

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Departamento de Geología
Maestría en Hidrogeología

**DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE
SALINIDAD DEL ACUÍFERO PATIÑO**

MOISÉS ALEJANDRO GADEA VILLALBA

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,
Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención
del Grado de Magíster en Hidrogeología

SAN LORENZO – PARAGUAY
NOVIEMBRE – 2017



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Departamento de Geología
Maestría en Hidrogeología

**DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE
SALINIDAD DEL ACUÍFERO PATIÑO**

MOISÉS ALEJANDRO GADEA VILLALBA

Orientador: Prof. MSc. ANA MARÍA CAMPOS CERVERA

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,
Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención
del Grado de Magíster en Hidrogeología

SAN LORENZO – PARAGUAY
NOVIEMBRE – 2017

Datos Internacionales de Catalogación en la Publicación (CIP)
DE LA BIBLIOTECA E INTERNET DE LA FACEN - UNA

Gadea Villalba, Moisés Alejandro

Determinación de los niveles de salinidad del Acuífero Patiño / Moisés Alejandro Gadea Villalba. -- San Lorenzo: Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Geología, 2017. i-xii, 176h.; 30 cm

Determinación de los niveles de salinidad del Acuífero Patiño / Moisés Alejandro Gadea Villalba. -- San Lorenzo: Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Geología, 2017. i-xii, 176h.; 30 cm

Determinación de los niveles de salinidad del Acuífero Patiño / Moisés Alejandro Gadea Villalba. -- San Lorenzo: Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Geología, 2017. i-xiv, 130 h.; 30 cm.

Incluye bibliografía y anexos

DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE SALINIDAD DEL ACUÍFERO PATIÑO

MOISÉS ALEJANDRO GADEA VILLALBA

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención del Grado de Magíster en Hidrogeología.

Fecha de aprobación: 30 noviembre 2017

MESA EXAMINADORA

MIEMBROS:

Prof. Dr. Jorge Jacinto Montaña Xavier
Universidad Nacional del Litoral, Uruguay

Prof. Dra. Ana María Castillo Clerici
Universidad Nacional de Asunción, Paraguay

Prof. MSc. Juan Carlos Velázquez Monzón
Universidad Nacional de Asunción, Paraguay

Prof. Dra. Silvia Graciela María Rafaelli
Universidad Nacional del Litoral, Argentina

Prof. MSc. Ana María Gadea de Campos Cervera
Universidad Nacional de Asunción, Paraguay

Prof. MSc. Viviana Isabel Díaz Escobar
Universidad Nacional de Asunción, Paraguay

Prof. Mg. Carmiña Hilda Soto Figueredo
Universidad Nacional de Asunción, Paraguay

Aprobado y catalogado por la Dirección de Postgrado de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción, en fecha XX de julio de 2019.

Prof. MSc. Andrea Weiler de Albertini
Director de Postgrado, FACEN – UNA

Mateo 23:10 “(...) porque uno es vuestro Maestro, el Cristo”.

Sólo repito eso que Vos me enseñas...Maestro.

AGRADECIMIENTOS

A Jesucristo. Si Él nada podría haber hecho. Mi honra y respeto eterno.

A la Señora Carmen Noguera mi segunda madre.

Al Pastor Antonio Galeano, Laura Villalba, Marco, Florencia, Ma. Laura, Jonhatan, Guillermo, Tanja, Rocío, Andrea, Iván y Ma. Alejandra, mi familia.

Al Prof. MSc. Juan Carlos Velázquez, a quien le debo mi formación profesional y por ser como un padre para mí.

A mi orientadora, la Prof. MSc. Ana María Gadea de Campos por su generosidad, buenos consejos y amistad.

Al Dr. Félix Carvallo. Sin él difícilmente hubiese realizado este trabajo. Agradecido por todos los consejos y enseñanzas.

A la Dra. Ana María Castillo Clerici, quien tuvo la buena voluntad e interés de ayudar a los maestrandos para culminar esta instancia académica.

Al equipo del Laboratorio de Sismología de FaCEN-UNA, por su cobertura laboral durante mis ausencias para realizar este trabajo.

Al Prof. MSc. Delio Orué (†), quien se ha ido muy pronto y se le extraña. Saludos Profesor, donde quiera que estés.

Al Prof. Darío Gómez. Un Profesor con gran entusiasmo contagiante por la Geología del Paraguay. Agradecido por todo el conocimiento transmitido y amistad.

Al Prof. Luís García, por sus enseñanzas y amistad.

Al Prof. MSc. Narciso Cubas, por toda su ayuda brindada durante el tiempo de trabajo en el Departamento de Geología.

A Juan Céspedes de la SEAM: gratitudes por su ayuda y aporte invaluable en los muestreos; así como sus consideraciones teóricas siempre útiles acerca del Acuífero Patiño.

A Claudia Ruíz Díaz e Hilario Ramoa, por su colaboración para el desarrollo del presente trabajo.

A la compañera Prof. MSc. Nilsa Ortigoza. Por su gestión y preocupación por los compañeros de la Maestría: ¡gratitudes!

Al compañero Prof. MSc. José Luís Paredes, por su ayuda invaluable al corregir el trabajo y amistad.

A la Lic. Carmen Rojas, por su generosidad y amistad.

DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE SALINIDAD DEL ACUÍFERO PATIÑO

Autor: MOISÉS ALEJANDRO GADEA VILLALBA

Orientador: MSc. ANA MARÍA GADEA DE CAMPOS CERVERA

RESUMEN

Como resultado de un muestreo sistemático, procurando cubrir extensiva y equitativamente el área de exposición del Grupo Asunción en su margen oriental, se ha verificado la existencia de aguas dulces pertenecientes al Acuífero Patiño asertivamente potables para consumo humano como predominio. Así mismo, se han reconocido pozos con aguas subterráneas saladas, con características físico-químicas propios de acuíferos chaqueños en la Región Oriental, en el banco San Miguel de Asunción y en el sector NW ribereño de la ciudad de Limpio. Determinando valores de conductividades eléctricas y de pH intermedios que caracterizan ambos acuíferos en una estrecha faja con dirección ENE-WSW, se considera como geografía de interdigitación subterránea entre ambos acuíferos y consecuente salinización de las aguas del Acuífero Patiño.

Palabras Clave: Acuífero Patiño – Salinidad – Conductividad Eléctrica – Total de Sólidos Disueltos – pH.

DETERMINATION OF SALINITY LEVELS IN PATIÑO AQUIFER

Author: MOISÉS ALEJANDRO GADEA VILLALBA

Advisor: MSc. ANA MARÍA GADEA DE CAMPOS CERVERA

SUMMARY

As a result of systematic sampling, trying to cover extensively and equally the exposure area of Asunción Group at its eastern margin, it has been verified the presence of fresh water which belongs to Patiño Aquifer potable for human consume as predominant. Likewise, it has been recognized wells with subterrain brakish water, with physicochemical characteristics of chaqueños aquifers in Region Oriental, on San Miguel bank in Asunción and on the NW riverside sector in the city of Limpio. Determining middle values of electric conductivities and pH which characterizes both aquifers on a thin belt with direction ENE-WSW, it is considered as geography of interdigitation between both aquifers and consequent salinization of Patiño Aquifer.

Keywords: Patiño Aquifer – Salinity – Electric Conductivity – Total Dissolved Solids – pH.

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN1	
1.1 Definición del tema.....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Hipótesis.....	4
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Propiedades generales del agua.....	5
2.1.1 Dureza.....	5
2.1.2 Determinación de la salinidad del agua.....	6
2.1.3 Conductividad eléctrica.....	6
2.1.4 Total de sólidos disueltos.....	7
2.1.5 Determinación de tipos de aguas por su TSD.....	8
2.1.6 Concentración del ión hidrógeno.....	9
2.1.7 Escala de valores del pH.....	10
2.2 Contexto de la investigación.....	11
2.2.1 Ubicación.....	11
2.2.2 Geología del Acuífero Patiño.....	15
2.2.3 El Acuífero Patiño.....	18
2.2.3.1 Antecedentes.....	18
2.2.3.2 Antecedentes de estudios del Acuífero Patiño.....	21
2.2.3.3 Calidad del agua.....	21
3. METODOLOGÍA.....	23
3.1 Materiales.....	23
3.2 Métodos.....	23
3.2.1 Primera etapa: Compilación de datos publicados e inéditos.....	24
3.2.2 Segunda etapa: Trabajo de campo – muestreo.....	24
3.2.3 Tercera etapa: Trabajo de gabinete.....	24
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN26	
4.1 Listado y ubicación de los puntos de muestreo.....	26
4.2 Interpretación.....	30
4.2.1 Pozos con aguas dulces.....	31
4.2.1.1 Conductividades eléctricas.....	34
4.2.1.2 Evolución en el tiempo – Conductividad eléctrica.....	37
4.2.2 Pozos con aguas salobres.....	42
4.2.2.1 Disminución de salinidad en las aguas del Pozo 70.....	43
4.2.3 Pozos con agua salada.....	45
4.2.3.1 Evolución en el tiempo.....	48
4.2.3.2 Niveles de salinidad del Acuífero Patiño.....	50

4.2.4 Interdigitación de acuíferos y salinización.....	53
4.2.4.1 Zonas de interdigitación.....	54
4.2.4.1.1 Asunción.....	54
4.2.4.1.2 Limpio.....	57
4.2.4.1.2.1 Difusión de aguas saladas.....	58
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
5.1 Conclusiones.....	60
5.2 Recomendaciones.....	63
ANEXOS.....	65
A. Fichas de muestreo.....	66
B. Materiales utilizados.....	166
B.1 Vehículos.....	166
B.2 Conductímetros.....	166
B.3 Elementos de muestreo I.....	166
B.4 Elementos de muestreo II.....	167
B.5 Elementos de muestreo III.....	167
C. Límites de potabilidad – ERSSAN.....	168
D. Los valores de pH en el Acuífero Patiño.....	169
E. ¿La Formación Chaco en el departamento Central?.....	170
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	171
APÉNDICE.....	175
A. El origen del Lago Ypacarai: Una hipótesis.....	175

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Situación geografía del Paraguay.....	11
2. Formación Patiño en Paraguay.....	12
3. Formación Patiño.....	13
4. Municipios sobre el Acuífero Patiño.....	14
5. Esquema de la evolución del rift de Asunción.....	16
6. Lugares de muestreo.....	29
7. Distribución de frecuencias – Conductividad eléctrica.....	36
8. Distribución de frecuencias – Total de sólidos disueltos.....	40
9. Distribución de frecuencias – pH.....	41
10. Perfil del Pozo 70.....	45
11. Mediciones de conductividad eléctrica y pH – Pozos 79 y 94.....	46
12. Formación Patiño – Distribución de conductividades eléctricas.....	50
13. Formación Patiño – Distribución de total de sólidos disueltos.....	51
14. Asunción.....	55
15. Mapa de conductividades eléctricas en la zona de Asunción.....	56
16. Brecha tectónica en la zona de la bahía de Asunción.....	57
17. Limpio.....	58

LISTA DE TABLAS

	Página
1. Clasificación de tipos de agua (Davis y De Wiest).....	9
2. Rift de Asunción – Diversos autores.....	17
3. Ingreso de datos de muestras.....	24
4. Detalles del muestreo.....	26
4. Detalles del muestreo.....	27
4. Detalles del muestreo.....	28
5. Precisión de los conductímetros.....	29
6. Lugares con agua dulce.....	31
6. Lugares con agua dulce.....	32
6. Lugares con agua dulce.....	33
6. Lugares con agua dulce.....	34
7. Medidas de dispersión CE – Aguas dulces.....	34
8. Distribución de frecuencias CE – Aguas dulces.....	35
9. Condiciones de potabilidad CE – Aguas dulces.....	36
10. Evolución en el tiempo de los pozos con aguas dulces.....	37
10. Evolución en el tiempo de los pozos con aguas dulces.....	38
11. Medidas de dispersión TSD – Aguas dulces.....	38
12. Distribución de frecuencias TSD – Aguas dulces.....	39
13. Medidas de dispersión – pH – Aguas dulces.....	40
14. Distribución de frecuencias – pH – Aguas dulces.....	41
15. Condiciones de potabilidad – pH.....	41
16. Pozos con aguas salobres.....	42
17. Condiciones de potabilidad – Pozos con agua salobre.....	42
18. Datos de pluviosidad.....	43
19. Pozos con agua salada.....	45
20. Comparación de muestreo con el trabajo de TNO – CE Pozo 79.....	48
21. Condiciones de potabilidad (aguas saladas).....	49
22. Mediciones en pozos con aguas de salinidad mixta.....	53

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

°	Grados
°C	Grados Centígrados
~	Aproximadamente
A.C.	Acuífero Patiño
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BIRF	Banco de Reconstrucción y Fomento
BGR	<i>Institute for Geosciences and Natural Resources</i> [Instituto de Geociencias y Recursos Naturales]
CE	Conductividad eléctrica
μS/cm	MicroSiemens por Centímetro
CORPOSANA	Corporación de Obras Sanitarias de la ciudad de Asunción
ERSSAN	Ente Regulador de Servicios Sanitarios
ESSAP	Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay
FESH	Fortalecimiento de Estudios Hidrogeológicos
FIUNA	Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Asunción
GPS	<i>Global Positioning System</i> [Sistema de Posicionamiento Global]
H+	Ión Hidrógeno
Km	Kilómetros
Km²	Kilómetros cuadrados
mg/l	Miligramos por litro
Lat.	Latitud
Lím. Adm.	Límite Admisible
Lím. Rec.	Límite Recomendado
Loc.	Localidad
Lon.	Longitud

Mts Metros

xi

MOPC Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.

Mun. Municipio

P# Pozo Número

pH Potencial de Hidrógeno

PARESA Paraguay Refrescos Sociedad Anónima

PAS PY Manejo Sostenible y Protección de las Aguas Subterráneas

Potab. Potabilidad

ppm Partes por Millón

Pf. Profundidad

m metros

SENASA Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental

TNO Instituto de Geociencias de Holanda

TSD Total de Sólidos Disueltos

T Temperatura

UNICEF Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia

Val. Máx. Valor Máximo

Val. Mín. Valor Mínimo

1. INTRODUCCIÓN

La República del Paraguay se localiza entre los paralelos 19°S ; 28°S, y los meridianos 54°W ; 63°W, limitado en el Este y Noreste por Brasil; al Sur y Suroeste por Argentina; al Norte y Noroeste por Bolivia (Mapa Físico del Paraguay, 2012).

Cubre una superficie de 407.000 Km² y geográficamente dividido en dos regiones por el río Paraguay, cuyas características climáticas, topográficas, geológicas, geomorfológicas y ecoambientales presentan diferencias notables. Dichas regiones se las conocen como: Occidental (Chaco) y Oriental, cuyas superficies representan aproximadamente el 60 y 40% (Eckel, 1959).

Poblacionalmente del valor cercano a 7.000.000 de habitantes, en la Región Oriental se concentra casi en un 95%. El Chaco Paraguayo, debido a sus condiciones climáticas (altas temperaturas), accesos y escasez de agua potable, hacen que difícilmente resulte atractivo el establecimiento de nuevos polos de desarrollo y se encuentre en su mayor parte inhabitado.

El país en conjunto, se destaca por ser en su mayor porción limitado naturalmente por cursos hídricos importantes, como ser los ríos Paraná, Paraguay, Pilcomayo y Apa, cabría asignarle el apelativo de mesopotámico. Superficialmente surcado por numerosos ríos, arroyos y afluentes de menor caudal; así mismo con presencia de lagos, lagunas y extensos humedales, que, sumados los acuíferos de los cuales el usufructo es mayormente activo. Cabe destacar que el Paraguay es favorecido por su potencial hídrico.

1.1 Definición del Tema.

Este estudio exploratorio abarca un pequeño aspecto de una realidad mucho más amplia en lo concerniente al acuífero más relevante y hartó complejo de nuestro país: el Acuífero Patiño y su salinidad.

Según lo mencionado por algunos autores, las rocas que constituyen el Grupo Asunción se prolongan someramente en dirección al Chaco Paraguayo hasta las inmediaciones de la localidad de Benjamín Aceval.

El material litológico constituyente del Grupo Asunción contiene a las aguas del Acuífero Patiño; entonces se considera adecuado seccionar geográficamente al Acuífero Patiño en dos zonas: Patiño Oriental, sobre el cual se encuentra el mayor aglomerado poblacional del país y sobre el cual se enfocará este estudio; y Patiño Occidental, que corresponde a las manifestaciones rocosas del Grupo Asunción en el Bajo Chaco.

Mediante éste análisis se pretende realizar un aporte al conocimiento de algunas propiedades físicas puntuales de este acuífero. Aunque se reconoce la existencia de trabajos anteriores en este sentido, se pretende una revisión y contribución de carácter suplementario.

1.2 Planteamiento del Problema

El mayor aglomerado poblacional del país se encuentra en coincidencia geográfica con la unidad geológica designada como el Grupo Asunción, por el cual circulan subterráneamente las aguas del Acuífero Patiño. Es el acuífero de mayor uso en el país, y por ello el de mayor incidencia social y el de mayor afectación.

Según estudios anteriores, el Acuífero Patiño se encuentra bajo sobre-explotación; el que presenta mayores índices de contaminación por efecto antrópico; el que en su sistema recarga-descarga fue modificado de su condición original; y salinización en su sector Norte – Noreste.

1.3 Justificación

El agua dulce es un recurso vital *sine qua non* para cualquier intención de desarrollo. Al ser humano le resulta indispensable para subsistir el aire, el agua y el alimento, en ese orden de prioridad inmediata. No son muchos los aglomerados importantes de población en regiones donde escasea el agua.

El agua, sin embargo, es frágil y vulnerable a sufrir degradación, por lo cual se encuentra sujeta a pérdida del carácter de potabilidad para consumo. Por tratarse de un líquido vital, se imponen los recaudos de protección de fuentes de agua dulce.

Recorriendo el país y considerando la manera de obtención de agua potable de la gente en los diversos pueblos o establecimientos urbanos para sus actividades rutinarias del día a día, uno llega a comprender lo importante que representan las aguas subterráneas en el Paraguay.

Difícilmente uno llegaría a imaginar la cantidad de pozos perforados, de los lugares de estipendio y de la enorme dependencia que se tiene de los acuíferos. No se trata de un menoscabo a este recurso, sino se destaca el desconocimiento de su real implicancia social en cuanto a la dependencia de la gente en diversos lugares de nuestro país.

Por este motivo, se debe concienciar a los connacionales a justipreciar en la medida correcta las bondades que nos ofrecen las aguas subterráneas; el nivel estimativo de consumo, y de ese modo concederle la debida atención en cuanto a su estado de arte y proyección cuali-cuantitativa hacia el futuro. En base a lo anteriormente expuesto, se podrían establecer políticas de preservación y regulaciones para su uso pertinente.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Determinar zonas de salinidad del Acuífero Patiño.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Elaborar mapa de calor de conductividad eléctrica para conocer niveles de salinidad por zonas.
- Identificar tipos de aguas considerando los valores obtenidos en muestreos.
- Verificar si los parámetros medidos de conductividad eléctrica, total de sólidos disueltos y pH se ajustan a los rangos para consumo humano
- Contrastar los resultados obtenidos con trabajos anteriores.

1.5 Hipótesis

El Acuífero Patiño presenta diferentes módulos de salinidad en sectores.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Propiedades Generales del Agua

Las propiedades generales del agua que resultan especialmente útiles para revelar el carácter de ésta, son: dureza, conductividad eléctrica, la concentración de iones de hidrógeno (pH), el dióxido de carbono libre y los sólidos totales disueltos (Jonson, 1975).

2.1.1 Dureza

La dureza del agua se demuestra más corrientemente mediante la cantidad de jabón necesaria para producir espuma. La dureza podría llamarse la propiedad del agua para desperdiciar jabón, pues mientras los minerales que causan la dureza no se hayan eliminado al combinarse con el jabón, no se producirán espumas en el agua dura. El material removido por el jabón se evidencia por una escoria insoluble (Jonson, *ibíd.*).

Así, toda la dureza del agua la producen el calcio y el magnesio. Las siguientes sales minerales pueden ser las fuentes que producen los iones de calcio y magnesio presentes en el agua:

Bicarbonato de calcio y magnesio

Sulfatos de calcio y magnesio

Cloruros de calcio y magnesio

Nitratos de calcio y magnesio

En la solución se encontrarán como producto de la disolución de estos compuestos, tanto los iones metálicos de calcio y magnesio como los correspondientes de bicarbonato, sulfato, cloruro y nitrato (Jonson, *ibíd.*).

Parte del calcio y del magnesio presente en el agua dura contribuyen a formar las incrustaciones que se desarrollan cuando el agua sufre cambios de temperatura y presión. La incrustación referida se presenta cuando el balance de la solución se altera, dando por resultado la formación de los carbonatos insolubles de estos metales y, en algunos casos, sus sulfatos (Jonson, *ibíd.*).

2.1.2 Determinación de la salinidad del agua

Según APHA (1992), la salinidad es una propiedad importante de unidad adimensional de las aguas industriales y naturales. Fue originalmente concebida como la medida de la masa de sales disueltas en una masa dada de solución. La determinación experimental del contenido de sal por secado y por pesado presenta algunas dificultades debido a la pérdida de algunos componentes.

La única forma confiable para determinar la salinidad verdadera o absoluta de las aguas naturales es llevar a cabo un análisis químico completo. Sin embargo, éste método involucra considerable tiempo y no resulta con la precisión necesaria para un trabajo óptimo.

Por lo tanto, para determinar la salinidad, normalmente se utilizan métodos indirectos que incluyen mediciones de propiedades físicas como por ejemplo conductividad, velocidad del sonido, densidad, índice reflectivo.

De una relación empírica entre las propiedades físicas y la salinidad para una solución estándar es posible calcular la salinidad.

2.1.3 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es la habilidad de una determinada sustancia para conducir la corriente eléctrica. Es justamente lo opuesto de la propiedad denominada resistencia eléctrica. La conductividad de cada material, al igual que su resistencia, es diferente. Para establecer una comparación de las propiedades conductoras de diferentes materiales, existe un patrón denominado “conductividad eléctrica

específica” que se define como la conductividad de un cubo de sustancia, de un centímetro de lado (Jonson, *ibíd.*).

El agua químicamente pura ostenta una conductividad eléctrica muy baja, significando esto que es un buen aislante. Sin embargo, con la adición de una pequeñísima cantidad de minerales disueltos, el agua se vuelve conductiva. Esto tiene lugar cuando el material disuelto se separa en iones que llevan sus cargas negativas y positivas. Cuanto mayor la cantidad de iones, mayor será la conductividad de la solución (Jonson, *ibíd.*).

En aquellas soluciones tan diluidas como son la mayoría de las aguas subterráneas, la conductividad específica varía directamente con la cantidad de minerales disueltos contenida en el agua. Pero la conductividad específica de soluciones de diferentes minerales, no es la misma (Jonson, *ibíd.*).

La conductividad de una solución en agua, de materia mineral, aumenta conforme la temperatura se eleva. En consecuencia, para comparar valores medidos, todos deben referirse a la misma temperatura (Jonson, *ibíd.*).

Para obtener una buena aproximación de los sólidos disueltos en la mayoría de las aguas subterráneas naturales, se debe multiplicar la conductividad específica por un factor que varía entre 0.55 y 0.75. Cuando se trata de aguas salinas, el factor es por lo general mayor, y en aguas con ácido libre puede ser mucho menor (Jonson, *ibíd.*).

Las aguas con una conductividad específica alta, causan corrosión del hierro y del acero, aunque otras propiedades no indiquen la posibilidad de un problema de corrosión. Puesto que la conductividad específica refleja la actividad de los iones cargados eléctricamente en el agua, se desprende que cuando mayor la conductividad, más grande será la oportunidad para una acción electro-química (Jonson, *ibíd.*).

2.1.4 Total de sólidos disueltos

La concentración total de minerales disueltos en agua es un índice general de la adaptabilidad del agua para diversos usos. Los términos “sólidos totales”, (ST), sólidos disueltos totales, o sólidos disueltos, se usan más o menos como sinónimos (Jonson, *ibíd.*).

Los sólidos totales disueltos se pueden determinar a partir del residuo seco que queda de una muestra de agua que se haya dejado evaporar. También se puede calcular sumando las concentraciones determinadas por separado de todos los iones presentes en el agua (Jonson, *ibíd.*).

Los sólidos disueltos calculados serán por lo general ligeramente menores que el residuo dejado por la evaporación.

La diferencia puede alcanzar de 10 a 20 ppm en aquellas aguas que contengan de 100 a 500 ppm de sólidos disueltos, y puede ser mayor en el caso de aguas altamente mineralizadas (Jonson, *ibíd.*).

El agua que contiene mucha materia mineral disuelta no es satisfactoria para ciertos usos. Si el agua contiene menos de 500 ppm de sólidos disueltos, es por lo general adecuada para uso doméstico y para varios depósitos industriales.

Aquella agua con más de 1000 ppm de sólidos disueltos, contiene por lo general minerales que le imprimen un sabor desagradable o la hacen inapropiada en otros aspectos (Jonson, *ibíd.*).

En vista de lo anterior, las aguas cuyo contenido en sólidos disueltos es alto, deben considerarse como potencialmente corrosivas para las rejillas de pozos y para otras partes de la estructura del pozo, aparte de otras características que pueda revelar su análisis mineral (Jonson, *ibíd.*).

2.1.5 Determinación del tipo de agua por su total de sólidos disueltos.

En la Tabla 1 se especifican los valores críticos que clasifican los tipos de aguas en el aspecto de su salinidad. Conforme la concentración del TSD en el agua, se conocerá su carácter dulce o salino:

Tabla 1. Tipo de agua subterránea en base al total de sólidos disueltos.

Tipo de Agua	TDS en mg/l (ppm)
Dulce	≤ 1.000
Salobre	1.000 - 10.000
Salada	10.000 - 100.000
Salmuera	≥ 100.000

Fuente: Davis y De Wiest (1967).

2.1.6 Concentración del ión hidrógeno (H⁺)

La concentración relativa de los iones de hidrógeno, es la que indica si ésta actuará como un ácido débil, o si se comportará como una solución alcalina.

Cuando la cantidad de iones de hidrógeno es excesiva en relación con otros iones en solución, tiene lugar una reacción acida. Un agua tal, tiende a atacar los metales.

La concentración del ión hidrógeno del agua se expresa mediante su valor del pH. Un valor del pH de 7 indica una solución neutra, o sea, ni alcalina ni ácida. Un valor de pH menor de 7, indica una condición ácida; un pH mayor que 7, corresponde a una solución alcalina (Jonson, ibíd.).

Una molécula de agua, H₂O, tiene una ligera tendencia a quebrarse en iones, en la misma forma en que lo hacen algunos de los minerales disueltos al ionizarse. Los iones son átomos o grupos de átomos que contienen cargas eléctricas positivas o

negativas. El símbolo químico H_2O puede escribirse también HOH. Cuando la molécula de agua se ioniza, se divide en un ión positivo de hidrógeno (H^+) y otro ión negativo (OH^-) denominado el ión hidroxilo (Jonson, ibíd.).

En el agua pura, una pequeña cantidad de las moléculas se ioniza de ésta manera. El número de iones de hidrógeno que se forman es tal, que su concentración por litro de agua se expresa mediante un valor del pH de 7 (Jonson, ibíd.).

2.1.7 Escala de los valores del pH

La escala de los valores del pH es tal, que un cambio de una unidad en éste, representa un cambio de 10 veces en la concentración del ión H. Si la adición de un poco de ácido al agua destilada cambia su pH a 6, significa que el número de iones H ha sido aumentado en 10 veces por la adición del ácido (Jonson, ibíd.).

En forma semejante, un agua con valor de pH de 8 contiene solamente 1/10 de los que habría a un valor neutro de 7.

El número de iones negativos OH, varía en la forma opuesta. Así pues, una agua con un valor del pH de 9, contiene 100 veces más iones de OH, que una agua con un valor neutro del pH de 7 (Jonson, ibíd.).

