	4 - 21 días	Provoca diarrea acuosa, con dolor abdominal y pérdida de peso. Es un cuadro grave en un huésped comprometido y una infección oportunista en otros pacientes.
Entamoeba histolytica /Amebiasis	Heces	2 - 4 semanas	Semanas - meses	Dolor abdominal, estreñimiento, diarrea con moco y sangre
Cyclospora cayetanensis var.	Heces (oocistes)	3 - 7 días	Semanas - meses	Diarrea acuosa con frecuentes deposiciones, náuseas, anorexia, dolor abdominal, fatiga, pérdida de peso, dolores musculares, meteorismo, y escasa fiebre.
Balantidium coli	Heces	Desconocido	Desconocido	Dolor abdominal, diarrea con moco y sangre, pujo y tenesmo
Dracunculus medinensis	Larva	8 - 14 meses	Meses	El parásito eventualmente emerge (del pie en el 90% de los casos), causando edema intenso y doloroso al igual que úlcera. La perforación de la piel se ve acompañada de fiebre, náuseas y vómitos.

Tabla 4 Principales parásitos transmitidos por el agua.

## Principales enfermedades relacionadas con el agua

Los riesgos vinculados al deterioro y escasez de agua pueden clasificarse en las siguientes categorías:

Los transmitidos por el agua con base en el agua, los transmisibles por parásitos o patógenos que pasan parte de su ciclo biológico en el agua.

Enfermedades	Causa y vía de transmisión	Extensión geográfica	Número de casos*	Defunciones por año
<i>Disenteria amebiana</i>	Los protozoos pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	Todo el mundo	500 millones por año	*
<i>Disenteria bacilar</i>	Las bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	Todo el mundo	*	*
<i>Enfermedades diarreicas (inclusive disenteria amebiana y bacilar)</i>	Diversas bacterias, virus y protozoos pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	Todo el mundo	4.000 millones actualmente	3-4 millones
<i>Cólera</i>	Las bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	Sudamérica, África, Asia	384.000 por año	20.000
<i>Hepatitis A</i>	El virus pasa por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	Todo el mundo	600.000 a 3 millones por año	2.400 a 12.000
<i>Fiebre paratifoidea y tifoidea</i>	Las bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	80% en Asia, 20% en América Latina, África	16 millones actualmente	600.000
<i>Poliomielitis</i>	El virus pasa por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	66% en la India, 34% en el Cercano Oriente, Asia, África	82.000 actualmente	9.000
<p>* El número de casos se presenta como incidencia ("por año") —el número de nuevos casos ocurridos en un año— o como prevalencia ("actualmente") —el número de casos existentes en un momento dado.            *Incluidas las enfermedades diarreicas            **No hay defunciones, pero causa 270.000 casos notificados de ceguera anualmente.            ND = no disponible            Fuente: WHO 1996 , excepto disenteria amebiana, disenteria bacilar, dracunculosis, dengue y FVR, de WHO 1998</p>				

Tabla 5 Principales enfermedades transmitidas por el agua.

Los causantes de las enfermedades con base en el agua, son organismos que pasan parte de su ciclo vital en el agua y otra parte como parásitos de animales. Estos organismos pueden prosperar tanto en aguas contaminadas como no contaminadas. Como parásitos, generalmente toman forma de gusanos y se valen de vectores animales intermediarios (como los caracoles) para prosperar, y luego infectan directamente al hombre, penetrando a través de la piel o al ser ingeridos. Son enfermedades con base en el agua la ascariasis, dracunculosis, paraginimiasis, clonorquiasis y esquistosomiasis. Los causantes de estas enfermedades son una variedad de gusanos trematodos, tenias, vermes cilíndricos y nemátodos vermiformes, denominados

colectivamente helmintos, que infectan al hombre. Aunque estas enfermedades generalmente no son mortales, pueden ser extremadamente dolorosas e impiden trabajar a quienes las padecen, e incluso a veces impiden el movimiento. En América Latina, tienen importancia la ascariasis y la paraginimiasis.

Enfermedades	Causa y vía de transmisión	Extensión geográfica	Número de casos <sup>a</sup>	Defunciones por año
Ascariasis	Los huevos fecundados se expulsan con las heces humanas. Las larvas se desarrollan en la tierra caliente. El hombre ingiere la tierra que está sobre los alimentos. Las larvas penetran la pared intestinal, donde maduran.	África, Asia, América Latina	250 millones actualmente	60.000
Clonorchiasis	Los gusanos se reproducen en caracoles gastrópodos, luego los tragan peces de agua dulce u otros caracoles. Cuando el hombre come pescado crudo o poco cocinado, los gusanos migran a los conductos biliares y ponen huevos.	Asia Sudoriental	28 millones actualmente	Ninguna notificada
Dracunculosis (guinea worm)	El gusano de Guinea ( <i>Dracunculus medinensis</i> ) es ingerido por el ciclope (un crustáceo). Cuando el hombre ingiere el ciclope, las larvas del gusano se liberan dentro del estómago. Las larvas penetran la pared intestinal, luego se desarrollan, transformándose en gusanos, y migran a través de los tejidos. Después de un año, el gusano adulto llega a la superficie de la piel de las extremidades inferiores. La hembra entra en contacto con el agua y despiden las larvas dentro del agua.	78% en Sudán, 22% en otros países africanos al sur del Sahara y algunos casos en la India y Yemen	153.000 por año	Ninguna notificada
Paraginimiasis	Los gusanos que viven en quistes pulmonares ponen huevos en los pulmones humanos que se expectoran y luego se tragan. Los huevos de los gusanos se expulsan con las heces y se abren en agua dulce. Las larvas encuentran caracoles huéspedes en los cuales se reduplican, luego se mudan a cangrejos o cangrejos de río. El hombre come mariscos y pescados de mar sin cocinar. Los gusanos migran en parejas del estómago a través de la pared y del diafragma intestinal a los pulmones, donde se aparean.	Lejano Oriente, América Latina	5 millones actualmente	Ninguna notificada
Esquistosomiasis	Los huevos del gusano esquistosoma se expulsan con las heces humanas. Los huevos hacen eclosión en contacto con el agua, liberando el parásito miracidium. El parásito ingresa en un caracol de agua dulce, donde se reduplica. Se libera otra vez dentro del agua, luego penetra en la piel del hombre en unos segundos y pasa a los vasos sanguíneos. En 30 a 45 días, miracidium crece y se convierte en gusano, que puede poner de 200 a 2.000 huevos por día, durante un promedio de 5 años.	África, Cercano Oriente, faja de bosque húmedo en África Central, Pacífico Occidental, Kampuchea, Laos	200 millones actualmente	20.000

<sup>a</sup> El número de casos se presenta como incidencia ("por año") —el número de nuevos casos ocurridos en un año— o como prevalencia ("actualmente") —el número de casos existentes en un momento dado.  
\*Incluidas las enfermedades diarreicas.  
\*\*No hay defunciones, pero causa 270.000 casos notificados de ceguera anualmente.  
ND = no disponible  
Fuente: WHO 1996, excepto disenteria amebiana, disenteria bacilar, dracunculosis, dengue y FVR, de WHO 1998

Tabla 6 Principales enfermedades con base en el agua.

Millones de personas sufren de infecciones transmitidas por vectores —

insectos u otros animales capaces de transmitir una infección, como los mosquitos y las moscas tssetsé— que se crían y viven cerca de aguas

contaminadas y no contaminadas. Estos vectores infectan al hombre con paludismo, fiebre amarilla, dengue, enfermedad del sueño y filariasis. El paludismo, la enfermedad más extendida, es endémico en unos 100 países en desarrollo, y unos 2.000 millones de personas están en riesgo de contraerla. La incidencia de enfermedades de origen vectorial relacionadas con el agua parece estar aumentando. Hay numerosas razones para ello: la gente está desarrollando resistencia a los medicamentos antipalúdicos; los mosquitos están desarrollando resistencia al DDT, el insecticida que más se usa; los cambios ambientales están creando nuevos lugares de cría; a raíz de la migración, los cambios climáticos y la creación de nuevos hábitats, hay menos personas que desarrollan inmunidad a la enfermedad; y muchos programas de control del paludismo se llevan a cabo a un ritmo más lento o se han abandonado.

**Tabla 6. Principales enfermedades vectoriales relacionadas con el agua**

Enfermedades	Causa y vía de transmisión	Extensión geográfica	Número de casos*	Defunciones por año
<i>Dengue</i>	Un mosquito recoge el virus de un ser humano o animal infectado. El virus tiene un período de incubación de 8 a 12 días y se reduplica. En la próxima ingesta de sangre del mosquito, el virus se inyecta en la corriente sanguínea.	Todo medio ambiente; tropical en Asia, Centroamérica y Sudamérica	50-100 millones por año	24.000
<i>Filariasis (incluida la elefantiasis)</i>	Las larvas son ingeridas por un mosquito y se desarrollan. Cuando el mosquito infectado pica a un ser humano, las larvas penetran por punción y llegan a los vasos linfáticos, donde se reproducen.	África, Mediterráneo Oriental, Asia, Sudamérica	120 millones actualmente	Ninguna notificada
<i>Paludismo</i>	Los protozoos se desarrollan en el intestino del mosquito y se expulsan con la saliva en cada ingesta de sangre. Los parásitos son transportados por la sangre al hígado del hombre, donde invaden las células y se multiplican.	África, Asia Sudoriental, India, Sudamérica	300-500 millones por año (clínical)	2 millones
<i>Oncocercosis (ceguera de los ríos)</i>	Los embriones del gusano son ingeridos por jejenes. Los embriones se desarrollan y se convierten en larvas dentro de los jejenes, que inyectan las larvas en el hombre al picarlo.	África Subsahariana, América Latina	18 millones actualmente	Ninguna notificada**
<i>Fiebre del Valle del Rift (FVR)</i>	El virus generalmente existe en huéspedes animales. Los mosquitos y otros insectos chupadores de sangre recogen el virus y lo inyectan en la sangre del hombre. Este también se infecta cuando trabaja con humores corporales de animales muertos.	África Subsahariana	ND	1% de los casos

\* El número de casos se presenta como incidencia ("por año") —el número de nuevos casos ocurridos en un año— o como prevalencia ("actualmente") —el número de casos existentes en un momento dado.  
\*\*Incluidas las enfermedades diarreicas  
\*\*\*No hay defunciones, pero causa 270.000 casos notificados de ceguera anualmente.  
ND = no disponible  
Fuente: WHO 1996 , excepto disenteria amebiana, disenteria bacilar, dracunculosis, dengue y FVR, de WHO 1998

**Tabla 7 Principales enfermedades vectoriales relacionadas con el agua**

## Calidad microbiológica del agua

A causa de las enfermedades de origen hídrico y el interés de controlarlas, los estudios bacteriológicos del agua se han orientado, en su mayor parte, hacia sus aspectos sanitarios. Uno de los criterios, utilizado para determinar la calidad sanitaria del agua, es la clase y número de bacterias que se encuentran presentes. En general, los métodos utilizados están diseñados para detectar el grado de contaminación del agua con desechos de origen humano y/o animal.

Tradicionalmente se han usado ensayos para la determinación de microorganismos indicadores más que para la determinación de patógenos.

Los métodos usados para el aislamiento y el recuento de los microorganismos patógenos en agua, alimentos, etc. pueden no ser eficaces debido a que dichos microorganismos se encuentran en muy baja cantidad, sobre todo en presencia de números altos de otros microorganismos, o tienen una distribución irregular en el producto. Aún cuando se cuenta con métodos sensibles, en general son largos y costosos; además, hay patógenos que no pueden determinarse en laboratorios no especializados, como, por ejemplo, el virus de la hepatitis A.

Estas dificultades han hecho que se utilicen grupos de microorganismos de detección y cuantificación más fáciles y cuya presencia en cierto número se considera como una indicación de que la muestra estuvo expuesta a condiciones que pudieron determinar la llegada a la misma de microorganismos peligrosos y/o permitir la proliferación de especies patógenas. Estos grupos de microorganismos se denominan “indicadores”. Éstos son organismos habitualmente asociados al tracto intestinal, cuya presencia en el agua indica que el agua ha recibido una contaminación de origen intestinal.

El grupo de bacterias coliformes ha sido siempre el principal indicador de calidad de los distintos tipos de agua; el número de coliformes en una muestra se usa como criterio de contaminación y por lo tanto, de calidad sanitaria de la misma. Los coliformes son bacilos Gram (-), aerobios o anaerobios facultativos, que fermentan la lactosa con formación de gas cuando se incuban 48 horas a 35 °C. Incluye los géneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* y especies lactosa positivas de otros géneros. En la práctica, los organismos coliformes

son siempre miembros del grupo de las bacterias entéricas. Estas bacterias son adecuadas como indicadores porque son habitantes comunes del tracto intestinal, tanto de las personas como de los animales de sangre caliente, donde están presentes en grandes cantidades. También interesa la determinación de coliformes fecales que representan la fracción de coliformes presentes en intestinos y materias fecales del hombre o animales de sangre caliente (coliformes termotolerantes). Esto proporciona información importante sobre la fuente y el tipo de contaminación presente.

Un método muy utilizado para el recuento de coliformes en agua ha sido siempre el Número Mas Probable (NMP), aunque se han ido variando los medios de cultivo, las condiciones y las técnicas de análisis, con el objetivo de obtener cada vez mayor sensibilidad y precisión, hasta el punto que se ha llegado a aceptar como método estándar. Los distintos métodos de NMP para coliformes totales se basan, en primera instancia, en una selección de los microorganismos que producen ácido y gas a partir de lactosa a 35°C. Por ello, el primer paso es siempre la siembra en tubos de algún caldo lactosado, con o sin inhibidores, con un tubo de fermentación que permite recoger el gas que pueda producirse. A esto sigue una confirmación en un medio líquido selectivo y/o una determinación de los coliformes fecales cuya diferenciación se realiza con base en el hecho de que pueda producir gas desde lactosa, en un medio apropiado cuando se incubaba a 44,5°C mientras que los demás coliformes no.

También es utilizado el método de filtración por membrana para el recuento de bacterias coliformes totales y fecales. Es un método altamente reproducible, que puede usarse para analizar volúmenes de muestra relativamente grandes y con el que se obtienen resultados en menor tiempo que con el NMP. Sin embargo, no puede aplicarse a cualquier tipo de muestra y tiene sus limitaciones. Las bacterias coliformes dan colonias oscuras con brillo metálico en medio Endo, luego de 24 h de incubación a 35°C. La determinación de coliformes fecales se hace a partir de las colonias desarrolladas en Endo o directamente incubando la membrana en medio m-FC e incubando a 44,5°C.

Para la detección simultánea de coliformes totales y *Escherichia coli* se puede utilizar la prueba de sustrato enzimático. En este caso, el grupo de coliformes totales incluye todas las bacterias que presentan la enzima beta-D-galactosidasa, que hidroliza un sustrato cromogénico (por ejemplo, ONPG) liberando el cromógeno. Como *E. coli* se incluyen todas las bacterias que dan positiva la reacción de coliformes totales y que tienen actividad beta-glucuronidasa, que rompe el sustrato fluorogénico (por ejemplo, MUG), liberando el fluorógeno. Este método permite llevar a cabo tanto recuentos como ensayos de ausencia/presencia.

También se usa como indicador de contaminación fecal la presencia de *Enterococcus faecalis*. El hábitat normal de los *Enterococcus faecalis* es el intestino del hombre y los animales de sangre caliente, por lo tanto, son

indicadores de contaminación fecal, sobre todo en muestras de lagos, estuarios, ríos, etc. La identificación de las especies puede proporcionar información sobre la fuente de contaminación debido a que algunas especies son específicas en cuanto a sus posibles huéspedes. Existen distintos métodos estándar para su estimación: NMP y Filtración por membrana.

El recuento de bacterias heterotróficas totales consiste en un método estandarizado para determinar la densidad de bacterias heterótrofas, mesófilas aerobias y anaerobias facultativas en el agua. Así se obtiene información útil que se estudia junto con el índice de coliformes; también se usa para controlar un determinado proceso en el tratamiento de agua o para verificar la calidad del agua tratada, luego de recorrer toda la red de distribución.

Otro grupo de indicadores que ha comenzado a utilizarse en aguas lo constituyen los colífagos, que son bacteriófagos de coliformes, es decir, se encuentran siempre que haya coliformes totales y fecales. De acuerdo con estudios de correlación entre números de colífagos y coliformes en agua, se podría utilizar el índice de colífagos como índice de calidad sanitaria del agua. Además, como son más resistentes a la cloración que los coliformes, pueden ser mejores indicadores de desinfección que estos últimos (Figura 1).

El método de cuantificación se basa en la formación de placas de lisis. Los colífagos (bacteriófagos) infectan y se multiplican en bacterias sensibles a ellos. Esto provoca la lisis celular de esas bacterias y la liberación de partículas virales que infectarán las células bacterianas adyacentes. A medida que las

bacterias se vayan lisando, se formarán zonas claras entre el crecimiento confluyente de la bacteria utilizada, determinando las conocidas como “placas de lisis”. La cepa utilizada en los ensayos es una E. coli sensible a la infección por colífagos (ATCC 13706).

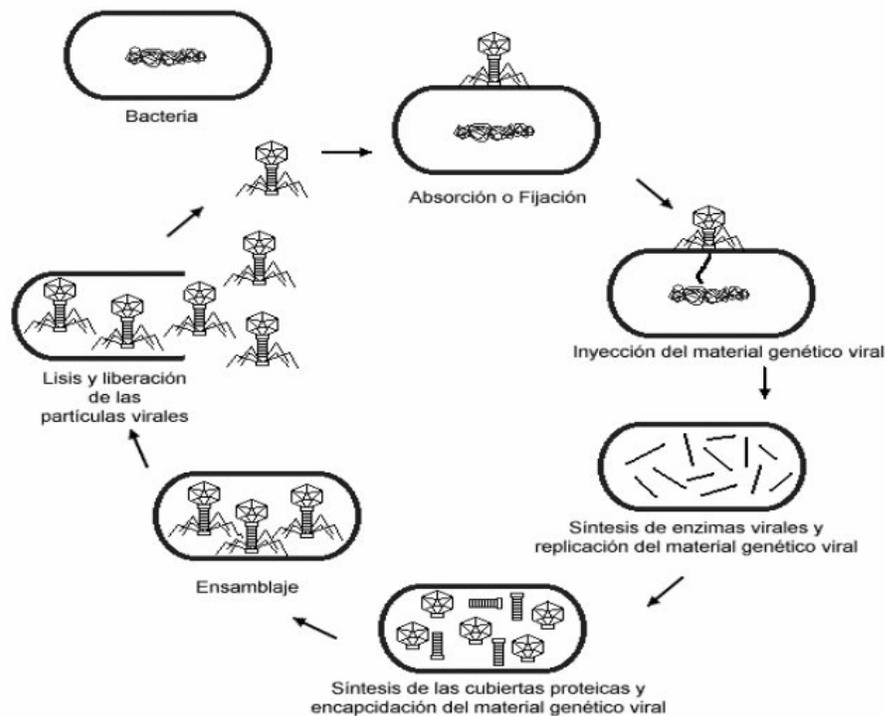


Figura 4 Ciclo de multiplicación de colífagos.

## Implicaciones sanitarias de la potabilización del agua

La falta de higiene y la carencia o el mal funcionamiento de los servicios sanitarios son algunas de las razones por las que la diarrea continúa representando un importante problema de salud en los países en desarrollo.

Los procedimientos sanitarios pueden aplicarse bien para evitar la contaminación del agua o bien para destruir el patógeno que ya se encuentre presente en ella. Los programas de depuración de agua han sido responsables de la disminución de las infecciones transmitidas por agua.

La eliminación de la turbidez del agua por filtración, proporciona un significativo descenso en la carga microbiana del agua. Pero la filtración, por sí sola, tiene sólo un valor parcial, porque muchos organismos son filtrables. A diferencia del tratamiento con cloro que ha demostrado ser eficaz en la disminución de la incidencia de enfermedades transmitidas por agua.

Para prevenir y controlar la contaminación biológica del agua debería realizarse un seguimiento de la calidad bacteriológica de las aguas de suministro en zonas rurales, así como desarrollar y adaptar metodologías que permitan detectar la presencia de microorganismos patógenos que no pueden aislarse por métodos convencionales.

### **Medidas higiénicas en los suministros de agua**

El agua puede contaminarse en la fuente de suministro, por el ingreso de contaminantes durante la distribución del agua y dentro de la vivienda, por el uso de recipientes mal protegidos o por la manipulación insalubre del agua, aún cuando la fuente se encuentre razonablemente protegida. Por ello, para ayudar a prevenir las enfermedades transmitidas por agua, deberían tomarse algunas medidas sencillas como:

- \* Hervir el agua hasta que comience a evaporarse.

\* Desinfectar el agua colocando dos gotas de cloro por litro de agua, durante media hora, antes de su consumo.

\* Usar la energía solar para la desinfección del agua (comunidades pequeñas).

\* Lavar las manos después de ir al baño y antes de manipular alimentos.

## **Bibliografía**

BROCK, D.; MADIGAN, M.; MARTINKO, J. Y PARKER J. (2000) "Biology of microorganisms". Prentice-Hall international, Inc.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). (1994) "The quality of our nation's water": Washington, D.C.,EPA,Dec.p.209.

ESREY, S.A. Y HABICHT, J.-P. (1986) "Epidemiologic evidence for health benefits from improved water and sanitation in developing countries". Epidemiologic Reviews 8, 117-128.

ESREY, S.A., POTASH, J.B., ROBERTS, L, Y SHIFF, C. (1991). "Effects of improved water supply and sanitation on ascariasis, diarrhoea, dracunculiasis, hookworm infection, schistosomiasis, and trachoma". Bulletin of the World Health Organization 69(5), 609-621.

KLOHN, W. Y WOLTER, W. (1998) "Perspectives on food and water. Presented at the International Conference of Water and Sustainable Development", Paris, Mar. 19-21,., p. 1-6.

LECLERC, H.; EDBERG, S.; PIERZO, V. Y DELATTRE, JM.. (2000) "Bacteriophages as indicators of enteric viruses and public health risk in groundwater". J. Appl. Microbiol. 85, 5-21.

LECLERC, H.; MOSSEL, D.; EDBERG, S. Y STRUIJK, C. (2001). "Advances in the bacteriology of the coliform group: Their suitability as markers of microbial water safety". Annu. Rev. Microbiol. 55, 201-234.

RAHMAN, M. (1985) "Impact of environmental sanitation and crowding on infant mortality in rural Bangladesh". Lancet 8445(2), 28-31.

SERAGELDIN, I. (1995) "Water resources management: New policies for a sustainable future". Stockholm Water Front, Jun. 1, p. 2-3.

SERAGELDIN, I. (1994). "Water supply, sanitation, and environmental sustainability: The financing challenge". Washington, D.C., World Bank. p. 1-35.

SHERBININ, A. (1997) "Water and population: The urgent need for action. New York, Inter-American Parliamentary Group on Population and Development". p. 1-5.

VANDERSLICE, J. and BRISCOE, J. "Environment interventions in developing countries: Interactions and their implications". American Journal of Epidemiology 141(2),135-144.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). (1992). "Global health situation and projections". WHO. Geneva. A biennial survey of infectious diseases in the entire world.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). (1998) "Rich-poor gap remains in death". Reuters News Service, May 11.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). The world health report 1996: Fighting disease, fostering development. Geneva, WHO, 1996. 143 p.

## ***Aguas Subterráneas***

### **Generalidades**

La lluvia puede tomar diferentes rutas cuando cae al suelo. Ésta puede correr por la superficie del suelo y desembocar en ríos, lagos, quebradas y arroyos. Un porcentaje del agua va a ser usada por las plantas, otro porcentaje se va a evaporar y regresar a la atmósfera y el resto se va a infiltrar en el suelo.

El agua subterránea se encuentra debajo del suelo entre grietas y espacios que hay en la tierra, incluyendo arena y piedras. El área donde se acumula el agua en las grietas se llama la zona saturada. La parte de arriba de esta área se le conoce como el nivel freático. El nivel freático puede encontrarse a un pie del suelo como a cientos de pies debajo de la superficie.

El agua subterránea se acumula en capas de tierra, arena y rocas conocidas como acuíferos. La velocidad a la que el agua se mueve depende del tamaño de los espacios en las capas y de la conexión entre éstos. Los acuíferos consisten típicamente de gravilla, arena, arenilla y piedra caliza. Estos materiales son permeables porque tienen poros grandes que permiten que el agua fluya con mayor rapidez.

Las aguas subterráneas cumplen un rol importante, y en numerosos casos vital, para el suministro de agua potable de muchas áreas urbanas y rurales. Sin embargo, profesionales poco informados tienden a ver el flujo de aguas subterráneas como algo que se asemeja a lo místico o metafísico. Por lo

tanto existe dificultad acerca de la percepción de la contaminación de aguas subterráneas y una ignorancia o complacencia sobre los riesgos de contaminación, incluso entre administradores de recursos de agua y suelos. Por lo tanto no se ha prestado mucha atención a la prevención de la contaminación de estas mismas fuentes de agua subterráneas, y aún menos a la protección de los acuíferos en su conjunto.

El flujo de aguas subterráneas y el transporte de contaminantes no pueden ni observarse ni medirse fácilmente. Ambos procesos generalmente son lentos. La contaminación del agua subterránea tiende a ser insidiosa y es invariablemente muy persistente. La recuperación de acuíferos una vez que han sido contaminados es excesivamente cara y técnicamente problemática.

Las actividades que tienen el mayor impacto sobre la calidad del agua subterránea son: urbanización con densidad elevada con saneamiento sin alcantarillado, Inadecuada disposición de efluentes líquidos industriales y cambios en las prácticas de cultivo agrícola. Las principales consecuencias probadas son: concentraciones de nitrato que se incrementan grandemente en las aguas subterráneas, episodios más frecuentes de contaminación de aguas subterráneas por solventes orgánicos sintéticos, desinfectantes y patógenos fecales. Estos casos llegan a ser una amenaza seria para la calidad del agua potable de acuerdo con las guías de la OMS.

Como ya dijimos, las aguas subterráneas son una de las principales fuentes de suministro para uso doméstico y para el riego en muchas partes del

mundo. Las aguas subterráneas suele ser más difíciles de contaminar que las superficiales, pero cuando esta contaminación se produce, es más difícil de eliminar. Sucede esto porque las aguas del subsuelo tienen un ritmo de renovación muy lento. Se calcula que mientras el tiempo de permanencia medio del agua en los ríos es de días, en un acuífero es de cientos de años, lo que hace muy difícil su purificación.

## **Acuíferos**

Se denomina acuífero a una masa de agua existente en el interior de la corteza terrestre debida a la existencia de una formación geológica que es capaz de almacenar y transmitir el agua en cantidades significativas. Los acuíferos pueden ser libres o confinados. Los acuíferos confinados están limitados en su parte superior por un estrato por un estrato impermeable y pueden llegar a estar en presión dando lugar a los pozos artesianos cuando el estrato superior impermeable es perforado. Los acuíferos libres no tienen ninguna capa impermeable que lo limite, de modo que el nivel freático aumenta o disminuye en función de la lluvia que almacene.

El agua de los acuíferos está contenida en los poros, por ello cuando se extrae agua de un acuífero se produce un fenómeno de disminución de volumen, denominado subsidencia y que es el causante del lento hundimiento de áreas de la superficie terrestre

Desde el punto de vista de la hidrología, el fenómeno más importante relacionado con los acuíferos es la recarga y descarga de los mismos.

La recarga natural de los acuíferos procede básicamente del agua de lluvia que a través del terreno pasa por infiltración a los acuíferos. Esta recarga es muy variable y es la que geológicamente ha originado la existencia de los acuíferos.

Por otra parte la recarga natural tiene el límite de la capacidad de almacenamiento del acuífero de forma que en un momento determinado el agua que llega al acuífero no puede ser ya almacenada y pasa a otra área, superficie terrestre, río, lago, mar o incluso a otro acuífero.

La salida natural de un acuífero a la superficie terrestre en un punto localizado se denomina manantial. Estos se localizan en una discontinuidad del estrato impermeable, ladera, cauce de río, falla o diaclasa, dando origen a manantiales cuyo nombre recoge la situación: manantiales de ladera, de falla, de diaclasa, etc.

La descarga de un acuífero a un río es un fenómeno habitual como también es normal el contrario, la recarga de un acuífero por un río. Existiendo una relación acuífero-río muy importante en la cual el sentido del flujo depende básicamente de los niveles de agua en el río y en el acuífero así como de la geomorfología de la zona.

### ***Otros tipos de formaciones***

***Acuicludo.*** Es un tipo de formación capaz de almacenar agua pero no de transmitirla, ya que es porosa pero no permeable. Están constituidas por materiales como arcillas y margas y no son aptas para la explotación hidrogeológica.

***Acuitardo.*** Es una formación capaz de almacenar y transportar agua, aunque muy lentamente. Este tipo de formación tampoco es apto para su explotación hidrogeológica, a no ser que se precise muy poco caudal. Están constituidos por arcillas y arenas.

***Acuífugo.*** Este tipo de formación no almacena ni transmite agua, por lo que no son aptos para ningún tipo de explotación hidrogeológica. Están localizados en macizos plutónicos no fragmentados como granito y gabro, o en roca metamórfica como pizarra, arcilla, etc.

### ***Agua subterránea y agua superficial***

La mayoría de las personas está más familiarizada con el agua superficial que con el agua subterránea. Los depósitos de agua superficial como lagos, arroyos y mares pueden ser vistos en los alrededores, pero no así los depósitos de agua subterránea. Existen algunas diferencias entre el agua subterránea y el agua superficial que vale la pena sen El agua subterránea usualmente se mueve mucho más lentamente que el agua superficial. El agua en un arroyo puede moverse a varios pies por minuto, mientras que el agua subterránea puede moverse sólo a varios pies por mes. Esto es debido a que el agua subterránea encuentra una fricción o resistencia mayor al moverse a través de los espacios pequeños de las rocas y del suelo. Existen excepciones a esta regla, un ejemplo son los ríos subterráneos en cavernas de roca caliza donde el agua puede moverse relativamente más rápidamente.

Los intercambios de agua entre los depósitos de agua superficial y los acuíferos son importantes. Los ríos usualmente empiezan como pequeños arroyos y aumentan el caudal a medida que fluyen hacia el mar. El agua que ellos ganan frecuentemente viene del agua subterránea. Esta corriente se denomina corriente ganante. Es posible que las corrientes viertan agua al subsuelo en algunos puntos. En estos casos, los acuíferos son rellenados o recargados por agua de corrientes de pérdida. Un arroyo que fluye cerca de la superficie de un acuífero perderá agua hacia el acuífero sí la superficie de agua del arroyo es más alta que la capa de agua del acuífero en la tierra adyacente.

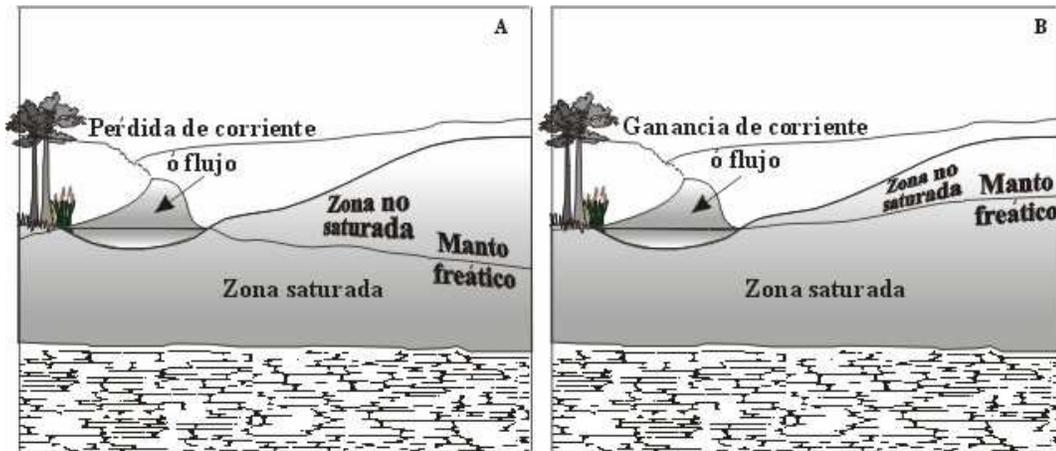


Figura 5 University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences (UF/IFAS)

## Problemática

La explotación incorrecta de las aguas subterráneas origina varios problemas. En muchas ocasiones la situación se agrava por el reconocimiento tardío de que se está deteriorando el acuífero, porque como el agua subterránea no se ve, el problema puede tardar en hacerse evidente. Los principales problemas son:

### Por agotamiento del acuífero

Un buen uso de las aguas subterráneas exige tener en cuenta que, en los lugares en que las precipitaciones son escasas, los acuíferos se van cargando de agua muy lentamente y si se consumen a un ritmo excesivamente rápido, se agotan. Cuando se produce explotación intensiva, sequía u otras causas que van disminuyendo el nivel del agua contenida en el acuífero se derivan problemas ecológicos.

Cuando estos acuíferos se encuentran en la costa, al ir vaciándose de agua dulce, van siendo invadidos por agua salada (intrusión) y queda inutilizados para el uso humano. En la costa mediterránea española prácticamente todos los acuíferos están afectados por este problema y necesitan una mejora urgente de su explotación o de sus sistemas de control y, en muchos casos, es imprescindible permitir que se recarguen de agua antes de seguir explotándolos.

### **Por contaminación de las aguas subterráneas**

Se suelen distinguir dos tipos de procesos contaminantes de las aguas subterráneas: los "puntuales" que afectan a zonas muy localizadas, y los "difusos" que provocan contaminación dispersa en zonas amplias, en las que no es fácil identificar un foco principal.

#### ***Actividades que suelen provocar contaminación puntual son:***

- \* Lixiviados de vertederos de residuos urbanos y fugas de aguas residuales que se infiltran en el terreno.
- \* Lixiviados de vertederos industriales, derrubios de minas, depósitos de residuos radiactivos o tóxicos mal aislados, gasolineras con fugas en sus depósitos de combustible, etc.
- \* Pozos sépticos y acumulaciones de purines procedentes de las granjas.

Este tipo de contaminación suele ser más intensa junto al lugar de origen y se va diluyendo al alejarnos. La dirección que sigue el flujo del agua del subsuelo influye de forma muy importante en determinar en que lugares los pozos tendrán agua contaminada y en cuales no. Puede suceder que un lugar relativamente cercano al foco contaminante tenga agua limpia, porque la corriente subterránea aleja el contaminante de ese lugar, y al revés.

***La contaminación difusa suele estar provocada por:***

\* Uso excesivo de fertilizantes y pesticidas en la agricultura o en las prácticas forestales.

\* Explotación excesiva de los acuíferos que facilita el que las aguas salinas invadan la zona de aguas dulces, por desplazamiento de la interfase entre los dos tipos de aguas.

Este tipo de contaminación puede provocar situaciones especialmente preocupantes con el paso del tiempo, al ir cargándose de contaminación, lenta pero continuamente, zonas muy extensas.

**Fuentes principales de nitrógeno de nitratos en aguas subterráneas**

La concentración de nitratos en el agua subterránea es un tópico común de muchas discusiones acerca de la calidad del agua, ya que es de importancia tanto para humanos como para animales. Debido a sus propiedades físicas, no pueden olerse ni sentirse y su presencia en concentraciones potencialmente

peligrosas, es detectada cuando se manifiesta un problema de salud. A menudo es difícil precisar el origen de la contaminación, debido a que puede provenir de muchas fuentes. La entrada de los nitratos a las aguas subterráneas es un resultado de procesos naturales y del efecto directo o indirecto de las actividades humanas. Los procesos naturales incluyen la precipitación, el intemperismo de los minerales y descomposición de la materia orgánica.

Los nitratos provenientes de las actividades humanas incluyen: la escorrentía de terrenos cultivados, efluentes de lagunas y tanques sépticos, fertilización excesiva con nitrógeno, deforestación y el cambio en la materia orgánica del suelo como resultado de la rotación de cultivos (Heaton, 1985).

El problema con los nitratos, es que son contaminantes móviles en el agua subterránea que no son adsorbidos por los materiales del acuífero y no precipitan como un mineral. Estos dos factores, permiten que grandes cantidades de nitrato disuelto permanezcan en el agua subterránea. Debido a su naturaleza soluble, los nitratos tienden a viajar grandes distancias en la sub superficie, específicamente en sedimentos altamente permeables o rocas fracturadas (Freeze y Cherry, 1979).