Los iones OH son los que le imprimen al agua su reacción alcalina, de manera, pues, que un agua de pozo con un valor de pH de 9, resulta ser francamente alcalina.

El pH de la mayor parte de las aguas subterráneas queda definido por la cantidad de gases del dióxido de carbono disuelto y por los carbonatos y bicarbonatos disueltos en las sales minerales. El dióxido de carbono gaseoso (CO_2) disuelto en agua, forma ácido carbónico.

En agua destilada, una pequeña cantidad de este débil ácido baja apreciablemente su pH. Sin embargo, si se halla presente una pequeña cantidad de alguna sal alcalina, digamos bicarbonato de calcio o de magnesio, el pH no desciende mucho debido a la presencia de una cantidad dada de dióxido de carbono disuelto (Jonson, *ibíd.*).

Así pues, la relación de dióxido de carbono a bicarbonato constituye la regulación principal del pH en la mayor parte de las aguas subterráneas. Sin embargo, esta relación deja de ser estable cuando tienen lugar cambios en la temperatura o en la presión (Jonson, *ibíd.*).

2.2 Contexto de la investigación

2.2.1 Ubicación

Paraguay, siendo un país mediterráneo se encuentra situado en el centro de subcontinente Sudamericano entre las coordenadas geográficas decimales de latitudes -19° y -27.5° ; y longitudes de -54.5° y -63° . Se encuentra rodeado por Bolivia al Norte y Noroeste; por Brasil al Noreste y Este; por Argentina al Sur y Suroeste (Figura 1).

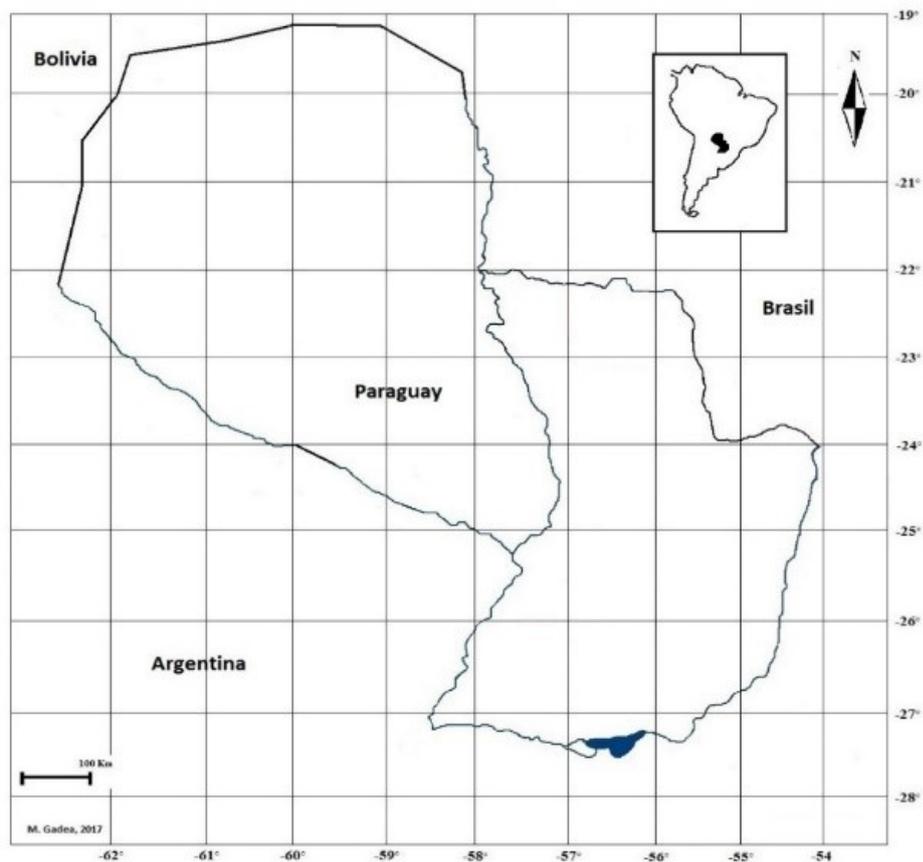


Figura 1. Situación Geográfica del Paraguay.

Fuente: Elaboración propia.

El Acuífero Patiño, cuya exposición total aproximada alcanza un valor cercano a los 1196 Km², se encuentra comprendido por dos zonas bien definidas correspondientes al Grupo Asunción que son seccionadas por el río Paraguay (Gómez Duarte, 1991).

El Grupo Asunción Oriental, cuya área de extensión mide aproximadamente 1.109 Km² (~93%), y el Grupo Asunción Occidental, de menor exposición, cercano a 87 Km² (~7%), desapareciendo bajo los sedimentos cuaternarios chaqueños en todas direcciones a excepción del Sur (Figura 2).

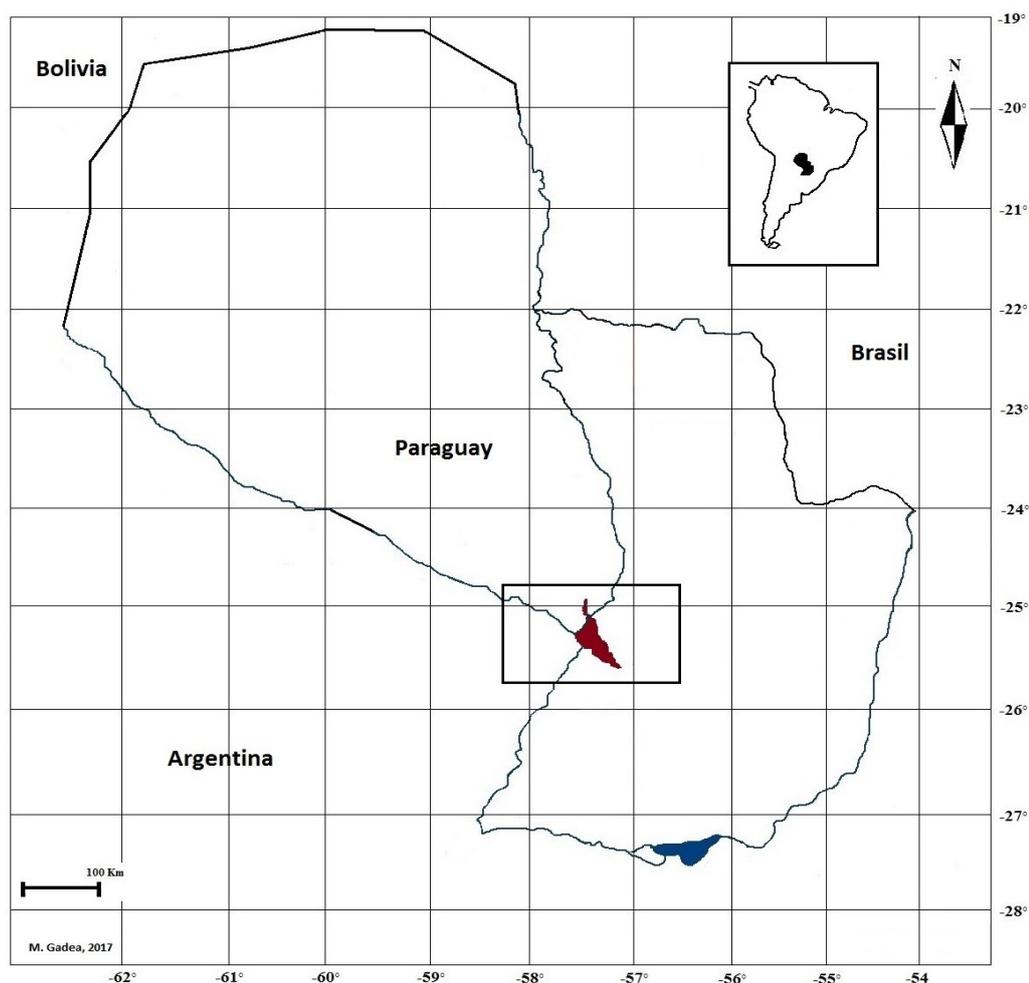


Figura 2. El Acuífero Patiño en Paraguay.

Fuente: Elaboración propia.

En la Región Occidental el Grupo Asunción ocupa una pequeña faja de forma espigada en el Sur del Departamento de Presidente Hayes desde el río Paraguay en la zona de Remansito y Villa Hayes hasta la localidad de Benjamín Aceval.

El Grupo Asunción Oriental presenta una morfología bastante similar a la de un triángulo rectángulo (Figura 3), cuyo segmento de mayor extensión une las localidades de Limpio en el departamento Central y la ciudad de Paraguarí, capital del homónimo departamento. En dicha línea imaginaria se encuentran los municipios de Luque, Areguá, Itauguá y parte de algún distrito de Ypacaraí, pertenecientes al departamento Central; y cierto distrito occidental de Pirayú, que corresponde al departamento de Paraguarí.

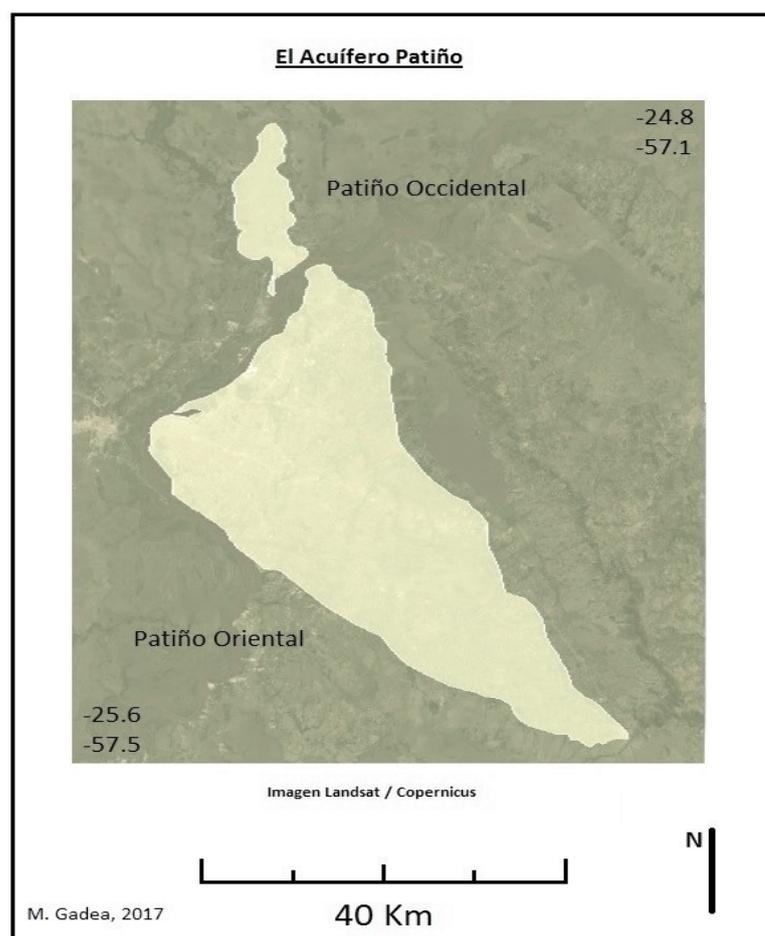


Figura 3. El Acuífero Patiño.

Fuente: Elaboración propia.

El segmento occidental de dicho triángulo, une la ciudad de Paraguarí con el barrio Tacumbú de la ciudad de Asunción, atravesando previamente las localidades de Yaguarón, Itá, Guarambaré, Ypané, Villeta, Ñemby, San Antonio, Villa Elisa y Lambaré; todos ellos del departamento Central a excepción de Yaguarón, cuyo municipio corresponde al departamento de Paraguarí (Figura 4).

Los vértices que constituyen el segmento de la divisoria Norte del triángulo se sitúa en el barrio Tacumbú de Asunción y la ciudad de Limpio. Sobre dicho segmento se encuentran numerosos barrios asuncenos, como ser Tablada Nueva, Trinidad, Puerto Botánico, Viñas Cué, Zeballos Cué y Loma Pytá, hasta alcanzar el municipio de Mariano Roque Alonso y finalmente Limpio.

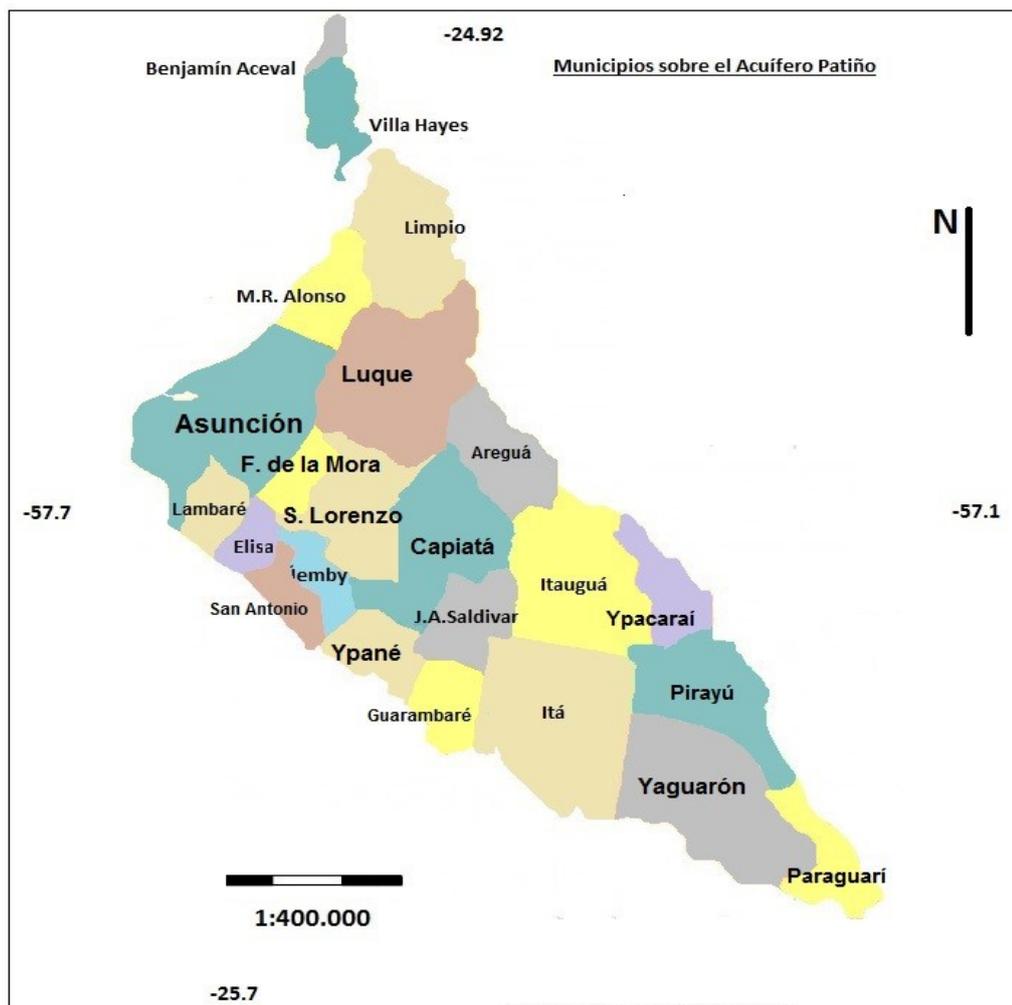


Figura 4. Distribución del Acuífero Patiño y Municipios

Fuente: ERSSAN. Modificado por Moisés Gadea

En el interior de dicho polígono imaginario se encuentran ciudades populosas aledañas a la capital del país, tales como Fernando de la Mora y San Lorenzo. Integrando las ciudades mencionadas previamente como Lambaré, Luque, Mariano Roque Alonso, Villa Elisa, Ñemby y la ciudad capital, en conjunto, constituyen el área metropolitana conocida como la Gran Asunción, que por lejos representa la región del país donde existe mayor densidad poblacional. Existen otros importantes centros urbanos como ser Capiatá y J.A. Saldívar.

Como es verificable en el mapa, una totalidad de 23 municipios son coincidentes, algunos de ellos totalmente y otros de modo parcial, con las exposiciones del Grupo Asunción - el contenedor - del Acuífero Patiño. Dichos

municipios pertenecen a tres departamentos, dos de los cuales se encuentran en la Región Oriental y uno de ellos en la Región Occidental.

En la Región Oriental coincide la unidad geológica con la porción Norte del departamento Central y en el sector Noroeste del departamento de Paraguarí. Patiño Occidental se encuentra al Sur del departamento de Presidente Hayes.

2.2.2 Geología del Acuífero Patiño

Las aguas del Acuífero Patiño, están contenidas en rocas sedimentarias de edad Cretácica, formadas durante el relleno del graben de Asunción y expuestos por eventos tectónicos posteriores.

La fosa fue rellenada con materiales de variada textura; el rápido hundimiento de la estructura, sumado al reducido espacio existente para la deposición de los sedimentos y a la distancia corta de transporte, factores condicionados por una paleomorfología abrupta, dieron como resultado la conformación de fanglomerados, ubicados principalmente en la margen oriental de la estructura, con un gran contenido de bloques y fragmentos de rocas ígneas alteradas de edad mesozoica, suprayaciendo a estos, areniscas poco consolidadas, friables, con escasa matriz, o en su defecto, matriz arcillosa, en ciertos lugares, por efecto de intrusiones ígneas locales, se observa alta silicificación, quedando las unidades geológicas, expuestas como cerros testigos, como el caso de los cerros, Ñanduá, Yaguarón y otros (MOPC-BGR, 1998).

Los primeros en caracterizar estos sedimentos, Harrington (1950), Eckel (1959) y otros, por su parecido, lo relacionaron con la Formación Misiones (continente del acuífero Guaraní), siendo Spinzi (1983), quien denomina conglomerado Patiño a la secuencia fanglomerádica aflorante en las cercanías del cerro Patiño (MOPC-BGR, 1998). Sin embargo, el Proyecto PAR 83/005 (1986), denominó Formación Patiño a la totalidad del relleno de la fosa del área de Asunción, Gómez (1991), y separa a las unidades geológicas del relleno en tres Formaciones: Patiño, Cerro Perú e Ita Pytã Punta, conformando el Grupo Asunción (Tabla 2).

Según DeGraff. y Orué, (1984), el rift de Asunción evoluciona durante el Ciclo Tectónico Sudatlántico (Cretácico Superior 100 a 60 m.a.), y vuelve a reactivarse durante el Ciclo Tectónico Andino (Terciario Temprano 65 a 23 m.a.) (Figura 5), donde adquiere su morfología actual. Entre los ciclos mencionados se produce el relleno de la fosa tectónica con sedimentos de los bordes de la misma (MOPC-BGR, ibíd.).

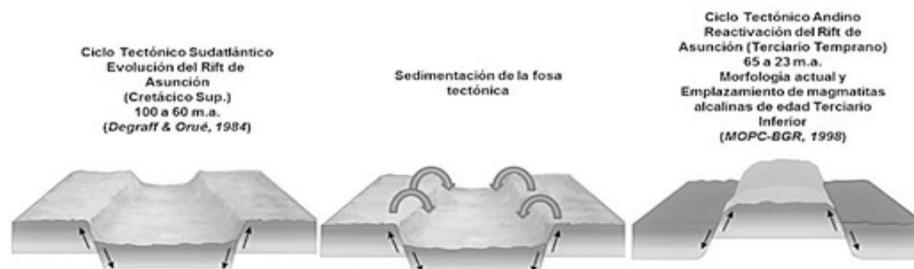


Figura 5. Esquema de Evolución del Rift de Asunción.

Fuente: Carvallo F. y Villar F. (2016).

Wiens *et al.* (1993) identifican tres ciclos de deposición gradacional para la fosa tectónica originada durante la apertura del rift de Asunción (Jurásico tardío – Eoceno) el ciclo inferior, caracterizado por conglomerados y fanglomerados de sedimentación caótica, el ciclo medio de sedimentación con aporte de material magmático alcalino de edad cretácico, y por último, un ciclo superior, constituido por areniscas heterogéneas, denominaron al conjunto como Formación Palacios.

Barthel (1994) adopta la denominación de Grupo Asunción, conformado por dos Formaciones: la Formación Patiño y la Formación Yaguarón. BGR-MOPC (ibíd.), denomina Grupo Asunción a las sedimentitas cretácicas de los alrededores de Asunción.

De acuerdo al mismo autor, el ambiente de deposición de estos sedimentos corresponde, en los bordes abruptos, a abanicos aluviales. A medida que se alejan del mismo, ríos torrentosos y luego amplios ríos entrelazados al alcanzar la planicie; el depósito de sedimentos, al ir perdiendo energía, es grano decreciente desde fanglomerados de bloques, conglomerados hasta areniscas puras.

En la Tabla 2 se detallan las varias propuestas de clasificación de las unidades geológicas según sus litologías y aspectos geocronológicos en el área que involucra el presente trabajo.

Tabla 2. Denominaciones adoptadas por diversos autores sobre los sedimentos de relleno del rift de Asunción.

Autor	Edad	Denominación	Unidades Geológicas
PAS – PY (2012)	Meso - Cenozoico	Grupo Asunción	Fm. Palacios Superior Fm. Palacios Medio Fm. Palacios Inferior
MOPC – BGR (1998)	Cretácico	Grupo Asunción	Areniscas mal seleccionadas con fanglomerados (Cretácico Inf.-Sup. – Cenozoico Inf.) Formaciones no diferenciadas.
Barthel W. (1994)	Cretácico Inferior	Grupo Asunción	Fm. Yaguarón (areniscas) Fm. Patiño (conglomerado basal)
Wiens F., González M.E., Muff R., (1993)	Jurásico Tardío – Eoceno	Fm. Palacios	Superior (areniscas heterogéneas) Medio (aporte de material magmático alcalino del Cretácico) Inferior (conglomerados y fanglomerados)
Gómez Duarte (1991)	Cretácico	Grupo Asunción	Fm. Ita Pytã Punta (areniscas de grano fino) Fm. Cerro Pero (conglomerados brechosos con clastos de rocas ígneas del Mesozoico) Fm. Patiño (areniscas de grano fino, areniscas de grano grueso, conglomerados líticos con clastos de rocas sedimentarias del Silúrico)
PAR 83/005 (1983)	Cretácico Sup. - Eoceno.	Fm. Patiño	Conglomerados con cantos de la Fm. Misiones e intrusiones alcalinas del Jurásico Superior.
Spinzi A. (1983)		Conglomerado Patiño	Conglomerados, aglomerados y metaconglomerados con matriz silicificada de arena gruesa y arcilla, de colores rojizos

Fuente: Carvallo y Villar (2016).

Las areniscas están intruidas, localmente, por magmatitas aisladas, diques y coladas de pocos a cientos de metros de espesor, causando a las mismas un metamorfismo local (Carvallo y Villar, *ibíd.*).

El Proyecto PAS-PY (2012), señala que, las areniscas en San Lorenzo fueron conformadas en la fosa termo – tectónica triangular del bloque de Asunción, la base, de las misma, forman amplios conos de bloques, cantos rodados. El Grupo Asunción, está conformado por tres Formaciones, la Formación Palacios Inferior, media y superior (Tabla 2).

2.2.3 El Acuífero Patiño

2.2.3.1 Antecedentes

Los pueblos originarios, así como los primeros habitantes de la colonia en el Paraguay, asentaron sus poblados en las cercanías del río Paraguay, este fue la principal vía de comunicación que, además, les proveía de alimento y agua para su subsistencia. Con el correr del tiempo, los asentamientos humanos fueron alejándose de la ribera del río, cubriendo sus necesidades de agua de otras fuentes, recurriendo a arroyos, manantiales y pozos excavados, haciendo uso, de agua del Acuífero Patiño (Carvallo y Villar, *ibíd.*)

El uso de las aguas subterráneas, por medio de manantiales y pozos excavados, para el consumo humano, se remonta a la época pre colonial. Los primigenios habitantes del Paraguay contaban con la capacidad suficiente para buscar, encontrar y almacenar agua del subsuelo, según Godoy *et al.* (1991).

Juan de Salazar y Espinosa funda, el 15 de agosto de 1537, la casa fuerte de Nuestra Señora de la Asunción en zona de ocurrencia del acuífero Patiño (Carvallo y Villar, *ibíd.*).

En las épocas, de la conquista, colonial y del Paraguay Independiente, las principales fuentes de agua eran el río Paraguay y los arroyos afluentes del mismo. El crecimiento de la población, dio como resultado la expansión urbana, alejándose, las fronteras, del río Paraguay (Carvallo y Villar, *ibíd.*).

Para cubrir las necesidades del recurso se apelaron a los arroyos, manantiales y pozos excavados de poca profundidad. En los sitios donde el nivel

freático estaba muy profundo, fue muy común la cosecha de lluvia y el almacenamiento del agua en aljibes (Carvallo y Villar, *ibíd.*).

Fue en principio y mediados del siglo XVII, cuando hacen su aparición los pozos excavados y aljibes, especialmente en las zonas altas de Asunción, conocidos como Lomas, según Gómez (2014).

En el año 1953, con la finalidad de beneficiar con el abastecimiento de agua potable a la población de los barrios de Asunción en constante expansión, se inicia una campaña de construcción de pozos perforados para su utilización a través de grifos públicos. Las tareas son ejecutadas por el Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, en el marco del Programa de Saneamiento Ambiental, gracias a una máquina perforadora donada por la UNICEF (Carvallo y Villar, *ibíd.*).

En la década del 50 es creada también la Corporación de Obras Sanitarias de la Ciudad de Asunción (CORPOSANA), con el propósito de abastecer de agua potable a la ciudad de Asunción utilizando como fuente agua del río Paraguay. Sin embargo, la red no alcanzaba a las ciudades del interior del país (Carvallo y Villar, *ibíd.*).

Para cubrir dicha demanda es creado, en el año de 1972, el Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental (SENASA) Organismo Técnico del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social (Carvallo y Villar, *ibíd.*).

El SENASA, promueve la creación de las Juntas de Saneamiento Ambiental, responsables de los sistemas de provisión de agua potable en ciudades del interior, muchas de ellas, ubicadas en zona de influencia del acuífero Patiño. Entre las primeras ciudades en ser beneficiada con el servicio están las de: Itauguá, Limpio, Guarambaré y Capiatá (Carvallo y Villar, *ibíd.*).

En los diversos proyectos de abastecimiento desarrollados por el SENASA y los organismos multilaterales, como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Banco de Reconstrucción y Fomento (BIRF), en la década de los años 80 y 90, en los Departamentos Central y Paraguarí, la principal fuente de agua de los sistemas

fueron los pozos tubulares profundos que extraen agua del acuífero Patiño (Carvallo y Villar, *ibíd.*).

De igual forma, la CORPOSANA (hoy día ESSAP S.A.) construye pozos perforados para complementar el volumen de agua requerido para su área de cobertura, práctica que se lleva adelante hasta nuestros días (Carvallo y Villar, *ibíd.*).

El resto de la población, donde no llegaban los servicios de agua potable, cubría sus necesidades a través de pozos escavados, o utilizando el servicio de provisión de agua a través de los carritos, con tracción de mulas o caballos (Carvallo y Villar, *ibíd.*).

Según Gómez Silgueira (2015) estos retiraban el agua de instalaciones que poseían un pozo perforado, que extraía agua del acuífero Patiño y un tanque donde se almacenaba el agua obtenida, este servicio era muy solicitado en zonas donde la profundidad del nivel freático impedía el aprovechamiento del agua subterránea por medio de pozos excavados, estos lugares eran las zonas altas de Lambaré, Fernando de la Mora Zona Sur, Ñemby, San Antonio, Villa Elisa.

Con el tiempo, especialmente en los años 90 del siglo pasado, estos proveedores y otros nuevos, construyeron redes de distribución, que sustituyeron a los carritos, convirtiéndose en lo que hoy se conocen con el nombre de “aguaterías” (Carvallo y Villar, *ibíd.*).