Mientras que la contaminación por fuentes puntuales se origina de diversos medios tales como efluentes de tanques sépticos y depósitos de excretas, la contaminación no puntual se distribuye en amplias áreas como son los campos donde los fertilizantes nitrogenados han sido aplicados (Hurlburt,

1988). El único control del nitrato por debajo de la superficie es la reducción del nitrato o denitrificación. La reducción del nitrato es una reacción natural en la cual el nitrato es reducido a gases de nitrógeno, menos peligrosos, por la acción de bacterias. En donde esta reducción no ocurre, los nitratos que persisten en los abastecimientos de agua son un riesgo; así, áreas con alto riesgo incluyen acuíferos bajo agricultura intensiva y la vecindad de campos con alta densidad de tanques sépticos.

Por su naturaleza, los acuíferos son lentos para contaminarse pero una vez que sean contaminados, difícilmente se autodepuran. La única opción para evitar futuras contaminaciones por nitratos en acuíferos someros susceptibles, es iniciar con el control del uso del suelo (Hendry, 1988).

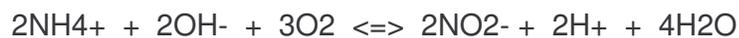
#### **Fuentes naturales**

El ion nitrato es la forma termodinámica estable del nitrógeno combinado en los sistemas acuosos y terrestres oxigenados, de forma que hay una tendencia de todos los materiales nitrogenados a ser convertidos a nitratos en estos medios. Las pequeñas cantidades de nitrógeno que contienen las rocas ígneas pueden proporcionar algún nitrato a las aguas naturales en el proceso de meteorización. Todos los compuestos del nitrato son altamente solubles en agua y cualquiera de ellos que se forme en este proceso, se encontrará en solución. Los minerales que contienen nitratos son muy raros, solamente los salitres (nitrato de sodio y nitrato de potasio) son los más difundidos. Los yacimientos de nitrato de sodio en Chile, tienen importancia mundial. Una parte

del óxido nítrico y el dióxido de nitrógeno presentes en el aire se producen por procesos naturales, inducidos por los rayos, las erupciones volcánicas y la actividad bacteriana del suelo, pero las concentraciones resultantes en el aire son virtualmente insignificantes. Estos compuestos se convierten en fuentes naturales de nitrato, ya que la principal forma de eliminación atmosférica de los óxidos de nitrógeno se realiza mediante su oxidación a ácido nítrico, y este es mucho más hidrosoluble y se absorbe más fácilmente en la superficie de la materia particulada en suspensión.

Los nitratos también existen en forma natural en algunos alimentos, particularmente en algunos vegetales. Los nitritos se forman por la oxidación bacteriana incompleta del nitrógeno en el medio acuático o terrestre, o por la reducción bacteriana del nitrato. Son productos intermedios del ciclo completo de oxidación-reducción y sólo se encuentran presentes en condiciones de baja oxidación. El nitrito en comparación con el nitrato, es menos soluble en agua y menos estable (García et al., 1994).

Los nitratos en las aguas superficiales y subterráneas se derivan de la descomposición natural, por microorganismos, de materiales nitrogenados orgánicos como las proteínas de las plantas, animales y excretas de animales. El ion amonio formado se oxida a nitritos y nitratos según un proceso de oxidación biológica (nitrificación) en dos fases:



Estas dos reacciones son mediadas por distintos microorganismos: la primera reacción por bacterias Nitrosomonas que son quimiolitótróficas y la segunda, por bacterias Nitrobacter, las cuales obtienen casi toda su energía de la oxidación de nitritos. Aunque la presencia natural de nitratos y nitritos en el medio ambiente es una consecuencia del ciclo del nitrógeno, por lo común los nitritos se encuentran en muy bajas concentraciones (OPS,OMS., 1980).

#### **Fuentes artificiales**

Fertilizantes. La producción agrícola depende en gran medida de que los suelos sean capaces de desarrollar cultivos con un buen rendimiento y esa capacidad es establecida por su fertilidad. El contenido de nutrientes de origen natural en los suelos, generalmente no es suficiente para lograr una adecuada fertilidad, por esa razón se emplean los fertilizantes naturales orgánicos y químicos.

El nitrógeno es un nutriente vital para las plantas, quienes lo utilizan en la síntesis de proteínas para su crecimiento. Los fertilizantes nitrogenados aportan el nitrógeno necesario y a su vez, algunos de ellos son fuentes importantes de nitratos, dando lugar a través de su uso a un incremento de la presencia y concentración de éste en el medio. Los fertilizantes nitrogenados pueden ser de cuatro tipos:

a) Nítricos: aportan el nitrógeno entre el 11 y el 16% en forma de nitratos.

Ejemplos:  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{KNO}_3$ .

b) Amónicos: aportan el nitrógeno en alrededor del 21% en forma de amonio. Ejemplo:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

c) Amónicos y nítricos: aportan el nitrógeno entre el 20 y 34% en formas de nitratos y amonio.

Ejemplos :  $(\text{NH}_4)\text{NO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NH}_4)_2$  y  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

d) De Amidas: aportan en nitrógeno entre el 21 y el 45% en forma de amidas. Ejemplo: urea y cianamida de calcio. La acción de éstos es más lenta pues el nitrógeno amídico deberá

e) transformarse en nitrógeno amónico y de nitratos.

El nitrato de amonio es uno de los fertilizantes nitrogenados más empleados en la agricultura, se obtiene industrialmente a partir del amonio y del ácido nítrico y su composición en nitrógeno es del 33 al 34.5%.

La producción mundial de fertilizantes nitrogenados crece constantemente. Los niveles de aplicación son superiores en los países desarrollados (120-550 kg de N/Ha de suelo cultivable) que en los países en desarrollo (30 kg de N/Ha como promedio), aunque países como México y Cuba aplican 44 y 77 kg N/Ha respectivamente (García et al., 1994). La circunstancia de que las plantas no pueden utilizar completamente el nitrógeno del suelo, reviste gran importancia. La utilización del nitrógeno puede oscilar entre un 25 al 85% según el cultivo y las técnicas agrícolas; por lo tanto, a fin de obtener una máxima producción, se aplica un exceso del fertilizante

nitrogenado al suelo, razón por la cual aumenta substancialmente el arrastre de nitrógeno por las aguas pluviales (OPS, OMS., 1980).

#### **Excretas animales**

Otra fuente importante de nitratos son las excretas de animales, las cuales contienen grandes cantidades de sustancias nitrogenadas susceptibles de convertirse a nitritos y posteriormente a nitratos. El problema reviste caracteres más agudos cuando la explotación es intensiva, una práctica común en América del Norte. Así por ejemplo, un novillo de 450 kg de peso excreta alrededor de 43 kg de nitrógeno por año, por lo que un lote de engorda de 3200 cabezas producirá 1400 toneladas anuales, en una superficie relativamente reducida, esto es, una cantidad equivalente a la que producirían 260000 personas. Por lo tanto, estos lotes de engorda se constituyen en fuentes de “superficie reducida” de arrastre de nitrógeno. Sólo el 10% de estas excretas vuelve a las tierras cultivadas, pudiendo el resto ser arrastrado o percolado para llegar a las aguas superficiales o mantos freáticos, se ha comprobado que la concentración total de nitrógeno en distintos arrastres de aguas pluviales puede oscilar entre 50 y más de 5500 mg/l, lo cual demuestra la existencia de un problema considerable de contaminación ambiental (García et al., 1994).

#### **Impacto de la porcicultura en la calidad del agua subterránea**

El riego de zonas extensas de tierra de cultivo fertilizadas con desechos de animales contamina las aguas freáticas, especialmente cuando el nivel de

nitrógeno y fosfato es mayor del que necesitan los cultivos. La acumulación del nitrógeno en el suelo ocasiona la penetración de nitratos en las aguas subterráneas. La presencia de nitratos en los sistemas públicos de abastecimiento constituye un peligro para la salud, ya que pueden producir nitrosaminas, que son cancerígenas en el estómago y un problema respiratorio, la metahemoglobinemia conocida como síndrome de los niños azules. La incidencia de esta enfermedad está mejor documentada cuando aparece vinculada al consumo de agua con niveles elevados de nitratos. Los nitratos contenidos en los alimentos y en el agua no son tóxicos para el hombre ya que son absorbidos y excretados rápidamente, pero en determinadas ocasiones, los nitratos son reducidos por las bacterias en la boca y los intestinos, produciendo nitritos. Los nitritos perturban procesos fisiológicos vitales como la capacidad de la sangre para transportar oxígeno, lo que conlleva a la cianosis y en algunas ocasiones a la muerte. Entre 1945 y 1965 se notificaron 3000 casos de esta enfermedad en los países industrializados, la mayor parte de ellos en pozos situados en las proximidades de granjas ganaderas donde existía una elevada concentración de nitratos. La contaminación directa de las aguas freáticas por las parcelas de engorda sigue siendo un problema relativamente localizado, que suscita preocupación principalmente cuando se produce en las proximidades de las fuentes de abastecimiento de agua potable. Sin embargo, salvo en los casos en que las unidades de producción estén situadas en localidades sensibles, la filtración de nitratos procedentes del estiércol aplicado

a las tierras de cultivo es muy inferior a la de fertilizantes químicos (Pacheco, 1997).

#### **Desechos municipales, industriales y del transporte**

Las descargas de desechos municipales e industriales constituyen fuentes concentradas de compuestos de nitrógeno que, en gran medida, son depositadas directamente en las aguas superficiales.

La cantidad de nitrógeno en los desechos humanos se estima en unos 5 kg por persona por año (Comité de estudios sobre la acumulación de nitratos, 1972). Aun tratados, estos residuos representan una intensa carga de contaminación a las aguas, tanto superficiales como subterráneas, pues el tratamiento secundario elimina menos de la mitad del nitrógeno (aproximadamente el 20%). Los iones amonio en el efluente de tanques sépticos se pueden convertir rápidamente en nitratos, que pueden penetrar hasta cierta distancia del tanque. Los cienos en las instalaciones de tratamiento y tanque sépticos, también se deben de evacuar y representan otra fuente significativa de contaminación por nitrógeno. Los procedimientos de evacuación de residuos sólidos, especialmente los terraplenes sanitarios y vaciaderos, pueden constituir una fuente de contaminación del agua por compuestos del nitrógeno.

Es fundamental la diferenciación entre la contaminación por fuentes puntuales fácilmente identificables y la contaminación difusa. La principal preocupación es la carga contaminante al subsuelo asociada con saneamiento

sin alcantarillado que emplea en áreas residenciales, tanques o fosas sépticas y letrinas. El riesgo potencial de contaminación por nitratos proviene de las unidades de descomposición de excretas in situ, esto se hace evidente, si consideramos que el promedio del nitrógeno que llega al agua subterránea proveniente de una familia formada por cuatro personas que descarga sus tanques sépticos en suelos arenosos es de aproximadamente 7.5 kg cada año, lo que representa el 35 al 40% del total depositado. En dependencia con las condiciones hidrogeológicas, estos valores pueden fluctuar desde el 25 al 60%. Por lo tanto, una población de 20 personas/Ha representa una descarga de hasta 100 kg /Ha /año que si fuera oxidada y lixiviada con 100 mm/año de infiltración, pudiera resultar en una descarga local de aguas subterráneas que alcancen una concentración de 440 mg/l, por lo que puede hacerse una estimación del grave problema ecológico al que se enfrentan las áreas a las que llegan las aguas residuales de los grandes asentamientos humanos. Se considera que la oxidación del amoníaco de las descargas de tanques sépticos es la principal fuente de contaminación del agua subterránea.

El contenido de nitrógeno de los desechos industriales es sumamente variable; las industrias del combustible y la elaboración de alimentos y las refinerías del petróleo, pueden constituir fuentes importantes de contaminación por nitrógeno.

Los óxidos de nitrógeno descargados a la atmósfera por fuentes artificiales, como los automotores, el consumo de combustibles fósiles y los

procesos industriales, ascienden a cerca de 50 millones de toneladas por año en escala global (OPS, OMS., 1980). Otras fuentes locales pueden ser: la fabricación de ácido nítrico, la galvanoplastia y los procesos de fabricación de explosivos. Tal como ocurre con los originados de forma natural, una parte considerable de estos óxidos es eliminada de la atmósfera y el nitrógeno vuelve a la superficie terrestre en forma de nitratos, aunque puede señalarse que generalmente ésta es una fuente de poca importancia (García et al., 1994).

-----

(\*) Julia Pacheco Ávila y Armando Cabrera Sansores

# Análisis Técnico

## Área de Estudio

### Características generales

#### Ubicación y división político-administrativa

El denominado Acuífero Patiño abarca una zona de 1173 km<sup>2</sup> de extensión entre latitudes 25°05' y 25°38' S y longitudes 57°08' y 57°41' W. Incluye la ciudad de Asunción, la parte norte del Departamento Central y una pequeña parte del Departamento de Paraguari.

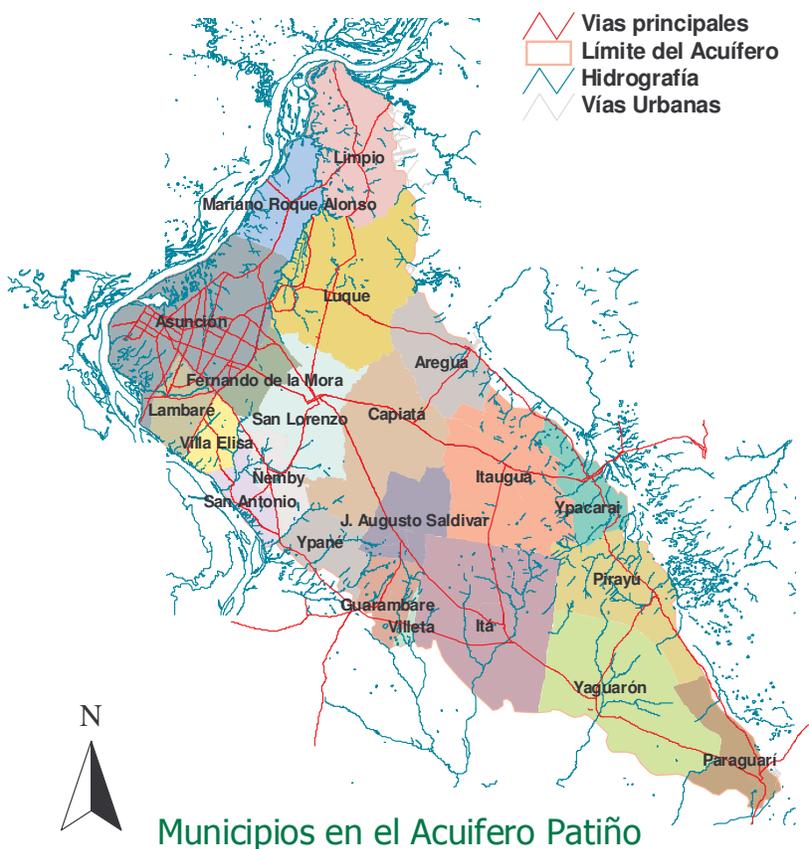


Figura 6 Municipios del Acuífero Patiño

## Topografía

La zona tiene forma más o menos triangular y está bordeada en el NO y W por el río Paraguay. Tiene topografía bastante undulante, con dos lineamientos de lomas paralelos a los límites este y sur-oeste. Uno está corriendo de Limpio por Aregua y Ypacaraí a Paraguairí, alcanzando a alturas unos 300 m. El otro - con alturas hasta encima de 200 m - empieza en Asunción, pasa por San Lorenzo, cambia al norte de Guarambaré su rumbo hacia el este y se une con el primero en la zona de Ypacaraí. Las partes más bajas del área se encuentran a un nivel alrededor de 60 msnm, en los márgenes del río Paraguay.

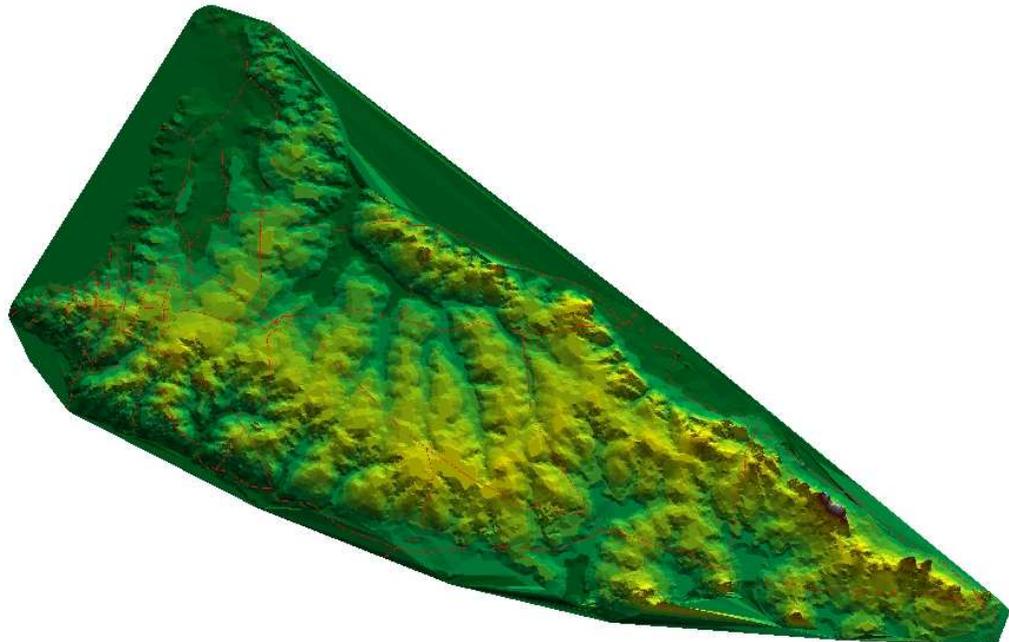


Figura 7 Modelo de elevación digital de la superficie del Acuífero Patiño (elaboración propia)

## Geología y geomorfología

El Acuífero Patiño se encuentra dentro de una fosa tectónica, en la cual durante el Cretácico Medio hasta finales del Terciario fueron depositadas las formaciones del Grupo Asunción, encima de rocas silúricas. Son sucesivamente la Formación Patiño, la Formación Cerro Perú y la Formación Itapytapunta. Son caracterizadas por areniscas friables de grano grueso a fino – en el caso de las Formaciones Patiño y Cerro Perú teniendo conglomerados en su parte basal. Intrusivos de edad oligocena-miocena penetran localmente los sedimentos del Grupo Asunción. Cerca al río Paraguay, a cotas por debajo de 70 msnm, se depositaron encima del Grupo Asunción la Formación Lambaré (grauwackas) y la Formación San Antonio (arenas, gravas y arcillas).



Figura 8 Columna estratigráfica de la "Antiforma de Asunción" (Gomez, 1991)

## **Clima e hidrología**

Con Asunción y Villarrica como estaciones meteorológicas indicativas de la zona del Acuífero Patiño se puede inferir una precipitación media anual de 1400 a 1500 mm para dicha zona. Las precipitaciones se presentan durante todos los meses del año, pero es notable una variación estacional, con valores mínimos en agosto, máximos en octubre y valores por encima del promedio durante el período de octubre a marzo.

El régimen de las temperaturas atmosféricas demuestra una variación de unos 10°C entre las temperaturas medias mensuales máximas en enero y las mínimas en julio. Para la zona del Acuífero Patiño se estima una temperatura media anual de 22 a 23°C y una evapotranspiración potencial media anual de 1175 mm (calculada según Thornthwaite). Los datos permiten inferir que hay excedente de precipitación, especialmente en los períodos abril-junio y septiembre-octubre.

Las lluvias suelen tener intensidad bastante grande en la zona del Acuífero Patiño, y la morfología de la zona es caracterizada por pendientes topográficas hacia las zonas limítrofes. Por lo tanto se observa una red de drenaje divergente bien desarrollada para evacuar el excedente de las precipitaciones pluviales.

Por inspección de los mapas topográficos es posible subdividir la zona del Acuífero Patiño en tres zonas hidrográficas distintas:

### ***Zona 1 (Sistema del Río Paraguay):***

Esta zona es drenada por arroyos que descargan directamente al Río Paraguay. Consiste de una faja de 5-10 km de ancho bordeando el Río Paraguay, incluyendo las zonas urbanas de Limpio, Mariano Alonso, Asunción, Lambaré, Fernando de la Mora, Villa Elisa, San Antonio y Ñemby. Su extensión es de 410 km<sup>2</sup> o sea 35% del área total.

### ***Zona 2 (Sistema del Lago Ypacaraí / Río Salado):***

Esta zona consiste de la zona central y las zonas a lo largo del borde oriental, incluyendo las zonas urbanas de Luque, San Lorenzo, Areguá, Capiatá, Itaguá, Ypacaraí y Pirayú. Drena hacia el Lago Ypacaraí (zona 2a), hacia el Río Salado que conecta el lago con el Río Paraguay (zona 2c) o hacia la zona pantanosa al norte del lago (zona 2b). Su extensión es de 507 km<sup>2</sup> o sea 43% del área total, con áreas de 152, 314 y 41 , respectivamente, para las subzonas 2a, 2b y 2c.

### ***Zona 3 (Sistema del Ao Caañabé):***

Ocupa la zona sur, donde se encuentran los centros de Guarambaré, Ita y Yaguerón. Tiene extensión de 256 km<sup>2</sup> o sea el 22% del área total. Las aguas de drenaje de esta zona son conducidos por arroyos hacia el Ao Caañabé, el cual alimenta una zona extensa de pantanos al sur de Nueva Italia.

Aunque el Río Paraguay es la base de drenaje regional para toda el área, es claro que las aguas de drenaje de algunas zonas tienen importancia

especial con respecto a las condiciones hidrológicas del lago (zona 2a) y la sostenibilidad de los ecosistemas húmedos de los pantanos (zonas 2b y 3).

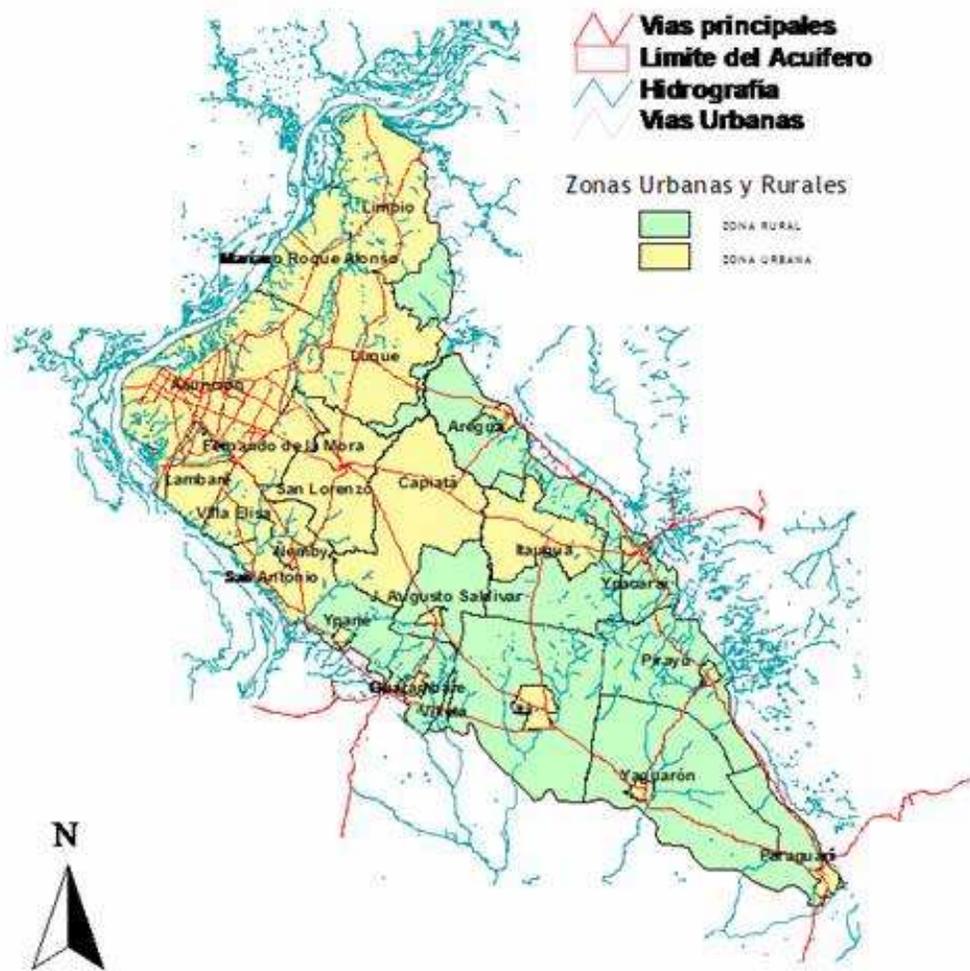


Figura 9 Áreas Rurales y Urbanas

### Población y uso de las tierras

La zona está densamente poblada, especialmente en la parte urbanizada que abarca el oeste y norte. La población total es del orden de dos millones. Gran parte de las tierras es utilizada para fines residenciales e industriales. Son

abundantes las zonas verdes y arboladas, también dentro de los límites urbanos.

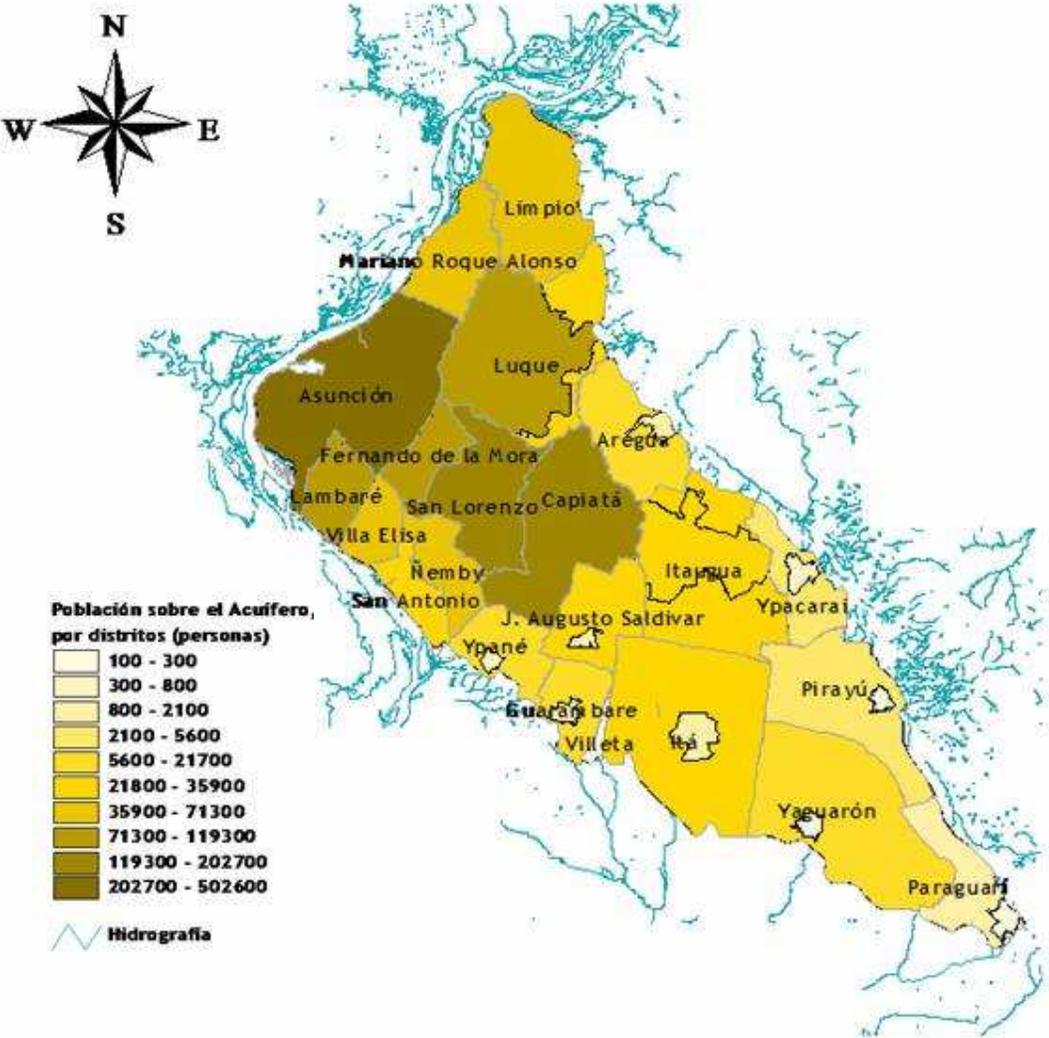


Figura 10 Población sobre el Acuífero

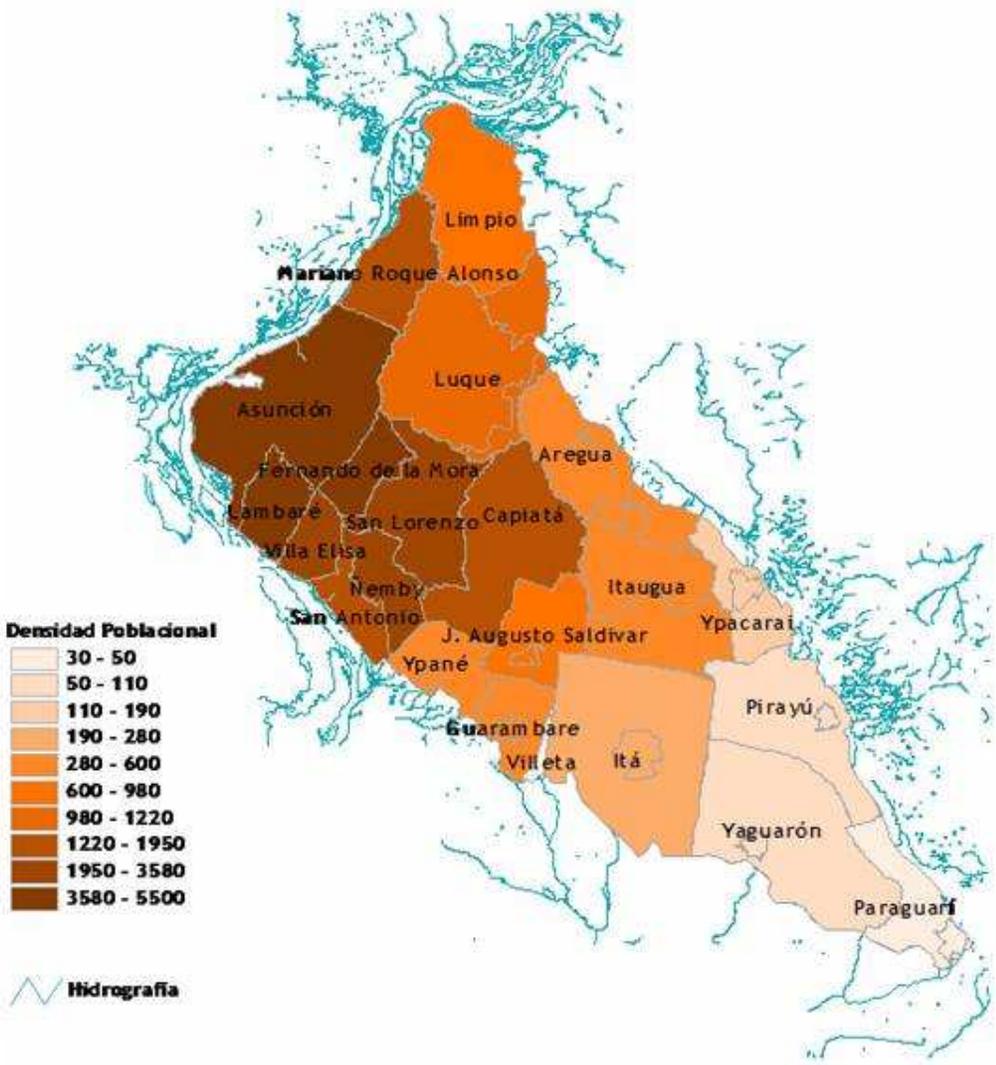


Figura 11 Densidad Poblacional

## ***El sistema acuífero***

### **Caracterización**

El Acuífero Patiño está compuesto mayormente de las formaciones pertenecientes al Grupo Asunción, que sobreyacen una base de sedimentos silúricos consolidados. Son areniscas friables de grano variable, con intercalaciones de conglomerados y fanglomerados. Las formaciones que en los alrededores del río Paraguay se observan encima del Grupo Asunción (Formación Lambaré y Formación San Antonio), a cotas por debajo de 70 msnm, hidráulicamente pueden ser consideradas como parte del mismo sistema acuífero.

En el mapa de Naciones Unidas (1986) el acuífero es clasificado como poroso y de bajo potencial de explotación, es decir con capacidad específica inferior a 1.0 m<sup>3</sup>/h/m. Los datos del SENASA (1999) indican que el caudal específico de los pozos frecuentemente está en el intervalo de 0.5 a 2.0 m<sup>3</sup>/h/m, un poco más favorable que el promedio de 0.8 m<sup>3</sup>/h/m estimado por Naciones Unidas. Condiciones freáticas predominan en el acuífero a escala regional, pero localmente se observan también condiciones semiconfinadas y hasta surgentes.

El sistema acuífero tiene extensión restringida (1173 km<sup>2</sup>), pero su espesor es del orden de algunas centenas de metros. Contrariamente a los

acuíferos del Chaco, contiene generalmente agua de muy bajo grado de mineralización, con excepción de algunas zonas cerca al río Paraguay.

### **Limites laterales**

Las areniscas del Acuífero Patiño en la zona triangular Asunción-Limpio-Paraguarí están limitadas por fallas en todos sus lados. Al lado este – de Limpio a Paraguarí – se encuentra la falla de Ypacaraí, por la cual dichas areniscas se hallan yuxtapuestas a sedimentos cuaternarios, areniscas paleozoicas, materiales basálticos y rocas del basamento (Bartel y Muff, 1995). Una falla al lado sur ha creado condiciones más o menos similares en esta parte. En el área de Guarambaré a lo largo de esta falla hay intrusiones de la Formación Ñemby que forman localmente una barrera impermeable (Carvalho y otros, 1995). Este fenómeno posiblemente se presenta en otras partes también. Por el contraste en permeabilidad provocado por las fallas y por las condiciones topográficas, se produce descarga de las aguas subterráneas a lo largo de los límites este y sur.

Respecto al límite oeste, la información disponible es más escasa. En rasgos generales el Río Paraguay y el sistema de fallas que definen su curso son considerados como límite occidental. Sin embargo, faltan detalles al respecto en las publicaciones revisadas. Como se observa que existen afloramientos de la Formación Patiño en Villa Hayes y Benjamín Aceval, no es imposible que haya otras extensiones de las areniscas hacia el oeste o noroeste, enterradas bajo los sedimentos más recientes del Chaco. Los mapas

y datos disponibles sugieren que hay contacto hidráulico entre el Acuífero Patiño y el Río Paraguay de modo que el último determina los niveles de base en dicho acuífero.<sup>5</sup>

Ciudad	Población (2002)	TCA	Población (2006)	Población (2030)
ASUNCION	496,457	0.20	500,441	516,697
AREGUA	44,47	6.00	56,142	142,621
CAPIATA	153,63	6.30	196,159	521,364
F. DE LA MORA	113,86	1.90	122,763	165,903
GUARAMBARE	16,26	2.70	18,088	27,703
ITA	50,841	3.20	57,668	95,457
ITAUGUA	60,787	5.40	75,019	174,03
LAMBARE	118,849	1.90	128,142	173,173
LIMPIO	71,966	7.40	95,751	300,063
LUQUE	184,058	4.80	222,024	470,089
ROQUE ALONSO	64,74	5.10	78,992	175,076
NEMBY	70,99	6.30	90,642	240,914
SAN ANTONIO	37,961	9.70	54,975	241,808
SAN LORENZO	202,712	4.30	239,893	470,506
VILLA ELISA	52,36	5.80	65,606	161,701
VILLETA	22,82	2.90	25,585	40,422
YPACARAI	18,741	2.60	20,767	31,314
YPANE	25,77	10.60	38,56	193,293
J SALDIVAR	37,48	5.90	47,139	117,956
PARAGUARI	23,362	2.80	26,091	40,586
PIRAYU	14,841	1.60	15,814	20,386
YAGUARON	25,369	1.60	27,032	34,848
	1,908,324		2,203,293	4,355,912
<b>Población Paraguaya</b>	<b>5,183,080</b>	<b>2.20</b>	<b>5,654,465</b>	<b>8,009,508</b>
<b>% de la Población Paraguaya dentro del Acuífero:</b>	<b>37%</b>		<b>39%</b>	<b>54%</b>

Tabla 8 Demografía sobre el Acuífero y Proyección al 2030

<sup>5</sup> Instituto Holandés de Geociencias Aplicadas TNO, “Fortalecimiento de los Estudios Hidrogeológicos del SENASA” Febrero, 2001

## ***Metodología***

Como metodología general y a grandes rasgos, planteamos realizar primeramente una recopilación general de los datos existentes y una evaluación de la información obtenida. Seguidamente, una planificación de los puntos de muestreo y sus análisis, para luego evaluar los parámetros y procesar la información. Finalmente plantearemos recomendaciones y conclusiones al respecto. A continuación pasamos a describir con más detalle la metodología adoptada.