Es preciso mencionar que todas las industrias afincadas en el Gran Asunción, y parte de los Departamentos de Central y Paraguarí, cubren sus necesidades extrayendo agua del acuífero Patiño, como el caso de los productos Coca Cola (PARESA), Pulp (Bebidas del Paraguay S.A.), Pepsi (AJ Calidad ante todo S.A.), Niko (Embotelladora Central S.A.), Agua Seltz, Watson’s, entre otros (Carvallo y Villar, *ibíd.*).

2.2.3.2 Antecedentes de estudios del Acuífero Patiño

El trabajo más antiguo en este sentido data de 1995, de Ríos Otero J., Martínez O. y Centurión C. bajo el título de “Contaminación del Agua Subterránea del Gran Asunción”. Lastimosamente no se consiguió acceder a dicha publicación.

Posteriormente técnicos del Instituto de Geociencias de Holanda (TNO), trabajaron en el marco del Proyecto “Fortalecimiento de los Estudios Hidrogeológicos de SENASA (FEHS) en conjunto con SENASA y publicaron en el 2001 el siguiente informe: Estudio del Acuífero Patiño.

En el año 2006, para la obtención grado académico en la FIUNA, trabajaron en su tesis los estudiantes Cardozo S. y Crosa C., cuyo tema desarrollado trató de: “Estudio de la Contaminación del Acuífero Patiño”.

En último trabajo en esa temática investigativa, también para la obtención de grado académico en la FIUNA, trabajaron los estudiantes Lampert Soler I., Santacruz J. y Quevedo J. en la tesis: “ACUÍFERO PATIÑO. Evolución Histórica de los conocimientos, revisión y continuidad de un aspecto importante. Su difusión e incidencia en la población del área de influencia”, en el año 2009.

Es de no olvidar los trabajos de monitoreo del acuífero que han estado realizando los profesionales de la Secretaría del Medio Ambiente, a través de su Dirección de Recursos Hídricos.

2.2.3.3 Calidad del agua

Con respecto a las características hidroquímicas de las aguas del acuífero, el proyecto PAR 83/005 (1986) señala que las mismas son, por lo general, de buena calidad, excepto las áreas de las ciudades de Limpio, Mariano Roque Alonso y alrededores de Asunción, en estas el tipo de agua presente corresponde a la categoría Sulfato Clorurada Sódica, lo cual indica la presencia de aguas bastantes mineralizadas.

Por su parte SENASA-TNO (ibíd.), basado en el análisis de más de 100 muestras de agua, señala que, las mismas tienen grado bajo de mineralización, con excepción de las aguas presentes en una faja de 2 a 8 km a lo largo del río Paraguay, donde en profundidad se ha comprobado o se asume la presencia de agua salobre o salada.

Las principales características físicas de las aguas del acuífero Patiño son: temperatura, en promedio de 25°C, el pH indica condiciones ligeramente ácidas. Con respecto a la conductividad eléctrica, esta es muy variada pero, en la mayoría de los casos - 75 % de las muestras - son muy bajas, indicando contenido de sólidos disueltos mínimos. Sin embargo, algunas muestras registraron valores altos de conductividad eléctrica, especialmente aquellas tomadas en los puntos cercanos al río Paraguay, con respecto a la turbidez esta, por lo general, es muy baja aunque se han registrado algunas con valores altos de turbidez (SENASA – TNO, ibíd.).

Existe gran variedad de tipos de agua, predominando el tipo Bicarbonatadas en las aguas con bajo contenido de sólidos disueltos, mientras que, el tipo Cloruradas Sódicas, lo hacen en las muy mineralizadas. El nitrógeno se presenta en forma de nitratos y amoníaco, de todas las muestras analizadas, solo tres contenían nitratos en cantidades que podían indicar contaminación ligera (SENASA – TNO, ibíd.).

Con respecto a la dureza, esta es muy baja, excepto aquellas muy mineralizadas, se han registrados contenido de hierro de alto a muy alto, hecho atribuido a minerales de hierro componentes de las areniscas. Los valores de oxígeno consumido – que indica la presencia de materia orgánica – son bajos, registrándose, sin embargo, un número reducido de pozos cuyas aguas contenían, además, bacterias coliformes, por lo que se presume que los mismos se encontraban contaminados (SENASA – TNO, ibíd.).

3. METODOLOGÍA

3.1 Materiales

De los numerosos viajes realizados, se han utilizado dos vehículos, dentro de los cuales se transportaban los instrumentales y elementos varios para recabar detalles del muestreo. Estos incluyen conductímetros, *GPS*, computadora portátil, teléfono celular con cámara fotográfica, recipiente contenedor del agua a ser estudiada, cuaderno de anotaciones, paño y agua oxigenada para limpiar los electrodos de los conductímetros luego de ser utilizados (Anexo B).

3.2 Métodos

Es fundamentalmente cuantitativo, que consiste en mediciones; e inductivo, mediante la cual se arriban a conclusiones observando los hechos.

El método utilizado con el objetivo de determinar los niveles de salinidad del acuífero Patiño en toda su extensión en la franja central del Paraguay Oriental fue desarrollado en tres etapas; que comprenden la recopilación de informaciones publicadas e inéditas, trabajos de campo para la toma de muestras de agua y lectura in situ de los valores de temperatura, pH, y conductividad eléctrica. En gabinete la determinación de los valores de total de sólidos disueltos, procesamiento de datos y elaboración de mapas temáticos utilizando los programas ARC MAP y QGIS.

Cabe mencionar que para el desarrollo del presente trabajo no se han realizado ensayos químicos para la determinación de los tipos de aguas debido a los costos y el tiempo. Sin embargo, serán tenidos en cuenta los resultados de los trabajos precedentes, que serán fundamentales para estimar el carácter químico de las aguas en los lugares visitados.

3.2.1 Primera etapa: Compilación de informaciones publicadas e inéditas

Consistió en la recopilación de datos bibliográficos divulgados e inéditos, distribuidas en archivos de instituciones especializadas y particulares en forma de contribuciones científicas, tesis de grado e informes técnicos. Consulta con los lugareños a fin de establecer un banco de datos.

3.2.2 Segunda etapa: Trabajo de campo – muestreo

Se trata del trabajo de Campo, donde se realizan la toma de agua en pozos seleccionados en el área de estudios y realización in situ, de las características físico-químicas que incluyen los parámetros de temperatura, pH, conductividad eléctrica y Total de sólidos Disueltos.

En base a estudios anteriores, mencionados en la revisión bibliográfica, se realizan lecturas en casi toda la superficie del Grupo Asunción Oriental sin que existan desfasajes en equidistancias entre los diversos puntos de tomas de muestra.

Durante el muestreo han de ser colectadas aguas preferentemente subterráneas, excluyendo los cursos hídricos o acumulaciones superficiales en forma de lagunas o esteros. Las aguas medidas necesariamente han de ser crudas, evitando la alteración de la misma por tratamientos para consumo humano, como ser la cloración.

Las lecturas con el *GPS* y conductímetro que se realizaron en cada sitio consistían en determinar los campos especificados en la Tabla 3, en donde se incluyen los codificados geográficos y los datos relevantes para su posterior interpretación:

Tabla 3. Ingreso de datos de muestras.

P#	Loc.	Mun.	Lat.	Lon.	pH	CE(μ S/cm)	TSD (ppm)	T($^{\circ}$ C)	Pf. (m)
----	------	------	------	------	----	-----------------	-----------	------------------	---------

3.2.3. Tercera etapa: Trabajo de gabinete

Los sitios de las muestras colectadas son procesados en gabinete, georreferenciados y volcados en mapas temáticos, tales como, de isolíneas de conductividad eléctrica, temperatura, pH, y Total de sólidos Disueltos.

Se transcriben los datos en una planilla electrónica y se realizan observaciones generales, estadísticas y gráficos.

Los valores de Conductividad Eléctrica se multiplicarán por el factor 0,66 para conocer los valores aproximados del Total de Sólidos Disueltos. El factor de conversión varía entre 0,55 y 0,77. Para los valores de Conductividad Eléctrica, Total de Sólidos Disueltos y pH se determinan los valores de rango, máximos, mínimos, promedios y desviaciones estándar.

Los valores obtenidos en el muestreo de campo serán evaluados con una estadística del tipo descriptivo, con medidas elementales de valores de dispersión. A través de los resultados se conocerán los comportamientos numéricos en cuanto a tendencias y correspondencias entre sí.

Para la elaboración de mapas se utilizaron los programas *QGIS*, *Arc Map* (zonificación). Como editor de gráficos y mapas, *Strater* y *Paint*. *MS-Word* para presentación de anteproyecto y tesis. *MS Excel*, para elaboración de gráficos y cálculos estadísticos. *MS Power Point* para defensa final.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Listado y ubicación de puntos de muestreo

Se describe en la tabla 4 los valores en detalle del pozo, localidad, y lecturas efectuadas durante el muestreo. El presente trabajo sus conclusiones se sostienen en base a estos valores obtenidos.

Tabla 4. Detalles del muestreo

P#	Localidad	Municipio	Latitud	Longitud	pH	C.E ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TSD (ppm)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Pf. (m)
1	Parque Nú Guazú	Luque	-25.269092°	-57.537900°	6,3	277	182	24.7	111,0
2	Sr. Montanía	M. R. Alonso	-25.187864°	-57.539905°	5,0	326	215	25.6	15,0
3	Ing. Roa	V. Elisa	-25.357970°	-57.569162°	5,9	471	311	23.4	S/D
4	JS Mbocayaty	Ñemby	-25.369941°	-57.567677°	5,5	148	98	24.6	192,0
5	Paí Nú 1	Ñemby	-25.358637°	-57.559862°	5,8	165	109	25.5	201,0
6	ESSAP	Paraguari	-25.613245°	-57.151330°	5,9	131	86	28.2	70,0
7	ESSAP 2	Paraguari	-25.589670°	-57.172749°	5,4	76	50	24.5	S/D
8	JS Peguahó	Paraguari	-25.585810°	-57.222472°	6,2	95	63	23.9	S/D
9	Sr. R. Cogliolo	S. Antonio	-25.409975°	-57.573870°	5,3	120	79	25.7	S/D
10	Flia. Arévalos	S. Antonio	-25.401378°	-57.571672°	5,3	232	153	24.1	S/D
11	Colegio San Blas	S. Antonio	-25.418845°	-57.566295°	5,8	159	105	25.4	S/D
12	JS Pirayú	Pirayú	-25.514357°	-57.259149°	6,1	59	39	24.7	S/D
13	JS Ypacaraí	Ypacaraí	-25.416012°	-57.315539°	6,2	259	171	25.1	195
14	JS Itauguá	Itauguá	-25.409857°	-57.349796°	6,2	50	33	24.8	148
15	Lav. Punto Brillo	F. de la Mora	-25.321222°	-57.560505°	5,3	283	170	24.6	S/D
16	Record Electric	Asunción	-25.316163°	-57.565668°	5,0	190	125	23.4	S/D
17	Dr. Félix Villar	S. Lorenzo	-25.362250°	-57.517847°	5,0	217	143	23.1	111
18	Sr. Rufino Gullón	S. Lorenzo	-25.377584°	-57.517674°	6,0	156	103	23.0	110
19	Tablada Nueva	Asunción	-25.263192°	-57.597508°	7,6	412	272	26.0	S/D
20	Trayecto a Mbiguá	Asunción	-25.258855°	-57.613465°	8,1	923	601	24.9	S/D
21	Copetrol - Colón	Asunción	-25.280330°	-57.642942°	8,4	252	166	25.2	S/D
22	Com. de Ingeniería	Asunción	-25.305606°	-57.653347°	6,0	124	82	25.0	120

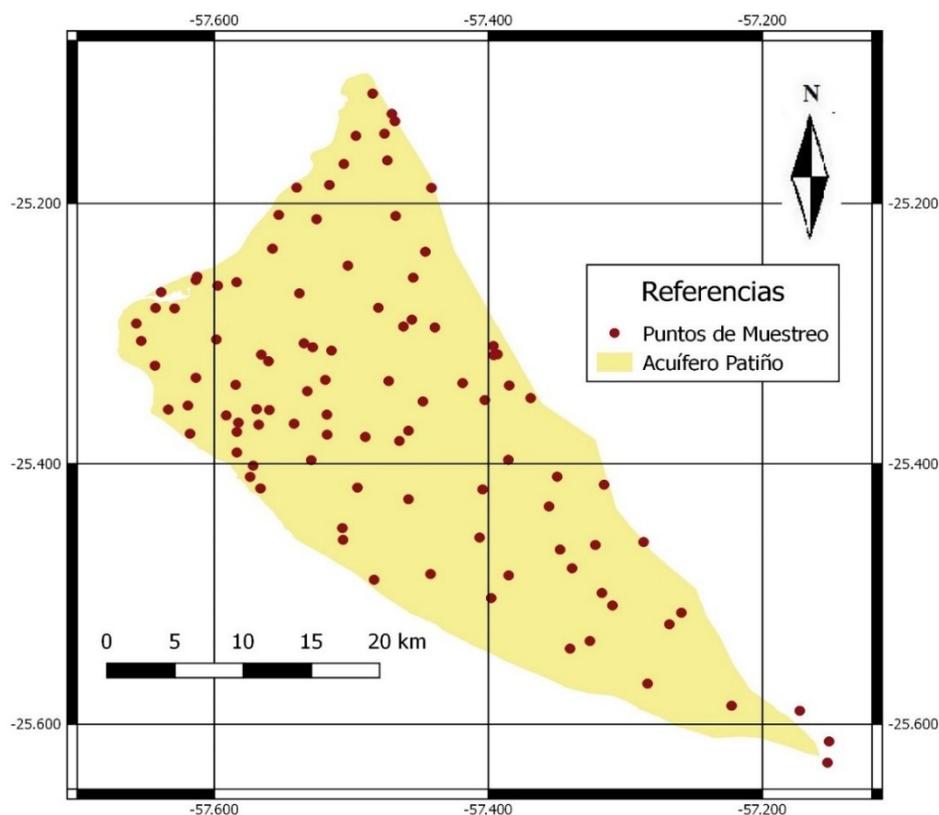
23	FacEN - UNA	S. Lorenzo	-25.335516°	-57.518995°	5,4	41	27	23.0	S/D
----	-------------	------------	-------------	-------------	-----	----	----	------	-----

P#	Localidad	Municipio	Latitud	Longitud	pH	C.E (μ S/cm)	TSD (ppm)	T (°C)	Pf. (m)
24	JS 3 de Mayo	Luque	-25.294553°	-57.462002°	6,1	106	70	23.5	S/D
25	Aguatería Cencerro	Luque	-25.289263°	-57.455793°	5,3	332	219	24.0	S/D
26	SENASA - Pozo 3	Areguá	-25.315875°	-57.393360°	7,0	165	109	25.1	S/D
27	SENASA - Pozo 5	Areguá	-25.309527°	-57.396370°	5,7	44	29	24.7	S/D
28	SENASA - Pozo 6	Areguá	-25.316581°	-57.396125°	6,5	105	69	24.8	S/D
29	JS Valle Pucú	Areguá	-25.295274°	-57.439068°	5,8	61	40	25.2	142
30	Club River Plate	Asunción	-25.304502°	-57.598525°	5,8	370	244	24.0	S/D
31	Prof. González	Lambaré	-25.355257°	-57.619277°	5,4	253	167	24.0	S/D
32	Aguat. S.Miguel	Lambaré	-25.358303°	-57.633594°	5,2	72	48	25.2	90
33	Paí Ñú P4	Ñemby	-25.369198°	-57.541831°	6,9	141	93	14.1	190
34	JS - Capiatá	Capiatá	-25.352095°	-57.447740°	6,4	131	86	25.1	152
35	JS CONAVI P. 3	Itauguá	-25.396918°	-57.385401°	6,4	82	54	24.1	S/D
36	JS Las Piedras	Itá	-25.456634°	-57.406370°	5,4	117	77	24.6	136
37	Aveiro	Itá	-25.485697°	-57.385186°	6,1	55	36	24.9	S/D
38	JS - Itauguá Guazú	Itauguá	-25.432735°	-57.355760°	6,4	142	94	24.5	130
39	JS Curupicaity	Itá	-25.503100°	-57.397988°	6,2	108	71	24.7	S/D
40	Sr. Cecilio Picagua	Guarambaré	-25.484660°	-57.442201°	5,2	45	30	23.4	S/D
41	Flia. García	Yaguarón	-25.568836°	-57.283800°	5,7	265	175	24.3	80
42	JS Ypané P3	Ypané	-25.449342°	-57.506532°	6,6	97	64	25.7	152
43	Aguatería S. María	Itá	-25.536103°	-57.325895°	6,4	138	91	25.1	110
44	Huertal - Arrua í	Itá	-25.541967°	-57.340384°	6,6	356	235	25.0	S/D
45	Sr. Benítez	Guarambaré	-25.489018°	-57.483407°	6,0	300	198	25.0	S/D
46	JS Ypané P1	Ypané	-25.458383°	-57.506053°	6,7	116	77	27.0	122
47	JS Ybyraró P1	J. A. Saldivar	-25.427200°	-57.458342°	5,1	96	63	23.9	152
48	Escuela Amistad	Luque	-25.280146°	-57.480282°	5,4	167	110	22.0	154
49	JS Marín Caaguy	Luque	-25.237105°	-57.445987°	6,7	214	141	24.3	116
50	Ag. Emmanuel	Limpio	-25.209675°	-57.467656°	5,8	353	233	24.5	S/D
51	JS Cañada Garay	Luque	-25.257027°	-57.454868°	5,2	78	51	24.4	S/D
52	Ag. Manantial	Limpio	-25.188037°	-57.441491°	5,5	68	45	24.0	S/D
53	JS Limpio P1	Limpio	-25.166950°	-57.473705°	5,8	252	166	21.7	150
54	JS Rincón	Limpio	-25.136814°	-57.468192°	5,9	1223	734	24.3	S/D
55	JS Piquete C. - P. 2	Limpio	-25.131199°	-57.470422°	6,3	451	298	23.0	S/D
56	Pozo Caballero	Limpio	-25.115639°	-57.484458°	5,5	1163	768	23	3
57	TGL Paraguay	M. R. Alonso	-25.208821°	-57.553020°	6,7	1276	842	19	S/D
58	JS Rincón	Ñemby	-25.397166°	-57.529290°	5,8	94	62	23,3	128
59	Aguatería Cencerro	Capiatá	-25.382420°	-57.464940°	5,5	178	118	23	S/D
60	5ta Compañía	Capiatá	-25.374566°	-57.458319°	5,3	225	149	22,2	S/D
61	Ag. S. Domingo	San Lorenzo	-25.313028°	-57.514488°	6,0	51	34	21,4	S/D

62	Agrog. S.Gabriela	F. De La Mora	-25.310478°	-57.528197°	5,6	197	130	19,1	S/D
63	Sr. Fernández	Paraguari	-25.629520°	-57.152483°	5,7	111	73	23,5	S/D

P#	Localidad	Municipio	Latitud	Longitud	pH	C.E (µS/cm)	TSD (ppm)	T (°C)	Pf. (m)
64	Res. Universitaria	San Lorenzo	-25.344228°	-57.532150°	5,9	227	150	20	100
65	Caraguatayty	Itá	-25.465899°	-57.347677°	6,0	109	72	20	S/D
66	Flia. Cabrera	Itá	-25.480210°	-57.338900°	7,0	158	104	20	S/D
67	JS Jhovv	Pirayú	-25.462340°	-57.321930°	7,3	66	44	19,6	130
68	Aguatería BR	Pirayú	-25.460060°	-57.286710°	5,6	70	46	23,3	72
69	Flia. Báez	Yaguarón	-25.508800°	-57.309430°	6,3	108	71	23,6	42
70	Villa Jardín	Limpio	-25.148100°	-57.496660°	6,9	14.820	9.781	S/D	30
71	Flia. Lezcano	Yaguarón	-25.499240°	-57.317100°	6,4	420	277	14,8	50
72	Flia. Bogarín	Yaguarón	-25.523240°	-57.267910°	6,3	77	51	24	100
73	JS Aldama Cañada	J.A. Saldívar	-25.419650°	-57.404260°	6,6	66	44	24	130
74	Flia. Carrillo	V. Elisa	-25.375448°	-57.583575°	7,4	128	85	21	S/D
75	JS Estanzuela	Itauguá	-25.349500°	-57.369150°	5,8	42	28	24	91
76	Huerta Sr. Ferreira	Areguá	-25.339850°	-57.384770°	5,8	51	34	24,1	S/D
77	Campamento Oasis	Areguá	-25.351020°	-57.402580°	5,7	48	32	24	S/D
78	Granja Mi Retiro	Areguá	-25.338000°	-57.418800°	6,1	47	31	21,7	S/D
79	Club Mbiguá	Asunción	-25.268170°	-57.638780°	7,9	28.600	18.876	24,4	100
80	C.E. Caacupé mí	Asunción	-25.256310°	-57.612540°	8,3	3.245	2.142	18,4	80
81	Iglesia MDV	Fdo. D L Mora	-25.307430°	-57.534608°	7,3	262	173	23,2	30
82	Flia. Ruíz Díaz	Limpio	-25.185803°	-57.515996°	5,7	229	151	25,2	85
83	Esc. Loma Merlo	Luque	-25.247770°	-57.502550°	6	88	58	23,2	S/D
84	Aguatería AIA	M.R. Alonso	-25.212060°	-57.525380°	5,2	395	261	25,1	200
85	Aguatería Paniagua	Limpio	-25.146400°	-57.475810°	6,2	516	341	26,9	S/D
86	Lactolanda	Fdo. D L Mora	-25.339308°	-57.584421°	5,9	193	127	22,6	100
87	Farmaco S.A.	Lambaré	-25.376862°	-57.617743°	5,5	55	36	24,3	S/D
88	Agua BES P1	V. Elisa	-25.368365°	-57.582471°	5,9	115	76	24,6	140
89	Balneario Dubai	V. Elisa	-25.362860°	-57.591307°	5,1	139	92	24,9	80
90	A. Comisión O & S	V. Elisa	-25.391266°	-57.583563°	5,8	111	73	25,5	120
91	Ag. Ysry Sati	Capiatá	-25.336450°	-57.472740°	7,4	163	108	26,4	100
92	Ag. Barrio Tarumá	Ypané	-25.418260°	-57.495540°	6,1	95	63	26,3	60
93	C. S. Trinidense	Asunción	-25.260502°	-57.583746°	7,2	145	96	25,9	100
94	Flia. Belabedoba	Limpio	-25.169720°	-57.505480°	6,7	53.600	35.376	24,5	90
95	C. G. Caballero ZC	Asunción	-25.234780°	-57.557514°	7,2	405	267	25,4	60
96	Bo. R. Brugada	Asunción	-25.280610°	-57.629010°	6,3	233	154	22,8	0
97	Flia. Aquino R.	San Lorenzo	-25.379340°	-57.489790°	5,9	155	102	12,7	100
98	Superm. Pueblo	Lambaré	-25.333890°	-57.613460°	6,5	363	240	14,6	S/D
99	Flia. Aquino	Asunción	-25.324600°	-57.643350°	6,4	103	68	24	26
100	Est. Def. del Chaco	Asunción	-25.292241°	-57.656918°	7,6	206	136	14,2	80

En la Tabla 4 se representa la agrupación de todos los valores de georreferenciamiento y datos finales obtenidos por medio del instrumental. A partir del análisis de dicha tabla se efectúan las evaluaciones. Complementariamente se grafican los lugares de muestreo en la Figura 6.



Figur

a 6. Lugares de muestreo

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Precisión de los conductímetros

Equipo	Precisión	TSD (ppm)	pH	T(°C)
Hanna Instruments	±2%	±2%	±0.05	±0.5
Multi 350i	±0.5%	±1	±0.004	±0.2 - 0.3

Se realizaron más de cien muestreos (Tabla 4 y Anexo I). La precisión de los equipos se especifica en la Tabla 5.

No todos los lugares visitados fueron incluidos debido a entornos geográficos extra límite del Acuífero Patiño o por su presencia que confiere mayor densidad de puntos de medición en determinados sectores.

Se intentó muestrear en una malla la mayor equidistancia posible entre los puntos (Figura 6), *a priori* teniendo como referencia trabajos precedentes, especialmente el Proyecto FESH 2001 (TNO, *ibíd.*).

El Acuífero Patiño Occidental, como Gómez (1991), lo denomina Bloque Benjamín Aceval, no fue incluido como área de muestreo.

4.2 Interpretación.

El 96% de las aguas de los pozos presentan valores o iguales a 1000 ppm de Totales de Sólidos Disueltos, por lo cual se determina el predominio de aguas dulces en la zona de estudio, en consideración a los criterios de clasificación de Davis y De Wiest (1967), que se despliega a continuación:

El 4% de las aguas de los pozos restantes fueron hallados con características salobres o de muy alta salinidad, de propiedades organolépticas bien sensibles en cuanto al sabor y olor; todos ellos en aproximación o en la ribera del río Paraguay.

De acuerdo a las características físico-químicas observadas en el muestreo, se ha constatado un sesgo de comportamiento bien delineado en las aguas de los pozos en casi toda el área del Grupo Asunción. Se trata de las consabidas aguas dulces del Acuífero Patiño, que se destacan por su potabilidad siendo de consumo masivo y consuetudinario.

Por otro lado, durante el recorrido se han encontrado pozos con aguas de características completamente diferentes en cuanto sus parámetros medidos. Se trata de los pozos 79 y 94, localizados en el Bañado Norte* (Banco San Miguel) y Surubí y Limpio respectivamente.

El pozo piezométrico de monitoreo 38 de la SEAM presenta salobridad, y fue el único lugar donde no fue posible el muestreo. Para el mismo se adjuntaron datos de conductividad eléctrica y pH del informe técnico de la SEAM correspondiente al año 2016, y fueron incluidos en la tabla, tabulado como el pozo número 70, y que se localiza en Villa Jardín – Limpio.

Así mismo, se han encontrado aguas con características sucedáneas a las del Acuífero Patiño, que bordean los rangos de potabilidad para el consumo humano (en algunos casos impracticables) según el Protocolo de la ERSSAN (Anexo C), siendo en promedio ligeramente salobres. Son los pozos 20, 54, 56, 57, 80 y 85, también en los arrimos al río Paraguay.

Al realizar una estadística descriptiva elemental, se llega a comprender que si se tomase todo el universo de datos como un solo sistema, los valores obtenidos no reflejarán aquello que ocurre en la realidad porque los valores de dispersión son muy amplios.

Por medio de los datos obtenidos, hace suponer de que se tratan de aguas subterráneas completamente diferentes, de distintos acuíferos, por lo cual se han agrupado de acuerdo a sus características en conformidad a los valores de concentración de los Totales Sólidos Disueltos; siendo este parámetro el firmante del tipo de agua en cuanto a su ionización, y se describe del siguiente modo: Dentro del primer grupo, se reúne a aquellos pozos con aguas de ≤ 1.000 ppm de Total de Sólidos Disueltos (aguas dulces); el segundo grupo a aquellos pozos cuyas aguas se encuentren entre el rango de Total de Sólidos Disueltos de ≥ 1000 ppm y 10.000 ppm (aguas salobres); y finalmente los pozos cuyas aguas superen o igualen al valor crítico de los 10.000 ppm (aguas saladas). De cada conjunto establecido se realizarán observaciones puntuales de acuerdo a los resultados.