### ***Recopilación de la Información Existente***

En esta etapa del trabajo dedicamos una buena cantidad de tiempo en informarnos sobre los trabajos ya realizados pertinentes al área del Acuífero Patiño. Experiencias profesionales, documentos de consultorías realizadas con ayuda internacional, registros de entidades públicas y privadas que trabajaron en el área, informaciones de censo sobre vivienda, población e industrias enriquecieron nuestra base de datos.

#### **Proyecto FEHS**

Fue de gran trascendencia, por su pertinencia y profundidad, el documento “Fortalecimiento de los Estudios Hidrogeológicos del SENASA” (Proyecto FEHS), producto del trabajo de Consultoría realizado por el Instituto Holandés de Geociencias Aplicadas TNO, el cual fue realizado en el año 2000.

Este documento pertenece actualmente a SENASA, quién nos lo facilitó gentilmente a través del Departamento de Recursos Hídricos.

Este estudio proporcionó información significativa y valiosa, basada en buena parte en datos de campo.

Aunque la mayor parte de los esfuerzos fue concentrado en la Zona Piloto (Cuenca del Arroyo Ñemby), se desempeñaron también actividades relacionadas al Acuífero Patiño en su totalidad. Además resultó que mediante el estudio de la Zona Piloto se ganaron conocimientos que permitieron un mejor entendimiento de otras partes del Acuífero Patiño.

Dentro de la Zona Piloto se obtuvieron mejores conocimientos de la constitución hidrogeológica, la geohidráulica, los niveles del agua, el balance hídrico subterráneo, la calidad del agua, la vulnerabilidad del acuífero, las fuentes de contaminación potenciales, etc.

Entre los resultados de las investigaciones en la Zona Piloto destacan: (1) la identificación de una zona cerca al Río Paraguay con capa profunda de baja resistividad eléctrica, posiblemente relacionada a aguas saladas profundas; (2) la cuantificación del balance hídrico subterráneo, indicando tasa de recarga mucho mayor que la asumida en estudios anteriores del Acuífero Patiño; (3) la determinación tentativa del riesgo de polución, que constituye amenaza apreciable para el uso de las aguas para fines potables.

Para todo el territorio del Acuífero Patiño se ha obtenido un imagen regional consistente del nivel piezométrico y de los parámetros principales de la calidad del agua. Con excepción de una franja a lo largo del Río Paraguay, el agua es en general de bajo grado de mineralización. Sin embargo, mayor parte de los pozos muestreados no cumple con las normas de potabilidad, especialmente debido a la contaminación bacteriológica y el alto contenido de hierro.

Otro material que fue de mucha utilidad fue la carta de registro de los pozos existentes sobre el acuífero, tanto de pozos privados como de las juntas de saneamiento, de ESSAP, e inclusive de los aguateros que abastecen en la zona. Este material fue facilitado también por SENASA.

También utilizamos mapas geológicos e hidrogeológicos del Paraguay con sus textos explicativos, informes, artículos y presentaciones en congresos y seminarios. Aunque es significativa y diversa la información existente, es claro también que falta todavía información y análisis mas profundo para eliminar dudas existentes, diagnosticar problemas e investigar posibles soluciones.

### ***Determinación de las zonas a estudiar***

Una vez recopilada una buena cantidad de información pertinente, nos dispusimos a determinar el área de las zonas a estudiar. Contemplando los parámetros significativos de contaminación definimos las zonas más vulnerables en donde nuestros estudios determinarían representativamente la

situación del Acuífero Patiño. Con base en el estudio anterior del TNO seleccionamos los pozos a ser analizados teniendo en cuenta una distribución uniforme, con el fin de abarcar toda el área y sin dejar espacios sin representación. Esto además nos permite hacer una comparación de nuestros resultados con los del estudio anterior para determinar el cambio en las condiciones del recurso.

En la siguiente figura podemos observar los puntos seleccionados para la toma de muestras de agua para el posterior análisis. Estos puntos, en la gran mayoría, coinciden exactamente con los puntos establecidos en el estudio FEHS hecho por el TNO. Esta fue la base de nuestro trabajo y el mayor desafío al plantear encontrar todos los puntos fijados.

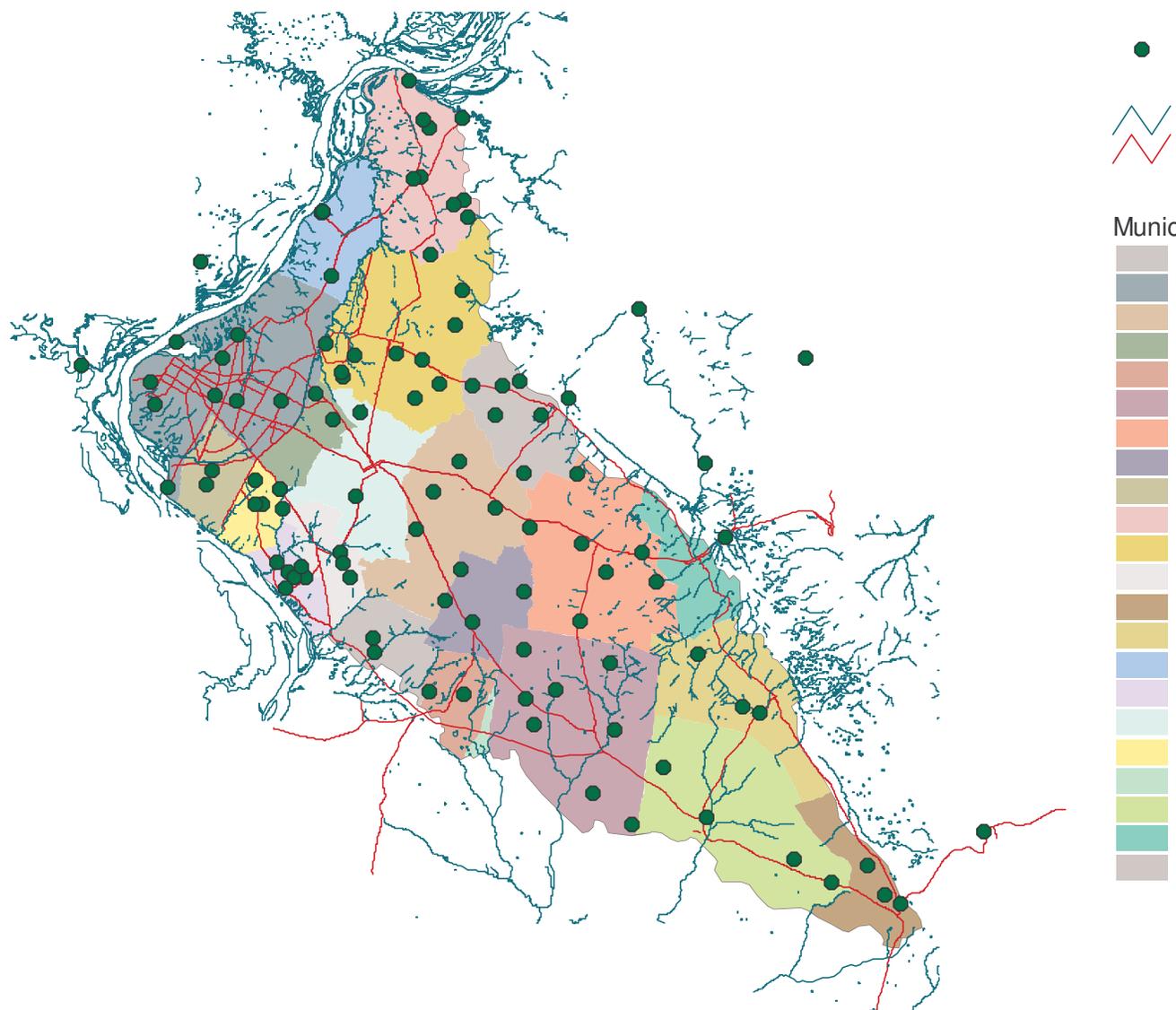


Figura 12 Puntos donde fueron extraídas las muestras de agua

Determinados los pozos, obtuvimos la ubicación GPS del punto, así como el mapa de cada zona, para facilitar su ubicación en las salidas de campo. Para esto utilizamos herramientas de georreferenciación de datos, como el

software ArcView, y las correspondientes cartas digitales obtenidas de DGEEC, y de la DSGM, todas en formatos shape compatibles con el software utilizado.

### ***Trabajo de Campo***

Con las cartas geográficas y GPS en mano, salimos en búsqueda de los pozos seleccionados.

El procedimiento de muestreo fue el siguiente:

1. Una vez encontrado el sitio, preguntamos por el encargado del pozo, para solicitar el ingreso al predio y la toma de muestra correspondiente.
2. Con el encargado, obtuvimos los datos administrativos del pozo, como la profundidad, la producción del pozo, un número telefónico de contacto en caso de que la calidad de agua del pozo no sea satisfactoria, etc.
3. Toma de muestra del pozo, para lo cual, se siguió el siguiente procedimiento:
  - a) Dejar correr el agua de la canilla de muestreo, en la boca misma del pozo, antes del tanque de almacenamiento.
  - b) Medición de la temperatura del agua, con el termómetro electrónico marca Oakton, en grados centígrados (°C), y su respectivo registro en la ficha de datos.
  - c) Medición de la conductividad eléctrica del agua, con el conductímetro marca Oakton, en miliSiemen por centímetro (mS/cm), y su respectivo registro en la ficha de datos.

- d) Medición de la conductividad eléctrica del agua con el conductivímetro marca Myron L Company, en miliSiemen por centímetro (mS/cm) y en microSiemen por centímetro ( $\mu\text{S/cm}$ ), y sus respectivos registros en la ficha de datos.
  - e) Toma del punto GPS para corroborar con los datos previos.
  - f) Toma de fotografía para el registro posterior.
  - g) Toma de muestra para análisis químico (nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal), y físicos (pH y conductividad) en los laboratorios de ESSAP.
  - h) Toma de muestra para análisis bacteriológicos (coliformes fecales y totales) en los laboratorios de ESSAP.
4. Refrigeración de las muestras para análisis bacteriológicos para su transporte hasta el laboratorio.
  5. Transporte de las muestras de agua al laboratorio.

Algunos factores amenazaron el éxito de la toma de muestra en algunos de los puntos de muestreo. Estos son:

- Que el dato de ubicación no sea preciso, por lo que la localización del pozo se haga muy difícil.
- Que el camino al pozo sea intransitable.
- Que el encargado del pozo no se encuentre disponible.
- Que el encargado o dueño del pozo se niegue a colaborar con la muestra (en el caso de aguaterías y pozos privados)

- Que no se cuente con la llave de acceso al predio del pozo.
- Que el pozo no cuente con boca de muestreo anterior al tanque de almacenamiento.

Estos factores externos influyeron negativamente en el cumplimiento cabal de los muestreos en pozos planteados. Para solapar este inconveniente llevamos siempre a mano el registro completo de todos los pozos, de manera de poder reemplazar un pozo por otro cercano y de equivalentes características.

#### **Equipos Utilizados**

Para las salidas de campo, los equipos utilizados fueron los siguientes:

Equipo de medición de

Conductividad Eléctrica y

Temperatura. Marca OAKTON

Rango de Conductividad:

0 – 19,90 mS

Rango de Temperatura:

0 – 50 °C



Figura 13 Conductímetro y  
Termómetro Electrónico  
Marca OAKTON

Equipo GPS marca

GARMIN, modelo e-trex.

Ritmo de actualización: 1 s

Presición de posición: 15

metros

Precisión de Velocidad: 0,1

nudos



Conductímetro de 4

escalas

Marca: Myron L Company

Precisión:  $\pm 2\%$  de la escala



Cámara fotográfica digital

Marca KODAK

Modelo Easy Share, de 4

Mpixels



Notebook Marca Compaq

Modelo Presario

Procesador AMD Turion 64,

512 RAM



Recipientes para muestras  
y conservadora



Camioneta Mitsubishi



### ***Trabajo de Laboratorio***

Los trabajos de laboratorio se realizaron en los laboratorios de ESSAP, bajo las normas de los Standards Methods detallados en en el Anexo II para los análisis de coliformes fecales, totales, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, pH, temperatura, conductividad.



Figura 14 Laboratorios de ESSAP

Utilizando equipos se midieron directamente:

- PH
- Conductividad (La Conductividad se volvió a medir en laboratorio para corroborar lo medido en el campo.)

Los ensayos que se realizaron fueron:

- Coliformes Totales y Fecales
- Nitrógeno (Nitratos, Nitrito, Nitrógeno amoniacal)

Estos ensayos se llevaron a cabo siguiendo los procedimientos de Standard Methods, cuyas normas están incluidas en el Anexo II

### Equipos Utilizados

Espectrofotómetro para la medición de Nitritos, Nitratos y Nitrógeno Amoniacal



Filtros de Membrana para cultivo de bacterias



Estufas de cultivo de Bacterias



Placas Petri para cultivos



Medidor de Conductividad  
Eléctrica



Equipo medidor de pH



### ***Procesamiento de Datos***

Cuando los resultados de los análisis estuvieron disponibles fueron cargados en una base de datos georreferenciados, para su procesamiento.

Con estos datos elaboramos los mapas relevantes para estudiar el

comportamiento de la contaminación en el acuífero, material indispensable para realizar el análisis final y las conclusiones.

#### **Procesamiento de datos georeferenciados**

El procesamiento de los datos empezó con la introducción de los resultados de las muestras en una base de datos, a través del software ArcView, con lo cual los datos son fácilmente manejables y se encuentran georeferenciados.

#### **Elaboración de mapas descriptivos por parámetro de calidad**

Luego del procesamiento de los datos determinamos cuales serían las formas más representativas de presentar los datos. Decidimos elaborar mapas de calidad con los datos referenciados y puntualizando los valores más resaltantes y representativos. Con esto en mente elaboramos los mapas que se expondrán en el apartado Análisis de datos. Cabe resaltar que en el momento tomamos como alternativas hallar un promedio de cada uno de los parámetros por distrito y utilizar este resultado como significativo de la zona. Luego desechamos esta metodología por no ser suficientemente representativa. También presentamos un mapa interactivo con los puntos numerados donde se puede obtener los resultados de los parámetros analizados simplemente con hacer un clic en el punto deseado. Este mapa se encuentra en formato de presentación y está incluido en el CDROM que se adjunta a este documento. La importancia de este mapa es que como en general varían los resultados de

los parámetros de punto en punto, no se agrupan ni se concluyen en promedios ni estadísticas, sino se puede analizar cada punto en cuestión tomando como concepto que existe la posibilidad de hallar pozos con estos parámetros en los alrededores de la zona del pozo.

#### **Análisis de los datos**

Luego de la representación grafica de los resultados pasamos al análisis de los mismos según las hipótesis y las preguntas que nos habíamos planteado al principio del trabajo. Así comparamos y contrastamos los datos obtenidos con las zonas de mayor densidad poblacional, con el avance de las áreas urbanas, y también con los datos del reporte de la TNO. Estos datos están representados en gráficos de barras más adelante presentados.

También analizamos los porcentajes de potabilidad de las muestras, según cada parámetro analizado. Esto sirvió para ver cual era el parámetro que más muestras excluía del rango de potabilidad aceptado por la ERSSAN

#### **Planteamiento de conclusiones**

Luego del procesamiento y análisis de los datos de manera estadística y analítica, procedimos a sacar conclusiones de la situación general de la calidad de las aguas del Acuífero Patiño, en función a los resultados de los análisis de las muestras, tratando de dar sustento a las hipótesis planteadas en este trabajo.

### **Elaboración de Recomendaciones**

Finalmente, es un aporte de nuestro trabajo a la comunidad científica y a la sociedad una serie de recomendaciones que, según nuestro criterio, se deberían tomar para que las aguas del Acuífero Patiño permanezcan frescas y libres de contaminación, además de, garantizar su persistencia en el tiempo, en cantidad suficiente para el abastecimiento humano, y el desarrollo económico de la zona.

## ***Resultados***

### **Valores de los Análisis**

En las planillas siguientes detallamos los valores de los resultados de los análisis practicados a las muestras de agua extraídas de los puntos convenidos. Estos análisis se realizaron de acuerdo con las normas de la Estándar Methods, detalladas en el Anexo II.

“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”

No.	FUENTE	ZONA	NOMBRE	DISTRITO	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	Conductividad	pH	Temperatura
1	Pozo Profundo	URBANO	Est. Def. Chaco (Sajonia)	ASUNCION	5	9	140,00		25,8
2	Pozo Profundo	URBANO	Tacumbu Com. Ingeniería	ASUNCION	5000	5000	40,00		28,0
3	Pozo Profundo	URBANO	Club River Plate	ASUNCION	5000	5000	294,00		26,9
4	Pozo Profundo	URBANO	Parque Nu Guazu	LUQUE	0	0	210,00		29,5
5	Superficial	FUERA DEL ACUIFERO	Aregua	AREGUA	1200	600	125,00	6,5	
6	Pozo Profundo	URBANO	Aregua	AREGUA	1	0	90,10	5,6	27,0
7	Pozo Profundo	RURAL	Valle Pucu	AREGUA	0	0	58,00	5,3	28,0
8	Pozo Profundo	URBANO	Corpasana P1 Luque	LUQUE	0	0	43,00	5,7	28,6
9	Pozo Profundo	URBANO	Residencia Castiglioni	ASUNCION	22	2	102,00	6,0	30,0
10	Pozo Profundo	URBANO	Villa 24 de junio	SAN LORENZO	3	0	75,00		26,4
11	Pozo Profundo	URBANO	Frigorifico Guarani	FERNANDO DE LA MORA	0	0	239,00		25,7
12	Pozo Profundo	URBANO	Shell el Sol - M.R.Alonso	MARIANO ROQUE ALONSO	5000	0	62,00		30,0
13	Pozo Profundo	URBANO	Colegio de Policia	LUQUE	0	0	39,00		25,0
14	Pozo Profundo	URBANO	Cirulo de Policias	LUQUE	0	0	61,00		25,0
15	Pozo Profundo	URBANO	Curtiembre	ASUNCION	5000	5000	238,00		28,5
16	Pozo Profundo	URBANO	Curtiembre Vernom	ASUNCION	5000	5000	221,00		26,7
17	Pozo Profundo	URBANO	Rojas Canada	CAPIATA	0	0	89,80	5,6	24,7
18	Pozo Profundo	URBANO	Mboyi	ITAUGUA	0	0	82,00	5,5	25,6
19	Pozo Profundo	URBANO	Mbcayaty	ITAUGUA	0	0	57,90	5,8	26,0
20	Pozo Profundo	RURAL	Itaugua Guazu	ITAUGUA	0	0	60,60	5,4	24,7
21	Pozo Profundo	RURAL	Itaugua	ITAUGUA	3	1	41,60	5,4	26,0
22	Superficial	RURAL	Ypacarai	ITAUGUA	10	7	219,00	6,6	30,0
25	Superficial	FUERA DEL ACUIFERO	S.Bernardino	SAN BERNARDINO	5000	5000	132,30	6,5	28,0
26	Superficial	FUERA DEL ACUIFERO	Ypacarai	YPACARAI	2000	800	62,60	6,6	29,9
27	Pozo Profundo	URBANO	Ybyraty	ITAUGUA	0	0	78,40	5,4	24,6
28	Pozo Profundo	RURAL	Pindolo	AREGUA	90	40	35,80	5,7	25,1

“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”

No.	FUENTE	ZONA	NOMBRE	DISTRITO	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	Conductividad	pH	Temperatura
29	Pozo Profundo	URBANO	Sra Juanita	MARIANO ROQUE ALONSO	5000	5000	27,10	5,5	26,6
30	Pozo Profundo	URBANO	Antonio Palacio	MARIANO ROQUE ALONSO	32	4	66,20	5,7	27,0
31	Pozo Profundo	URBANO	Shell - puente Remanso	MARIANO ROQUE ALONSO			38,00	6,4	29,1
32	Pozo Profundo	URBANO	Limpio	LIMPIO	0	0	66,40	6,5	27,2
33	Pozo Profundo	URBANO	Piquete Cue	LIMPIO	1400	300	31,10	5,8	26,5
34	Pozo Profundo	URBANO	Limpio	LIMPIO	0	0	22,30	5,6	26,8
35	Pozo Profundo	URBANO	Limpio	LIMPIO	400	200	33,00	6,1	26,6
36	Pozo Profundo	URBANO	Piquete Cue	LIMPIO	5000	3000	30,20	6,2	25,0
37	Superficial	URBANO	Salado	LIMPIO	1	0	78,30	5,6	25,5
38	Pozo Profundo	URBANO	Canal 100 Antena - VII	VILLA ELISA	290	6	49,00		25,7
39	Pozo Profundo	URBANO	Club Sol de America de Villa Elisa	VILLA ELISA	161	2	59,00		27,6
40	Pozo Profundo	URBANO	Villa Elisa	VILLA ELISA	2	0	116,00		25,4
41	Pozo Profundo	URBANO	Caaguazu	NEMBY	3	1	70,00		25,0
42	Pozo Profundo	URBANO	Caaguazu	NEMBY	0	0	71,00	6,6	26,8
43	Pozo Profundo	URBANO	Nemby	NEMBY	0	0	47,00	6,6	25,6
44	Pozo Profundo	URBANO	Mario Agustín Vian	VILLA ELISA	36	27	378,00	6,1	28,0
45	Pozo Profundo	URBANO	Ceveriano Ríos	VILLA ELISA	4	1	317,00		27,0
46	Pozo Profundo	URBANO	Mbocayaty	NEMBY	9	2	85,00		25,2
47	Pozo Profundo	URBANO	Ing. Chavez	LAMBARE	1200	20	304,00		26,4
48	Surgente	FUERA DEL ACUÍFERO	Oviedo	PARAGUARI	3	1	20,30	5,2	22,4
49	Pozo Profundo	URBANO	Paraguari CP1	PARAGUARI	0	0	101,40	6,1	27,0
50	Pozo Profundo	RURAL	Paraguari CP2	PARAGUARI	0	0	56,80	5,6	26,4
51	Pozo Profundo	RURAL	Corta Puku	PARAGUARI	0	0	71,80	5,2	27,8
52	Pozo Profundo	RURAL	Lopez Moreira	YAGUARON	0	0	73,40	6,1	24,5
53	Pozo Profundo	RURAL	Peguatho	YAGUARON	0	0	84,50	6,0	24,5
54	Pozo Profundo	URBANO	Yaguaron Central	YAGUARON	0	0	107,40	6,5	26,1
55	Pozo Profundo	RURAL	Pirayú P1	PIRAYU	0	0	32,20	5,6	25,2
56	Pozo Profundo	RURAL	Paso Esperanza Pinoya	PIRAYU	5	3	44,00	6,0	24,8

“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”

No.	FUENTE	ZONA	NOMBRE	DISTRITO	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	Conductividad	pH	Temperatura
57	Pozo Profundo	RURAL	Zayas P1	YAGUARON	0	0	157,70	6,5	24,6
58	Pozo Profundo	RURAL	Cardozo	ITA	0	0	88,60	6,3	24,7
59	Pozo Profundo	RURAL	Aveiro	ITA	0	0	51,70	6,1	24,0
60	Pozo Profundo	RURAL	Cunupicayty	ITA	0	0	95,30	6,0	23,8
61	Pozo Profundo	RURAL	Posta Gaona	ITA	0	0	208,00	6,5	24,0
62	Pozo Profundo	RURAL	Las Piedras	ITA	0	0	51,20	6,3	26,8
63	Pozo Profundo	URBANO	Guarambaré P5	GUARAMBARE	0	0	54,80	5,2	24,8
64	Pozo Profundo	RURAL	Guarambaré Rincon P3	GUARAMBARE	0	0	117,70	5,4	24,8
65	Pozo Profundo	URBANO	Ypane P1	YPANE	0	0	95,60	6,3	27,6
66	Pozo Profundo	RURAL	Ypane P3	YPANE	0	0	84,40	6,1	26,9
67	Pozo Profundo	URBANO	Cerrito, P2	SAN ANTONIO	2	1	104,20	5,7	25,4
68	Pozo Profundo	URBANO	Cerrito, P5 BO. Don Pedro	SAN ANTONIO	0	0	62,90	6,1	25,4
69	Pozo Profundo	URBANO	San Antonio	SAN ANTONIO	0	0	73,10	5,2	27,6
70	Somero	URBANO	Carmelo Fretes - S. Ant	SAN ANTONIO	5000	5000	46,20	5,8	25,6
71	Pozo Profundo	URBANO	Conavi	SAN ANTONIO	3	1	37,80	5,2	25,1
72	Pozo Profundo	URBANO	Ed. Ruiz Diaz - S. Anton	SAN ANTONIO	10	6	51,50	5,2	25,0
73	Pozo Profundo	RURAL	Estanzuela	ITAUGUA	0	0	36,30	5,9	24,6
74	Pozo Profundo	RURAL	Isla Valle	AREGUA	0	0	58,90	5,7	25,8
75	Pozo Profundo	RURAL	Bo. San Antonio	AREGUA	0	0	120,60	6,1	25,3
76	Pozo Profundo	RURAL	Nueva Asunción	AREGUA	0	0	45,80	5,2	24,7
77	Pozo Profundo	URBANO	3 de Mayo	LUQUE	0	0	74,20	5,2	27,0
78	Pozo Profundo	URBANO	Conavi Canada S.R. Luque	LUQUE	0	0	55,60	5,2	25,0
79	Pozo Profundo	URBANO	Emergencias Médicas	ASUNCION	30	16	711,00	6,7	25,5
80	Superficial	URBANO	Raul Rivarola	ASUNCION	5000	5000	77,70	6,9	27,0
81	Pozo Profundo	URBANO	Victor González	LAMBARE	5	0	180,40	5,3	25,0
84	Superficial	FUERA DEL ACUIFERO	Rio Salado	LIMPIO	540	300	335,00	6,8	27,9

“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”

No.	FUENTE	ZONA	NOMBRE	DISTRITO	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	Conductividad	pH	Temperatura
85	Pozo Profundo	URBANO	Piquel Cue	LIMPIO	0	0	96,40	5,2	26,4
86	Pozo Profundo	URBANO	Salazar	LIMPIO	3	1	431,00	5,5	28,7
87	Pozo Profundo	URBANO	Canada Cardy P2	LUQUE	0	0	54,20	6,1	26,5
88	Pozo Profundo	RURAL	Marin Caaguy	LUQUE	0	0	181,40	6,6	26,6
89	Pozo Profundo	URBANO	Esso Luque	LUQUE	5000	5000	161,20	5,2	27,0
90	Pozo Profundo	URBANO	Prisciliano Zarate	LUQUE	10	8	71,30	5,2	25,3
91	Pozo Profundo	URBANO	Catalino Gomez Achar	CAPIATA	6	0	75,00	5,0	26,7
92	Pozo Profundo	RURAL	Mario Merz	SALDIVAR	11	1	53,00	5,4	25,6
93	Pozo Profundo	RURAL	Lic. Elias Marecos Cerna	SALDIVAR	0	0	79,00	5,5	25,7
94	Pozo Profundo	URBANO	Parroquia San Miguel Arcán	SALDIVAR	8	6	53,00	4,8	24,5
95	Pozo Profundo	RURAL	JS	SALDIVAR	0	0	70,00	5,6	25,6
96	Pozo Profundo	URBANO	Plaza	CAPIATA	0	0	102,00	4,8	26,2
97	Pozo Profundo	URBANO	Ycua Porá - Santa Ana	CAPIATA	0	0	67,00	5,0	25,5
98	Pozo Profundo	URBANO	Dr. Constanzo	FERNANDO DE LA MORA	0	0	120,00	5,1	24,1
99	Pozo Profundo	RURAL	Ing. Hernán Quintana	PIRAYU	0	0	49,60	5,0	21,0
100	Pozo Profundo	RURAL	Caraguatay	ITA	0	0	90,30	5,4	22,9
101	Pozo Profundo	RURAL	Alfristo Maldonado	ITA	0	0	223,00	7,1	23,6
102	Pozo Profundo	RURAL	Arrua-I Oculito	ITA	0	0	130,90	5,7	22,3
103	Pozo Profundo	URBANO	Felix Villar	SAN LORENZO	0	0	121,00	4,8	21,0
104	Pozo Profundo	URBANO	Club Mbiguá	ASUNCION	0	0	26400,00	7,6	24,2
105	Superficial	URBANO	Boca Salado	LIMPIO	1200	100	179,90	6,3	33,0

“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”

No.	FUENTE	ZONA	NOMBRE	Nitrógeno de Nitritos	Nitrógeno de Nitratos	Nitrógeno de Amoniacal	Nitrógeno Total	Nitritos	Nitratos	Nitrógeno Amoniacal
29	Pozo Profundo	URBANO	Sra. Juanita	0,006	3,500	0,011	3,517	0,020	15,500	0,014
30	Pozo Profundo	URBANO	Antonio Palacio	0,009	13,120	0,728	13,857	0,030	58,103	0,936
31	Pozo Profundo	URBANO	Shell - puente Remanso	0,026	8,460	1,726	10,212	0,085	37,466	2,219
32	Pozo Profundo	URBANO	Limpio	0,001	0,440	0,080	0,521	0,003	1,949	0,103
33	Pozo Profundo	URBANO	Piquete Cue	0,001	0,370	0,016	0,387	0,003	1,639	0,021
34	Pozo Profundo	URBANO	Limpio	0,002	0,260	0,011	0,273	0,007	1,151	0,014
35	Pozo Profundo	URBANO	Limpio	0,013	0,450	0,060	0,523	0,043	1,993	0,077
36	Pozo Profundo	URBANO	Piquete Cue	0,002	1,860	0,008	1,870	0,007	8,237	0,010
37	Superficial	URBANO	Salado	0,001	0,490	0,007	0,498	0,003	2,170	0,009
38	Pozo Profundo	URBANO	Canal 100 Antena - Vil	0,008	1,640	0,005	1,653	0,026	7,263	0,006
39	Pozo Profundo	URBANO	Club Sol de America de Villa Elisa	0,001	0,900	0,008	0,909	0,003	3,986	0,010
40	Pozo Profundo	URBANO	Villa Elisa	0,001	3,890	0,009	3,900	0,003	17,227	0,012
41	Pozo Profundo	URBANO	Caaguazu	0,001	2,450	0,010	2,461	0,003	10,850	0,013
42	Pozo Profundo	URBANO	Caaguazu	0,001	0,440	0,005	0,446	0,003	1,949	0,006
43	Pozo Profundo	URBANO	Nemby	0,001	0,500	0,007	0,508	0,003	2,214	0,009
44	Pozo Profundo	URBANO	Mario Agustín Vian	0,001	11,240	0,005	11,246	0,003	49,777	0,006
45	Pozo Profundo	URBANO	Ceveriano Rios	0,004	4,200	0,004	4,208	0,013	18,600	0,005
46	Pozo Profundo	URBANO	Mboçayaty	0,213	13,160	0,124	13,497	0,700	58,280	0,159
47	Pozo Profundo	URBANO	Ing. Chavez	0,001	12,150	0,008	12,159	0,003	53,807	0,010
48	Surgente	FUERA DEL ACUIFERO	Oviedo	0,005	0,300	0,006	0,311	0,016	1,329	0,008
49	Pozo Profundo	URBANO	Paraguari CP1	0,001	1,110	0,005	1,116	0,003	4,916	0,006
50	Pozo Profundo	RURAL	Paraguari CP2	0,001	1,370	0,005	1,376	0,003	6,067	0,006
51	Pozo Profundo	RURAL	Corta Puku	0,001	0,320	0,212	0,533	0,003	1,417	0,273
52	Pozo Profundo	RURAL	Lopez Moreira	0,002	0,610	0,018	0,630	0,007	2,701	0,023
53	Pozo Profundo	RURAL	Peguaho	0,001	1,650	0,003	1,654	0,003	7,307	0,004
54	Pozo Profundo	URBANO	Yaguaron Central	0,001	0,320	0,005	0,326	0,003	1,417	0,006
55	Pozo Profundo	RURAL	Pirayu P1	0,001	0,890	0,004	0,895	0,003	3,941	0,005
56	Pozo Profundo	RURAL	Paso Esperanza Pfoya	0,001	0,670	0,006	0,677	0,003	2,967	0,008

“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”

No.	FUENTE	ZONA	NOMBRE	Nitrógeno de Nitritos	Nitrógeno de Nitratos	Nitrógeno del Nitrógeno Amoniaco	Nitrógeno Total	Nitritos	Nitratos	Nitrógeno Amoniaco
57	Pozo Profundo	RURAL	Zayas P1	0,001	0,760	0,006	0,767	0,003	3,366	0,008
58	Pozo Profundo	RURAL	Cardozo	0,001	0,810	0,005	0,816	0,003	3,587	0,006
59	Pozo Profundo	RURAL	Aveiro	0,001	0,410	0,005	0,416	0,003	1,816	0,006
60	Pozo Profundo	RURAL	Curupicayty	0,001	0,520	0,007	0,528	0,003	2,303	0,009
61	Pozo Profundo	RURAL	Posta Gaona	0,001	0,610	0,006	0,617	0,003	2,701	0,008
62	Pozo Profundo	RURAL	Las Piedras	0,001	0,579	0,011	0,591	0,003	2,564	0,014
63	Pozo Profundo	URBANO	Guarambaré P5	0,002	1,370	0,011	1,383	0,007	6,067	0,014
64	Pozo Profundo	RURAL	Guarambaré Rincon P3	0,001	2,530	0,009	2,540	0,003	11,204	0,012
65	Pozo Profundo	URBANO	Y pane P1	0,001	0,310	0,033	0,344	0,003	1,373	0,042
66	Pozo Profundo	RURAL	Y pane P3	0,001	1,610	0,006	1,617	0,003	7,130	0,008
67	Pozo Profundo	URBANO	Cerrito, P2	0,001	2,260	0,004	2,265	0,003	10,009	0,005
68	Pozo Profundo	URBANO	Cerrito, P5 BO. Don Pedro	0,001	2,010	0,003	2,014	0,003	8,901	0,004
69	Pozo Profundo	URBANO	San Antonio	0,001	2,070	0,002	2,073	0,003	9,167	0,003
70	Somero	URBANO	Carmelo Fretes - S. Ant	0,006	0,000	0,004	0,010	0,020	0,000	0,005
71	Pozo Profundo	URBANO	Conavi	0,001	1,020	0,006	1,027	0,003	4,517	0,008
72	Pozo Profundo	URBANO	Ed. Ruiz Diaz - S. Anton	0,001	0,450	0,007	0,458	0,003	1,993	0,009
73	Pozo Profundo	RURAL	Estanziuela	0,001	0,620	0,004	0,625	0,003	2,746	0,005
74	Pozo Profundo	RURAL	Isla Valle	0,001	2,060	0,088	2,149	0,003	9,123	0,113
75	Pozo Profundo	RURAL	Bo. San Antonio	0,001	3,220	0,019	3,240	0,003	14,260	0,024
76	Pozo Profundo	RURAL	Nueva Asuncion	0,001	2,140	0,016	2,157	0,003	9,477	0,021
77	Pozo Profundo	URBANO	3 de Mayo	0,001	1,630	0,001	1,632	0,003	7,219	0,001
78	Pozo Profundo	URBANO	Conavi Canada S.R. Luque	0,001	1,410	0,001	1,412	0,003	6,244	0,001
79	Pozo Profundo	URBANO	Emergencias Médicas	0,183	19,680	0,010	19,873	0,601	87,154	0,013
80	Superficial	URBANO	Raul Rivarola	0,034	0,080	0,034	0,148	0,112	0,354	0,044
81	Pozo Profundo	URBANO	Victor González	0,004	7,380	0,010	7,394	0,013	32,683	0,013
84	Superficial	FUERA DEL ACUIFERO	Rio Salado	0,012	0,130	0,012	0,154	0,039	0,576	0,015

“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”

No.	FUENTE	ZONA	NOMBRE	Nitrógeno de Nitritos	Nitrógeno de Nitratos	Nitrógeno de Nitrogeno Amoniacal	Nitrógeno Total	Nitritos	Nitratos	Nitrogeno Amoniacal
85	Pozo Profundo	URBANO	Piquete Cue	0,006	2,070	0,007	2,083	0,020	9,167	0,009
86	Pozo Profundo	URBANO	Salazar	0,002	2,260	0,005	2,267	0,007	10,009	0,006
87	Pozo Profundo	URBANO	Canada Cardy P2	0,001	1,270	0,004	1,275	0,003	5,624	0,005
88	Pozo Profundo	RURAL	Marin Caaguy	0,001	1,820	0,003	1,824	0,003	8,060	0,004
89	Pozo Profundo	URBANO	Eso Luque	0,003	6,920	0,004	6,927	0,010	30,646	0,005
90	Pozo Profundo	URBANO	Prisciliano Zarate	0,002	1,490	0,005	1,497	0,007	6,599	0,006
91	Pozo Profundo	URBANO	Catalino Gomez Achar	0,004	3,900	0,178	4,082	0,013	17,271	0,229
92	Pozo Profundo	RURAL	Mario Merz	0,001	1,620	0,106	1,727	0,003	7,174	0,136
93	Pozo Profundo	RURAL	Lic. Elias Marecos Cerna	0,001	1,220	0,097	1,318	0,003	5,403	0,125
94	Pozo Profundo	URBANO	Parroquia San Miguel Arcán	0,001	2,450	0,143	2,594	0,003	10,850	0,184
95	Pozo Profundo	RURAL	JS	0,001	0,130	0,078	0,209	0,003	0,576	0,100
96	Pozo Profundo	URBANO	Plaza	0,001	0,340	0,053	0,394	0,003	1,506	0,068
97	Pozo Profundo	URBANO	Ycua Pora - Santa Ana	0,001	3,450	0,142	3,593	0,003	15,279	0,183
98	Pozo Profundo	URBANO	Dr. Constanzo	0,001	0,120	0,017	0,138	0,003	0,531	0,022
99	Pozo Profundo	RURAL	Ing. Hernán Quintana	0,001	1,620	0,012	1,633	0,003	7,174	0,015
100	Pozo Profundo	RURAL	Caraguayty	0,002	1,390	0,021	1,413	0,007	6,156	0,027
101	Pozo Profundo	RURAL	Afriso Maldonado	0,002	0,110	0,019	0,131	0,007	0,487	0,024
102	Pozo Profundo	RURAL	Arrua-I Oculto	0,001	0,200	0,017	0,218	0,003	0,886	0,022
103	Pozo Profundo	URBANO	Félix Villar	0,001	3,910	0,021	3,932	0,003	17,316	0,027
104	Pozo Profundo	URBANO	Club Mbiguá	0,006	0,350	0,090	0,446	0,020	1,550	0,116
105	Superficial	URBANO	Boca Salado	0,006	0,130	0,213	0,349	0,020	0,576	0,274

## Coliformes

Los siguientes son mapas cuantitativos y de distribución de resultados obtenidos en los análisis de los años 2000 y 2006.