4.2.1 Primer grupo – Aguas dulces

Tabla 6. Detalles del muestreo

P#	Localidad	Municipio	Latitud	Longitud	pH	C.E ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TSD (ppm)	T (°C)	Pf. (m)
1	Parque Nú Guazú	Luque	-25.269092°	-57.537900°	6,3	277	182	24,7	111,0
2	Sr. Montanía	M. R. Alonso	-25.187864°	-57.539905°	5,0	326	215	25,6	15,0
3	Ing. Roa	V. Elisa	-25.357970°	-57.569162°	5,9	471	311	23,4	S/D
4	JS Mbocayaty	Ñemby	-25.369941°	-57.567677°	5,5	148	98	24,6	192,0
5	Paí Nú 1	Ñemby	-25.358637°	-57.559862°	5,8	165	109	25,5	201,0
6	ESSAP	Paraguari	-25.613245°	-57.151330°	5,9	131	86	28,2	70,0
7	ESSAP 2	Paraguari	-25.589670°	-57.172749°	5,4	76	50	24,5	S/D
8	JS Peguahó	Paraguari	-25.585810°	-57.222472°	6,2	95	63	23,9	S/D
9	Sr. R. Cogliolo	S. Antonio	-25.409975°	-57.573870°	5,3	120	79	25,7	S/D

10	Flia. Arévalos	S. Antonio	-25.401378°	-57.571672°	5,3	232	153	24,1	S/D
11	Colegio San Blas	S. Antonio	-25.418845°	-57.566295°	5,8	159	105	25,4	S/D
12	JS Pirayú	Pirayú	-25.514357°	-57.259149°	6,1	59	39	24,7	S/D
13	JS Ypacaraí	Ypacaraí	-25.416012°	-57.315539°	6,2	259	171	25,1	195

P#	Localidad	Municipio	Latitud	Longitud	pH	C.E (μ S/cm)	TSD (ppm)	T (°C)	Pf. (m)
15	Lav. Punto Brillo	F. de la Mora	-25.321222°	-57.560505°	5,3	283	170	24,6	S/D
16	Record Electric	Asunción	-25.316163°	-57.565668°	5,0	190	125	23,4	S/D
17	Dr. Félix Villar	S. Lorenzo	-25.362250°	-57.517847°	5,0	217	143	23,1	111
18	Sr. Rufino Gullón	S. Lorenzo	-25.377584°	-57.517674°	6,0	156	103	23,0	110
19	Tablada Nueva	Asunción	-25.263192°	-57.597508°	7,6	412	272	26,0	S/D
20	Trayecto a Mbiguá	Asunción	-25.258855°	-57.613465°	8,1	923	601	24,9	S/D
21	Copetrol - Colón	Asunción	-25.280330°	-57.642942°	8,4	252	166	25,2	S/D
22	Com. de Ingeniería	Asunción	-25.305606°	-57.653347°	6,0	124	82	25,0	120
24	JS 3 de Mayo	Luque	-25.294553°	-57.462002°	6,1	106	70	23,5	S/D
25	Aguatería Cencerro	Luque	-25.289263°	-57.455793°	5,3	332	219	24,0	S/D
26	SENASA - Pozo 3	Areguá	-25.315875°	-57.393360°	7,0	165	109	25,1	S/D
27	SENASA - Pozo 5	Areguá	-25.309527°	-57.396370°	5,7	44	29	24,7	S/D
28	SENASA - Pozo 6	Areguá	-25.316581°	-57.396125°	6,5	105	69	24,8	S/D
29	JS Valle Pucú	Areguá	-25.295274°	-57.439068°	5,8	61	40	25,2	142
30	Club River Plate	Asunción	-25.304502°	-57.598525°	5,8	370	244	24,0	S/D
31	Prof. González	Lambaré	-25.355257°	-57.619277°	5,4	253	167	24,0	S/D
32	Ag. San Miguel	Lambaré	-25.358303°	-57.633594°	5,2	72	48	25,2	90
33	Paí Ñú P4	Ñemby	-25.369198°	-57.541831°	6,9	141	93	14,1	190
34	JS - Capiatá	Capiatá	-25.352095°	-57.447740°	6,4	131	86	25,1	152
35	JS CONAVI P. 3	Itauguá	-25.396918°	-57.385401°	6,4	82	54	24,1	S/D
36	JS Las Piedras	Itá	-25.456634°	-57.406370°	5,4	117	77	24,6	136
37	Aveiro	Itá	-25.485697°	-57.385186°	6,1	55	36	24,9	S/D
38	JS - Itauguá Guazú	Itaugua	-25.432735°	-57.355760°	6,4	142	94	24,5	130
39	JS Curupicaity	Itá	-25.503100°	-57.397988°	6,2	108	71	24,7	S/D
40	Sr. Cecilio Picagua	Guarambaré	-25.484660°	-57.442201°	5,2	45	30	23,4	S/D
41	Flia. García	Yaguarón	-25.568836°	-57.283800°	5,7	265	175	24,3	80
42	JS Ypané P3	Ypané	-25.449342°	-57.506532°	6,6	97	64	25,7	152
43	Ag. S. María	Itá	-25.536103°	-57.325895°	6,4	138	91	25,1	110
44	Huerta - Arrua í	Itá	-25.541967°	-57.340384°	6,6	356	235	25,0	S/D
45	Sr. Benítez	Guarambaré	-25.489018°	-57.483407°	6,0	300	198	25,0	S/D
46	JS Ypané P1	Ypané	-25.458383°	-57.506053°	6,7	116	77	27,0	122
47	JS Ybyraró P1	J. A. Saldívar	-25.427200°	-57.458342°	5,1	96	63	23,9	152
48	Escuela Amistad	Luque	-25.280146°	-57.480282°	5,4	167	110	22,0	154
49	JS Marín Caaguy	Luque	-25.237105°	-57.445987°	6,7	214	141	24,3	116
50	Ag. Emmanuel	Limpio	-25.209675°	-57.467656°	5,8	353	233	24,5	S/D
51	JS Cañada Garay	Luque	-25.257027°	-57.454868°	5,2	78	51	24,4	S/D

52	Ag. Manantial	Limpio	-25.188037°	-57.441491°	5,5	68	45	24,0	S/D
53	JS Limpio P1	Limpio	-25.166950°	-57.473705°	5,8	252	166	21,7	150
54	JS Rincón	Limpio	-25.136814°	-57.468192°	5,9	1223	734	24,3	S/D
55	JS Piquete C. – P. 2	Limpio	-25.131199°	-57.470422°	6,3	451	298	23,0	S/D

P#	Localidad	Municipio	Latitud	Longitud	pH	C.E (µS/cm)	TSD (ppm)	T (°C)	Pf. (m)
57	TGL Paraguay	M. R. Alonso	-25.208821°	-57.553020°	6,7	1276	842	19,0	S/D
58	JS Rincón	Ñemby	-25.397166°	-57.529290°	5,8	94	62	23,3	128
59	Ag. Cencerro	Capiatá	-25.382420°	-57.464940°	5,5	178	118	23,0	S/D
60	5ta Compañía	Capiatá	-25.374566°	-57.458319°	5,3	225	149	22,2	S/D
61	Ag. S. Domingo	San Lorenzo	-25.313028°	-57.514488°	6,0	51	34	21,4	S/D
62	Agrog. S. Gabriela	F. De La Mora	-25.310478°	-57.528197°	5,6	197	130	19,1	S/D
63	Sr. Fernández	Paraguarí	-25.629520°	-57.152483°	5,7	111	73	23,5	S/D
64	Res. Universitaria	San Lorenzo	-25.344228°	-57.532150°	5,9	227	150	20,0	100
65	Caraguatayty	Itá	-25.465899°	-57.347677°	6,0	109	72	20,0	S/D
66	Flia. Cabrera	Itá	-25.480210°	-57.338900°	7,0	158	104	20,0	S/D
67	JS Jhovv	Pirayú	-25.462340°	-57.321930°	7,3	66	44	19,6	130
68	Aguatería BR	Pirayú	-25.460060°	-57.286710°	5,6	70	46	23,3	72
69	Flia. Báez	Yaguarón	-25.508800°	-57.309430°	6,3	108	71	23,6	42
70	Villa Jardín	Limpio	-25.148100°	-57.496660°	6,9	14.820	9.781	S/D	30
71	Flia. Lezcano	Yaguarón	-25.499240°	-57.317100°	6,4	420	277	14,8	50
72	Flia. Bogarín	Yaguarón	-25.523240°	-57.267910°	6,3	77	51	24,0	100
73	JS Aldama Cañada	J.A. Saldivar	-25.419650°	-57.404260°	6,6	66	44	24,0	130
74	Flia. Carrillo	V. Elisa	-25.375448°	-57.583575°	7,4	128	85	21,0	S/D
75	JS Estanzuela	Itauguá	-25.349500°	-57.369150°	5,8	42	28	24,0	91
76	Huerta M. Ferreira	Areguá	-25.339850°	-57.384770°	5,8	51	34	24,1	S/D
77	Campamento Oasis	Areguá	-25.351020°	-57.402580°	5,7	48	32	24,0	S/D
78	Granja Mi Retiro	Areguá	-25.338000°	-57.418800°	6,1	47	31	21,7	S/D
79	Club Mbiguá	Asunción	-25.268170°	-57.638780°	7,9	28.600	18.876	24,4	100
80	C.E. Caacupé mí	Asunción	-25.256310°	-57.612540°	8,3	3.245	2.142	18,4	80
81	Iglesia MDV	Fdo. D L Mora	-25.307430°	-57.534608°	7,3	262	173	23,2	30
82	Flia. Ruíz Díaz	Limpio	-25.185803°	-57.515996°	5,7	229	151	25,2	85
83	Esc. Loma Merlo	Luque	-25.247770°	-57.502550°	6	88	58	23,2	S/D
84	Aguatería AIA	M.R. Alonso	-25.212060°	-57.525380°	5,2	395	261	25,1	200
85	Aguatería Paniagua	Limpio	-25.146400°	-57.475810°	6,2	516	341	26,9	S/D
86	Lactolanda	Fdo. D L Mora	-25.339308°	-57.584421°	5,9	193	127	22,6	100
87	Farmaco S.A.	Lambaré	-25.376862°	-57.617743°	5,5	55	36	24,3	S/D
88	Agua BES P1	V. Elisa	-25.368365°	-57.582471°	5,9	115	76	24,6	140
89	Balneario Dubai	V. Elisa	-25.362860°	-57.591307°	5,1	139	92	24,9	80
90	Ag. Com. O & S	V. Elisa	-25.391266°	-57.583563°	5,8	111	73	25,5	120
91	Ag. Ysry Sati	Capiatá	-25.336450°	-57.472740°	7,4	163	108	26,4	100
92	Ag. Barrio Tarumá	Ypané	-25.418260°	-57.495540°	6,1	95	63	26,3	60
93	Club S. Trinidense	Asunción	-25.260502°	-57.583746°	7,2	145	96	25,9	100

94	Flia. Belabedoba	Limpio	-25.169720°	-57.505480°	6,7	53.600	35.376	24,5	90
95	C. G. Caballero ZC	Asunción	-25.234780°	-57.557514°	7,2	405	267	25,4	60
96	Bo. R. Brugada	Asunción	-25.280610°	-57.629010°	6,3	233	154	22,8	0
97	Flia. Aquino R.	San Lorenzo	-25.379340°	-57.489790°	5,9	155	102	12,7	100

P#	Localidad	Municipio	Latitud	Longitud	pH	C.E ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TSD (ppm)	T (°C)	Pf. (m)
99	Flia. Aquino	Asunción	-25.324600°	-57.643350°	6,4	103	68	24,0	26
100	Est. Def. del Chaco	Asunción	-25.292241°	-57.656918°	7,6	206	136	14,2	80

En la Tabla 6 se agrupan los lugares de muestreo cuyos resultados fueron determinados como aguas del tipo dulces.

Los grupos se establecen en función a la concentración de TSD (Tabla 1), entonces en el primer grupo se clasificarán aquellos que contengan valores a inferiores o iguales a 1.000 partes por millón. Son los pozos que contienen agua dulce.

4.2.1.1 El Acuífero Patiño para TSD ≤ 1.000 ppm – Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Tabla 7. Medidas de dispersión – Pozos con agua dulce.

Cantidad de Muestras	96
Valor Máximo	1.276
Valor Mínimo	41
Rango	1.235
Promedio	214
Desviación Estándar	227

En la Tabla 7 se especifican los resultados de una estadística descriptiva elemental en cuanto a sus conductividades eléctricas.

El pozo con aguas de mayor conductividad eléctrica para los agrupados con aguas dulces ocurre en Mariano Roque Alonso (Tabla 7), en las cercanías del río Paraguay. Se lo interpreta como perteneciente al Acuífero Patiño fuertemente influenciado por los acuíferos chaqueños.

Los mejores valores de medición para consumo humano fueron observados en el pozo artesiano de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, con muy baja conductividad eléctrica, y precisamente aparece con el del valor mínimo (Tabla 7) en todo el conjunto de datos en lo concerniente a éste parámetro. En la tabla se observa el rango amplio: este sesgo debido a los pocos pozos levemente salobres que inciden en el resultado para este valor estadístico.

El valor promedio de conductividad eléctrica denota agua dulce, aunque con valores algo llamativos. Se supone a estos valores como contaminación del acuífero por efluentes ionizados; presencia de nitratos, mineralización del agua por desplazamientos en fisuras de cuerpos ígneos y consecuente hidrólisis de silicatos y/o leves intrusiones salinas. El último argumento sería muy válido tener en cuenta en las zonas de interdigitación de los Acuíferos Patiño con los contiguos Chaqueños. Sin dudas, merece especial estudio en detalle de acuerdo a la zona.

Tabla 8. Distribución de frecuencias – C.E.

#	Clase – CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Frecuencia	% de Frecuencia
1	0 -100	28	29,166
2	100 - 200	34	35,419
3	200 - 300	17	17,708
4	300 - 400	7	7,294
5	400 - 500	5	5,208
6	500 - 600	1	1,041
7	600 - 700	0	0
8	700 - 800	0	0
9	800 - 900	0	0
10	900 - 1000	1	1,041
11	1000 - 1100	0	0
12	1100 - 1200	1	1,041
13	1200 - 1300	2	2,082
	Total	96	100

En la Tabla 8 se expresa la Distribución de Frecuencias de las Conductividades Eléctricas en los lugares con agua dulce.

El 94% de los pozos indican un sesgo de valores inferiores a los 300 microSiemens por centímetro (Figura 7), lo cual concuerda con el valor promedio anteriormente verificado. Los demás restantes muestreos tuvieron su ocurrencia en

las cercanías del río Paraguay y se los atribuye con tendencia a lo salobre, por influencia de acuíferos salados, considerando ensayos químicos reportados en otros trabajos.

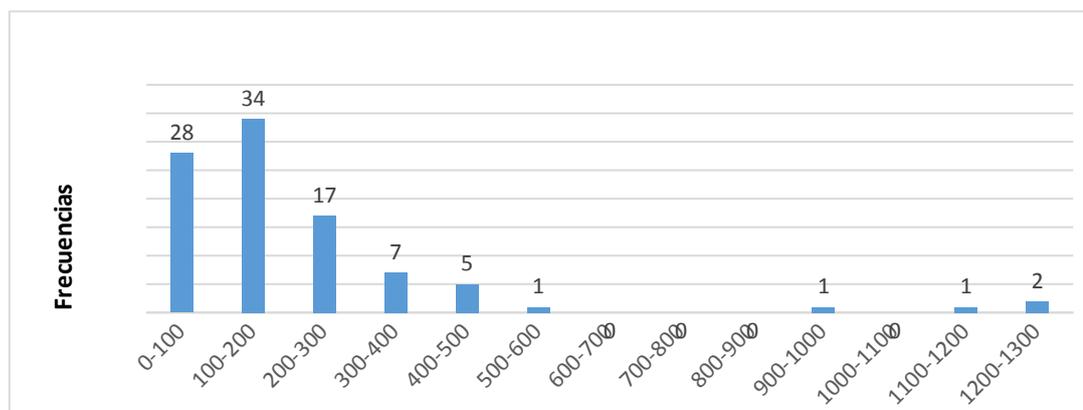


Figura 7. Distribución de frecuencias – Conductividad eléctrica (µS/cm)

En la Tabla 9 se determinan las condiciones de potabilidad de los pozos con aguas dulces y los excesos a los valores críticos establecidos por la ERSSAN.

Tabla 9. Condiciones de potabilidad para consumo humano.

	C.E (µS/cm)	Exceso de límites	Condición de potabilidad
Límite admisible	≤ 1.250	1%	NO POTABLE
Límite recomendado	≤ 400	10%	POTABLE

Fuente de evaluación: ERSSAN

Para el abastecimiento masivo de agua potable existen normas de calidad para sus diferentes propiedades. Esto es variable de acuerdo a los países y organizaciones sanitarias mundiales, siendo constantemente actualizados sin diferir mucho entre sí.

En Paraguay, el ente estatal ERSSAN (Anexo C) establece los valores admisibles óptimos para aprovisionamiento de agua a la población considerando el parámetro de conductividad eléctrica el valor crítico de 1.250 microSiemens/cm. Sólo el agua de un pozo no cumple con el requisito, y efectivamente en el lugar no se utiliza el agua sino para actividades de limpieza.

El 10% de las aguas de los pozos superan los límites recomendados. Si bien son aceptables para consumo no son óptimos (Tabla 9). Todos aquellos lugares que superan o igualan el valor de 400 microSiemens/centímetro tienden a ser salobres, y se encuentran cercanos al río Paraguay. En determinados lugares se ha constatado el consumo normal de aguas que orillan los valores admisibles habiendo superado el límite recomendado.

4.2.1.2 Evolución en el tiempo - Valores de conductividad eléctrica

Trabajos de referencia

- Proyecto “Fortalecimiento de Estudios Hidrogeológicos SENASA”, 2001. Instituto Holandés de Geociencias Aplicadas (TNO).
- Tesis de Grado Académico para la Facultad de Ingeniería UNA, “Estudio de la Contaminación del Acuífero Patiño”, Cardoso S., Crosa C., 2006.
- Tesis de Grado Académico para la Facultad de Ingeniería UNA. “ACUÍFERO PATIÑO”, Lampert I., Santacruz F., Quevedo J., 2009.

Tabla 10. Comparación entre mediciones de conductividad eléctrica anteriores y los actuales (2017).

P#	Lugar	Tesis 2017	2001 - TNO	2006 – C& C	2009 - LSQ	Δ	%
2	Sr. Montanía	326	365	----	----	39 (descenso)	10.7
3	Ing. Roa	471	402	----	----	69 (ascenso)	14.7
4	JS - Mbocayaty	148	87	----	----	61 (ascenso)	7
5	Paí Ñú P2	165	136	----	----	29 (ascenso)	21
6	ESSAP – Par.	131	65	----	----	66(ascenso)	102
7	ESSAP 2 – Par.	76	71	----	----	5 (ascenso)	7
8	JS Peguahó	95	139	----	----	44 (descenso)	11.3
13	JS Ypacaraí	259	258	----	----	1 (ascenso)	0.4
16	Record Electric	190	----	----	58	132 (ascenso)	228
17	Dr. Félix Villar	217	----	121	----	96 (ascenso)	79
18	Sr. Gullón	156	162	----	----	6 (descenso)	3.7
19	Tablada Nueva	412	239	----	----	173 (ascenso)	72.4
22	Com. Ingeniería	124	102	----	----	22 (ascenso)	21.6
29	JS Valle Pucú	61	71	----	----	10 (descenso)	14.1
30	Club River Plate	370	329	----	----	41(ascenso)	12.5
31	Flia. González	253	151	----	----	102 (ascenso)	68
35	Paí Ñú P4	141	157	----	----	16 (descenso)	10.2
34	JS Capiatá	131	81	----	----	50 (ascenso)	61.7
36	JS Las Piedras	117	52	----	----	65 (ascenso)	125
39	Curupicaity	108	81	----	----	27 (ascenso)	33.3

42	JS Ypané P3	97	86	----	----	11 (ascenso)	12.7
46	JS Ypané P1	116	113	----	----	3 (ascenso)	2.7

P#	Lugar	Tesis 2017	2001 - TNO	2006 - C& C	2009 - LSQ	Δ	%
48	Esc. Amistad	167	34	----	----	133 (ascenso)	391
49	Marín Caaguy	214	194	----	----	20 (ascenso)	10.3
53	JS Limpio P1	252	287	----	----	35 (descenso)	12.2
58	JS Rincón	94	64	----	----	29 (ascenso)	45
65	Caraguatayty	109	----	90	----	19 (ascenso)	21.1
75	JS Estanzuela	42	46	----	----	4 (descenso)	8.7
100	Est. Def. Chaco	206	186	----	----	20(ascenso)	11

En la Tabla 10 se ingresaron los valores de variación de las conductividades eléctricas medidas en otros trabajos anteriores y se evalúan los resultados.

El 75% de los 30 pozos cotejados con mediciones anteriores de las aguas de los pozos en este escenario de muestreo sugiere incremento de los valores de conductividad eléctrica (Tabla 10). Lo más probable sea por contaminación antrópica, lo cual se conjetura por contextualización geográfica de los pozos, que amerita comprobación por medio de investigaciones ulteriores en detalle. También deberían tenerse en cuenta posibles mediciones con errores durante el muestreo por parte de los investigadores.

Tabla 11. Medidas de Dispersión – TSD para ≤ 1.000 ppm

Cantidad de Muestras	96
Valor Máximo	842
Valor Mínimo	27
Rango	815
Promedio	140
Desviación Estándar	146

En la tabla 11 se observan las medidas estadísticas de dispersión para los valores de Totales de Sólidos Disueltos en los pozos con aguas dulces.

Se ha establecido esta agrupación de datos en atención al carácter dulce del agua, por lo cual los valores de Total de Sólidos Disueltos no superarán los 1000 ppm de concentración (Tabla 1).

Para conocer los valores aproximados de Total de Sólidos Disueltos de las aguas subterráneas, primeramente se mide el valor de Conductividad Eléctrica.

Posterior a ello, el módulo de la C.E se multiplica por el factor 0.66. Este factor representa el cociente entre las medidas de CE en relación a su TSD, el cual usualmente oscila entre 0.55 y 0.77. El valor 0.66 es el número intermedio entre los extremos del rango aludido.

De los 96 pozos observados y promediados se verifica el valor de 140 ppm de TDS (Tabla 11), lo cual sugiere buena calidad de agua. Cabe convenir que el valor debería ser inferior, entonces se presume ligera contaminación o aportes minerales de fondo en su concentración de TSD. Barthel (1995) estima al Acuífero Patiño como el que presenta mayor contaminación.

Resulta razonable suponer influencia salina en el norte del Grupo Asunción de estas aguas subterráneas, sin embargo la cantidad de muestreos alejados de los contactos de acuíferos salinizadores indican otros elementos responsables de estos valores llamativos. Estos argumentos expuestos necesitan ser confirmados o desestimados por medio de pesquisas futuras.

Tabla 12. Distribución de frecuencias

#	Clase – TSD (ppm)	Frecuencia	% de Frecuencia
1	0 - 100	50	52
2	100 - 200	29	30
3	200 - 300	11	11
4	300 - 400	2	2
5	400 - 500	0	0
6	500 - 600	0	0
7	600 - 700	1	1
8	700 - 800	2	2
9	800 - 900	1	1
		96	100

En la tabla 12 se especifican los valores de ocurrencia y frecuencia relativa de las aguas dulces y sus Totales de Sólidos Disueltos.

Los valores inferiores a 300 ppm son los predominantes (Tabla 12), los demás, que notablemente son minoría sugieren otras características hidroquímicas o influencias extra-acuífero.

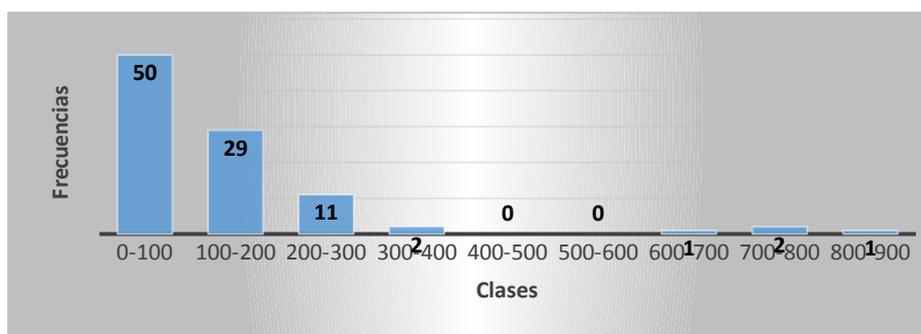


Figura 8. Distribución de frecuencias – Total de sólidos disueltos (ppm)

Es destacable que los valores-tendencia se encuentran alejados de los valores críticos de potabilidad para consumo humano (Figura 8), por lo cual nos referimos a aguas en buenas condiciones (Anexo C).

Tabla 13. Medidas de dispersión – pH

El Acuífero Patiño para TSD \leq 1.000 ppm – pH

Cantidad de muestras	96
Valor máximo	8.4
Valor mínimo	5
Rango	3.4
Promedio	6.1
Desviación estándar	0.699

En la tabla 13 se especifican las medidas de dispersión para los valores de pH en los pozos con aguas dulces.

Mediante los datos obtenidos en este muestreo se ha observado que las aguas del Acuífero Patiño son ligeramente ácidas. El rango no es amplio (Tabla 13), y constata un aumento de álcalis en las zonas ribereñas del río Paraguay, en consonancia con el aumento de salinidad en las aguas. La composición litológica por donde circula el acuífero controla los valores del pH, así como los aportes de aguas meteóricas.

En la Tabla 14 se evidencian las ocurrencias de tipos de pH en aguas dulces. En el despliegue de datos en forma de tabla y gráfico se evidencia claramente el predominio del carácter ácido de las aguas del Acuífero Patiño (Tabla 14 y Figura 9); (Anexo D).

Tabla 14. Distribución de frecuencias

#	Clase – pH	Frecuencia	% de Frecuencia
1	5 – 6	54	56,25
2	6 – 7	32	33,33
3	7 – 8	8	8,33
4	8 - 9	2	2,08
	Total	96	100



Figura 9. Distribución de frecuencias – pH

Considerando el protocolo de la ERSSAN (Apéndice C), el 80% de los pozos (Tabla 15), si bien no alcanzan los requerimientos óptimos para consumo humano -según la Dirección del Laboratorio de Aguas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (2017), son aceptables en un rango de 5 a 9 -. Se menciona aquí, que en ninguno de los pozos muestreados se ha observado un valor extralimitado de carácter alcalino.

Tabla 15. Condiciones de potabilidad - pH.

ERSAN	pH	Exceso de límites	Condición de potabilidad
Límite	6.5-8.5	80%	NO POTABLE

4.2.2 Segundo grupo – Pozos (1) con valores de TSD ≥ 1000 y ≤ 10.000 ppm (Salobres).

En la Tabla 16 se especifican los pozos cuyas aguas ostentan medidas que le confieren el carácter salobre. Así mismo es observable un aumento de alcalinidad en cuanto a pH. No sería sorpresa localizar otros pozos de aguas con éstos atributos si se explorase la zona.

Tabla 16. Pozos con aguas salobres.

P#	Loc.	Munic.	Lat.	Lon.	pH	C.E (µS/cm)	TSD (ppm)	T (°C)	Prof. (m)
70*	Villa Jardín	Limpio	-25.148°	-57.496°	6.9	14.820	9.781	S/D	30
80	C.E. Caacupé mí	Asunción	-25.256°	-57.612°	8.3	3.245	2.142	18.4	80

* Pozo de muestreo #38 de la SEAM. Datos recabados del Informe Técnico de la Institución en el año 2016.

En la Tabla 17 se consideran los valores críticos estipulados por la ERSSAN y los valores obtenidos durante el muestreo en los pozos de aguas salobres. Cotejando valores, se observa que no son potables en cuanto a sus valores de conductividades eléctricas y totales de sólidos disueltos. Los valores de pH son válidos para consumo.

Tabla 17. Condiciones de potabilidad

Parámetro	Val. crít. (ERSSAN)	M1	M2	Condición
C. E. (µS/cm)	≤1.250	14.820	3.245	No Potable
TSD (ppm)	≤1000	9.781	2.142	No Potable
pH	6.5 – 8.5	6.9	8.3	Potable

Los responsables del pozo en Caacupé mí se encuentran conscientes del carácter especial de las aguas que emergen de sus cañerías que provienen del sustrato. Se lo utiliza deliberadamente para servicios generales de limpieza y lavado dado su carácter no potable para consumo. Su propiedad organoléptica de sabor amargo hace suponer concentración especial de potasio, magnesio o boro (Laboratorio de Aguas – FaCEN, 2017).