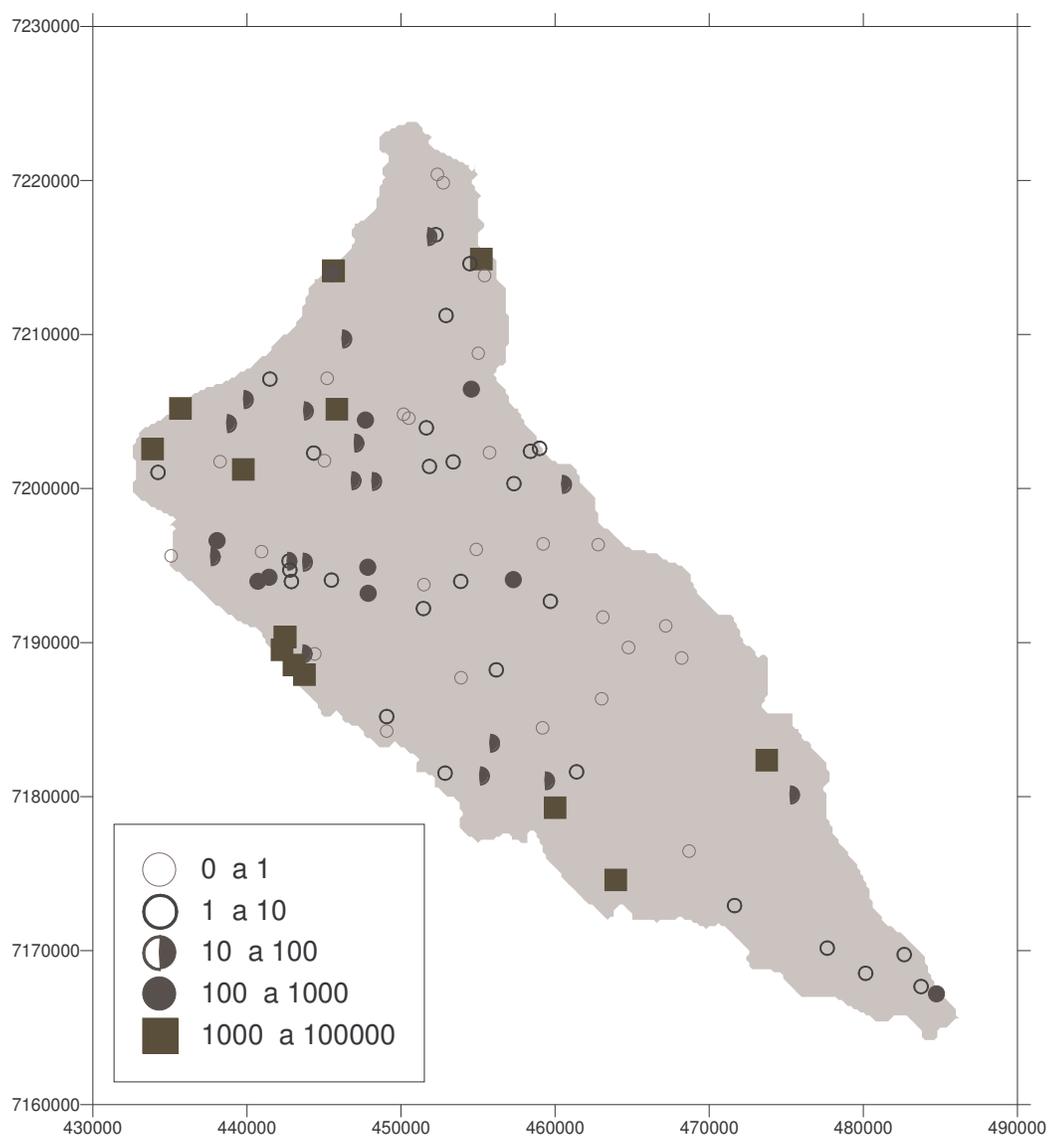


Figura 15 Mapa de Coliformes Totales en el Acuífero Patiño (2000) UFC/100ml

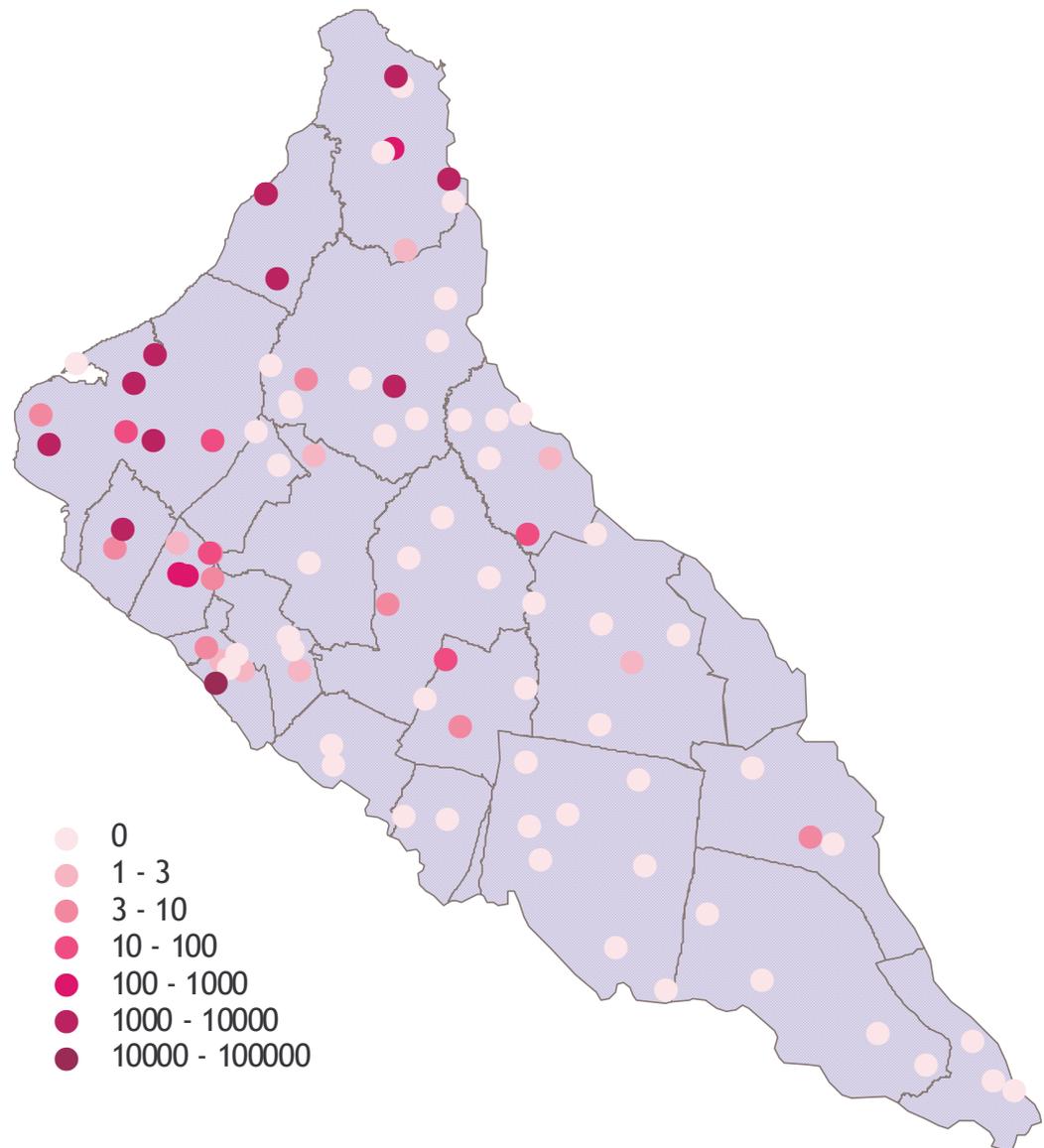


Figura 16 Mapa de Coliformes Totales en el Acuífero Patiño (2006) UFC/100ml

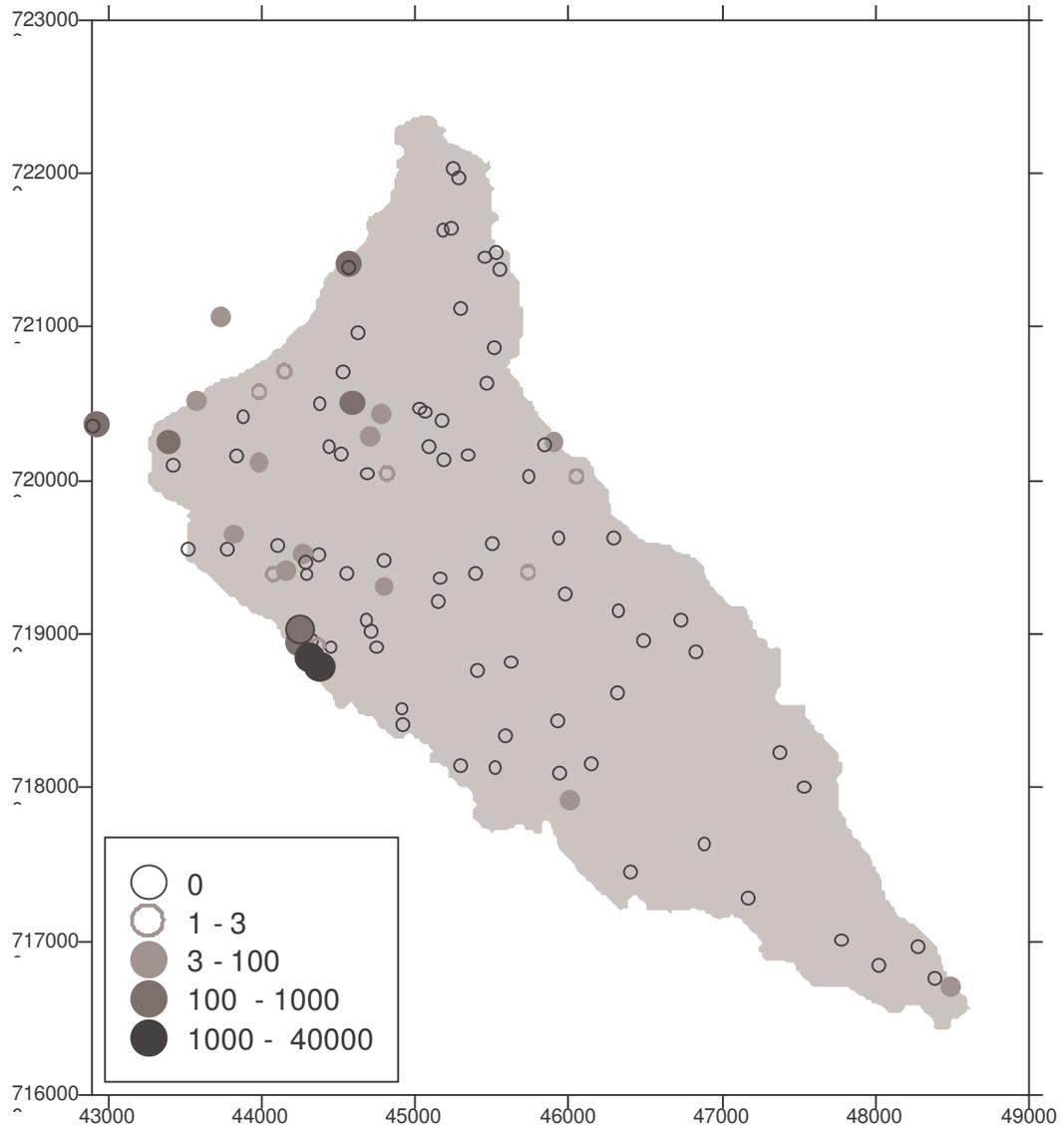


Figura 17 Mapa de Coliformes Fecales en el Acuífero Patiño (2000) UFC/100ml

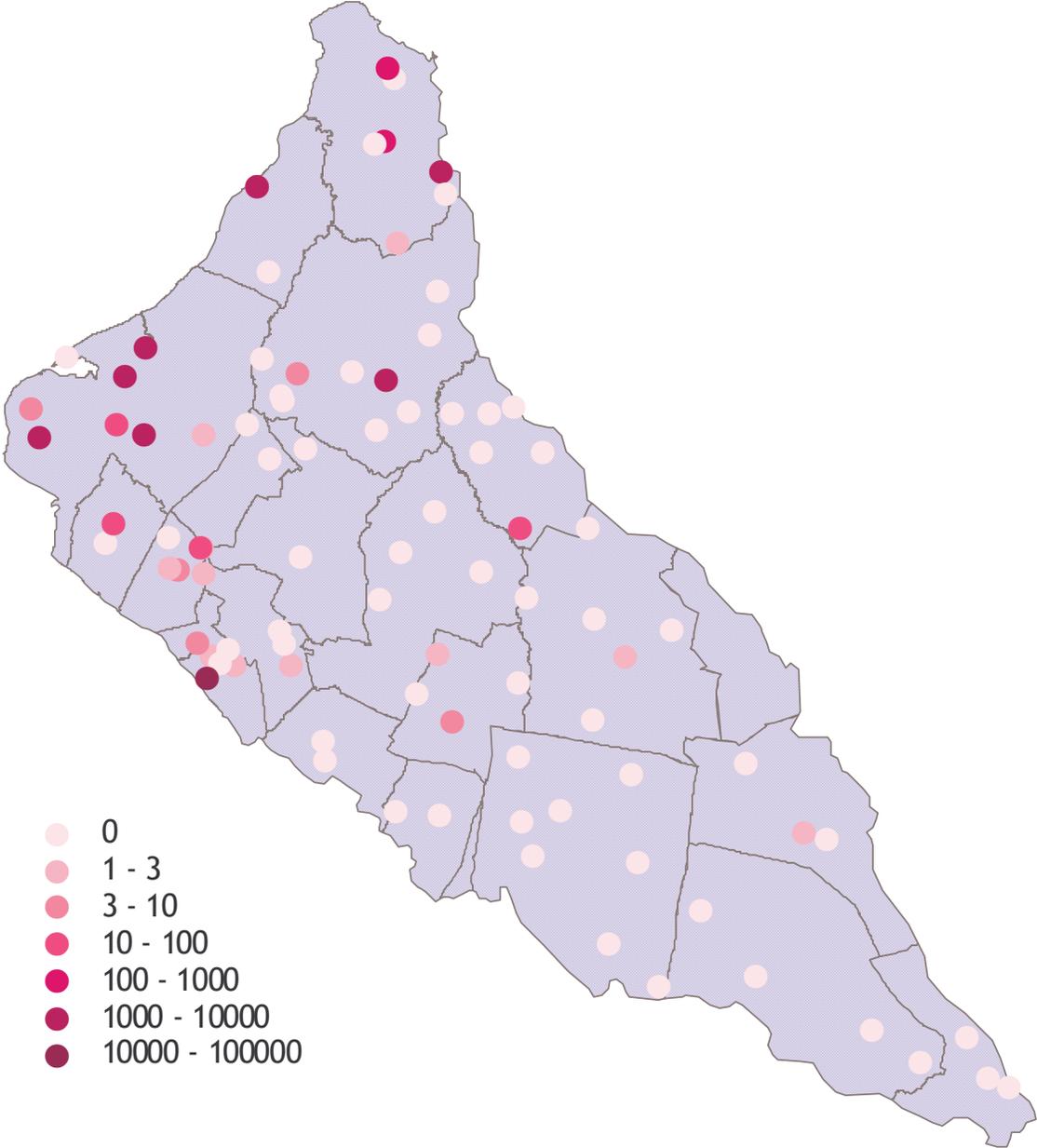


Figura 18 Mapa de Coliformes Fecales en el Acuífero Patiño (2006) UFC/100ml

Como se puede observar en los mapas las zonas mas contaminadas son las zonas mas densamente pobladas y mas explotadas del acuífero, la presencia de coliformes totales y fecales en gran cantidad de pozos nos da la pauta de la gran contaminación que se introduce al acuífero por las aguas residuales domiciliarias ya que la cobertura de alcantarillado sanitario en la zona es mínima.

La unidad de medida de contaminación por coliformes es UFC (unidades formadoras de colonias) en 100 ml.

Los límites admisibles especificados son los correspondientes a la ley de ERSSAN.

### Coliformes Totales

Condiciones de Potabilidad					
Parámetros	Unidad	Límite Admisible	Límite Recomendado	Máximo encontrado	Mínimo encontrado
Coliformes Totales	UFC/100 ml	0	0	>5000	0

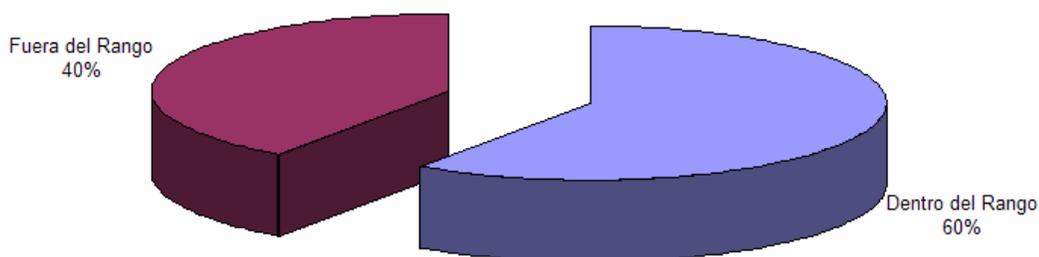


Figura 19 Grafico porcentual de Coliformes Totales

Se encontraron coliformes totales en un 40% de las muestras tomadas, un porcentaje mayor y en mayor concentración en cada muestra con respecto al estudio del año 2000 lo cual indica que la contaminación esta avanzando, como se puede observar en el mapa el aumento coincide con las zonas mas densamente pobladas de la superficie del acuífero, que a la vez es la de mayor explotación y crecimiento poblacional, aunque estos coliformes no son precisamente derivados de actividades humanas, se debe tener cuidado ya que entre estos es alta la probabilidad de encontrar coliformes fecales que si son indicadores de contaminación fecal humana. Su presencia se debe a fuentes de contaminación difusa como son las aguas negras y heces animales. Por el uso de suelo en la zona, es muy baja la probabilidad de que dicho origen sea solamente animal.

Los valores mas altos se dieron en las zonas de Asunción, Luque y San Antonio.

## Coliformes Fecales

Condiciones de Potabilidad					
Parámetros	Unidad	Límite Admisible	Límite Recomendado	Máximo encontrado	Mínimo encontrado
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	0	0	>5000	0

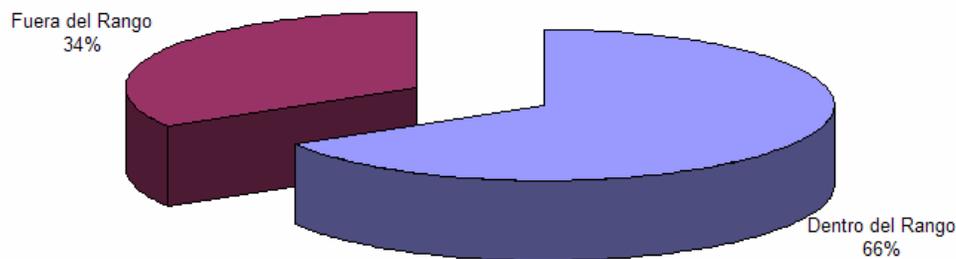


Figura 20 Grafico porcentual de Coliformes Fecales

Se encontraron en un 34% de las muestras, estos coliformes son responsables de muchas enfermedades, además de indicar la contaminación de las aguas con heces humanas lo cual es muy peligroso para la salud ya que a través de este tipo de contaminación se transmiten muchas enfermedades. La concentración de estas bacterias aumentó en la mayoría de las muestras, en algunos casos particulares disminuyó, lo cual indica que durante el estudio anterior dicha fuente pudo haber estado contaminada con una fuente temporal de contaminación, la cual ya no estaba en el momento de nuestro estudio, de todas formas es un dato alarmante ya que en la mayoría de las muestras aumento, coincidiendo nuevamente con las zonas de mayor densidad poblacional y mayor tasa de crecimiento, esto es alarmante ya que estas

poblaciones en crecimiento están recibiendo agua contaminada lo cual afecta la salud disminuyendo la calidad de vida. La fuente principal de esta contaminación son las aguas negras, es decir los pozos negros o pozos ciegos y las fugas de los alcantarillados sanitarios. La principal manera de evitar esta contaminación es la construcción de alcantarillado sanitario en las zonas mas densamente pobladas o la instalación de sistemas de fosas sépticas antes de introducir las aguas negras al suelo en las zonas rurales en donde no se justifica la inversión en un alcantarillado.

### Nitratos, Nitritos y Nitrógeno Amoniaco

Mapas cuantitativos y de distribución de nitratos en la superficie del acuífero.

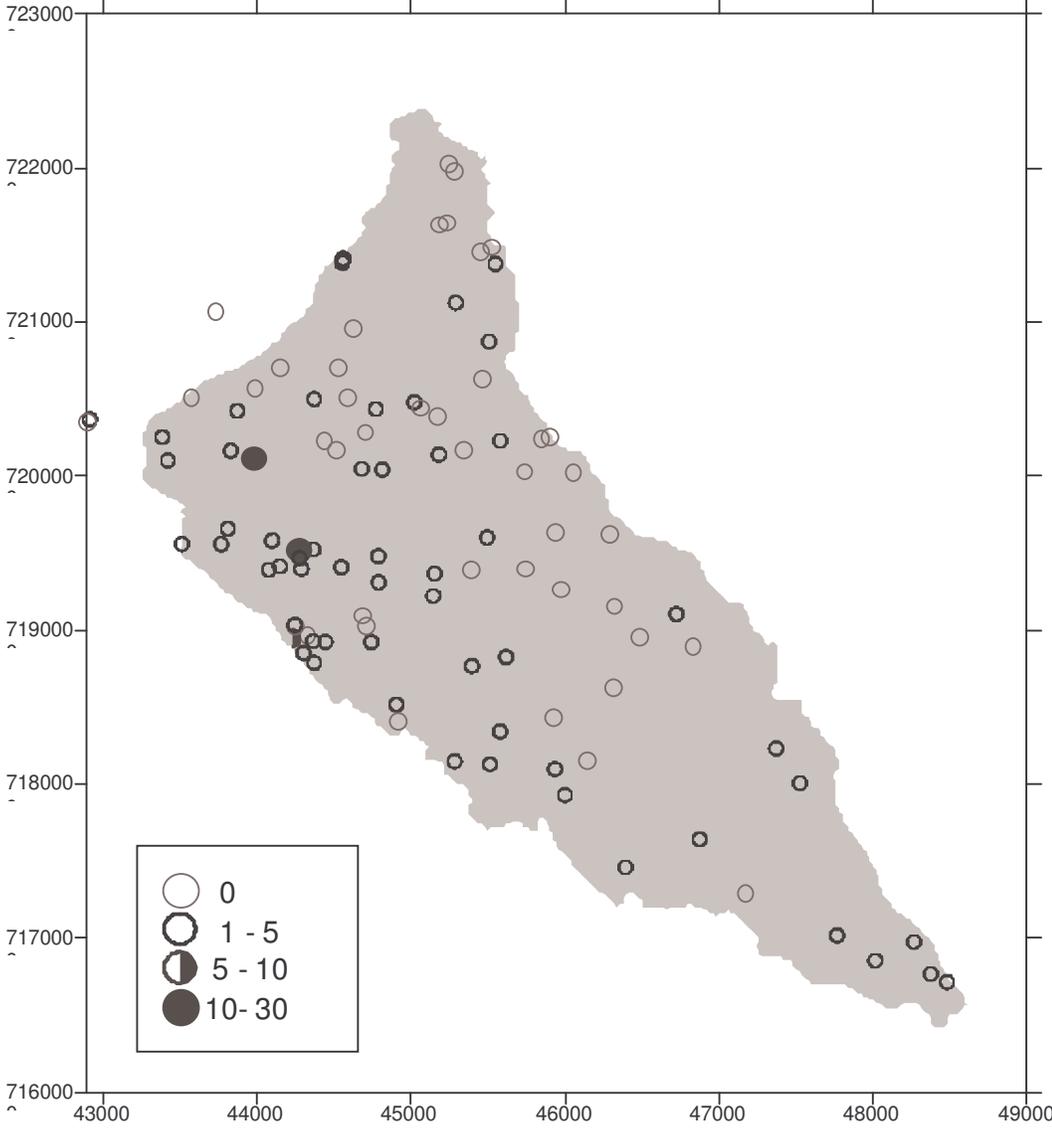


Figura 21 Mapa de Nitratos en el Acuífero Patiño (2000) mg/l

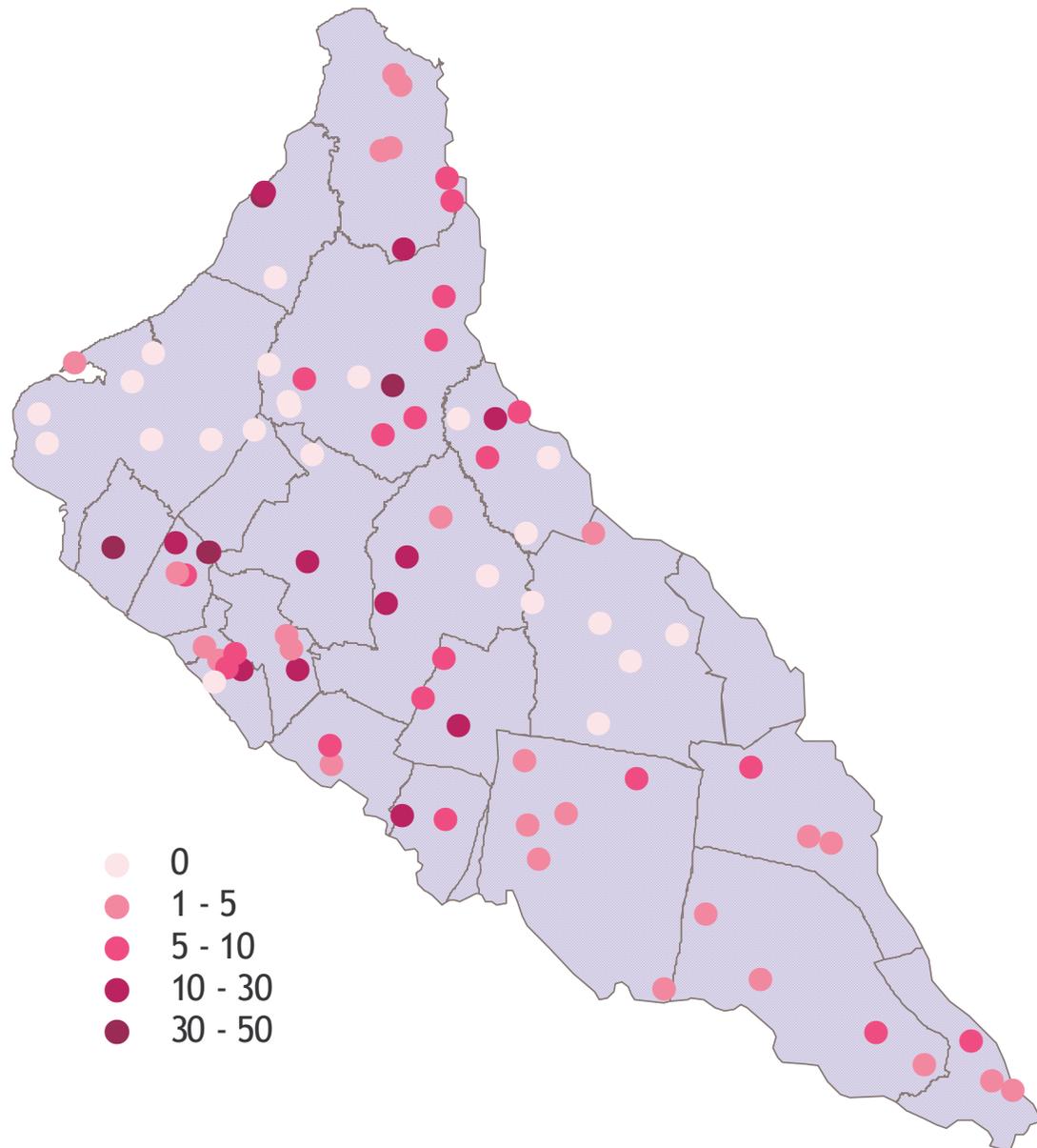


Figura 22 Distribución de los Resultados de Nitratos (2006) mg/l

En lo que a compuestos derivados del nitrógeno podemos observar que hubo un avance en lo que a su presencia fuera de los rangos admitidos se refiere, en un gran número de pozos se encontraron estos compuestos, ya sea en niveles bajos o altos, pero anteriormente existían en muy pocos pozos. Esto denota la vulnerabilidad del acuífero a ser contaminado por estos contaminantes, su concentración puede variar mucho con los agentes externos, ya sea como uso de suelo ya que mayoritariamente su origen son los fertilizantes.

Es probable que no se esté protegiendo adecuadamente a los pozos contra estos contaminantes, ya que es común ver chanchos alrededor de los pozos debido a las pérdidas de las cañerías que hacen de los alrededores de los pozos chiqueros naturales. El uso de fertilizantes de origen orgánico también debe ser controlado en las cercanías del pozo ya que estos son muy contaminantes.

La alta variabilidad de los resultados indica que la contaminación de cada pozo por estos compuestos proviene de fuentes puntuales y no difusas lo cual facilita la solución del problema.

## Nitritos

Condiciones de Potabilidad					
Parámetros	Unidad	Límite Admisible	Límite Recomendado	Máximo encontrado	Mínimo encontrado
Nitritos	mg/l	0.1	0.1	0.7	0.003

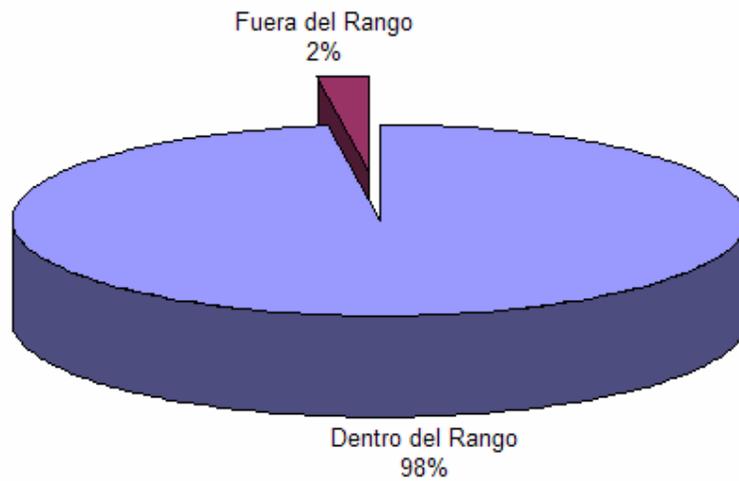


Figura 23 Grafico Porcentual de Nitritos

## Nitratos

Condiciones de Potabilidad					
Parámetros	Unidad	Límite Admisible	Límite Recomendado	Máximo encontrado	Mínimo encontrado
Nitratos	mg/l	45	0	87.164	0

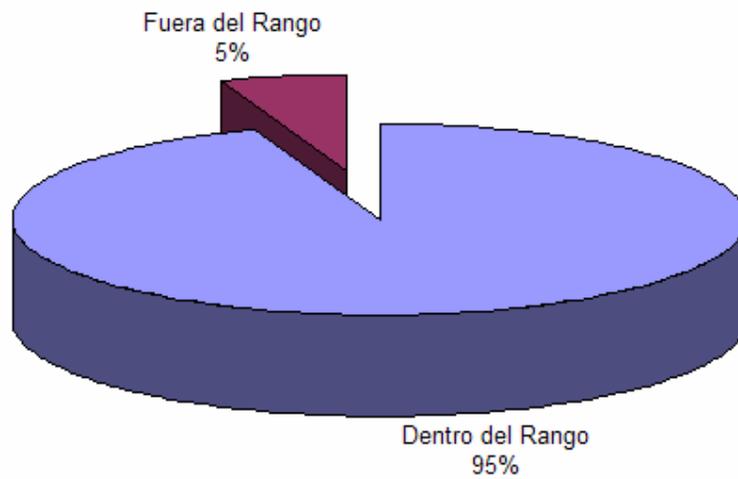


Figura 24 Gráfico Porcentual de Nitratos

## Nitrógeno Amoniacal

Condiciones de Potabilidad					
Parámetros	Unidad	Límite Admisible	Límite Recomendado	Máximo encontrado	Mínimo encontrado
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	0.05	<0.05	2.219	0.001

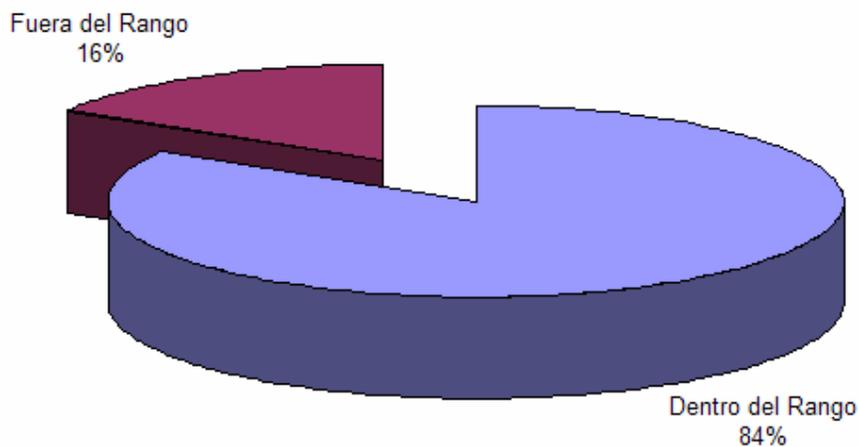


Figura 25 Grafico Porcentual de Nitrógeno Amoniacal

Los límites admisibles corresponden a la ley de ERSSAN.

El nitrógeno en forma de nitratos, nitritos o nitrógeno amoniacal se detecta en la mayoría de las muestras, aunque no llegan a niveles peligrosos. Lo notable es que en el estudio del 2000 se detectaba en menos del 10% de las muestras, ahora se detecta en el 90%, esto indica un peligro de contaminación a niveles peligrosos, ya que la concentración y la aparición de los mismos aumentó

considerablemente en estos 6 años. Las fuentes principales de los derivados del nitrógeno son los fertilizantes de origen orgánico y las aguas negras, lo cual dificulta mucho la solución del problema ya que se debe educar a la población en el uso racional de dichos fertilizantes. Las zonas de aumento se dan en zonas rurales y urbanas indistintamente.

### Conductividad Eléctrica

Mapas de Isoconductividad, líneas de igual conductividad eléctrica.

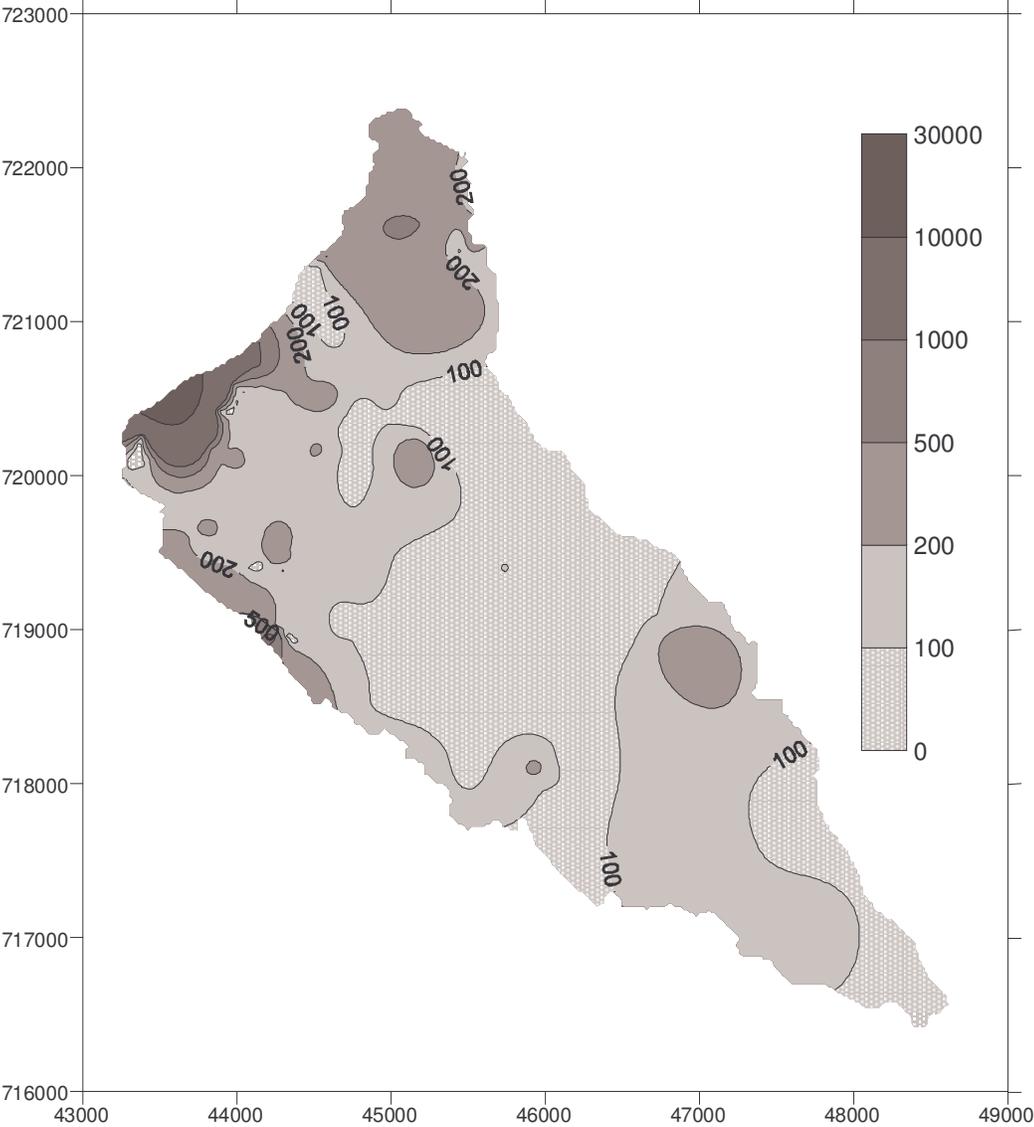


Figura 26 Mapa de Isoconductividad en el Acuífero Patiño (2000)  $\mu\text{S/cm}$

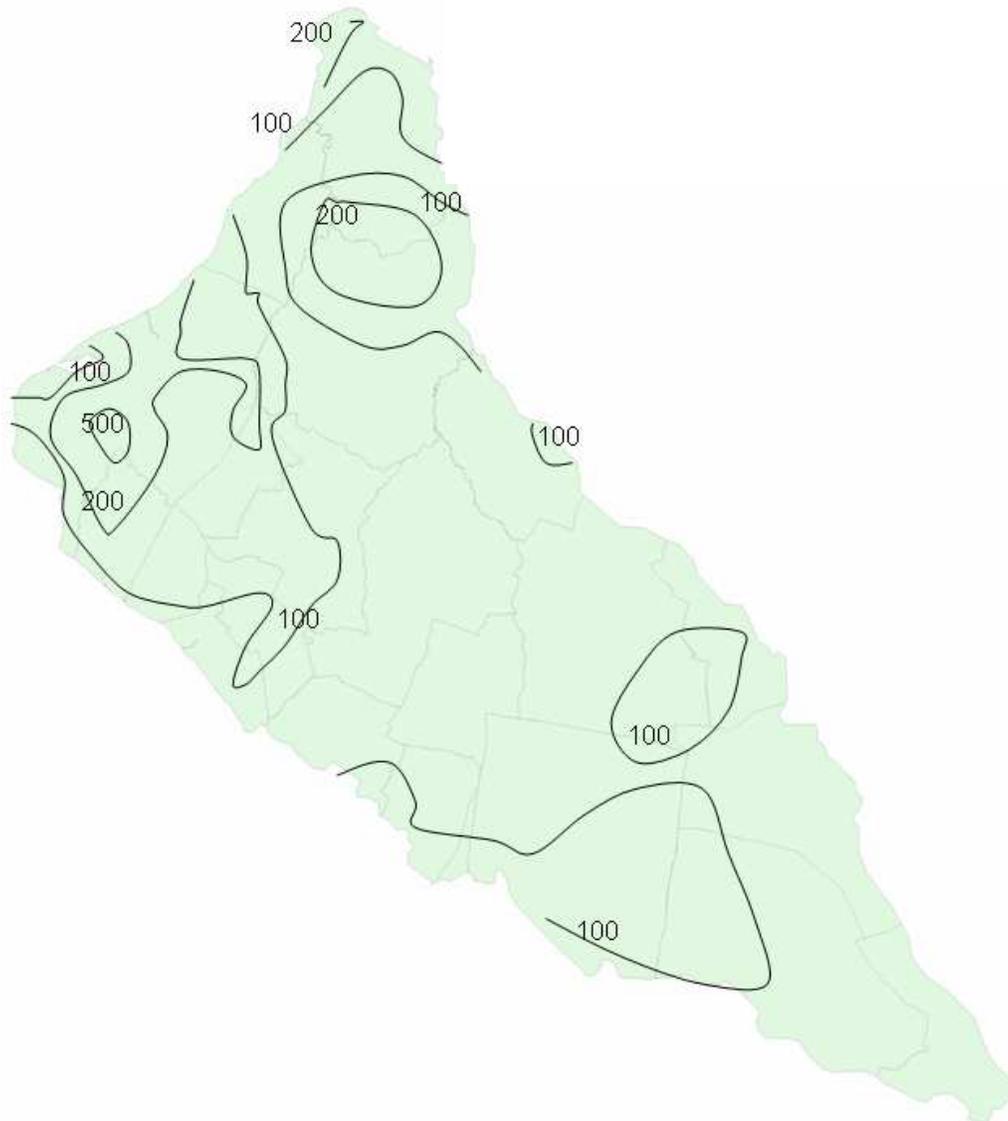


Figura 27 Grafico de Isoconductividad (2006)  $\mu\text{S}/\text{cm}$

Las aguas subterráneas del Acuífero Patiño son en general de baja mineralización, excepto en algunos casos de polución puntual. Sin embargo, en una faja de 2 a 8 km de ancho a lo largo del río Paraguay se ha comprobado o

(en otras partes) se asume la presencia de agua salada a partir de cierta profundidad variable. Estas aguas saladas de origen antiguo amenazan la calidad del agua dulce que se encuentra encima y al lado de las mismas. El origen distinto se refleja en las características hidroquímicas de las aguas, caracterizándose el agua salada por el tipo NaCl.

Solamente hay hipótesis no comprobadas con respecto al origen. La más corriente es la intrusión de aguas saladas desde el Chaco pasando por debajo del río Paraguay. Esto no es imposible, pero requiere condiciones geohidráulicas muy especiales, como la existencia de niveles artesianos extremadamente altos en un acuífero confinado profundo o semi-profundo del Chaco, y la presencia de capas poca permeables que prohíben la descarga directa hacia el río Paraguay (base de drenaje regional) y favorecen el movimiento en sentido contrario al fuerte gradiente hidráulico observado en las profundidades explotadas del Acuífero Patiño. Otra hipótesis podría ser que la depresión topográfica del río Paraguay ha sido sujeta a transgresión marina durante cierto período después del Cretácico. Es apoyado por la presencia de aguas de tipo NaCl en partes de la fosa del Lago Ypacaraí. Luego, hay las posibilidades de que el agua salada tiene origen juvenil asociado con las fallas, de que es producto de procesos evaporíticos, o de que se trata de el remanente migrado de las aguas saladas conatas de las formaciones marinas silúricas.

Condiciones de Potabilidad					
Parámetros	Unidad	Límite Admisible	Límite Recomendado	Máximo encontrado	Mínimo encontrado
Conductividad	μS/cm	1250	<400	26400	22

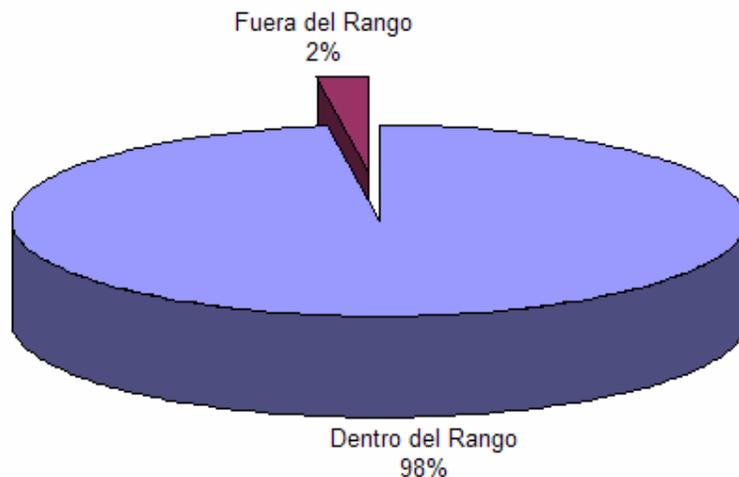


Figura 28 Distribución Porcentual de Resultados de Conductividad

Los límites admisibles corresponden a la ley de ERSSAN.

El gráfico de admisión en el rango se elaboró en base a límite recomendado, ya que sobrepasando este límite, se puede consumir el agua, pero posee un excesivo mal gusto.

El avance de la salinización no se produjo como se esperaba en el estudio del 2000, lo cual indica que se debe realizar un estudio más profundo sobre el origen del agua salada y su comportamiento. Las zona de alta conductividad sigue siendo la zona de la margen del río Paraguay hacia Limpio hasta la bahía

de asunción, lo cual sigue sustentando la hipótesis de que el origen de las las aguas saladas es la intrusión de sales del suelo chaqueño.

## PH

Los resultados obtenidos de los ensayos nos demuestran que el agua del acuífero tiene un carácter ácido, ya que en sólo dos pozos el ph dio un valor mayor a siete. El valor del ph en muchos pozos es tan bajo que hace que salgan de las normas para agua potable, los problemas que esto acarrea son problemas en la dentadura y acidez estomacal, aparte de otros problemas de salud.

Condiciones de Potabilidad					
Parámetros	Unidad	Límite Admisible	Límite Recomendado	Máximo encontrado	Mínimo encontrado
PH		6.5	8.5	7.6	4.8

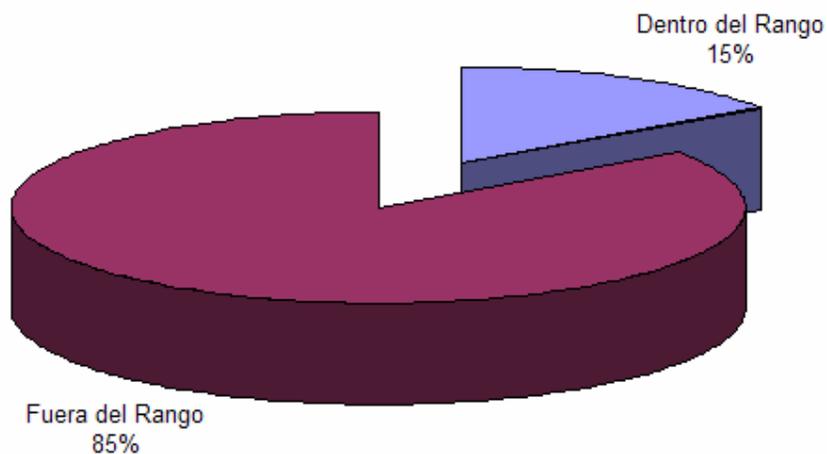


Figura 29 Distribución porcentual de resultados de pH

El pH de todo el acuífero es generalmente bajo, el 85% de las muestras no se encuentra en el rango establecido por la ley de ERSSAN, esto se debe a la alta rotación de las aguas, por la excesiva explotación del mismo, su poca profundidad y las condiciones del suelo. La poca profundidad hace que el agua en su recorrido no pueda disolver las sales del suelo para regular su pH, el cual viene bajo por la contaminación de la atmósfera, luego esta agua es inmediatamente retirada del acuífero lo cual hace que el pH no pueda elevarse de forma natural, debiéndose recurrir a sales reguladoras de pH para que el agua esté en óptimas condiciones para su tratamiento y consumo.

## Porcentaje de muestras potables

Haciendo un análisis de las exigencias para consumo humano de las distintas muestras, obtenemos los siguientes valores en lo que respecta al porcentaje de potabilidad de las muestras ensayadas, según las exigencias de la ley de ERSSAN.

Condiciones de Potabilidad					
Parámetros	Unidad	Límite Admisible	Límite Recomendado	Máximo encontrado	Mínimo encontrado
Coliformes Totales	UFC/100 ml	0	0	>5000	0
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	0	0	>5000	0
Nitratos	mg/l	45	0	87.164	0
Nitritos	mg/l	0.1	0.1	0.7	0.003
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	0.05	<0.05	2.219	0.001
Conductividad	μS/cm	1250	<400	26400	22
PH		6.5	8.5	7.6	4.8

Si se consideran todos los parámetros ensayados, solamente el 12% de las muestras reúne todas las condiciones de potabilidad, se hace notar que el parámetro más excluyente es el de pH, esto hace que se amerite un análisis sin considerar este parámetro, ya que este último es fácilmente corregible con la incorporación de cal, o sales para elevarlo a un nivel aceptable. Si realizamos la comparación sin considerar este parámetro podemos ver una condición real sobre la calidad de las aguas con respecto a los demás contaminantes.

Si sometemos a un análisis de condiciones de potabilidad, sin considerar el parámetro de pH, el 50% de las muestras reúne las condiciones necesarias

para su consumo sin un tratamiento previo, este dato es notable ya que demuestra que la calidad del agua del acuífero está deteriorada pero existe una gran posibilidad de recuperarlo.

**Considerando el parámetro de pH**

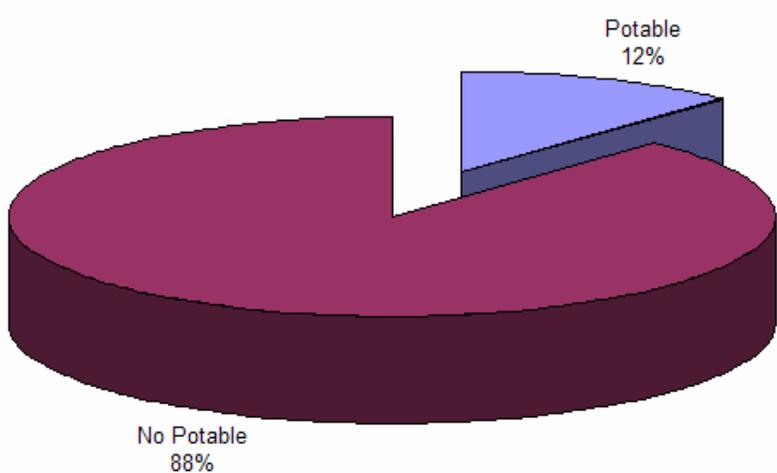


Figura 30 Distribución porcentual de potabilidad, observando la acidez

**Sin considerar el parámetro de pH**

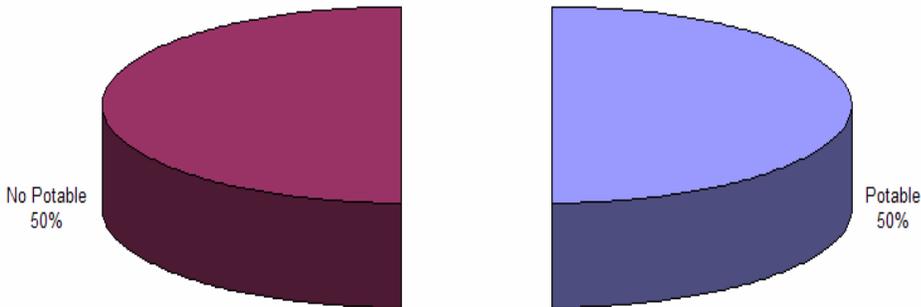


Figura 31 Distribución porcentual de la potabilidad, sin tener el cuenta el parámetro de acidez

## **Conclusiones y Recomendaciones**

## ***Conclusiones***

El Acuífero Patiño, por su posición estratégica, su utilidad a gran porcentaje de la población del país, y por su capacidad hidráulica, es un recurso imprescindible para el desarrollo de la región y una fuente importante de agua para el abastecimiento local. Es por eso que es imperativo que sea controlado y protegido para asegurar que siga siendo una fuente sostenible de abastecimiento de agua, y que su explotación no implique una degradación ambiental inaceptable.

Identificamos puntualmente tres grandes riesgos principales que corre el Acuífero Patiño, y que serían irreversibles si no se los trata convenientemente a tiempo.

El primero de ellos es el riesgo de polución por presencia y actividades humanas. En nuestro estudio identificamos los parámetros que indican la influencia antrópica en el Acuífero Patiño. Concretamente se destaca la presencia de coliformes fecales y totales, los cuales ponen en riesgo el uso sostenible del recurso, sin necesidad de tratamiento. Muchos lugares en donde anteriormente no era necesario el uso de clorificadores para el suministro de agua a la red, hoy se recomienda la introducción del halógeno como desinfectante. No obstante, todavía existe un buen porcentaje de pozos en los que no es necesario el uso de los mismos.

El segundo, es la presencia de compuestos derivados del nitrógeno en cantidades mayores a las permitidas por las normas en algunos pozos, estos compuestos son peligrosos para el consumo humano. Cabe destacar que se encontraron en muy pocos pozos lo cual indica que puede deberse a una contaminación local, particular de cada pozo y no generalizada, la cual puede solucionarse fácilmente con un estudio y trabajos en las zonas afectadas. Aunque esto nos da un panorama de que el acuífero no se encuentra en tan mal estado, cabe destacar que en más del 90% de los pozos se encontraron dichos compuestos pero en concentraciones no peligrosas, lo crítico es que en el estudio anterior estos compuestos sólo aparecían en el 10% de las muestras, esto demuestra la tendencia de avance de este tipo de contaminación, que es principalmente debida al uso de fertilizantes orgánicos.

En tercer punto, el pH del agua del acuífero esta muy bajo, el cual debe elevarse antes del consumo humano para evitar problemas de salud en la población, es también importante elevar el pH del agua para que los tratamientos de desinfección tengan efecto.

En lo que al proceso de salinización se refiere, comparativamente con los estudios realizados en el 2000 no ha existido un gran avance del proceso como se suponía, lo cual indica que sigue siendo un problema localizado en algunas zonas y no avanza como se suponía. En algunos puntos fuera de las zonas

conocidas por sus aguas con altas concentraciones de sal, existen algunos pozos con valores elevados de conductividad, esto podría deberse a circunstancias particulares del pozo y no indica que la zona este salinizada.

### ***Recomendaciones***

La protección contra la contaminación de nuestra agua subterránea requerirá un manejo consciente y la cooperación por parte de los ciudadanos y de varias instancias gubernamentales. En varios casos, la planificación del uso del suelo es la mejor medida disponible para proteger el acuífero que aún contienen agua de buena calidad. Si se planifica la localización de fuentes potenciales de contaminación y se les ubica lejos de las áreas críticas de recarga, el riesgo de contaminación se reducirá notablemente, esto debe ser promovido por las instancias pertinentes del gobierno y con el asesoramiento de especialistas en el tema, basados en un proyecto de planificación de toda en área en base a la infraestructura existente y las expectativas futuras.

El uso cuidadoso y la eliminación apropiada de los productos químicos y desechos de los mismos, que causan contaminación, son también necesarios. Las industrias, las granjas, las estaciones de servicio, talleres de mantenimiento y los vecinos asentados sobre el área del acuífero necesitan practicar un buen manejo con respecto al uso y eliminación de productos químicos y otros desechos.

En lo que respecta al uso de fertilizantes de origen orgánico, se debe formar a los agricultores para un uso racional de los mismos, y sobre las

técnicas adecuadas, para evitar que siga el avance de la contaminación por derivados del nitrógeno.

Se debe regular u obligar a las industrias hidro-intensivas tales como lavaderos, industrias de bebidas, mataderos, frigoríficos y otras, a la explotación racional del recurso o a la obtención de agua de una fuente alternativa, así como a disponer adecuadamente de las aguas residuales resultantes de sus procesos.

Debido al alto índice de contaminación con coliformes de las zonas más pobladas, una medida de carácter urgente es la instalación de alcantarillado sanitario para la recolección de las aguas servidas, y plantas de tratamiento de estas, ya que en estos momentos esta agua servidas están siendo depositadas directamente en el suelo lo cual contamina el acuífero por el arrastre de contaminantes por el agua de recarga o por mala protección de los pozos cercanos a las zonas contaminantes.

La instalación de alcantarillado sanitario en las zonas de más alta densidad poblacional es un paso obligatorio por cuestiones de salud de la población, con estos sistemas, la diferencia entre la descarga y la recarga del recurso se acrecienta, y los problemas de la sobre explotación se harán mas evidentes, para solucionar esto, se plantean distintas soluciones, tales como:

La ampliación de la planta de tratamiento de ESSAP, o la construcción de otra, para cubrir con agua proveniente del río Paraguay ampliando la cobertura del sistema del Ente, en este escenario, se debería implementar una nueva relación de ESSAP con las aguaterías privadas que operan en el área, a fin de que estas sean distribuidoras de las aguas tratadas por el Ente, con los arreglos económicos necesarios.

La segunda, la implementación de sistemas de infiltración de agua de lluvia, ya sea, a nivel domiciliario a través de sistemas de drenaje en la fuente, así como por micro cuencas, donde el agua de lluvia se deriva a una zona no poblada y preparada especialmente para la infiltración, esta medida también requiere las protecciones de las zonas principales de recarga así como la obligación por parte de las autoridades a los propietarios de terrenos a disponer de un área reglamentada para la infiltración en sus predios. Este sistema se utiliza en países de la región con mucho éxito, sistemas similares se utilizan actualmente en el Chaco paraguayo para la recarga de tajamares.

En lo que a la salinización respecta, son necesarios estudios mas profundos sobre el acuífero, su flujo, las fuentes y el comportamiento de las aguas saladas para determinar las protecciones o medidas a tomar para evitar su propagación en el interior del acuífero.

Según lo detectado en los estudios, muchas de las contaminaciones son locales, lo cual evidencia problemas en las perforaciones o cuidados de los pozos, se debe hacer cumplir las normativas existentes sobre el tema de las perforaciones, y obligar a las personas del rubro a asistir a cursos de capacitación sobre esta y una formación continua, así como a seguir los planes de ordenamiento.

Un paso, quizás el más importante, es hacer que las personas estén conscientes del impacto potencial que ellos pudieran tener en el agua subterránea, implementar programas de educación para las familias en lo que respecta al manejo eficiente del agua, e incluir en la educación básica capítulos de cuidados de esta. Se debe enseñar a todos los ciudadanos sobre la importancia del agua en su vida, que es un bien de todos y de las generaciones futuras, que cada uno puede aportar para su conservación y no sólo debe ser un actuar de un gobierno o autoridades, que esta es un bien finito y vulnerable, por ahora de buena calidad, y si no la cuidamos todos quizás nuestros hijos no puedan disponer de ella.

## Bibliografía

Abbate Marengo, Jorge H. GOBERNABILIDAD DEL AGUA EN EL PARAGUAY La ingeniería de presas y la hidrogenación en las próximas décadas. Revista Ingeniería Civil, N° 313 mayo, 1995

Aparicio, F.J. (1997).- Fundamentos de Hidrología de Superficie. Limusa, 303 pp.

BROCK, D.; MADIGAN, M.; MARTINKO, J. Y PARKER J. (2000) "Biology of microorganisms". Prentice-Hall international, Inc.

Carvallo, Félix, Félix Villar, Humberto Villalba y Antonio Montanholi, 1995. Contribución al conocimiento hidrogeológico del área de Guarambaré". 2º Simposio sobre Aguas Subterráneas y Perforación de Pozos en el Paraguay, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay.

Chow, V.T.; D.R. Maidment & L.W. Mays (1993).- Hidrología Aplicada. McGraw-Hill, 580 pp.

Crespo y Martínez, 2000. Citado en "Crisis de gobernabilidad en la gestión del agua, Axel Dourojeanni y Andrei Jouravlev, Serie Recursos Naturales e Infraestructura, Cepal, NN UU, 2001.

Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos, 2002. Sistema de indicadores socio-económicos y demográficos (en CD). Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos de la Secretaría Técnica de Planificación.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). (1994) "The quality of our nation's water": Washington, D.C.,EPA,Dec.p.209.

ERSSAN - REGLAMENTO DE CALIDAD PARA PERMISIONARIOS.- LEY GENERAL DEL MARCO REGULATORIO Y TARIFARIO DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO. Ley N° 1.614/2000.

Reglamento de Calidad en la Prestación del Servicio. Permisarios.

ESREY, S.A. Y HABICHT, J.-P. (1986) "Epidemiologic evidence for health benefits from improved water and sanitation in developing countries".

Epidemiologic Reviews 8, 117-128.

ESREY, S.A., POTASH, J.B., ROBERTS, L, Y SHIFF, C. (1991). "Effects of improved water supply and sanitation on ascariasis, diarrhoea, dracunculiasis, hookworm infection, schistosomiasis, and trachoma". Bulletin of the World Health Organization 69(5), 609-621.

Estado Libre Asociado de Puerto Rico, Oficina de la Gobernadora, Junta de Calidad Ambiental, CONTAMINACIÓN DE AGUA

FACETTI, JUAN FRANCISCO (2002) Estado Ambiental del Paraguay. Icono, Asunción.

Global Water Partnership (Asociación Mundial del Agua) Comité Técnico Asesor. Publicación Técnica Número 2. "El agua como bien económico, social y ambiental

Gomez, Dario. 1991. Consideraciones morfoestructurales y estratigráficas de la antiforma de Asunción y su relación con la exploración de aguas

subterráneas. 1er. Simposio sobre Aguas Subterráneas y Perforación de Pozos en el Paraguay. Casa de la Cultura, Asunción. Paraguay.

Instituto Holandés de Geociencias Aplicadas TNO, “Fortalecimiento de los Estudios Hidrogeológicos del SENASA” Febrero, 2001

KIMBAL. Biología. 4ª Edición. Massachusetts, USA. Addison Wesley – Dominicana. 1986. Pág. 772 – 782.

KLOHN, W. Y WOLTER, W. (1998) "Perspectives on food and water. Presented at the International Conference of Water and Sustainable Development", Paris, Mar. 19-21.,. p. 1-6.

LECLERC, H.; EDBERG, S.; PIERZO, V. Y DELATTRE, JM.. (2000) "Bacteriophages as indicators of enteric viruses and public health risk in groundwater". J. Appl. Microbiol. 85, 5-21.

LECLERC, H.; MOSSEL, D.; EDBERG, S. Y STRUIJK, C. (2001). "Advances in the bacteriology of the coliform group: Their suitability as markers of microbial water safety". Annu. Rev. Microbiol. 55, 201-234.

MARTIN, GUY (1979) Le probleme de l'azote dans les eaux. Technique et Documentation, Paris.

MIJAILOV, L. (1989) Hidrogeología. Mir, Moscu.

MILLER Jr., G. Tyler. Ecología y Medio Ambiente. Iberoamericana. Pág. 91, 113 – 115.

Molano, C., 2001a. Estudio del Acuífero Patiño, Informe técnico 2.5: Inventario de pozos y manantiales en la Zona Piloto.

Molano, C., 2001b. Estudio del Acuífero Patiño, Informe técnico 2.7:  
Monitoreo piezométrico en la Zona Piloto.

Naciones Unidas, 1986a. Mapa Geológico del Paraguay, Texto Explicativo. Proyecto PAR 83/05, Asunción, Paraguay. Gobierno de la República del Paraguay, Comisión Nacional de Desarrollo Integrado del Chaco/ Ministerio de Defensa Nacional y Organización de las Naciones Unidas, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Departamento de Cooperación Técnica para el Desarrollo. 93 páginas.

Naciones Unidas, 1986b. Memoria del Mapa Hidrogeológico de la República del Paraguay, escala 1: 1 000 000. Proyecto PAR 83/05, Asunción, Paraguay. Gobierno de la República del Paraguay, Comisión Nacional de Desarrollo.

Naciones Unidas,(2005) Agua para Todos, Agua para la Vida: Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo

Perdomo, CH. Contaminación de aguas subterráneas con nitratos y coliformes en el litoral sudoeste del Uruguay. Agrociencia, Vol. V, No 1. Montevideo, Uruguay. 12p-

RAHMAN, M. (1985) "Impact of environmental sanitation and crowding on infant mortality in rural Bangladesh". Lancet 8445(2), 28-31.

Rios Otero, Juan; Oscar Martínez y Carlos Centurión, 1995. Contaminación del Agua Subterránea del Gran Asunción. 2º Simposio sobre

Aguas Subterráneas y Perforación de Pozos en el Paraguay, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay.

Rodolfo Molina-el agua-monografias.com

Sánchez, F. Javier San Román--Dpto. Geología--Univ. Salamanca (España) <http://web.usal.es/javisan/hidro>

SENASA, 1999. Departamento Central del Paraguay: Banco de Datos de pozos perforados por SENASA. Publicación no. 2, Departamento de Recursos Hídricos, Dirección de Agua y Saneamiento del SENASA.

SERAGELDIN, I. (1994). "Water supply, sanitation, and environmental sustainability: The financing challenge". Washington, D.C., World Bank. p. 1-35.

SERAGELDIN, I. (1995) "Water resources management: New policies for a sustainable future". Stockholm Water Front, Jun. 1, p. 2-3.

SHERBININ, A. (1997)"Water and population: The urgent need for action. New York, Inter-American Parliamentary Group on Population and Development". p. 1-5.

SOLANES, M., GONZALEZ VILLAREAL, F, "Los Pricipios de Dublin reflejados en una evaluación comparativa de ordenamientos institucionales y legales para una gestión integrada del agua" TAC Background Paper No. 2, Global Water Partnership/Swedish International Development Cooperation Agency, Technical Advisory Committee, Stockholm, Sweden, August 1998.

VANDERSLICE, J. and BRISCOE, J. "Environment interventions in developing countries: Interactions and their implications". American Journal of Epidemiology 141(2),135-144.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). (1992). "Global health situation and projections". WHO. Geneva. A biennial survey of infectious diseases in the entire world.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). (1998) "Rich-poor gap remains in death". Reuters News Service, May 11.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). The world health report 1996: Fighting disease, fostering development. Geneva, WHO, 1996. 143p.

# Apéndice I

Resolución 2155/05 Por la cual se establecen las especificaciones técnicas de construcción de pozos tubulares destinados a la captación de aguas subterráneas

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**



SECRETARÍA DEL AMBIENTE

Resolución N° 15505

**POR LA CUAL SE ESTABLECEN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DE POZOS TUBULARES DESTINADOS A LA CAPTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS**

Asunción, 21 de diciembre de 2005

**VISTO:** La Ley N° 1.561/00 de fecha 21 de julio de 2000 “Por la cual se crea el Sistema Nacional del Ambiente, el Consejo Nacional de Ambiente y la Secretaría del Ambiente”, cuyo Art. 12 Reza textualmente: *La SEAM tendrá por funciones, atribuciones, y responsabilidades, las siguientes:*

*n) Promover el control y fiscalización de las actividades tendientes a la explotación de bosques, flora, fauna silvestre y recursos hídricos, autorizando el uso sustentable de los mismos y la mejoría de la calidad ambiental*

La Ley 294/93 “De Evaluación de Impacto Ambiental”, cuyo Art. 7 dice “Se requerirá Evaluación de Impacto Ambiental para los siguientes proyectos de obras o actividades públicas o privadas:

*f) Construcción y operación de conductos de agua, petróleo, gas, minerales, aguas servidas y efluentes industriales en general, y,*

**CONSIDERANDO:** Que es necesario disponer de especificaciones técnicas que garanticen las condiciones mínimas de construcción de Pozos Tubulares para abastecimiento de agua, en beneficio de los usuarios y la protección de los acuíferos.

Que, la presente disposición tiene como objetivos

- a) Formular la necesidad de supervisión, vigilancia y reglamentación mínima necesaria en toda actividad de obras públicas o privadas relacionadas, al estudio, captación, uso, conservación y evacuación de las aguas, tanto del dominio público como del privado y disponer lo pertinente para la protección contra sus efectos nocivos
- b) Prever que la reglamentación para la búsqueda de aguas subterráneas, ejecución de las perforaciones y su explotación, instalación de equipos para la extracción y la construcción de las obras que ello requiera, cuidando que, como consecuencia de las obras, no se produzca contaminación o sobreexplotación de las formaciones acuíferas.
- c) Fortalecer el registro nacional de información de explotación de los acuíferos a través de la presentación que surjan de los trabajos de construcción de Pozos Tubulares, a la Dirección General de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos, institución rectora de los recursos Hídricos del Paraguay.
- d) Establecer zonas o áreas de protección en zonas donde la densidad de pozos Tubulares de captación de agua para consumo humano e industrial o animal, podría alterar o peligrar la calidad de las aguas subterráneas, por efectos de interferencia de otros pozos que pueda generar la sobreexplotación de los acuíferos.

Que, de conformidad al Art. 18 inc. g) de la Ley 1561/00 “Que crea la Secretaría del Ambiente”, es atribución del Secretario Ejecutivo dictar todas las Resoluciones que sean necesarias para la consecución de los fines de la Secretaría, pudiendo establecer los reglamentos internos necesarios para su funcionamiento.

**POR TANTO,** en uso de sus atribuciones.

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**



SECRETARÍA DEL AMBIENTE

Resolución N° 2175/05

**POR LA CUAL SE ESTABLECEN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DE POZOS TUBULARES DESTINADOS A LA CAPTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS**

**EL SECRETARIO EJECUTIVO DE LA SECRETARIA DEL AMBIENTE  
RESUELVE**

**Art. 1º:** Establecer las siguientes disposiciones generales:

- 1) La perforación de pozos tubulares para la captación de agua subterránea, independientemente de cual sea su destino, exploración o explotación, será ejecutada exclusivamente por las empresas registradas y autorizadas por la Dirección General de proyección y conservación de los Recursos Hídricos (DGPCRH), y estará sujeta a las disposiciones de la presente norma Técnica.
- 2) La construcción de un pozo tubular, deberá diseñarse de modo que se facilite cualquier instalación suplementaria que pudiera llegar a necesitarse para lograr un abastecimiento suficiente y seguro, para la protección y preservación del recurso de agua subterránea.
- 3) Los pozos tubulares de exploración y explotación aprovechamiento de agua, y los que están en uso, incluso los abandonados, antes de la promulgación de esta reglamentación, deberán ser registrados en la Dirección General de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos DGPCRH.
- 4) Todos los pozos tubulares construidos tanto en acuíferos libres o freáticos, como en los acuíferos confinados y/o semiconfinados, deberán cumplir las mismas exigencias de diseño y construcción, como así mismo deberán estar registrados en la DGPCRH, de la Secretaría del Ambiente.