4.2.2.1 Disminución de salinidad en las aguas del Pozo 70 (Villa Jardín – Limpio)

Se ha accedido al informe y diseño del pozo 70 cuya perforación se realizó en febrero del año 2007. En los detalles del mismo se puede constatar el valor de

conductividad eléctrica medido en ese entonces, el cual se reporta como: 16.330 $\mu\text{S/cm}$. Así mismo, se ha accedido al informe técnico de la SEAM cuyo año de publicación data del año 2016, y en el mismo se verifica el valor de Conductividad Eléctrica de 14.820 $\mu\text{S/cm}$.

Contrastando estos valores medidos en el mismo pozo luego de haber transcurrido 9 años, se concluye que las aguas de dicho pozo han disminuido en salinidad en un 9,25%.

Se resalta el carácter de acuífero libre en ese sitio de perforación, observable el perfil estratigráfico del pozo, en donde no se verifican litologías del tipo sellos hidráulicos (Figura 10). La disminución de la conductividad eléctrica se explica por la incidencia de aguas aéreas en carácter de recarga en los años recientes. Del mismo informe técnico se extrae una tabla en el que se comprueba el aumento de pluviosidad:

Tabla 18. Elaborado a partir de los datos de precipitación de la estación ubicada en el Aeropuerto Silvio Pettrossi. Se evidencia variaciones en el régimen de pluviosidad en función al tiempo.

Tabla 18. Datos de pluviosidad (en milímetros).

Año	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
En.	66,55	200,65	287,54	91,69	127,5	119,37	25,65	31,8	74,8	223,6
Feb.	59,94	38,85	159,27	198,88	122,95	173,73	93,74	184,8	342,9	225,8
Mar.	146,55	110,23	133,1	56,13	88,65	122,69	185,92	59,7	192,3	58,5
Ab.	57,16	316,22	137,98	25,15	46,99	182,38	233,42	80,7	325	161,3
May	33,01	109,73	51,06	346,21	151,13	23,56	21,84	158,2	112	406,4
Jun.	112,52	6,1	45,46	51,31	109,48	57,39	53,09	172,3	126,7	87,7
Jul.	10,67	66,54	47	150,38	172,46	140,21	50,53	22,8	74,17	103,8
Ag.	60,96	3,56	7,62	44,19	0	13,96	6,6	52	7,11	53,3
Sep.	127,26	19,3	57,66	33,79	70,36	67,06	59,44	34,1	57,66	4
Oct.	313,7	108,7	64,25	66,29	229,61	253,75	133,85	119,6	98,3	135,1
Nov.	230,12	222,23	105,16	194,05	79,25	172,47	246,62	144,5	345,5	152,6
Dic.	284,48	293,11	20,58	219,44	133,09	45,96	45,73	95,7	151,5	405,9
T. (año)	1.502,9	1.495,2	1.136,7	1.477,5	1.331,5	1.372,5	1.156,4	1.156,2	1.907,9	2.018

Fuente: SEAM – Dirección de Recursos Hídricos.

Es de considerar que las últimas inundaciones importantes ocurrieron en el año 2014 y 2015 (Tabla 18). Esto último cuando el efecto del Niño tuvo vigencia en la región. Según la clasificación de Davis y De Wiest (ibíd.), en el año 2007 luego de la perforación del pozo 70, el valor de Conductividad Eléctrica medido fue 16.330

$\mu\text{S}/\text{cm}$ y las aguas fueron caracterizadas de acuerdo a su Total de Sólidos Disueltos) se concluiría acerca de su carácter salado, siendo el módulo de $\text{TSD} = \text{CE} * 0,66 = 10.778 \text{ ppm}$, el cual supera el valor crítico de 10.000 ppm consignándolo como agua salada.

En el último monitoreo realizado por la SEAM en el 2016, se pudo comprobar que el valor de Conductividad Eléctrica fue de $14.820 \mu\text{S}/\text{cm}$ y conociendo su valor de Total de Sólidos Disueltos por medio de su $\text{CE} * 0,66$, entonces se obtiene un valor de 9.781 ppm , el cual es inferior al valor crítico de 10.000 ppm , resultando el agua de carácter salobre.

De lo anteriormente expuesto, se propone que los efectos climáticos inciden en las propiedades de las aguas subterráneas si se cumplen ciertas condiciones. Las aguas de recarga modificaron las propiedades físico-químicas de las aguas de los acuíferos salados, a tal punto que su migración de carácter de tipo de agua, de salado a salobre resultó comprobable.

Si efectivamente existe una salinización en las aguas de los acuíferos, existe un contrabalanceo de aportes de aguas aéreas cuando se produce la recarga; incluso esto podría ser extrapolable en cuanto a la contaminación antrópica de los pozos por dilución del agua corrompida, especialmente en lo referente al sector del Acuífero Patiño sin influencia de los acuíferos salados.

Uno de los métodos utilizados para tornar potable el agua salada es el de la irrigación, y es posible suponer que esto ocurre naturalmente. “En régimen de alta pluviosidad y recarga, los contaminantes o minerales disueltos disminuyen de concentración en las aguas subterráneas”.

Así mismo se menciona el efecto del cambio climático incidente en los acuíferos en atención a sus variaciones: al aumentar los valores de temperatura (procesos de desertificación o prolongadas sequías, el calentamiento global o el efecto invernadero), promediando, los valores de evapotranspiración y los niveles estáticos aumentan en profundidad proporcionalmente, mineralizando

intersticialmente los suelos en forma de eflorescencias. Cabe destacar que estas conclusiones se basan en los estudios de monitoreo realizados por la SEAM, y los datos proveídos como gentileza por la Dirección de Recursos Hídricos de dicha entidad.

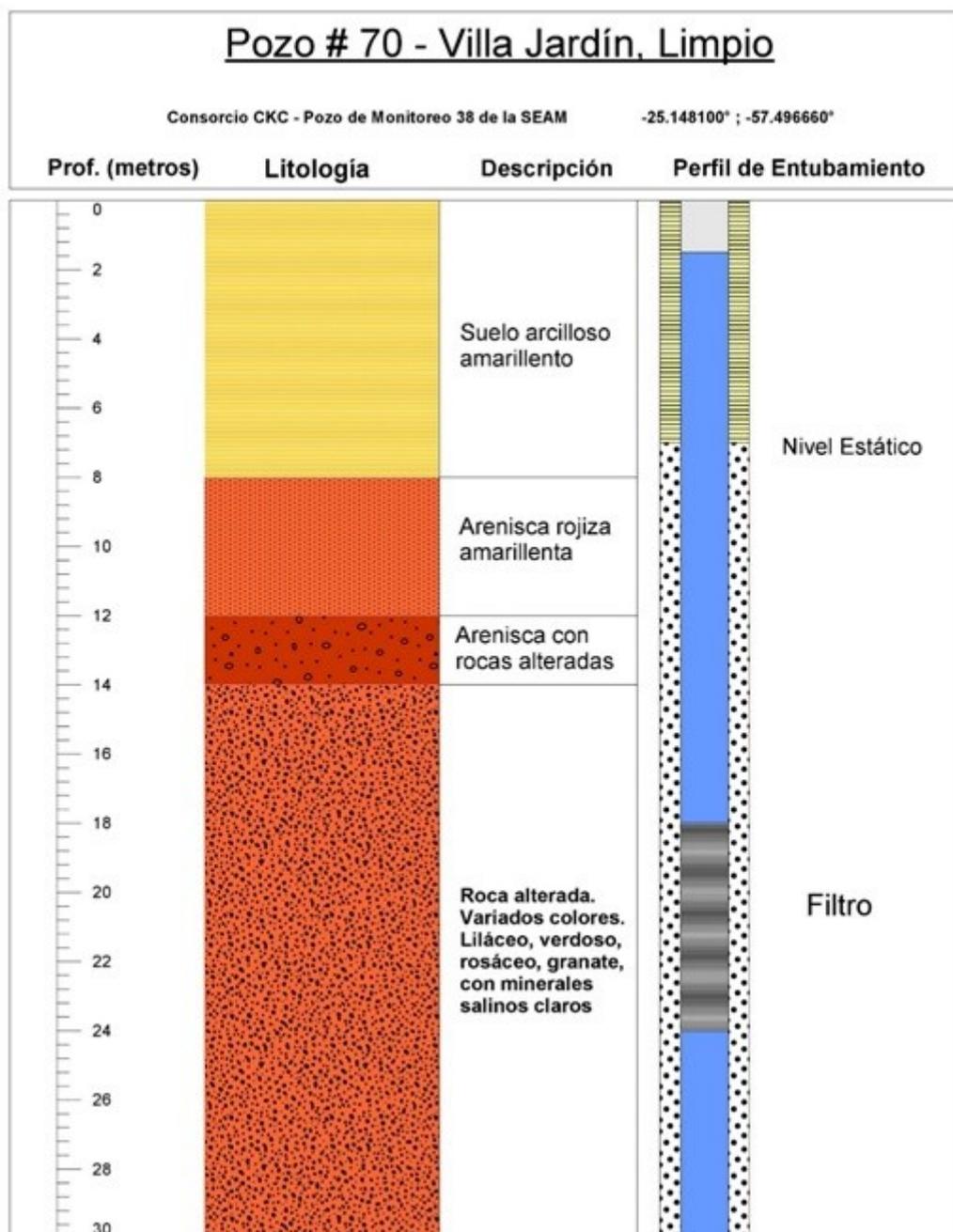


Figura 10 - Perfil del Pozo 70 (#38 de Monitoreo de la SEAM)
Fuente de Datos: Dirección de Recursos Hídricos de la SEAM

4.2.3 Tercer grupo – Pozos (3) con valores de TSD ≥ 10.000 ppm (aguas saladas)

Tabla 19. Pozos con aguas saladas.

P#	Loc.	Mun.	Lat.	Lon.	pH	C.E ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TSD (ppm)	T ($^{\circ}\text{C}$)	P. (m)
79	C, Mbiguá	Asunción	-25.268°	-57.638°	7.9	28.600	18.876	24.4	100
94	Fla., Dellavedova	Limpio	-25.169°	-57.505°	6.7	53.600	35.376	24.5	90

Son detalles de los aspectos geográficos y los resultados de los pozos de los cuales se extraen aguas saladas en la región de muestreo. Por sus características hidroquímicas se los agrupa por separado, y no pueden considerarse como propios del Acuífero Patiño, sino como pertenecientes a unidades hidrogeológicas diferentes (Tabla 19).



Figura 11. Mediciones de conductividad eléctrica y pH en aguas saladas.

Estos pozos fueron perforados en lugares de cotas entre los 60 y 70 metros sobre el nivel del mar, con escasa pendiente; y la profundidad de los pozos 79 y 94 son bastante similares: de 90 a 100 mts.

Los pozos 79 y 94 se destacan notablemente por sus propiedades organolépticas de sabor salado, amargo y olor fétido; estos últimos aspectos especialmente en el pozo en Surubí'i (Figura 11).

Se verifica un ligero aumento de los valores del pH, con tendencia a los alcalinos en relación a los acuíferos sureños de Patiño. La vegetación se manifiesta con menor densidad, y se observan las palmáceas del tipo *Copernicia alba* (caranday) y el suelo de color marrón oscuro (alfisoles). Donde se encuentran estos pozos recuerdan los horizontes del bajo Chaco (Anexo E).

La asociación de estos paisajes en relación a las ocurrencias de aguas de pozos con marcada salinidad es recurrente (en estos dos pozos y también por experiencias relatadas por otros investigadores de aguas subterráneas), y podrían considerarse como referencia para considerar el tipo de agua subterránea que se obtendría en caso de realizarse perforaciones. Ciertos aspectos observables en superficie sugieren cierto comportamiento hidroquímico de las aguas subterráneas (Anexo E).

El pozo 94 se encuentra a pocos metros del arroyo Itay, próximo a su desembocadura al riacho San Francisco (un brazo del río Paraguay).

Se sabe de dicho curso hídrico su alto nivel de contaminación, no descartándose difusión de químicos de toda índole del arroyo al acuífero por lixiviado; y si tal efecto ocurriese, en qué módulo.

Se han reportado otros pozos con estas características en la zona que no aparecen en este trabajo.

Si se explorase exhaustivamente la faja colindante al río Paraguay no sería sorpresa encontrarse con pozos de aguas con atributos semejantes, incluso con mayores índices de salinidad.

Los acuíferos chaqueños serían los responsables de conferir aumento de concentración de TSD a las aguas del Acuífero Patiño por su cercanía geográfica, que implica asomo entre las unidades hidrogeoquímicas que contienen a los acuíferos aludidos del Grupo Asunción y los depósitos del mar chaqueño, tornándolas de carácter salobre.

Se explica la salinización del Acuífero Patiño teniendo presente la existencia de descompresión hidráulica por sobre-explotación y el consecuente descenso de los niveles freáticos; entonces se produce una intrusión salina proveniente de los acuíferos del bajo Chaco (TNO, *ibíd.*).

Existen exposiciones de nefelinitas de la Provincia Alcalina de Asunción en diversos puntos ribereños del río Paraguay. Por citar algunos, Tablada Nueva,

Remansito, Confuso, Villa Hayes, Surubi y, además en el mismo lecho del río Paraguay en zonas.

Estos emplazamientos litológicos, según reportes (Gómez, 2017. Comunicación personal) se encuentran muy fracturados.

Cuando el acuífero circula por fisuras o grietas, los valores de transmisividad son relativamente elevados en relación a los acuíferos porosos, y sería razonable suponer que la difusión de aguas saladas se realiza a través de estos conductos hidráulicos en el caso que los controles estructurales sean favorables para que la circulación tenga efecto.

Sin embargo estos cuerpos ígneos también pueden actuar como barreras para impedir conexión entre acuíferos (Custodio, 1983).

Se interpreta que de acuerdo a los sentidos estructurales de estos macizos rocosos para que sirvan como conductores hidráulicos o como paredones impermeables en el subsuelo.

Perfiles geofísicos deberían ser elaborados a lo largo de los contactos geológicos, cuyo eje central podría considerarse a la zona del río Paraguay para conocer el modo de interacción entre los acuíferos si existiese.

Del texto de Custodio y Llamas Vol. II (1983), se extrae el siguiente párrafo: *Los pozos en rocas volcánicas pueden, a veces, dar caudales espectaculares con descensos mínimos, pero en la misma formación y a escasa distancia, pueden ser prácticamente estériles.*

4.2.3.1 Evolución en el Tiempo.

- Trabajo de Referencia: Proyecto “Fortalecimiento de Estudios Hidrogeológicos SENASA”, 2001. Instituto Holandés de Geociencias Aplicadas TNO.

Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Tabla 20. Comparación de Muestreo con el Trabajo de TNO.

Pozo	Lugar	Tesis 2017	2001	2006	2009	Δ	%
79	C. Mbiguá	28.600	26.800	-----	-----	1800 (ascenso)	6.72

En la Tabla 20 se comprueba variación de conductividad eléctrica del pozo 79 con respecto a mediciones obtenidas en trabajos anteriores.

Con el pozo 94 (que aparece en la Tabla 14) no fue posible efectuar comparación porque no se tienen registros de muestreos más antiguos.

Se verifica incremento de salinidad del 6.7% en 16 años. Se sugiere el monitoreo constante de este pozo para conocer su tasa evolutiva de salinización.

La cantidad de muestreos resulta insuficiente, por lo cual el argumento de salinización no puede ser concluyente para este tipo de manifestaciones. No se presupone injerencia humana para el suceso del aumento de sales para este pozo.

Tabla 21. Condiciones de Potabilidad

Parám.	Val. Lím.	Pz 70	Est.	Pz 79	Est.	Pz 94	Est.
C.E ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	≤ 1.250	14.820	No Potable	28.600	No Potable	53.600	No Potable
TSD (ppm)	≤ 1000	9.781	No Potable	18.876	No Potable	35.378	No Potable
pH	6.5 – 8.5	6.9	Potable	7.9	Potable	6.7	Potable

Los valores de CE y TSD superan los límites críticos, por lo cual no son potables.

Se dirimen condiciones de potabilidad para los pozos con aguas saladas tomando como parámetros los valores establecidos en consideración a la norma de ERSSAN (Tabla 21).

4.2.3.2 Niveles de Salinidad del Acuífero Patiño.

Como se observa en las Figuras 12 y 13, que se han elaborado en base al muestreo en éste trabajo, los valores de conductividad eléctrica (y proporcionalmente los totales de sólidos disueltos) aumentan en la franja ribereña del río Paraguay.

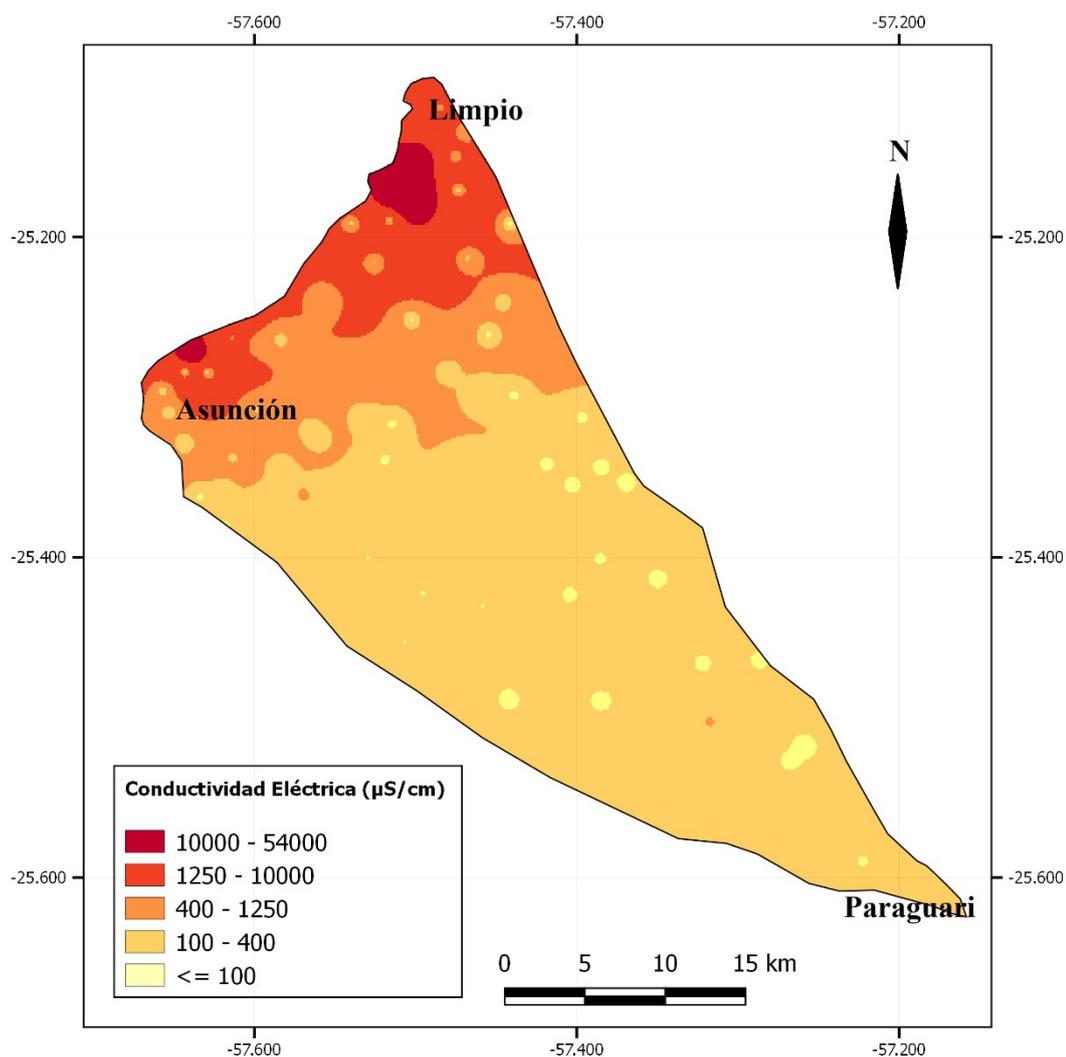


Figura 12. Mapa de conductividad eléctrica – Acuífero Patiño

Fuente: Elaboración propia.

F

Como se observa en las Figuras 12 y 13, que se han elaborado en base al muestreo en éste trabajo, los valores de conductividad eléctrica (y en consecuencia los totales de sólidos disueltos) aumentan en la franja ribereña del río Paraguay.

El incremento de los niveles de salinidad del Acuífero Patiño en el sector mencionado ha sido estudiado por varios investigadores y se trata de una realidad demostrada (aunque sólo existen conjeturas acerca de sus causas) que incide en gran medida en los municipios establecidos en los arrimos al río.

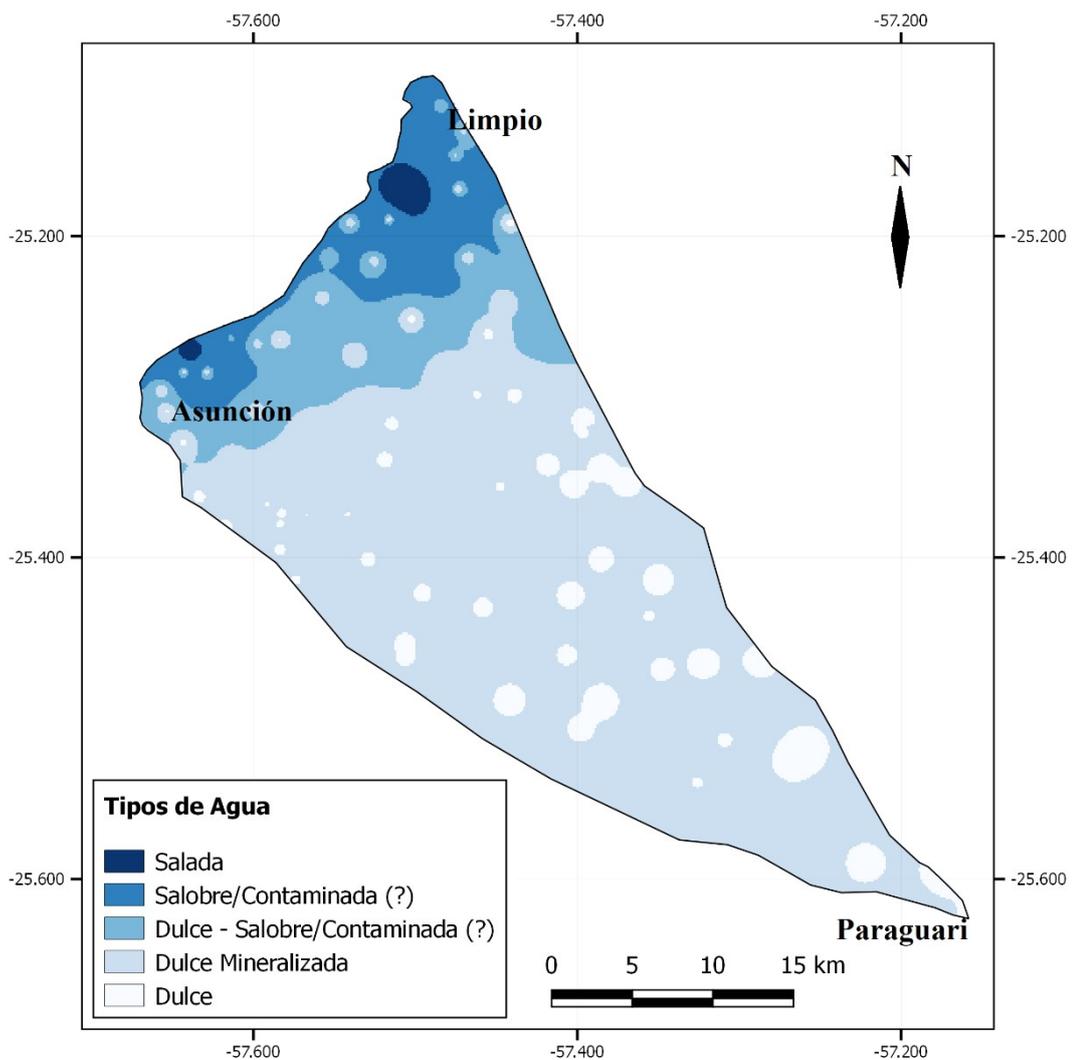


Figura 13. Mapa de tipos de aguas en el Acuífero Patiño.

Fuente: Elaboración propia.

Se cita a continuación la descripción e hipótesis que fueron formuladas con respecto a la salinización en el Acuífero Patiño: *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 del remanente migrado de las aguas saladas conatas de las formaciones marinas silúricas (SENASA – TNO, ibíd.).

Habiéndose reportado la presencia de aguas hidroquímicamente saladas o salobres y eflorescencias en grandes extensiones compartidas por el Chaco paraguayo y la cuenca del río Paraguay, la hipótesis de ingresión marina pos-Cretácico, en este trabajo se la considera como la de mayor probabilidad de haber ocurrido.

Se han verificado estas aguas mineralizadas a lo largo del río Paraguay siempre en las zonas de contacto geológico con la Formación Chaco y otras de distintas edades. En el departamento de Ñeembucu, Paraguarí, Sur del departamento Central, Caraguatay, Emboscada, San Pedro, Vallemí, etc. Aunque no existen

muchas evidencias, se podría suponer que la salinización también ocurriría en aquellos lugares.

Carvallo y Villar (ibíd.) afirman acerca de un aumento de los valores de conductividad eléctrica en un 62.86% para un lapso de 14 años en Mariano Roque Alonso y Limpio. Agregando a esto último, la explotación de las aguas del Acuífero Patiño es ingente, que produce constante descenso de los niveles freáticos y descompresión hidráulica, por lo cual tiene efecto la intrusión salina proveniente del Chaco.

Teniendo en cuenta los demás lugares de ocurrencias salinas que no sean en el contexto del Acuífero Patiño y que se encuentren en cercanía con los acuíferos chaqueños, ¿cómo se explica la salinización en localidades donde el uso del agua subterránea se encuentra muy por debajo a las del Acuífero Patiño?: se propone que podría tratarse de un proceso natural. Esto no necesariamente significa que las condiciones hidráulicas sean idénticas. La problemática de salinización de un modo acelerado sólo ocurriría en el Acuífero Patiño, porque sólo en ese escenario existe sobre-explotación.

4.2.4 Interdigitación entre los acuíferos y salinización

Prestamos especial atención a los siguientes pozos:

Tabla 22. Mediciones en pozos con aguas de salinidad mixta.

P#	Loc.	Munic.	Lat.	Long.	pH	C.E (µS/cm)	TSD (ppm)	T (°C)	Prof. (m)
20	Zona Mbiguá	Asunción	-25.258°	-57.613°	8,1	923	601	24.9	S/D
54	JS Rincón	Limpio	-25.136°	-57.468°	5,9	1223	734	24.3	S/D
55	JS Piquete C. P. 2	Limpio	-25.131°	-57.470°	6,3	451	298	23.0	S/D
56	Pozo Caballero	Limpio	-25.115°	-57.484°	5,5	1163	768	23	3
57	TGL Paraguay	M. R. Al.	-25.208°	-57.553°	6,7	1276*	842	19	S/D
80	C.E. Caacupé mí	Asunción	-25.256°	-57.612°	8.3	3245*	2142*	18.4	80
85	Aguat. Paniagua	Limpio	-25.146°	-57.475°	6,2	516	341	26,9	S/D

* No Potables

En la Tabla 22 se destacan los pozos que revisten características intermedias a los Acuíferos Patiño y Chaqueños. De facto, sus valores de conductividad son más próximos en cuanto a sus características a las aguas de los pozos del Acuífero Patiño.