**Solicitud de registro de pozos de aprovechamiento**

El Propietario debe acompañar a la solicitud una carpeta conteniendo los siguientes datos técnicos del pozo:

- a) Cantidad de agua que se desea captar del acuífero en cuestión (caudal de bombeo, caudal de uso);
- b) Coordenadas del sitio del pozo - UTM. Croquis de localización de pozo, y área de protección por posibles fuentes de contaminación,
- c) Señalar si el uso de aprovechamiento es consuntivo (uso agrícola, abastecimiento humano, etc.) o no consuntivo (uso recreativo, industrial, etc.),
- d) Estudio hidrogeológico referencial, o con estudio geofísico del área, si hubiere. Perfilaje eléctrico del pozo resistividad, curva de potencial espontáneo (SP), y Registro de rayos Gamma.
- e) Perfil litológico del pozo,
- f) Resultados del Ensayo por bombeo.
- g) Análisis físico químico y bacteriológico del agua que incluyan los parámetros mínimos exigidos. Para la determinación de calidad
- h) La presentación de las informaciones debe estar firmada por un técnico calificado debidamente registrado en la SEAM, responsable de la veracidad de las informaciones contenidas en la carpeta.

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**



SECRETARÍA DEL AMBIENTE

Resolución N° 2.175/05

**POR LA CUAL SE ESTABLECEN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DE POZOS TUBULARES DESTINADOS A LA CAPTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS**

- 5) Toda perforación ejecutada para la explotación de agua subterránea deberá ser realizada por una empresa perforadora registrada (contratista). El propietario del pozo tubular (contratante) deberá indicar el punto donde será ejecutada la obra, y proporcionar al contratista el anteproyecto o proyecto del pozo, elaborado por un especialista en el área de recursos hídricos. A su vez podrá designar un técnico que lo represente, quien actuará como Director de Obra.
- 6) Será responsabilidad del contratante que el acceso y lugar donde se desarrollen las obras ofrezcan las dimensiones adecuadas, a los efectos de que la empresa perforadora disponga del espacio suficiente para desarrollar sus tareas en forma cómoda. De común acuerdo (o si así lo estableciera el Contrato de Obra) la empresa perforadora podrá tomar a su cargo la localización del lugar técnicamente más apropiado para realizar la perforación y proporcionar el proyecto Ejecutivo del pozo tubular bajo *responsabilidad de Técnico Competente*. En este caso el técnico del contratista cumplirá las funciones de Director de Obra.
- 7) Ninguna institución pública o privada, ni persona natural o jurídica, queda exento de lo establecido en los artículos que componen la presente Resolución.

**Art. 2°:** Comunicar a la empresa contratista que:

- 1) Una vez disponible la información suficiente, la empresa perforadora, de conjuntamente con el Director de Obra, definirá la profundidad total de perforación, longitud de revestimientos, longitud y profundidad de instalación de filtros, colocación de prefiltro, cementación, prueba de bombeo y toda otra prescripción técnica, de manera que la obra alcance los objetivos del Proyecto.
- 2) La empresa perforadora deberá disponer en la obra de un Libro de Obra, en el cual quedarán asentadas todas las labores y maniobras realizadas, debidamente firmadas por su Técnico Competente. Emitirá el informe técnico de finalización de obra, en donde se detallen las características técnico-constructivas de la perforación: la descripción litológica de los distintos materiales geológicos atravesados; los perfilajes geofísicos; los resultados de los ensayos de bombeo ejecutados, los niveles estáticos y dinámicos, capacidad específica, y el caudal de explotación recomendado.
- 3) Las empresas perforadoras deberán presentar una Declaración Jurada de las obras realizadas cada año, y registrarse anualmente dentro los primeros tres meses de cada año en la Dirección General de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos, de la Secretaría del Ambiente.
- 4) En el acto de solicitud de autorización para perforar, la empresa perforadora deberá presentar el anteproyecto o proyecto de pozo indicando el método de la perforación y las características del equipo a utilizar. Se establecerá además la profundidad que debe alcanzar el pozo con una tolerancia en más o en menos de un 25%, dependiendo de las condiciones hidrogeológicas de la zona, o de los estudios hidrogeológicos que definan la misma.
- 5) La empresa perforadora deberá proporcionar los equipos necesarios para atender las condiciones del suelo a perforar, la profundidad, el diámetro final de perforación y la terminación de la misma, de acuerdo con lo previsto en el anteproyecto o proyecto de perforación del pozo.

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**



SECRETARIA DEL AMBIENTE

Resolución N° 2153/05

**POR LA CUAL SE ESTABLECEN LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS DE CONSTRUCCION DE POZOS TUBULARES DESTINADOS A LA CAPTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS**

- 6) Será de responsabilidad de la empresa contratista la vigilancia de los equipos y materiales en el lugar de la obra. El lugar donde se construirá la perforación deberá estar cercado para impedir el acceso de personas no autorizadas, o animales, como medida de seguridad.
- 7) La empresa perforadora se considerará instalada y apta para el inicio de los trabajos, una vez que la Dirección de Obra constate en la misma la perforadora y los equipos, herramientas y material con capacidad y cantidad suficiente para asegurar la ejecución de los trabajos hasta un 25% más de la profundidad proyectada, y de la habilitación concedida por la SEAM. En caso que el pozo sea en sedimento, deberá estar operativo el circuito para el flujo de perforación con las dimensiones que correspondan (numero y tamaño de zanjas de succión y decantación, y canaletas de recorrido del lodo bentonítico).
- 8) Respecto al terreno, una vez terminados los trabajos, la empresa perforadora dejará al mismo en las condiciones iniciales, procediendo a regularizar la superficie del mismo (limpieza y nivelación), tapándose las fosas de lodo si las hubiera.

**Art. 3°:** La Empresa Contratista deberá contar con los servicios profesionales para la realización de los trabajos de acuerdo a las siguientes estipulaciones:

- 1) El contratista (empresa perforadora) dispondrá en obra de un Técnico Competente quien será responsable ante el contratante y la administración pública. Este deberá estar habilitado y registrarse anualmente ante la SEAM, y poseer título que lo acredite ante el estado paraguayo, en las siguientes especialidades: Geología, Hidrogeología, Hidrología, Ingeniería Civil, Sanitaria, o Hidráulica.
- 2) La localización de la perforación en el lugar físico apropiado para explotar una fuente de agua subterránea, así como la ejecución de las restantes tareas (proyecto o anteproyecto constructivo del pozo tubular, la interpretación de la estructura geológica del lugar, la previsión del perfil geológico en profundidad, la caracterización hidrogeológica del acuífero, la estimación de la profundidad de los niveles de contribución y de los caudales potenciales, la eventual realización de perfilajes geofísicos, etc.), deben ser llevadas a cabo por un profesional Hidrogeólogo, o Geofísico.
- 3) El Técnico competente, deberá proyectar la obra en función de las necesidades de explotación y ajustándose al presente reglamento.

**Art. 4°:** Establézcase las siguientes Especificaciones Técnicas para el diseño de pozos y ejecución de obra

**1- Pozos tubulares en rocas duras**

- a) Cuando se justifique la colocación de filtros en zonas de alteración, el diámetro de perforación en dicho tramo deberá determinarse por el técnico Geólogo, responsable de boca de pozo tubular. Normalmente, estos son entubados en forma parcial, los cuales deberán interesar como mínimo en la formación rocosa. El diámetro mínimo de perforación será:

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**



SECRETARÍA DEL AMBIENTE

Resolución N° 2145/05

**POR LA CUAL SE ESTABLECEN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DE POZOS TUBULARES DESTINADOS A LA CAPTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS**

$$F_p \text{ (pulgadas)} = F_t \text{ (pulgadas)} + 4''$$

En donde:

$F_p$ : Diámetro de perforación

$F_t$ : Diámetro externo de la tubería de revestimiento

Cuando no se tenga en cuenta el basamento alterado, la relación quedará expresada de la siguiente forma:

$$F_p \text{ (pulgadas)} = F_t \text{ (pulgadas)} + 3''$$

En donde:

$F_p$ : Diámetro de perforación

$F_t$ : Diámetro externo de la tubería de revestimiento

- b) El diámetro final del pozo tubular deberá ser compatible con el caudal esperado. Como orientación se puede tomar la siguiente tabla que relaciona el diámetro mínimo de terminación del pozo tubular y el caudal de bombeo:

Caudal de Bombeo en l/h (Q)	Diámetro final del pozo en pulgadas (Ø) (*)
$Q < 20.000 \text{ l/h}$	Ø 3" a 6"
$Q > 20.000 \text{ l/h}$	Ø 8" a 10"

(\*) Válido para el tramo entubado y la zona libre.

**2- Pozos Tubulares en rocas sedimentarias**

- a) Los diámetros mínimos de perforación se regirán por la siguiente fórmula matemática empírica:

$$F_p \text{ (pulgadas)} = 1,5 F_t \text{ (pulgadas)} + 2''$$

En donde:

$F_p$ : Diámetro de perforación

$F_t$ : Diámetro externo de la tubería de revestimiento

- b) En caso de que la perforación deba ser iniciada con un pozo piloto (si así lo estableciera el anteproyecto), esta será re-perforada a los diámetros finales establecidos en el proyecto. El pozo piloto deberá sobrepasar en un 10% la profundidad final prevista en el anteproyecto de pozo. El Pozo Piloto se perforará en diámetro mínimo para conocer el perfil geológico del lugar y con la información obtenida se elabora el proyecto definitivo de la perforación.

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**



SECRETARÍA DEL AMBIENTE

Resolución N° 11.757/05

**POR LA CUAL SE ESTABLECEN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DE POZOS TUBULARES DESTINADOS A LA CAPTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS**

- c) La re-perforación del pozo piloto debe ser realizada una vez que se haya instalado el tubo de boca o de protección sanitaria (previamente cementado en las condiciones establecidas en el proyecto). El diámetro de éste deberá ser tal que exista como mínimo un espacio anular de 2" entre la pared del tubo y el diámetro de perforación. El tubo de boca (o tubo guía), se debe instalar en los primeros metros de la perforación.
- d) La perforación para pozos de estudios o monitoreos, si bien cumplen las mismas exigencias de construcción, son diseñadas con criterios bien diferentes de los de producción, donde la extracción de muestras y parámetros representativos del acuífero, son su principal objetivo. Por lo general, estos pozos son de dimensiones menores y de uso periódico y sistemático.

**3) Fluido de perforación (lodo)**

- a) La viscosidad del fluido deberá permanecer entre 35s y 60s Marsh y el contenido de arena inferior al 3% en volumen. La empresa contratista deberá proporcionar los elementos básicos para el análisis de las propiedades del fluido de perforación, tales como viscosidad, densidad, pH y tenor de arena. La verificación de estos parámetros debe ser de rutina y cuando sea solicitado por el Director de Obra.
- b) El fluido de perforación a base de bentonita sólo será permitido en la perforación para la instalación del tubo guía y el pozo piloto. En la construcción del pozo tubular definitivo serán utilizados fluidos de perforaciones exclusivamente biodegradables y en cantidades suficientes de acuerdo con el anteproyecto o proyecto. No debe admitirse el uso de aguas residuales, o contaminadas, que puedan producir cargas contaminantes al acuífero.
- c) Los productos químicos para la corrección de las características físico-químicas del lodo de perforación serán permitidos, siempre que no contaminen el acuífero.

**4) Toma y acondicionamiento de muestras del subsuelo**

- a) Las muestras de los terrenos que atraviesen la perforación serán recogidas, secadas y acondicionadas en bolsas plásticas resistentes, etiquetadas con la identificación del pozo tubular e intervalo de profundidad a los que corresponden, mantenidas en el lugar de la perforación y ordenadas. Una vez finalizada la obra serán descritas por el Técnico Competente entregándose una copia al contratante y otra a la DGPCRH. En el remitido se identificará la perforación sobre la base de las coordenadas UTM, o a través de localización satelital.
- b) En las capas superiores de roca dura (cobertura y alterado), la toma de muestra será cada 1 (un) metro y medio, o cuando ocurra un cambio en los materiales atravesados (coloración, granulometría, velocidad de avance, cambio en la composición mineralógica). En la zona de roca cristalina fresca, será suficiente el muestreo cuando existan cambios en el comportamiento físico (velocidad de avance) o en la condición mineralógica de las unidades geológicas.

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**



SECRETARÍA DEL AMBIENTE

Resolución N° 245/05

**POR LA CUAL SE ESTABLECEN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DE POZOS TUBULARES DESTINADOS A LA CAPTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS**

- c) En roca sedimentaria el muestreo se realizará cada 1 (un) metro y medio, o cuando ocurra cualquier cambio en los materiales atravesados (coloración, granulometría, velocidad de avance, cambio en la composición mineralógica, pérdida de fluido de perforación). A juicio de la Dirección de Obra se puede espaciar el muestreo cada 10 (diez) metros, si la unidad geológica es homogénea.

**5) Terminación del pozo**

- a) Cuando el pozo sea realizado en roca sedimentaria la terminación del mismo comenzará luego de: finalizada la perforación del pozo piloto, efectuado el perfilaje geofísico (si correspondiere), terminada la descripción de las muestras, análisis de la velocidad de avance y pérdidas de fluido de perforación. En ese momento, se establecerán el diámetro definitivo (re-perforado o ensanchado), la profundidad a la que se colocarán los filtros, la abertura de los mismos, el tipo de prefiltro y la cementación.
- b) Cuando corresponda la instalación de columna de revestimiento ésta se realizará en una única etapa y en presencia del Director de Obra.
- c) La colocación de la columna de tubería y filtro deberá ser realizada de forma tal que se eviten roturas o deformación de los materiales que pudieran comprometer posteriormente la instalación del equipamiento de bombeo. La sarta de tubería, deberá quedar colgada de manera a favorecer la verticalidad del mismo. Deberá sobresarir sobre la superficie del terreno un mínimo de 0.30 m.
- d) El diseño y construcción de los centralizadores serán tal que soporten la instalación sin desprenderse de los filtros y eviten que éstos se recuesten contra la pared de la perforación.
- e) Cuando sean utilizados tubos con unión roscada, se deberá cuidar que los mismos queden roscados en forma correcta para asegurar la estanqueidad de la columna. En caso de duda se realizará un refuerzo con soldadura. Cuando sean tubos soldados, la soldadura será en la totalidad de la circunferencia. Las tuberías de acero cumplirán con las Normas ASTM A53 GRB y las de PVC con las normas DIN 4925 y DIN8061.
- f) Cuando se utilicen tubos de PVC se deberá usar pasta de silicona para asegurar la estanqueidad de la columna. No se recomienda la combinación de diferentes materiales en las tuberías debiéndose mantener el mismo tipo y calidad en la totalidad de la columna.

**6) Filtros**

- a) Los filtros serán seleccionados de forma que la abertura de las ranuras (rejilla a través de la cual ingresa el agua al pozo tubular sea la adecuada para la granulometría de la unidad acuífera, impidiendo el pasaje de arena desde el acuífero hacia el pozo tubular. En el caso de los acuíferos freáticos (libres) los filtros deberán ser instalados desde el fondo de la zona saturada. Para los acuíferos cautivos (confinados) la disposición de los filtros se realizará de forma que permita captar el espesor de la unidad acuífera que exija la demanda del proyecto. En caso que la unidad acuífera presente heterogeneidad se puede sustituir filtro por tubo ciego en las zonas de baja a nula productividad.

na 7 de 13

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**



SECRETARÍA DEL AMBIENTE

Resolución N° 215/05

**POR LA CUAL SE ESTABLECEN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DE POZOS TUBULARES DESTINADOS A LA CAPTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS**

- b) En el proyecto de construcción de pozos tubulares, se deberán especificar las características técnicas tanto del revestimiento como de los filtros, dejando constancia de los diámetros, materiales y toda otra información que se entienda conveniente.

**7- Prefiltros**

- a) El prefiltro que rellenará el espacio anular existente entre la pared del acuífero y la pared del filtro debe estar libre de impurezas. Estará compuesto por una granulometría de partículas minerales (grava), redondeadas y con una composición equivalente a 80% de cuarzo. El prefiltro estará calculado en función de la granulometría de la unidad acuífera y las características del tubo filtro (abertura de la rejilla). Previamente a su colocación se deberá presentar la curva granulométrica obtenida en los ensayos de calificación del material.
- b) La cantidad de prefiltro que se dispondrá en obra, superará en un 20% la cantidad calculada. Previo a su colocación se podrá reducir la viscosidad del fluido de perforación (si se está empleando) mediante el agregado de agua limpia.
- c) El prefiltro deberá sobrepasar como mínimo 3 (tres) metros por encima del filtro que se encuentre más cerca de la superficie del terreno. Se evitará su instalación en los aportes superiores susceptibles de contaminación. La colocación deberá ser realizada en presencia del Director de Obra y en una única etapa de labor. Es importante la desinfección de este material antes de su colocación, esto normalmente se realiza con solución clorada.

**8) Cementación**

- a) En los pozos tubulares parcialmente revestidos se cementará con una pasta de cemento y arena el espacio anular existente entre la tubería y la pared del pozo tubular, para impedir la circulación vertical de aguas no deseadas. La cementación alcanzará hasta el encaje del tubo de revestimiento con la roca sana, alcanzando como mínimo una longitud de 10 (diez) metros desde la superficie del terreno.
- b) En los pozos tubulares totalmente revestidos la cementación deberá rellenar totalmente el espacio anular entre la perforación o el tubo de boca (protección sanitaria, o soporte de equipo de bombeo) y la tubería de revestimiento. Para el sello se deberá utilizar, en el primer metro (desde abajo hacia arriba), una mezcla de cemento, arena y agua de relación 1:2:1 y para el resto del espacio anular una mezcla de cemento y arena de relación 1:2 con agregado de agua al solo efecto de alcanzar una mezcla homogénea.
- c) El agua utilizada para la mezcla, no deberá contener material grasoso, ni orgánica. La concentración de minerales disueltos, no debe superar 2.000 ppm.
- d) En caso que la cementación tenga como objetivo aislar niveles acuíferos no deseados, la misma se deberá realizar por medio de la inyección de una lechada de cemento, como dicho proceso es más compleja, deberá ser acompañado y dirigido por el técnico competente.

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**



SECRETARÍA DEL AMBIENTE

Resolución N° 215/05

**POR LA CUAL SE ESTABLECEN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DE POZOS TUBULARES DESTINADOS A LA CAPTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS**

**9) Terminación en superficie**

- a) La terminación en superficie se completará mediante la construcción de una losa de hormigón con una mezcla de cemento, arena y grava en proporciones 1:2:3 y relación máxima agua/cemento igual a 0.5. La losa tendrá un metro de lado por 0,50 m. de altura, debiendo sobresalir por encima de la superficie del terreno como mínimo 0.10 m. La losa deberá tener una ligera pendiente desde el centro hacia los bordes. En la misma quedará estampado el nombre de la empresa perforadora, fecha de realización y número del pozo.
- b) Por sobre el revestimiento del pozo tubular, y de mayor diámetro que este, se instalara otro tubo, generalmente de H<sup>2</sup>A° y de 1.00 m., para resguardo de aquel, y como soporte del equipo de bombeo. Este deberá sobresalir como mínimo 0,70 m. por encima de la losa de protección, y por encima del nivel de máxima creciente conocida, en caso de riesgo de inundación.
- c) Hasta la instalación definitiva del equipo de bombeo y demás accesorios, el pozo tubular deberá quedar tapado de forma hermética para impedir que puedan introducirse elementos extraños al mismo. La instalación definitiva contará con una tapa de rosca sobre la tubería de revestimiento, a su vez en ésta, existirá un orificio de 3/4" con tapa móvil (mirilla) para permitir realizar medidas de rutina del comportamiento del acuífero. La mirilla de observación debe estar protegida mediante un sistema de tapa cerrojo giratorio, con candado.

**10) Limpieza y desarrollo**

- a) En los pozos tubulares parcialmente revestidos la eliminación total de lodo, será realizada por aire y pudiéndose utilizar dispersantes químicos, o solo agua limpia por medio de la bomba de lodo, para la limpieza de filtros y fracturas. Luego de la limpieza se debe proceder al desarrollo del pozo para eliminar arrastres de arena y alcanzar un rendimiento óptimo del conjunto (acuifero, prefiltro, filtro). Se interpretará terminado el desarrollo cuando el agua se encuentre libre de sedimentos, su turbidez sea mínima y la extracción de arena sea inferior a 30mg/m<sup>3</sup> (30 ppm). En cada caso se evaluará la conveniencia u oportunidad de realizar el desarrollo por el método de pistón.
- b) En los pozos tubulares mixtos, que captan simultáneamente niveles de contribución desmoronables (con instalación de filtros y prefiltros) y otros niveles en formaciones geológicas consolidadas, el desarrollo debe ser realizado por aire o por sobre bombeo. En ambos casos el desarrollo se iniciará con el bombeo del pozo y finalizará cuando el agua se encuentre libre de sedimentos, la turbidez sea mínima y la extracción de arena sea inferior a los 30mg/m<sup>3</sup> (30 ppm).
- c) Durante la labor de desarrollo del pozo tubular deberá evaluarse rigurosamente la producción del mismo y verificarse la cota superior del prefiltro.

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**



SECRETARÍA DEL AMBIENTE

Resolución N° 2155/05

**POR LA CUAL SE ESTABLECEN LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS DE CONSTRUCCION DE POZOS TUBULARES DESTINADOS A LA CAPTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS**

**11) Bombeos**

- a) Los ensayos de bombeo se realizarán una vez concluidos los trabajos de desarrollo del pozo. El agua bombeada debe ser evacuada a una distancia tal que no influya en el ensayo de bombeo del pozo tubular. Para caudales mayores a 50 m<sup>3</sup>/h se utilizarán medidores continuos tipo Vénturi de orificio calibrado, vertederos, molinetes u otro método que se adapte a la situación. Se usará un medidor eléctrico del nivel de agua colocado dentro de un tubo independiente de ¾" a 1" de diámetro. Toda la información será registrada en una planilla, que deberá ser entregada al contratante conjuntamente con la memoria de finalización de obra. Esta planilla deberá incluir los ensayos de recuperación del nivel de agua hasta alcanzar el 80% del nivel estático inicial.

**12) Ensayos de producción**

- a) Cuando se efectúe ensayo de producción a caudal constante el mismo deberá ser realizado con bomba sumergible durante un mínimo de 24 horas, debiéndose alcanzar la estabilización total del nivel dinámico para el caudal recomendado, pudiendo ser de 12 horas en el caso de extracciones menores a los 5 m<sup>3</sup>/h. El equipo de bombeo utilizado deberá tener como mínimo un 20% más de capacidad que el caudal del pozo tubular. Cuando el pozo tubular sea destinado a explotación intensiva (abastecimiento público, industrial, riego) la duración del ensayo se prolongará por 48 horas a nivel dinámico estabilizado. Si dentro de estas 48 horas no se alcanzara la estabilización del caudal, el ensayo se extenderá 24 horas desde la estabilización del nivel o lo que el Técnico Competente entienda más oportuno.
- b) Cuando sean necesarios ensayos en pozos tubulares con caudales mayores a los 20 m<sup>3</sup>/h, se realizarán ensayos escalonados en por lo menos tres etapas de bombeo con caudal diferente.

**13) Ensayo de verticalidad**

- a) En caso de sospecha justificada el Técnico Competente o el Director de Obra podrán exigir este ensayo. El ensayo se realizará con un tubo de diámetro 1" inferior al diámetro del pozo tubular y un largo de 6 metros que se descenderá suspendido de un cable de acero. El contrato de obra deberá establecer claramente la tolerancia admitida.

**14) Limpieza y desinfección del pozo tubular**

- a) Luego de finalizados los trabajos de aforo, se efectuará la desinfección del pozo tubular mediante la adición de una solución de cloro que permita tener un tenor de cloro residual de 5 ppm de cloro libre y se tendrá en reposo como mínimo durante 2 horas.

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**



SECRETARÍA DEL AMBIENTE

Resolución N° 2.455/05

**POR LA CUAL SE ESTABLECEN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DE POZOS TUBULARES DESTINADOS A LA CAPTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS**

**15) Toma de muestras para los análisis bacteriológico y fisico-químico**

- a) La toma de muestras se deberá realizar luego del ensayo de bombeo y 24 horas de desinfectado el pozo tubular, siendo responsabilidad del contratante el análisis bacteriológico y fisico-químico, y bajo los resguardos técnicos exigidos. En todos los casos se realizarán las determinaciones de conductividad, pH y temperatura en el lugar. Las muestras se rotularán debidamente, indicando todos los datos de ubicación día, hora, construcción del pozo tubular y los parámetros físicos-químicos determinados “in situ”.

**16) Abandono definitivo o transitorio de la perforación**

- a) Cuando sea necesario el abandono definitivo de un pozo tubular por no ser posible culminar su construcción o por otros motivos (término de la vida útil, desvío de la vertical, caída de objetos extraños no recuperables, etc.) se deberá realizar el cementado de toda la perforación con una mezcla de arena y cemento de relación 1:2 con agregado de agua al solo efecto de alcanzar una mezcla homogénea. En todos los casos es recomendable la extracción de la parte superior del entubado, de forma que el sello quede en contacto directo con la formación geológica.
- b) Sobre el pozo tubular abandonado se deberá construir una losa de hormigón de un metro de lado y 0,25 metros de espesor. En su superficie se indicará el número de pozo tubular, la profundidad alcanzada y el caudal de explotación.
- c) Cuando una perforación no sea utilizada por un periodo de tiempo prolongado (abandono transitorio) deberá ser protegida de forma tal que a la misma no pueda ingresar ningún elemento perjudicial para la calidad de agua del acuífero explotado.

**Art. 5°:** Para el cumplimiento de las Especificaciones Técnicas de Construcción de Pozos Tubulares deberán realizar los siguientes indicadores.

- a) La Dirección General de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos (DGPCRH), de la Secretaría del Ambiente será la encargada de vigilar el cumplimiento de la presente Norma, y dentro del proceso de descentralización, esta coordinación será ejecutada con la participación de los gobiernos Departamentales y Municipales, sin que ello afecte las facultades y atribuciones de la DGPCRH, en el ámbito de la gestión y manejo de los Recursos Hídricos.
- b) Cuando se trate de la ejecución de perforaciones profundas en búsqueda de agua subterránea para distintos usos (abastecimiento humano, riego, termal, u otros usos hoy no identificados), en dominio del acuífero Guarani, el interesado deberá adecuarse a la Norma de Construcción de Pozos tubulares establecido para dicha área.
- c) En caso de infracción a lo dispuesto en el presente reglamento será aplicada una sanción, conforme a lo establecido en la Ley 1561 de Creación de SEAM y la Resolución de la Secretaría del Ambiente de Especificaciones Técnicas de Construcción de Pozos Tubulares y otros ordenamientos jurídicos aplicables al incumplimiento de dicha Norma.

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**



SECRETARÍA DEL AMBIENTE

Resolución N° 2.173/05

**POR LA CUAL SE ESTABLECEN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DE POZOS TUBULARES DESTINADOS A LA CAPTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS**

**Atr. 6°: Especificar el Perímetro de Protección de Pozos Tubulares**

- a) La densidad espacial de pozos tubulares dentro un área de gran complejidad, deberá ser sometida a un análisis de evaluación técnica hidrogeológica para su construcción por los problemas futuros que pueden surgir como consecuencias de una extracción excesiva, contaminación, intrusión de agua salada, agotamiento de los niveles del agua y cambios excepcionales de temperatura.
- b) La distancia mínima a una posible fuente de contaminación para la localización y perforación de pozos tubulares para abastecimiento de agua para consumo humano, deberá ser lo suficientemente grande como para asegurarse de que cualquier escurrimiento superficial o precolación de agua contaminada, no alcance al pozo de producción.

Las distancias mínimas recomendadas son las siguientes:

- |  |       |
|--|-------|
| 1) Pozos comunes, que reciben agua negra cruda:  | 30m.  |
| 2) Pozos sépticos, campos de drenajes, riegos superficiales:   | 25m.  |
| 3) Alcantarillados sanitarios, unidades de tratamiento de agua negra, lagunas de oxidación, depósitos y derrame de agua servida: | 30m.  |
| 4) Galerías pluviales, edificios, excavaciones, corrales:  | 15m.  |
| 5) Tanques o depósitos de hidrocarburos:   | 150 m |
| 6) Depósito, o sitio de manejo de sustancias tóxicas:  | 400 m |

Es importante que la ubicación de los pozos tubulares de producción, estén normalmente localizados aguas arriba de la dirección del flujo de las aguas subterráneas

- c) La separación de pozos a posibles fuentes de contaminación, anteriormente señalada, no es limitativa sino que depende de lo que, para situaciones y condiciones particulares, la DGPCRH considere necesarias.
- d) El radio mínimo de influencia, distancia entre pozos de producción, podrá ser variado teniendo en cuenta a) la geología del área, y b) las características físicas del terreno. La DGPCRH, a través de disposiciones legales o reglamentarias aplicable a esta especificación, y en base a la evaluación de un estudio específico, geofísico y/o hidrogeológico, presentado por el propietario del sitio considerado, pudiendo modificar o plantear medidas alternativas del diseño estructural del pozo tubular que mejor se adapten a las condiciones geológicas e hidrogeológicas del lugar, aprovechando en lo máximo la protección natural que en ella prevalece.

**Art. 7°:** La Inspección se realizara de acuerdo a la siguiente manera:

- a) La inspección se realizará en forma periódica, aleatoriamente o cuando la DGPCRH lo estime necesario, considerando las etapas del proceso que en el momento de la visita sea posible inspeccionar. Dicha inspección podrá ser realizada por personal de la DGPCRH o por unidades de verificación acreditadas para tal efecto.

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**



SECRETARÍA DEL AMBIENTE

Resolución N° 24.515/05

**POR LA CUAL SE ESTABLECEN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DE POZOS TUBULARES DESTINADOS A LA CAPTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS**

- b) El método de muestreo se realizará conforme a los límites utilizados para verificar la desinfección del pozo, y a disposiciones vigentes en la Secretaría del Ambiente en cuanto a los parámetros bacteriológicos.
- c) Disposición de los residuos.
- d) La disposición de los lodos de perforación y otros residuos, se verificará visualmente tanto en el sitio del pozo como en el de la disposición final.
- e) Especificaciones de la distancia mínima a las fuentes contaminantes; dimensiones del Encamisado, Terminación superior y dispositivo de medición.
- f) La inspección de las especificaciones de las dimensiones será hecha *in situ*, con los instrumentos de medición pertinentes y con una tolerancia de  $\pm 10\%$ .
- g) Especificaciones restantes.
- h) Las restantes especificaciones se inspeccionarán visualmente y mediante la lectura del registro de la perforación.
- i) Informe de las Inspecciones.
- j) El informe de las Inspecciones efectuadas debe incluir lo siguiente:
  - 1) Identificación del pozo
  - 2) Coordenadas geográficas – UTM.
  - 3) Resultados obtenidos en la Inspección.
  - 4) Observaciones
  - 5) Nombre y firma del responsable de la inspección.
  - 6) Fecha de la Inspección.

En caso de realizarse esta inspección en plena ejecución de los trabajos, o en caso de litigios, el informe de inspección deberá contar con la firma de los litigantes, o del responsable de la obra en el momento de la inspección.

- k) Para el cobro por las actividades de seguimiento a los procesos de aprovechamiento de aguas subterráneas, las Tasas a ser abonadas por registros y control de obras hidráulicas, se estará a lo establecido por la Secretaría del Ambiente y reglamentadas por Resolución para el cumplimiento de sus fines.

**Art. 8°:** Comunicar a quienes corresponda y cumplida, archivar.

  
ING. AGR. ALFREDO MOLINAS  
Secretario Ejecutivo, Ministro

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

---

# Apéndice II

Normas Técnicas de Análisis de Aguas

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

ANÁLISIS DE AGUAS		
PARÁMETRO: ANALISIS MICROBIOLÓGICO III. <b>COLIFORMES FECALES</b>		HOJA N°: 1
REF.: Standard Methods, pag. 9-109. Legislación de agua potable.	UNIDADES: N° bacterias/100ml	RANGO: -
CONC. MAX. ADMISIBLE: METODO DE FILTRO DE MEMBRANA 0 bacterias/100ml.		NIVEL GUIA: -
<p><b>1. FUNDAMENTO.</b></p> <p>Las bacterias coliformes de origen fecal son aquellas comprendidas en el grupo anterior (coliformes totales), que además son capaces de fermentar la lactosa, con producción de ácido y de gas a 44°C, en un tiempo máximo de 24h.</p> <p>El método consiste en la determinación del n° de coliformes mediante filtración de volúmenes determinados del agua a analizar por filtros de membrana e incubación sobre medio de lactosa enriquecido y una temperatura de 44,5°C (+/-0,2°C).</p> <p><b>2. TOMA DE MUESTRA Y ALMACENAMIENTO.</b></p> <p>Se utiliza la muestra de agua tomada para el análisis de coliformes totales que se encontraba guardada en frigorífico a 4°C.</p> <p><b>3. INTERFERENCIAS.</b></p> <p>Para evitar la contaminación por microorganismos aéreos se esteriliza el material en autoclave (pinzas y elementos del sistema de filtración que vayan a entrar en contacto con el agua) a 121°C durante 20min. Todo el proceso de filtración, así como el llenado de las placas de Petri se realizará dentro de la campana de flujo para evitar el contacto con la atmósfera.</p> <p><b>4. MATERIAL.</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>-2 membranas filtrantes de ésteres de celulosa, de 0,45 micras de porosidad, de 47 a 50 mm de diámetro, estériles.</li><li>-Pinzas flameables de extremos planos.</li><li>-Equipo de filtración por vacío.</li><li>-2 placas de Petri de 50*12mm</li><li>-Estufa regulada a 44°C (+/-0,5°C).</li></ul>		

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

ANÁLISIS DE AGUAS		
PARÁMETRO:	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO III <b>COLIFORMES FECALES</b>	HOJA Nº: 2
<p><b>5. MEDIO DE CULTIVO.</b></p> <p><b>-Medio M-FC, Agar.</b> Composición: Triptosa (10g) Extracto de levadura (3g). Proteosa Peptona (5g). Sales Biliares (4,5g). Cloruro sódico (5g). Lactosa (12 Azul de amilina (0,1g). Agar-agar (15g).</p> <p>* Rehidrátese en agua destilada y calientese hasta punto de ebullición y añadir ác.rosólico ( al 1% en NaOH 0.2 N, no autoclavar. Dura 2 semanas a 2-10°C en oscuridad). *El medio M-FC Agar, tampoco se autoclava.</p> <p><b>6. PROCEDIMIENTO</b></p> <p>Colocar un filtro de membrana estéril sobre el soporte de filtración, utilizando pinzas estériles. Adaptar el embudo. Conectar el matraz a una bomba eléctrica de vacío. Filtrar 100 ml de muestra si se trata de agua potable, y 0,1 y 1 ml si se trata de aguas no potables, previamente homogeneizada, efectuando el vacío necesario. Lavar con unos 30 ml de agua destilada y autoclavar. Retirar el embudo. Mediante las pinzas esterilizadas, transferir la membrana filtrante sobre el medio de cultivo contenido en una placa de Petri, de modo que la superficie de filtración quede hacia arriba. Cerrar e invertir la placa e incubar a 44°C (+/-1°C ) durante 24h ( +/-2h ).</p> <p><b>7. LECTURA E INTERPRETACION</b></p> <p>La lectura de los resultados requiere el examen de las colonias aparecidas sobre la membrana y el examen de los halos en la capa de agar subyacente a la membrana. La fermentación de la lactosa provoca la formación de un halo amarillo. Por ello se considera coliformes aquellas colonias que presentan color amarillo, amarillo con centro naranja, o rojo ladrillo y halo amarillo. La densidad se estima como el total de coliformes totales por 100ml, utilizando aquellos filtros de membrana que tengan 20-80 colonias de coliformes y no más de 200.</p>		

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

ANÁLISIS DE AGUAS		
<b>PARÁMETRO: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO II.                      COLIFORMES TOTALES.</b>		HOJA N°: 1
REF.: Standard Methods, pag 9-82 Legislación de agua potable.	UNIDADES: n° de colif/ml	RANGO: -
CONC. MAX. ADMISIBLE: Métodos de tubos múltiples NMP<1.		NIVEL GUIA: -
<p><b>1. FUNDAMENTO</b></p> <p>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.</p> <p>Este grupo comprende los géneros Escherichia, Citrobacter, Kebsiella y Enterobacter, pertenecientes a la familia Enterobacteriaceas.</p> <p>El método 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.</p> <p>Se desarrollará solo la prueba presuntiva que consiste en un procedimiento de criba en el que una reacción negativa excluye la presencia del grupo coliforme y una reacción positiva indica su posible presencia. Si se requiere hacer el análisis completo de Coliformes según este método, consultar fotocopias adjuntas.</p> <p><b>2. TOMA DE MUESTRA Y ALMACENAMIENTO</b></p> <p>Se recoge el agua potable a analizar en un recipiente esterilizado y se conserva en el frigorífico, un máximo de 6 horas antes del análisis.</p> <p><b>3. INTERFERENCIAS</b></p> <p>Debido a la posibilidad de contaminación por microorganismos del aire, se meterán las pipetas (envueltas en papel de aluminio) y los tubos con los medios de cultivo (con tapón) en el autoclave a 121 °C durante 20 min.</p> <p>Esperar que la temperatura descienda hasta unos 80 °C (2 horas en total), sacar el material y pasarlo a la campana de flujo, dejándolo reposar hasta 45°C.</p> <p><b>4. MATERIAL</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-12 Tubos con tapón.</li> <li>-1 Rejilla.</li> <li>-9 Campanas de Durham.</li> <li>-5 Pipetas estériles.</li> <li>-Estufa regulada a 37°C.</li> </ul>		

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

ANÁLISIS DE AGUAS	
PARÁMETRO: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO II: COLIFORMES TOTALES.	HOJA N°: 2
<p><b>5. MEDIOS DE CULTIVO Y LIQUIDO DE DILUCIÓN.</b></p> <p><b>-Agua de peptona (Líquido de dilución).</b> Composición: Peptona (10g), cloruro de sodio (5g) y agua destilada. Preparación: Disolver 0,525g de medio sólido en 35ml de agua destilada y agitar con varilla de vidrio.</p> <p><b>-Verde Brillante (Medio de cultivo).</b> Composición: Peptona (10g), oxigalactosa (20g), lactosa (10g), verde brillante (0,0133g) y agua destilada. Preparación: Disolver 4g de medio sólido en 100ml de agua destilada y agitar con varilla de vidrio.</p> <p><b>6. PROCEDIMIENTO.</b></p> <p>Preparar 3 tubos con 9ml de agua peptonada y 9 tubos con 10ml de verde brillante (a los que se les añade una campana de Durham invertida) y meter en autoclave. Inocular el caldo de peptona con diluciones decimales de la muestra de agua, expresados en <math>10^{-1}</math>, <math>10^{-2}</math>, <math>10^{-3}</math>. Inocular 3 tubos de verde brillante con 1ml de cada dilución para poder calcular si se requiriese el n° mas probable de bacilos coliformes (proceso completo). Incubar a 37°C (+/-1°C) durante 24 ó 48h.</p> <p><b>7. LECTURA E INTERPRETACIÓN.</b></p> <p>Si se observa crecimiento bacteriano con producción de gas las 24h o antes, la presencia de bacterias coliformes fecales se considerará confirmada, prosiguiendo con el método del filtro de membrana para conteo.</p> <p>Si se requiere el análisis completo de coliformes totales, se llevan a la fase de confirmación todos los tubos primarios en los que haya aparecido cualquier cantidad de gas o crecimiento ácido a las 24h de incubación.</p> <p>* Para el cálculo del NMP de coliformes fecales se contabilizarán como positivos aquellos tubos de la serie que hayan dado pruebas de confirmación positiva.</p>	

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

ANÁLISIS DE AGUAS		
PARÁMETRO: <b>NITRITOS</b>		HOJA N°: 1
REF.: Standard Methods, pag 4-145, 4-148	UNIDADES: mg/l NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	RANGO: 0,02 -0,2
CONC. MAX. ADMISIBLE:0,1 ppm		NIVEL GUÍA: -

### 1. INTRODUCCIÓN

Los nitritos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) son componentes no deseados en la composición de las aguas potables de consumo público. Su presencia puede deberse a una oxidación incompleta del NH<sub>3</sub> o a la reducción NO<sub>3</sub><sup>-</sup> existentes en el agua. La reducción de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> a NO<sub>2</sub><sup>-</sup> puede llevarse a efecto por la acción bacteriana. El agua que contenga NO<sub>2</sub><sup>-</sup> puede considerarse sospechosa de una contaminación reciente por materias fecales. Algunas aguas, debido a los terrenos por donde discurren o a las condiciones de almacenamiento, pobre en O<sub>2</sub>, pueden presentar cierto contenido de NO<sub>2</sub><sup>-</sup>.