Se estima en el presente trabajo que las aguas subterráneas de estos lugares corresponden al contacto, interfase o zona de interdigitación entre los acuíferos, donde las aguas del Patiño reciben sales de los acuíferos chaqueños tornándose salobres. Dispersión y difusión mecánica crea una zona mixta entre las dos aguas (Domenico & Swartz, 1990).

(...) Este movimiento de una sustancia de un lugar a otro por movimiento espontáneo de sus moléculas se llama difusión (...) La difusión es el gran nivelador de las diferencias de concentración. En las mezclas, cada sustancia se mueve independientemente de las otras, desde donde abundan las moléculas hacia donde son escasas (Deming, 1979).

Excepcionando los pozos 20 y 80, que se encuentran en el banco San Miguel de Asunción en cotas relativamente bajas que caracterizan a las planicies de inundación del río Paraguay, los demás ya se sitúan en cotas que superan u orillan los 100 metros sobre el nivel del mar, con pendientes suaves en el material sedimentario del Grupo Asunción.

Si bien esos pozos ya se encuentran en zonas cercanas al bajo Chaco paraguayo, por sus valores hidroquímicos aún se los considera como de la Formación Patiño habiendo sido modificados por salinización.

Para los efectos de demostración del argumento acerca de salinización del Acuífero Patiño por descompresión hidráulica seguido de intrusión de aguas foráneas, se sugiere deberían establecerse pozos de monitoreo en estos lugares.

Los pozos 20 y 79, cercanos entre sí (2,94 Kms) y ubicados en Asunción, presentan valores de conductividad eléctrica completamente diferentes; con diferencia de aproximadamente 24,000 microSiemens/centímetro.

Se considera el pozo con aguas de menor valor de conductividad eléctrica como afectado por el acuífero que presenta mayor salinidad; entonces el último pozo se propone debería tenerse en cuenta para monitoreo. Extrapolando éste último ejemplo de propuesta a la zona de Limpio, sería también de interés aplicarlo.

4.2.4.1 Zonas de interdigitación

4.2.4.1.1 Asunción

El pozo 20 tiende a la salobridad, y el 80 es salobre. Ambos comparten geografía con el pozo 79 en el Bañado Norte de Asunción. Se considera las aguas de los dos primeros pozos como salinizados por las aguas del acuífero salado cercano, que se desconoce su extensión y distribución y dirección de flujo en el substrato, no existiendo ninguna suerte de barrera geológica que impida difusión de aguas salinas.

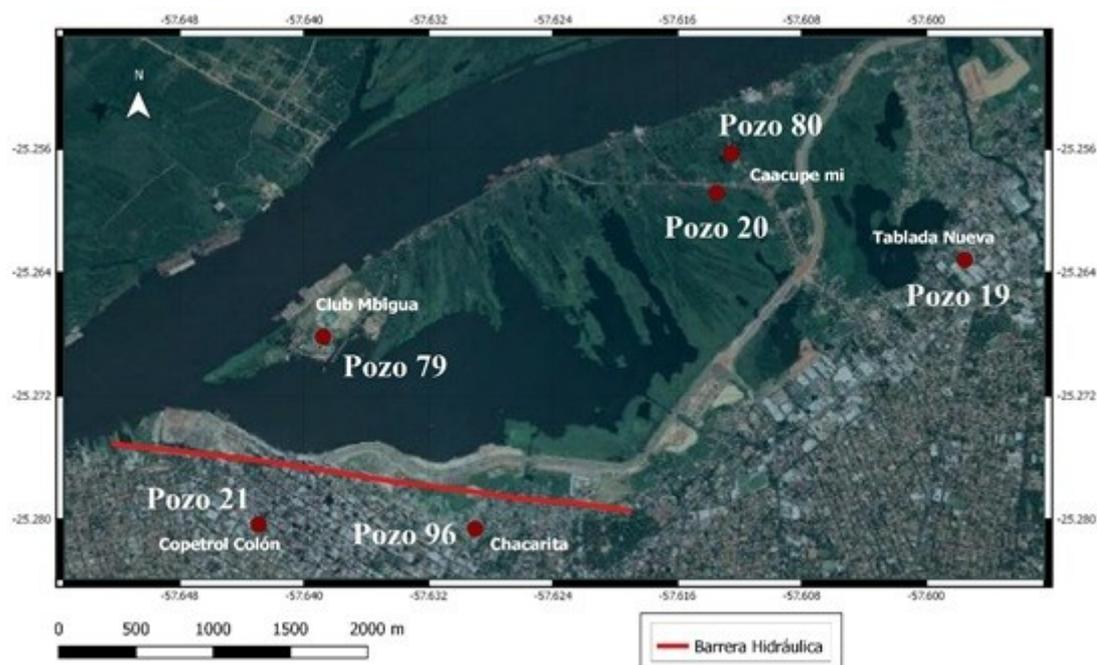


Figura 14. Muestreo en la zona de Asunción

Fuente: Elaboración propia.

El pozo 79 presenta agua salada, y los demás contiguos son diferentes. El pozo 21, ubicado en el microcentro de Asunción suministra agua dulce, del mismo modo el 96, siendo los más próximos al 79.

Existe evidencia de fracturamiento en la zona de contacto entre la Formación Itá Pytã Punta, que pertenece al Grupo Asunción, y los contiguos Chaqueños, al menos en ese lugar; que, si bien no han sido medidos elementos estructurales, se han encontrado sedimentos cataclásticos, vulcanoclastos y piroclastos en los arrimos de la bahía de Asunción entre los pozos 79 y 21, siendo estos muy cercanos entre sí, suponiéndose obturado (o tal vez nunca existieron) los

conductos hidráulicos por dislocamiento hacia el microcentro de Asunción evitando así intrusiones salinas.

Custodio y Llamas V. II (ibíd.) menciona lo siguiente: *Una importante característica hidrogeológica de las formaciones volcánicas es la frecuente presencia de barreras impermeables o poco permeables (...) Estas barreras pueden dar origen a una cierta “compartimentación” de una misma formación geológica en un conjunto de unidades hidrogeológicas más o menos aisladas desde el punto de vista hidráulico.*

En los conos volcánicos o en sus zonas próximas a los mantos de productos piroclásticos poco permeables (tobas litificadas o cenizas, principalmente) que quedan interpuestas entre coladas de lavas más permeables, suelen actuar a modo de barreras casi horizontales.

(...) como en cualquier otro tipo de embalse subterráneo, una falla o fractura que enfrente una zona permeable con otra impermeable, también dará origen a una barrera impermeable.

Revisado estos argumentos, se preconiza acerca de la presencia de barrera/s hidráulicas en la zona del microcentro de Asunción entre el Acuífero Patiño y los Chaqueños. Si bien existen todos los aspectos citados para impedir conexión hidráulica, no se conoce a priori cuál de ellos es el predominante o el que controla la desconexión (Figuras 14 y 15).

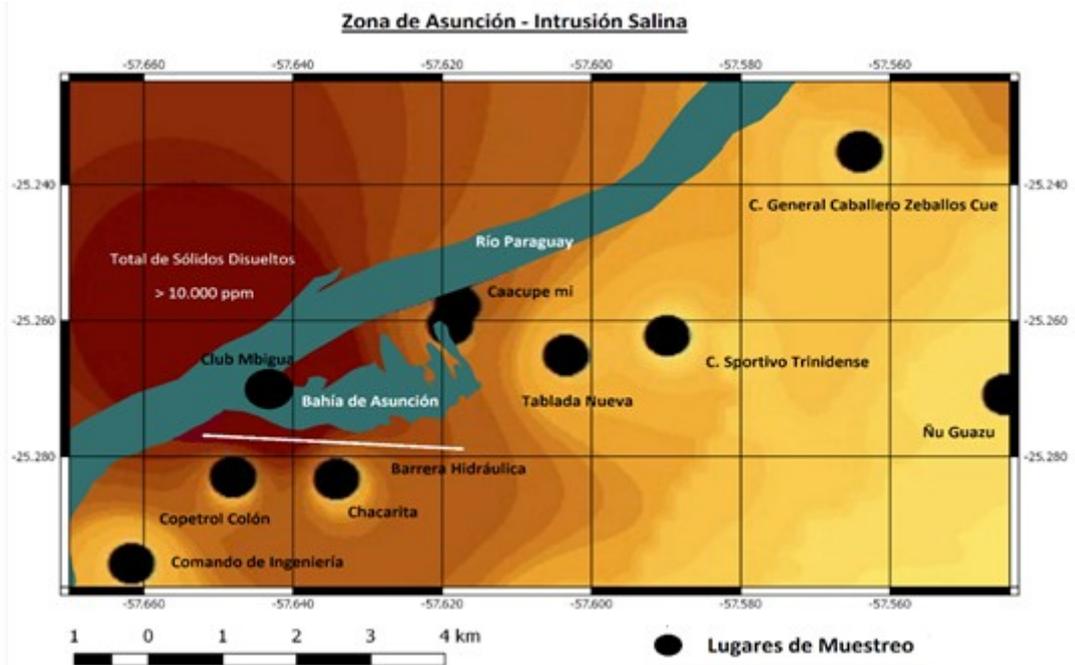


Figura 15. Conductividades eléctricas en la zona de Asunción

Fuente: Elaboración del mapa por Moisés Gadea & Francisco Peralta.

Existen brechas tectónicas (paraconglomerados) con clastos cortados característicos del tipo peridotitas (que se los asocian con la Provincia Alcalina de Asunción), traquitas y otras rocas ígneas alteradas típicas de zonas de fractura, lo cual señala dislocamiento y trituración de rocas ígneas en subsuperficie (Figura 16). Así mismo se encontraron en la zona vulcanoclastos del tipo brechas (impermeables) y obsidiana.



Figura 16. Brecha tectónica en la zona de la bahía de Asunción.

Otra evidencia de presencia de barreras de emplazamientos ígneos se encuentra en la zona de Tablada Nueva, donde existen antiguas canteras abandonadas (los cerritos de Trinidad) de nefelinitas de la Suite Ñemby que

presentan una alineación estructural con los barrancos de la Chacarita. Según varios autores, estos cuerpos ígneos se hicieron paso en la corteza terrestre por medio de fracturas.

Ante lo expuesto, se considera todo a modo de hipótesis porque existen evidencias aunque no suficientes, por lo cual queda una puerta abierta para posteriores investigaciones que confirmarán o descartarán estos argumentos esgrimidos en esta tesis con respecto a este tema en particular.

4.2.4.1.2 Limpio

Los sedimentos de la Formación Chaco (¿?) se engolfan en discontinuidad estratigráfica sobre las nefelinitas del Cenozoico Inferior y en paraconformidad con los sedimentos del Grupo Asunción. La zona sombreada de color granate señala presencia de pozos con aguas saladas y salobres (94 y 70) (Figura 17).

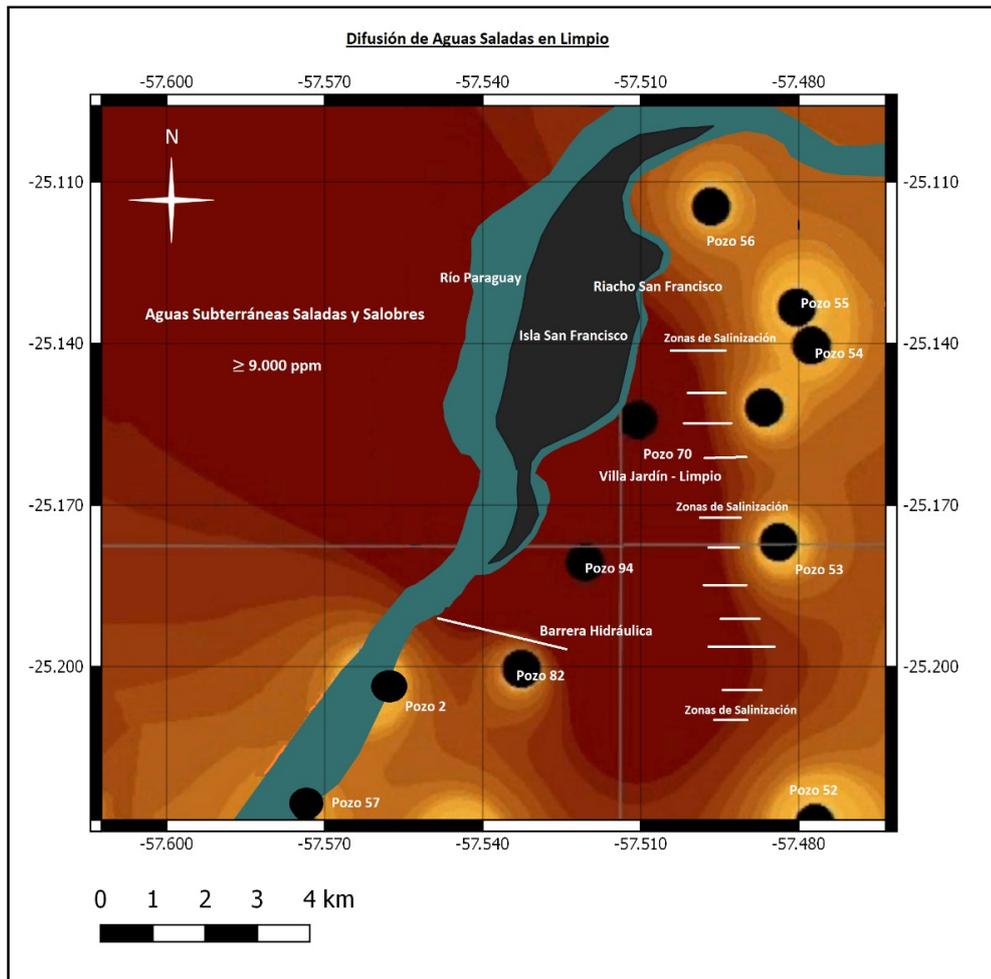


Figura 17. Mapa de conductividades eléctricas en la zona de Limpio.

Fuente: Elaboración del mapa por Moisés Gadea & Francisco Peralta.

4.2.4.1.2.1 Difusión de aguas saladas en la zona de Limpio.

De lo observado en los pozos 79 (Banco de San Miguel) y 21 (Microcentro de Asunción), que corresponden a aguas saladas y aguas dulces en un reducido segmento de distancia y difieren ampliamente en sus concentraciones de salinidad, se verifica lo mismo en la zona de Surubí – Limpio (Figuras 15 y 17). Son zonas de discontinuidades hidrogeológicas.

Los pozos 94 y 82 se encuentran en la misma urbanización, bien cercanos entre sí y no se asemejan en sus valores de conductividad eléctrica. Ciertamente ambos se localizan en diferentes formaciones geológicas: el pozo 94, perforado ya sobre los depósitos Cuaternarios, y el pozo 82 sobre las colinas de Surubí, de pendientes muy suaves. Se ha constatado presencia de rocas volcánicas del tipo

nefelinitas con xenolitos de peridotita característicos de la Suite Ñemby y material piroclástico de la Fm. Lambaré en el lugar. Es de considerar que la diferencia de cotas entre ambos pozos sería de 40 metros sobre el nivel del mar, y lo notable es la diferencia del carácter del tipo de agua entre ambos. Del pozo 82 se extrae agua dulce, que los propietarios del mismo lo consumen con toda normalidad.

El pozo 94 presenta muy alto valor de salinidad como ningún otro en todo el muestreo realizado y se lo considera más bien como una rareza por sus propietarios. Entonces cabe la pregunta: ¿Por qué no se saliniza el agua del pozo 82 siendo próximo al del 94?. Si bien es cierto que el caso es parecido en el microcentro de Asunción entre los pozos 79 y 21, al menos existe evidencia de fracturamiento en una distancia intermedia entre ambos, que podría haber establecido un obstáculo para que exista conexión entre dichos acuíferos y consecuente salinización del Acuífero Patiño. Probablemente los emplazamientos ígneos básicos y abundante material piroclástico actúen como barreras, como ocurre en Asunción.

Hasta este momento no se han encontrado evidencias de fracturamiento; no se descarta su presencia, aunque habría de considerarse que los cuerpos volcánicos del Terciario se hicieron paso a superficie por medio de grietas. Si los valores de conductividad eléctrica de las aguas del pozo 94 son de 53.600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el pozo 82 de 229 $\mu\text{S}/\text{cm}$ siendo aledaños entre sí, resulta impensable que exista interdigitación entre los acuíferos en esa zona. Se propone preliminarmente que se encuentran aislados y compartimentados entre sí.

No ocurre lo mismo al Este del lugar del caso mencionado. El pozo 70 en Villa Jardín, cuyas aguas son salobres, y en los pozos contiguos como ser el 53, 54, 55, 56 y 85, de acuerdo a los parámetros medidos, ciertamente se verifica un aumento de los valores de conductividad eléctrica, lo cual señala que los acuíferos salobres y del Patiño se encuentran conectados. Se estima que la difusión de salinidad se produce desde la zona del pozo 70 hacia los del centro de la ciudad de Limpio, Rincón y Piquete Cue, etc. en sentido W- E, SW – NE (ver Figura 15). Esto debería demostrarse.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Conclusiones

Se han verificado tres tipos de aguas subterráneas en la región de estudio, considerando los valores de Totales de Sólidos Disueltos y la clasificación de Davis & De Wiest, 1967: aguas dulces (96%), salobres (2%) y saladas (2%).

El carácter salino del agua se manifiesta en el entorno ribereño del río Paraguay. Esto debido a la fuerte influencia de los acuíferos chaqueños que difunden sus aguas en sentido bien general N-S, en dirección al Norte del departamento Central. Ninguno de los pozos con agua salada es apto para consumo humano.

Asunción se ve afectada por éste suceso en el sector del bañado Norte. En el banco San Miguel, frente al antiguo puerto se ha encontrado un pozo con aguas saladas con sabor indudablemente salino. Tal vez se trate del pozo con aguas de mayor salinidad en las cercanías del microcentro de Asunción. Un pozo con aguas de características salobres se localiza a pocos kilómetros al Este del mencionado bañado teniendo como referencia el pozo frente a la bahía de Asunción.

En la ciudad de Mariano Roque Alonso no se han encontrado pozos con aguas salobres o saladas considerando los valores de TSD. En este municipio en los arrimos a la planicie del río Paraguay se identificó un pozo con valor de conductividad eléctrica que sugiere tendencia a salinización. Es muy probable la existencia de otros pozos con aguas semejantes en ese municipio.

En la urbanización Surubi'í de Limpio se ha localizado un pozo con aguas muy saladas. Tal vez el de mayor salinidad en toda la zona de la ribera del río

Paraguay. Sus propiedades organolépticas de sabor y olor son bastante sensibles. A pocos kilómetros al Noreste, en Villa Jardín, también perteneciente al municipio de Limpio, se encuentra el pozo de monitoreo número 38 de la SEAM (que en este trabajo se lo codifica como Pozo 70) con características semejantes al anterior, según los datos obtenidos por el monitoreo de aquella institución, aunque no con módulos de propiedades físico-químicas tan elevados.

Se comprobó incremento de salinidad en el pozo 79 con respecto a mediciones en trabajos anteriores. De ese modo se argumenta que paralelamente al aumento de su salinidad, también podría tratarse del acuífero responsable de incrementar a los del Acuífero Patiño más próximos en su zona de interdigitación, siempre que exista conectividad entre ellos.

Existe una franja de interfase entre los pozos con aguas saladas y dulces. Los valores máximos con tendencia hacia lo salobre serían en el orden de los 2000 ppm. Se considera a las aguas de estos pozos como del Acuífero Patiño salinizados por recibir aportes de los acuíferos chaqueños por difusión. Donde se encuentran pozos con aguas de estas características se estima como los lugares de interdigitación, o contacto directo en subsuperficie de estos acuíferos contiguos.

Estos lugares de interfase usualmente se encuentran en las rocas sedimentarias del Grupo Asunción situadas en cotas de mayor elevación y muy próximos en referencia a los depósitos marinos del Cenozoico por donde circulan los acuíferos chaqueños.

Se ha constatado que la salinización no ocurre in extenso en toda la faja ribereña del río Paraguay donde se producen los contactos con las unidades del Grupo Asunción y la Formación Chaco. Esto podría significar que no en todas las fronteras entre las unidades hidrogeológicas existe difusión e interdigitación, como se ha visto en los pozos 79 y 21 en Asunción, y en los pozos 94 y 82 en Surubí – Limpio.

Existen barreras que impiden conexión entre los acuíferos chaqueños y orientales, y se ha mencionado a presencia de mantos piroclásticos, emplazamientos ígneos con discontinuidades, controles tectónicos que no favorecen a los conductos hidráulicos para difusión, y fracturamientos que funcionan como embalses. Esto podría significar que en los contactos hidrogeológicos entre el Grupo Asunción y la Formación Chaco existen zonas de compartimentación o separación entre los acuíferos; así como zonas de contacto hidráulico y difusión de salinidad.

Los cambios climáticos o estacionales inciden en el comportamiento fisico-químico de los acuíferos. Las recargas también actúan como atenuadores de concentraciones de elementos indeseables considerando los aspectos de potabilidad del agua para consumo humano.

En los lugares de muestreo donde se verifican aguas saladas con frecuencia son topográficamente bajos; el suelo del tipo alfisoles y la vegetación es notablemente de menor densidad. Las palmeras chaqueñas, *Copernicia alba* (caranday), ya aparecen. Paisajísticamente recuerda al bajo Chaco. Esta asociación de características podría resultar como indicador de aguas subterráneas saladas o salobres.

En el escenario de las aguas dulces que abarca a la mayoría de los municipios asentados sobre el Grupo Asunción, se han observado buenos valores de potabilidad y la población normalmente se sirve de ellas.

En promedio las conductividades eléctricas arrojan resultados en el orden de los 200 y 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ciertamente son valores que se encuentran en el dominio de la potabilidad, aunque son llamativos porque se supone deberían ser menores.

El carácter ácido de sus aguas (en su mayoría) se demuestra por mediciones en esta investigación. Son valores no óptimos; no obstante, aceptables para consumo.

Existe una tendencia al aumento de conductividad eléctrica; en contados casos drásticos. Esto fue verificado luego de cotejar 30 pozos con mediciones de trabajos anteriores. Elementos de aportes antrópicos del tipo efluentes o de

desperdicios sanitarios (?) podrían explicar el hecho, aunque esto debería investigarse para demostrar o desestimar dicho argumento estudiando y monitoreando cada pozo en su respectivo lugar con mayor detalle.

5.2 Recomendaciones

Se debería establecer una escala de trabajo focalizado expresamente en el estudio de las aguas saladas y su injerencia en el Acuífero Patiño.

Siendo que la salinización no sólo se da en el Acuífero Patiño, sino también en otras regiones en los contactos entre las unidades norteñas del Sistema Ordovícico – Silúrico (Melgarejo, 2017), Grupo Independencia y los calcáreos del Grupo Itapucumí con la Formación Chaco, que se manifiesta siempre cercano al río Paraguay. En ese orden, también la zona de Ñeembucú con el cratón del río Tebicuary y en los esterales del Ypoá y los acuíferos contiguos al sur, deberían ser estudiados.

Para los efectos de demostrar la salinización de las aguas del Acuífero Patiño, sería razonable instaurar pozos de monitoreo en las zonas de salinidad intermedia. Se deberían localizar los pozos con aguas de elevada salinidad e inventariarlos y los demás pozos con inferior módulo de salinidad inmediatamente aledaños; de ese modo se podría conocer su interacción entre ellos y evolución en función del tiempo.

Se deberían realizar estudios geofísicos cuyas secciones transversales corten las fronteras geológicas entre las unidades hidrogeológicas contenedoras de aguas dulces y saladas para conocer su configuración geológica y de ese modo comprender la dinámica de difusión de aguas saladas.

Proponer un modelo matemático para conocer la dinámica hidrogeológica de ingreso de aguas saladas del Chaco en el Grupo Asunción a consecuencia de disminución de caudal por sobre-explotación.

Inventariar los lugares donde el agua salada subterránea es recurrente y procurar establecer medidas de optimización (desalinización) del agua para ajustarse a los rangos aceptados para consumo humano.

Visitando los lugares de muestreo, se ha constatado que existe gente cuyo consumo de aguas mineralizadas es normal. Se debería investigar incidencia en la salud de poblados asentados sobre lugares donde ya se ha comprobado presencia de salinidad en aguas subterráneas.

Debido al alto contenido de mineralizaciones en las aguas subterráneas en determinadas zonas, sería de útil realizar estudios hidroquímicos de calidad y cantidad, y por medio de ello estimar potencialidades de prospección de minerales evaporíticos y/o elementos químicos de interés económico.

Durante la experiencia del muestreo uno logra comprender la importancia del Acuífero Patiño por su explotación a gran escala para consumo humano; de la dependencia regional que se tiene del mismo, especialmente en el ámbito rural. Sin dudas es el acuífero más relevante del país en la actualidad, que merece toda la atención para los efectos de conferirle un uso racional y sustentable; entonces será provechoso por mucho tiempo en el futuro inmediato y evitar daños ambientales que puedan derivar en escasez y problemas relacionados a la salud de sus consumidores.

Realizar estudios con mayor detalle para demostrar la virtual presencia de la Formación Chaco en el departamento Central.

ANEXOS

A. Fichas de Muestreo

A.1. Pozo N° 1

P #	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
1	Ñú Guazú	Luque	-25.269°	-57.537°	111	93



C.E (µS/cm)	T (°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx.	Val. Mín.	Potab.
277	24.7	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím.Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec, (ERSSAN)	Val. Máx.	Val. Mín.	Potab.
182	24.7	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím.Adm. (ERSSAN)	Lím. Recom. (ERSSAN)	Val. Máx.	Val. Mín.	Potab.
6.3	24.7	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Elect.	277	277	0	0
TSD	182	---	---	---
pH	6.3	7.1	0.8 (descenso)	11.3

A.2. Pozo N° 2

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf.(m)	Cota(msnm)
2	Sr. Montanía	M.R.A	-25.187°	-57.539°	15	98



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
326	25.6	≤1250	≤400	56.300	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
215	25.6	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.8	25.6	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Eléct.	326	365	39 (descenso)	10.7
TSD	215	---	---	---
pH	5.0	5.8	0.8 (descenso)	11.3

A.3. Pozo N° 3

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
3	Ing. Roa	Ñemby	-25.357°	-57.569°	S/D	152



C.E (μS/cm)	T (°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val.Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
471	23.4	≤1250	≤400	56.300	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val.Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
311	23.4	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.9	23.4	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Eléct.	471	402	69 (ascenso)	14.7
TSD	311	---	---	---
pH	5.9	6.8	0.9 (descenso)	15

A.4. Pozo N° 4

Pozo	Lugar	Localidad	Lat.	Long.	Pf. (m)	Cota (msnm)
4	JS - Mbocayaty	Ñemby	-25.369°	-57.567°	192	119



C. E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val.Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestre	Potab.
					0	

148	24.6	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango
------------	------	-------	------	--------	----	--------------------

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím.Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
98	24.6	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím.Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.5	24.6	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Eléct.	148	87	61 (ascenso)	7.0
TSD	98	---	---	---
pH	5.5	5.8	0.3 (descenso)	5.2

A.5. Pozo N° 5

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
5	Paí – Nú P2	Ñemby	-25.358°	-57.559°	201	144



C. E(μ S/cm)	T($^{\circ}$ C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
165	25.5	≤ 1250	≤ 400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T($^{\circ}$ C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestre 0	Potab.
109	25.5	≤ 1.000	≤ 1.000	35.376	28	En el rango

pH	T($^{\circ}$ C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.8	25.5	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Eléct.	165	136	29 (ascenso)	21
TSD	109	---	---	---
pH	5.8	6.2	0.4 (descenso)	6.5

A.6. Pozo N° 6

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
6	ESSAP	Paraguarí	-25.613 $^{\circ}$	-57.151 $^{\circ}$	70	143



C. E ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	T($^{\circ}\text{C}$)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Max. Muestreo	Val. Mın. Muestreo	Potab.
131	28.2	≤ 1250	≤ 400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T($^{\circ}\text{C}$)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Max. Muestreo	Val. Mın. Muestreo	Potab.
86	28.2	≤ 1.000	≤ 1.000	35.376	28	En el rango

pH	T($^{\circ}\text{C}$)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Max. Muestreo	Val. Mın. Muestreo	Potab.
5.9	28.2	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Elect.	131	65	66 (ascenso)	102
TSD	86	---	---	---
pH	5.9	5.9	0	0

A.7 Pozo No 7

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
7	ESSAP 2	Paraguarí	-25.589°	-57.172°	S/D	149



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
76	23.9	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
50	23.9	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.4	23.9	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Eléct.	76	71	5 (ascenso)	7.0
TSD	50	---	---	---
pH	5.4	5.1	0.3 (ascenso)	5.9

A. 8. Pozo N° 8

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
8	JS Peguajó	Paraguarí	-25.585°	-57.222°	S/D	154



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
95	23.9	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
63	23.9	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.2	23.9	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Elect.	95	139	44 (descenso)	11.3
TSD	63	---	---	---
pH	6.2	5.7	0.5 (ascenso)	8.8

A.9. Pozo N° 9

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
9	Sr. Cogliolo	S. Antonio	-25.409°	-57.573°	S/D	82



C. E(μ S/cm)	T($^{\circ}$ C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
120	25.7	≤ 1250	≤ 400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T($^{\circ}$ C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
79	25.7	≤ 1.000	≤ 1.000	35.376	28	En el rango

pH	T($^{\circ}$ C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.3	25.7	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A. 10. Pozo N° 10

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
10	Flia. Arévalos	S. Antonio	-25.401°	-57.571°	S/D	89



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
232	24.1	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
153	24.1	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.3	24.1	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de

rango

A.11. Pozo N° 11

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
11	Colegio S. Blas	S Antonio	-25.418°	-57.566°	S/D	89



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
159	25.4	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
105	25.4	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.8	25.4	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.12. Pozo N° 12

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
12	JS Pirayú	Pirayú	-25.514°	-57.259°	S/D	183



C.E (µS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestre	Potab.
59	24.7	≤1250	≤400	53.600	0 41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muest.	Val. Mín. Muest.	Potab.
--------------------------	-------	-----------------------	-----------------------	---------------------	---------------------	--------

39	24.7	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango
-----------	------	--------	--------	--------	----	--------------------

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muest.	Val. Mín. Muest.	Potab.
6.1	24.7	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.13. Pozo N° 13

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
13	JS Ypacaraí	Ypacaraí	-25.416°	-57.315°	195	136



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
259	25.1	≤1250	≤400	56.300	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
-----------------------	-------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------

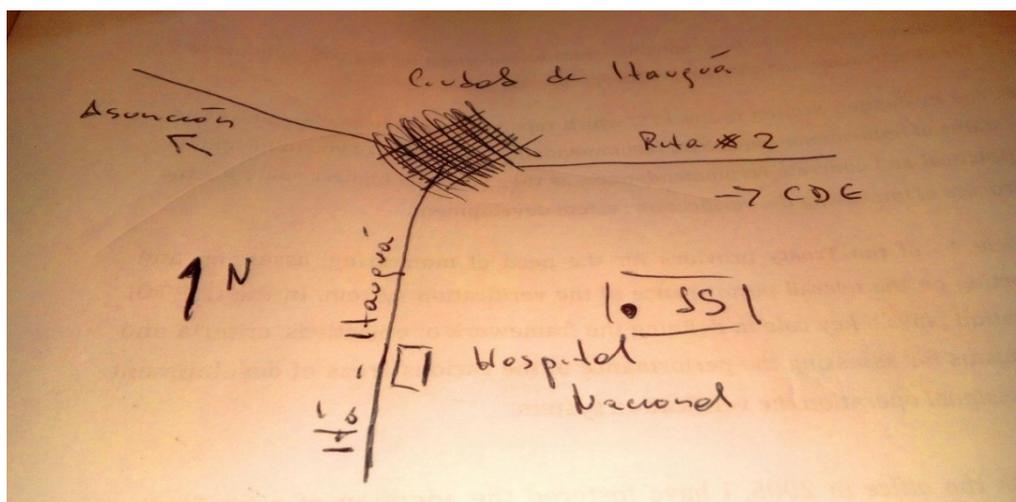
171	25.1	≤ 1.000	≤ 1.000	35.376	28	En el rango
------------	-------------	--------------	--------------	---------------	-----------	--------------------

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.2	25.1	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Eléct.	259	258	1 (ascenso)	0.4
TSD	171	---	---	---
pH	6.2	6.6	0.4 (descenso)	6.1

A.14. Pozo N° 14

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
14	JS Itaugua	Itaugua	-25.409°	-57.349°	148	135



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
50	24.8	≤ 1250	≤ 400	56.300	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestre	Potab.
33	24.8	≤1.000	≤1.000	35.376	0 28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muest.	Val. Mín. Muest.	Potab.
6.2	24.8	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Eléct.	50	50	0	0
TSD	33	---	---	---
pH	6.2	6.3	0.1 (descenso)	1.6

A.15. Pozo N° 15

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
15	Punto Brillo	FOLM	-25.321°	-57.560°	S/D	144



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
283	24.6	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
170	24.6	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.3	24.6	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.16. Pozo N° 16

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
16	Rec. Eléctric	Asunción	-25.316°	-57.565°	S/D	141



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Recom. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
190	23.4	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
125	23.4	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.0	23.4	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

	Tesis 2017	Tesis Lampert <i>et al.</i> 2009	Δ	%
Cond. Eléct.	190	58	132 (ascenso)	228
TSD	125	---	---	---
pH	5.0	5.9	0.9 (descenso)	15.1

A.17. Pozo N° 17

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
17	Dr. F. Villar	S. Lorenzo	-25.362°	-57.517°	111	166



C. E. (µS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab,
217	23.1	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím, Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab,
143	23.1	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

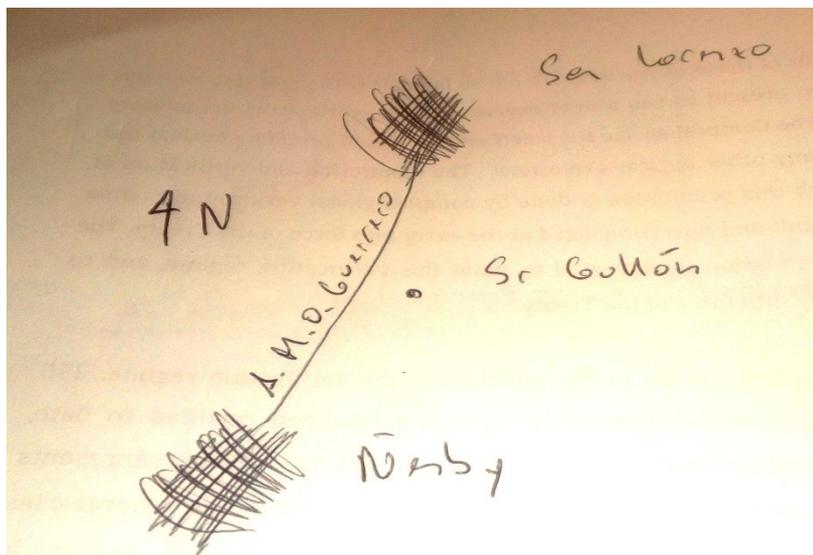
pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.0	23.1	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

Tesis 2017	Tesis Cardozo & Crosa 2006	Δ	%

Cond. Eléct.	217	121	96 (ascenso)	79
TSD	143	---	---	---
pH	5.0	4.8	0.2 (ascenso)	4.2

A.18. Pozo N° 18

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Long.	Pf. (m)	Cota (msnm)
18	Sr. Gullón	S. Lorenzo	-25.377°	-57.517°	110	162



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
156	23	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

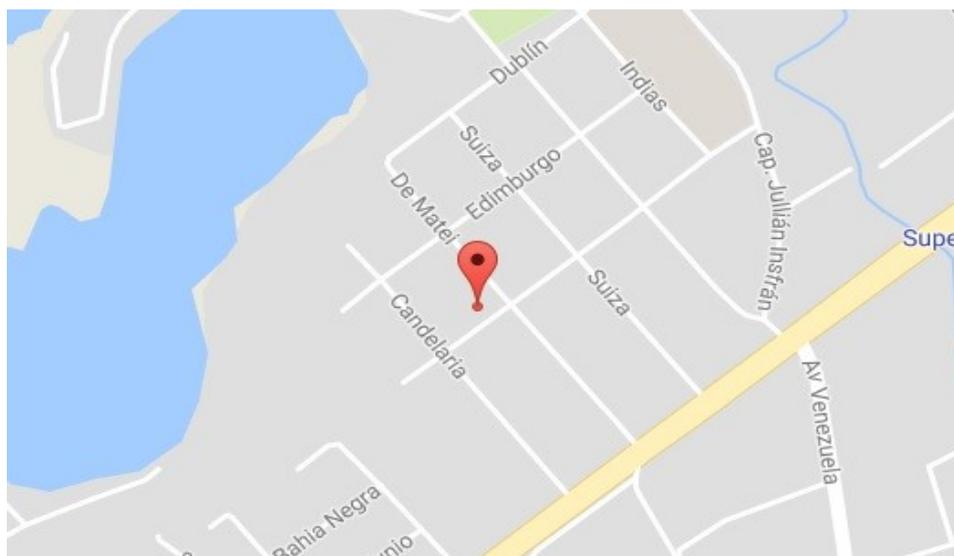
TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
103	23	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.0	23	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Eléct.	156	162	6 (descenso)	3.7
TSD	103	---	---	---
pH	6.0	6.0	0	0

A.19. Pozo N° 19

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
19	Tab. Nueva	Asunción	-25.263°	-57.597°	S/D	74



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
412	26	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
272	26	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
7.6	26	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Eléct.	412	239	173 (ascenso)	72.4
TSD	272	---	---	---
pH	7.6	5.9	1.7 (ascenso)	28.8

A.20. Pozo N° 20

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Long.	Pf. (m)	Cota (msnm)
20	B. S. Miguel	Asunción	-25.258°	-57.613°	S/D	60



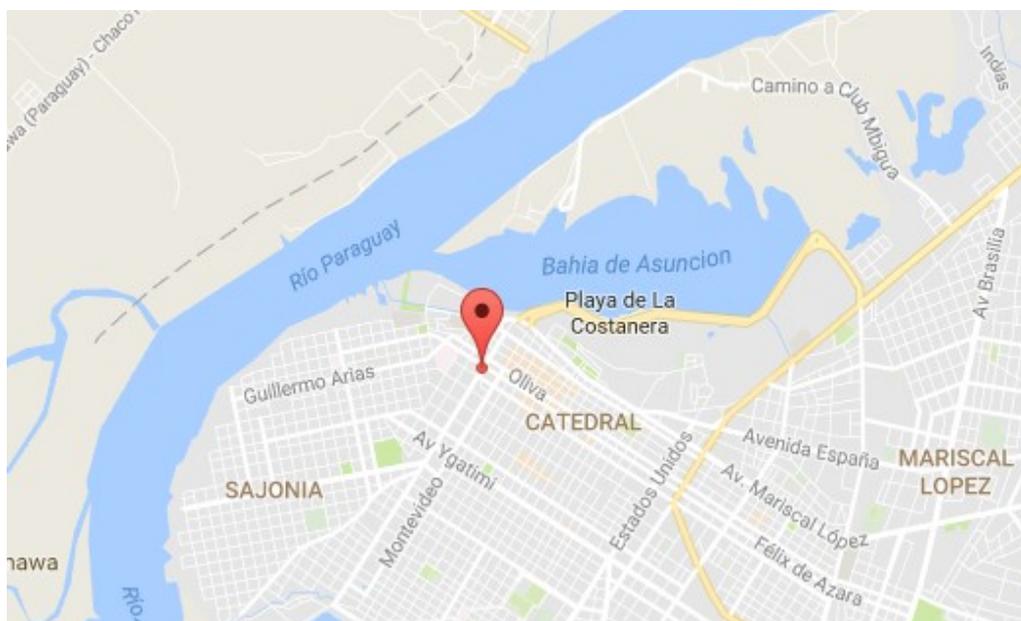
C.E ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	T($^{\circ}\text{C}$)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
923	24.9	≤ 1250	≤ 400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T($^{\circ}\text{C}$)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
601	24.9	≤ 1.000	≤ 1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Recom. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
8.1	24.9	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

A.21. Pozo N° 21

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
21	Copetrol	Asunción	-25.280°	-57.642°	S/D	77



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Mues.	Val. Mín. Muestreo	Potab.
252	25.2	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestre o	Potab.
166	25.2	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
8.4	25.2	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

A.22. Pozo N° 22

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
22	Com. Ing.	Asunción	-25.305°	-57.653°	120	78



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Recom. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
124	25	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
82	25	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.0	25	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Elect.	124	102	22 (ascenso)	21.6
TSD	---	---	---	---
pH	6.0	6.0	0	---

A.23. Pozo N° 23

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
23	FaCEN UNA	S. Lorenzo	-25.335°	-57.518°	S/D	133



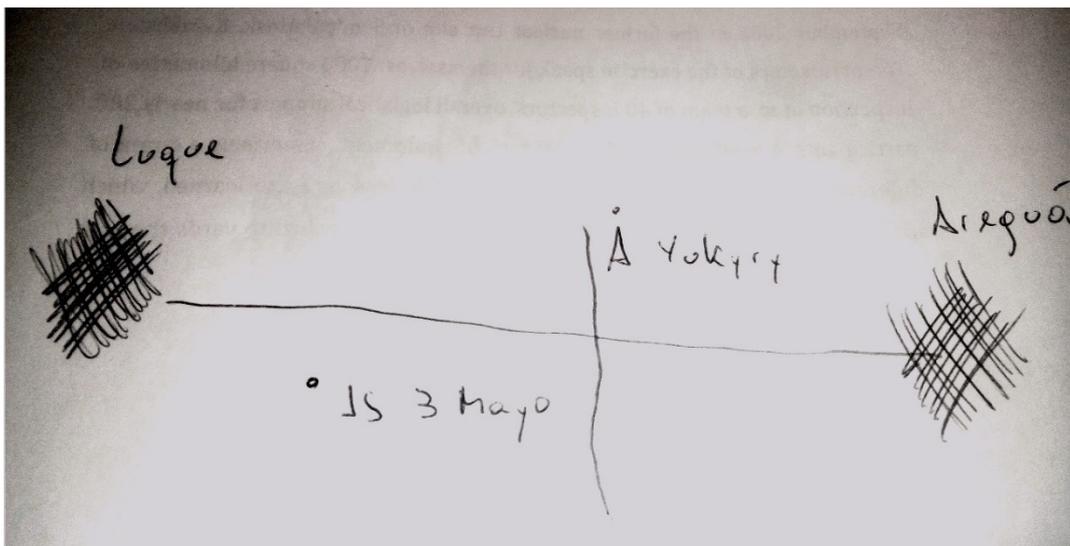
C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
41	23	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestre o	Potab.
27	23	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.4	23	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.24. Pozo N° 24

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
24	JS 3 de Mayo	Luque	-25.294°	-57.462°	S/D	124



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
106	23.5	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestre	Potab.
--------------	-------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	----------------------	--------

(CE*.66)					0	
70	23.5	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.1	23.5	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.25. Pozo N° 25

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
25	Ag. Cencerro	Luque	-25.289°	-57.455°	S/D	117



C. E. (µS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
332	24	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
219	24	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.3	24	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.26. Pozo N° 26

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
26	SENASA P3	Areguá	-25.315°	-57.393°	S/D	138



C.E (µS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
-------------	-------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	--------

165	25.1	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango
------------	------	-------	------	--------	----	--------------------

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
109	25.1	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
7.0	25.1	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

A.27. Pozo N° 27

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
27	SENASA P5	Areguá	-25.309°	-57.396°	S/D	148



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
44	24.7	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
29	24.7	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.7	24.7	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.28. Pozo N° 28

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
28	SENASA P6	Areguá	-25.316°	-57.396°	S/D	146



C.E (µS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
105	24.8	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
69	24.8	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.5	24.8	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

A.29. Pozo N° 29

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
29	JS V. Pucu	Areguá	-25.295°	-57.439°	142	105



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Mues.	Val. Mín. Muestreo	Potab.
61	25.2	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
40	25.2	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.8	25.2	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Eléct.	61	71	10 (descenso)	14.1
TSD	40	---	---	---
pH	5.8	6.1	0.3 (descenso)	4.9

A.30. Pozo N° 30

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
30	C. R. Plate	Asunción	-25.304°	-57.598°	S/D	139



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
370	24	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
244	24	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.8	24	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Eléct.	370	329	41 (ascenso)	12.5
TSD	244	---	---	---
pH	5.8	5.4	0.4 (ascenso)	7.4

A.31. Pozo N° 31

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
31	Flia. González	Lambaré	-25.355°	-57.619°	S/D	145



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
253	24	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

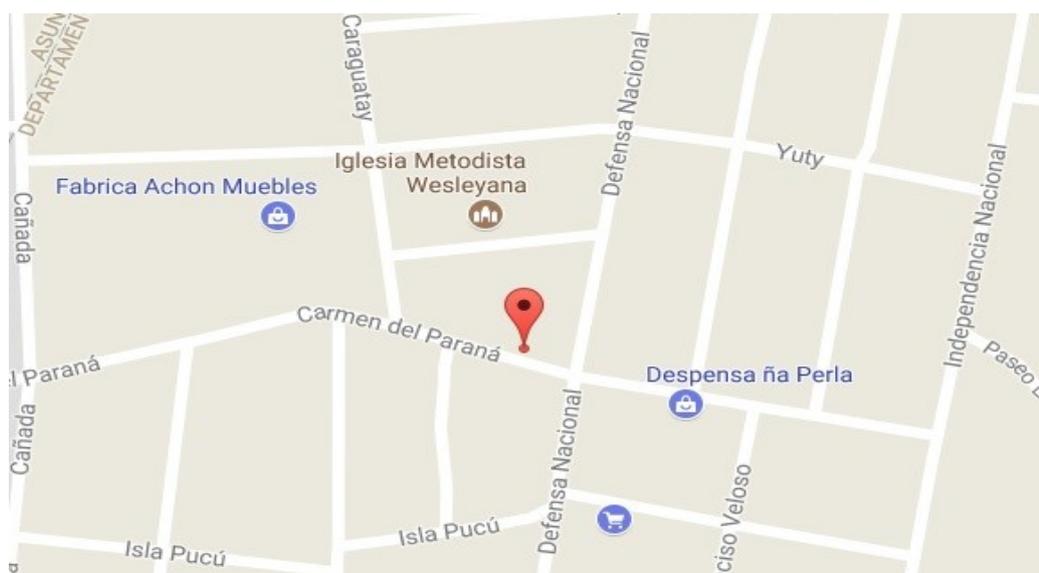
TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val Mín. Muestreo	Potab.
167	24	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.4	24	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Eléct.	253	151	102 (aumento)	68
TSD	167	---	---	---
pH	5,4	5.8	0.4 (descenso)	6.9

A.32. Pozo N° 32

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
32	Ag. S. Miguel	Lambaré	-25.358°	-57.633°	90	100



C.E ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	T($^{\circ}\text{C}$)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
72	25.2	≤ 1250	≤ 400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T($^{\circ}\text{C}$)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
48	25.2	≤ 1.000	≤ 1.000	35.376	28	En el rango

pH	T($^{\circ}\text{C}$)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.2	25.2	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de

rango

A.33. Pozo N° 33

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
33	Pai Nú P4	Ñemby	-25.369°	-57.541°	190	129



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestre	Potab.
141	14.1	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
93	14.1	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

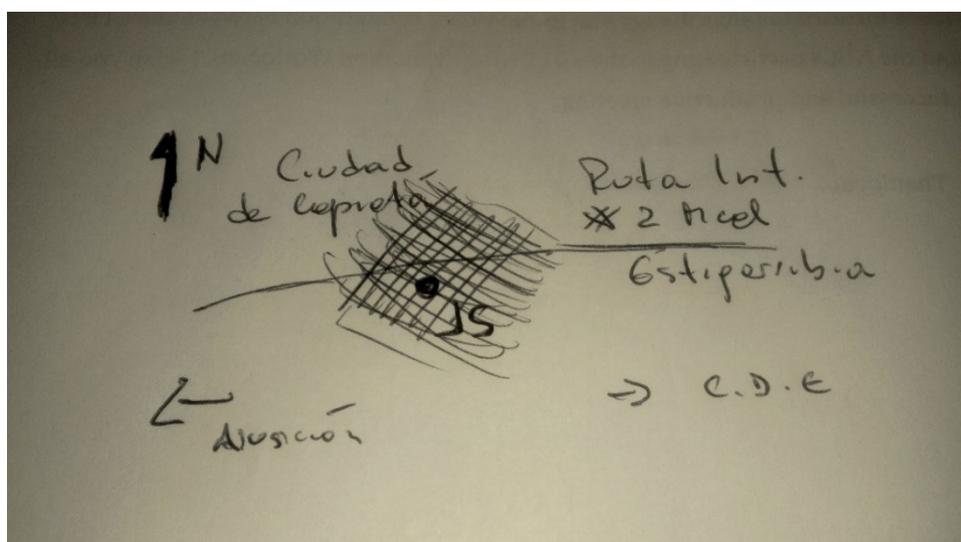
pH	T(°C)	Lím. Adm.	Lím. Rec.	Val. Máx.	Val. Mín.	Potab.
----	-------	-----------	-----------	-----------	-----------	--------

		(ERSSAN)	(ERSSAN)	Muestreo	Muestreo	
6.9	14.1	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Eléct.	141	157	16 (descenso)	10.2
TSD	93	---	---	---
pH	6.9	6.5	0.4 (aumento)	6.9

A.34. Pozo N° 34

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
34	JS - Capiatá	Capiatá	-25.352°	-57.447°	152	133



C. E ($\mu\text{S/cm}$)	T($^{\circ}\text{C}$)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestre	Potab.
131	25.1	≤ 1250	≤ 400	53.600	0 41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T($^{\circ}\text{C}$)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestre	Potab.
					0	

86	25.1	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango
-----------	------	--------	--------	--------	----	--------------------

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.4	25.1	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Eléct.	131	81	50 (aumento)	61.7
TSD	86	---	---	---
pH	6.4	5.5	0.9 (aumento)	16.4

A.35. Pozo N° 35

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
35	CONAVI P. 3	Itauguá	-25.396°	-57.385°	S/D	141



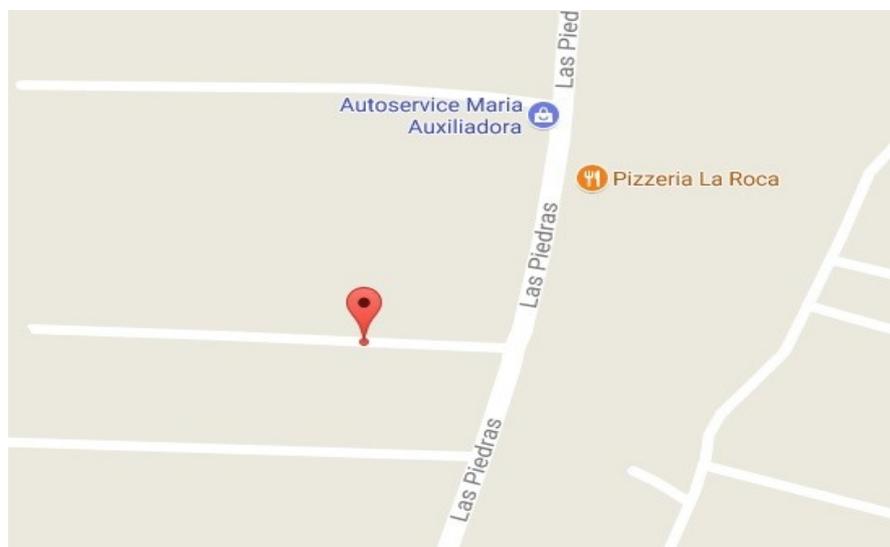
C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
82	24.1	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
54	24.1	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.4	24.1	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.36. Pozo N° 36

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
36	JS Las Piedras	Itá	-25.456°	-57.406°	136	152



C.E (µS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
					0	

117	24.6	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango
------------	-------------	--------------	-------------	---------------	-----------	--------------------

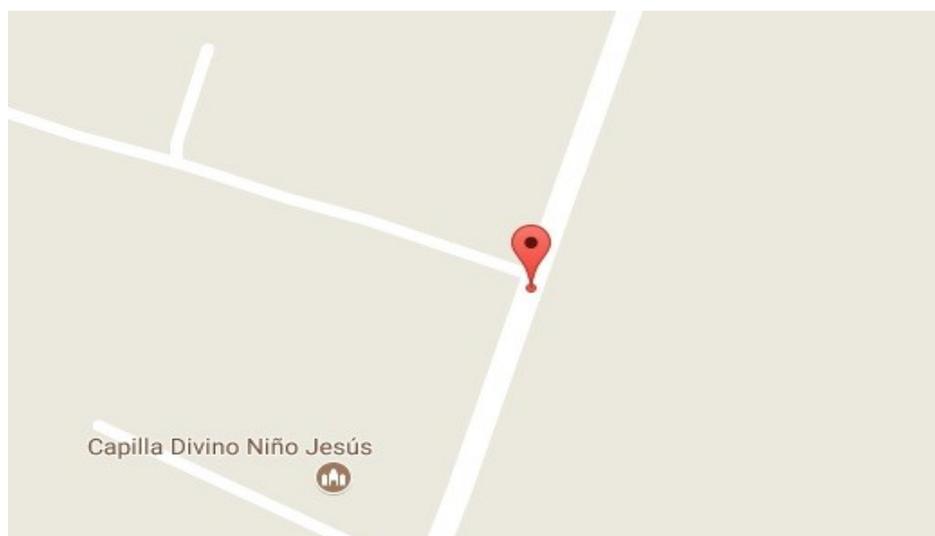
TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
77	24.6	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.4	24.6	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Eléct.	117	52	65 (ascenso)	125
TSD	77	---	---	---
pH	5.4	5.5	0.1 (descenso)	1.8

A.37. Pozo N° 37

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
37	Aveiro	Itá	-25.485°	-57.385°	S/D	147



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
55	24.9	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
36	24.9	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potabil.
6.1	24.9	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.38. Pozo N° 38

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
38	JS Itaug. P3	Itauguá	-25.432°	-57.355°	130	160



C. E ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	T($^{\circ}\text{C}$)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestre	Potab.
142	24.5	≤ 1250	≤ 400	53.600	0 41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T($^{\circ}\text{C}$)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
94	24.5	≤ 1.000	≤ 1.000	35.376	28	En el rango

pH	T($^{\circ}\text{C}$)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.4	24.5	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.39. Pozo N° 39

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
39	JS Curupicaity	Itá	-25.503°	-57.397°	S/D	149



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
108	24.7	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