En lo que respecta a la vigilancia de las aguas de consumo público, la determinación cualitativa o cuantitativa del NO<sub>2</sub><sup>-</sup> nos permite detectar posibles variaciones de calidad, ya que la presencia de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> es un buen indicador de la contaminación.

Los NO<sub>2</sub><sup>-</sup> existentes en el agua pueden tener un efecto perjudicial sobre la salud de quien la consuma; sobre todo en niños, porque los NO<sub>2</sub><sup>-</sup> son responsables de la formación de metahemoglobina, dando lugar a metahemoglobinemia, y por lo tanto a asfixia interna.

También se cree que los NO<sub>2</sub><sup>-</sup> pueden ser causantes de nitrosaminas en el organismo humano. Se conoce que las nitrosaminas producen cáncer de las vías digestivas superiores, y de hígado en animales de experimentación.

### 2. ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS.

No utilizar nunca la conservación ácida en las muestras destinadas al análisis final de nitritos. Hágase la determinación inmediatamente sobre muestras recientes para evitar la conversión bacteriana del nitrito en nitrato o amoníaco. Para conservación a corto plazo, durante 1 ó 2 días, congélase a -20°C, o consérvese a 4°C.

### 3. FUNDAMENTO.

Se trata de un método colorimétrico basado en la reacción de Griess.

La diazotación de la sulfamida en medio ácido y su copulación con diclorhidrato de N-(1-naftil)-etilendiamina (diclorato de NED) da un complejo coloreado púrpura adecuado para la determinación espectrofotométrica de los nitritos.

Podemos distinguir dos etapas:

- 1) Diazotación de la sulfamilamida, formándose un catión de diazonio incoloro.
- 2) Copulación del catión con el clorhidrato de NED, dando un colorante azoico de color púrpura.

### 4. MATERIAL

- Matraces aforados de 25 ml.
- Pipetas.
- Espectrofotómetro de absorción uv-visible para medir a 543 nm.

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

ANÁLISIS DE AGUAS	
PARÁMETRO:	NITRITOS
	HOJA Nº: 2

**5. REACTIVOS.**

- **Reactivo colorante:** se añade a 800 ml de agua destilada 100 ml de ácido fosfórico (**Ac 17**) al 85% y 10 g de sulfanilamida (**A 13**). Tras disolver completamente la sulfanilamida, añádase 1 g de diclorhidrato de N-(1-naftil)-etilendiamida (NED) (**OT 10**). Mézclase para disolver, y dilúyase con agua destilada hasta 1 L. La solución es estable durante cerca de 1 mes cuando se conserva en frigorífico en un frasco oscuro.

-**Solución madre de nitritos de 200 ppm:** Disolver 300 mg de nitrito sódico ( $\text{NaNO}_2$ ) (**Na 12**) en agua destilada , y enrásese hasta 1 L . Conservar con 1 ml de  $\text{CHCl}_3$  (**AK 3**)

-**Solución patrón de nitritos de 200 ppm:** Tomar 10 ml de la disolución anterior y diluir a 1 litro. Preparar en el momento de su uso.

**6. PROCEDIMIENTO.**

Filtrar la muestra para eliminar los sólidos en suspensión.  
Ajustar el pH: debe tener un valor comprendido entre 5 y 9; en caso contrario añadir HCl 1N ó  $\text{NH}_4\text{OH}$  1N según convenga.  
Tomar 25 ml del agua problema o una porción diluida a 25 ml, y otros 25 ml de agua destilada para el blanco.  
Añadir 1 ml del reactivo colorante, mezclar y dejar desarrollar color (10 min- 2 horas ).  
Hacer la lectura en el espectrofotómetro a 543 nm.

**7. CURVA DE CALIBRADO**

El rango de aplicación del método es de 10-100  $\mu\text{g NO}_2^-$  - N/l ( 0.032-3.28 ppm  $\text{NO}_2^-$  ).

Preparar una recta patrón cuya concentración de  $\text{NO}_2^-$  oscile entre 0 y 0.2 ppm.

$$V \times 2\text{ppm} = 25 \text{ ml} \times C_{\text{estándares}} ( 0.02, 0.04, 0.08, 0.12, 0.16, 0.2)$$

Tomar volúmenes adecuados de la disolución patrón e nitritos, enrasar hasta 25 ml con agua destilada y someterlos al procedimiento descrito antes.

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

ANÁLISIS DE AGUAS		
PARÁMETRO:	<b>NITRITOS</b>	HOJA N°: 3
<p><b>8. CÁLCULOS.</b></p> <p>Calcular la concentración de la muestra directamente a partir de la recta de calibrado, mediante la comparación de la absorbancia. En el caso de muestras diluidas tener en cuenta el factor de dilución</p> <p><b>9. INTERFERENCIAS.</b></p> <p>La incompatibilidad química hace improbable la coexistencia del nitrito, cloro libre y tricloruro de nitrógeno (el tricloruro de nitrógeno proporciona un color rojo falso cuando se añade el reactivo colorante). El <math>\text{NCl}_3</math> proporciona un color rojo falso cuando se añade el reactivo colorante. Los iones siguientes interfieren debido a precipitación en las condiciones de la prueba, y deben estar ausentes: <math>\text{Sb}^{3+}</math>, <math>\text{Au}^{3+}</math>, <math>\text{Bi}^{3+}</math>, <math>\text{Fe}^{3+}</math>, <math>\text{Pb}^{2+}</math>, <math>\text{Hg}^{2+}</math>, <math>\text{Ag}^+</math>, cloroplatinato (<math>\text{PtCl}_6^{2-}</math>) y metavanadato (<math>\text{VO}_2^+</math>). El ión cúprico (<math>\text{Cu}^{2+}</math>) interfiere al catalizar la descomposición de la sal de diazonio. Los iones coloreados que alteran el sistema de color, también deben estar ausentes. Los sólidos suspendidos se eliminan por filtración.</p>		

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

ANÁLISIS DE AGUAS		
PARAMETRO: <b>NITRATOS</b>		HOJA N°: 1
REF.: Standard Methods, pag 4-149 y 4-150	UNIDADES: mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	RANGO: 5-50 ppm
CONC. MAX. ADMISIBLE: 50 ppm	NIVEL GUIA: 25 ppm	
<b>1. INTRODUCCION</b>  Los NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> existentes en el agua, son habitualmente, consecuencia de un nitrificación del N orgánico o proceden de la disolución de los terrenos atravesados por el agua. Pueden provenir de la contaminación orgánica (ej. aguas residuales) o de la contaminación por abonos químicos. La OMS incluye a los nitratos entre los componentes que pueden ser nocivos para la salud: - en determinadas circunstancias los NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> pueden ser peligrosos para los niños cuando su concentración es mayor sde 45 ppm. El efecto perjudicial de los NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> se debe a que por acción bacteriana se reducen a NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> en el estómago, estos pasan a la sangre y son responsables de la metahemoglobinemia, con lo que el poder de absorción del oxígeno por la sangre disminuye, produciendo asfixia interna. - se conoce además que in vitro los NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> reducidos a NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> pueden formar nitrosaminas de conocida acción cancerígena.		
<b>2. ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS.</b>  Iniciar las determinaciones de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> nada más tomar las muestras. Si se debe almacenar, conservar a 4°C hasta 24 h, para períodos más largos , añádanse 2 ml H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> conc./l y manténgase a 4°C. ( <b>Nota:</b> Cuando se conserve una muestra con ácido, no se pueden determinar NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> y NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> individualmente ).		
<b>3. FUNDAMENTO.</b>  Esta determinación se realiza mediante un método colorimétrico. El anión NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> reacciona con el alcaloide brucina en medio ácido fuerte (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ), oxidándolo y originando cacotelina, de color rojo inestable, cambiando rápidamente a amarillo. Este color amarillo sirve de base para la determinación espectrofotométrica de nitratos.		
<b>4. MATERIAL.</b>  - Matraces aforados de 25 mL. - Pipetas graduadas de 1 y 5 ml.. - Un baño de agua fría en oscuridad. - Espectrofotómetro de absorción molecular UV-visible preparado para medir a 410 nm.		

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

ANALISIS DE AGUAS	
PARAMETRO:	NITRATOS
	HOJA Nº: 2
<p><b>5. REACTIVOS Y DISOLUCIONES.</b></p> <p>- <b>Reactivo brucina-Acido sulfanílico:</b> Disolver 1 gr de brucina y 0.1 g de ácido sulfanílico en unos 70 ml de agua destilada en caliente. Añadir 3 ml de HCl concentrado. Dejar enfriar y diluir hasta 1000 ml con agua destilada.</p> <p>- <b>Solución de Acido Sulfúrico:</b> Agregar con mucho cuidado 500 ml de ácido sulfúrico concentrado a 75 ml de agua destilada. Debe hacerse de una forma lenta, añadiendo pequeñas porciones de volumen.</p> <p>- <b>Solución madre de nitratos de 100 ppm:</b> Disolver 0.1629 g de KNO<sub>3</sub> anhidro en agua destilada y llevar a 1 litro. Conservar con 2 ml de CHCl<sub>3</sub> / litro. (Esta solución es estable durante 6 meses).</p> <p><b>6. PROCEDIMIENTO.</b></p> <p>Introducir en matraces aforados de 25 ml, 1 ml de la muestra problema o una porción diluida , y 1 ml de agua destilada para el blanco.</p> <p>Añadir a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- 0.5 ml de disolución del reactivo brucina-ácido sulfanílico.</li><li>- 5 ml de solución de ácido sulfúrico.</li></ul> <p>Mezclar bien y dejar en la oscuridad durante 10 minutos.</p> <p>Añadir, agitando muy lentamente, agua destilada hasta diluir a unos 20 mL. Colocar los matraces en oscuridad hasta que adquieran la temperatura ambiente (al menos 15 min). Una vez a temperatura ambiente introducirlos en un baño con agua (15 min).</p> <p>Enrasar con agua destilada, agitando para homogeneizar la mezcla.</p> <p>Realizar de forma paralela un blanco.</p> <p>Llevar al espectrofotómetro y leer a 410 nm.</p> <p><b>7. RECTA DE CALIBRADO.</b></p> <p>En las condiciones citadas se pueden medir concentraciones de nitratos comprendidas entre 5 y 50 mg/l. Se calculan los volúmenes de la disolución madre de nitrato que hay que coger para preparar varios patrones con los que construir la recta:</p> $V * 100ppm = 10 ml * C_{PATRÓN} ( 5, 10, 20, 30, 40, 45 y 50)$ <p>Tomamos 1 ml de cada una de las disoluciones patrón y seguimos el procedimiento descrito antes.</p>	

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

ANÁLISIS DE AGUAS		
PARAMETRO:	<b>NITRATOS</b>	HOJA N°: 3
<p><b>8. CÁLCULOS.</b></p> <p>La lectura de la absorbancia de la muestra frente a la curva patrón da directamente la concentración de <math>\text{NO}_3^-</math> en ppm. En el caso de una muestra diluida tener en cuenta el factor de dilución.</p> <p><b>9. INTERFERENCIAS.</b></p> <p>Se requieren muestras ópticamente claras, por lo que es necesario filtrar en el caso de muestras turbias ( ej: aguas residuales). Interfieren los oxidantes o reductores fuertes. Los iones <math>\text{Fe}^+</math>, <math>\text{Fe}^{2+}</math>, <math>\text{Mn}^{4+}</math> interfieren ligeramente cuando la concentración es mayor de 1 ppm. Los <math>\text{NO}_2^-</math> no interfieren por la presencia del ácido sulfanílico (El ácido sulfanílico es una amina aromática, concretamente su estructura es la del ac. p-aminobenzenosulfónico. Impide que los <math>\text{NO}_2^-</math> oxiden la brucina, ya que éstos reaccionan con el ac. sulfanílico y dan una sal de diazonio incolora porque reaccionan y originan un compuesto de diazonio incoloro).</p>		

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**RECTA DE CALIBRADO DE NITRATOS**

UNIDADES: **PPM**  
 RANGO: **0 - 50**

**1.- PREPARACIÓN DE LA DISOLUCIÓN MADRE DE NO<sub>3</sub><sup>-</sup> DE 100 PPM.**

Disolver 0.1629 gramos de KNO<sub>3</sub> en agua destilada y diluir a 1000 ml.

$$\begin{array}{rcl} \text{Pm KNO}_3 = 101.11 & 101.11 & 62 \\ \text{Pm NO}_3^- = 62 & 0.1629 & X \end{array} \quad X = 100 \text{ mg de NO}_3^-$$

**2.- CÁLCULO DE LOS VOLÚMENES DE LA DISOLUCIÓN MADRE PARA PREPARAR LOS DISTINTOS ESTÁNDARES.**

$$V * 1000 \text{ PPM} = 10 \text{ ml} * C_{\text{estándares}} (0 - 50 \text{ ppm})$$

Tomar los distintos volúmenes y enrasar hasta la señal con agua destilada.

**3.- TABLA.**

Nº MATRAZ	BLANCO	I	II	III	IV	V	VI	VII
SOLUCIONES ESTÁNDARES NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ml)	1	1	1	1	1	1	1	1
REACTIVO BRUCINA ÁC. SULFANÍLICO(ml)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
DISOLUCIÓN DE ÁC. SULFÚRICO(ml)	5	5	5	5	5	5	5	5
AGUA DESTILADA (ml)	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5
PPM NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0	5	10	20	30	40	45	50
ABSORBANCIA (nm)								

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

ANALISIS DE AGUAS		
PARAMETRO: <b>NITRATOS</b>		HOJA N°: 1
REF.: Standard Methods, pag 4-149 y 4-150	UNIDADES: mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	RANGO: 5-50 ppm
CONC. MAX. ADMISIBLE: 50 ppm	NIVEL GUIA: 25 ppm	
<p><b>1. INTRODUCCION</b></p> <p>Los NO<sub>3</sub><sup>-</sup> existentes en el agua, son habitualmente, consecuencia de un nitrificación del N orgánico o proceden de la disolución de los terrenos atravesados por el agua. Pueden provenir de la contaminación orgánica (ej. aguas residuales) o de la contaminación por abonos químicos.</p> <p>La OMS incluye a los nitratos entre los componentes que pueden ser nocivos para la salud:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- en determinadas circunstancias los NO<sub>3</sub><sup>-</sup> pueden ser peligrosos para los niños cuando su concentración es mayor sde 45 ppm. El efecto perjudicial de los NO<sub>3</sub><sup>-</sup> se debe a que por acción bacteriana se reducen a NO<sub>2</sub><sup>-</sup> en el estómago, estos pasan a la sangre y son responsables de la metahemoglobinemia, con lo que el poder de absorción del oxígeno por la sangre disminuye, produciendo asfixia interna.</li> <li>- se conoce además que in vitro los NO<sub>3</sub><sup>-</sup> reducidos a NO<sub>2</sub><sup>-</sup> pueden formar nitrosaminas de conocida acción cancerígena.</li> </ul> <p><b>2. ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS.</b></p> <p>Iniciar las determinaciones de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nada más tomar las muestras. Si se debe almacenar, conservar a 4°C hasta 24 h, para períodos más largos , añádanse 2 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> conc./l y manténgase a 4°C.                  ( <b>Nota:</b> Cuando se conserve una muestra con ácido, no se pueden determinar NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y NO<sub>2</sub><sup>-</sup> individualmente ).</p> <p><b>3. FUNDAMENTO.</b></p> <p>Esta determinación se realiza mediante un método colorimétrico.                  El anión NO<sub>3</sub><sup>-</sup> reacciona con el alcaloide brucina en medio ácido fuerte (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), oxidándolo y originando cacotelina, de color rojo inestable, cambiando rápidamente a amarillo.                  Este color amarillo sirve de base para la determinación espectrofotométrica de nitratos.</p>		

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

ANALISIS DE AGUAS	
PARAMETRO:	NITRATOS
	HOJA N°: 2
<p><b>4. MATERIAL.</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Matraces aforados de 25 mL.</li><li>- Pipetas graduadas de 1 y 5 mL.</li><li>- Un baño de agua fría en oscuridad.</li><li>- Espectrofotómetro de absorción molecular UV-visible preparado para medir a 405 nm.</li></ul> <p><b>5. REACTIVOS Y DISOLUCIONES.</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Reactivo brucina-Acido sulfanílico:</b> Disolver 1 gr de brucina y 0.1 g de ácido sulfanílico en unos 70 ml de agua destilada en caliente. Añadir 3 ml de HCl concentrado. Dejar enfriar y diluir hasta 100 ml con agua destilada.</li><li>- <b>Solución de Acido Sulfúrico:</b> Agregar con mucho cuidado 500 ml de ácido sulfúrico concentrado a 75 ml de agua destilada. Debe hacerse de una forma lenta, añadiendo pequeñas porciones de volumen.</li><li>- <b>Solución madre de nitratos de 100 ppm:</b> Séquese nitrato potásico (<math>KNO_3</math>) en un horno a <math>105^\circ C</math> durante 24 horas. Disolver 0.7218 g de <math>KNO_3</math> anhidro en agua destilada y llevar a 1 litro. Conservar con 2 ml de <math>CHCl_3</math>/litro. (Esta solución es estable durante 6 meses).</li></ul> <p><b>6. PROCEDIMIENTO.</b></p> <p>Introducir en matraces aforados de 25 ml, 1 ml de la muestra problema o una porción diluida, y 1 ml de agua destilada para el blanco.</p> <p>Añadir a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- 0.5 ml de disolución del reactivo brucina-ácido sulfanílico.</li><li>- 5 ml de solución de ácido sulfúrico.</li></ul> <p>Mezclar bien y dejar en la oscuridad durante 10 minutos.</p> <p>Añadir, agitando muy lentamente, agua destilada hasta diluir a unos 20 mL. Colocar los matraces en oscuridad hasta que adquieran la temperatura ambiente (al menos 15 min). Una vez a temperatura ambiente introducirlos en un baño con agua (15 min).</p> <p>Enrasar con agua destilada, agitando para homogeneizar la mezcla.</p> <p>Realizar de forma paralela un blanco.</p> <p>Llevar al espectrofotómetro y leer a 405 nm.</p>	

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

ANÁLISIS DE AGUAS																										
PARAMETRO:	<b>NITRATOS</b>	HOJA Nº: 3																								
<p><b>7. RECTA DE CALIBRADO.</b></p> <p>La recta de calibrado de esta determinación hay que realizarla, cada vez que se prepara de nuevo la solución de brucina (semanalmente). Dos veces por semana, se realizarán réplicas con las muestras para comprobar que la determinación se está llevando a cabo adecuadamente y que los reactivos no están estropeados. También una vez por semana, se introduce en el método un patrón de los preparados para la recta de calibrado, para comprobar la veracidad del método. Los puntos de la recta de calibrado se preparan a partir de una disolución madre de 100 mg/L de N-NO<sub>3</sub>.</p> <p>Volúmenes de la disolución madre de nitrato potásico que hay que coger para preparar varios patrones con los que construir la recta:</p> <table border="1" style="width: 100%; margin: 10px 0; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">PREPARACIÓN</th> <th style="text-align: center;">VOLUMEN FINAL (mL.)</th> <th style="text-align: center;">CONCENTRACIÓN (mg/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">25 ml. del patrón de 100 ppm</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">50</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">22.5 ml. del patrón de 100 ppm</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">45</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">20 ml. del patrón de 100 ppm</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">40</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">15 ml. del patrón de 100 ppm</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">30</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">10 ml. del patrón de 100 ppm</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">20</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5 ml. del patrón de 100 ppm</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">10</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2.5 ml. del patrón de 100 ppm</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> </tbody> </table> <p>Tomamos 1 ml de cada una de las disoluciones patrón y seguimos el procedimiento descrito antes.</p> <p><b>8. CÁLCULOS.</b></p> <p>La lectura de la absorbancia de la muestra frente a la curva patrón da directamente la concentración de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en ppm.                      En el caso de una muestra diluida tener en cuenta el factor de dilución.</p>			PREPARACIÓN	VOLUMEN FINAL (mL.)	CONCENTRACIÓN (mg/L)	25 ml. del patrón de 100 ppm	50	50	22.5 ml. del patrón de 100 ppm	50	45	20 ml. del patrón de 100 ppm	50	40	15 ml. del patrón de 100 ppm	50	30	10 ml. del patrón de 100 ppm	50	20	5 ml. del patrón de 100 ppm	50	10	2.5 ml. del patrón de 100 ppm	50	5
PREPARACIÓN	VOLUMEN FINAL (mL.)	CONCENTRACIÓN (mg/L)																								
25 ml. del patrón de 100 ppm	50	50																								
22.5 ml. del patrón de 100 ppm	50	45																								
20 ml. del patrón de 100 ppm	50	40																								
15 ml. del patrón de 100 ppm	50	30																								
10 ml. del patrón de 100 ppm	50	20																								
5 ml. del patrón de 100 ppm	50	10																								
2.5 ml. del patrón de 100 ppm	50	5																								

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**9. INTERFERENCIAS.**

Se requieren muestras ópticamente claras, por lo que es necesario filtrar en el caso de muestras turbias ( ej: aguas residuales).

Interfieren los oxidantes o reductores fuertes.

Los iones  $\text{Fe}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{4+}$  interfieren ligeramente cuando la concentración es mayor de 1 ppm.

Los  $\text{NO}_2^-$  no interfieren por la presencia del ácido sulfanílico (El ácido sulfanílico es una amina aromática, concretamente su estructura es la del ac. p-aminobenzenosulfónico. Impide que los  $\text{NO}_2^-$  oxiden la brucina, ya que éstos reaccionan con el ac. sulfanílico y dan una sal de diazonio incolora porque reaccionan y originan un compuesto de diazonio incoloro).

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**RECTA DE CALIBRADO DE NITRATOS**

UNIDADES: PPM  
 RANGO: 0 - 50

**1.- PREPARACIÓN DE LA DISOLUCIÓN MADRE DE NO<sub>3</sub><sup>-</sup> DE 100 PPM.**

Disolver 0.1629 gramos de KNO<sub>3</sub> en agua destilada y diluir a 1000 ml.

$$\begin{array}{rcl} \text{Pm KNO}_3 = 101.11 & 101.11 & 62 \\ \text{Pm NO}_3^- = 62 & 0.1629 & X \end{array} \quad X = 100 \text{ mg de NO}_3^-$$

**2.- CÁLCULO DE LOS VOLÚMENES DE LA DISOLUCIÓN MADRE PARA PREPARAR LOS DISTINTOS ESTÁNDARES.**

$$V * 1000 \text{ PPM} = 10 \text{ ml} * C_{\text{estándares}} (0 - 50 \text{ ppm})$$

Tomar los distintos volúmenes y enrasar hasta la señal con agua destilada.

**3.- TABLA.**

Nº MATRAZ	BLANCO	I	II	III	IV	V	VI	VII
SOLUCIONES ESTÁNDARES NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ml)	1	1	1	1	1	1	1	1
REACTIVO BRUCINA ÁC. SULFANÍLICO(ml)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
DISOLUCIÓN DE ÁC. SULFÚRICO(ml)	5	5	5	5	5	5	5	5
AGUA DESTILADA (ml)	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5
PPM NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0	5	10	20	30	40	45	50
ABSORBANCIA (nm)								

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

ANÁLISIS DE AGUAS		
PARÁMETRO: <b>NITROGENO TOTAL KJELDAHL</b>		HOJA N°: 1
REF.: STANDARD METHODS, pag 4-162	UNIDADES: mg/L N amoniacal mg/L N orgánico	RANGO:
CONC. MAX. ADMISIBLE: 1mg/L Nitrógeno kjeldahl	NIVEL GUIA:	
<p><b>1.FUNDAMENTO</b></p> <p>Este método sólo determina el nitrógeno en estado trinegativo. Con la primera destilación se pasa el nitrógeno amoniacal a NH<sub>3</sub>, que se recoge en presencia de ácido bórico. Después se valora con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Las reacciones son:</p> <p>N (amoniacal)→ NH<sub>3</sub>  NH<sub>3</sub> + H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>→ NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + H<sub>2</sub>BO<sub>3</sub><sup>-</sup>  H<sub>2</sub>BO<sub>3</sub><sup>-</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>→ H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> + HSO<sub>4</sub><sup>-</sup></p> <p>Se sigue con la digestión (365-380°C), donde el nitrógeno amino de materiales orgánicos en presencia de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Hg(SO<sub>4</sub>) (cat.), forman (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>. Si no se realiza la primera destilación el amoníaco libre y el nitrógeno amoniacal, también se convierten en (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Durante la digestión, se forma un complejo de mercurio amonio.</p> <p>Se continúa con la segunda destilación, donde el tiosulfato sódico se encarga de transformar el nitrógeno orgánico en amoníaco (rotura del complejo por el tiosulfato).</p> <p>N(orgánico)→ NH<sub>3</sub>  NH<sub>3</sub> + H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>→ NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + H<sub>2</sub>BO<sub>3</sub><sup>-</sup>  H<sub>2</sub>BO<sub>3</sub><sup>-</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>→ H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> + HSO<sub>4</sub><sup>-</sup></p> <p>Si no se realiza la primera destilación el resultado de la digestión y la última destilación es lo que se denomina Nitrógeno kjeldahl (nitrógeno amoniacal + Nitrógeno orgánico).</p> <p><b>2.MATERIAL</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aparato de digestión: matraz Kjeldahl (100mL).</li> <li>- Aparato de destilación.</li> <li>- Aparato de titulometría.</li> <li>- Vitrina de gases.</li> <li>- Refrigerantes.</li> <li>- Pipetas: 5mL, 10mL.</li> <li>- Vasos de precipitado.</li> <li>- Dos matraces erlmeyer de 50 cm<sup>3</sup>.</li> </ul> <p><b>3.REACTIVOS</b></p> <p><b>-Solución de sulfato mercúrico:</b> Disolver 8 g de óxido mercúrico (HgO) en 100mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 6N.</p> <p><b>-Reactivo de digestión:</b> disolver 33,5g de sulfato potásico (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) en 163mL de agua destilada y 50mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. Añador, con agitación, 6,25mL de sulfato mercúrico. Diluir hasta 250mL. Mantener a temperatura 20°C para evitar la cristalización.</p>		

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

ANÁLISIS DE AGUAS																		
PARAMETRO: <b>NITROGENO TOTAL KJELDAHL</b>	HOJA Nº: 2																	
<p><b>-Reactivo hidróxido sódico-tiosulfato de sódico:</b> disolver 50g de NaOH y 2,5h de <math>NA_2S_2O_3 \cdot 5H_2O</math> y diluir hasta 100mL de agua destilada.</p> <p><b>-Solución indicadora mixta:</b> disolver 200mg de indicador rojo de metilo en 100mL de alcohol etílico. Disolver 100mg de azul de metileno en 50mL de alcohol etílico. Combinar las dos soluciones. <b>!CADUCAL MES! NO HACER 100 ML PORQUE NO SE UTILIZAN, SOLO SE UTILIZAN 10 ML, DILUIR.</b></p> <p><b>-Solución indicadora de ácido bórico:</b> disolver, en agua destilada, 2g de ácido bórico, añadir 1mL de solución indicadora mixta y diluir a 100mL, <b>!caduca al mes!</b>.</p> <p><b>-Ácido bórico 0,02 N</b></p> <p><b>-Solución tampón de borato:</b> añadir 8,8mL de NaOH 0,1 N a 50mL de tetraborato sódico 10 hidrato 0,025 M (0,95g de tetraborato sódico 10 hidrato en 100mL de agua destilada) diluir hasta 100mL.</p> <p><b>4.PROCEDIMIENTO</b></p> <p>4.1 <u>Selección del tamaño de muestra y selección.</u></p> <p>Poner un volumen de muestra en matraz Kjeldahl de 100mL. Seleccionar el tamaño de la muestra a partir de la tabulación siguiente:</p> <table border="1"><thead><tr><th rowspan="2">Nitrógeno orgánico en la muestra (mg/L)</th><th colspan="2">Tamaño de la muestra</th></tr><tr><th>Aguas (mL)</th><th>Fango</th></tr></thead><tbody><tr><td>4-40</td><td>50</td><td>5</td></tr><tr><td>8-80</td><td>25</td><td>2,5</td></tr><tr><td>20-200</td><td>10</td><td>1</td></tr><tr><td>40-400</td><td>5</td><td>0,5</td></tr></tbody></table> <p>Siempre que el tamaño de la muestra lo permita, diluyase ésta hasta 50mL</p> <p>4.2 <u>Determinación del nitrógeno amoniacal.</u></p> <p>En el matraz kjeldahl, añadir 50mL de muestra, 3mL de tampón borato (para evotar que el pH de la muestra varíe), sosa hasta aumentar el pH hasta 9,5 (aproximadamente 2 gotas). Introducir las perlas de vidrio. En el erlenmeyer añadir 10mL de ácido bórico, para recoger el amoniaco que se destile. Se destila aproximadamente unos 30mL que se supone 40mL en el erlenmeyer. Es importante que el tubo de refrigerante esté bajo en el nivel de ácido bórico. Una vez destilado, retirar rápidamente el matraz kjeldahl para que no se seque la muestra. Dejar enfriar. Se valora con ácido sulfurico el contenido del erlenmeyer, hasta que vire de verde a violeta, <b>!cuidado vira bruscamente!</b>. Llévase un blanco de reactivo durante todos los pasos del método y aplíquese las correcciones necesarias a los resultados.</p> <p>4.3 <u>Digestión</u></p> <p>Añadir con cuidado 10mL de reactivo de digestión al matraz kjeldahl que contiene la muestra. Digerir (calentando) dentro de la campana de extracción para evitar los gases del óxido de azufre (poner e funcionamiento el extractor). Cuando quedan unos 3mL, apartar y dejar enfriar.</p>		Nitrógeno orgánico en la muestra (mg/L)	Tamaño de la muestra		Aguas (mL)	Fango	4-40	50	5	8-80	25	2,5	20-200	10	1	40-400	5	0,5
Nitrógeno orgánico en la muestra (mg/L)	Tamaño de la muestra																	
	Aguas (mL)	Fango																
4-40	50	5																
8-80	25	2,5																
20-200	10	1																
40-400	5	0,5																

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

ANALISIS DE AGUAS	
PARAMETRO: NITROGENO TOTAL KJELDAHL	HOJA Nº: 3
<p>4.4 <u>Determinación de nitrógeno orgánico.</u></p> <p>Sobre el matraz kjeldahl añadir 40mL de aua destilada y una vez finalizado el montaje añadir por la parte superior 5mL hidróxido de tiosulfato, tapar rápidamente para evitar la pérdida de amoniaco. En esta valoración obtenemos el nitrógeno orgánico.</p> <p>Continuese la destilación durante unos 2 minutos para limpiar el condensador.</p> <p>4.5 <u>Cálculo.</u></p> $\text{ppm N-NH}_4^+ = (A-B) * 280 / \text{mL}_{\text{muestra}}$ $\text{ppm N- org.} = (A-B) * 280 / \text{mL}_{\text{muestra}}$ <p>A= Volumen de ácido sulfúrico utilizados en la muestra. B= Idem para el blanco, etc.</p>	

## **Apéndice III**

Fichas de calidad de agua de los pozos muestreados del Acuífero Patiño

**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 1

**Pozo:** Est. Def. Chaco (Sajonia)

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** ASUNCION

**Coordenadas UTM:** 433876, 7202567

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	9	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	5	0
pH:		0	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	140	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25,8	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l		
Nitrógeno de Nitratos	mg/l		
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l		
Nitritos	mg/l		0.1
Nitratos	mg/l		45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l		0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 2

**Pozo:** Tacumbu Com. Ingeniería

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** ASUNCION

**Coordenadas UTM:** 434234, 7201052

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	5000	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	5000	0
pH:		0	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	40	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	28	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l		
Nitrógeno de Nitratos	mg/l		
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l		
Nitritos	mg/l		0.1
Nitratos	mg/l		45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l		0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 3

**Pozo:** Club River Plate

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** ASUNCION

**Coordenadas UTM:** 439774, 7201240

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	5000	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	5000	0
pH:		0	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	294	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	26,9	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l		
Nitrógeno de Nitratos	mg/l		
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l		
Nitritos	mg/l		0.1
Nitratos	mg/l		45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l		0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 4

**Pozo:** Parque Nu Guazu

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** LUQUE

**Coordenadas UTM:** 445839, 7205147

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		0	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	210	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	29,5	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l		
Nitrógeno de Nitratos	mg/l		
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l		
Nitritos	mg/l		0.1
Nitratos	mg/l		45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l		0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 5

**Pozo:** Aregua

**Tipo de Fuente:** Superficial

**Zona:** FUERA DEL ACUIFERO

**Distrito:** AREGUA

**Coordenadas UTM:** 462331, 7201473

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	600	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	1200	0
pH:		6,5	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	125	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	0	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l		
Nitrógeno de Nitratos	mg/l		
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l		
Nitritos	mg/l		0.1
Nitratos	mg/l		45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l		0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 6

**Pozo:** Aregua

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** AREGUA

**Coordenadas UTM:** 460484, 7200269

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	1	0
pH:		5,6	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	90,1	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	27	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l		
Nitrógeno de Nitratos	mg/l		
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l		
Nitritos	mg/l		0.1
Nitratos	mg/l		45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l		0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 7