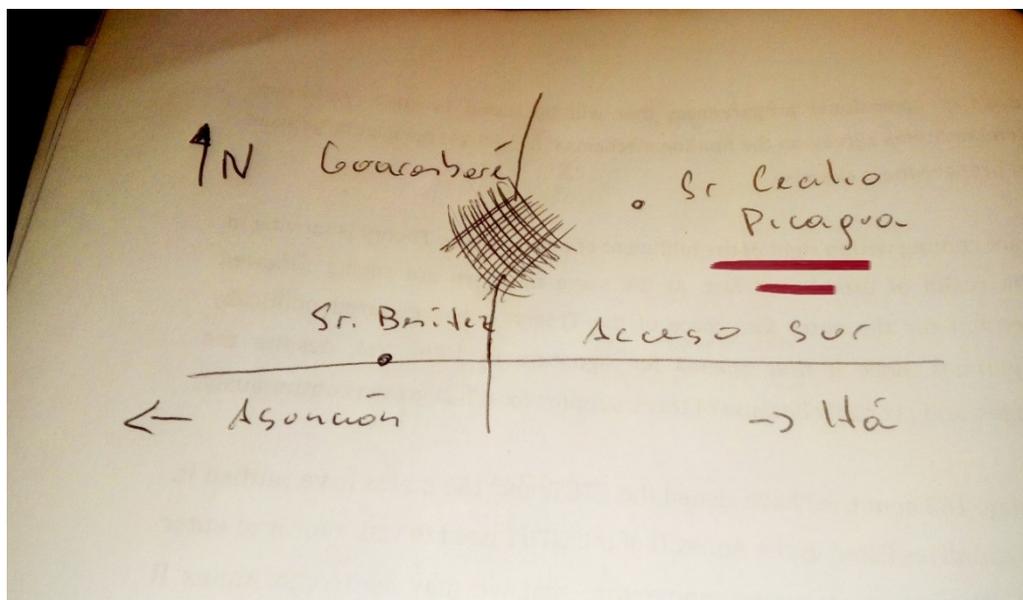
TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
71	24.7	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.2	24.7	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Eléct.	108	81	27 (ascenso)	33.33
TSD	71	---	---	---
pH	6.2	5.3	0.9 (ascenso)	17

A.40. Pozo N° 40

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
40	Sr. Picagua	Guarambaré	-25.484°	-57.442°	S/D	160



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
45	23.4	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
30	23.4	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.2	23.4	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.41. Pozo N° 41

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
41	Flia. García	Yaguarón	-25.568°	-57.283°	80	111



C.E (µS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
265	24.3	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
175	24.3	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.7	24.3	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.42. Pozo N° 42

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
42	JS Ypané P3	Ypané	-25.449°	-57.506°	152	143



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
97	25.7	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

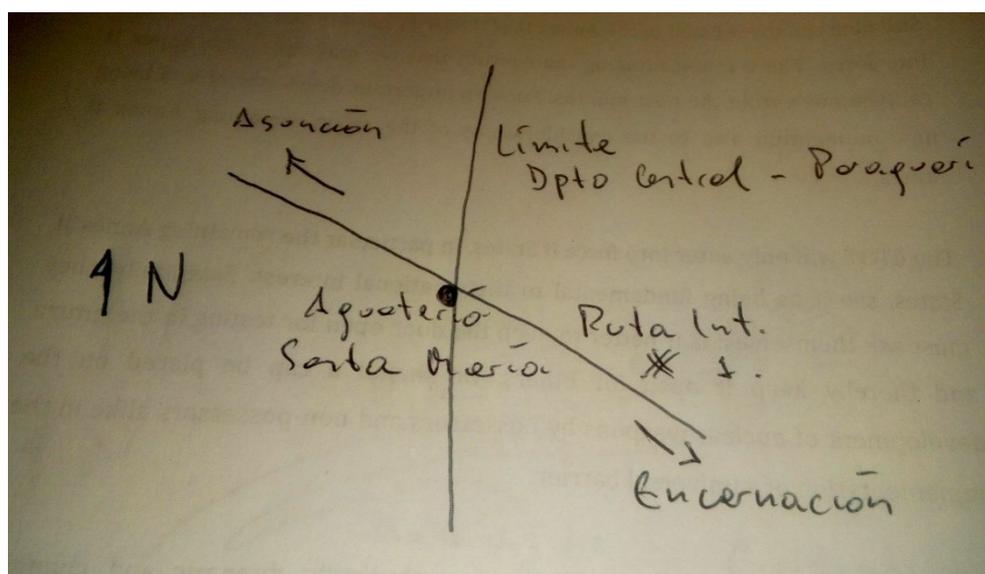
TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
64	25.7	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.6	25.7	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Eléct.	97	86	11 (aumento)	12.7
TSD	64	---	---	---
pH	6.6	5.6	1 (aumento)	17.9

A.43. Pozo N° 43

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
43	Ag. S. María	Itá	-25.536°	-57.325°	110	143



C.E ($\mu\text{S/cm}$)	T($^{\circ}\text{C}$)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
138	25.1	≤ 1250	≤ 400	53.600	41	En el rango

Total de Sólidos Disueltos (ppm) (CE*.66)	Temp.($^{\circ}\text{C}$)	Límite Admisible (ERSSAN)	Límite Recomendado (ERSSAN)	Valor Máx. Muestreo	Valor Mín. Muestreo	Condición de Potabilidad
91	25.1	≤ 1.000	≤ 1.000	35.376	28	En el rango

pH	Temp.($^{\circ}\text{C}$)	Límite Admisible (ERSSAN)	Límite Recomendado	Valor Máx. Muestreo	Valor Mín. Muestreo	Condición de Potabilidad

(ERSSAN)						
6.4	25.1	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.44. Pozo N° 44

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
44	Arrua í (Huerta)	Itá	-25.541°	-57.340°	S/D	159



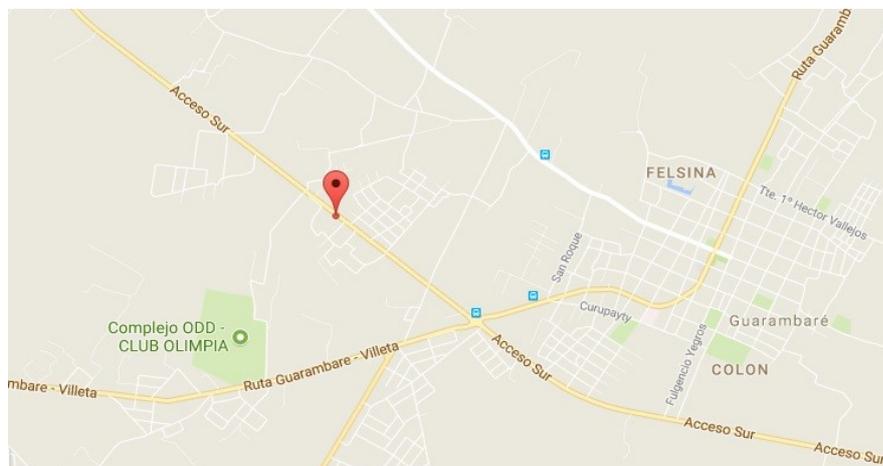
C. E (µS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
356	25	≤1250	≤400	53.600	0 41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
235	25	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.6	25	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

A.45. Pozo N° 45

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
45	Sr. Benitez	Guarambaré	-25.489°	-57.483°	S/D	105



C.E (µS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Valo.Mín. Muestreo	Potab.
300	25	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
198	25	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.0	25	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.46. Pozo N° 46

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
46	JS Ypané P1	Ypané	-25.458°	-57.506°	122	111



C.E (µS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestre	Potab.
116	27	≤1250	≤400	53.600	0 41	En el rango

TSD (ppm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
--------------	-------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	--------

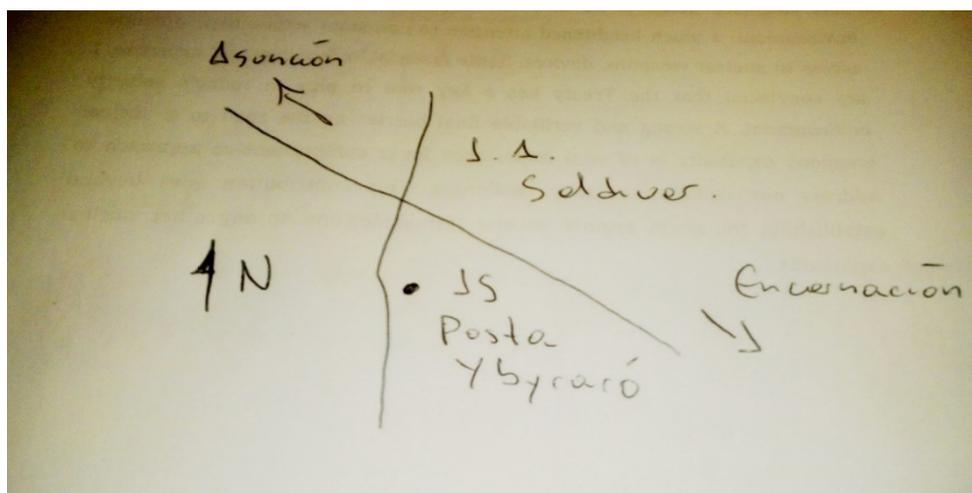
(CE*.66)						
77	27	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.7	27	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Elect.	116	113	3 (ascenso)	2.7
TSD	77	---	---	---
pH	6.7	6.4	0.3 (ascenso)	4.7

A.47. Pozo N° 47

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
47	JS P. Ybyraró	J.A. Saldivar	-25.427°	-57.458°	152	145



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
96	23.9	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD	T(°C)	Lím. Adm.	Lím. Rec.	Val. Máx.	Val. Mín.	Potab.
-----	-------	-----------	-----------	-----------	-----------	--------

(ppm) (CE*.66)		(ERSSAN)	(ERSSAN)	Muestreo	Muestreo	
63	23.9	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.1	23.9	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Elect.	96	94	2 (ascenso)	2.1
TSD	63	---	---	---
pH	5.1	5.8	0.7 (descenso)	12.1

A.48. Pozo N° 48

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
48	Esc. Amistad	Luque	-25.280°	-57.480°	154	128



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
167	22	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
110	22	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.4	22	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Elect.	167	34	133 (ascenso)	391
TSD	110	---	---	---
pH	5.4	5.7	0.3 (descenso)	5.3

A.49. Pozo N° 49

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Long.	Pf. (m)	Cota (msnm)
49	JS M. Caaguy	Luque	-25.237°	-57.445°	116	117



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
214	24.3	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
141	24.3	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.7	24.3	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

	Tesis 2017	TNO – 2001	Δ	%
Cond. Elect.	214	194	20 (ascenso)	10.3
TSD	114	---	---	---
pH	6.7	6.9	0.2 (descenso)	2.9

A.50. Pozo N° 50

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
50	Aguat. Emmanuel	Limpio	-25.209°	-57.467°	S/D	125



C.e (µS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
353	24.5	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
233	24.5	≤1.000	≤1.000	35.376	0 28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.8	24.5	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.51. Pozo N°51

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
51	Cañada Garay	Luque	-25.257°	-57.454°	S/D	109



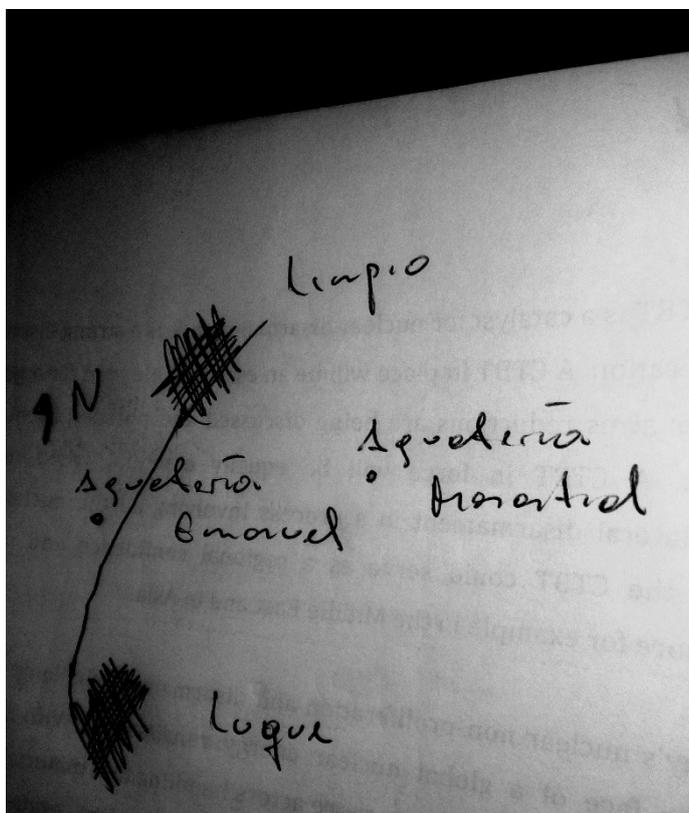
C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
78	24.4	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
51	24.4	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.1	24.4	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.52. Pozo N° 52

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
52	A. Manantial	Limpio	-25.188°	-57.441°	S/D	114



C.E (µS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
68	24	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
45	24	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.5	24	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.53. Pozo N° 53

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Long.	Pf. (m)	Cota (msnm)
53	JS Limpio P1	Limpio	-25.166°	-57.473°	150	103



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
252	21.7	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
166	21.7	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.8	21.7	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Elect.	252	287	35 (descenso)	12.2
TSD	166	---	---	---
pH	5.8	5.9	0.1 (descenso)	1.7

A.54. Pozo N°54

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Long.	Pf. (m)	Cota (msnm)
54	JS Rincón	Limpio	-25.136°	-57.468°	S/D	102



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
1223	24.3	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
734	24.3	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.9	24.3	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.55. Pozo N° 55

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
55	JS Piq. Cue P2	Limpio	-25.131°	-57.470°	S/D	100



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
451	23	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
298	23	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.3	23	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.56. Pozo N° 56

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
56	Pozo Caballero	Limpio	-25.115°	-57.484°	3	80



C.E (µS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
1163	23	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
768	23	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T (°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.5	23	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.57. Pozo N° 57

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
57	TGL Py	M.R. Alonso	-25.208°	-57.553°	S/D	70



C.E (µS/cm)	T (°C)	Lím. Adm, (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
1276	19	≤1250	≤400	53.600	41	Fuera de rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestre	Potab.
					0	

842	19	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango
------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.7	19	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

A.58. Pozo N° 58

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
58	JS Rincón	Ñemby	-25.397°	-57.529°	128	119



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
94	23.3	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
--------------------	-------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------

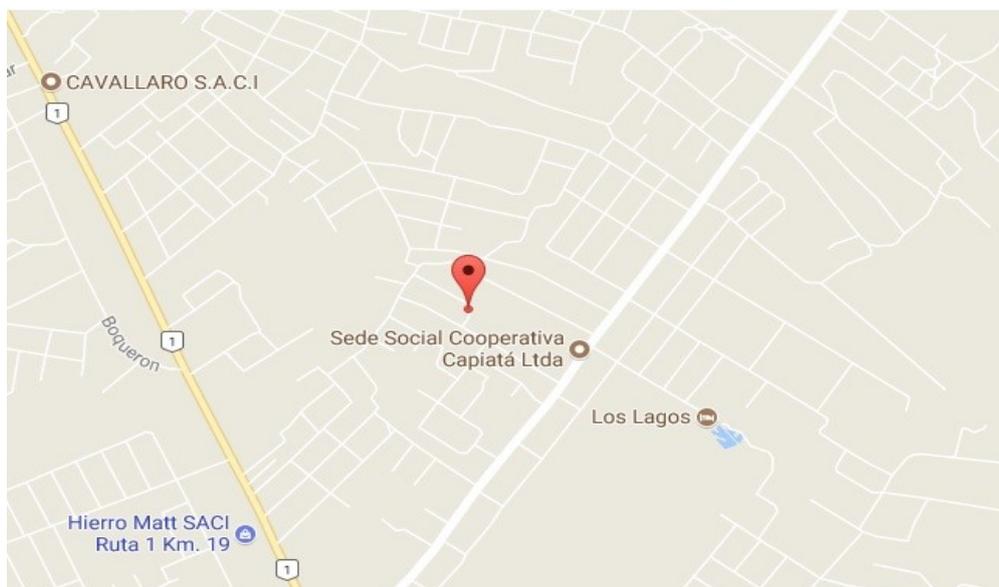
62	23.3	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango
-----------	-------------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.8	23.3	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Elect.	94	65	29 (ascenso)	45
TSD	62	---	---	---
pH	5.8	5.6	0.2 (ascenso)	3.6

A.59. Pozo N° 59

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
59	Aguat. Cencerro	Capiatá	-25.382°	-57.464°	S/D	134



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
178	23	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
118	23	≤1.000	≤1.000	53.600	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.5	23	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.60. Pozo N° 60

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
60	5 ^a Compañía	Capiatá	-25.374°	-57.458°	S/D	141



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
-------------	-------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	--------

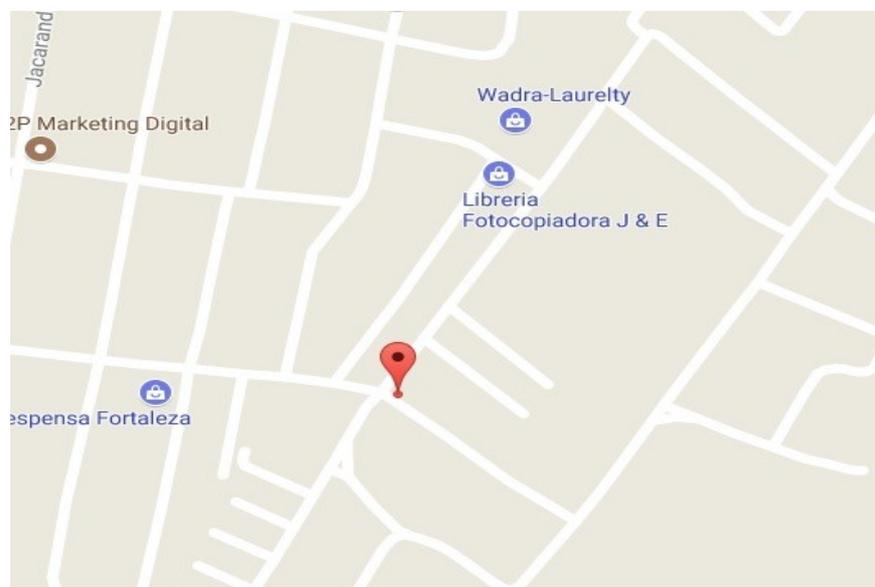
225	22.2	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango
------------	------	-------	------	--------	----	--------------------

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
149	22.2	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.3	22.2	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.61. Pozo N° 61

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
61	Ag. S. Domingo	S. Lorenzo	-25.313°	-57.514°	S/D	149



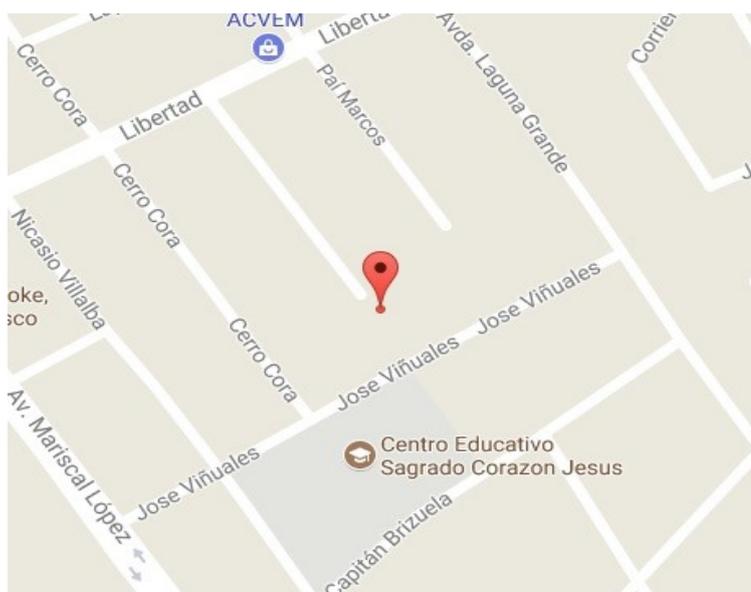
C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestre o	Potab.
51	21.4	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestre o	Potab.
34	21.4	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.0	21.4	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.62. Pozo N° 62

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
62	S. Gabriela	FDLM	-25.310°	-57.528°	S/D	136



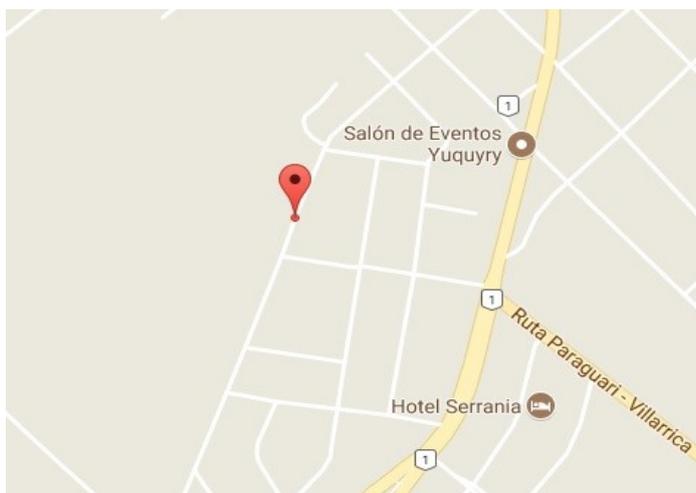
C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
197	19.1	≤1250	≤400	53.600	0 41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
130	19.1	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.6	19.1	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.63. Pozo N° 63

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
63	Sr. Fernández	Paraguarí	-25.629°	-57.152°	S/D	124



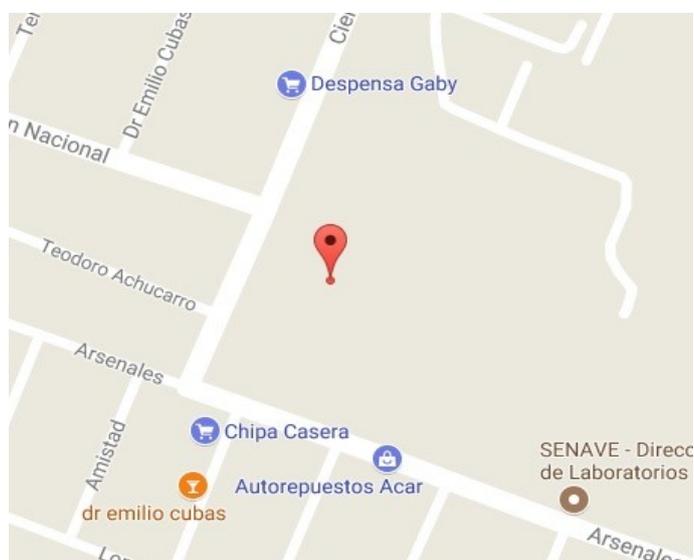
C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestra	Potab.
111	23.5	≤1250	≤400	53.600	0	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestra	Potab.
73	23.5	≤1.000	≤1.000	35.376	0	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.7	23.5	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.64. Pozo N° 64

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Prof. (m)	Cota (msnm)
64	Res. Univ.	S.Lorenzo	-25.344°	-57.532°	100	142



C.E (µS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
227	20	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Recom. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
150	20	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.9	20	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.65. Pozo N° 65

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
65	Caraguatayty	Itá	-25.465°	-57.347°	S/D	168



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
109	20	≤1250	≤400	53.600	0 41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
72	20	≤1.000	≤1.000	35.376	0 28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.0	20	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

	Tesis 2017	Tesis Cardozo - Crosa	Δ	%
Cond. Elect.	109	90	19 (ascenso)	21.1
TSD	79	---	---	---
pH	6.0	5.4	0.6 (ascenso)	11.1

A.66. Pozo N° 66

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
66	Flia. Cabrera	Itá	-25.480°	-57.338°	S/D	127



C.E (μ/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
158	20	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
104	20	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
7.0	20	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

A.67. Pozo N° 67

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
67	JS Yhovy	Pirayú	-25.462°	-57.321°	130	176



C.E (µS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
66	19.6	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
44	19.6	≤1.000	≤1.000	35.376	0 28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm.	Lím. Rec.	Val. Máx.	Val. Mín.	Potab.
----	-------	-----------	-----------	-----------	-----------	--------

		(ERSSAN)	(ERSSAN)	Muestreo	Muestreo	
7.3	19.6	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

A.68. Pozo N° 68

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
68	Aguat. BR	Pirayú	-25.460°	-57.286°	72	142



C.E (µS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
70	23.3	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

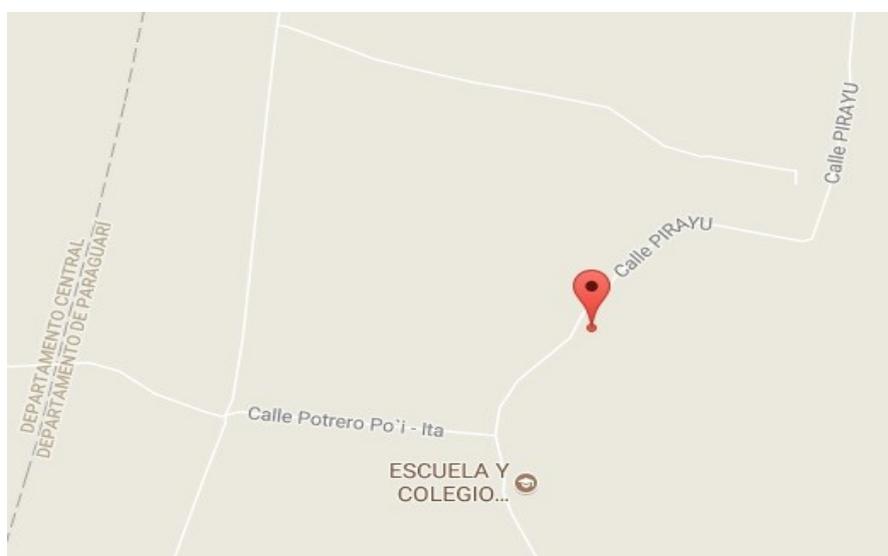
TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
46	23.3	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.6	23.3	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

	Tesis 2017	Tesis Cardozo – Crosa	Δ	%
Cond. Elect.	70	50	20 (ascenso)	40
TSD	46	---	---	---
pH	5.6	5.0	0.6 (ascenso)	10.7

A.69. Pozo N° 69

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
69	Flia. Baez	Yaguarón	-25.508°	-57.309°	42	134



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
108	23.6	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
71	23.6	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.3	23.6	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.70. Pozo N° 70

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
70	Villa Jardín	Limpio	-25.148°	-57.496°	30	65



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
14820 (SEAM 2016)	S/D	≤1250	≤400	53.600	0 41	Fuera de rango

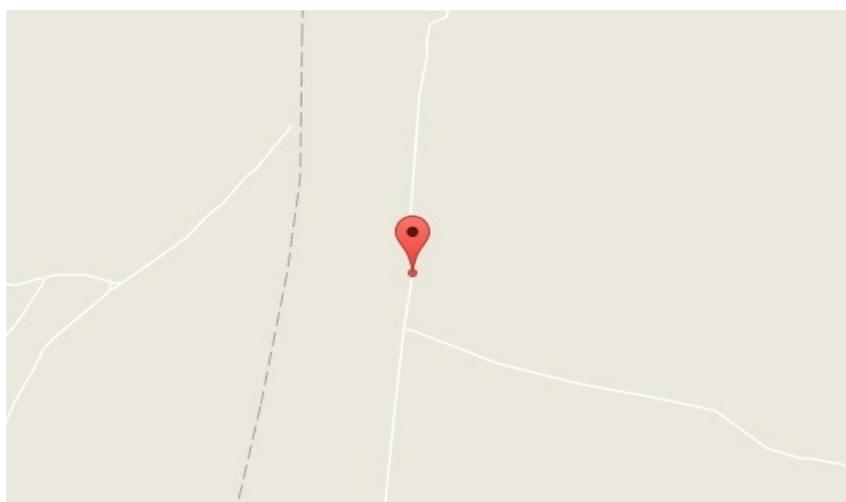
TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestre	Potab.
9781	S/D	≤1.000	≤1.000	35.376	0 28	Fuera de rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.9	S/D	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

	Tesis 2017	SEAM 2016	Δ	%
Cond. Elect.	---	14820 (SEAM)	---	---
TSD	---	9781	---	---
pH	---	6.9 (SEAM)	---	---

A.71. Pozo N° 71

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
71	Flia. Lezcano	Yaguarón	-25.499°	-57.317°	50	155



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestre	Potab.
420	14.8	≤1250	