**Pozo:** Valle Pucu

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** AREGUA

**Coordenadas UTM:** 455800, 7202284

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5,3	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	58	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	28	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l		
Nitrógeno de Nitratos	mg/l		
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l		
Nitritos	mg/l		0.1
Nitratos	mg/l		45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l		0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 8

**Pozo:** Corpasana P1 Luque

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** LUQUE

**Coordenadas UTM:** 450563, 7204504

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5,70	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	43	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	28,6	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l		
Nitrógeno de Nitratos	mg/l		
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l		
Nitritos	mg/l		0.1
Nitratos	mg/l		45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l		0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 9

**Pozo:** Residencia Castiglioni

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** ASUNCION

**Coordenadas UTM:** 442823, 7201238

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	2	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	22	0
pH:		6	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	102	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	30	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l		
Nitrógeno de Nitratos	mg/l		
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l		
Nitritos	mg/l		0.1
Nitratos	mg/l		45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l		0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 10

**Pozo:** Villa 24 de junio

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** SAN LORENZO

**Coordenadas UTM:** 448163, 7200463

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	3	0
pH:		0	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	75	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	26,4	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l		
Nitrógeno de Nitratos	mg/l		
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l		
Nitritos	mg/l		0.1
Nitratos	mg/l		45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l		0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 11

**Pozo:** Frigorífico Guarani

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** FERNANDO DE LA MORA

**Coordenadas UTM:** 445085, 7201755

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		0	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	239	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25,7	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l		
Nitrógeno de Nitratos	mg/l		
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l		
Nitritos	mg/l		0.1
Nitratos	mg/l		45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l		0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 12

**Pozo:** Shell el Sol - M.R.Alonso

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** MARIANO ROQUE ALONSO

**Coordenadas UTM:** 446220, 7209707

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	5000	0
pH:		0	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	62	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	30	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l		
Nitrógeno de Nitratos	mg/l		
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l		
Nitritos	mg/l		0.1
Nitratos	mg/l		45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l		0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 13

**Pozo:** Colegio de Policía

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** LUQUE

**Coordenadas UTM:** 447011, 7202946

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		0	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	39	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l		
Nitrógeno de Nitratos	mg/l		
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l		
Nitritos	mg/l		0.1
Nitratos	mg/l		45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l		0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 14

**Pozo:** Círculo de Policías

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

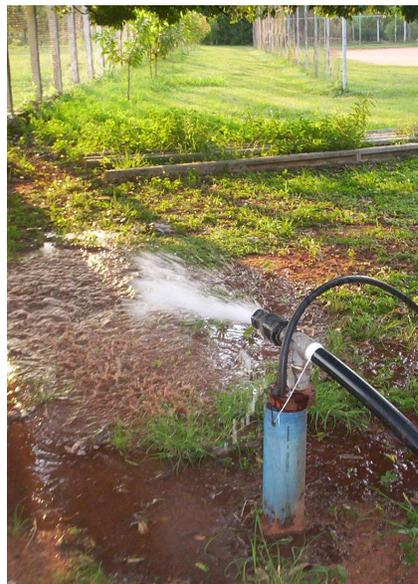
**Distrito:** LUQUE

**Coordenadas UTM:** 446860, 7203217

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		0	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	61	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l		
Nitrógeno de Nitratos	mg/l		
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l		
Nitritos	mg/l		0.1
Nitratos	mg/l		45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l		0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 15

**Pozo:** Curtiembre

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** ASUNCION

**Coordenadas UTM:** 438742, 7204212

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	5000	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	5000	0
pH:		0	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	238	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	28,5	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l		
Nitrógeno de Nitratos	mg/l		
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l		
Nitritos	mg/l		0.1
Nitratos	mg/l		45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l		0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 16

**Pozo:** Curtiembre Vernom

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** ASUNCION

**Coordenadas UTM:** 439834, 7205775

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	5000	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	5000	0
pH:		0	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	221	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	26,7	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l		
Nitrógeno de Nitratos	mg/l		
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l		
Nitritos	mg/l		0.1
Nitratos	mg/l		45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l		0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 17

**Pozo:** Rojas Canada

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** CAPIATA

**Coordenadas UTM:** 457349, 7194032

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5,6	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	89,8	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	24,7	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l		
Nitrógeno de Nitratos	mg/l		
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l		
Nitritos	mg/l		0.1
Nitratos	mg/l		45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l		0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 18

**Pozo:** Mboyi

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** ITAUGUA

**Coordenadas UTM:** 459693, 7192682

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5,5	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	82	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25,6	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l		
Nitrógeno de Nitratos	mg/l		
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l		
Nitritos	mg/l		0.1
Nitratos	mg/l		45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l		0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 19

**Pozo:** Mbocayaty

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** ITAUGUA

**Coordenadas UTM:** 463160, 7191588

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5,8	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	57,9	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	26	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l		
Nitrógeno de Nitratos	mg/l		
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l		
Nitritos	mg/l		0.1
Nitratos	mg/l		45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l		0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 20

**Pozo:** Itaugua Guazu

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** ITAUGUA

**Coordenadas UTM:** 463077, 7186288

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5,4	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	60,6	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	24,7	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l		
Nitrógeno de Nitratos	mg/l		
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l		
Nitritos	mg/l		0.1
Nitratos	mg/l		45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l		0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 21

**Pozo:** Itaugua

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** ITAUGUA

**Coordenadas UTM:** 464820, 7189622

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	1	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	3	0
pH:		5,4	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	41,6	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	26	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l		
Nitrógeno de Nitratos	mg/l		
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l		
Nitritos	mg/l		0.1
Nitratos	mg/l		45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l		0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 22

**Pozo:** Ypacarai

**Tipo de Fuente:** Superficial

**Zona:** RURAL

**Distrito:** ITAUGUA

**Coordenadas UTM:** 468267, 7188949

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	7	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	10	0
pH:		6,6	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	219	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	30	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l		
Nitrógeno de Nitratos	mg/l		
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l		
Nitritos	mg/l		0.1
Nitratos	mg/l		45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l		0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 25

**Pozo:** S.Bernardino

**Tipo de Fuente:** Superficial

**Zona:** FUERA DEL ACUIFERO

**Distrito:** SAN BERNARDINO

**Coordenadas UTM:** 467052, 7207548

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	5000	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	5000	0
pH:		6,5	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	132,3	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	28	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l		
Nitrógeno de Nitratos	mg/l		
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l		
Nitritos	mg/l		0.1
Nitratos	mg/l		45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l		0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 26

**Pozo:** Ypacarai

**Tipo de Fuente:** Superficial

**Zona:** FUERA DEL ACUIFERO

**Distrito:** YPACARAI

**Coordenadas UTM:** 472962, 7192020

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	800	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	2000	0
pH:		6,6	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	62,6	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	29,9	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l		
Nitrógeno de Nitratos	mg/l		
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l		
Nitritos	mg/l		0.1
Nitratos	mg/l		45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l		0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 27

**Pozo:** Ybyraty

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** ITAUGUA

**Coordenadas UTM:** 467241, 7191022

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5,4	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	78,4	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	24,6	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l		
Nitrógeno de Nitratos	mg/l		
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l		
Nitritos	mg/l		0.1
Nitratos	mg/l		45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l		0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 28

**Pozo:** Pindolo

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** AREGUA

**Coordenadas UTM:** 459291, 7196359

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	40	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	90	0
pH:		5,70	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	35,8	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25,1	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l		
Nitrógeno de Nitratos	mg/l		
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l		
Nitrógeno Total	mg/l		
Nitritos	mg/l		0.1
Nitratos	mg/l		45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l		0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 29

**Pozo:** Sra Juanita

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** MARIANO ROQUE ALONSO

**Coordenadas UTM:** 445601, 7214141

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	5000	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	5000	0
pH:		5,5	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	27,1	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	26,6	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,006	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	3,5	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,011	
Nitrógeno Total	mg/l	3,517	
Nitritos	mg/l	0,02	0.1
Nitratos	mg/l	15,5	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,014	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 30

**Pozo:** Antonio Palacio

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** MARIANO ROQUE ALONSO

**Coordenadas UTM:** 445632, 7214134

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	4	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	32	0
pH:		5,70	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	66,2	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	27	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,009	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	13,12	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,728	
Nitrógeno Total	mg/l	13,857	
Nitritos	mg/l	0,03	0.1
Nitratos	mg/l	58,103	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,936	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 31

**Pozo:** Shell - puente Remanso

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** MARIANO ROQUE ALONSO

**Coordenadas UTM:** 445551, 7214023

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml		0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml		0
pH:		6,4	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	38	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	29,1	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,026	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	8,46	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	1,726	
Nitrógeno Total	mg/l	10,212	
Nitritos	mg/l	0,085	0.1
Nitratos	mg/l	37,466	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	2,219	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 32

**Pozo:** Limpio

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** LIMPIO

**Coordenadas UTM:** 451750, 7216347

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		6,5	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	66,4	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	27,2	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,44	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,08	
Nitrógeno Total	mg/l	0,521	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	1,949	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,103	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 33

**Pozo:** Piquete Cue

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** LIMPIO

**Coordenadas UTM:** 452411, 7220339

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	300	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	1400	0
pH:		5,8	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	31,1	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	26,5	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,37	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,016	
Nitrógeno Total	mg/l	0,387	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	1,639	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,021	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 34

**Pozo:** Limpio

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** LIMPIO

**Coordenadas UTM:** 452804, 7219792

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5,6	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	22,3	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	26,8	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,002	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,26	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,011	
Nitrógeno Total	mg/l	0,273	
Nitritos	mg/l	0,007	0.1
Nitratos	mg/l	1,151	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,014	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 35

**Pozo:** Limpio

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** LIMPIO

**Coordenadas UTM:** 452263, 7216482

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	200	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	400	0
pH:		6,1	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	33	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	26,6	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,013	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,45	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,06	
Nitrógeno Total	mg/l	0,523	
Nitritos	mg/l	0,043	0.1
Nitratos	mg/l	1,993	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,077	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 36

**Pozo:** Piquete Cue

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** LIMPIO

**Coordenadas UTM:** 455214, 7214898

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	3000	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	5000	0
pH:		6,20	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	30,2	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,002	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	1,86	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,008	
Nitrógeno Total	mg/l	1,87	
Nitritos	mg/l	0,007	0.1
Nitratos	mg/l	8,237	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,01	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 37

**Pozo:** Salado

**Tipo de Fuente:** Superficial

**Zona:** URBANO

**Distrito:** LIMPIO

**Coordenadas UTM:** 454474, 7214602

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	1	0
pH:		5,6	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	78,3	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25,5	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,49	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,007	
Nitrógeno Total	mg/l	0,498	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	2,17	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,009	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 38

**Pozo:** Canal 100 Antena - Vil

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** VILLA ELISA

**Coordenadas UTM:** 441510, 7194182

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	6	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	290	0
pH:		0	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	49	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25,7	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,008	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	1,64	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,005	
Nitrógeno Total	mg/l	1,653	
Nitritos	mg/l	0,026	0.1
Nitratos	mg/l	7,263	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,006	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 39

**Pozo:** Club Sol de America de Villa Elisa

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

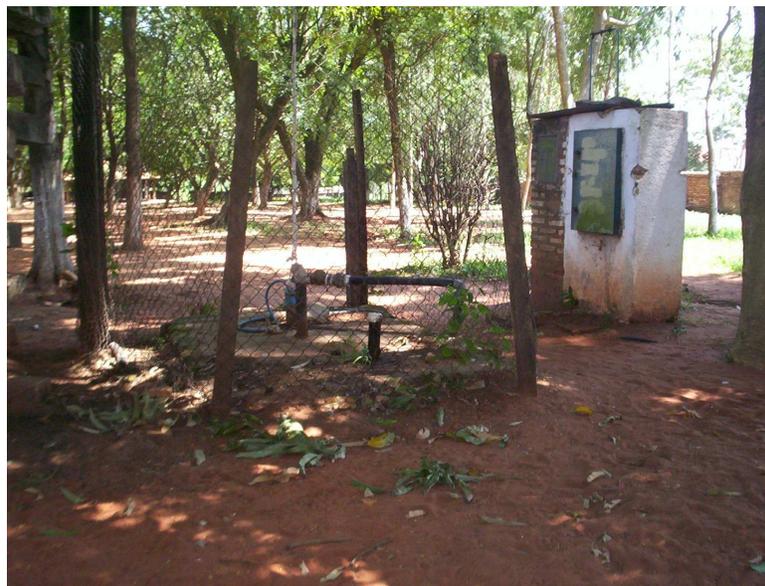
**Distrito:** VILLA ELISA

**Coordenadas UTM:** 441067, 7194270

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	2	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	161	0
pH:		0	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	59	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	27,6	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,9	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,008	
Nitrógeno Total	mg/l	0,909	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	3,986	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,01	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 40

**Pozo:** Villa Elisa

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** VILLA ELISA

**Coordenadas UTM:** 441006, 7195840

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	2	0
pH:		0	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	116	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25,4	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	3,89	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,009	
Nitrógeno Total	mg/l	3,9	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	17,227	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,012	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 41

**Pozo:** Caaguazu

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** ÑEMBY

**Coordenadas UTM:** 447428, 7189210

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	1	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	3	0
pH:		0	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	70	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	2,45	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,01	
Nitrógeno Total	mg/l	2,461	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	10,85	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,013	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 42

**Pozo:** Caaguazu

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** ÑEMBY

**Coordenadas UTM:** 447028, 7190275

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		6,6	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	71	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	26,8	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,44	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,005	
Nitrógeno Total	mg/l	0,446	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	1,949	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,006	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 43

**Pozo:** Nemby

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** ÑEMBY

**Coordenadas UTM:** 446769, 7190972

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		6,6	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	47	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25,6	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,5	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,007	
Nitrógeno Total	mg/l	0,508	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	2,214	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,009	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 44

**Pozo:** Mario Agustin Vian

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** VILLA ELISA

**Coordenadas UTM:** 442662, 7195283

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	27	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	36	0
pH:		6,1	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	378	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	28	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	11,24	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,005	
Nitrógeno Total	mg/l	11,246	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	49,777	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,006	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 45

**Pozo:** Ceveriano Rios

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** VILLA ELISA

**Coordenadas UTM:** 442733, 7195292

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	1	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	4	0
pH:		0	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	317	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	27	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,004	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	4,2	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,004	
Nitrógeno Total	mg/l	4,208	
Nitritos	mg/l	0,013	0.1
Nitratos	mg/l	18,6	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,005	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 46

**Pozo:** Mbocayaty

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** ÑEMBY

**Coordenadas UTM:** 442888, 7193967

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	2	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	9	0
pH:		0	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	85	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25,2	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,213	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	13,16	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,124	
Nitrógeno Total	mg/l	13,497	
Nitritos	mg/l	0,7	0.1
Nitratos	mg/l	58,28	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,159	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 47

**Pozo:** Ing. Chavez

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** LAMBARE

**Coordenadas UTM:** 438120, 7196567

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	20	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	1200	0
pH:		0	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	304	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	26,4	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	12,15	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,008	
Nitrógeno Total	mg/l	12,159	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	53,807	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,01	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 48

**Pozo:** Oviedo

**Tipo de Fuente:** Surgente

**Zona:** FUERA DEL ACUIFERO

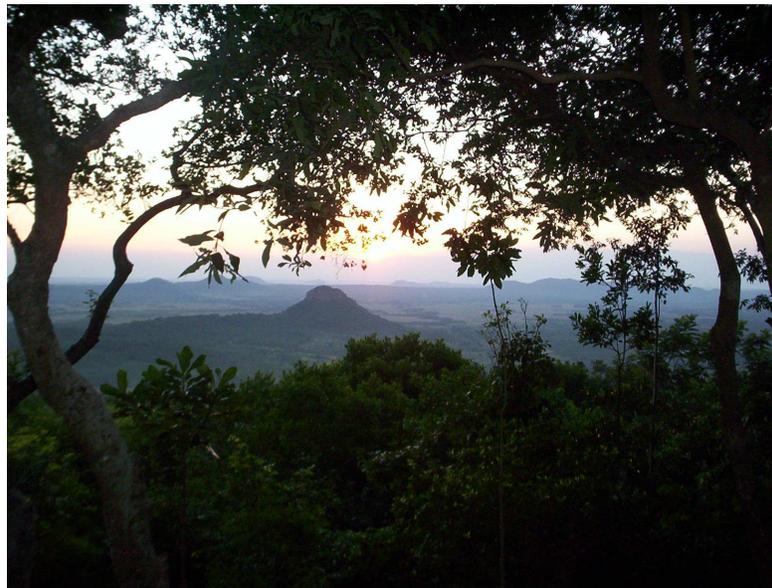
**Distrito:** PARAGUARI

**Coordenadas UTM:** 490517, 7171936

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	1	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	3	0
pH:		5,20	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	20,3	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	22,4	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,005	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,3	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,006	
Nitrógeno Total	mg/l	0,311	
Nitritos	mg/l	0,016	0.1
Nitratos	mg/l	1,329	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,008	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 49

**Pozo:** Paraguari CP1

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** PARAGUARI

**Coordenadas UTM:** 484806, 7167137

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		6,1	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	101,4	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	27	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	1,11	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,005	
Nitrógeno Total	mg/l	1,116	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	4,916	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,006	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 50

**Pozo:** Paraguari CP2

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** PARAGUARI

**Coordenadas UTM:** 482652, 7169745

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5,6	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	56,8	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	26,4	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	1,37	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,005	
Nitrógeno Total	mg/l	1,376	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	6,067	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,006	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 51

**Pozo:** Corta Puku

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** PARAGUARI

**Coordenadas UTM:** 483747, 7167669

**Análisis Laboratorial:**

Parámetro	Unidades	Resultado	Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5,20	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	71,8	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	27,8	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,32	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,212	
Nitrógeno Total	mg/l	0,533	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	1,417	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,273	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 52

**Pozo:** Lopez Moreira

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** YAGUARON

**Coordenadas UTM:** 480147, 7168532

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		6,1	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	73,4	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	24,5	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,002	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,61	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,018	
Nitrógeno Total	mg/l	0,63	
Nitritos	mg/l	0,007	0.1
Nitratos	mg/l	2,701	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,023	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 53

**Pozo:** Peguaho

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** YAGUARON

**Coordenadas UTM:** 477658, 7170165

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		6	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	84,5	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	24,5	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	1,65	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,003	
Nitrógeno Total	mg/l	1,654	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	7,307	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,004	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 54

**Pozo:** Yaguaron Central

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** YAGUARON

**Coordenadas UTM:** 471644, 7172928

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		6,5	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	107,4	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	26,1	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,32	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,005	
Nitrógeno Total	mg/l	0,326	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	1,417	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,006	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 55

**Pozo:** Pirayu P1

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** PIRAYU

**Coordenadas UTM:** 475278, 7180109

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5,6	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	32,2	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25,2	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,89	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,004	
Nitrógeno Total	mg/l	0,895	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	3,941	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,005	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 56

**Pozo:** Paso Esperanza Pinoya

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** PIRAYU

**Coordenadas UTM:** 474112, 7180453

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	3	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	5	0
pH:		6	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	44	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	24,8	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,67	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,006	
Nitrógeno Total	mg/l	0,677	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	2,967	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,008	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 57

**Pozo:** Zayas P1

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

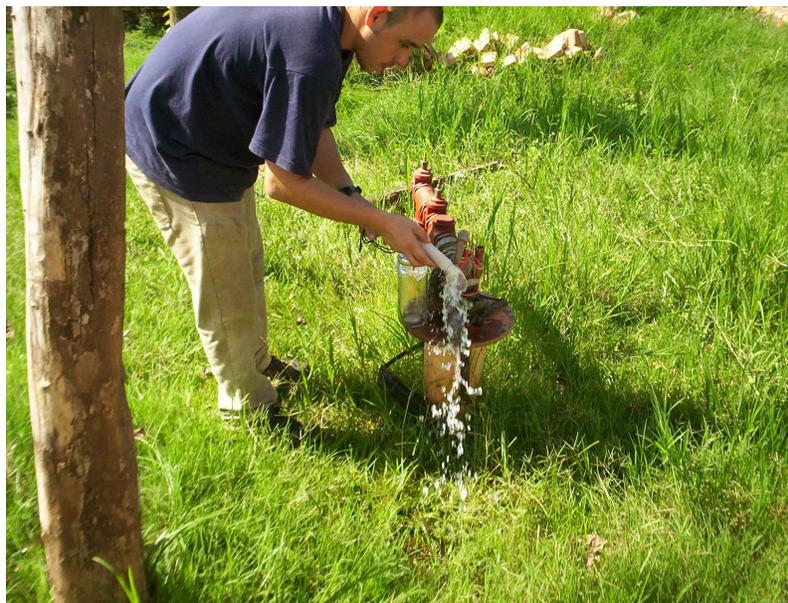
**Distrito:** YAGUARON

**Coordenadas UTM:** 468755, 7176399

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		6,5	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	157,7	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	24,6	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,76	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,006	
Nitrógeno Total	mg/l	0,767	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	3,366	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,008	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 58

**Pozo:** Cardozo

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** ITA

**Coordenadas UTM:** 466577, 7172479

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		6,3	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	88,6	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	24,7	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,81	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,005	
Nitrógeno Total	mg/l	0,816	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	3,587	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,006	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 59

**Pozo:** Aveiro

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** ITA

**Coordenadas UTM:** 461394, 7181609

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		6,1	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	51,7	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	24	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,41	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,005	
Nitrógeno Total	mg/l	0,416	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	1,816	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,006	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 60

**Pozo:** Curupicayty

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** ITA

**Coordenadas UTM:** 460004, 7179283

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		6	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	95,3	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	23,8	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,52	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,007	
Nitrógeno Total	mg/l	0,528	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	2,303	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,009	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 61

**Pozo:** Posta Gaona

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** ITA

**Coordenadas UTM:** 459382, 7181023

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		6,5	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	208	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	24	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,61	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,006	
Nitrógeno Total	mg/l	0,617	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	2,701	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,008	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 62

**Pozo:** Las Piedras

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** ITA

**Coordenadas UTM:** 459245, 7184404

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		6,3	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	51,2	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	26,8	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,579	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,011	
Nitrógeno Total	mg/l	0,591	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	2,564	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,014	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 63

**Pozo:** Guarambaré P5

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** GUARAMBARE

**Coordenadas UTM:** 455153, 7181344

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5,20	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	54,8	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	24,8	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,002	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	1,37	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,011	
Nitrógeno Total	mg/l	1,383	
Nitritos	mg/l	0,007	0.1
Nitratos	mg/l	6,067	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,014	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 64

**Pozo:** Guarambaré Rincon P3

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** GUARAMBARE

**Coordenadas UTM:** 452862, 7181525

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5,4	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	117,7	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	24,8	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	2,53	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,009	
Nitrógeno Total	mg/l	2,54	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	11,204	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,012	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 65

**Pozo:** Ypane P1

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** YPANE

**Coordenadas UTM:** 449125, 7184198

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		6,3	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	95,6	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	27,6	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,31	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,033	
Nitrógeno Total	mg/l	0,344	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	1,373	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,042	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 66

**Pozo:** Ypane P3

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** YPANE

**Coordenadas UTM:** 449073, 7185199

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		6,1	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	84,4	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	26,9	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	1,61	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,006	
Nitrógeno Total	mg/l	1,617	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	7,13	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,008	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 67

**Pozo:** Cerrito, P2

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** SAN ANTONIO

**Coordenadas UTM:** 444460, 7189218

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	1	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	2	0
pH:		5,70	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	104,2	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25,4	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	2,26	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,004	
Nitrógeno Total	mg/l	2,265	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	10,009	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,005	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 68

**Pozo:** Cerrito, P5 BO. Don Pedro

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** SAN ANTONIO

**Coordenadas UTM:** 444139, 7190003

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		6,1	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	62,9	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25,4	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	2,01	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,003	
Nitrógeno Total	mg/l	2,014	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	8,901	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,004	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 69

**Pozo:** San Antonio

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** SAN ANTONIO

**Coordenadas UTM:** 443651, 7189266

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5,20	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	73,1	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	27,6	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	2,07	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,002	
Nitrógeno Total	mg/l	2,073	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	9,167	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,003	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 70

**Pozo:** Carmelo Fretes - S. Ant

**Tipo de Fuente:** Somero

**Zona:** URBANO

**Distrito:** SAN ANTONIO

**Coordenadas UTM:** 443050, 7188552

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	5000	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	5000	0
pH:		5,8	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	46,2	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25,6	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,006	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,004	
Nitrógeno Total	mg/l	0,01	
Nitritos	mg/l	0,02	0.1
Nitratos	mg/l	0	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,005	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 71

**Pozo:** Conavi

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** SAN ANTONIO

**Coordenadas UTM:** 443241, 7189673

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	1	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	3	0
pH:		5,20	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	37,8	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25,1	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	1,02	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,006	
Nitrógeno Total	mg/l	1,027	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	4,517	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,008	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 72

**Pozo:** Ed. Ruiz Díaz - S. Anton

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** SAN ANTONIO

**Coordenadas UTM:** 442479, 7190362

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	6	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	10	0
pH:		5,20	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	51,5	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,45	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,007	
Nitrógeno Total	mg/l	0,458	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	1,993	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,009	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 73

**Pozo:** Estanzuela

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** ITAUGUA

**Coordenadas UTM:** 462859, 7196292

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5,9	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	36,3	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	24,6	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,62	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,004	
Nitrógeno Total	mg/l	0,625	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	2,746	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,005	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 74

**Pozo:** Isla Valle

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** AREGUA

**Coordenadas UTM:** 458995, 7202612

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5,70	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	58,9	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25,8	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	2,06	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,088	
Nitrógeno Total	mg/l	2,149	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	9,123	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,113	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 75

**Pozo:** Bo. San Antonio

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** AREGUA

**Coordenadas UTM:** 457774, 7202328

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		6,1	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	120,6	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25,3	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	3,22	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,019	
Nitrógeno Total	mg/l	3,24	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	14,26	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,024	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 76

**Pozo:** Nueva Asunción

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** AREGUA

**Coordenadas UTM:** 457328, 7200323

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5,20	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	45,8	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	24,7	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	2,14	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,016	
Nitrógeno Total	mg/l	2,157	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	9,477	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,021	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 77

**Pozo:** 3 de Mayo

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** LUQUE

**Coordenadas UTM:** 453514, 7202401

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5,20	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	74,2	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	27	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	1,63	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,001	
Nitrógeno Total	mg/l	1,632	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	7,219	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,001	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 78

**Pozo:** Conavi Canada S.R. Luque

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** LUQUE

**Coordenadas UTM:** 451845, 7201435

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5,20	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	55,6	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	1,41	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,001	
Nitrógeno Total	mg/l	1,412	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	6,244	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,001	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 79

**Pozo:** Emergencias Médicas

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** ASUNCION

**Coordenadas UTM:** 438323, 7201689

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	16	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	30	0
pH:		6,70	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	711	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25,5	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,183	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	19,68	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,01	
Nitrógeno Total	mg/l	19,873	
Nitritos	mg/l	0,601	0.1
Nitratos	mg/l	87,154	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,013	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 80

**Pozo:** Raul Rivarola

**Tipo de Fuente:** Superficial

**Zona:** URBANO

**Distrito:** ASUNCION

**Coordenadas UTM:** 435105, 7195371

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	5000	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	5000	0
pH:		6,9	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	77,7	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	27	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,034	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,08	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,034	
Nitrógeno Total	mg/l	0,148	
Nitritos	mg/l	0,112	0.1
Nitratos	mg/l	0,354	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,044	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 81

**Pozo:** Victor González

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** LAMBARE

**Coordenadas UTM:** 437689, 7195570

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	5	0
pH:		5,3	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	180,4	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,004	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	7,38	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,01	
Nitrógeno Total	mg/l	7,394	
Nitritos	mg/l	0,013	0.1
Nitratos	mg/l	32,683	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,013	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 84

**Pozo:** Rio Salado

**Tipo de Fuente:** Superficial

**Zona:** FUERA DEL ACUIFERO

**Distrito:** LIMPIO

**Coordenadas UTM:** 455080, 7220516

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	300	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	540	0
pH:		6,8	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	335	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	27,9	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,012	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,13	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,012	
Nitrógeno Total	mg/l	0,154	
Nitritos	mg/l	0,039	0.1
Nitratos	mg/l	0,576	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,015	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 85

**Pozo:** Piquete Cue

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** LIMPIO

**Coordenadas UTM:** 455482, 7213767

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5,20	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	96,4	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	26,4	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,006	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	2,07	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,007	
Nitrógeno Total	mg/l	2,083	
Nitritos	mg/l	0,02	0.1
Nitratos	mg/l	9,167	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,009	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 86

**Pozo:** Salazar

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** LIMPIO

**Coordenadas UTM:** 452922, 7211239

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	1	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	3	0
pH:		5,5	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	431	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	28,7	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,002	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	2,26	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,005	
Nitrógeno Total	mg/l	2,267	
Nitritos	mg/l	0,007	0.1
Nitratos	mg/l	10,009	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,006	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 87

**Pozo:** Canada Cardy P2

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** LUQUE

**Coordenadas UTM:** 454625, 7206400

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		6,1	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	54,2	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	26,5	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	1,27	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,004	
Nitrógeno Total	mg/l	1,275	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	5,624	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,005	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 88

**Pozo:** Marin Caaguy

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** LUQUE

**Coordenadas UTM:** 455082, 7208723

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		6,6	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	181,4	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	26,6	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	1,82	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,003	
Nitrógeno Total	mg/l	1,824	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	8,06	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,004	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 89

**Pozo:** Esso Luque

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** LUQUE

**Coordenadas UTM:** 452361, 7204068

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	5000	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	5000	0
pH:		5,20	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	161,2	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	27	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,003	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	6,92	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,004	
Nitrógeno Total	mg/l	6,927	
Nitritos	mg/l	0,01	0.1
Nitratos	mg/l	30,646	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,005	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 90

**Pozo:** Prisciliano Zarate

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** LUQUE

**Coordenadas UTM:** 447747, 7204392

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	8	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	10	0
pH:		5,20	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	71,3	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25,3	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,002	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	1,49	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,005	
Nitrógeno Total	mg/l	1,497	
Nitritos	mg/l	0,007	0.1
Nitratos	mg/l	6,599	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,006	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 91

**Pozo:** Catalino Gomez Achar

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** CAPIATA

**Coordenadas UTM:** 452001, 7192610

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	6	0
pH:		5	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	75	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	26,7	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,004	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	3,9	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,178	
Nitrógeno Total	mg/l	4,082	
Nitritos	mg/l	0,013	0.1
Nitratos	mg/l	17,271	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,229	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 92

**Pozo:** Mario Merz

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** SALDIVAR

**Coordenadas UTM:** 455029, 7189800

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	1	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	11	0
pH:		5,4	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	53	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25,6	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	1,62	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,106	
Nitrógeno Total	mg/l	1,727	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	7,174	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,136	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 93

**Pozo:** Lic. Elías Marecos Cerna

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** SALDIVAR

**Coordenadas UTM:** 453958, 7187658

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5,5	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	79	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25,7	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	1,22	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,097	
Nitrógeno Total	mg/l	1,318	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	5,403	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,125	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 94

**Pozo:** Parroquia San Miguel Arcán

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** SALDIVAR

**Coordenadas UTM:** 455768, 7186203

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	6	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	8	0
pH:		4,8	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	53	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	24,5	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	2,45	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,143	
Nitrógeno Total	mg/l	2,594	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	10,85	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,184	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 95

**Pozo:** JS

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** SALDIVAR

**Coordenadas UTM:** 459279, 7188288

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5,6	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	70	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25,6	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,13	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,078	
Nitrógeno Total	mg/l	0,209	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	0,576	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,1	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 96

**Pozo:** Plaza

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

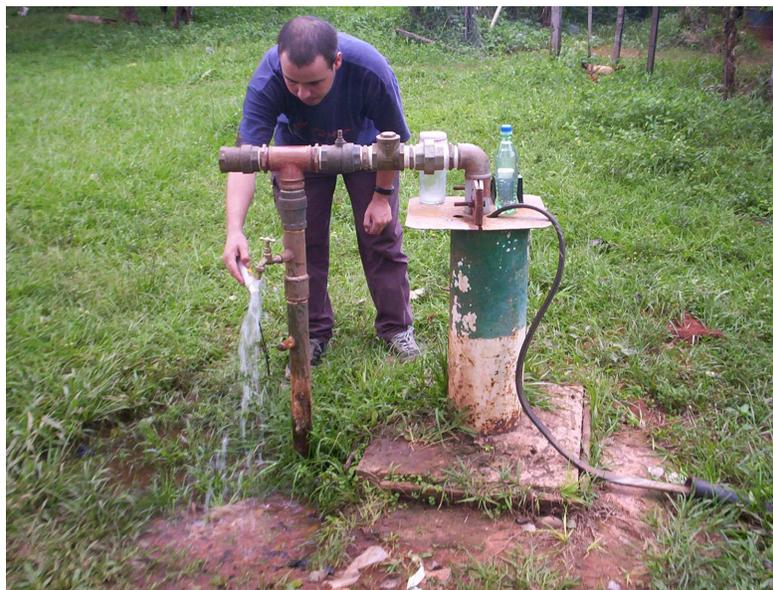
**Distrito:** CAPIATA

**Coordenadas UTM:** 454845, 7197186

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		4,8	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	102	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	26,2	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,34	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,053	
Nitrógeno Total	mg/l	0,394	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	1,506	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,068	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 97

**Pozo:** Ycua Pora - Santa Ana

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** CAPIATA

**Coordenadas UTM:** 453100, 7195100

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	67	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	25,5	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	3,45	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,142	
Nitrógeno Total	mg/l	3,593	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	15,279	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,183	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 98

**Pozo:** Dr. Constanzo

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** FERNANDO DE LA MORA

**Coordenadas UTM:** 446297, 7199940

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5,1	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	120	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	24,1	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,12	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,017	
Nitrógeno Total	mg/l	0,138	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	0,531	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,022	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 99

**Pozo:** Ing. Hernán Quintana

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** PIRAYU

**Coordenadas UTM:** 471133, 7184068

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	49,6	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	21	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	1,62	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,012	
Nitrógeno Total	mg/l	1,633	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	7,174	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,015	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 100

**Pozo:** Caraguatay'ty

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** ITA

**Coordenadas UTM:** 465116, 7183455

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5,4	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	90,3	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	22,9	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,002	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	1,39	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,021	
Nitrógeno Total	mg/l	1,413	
Nitritos	mg/l	0,007	0.1
Nitratos	mg/l	6,156	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,027	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 101

**Pozo:** Alfristo Maldonado

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** ITA

**Coordenadas UTM:** 465446, 7178924

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		7,1	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	223	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	23,6	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,002	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,11	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,019	
Nitrógeno Total	mg/l	0,131	
Nitritos	mg/l	0,007	0.1
Nitratos	mg/l	0,487	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,024	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 102

**Pozo:** Arrua-I Oculto

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** RURAL

**Distrito:** ITA

**Coordenadas UTM:** 463928, 7174599

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		5,70	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	130,9	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	22,3	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,2	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,017	
Nitrógeno Total	mg/l	0,218	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	0,886	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,022	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 103

**Pozo:** Félix Villar

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** SAN LORENZO

**Coordenadas UTM:** 447898, 7194839

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		4,8	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	121	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	21	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,001	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	3,91	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,021	
Nitrógeno Total	mg/l	3,932	
Nitritos	mg/l	0,003	0.1
Nitratos	mg/l	17,316	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,027	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 104

**Pozo:** Club Mbiguá

**Tipo de Fuente:** Pozo Profundo

**Zona:** URBANO

**Distrito:** ASUNCION

**Coordenadas UTM:** 435685, 7205209

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	0	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	0	0
pH:		7,6	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	26400	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	24,2	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,006	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,35	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,09	
Nitrógeno Total	mg/l	0,446	
Nitritos	mg/l	0,02	0.1
Nitratos	mg/l	1,55	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,116	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)



**“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO”**

**INFORME DE CALIDAD DE AGUA**

**No.:** 105

**Pozo:** Boca Salado

**Tipo de Fuente:** Superficial

**Zona:** URBANO

**Distrito:** LIMPIO

**Coordenadas UTM:** 451502, 7222969

**Análisis Laboratorial:**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite Admisible de Calidad de Agua Potable (*)</b>
Coliformes Fecales:	UFC/100 ml	100	0
Coliformes Totales:	UFC/100 ml	1200	0
pH:		6,3	6,5 – 8,5
Conductividad:	µs/cm	179,9	< 1.250
Temperatura del Agua	°C	33	
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0,006	
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	0,13	
Nitr. del Nitr. Amoniacal	mg/l	0,213	
Nitrógeno Total	mg/l	0,349	
Nitritos	mg/l	0,02	0.1
Nitratos	mg/l	0,576	45
Nitrógeno Amoniacal:	mg/l	0,274	0.05

(\*) Según Ley No. 1.614/2000 – Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)

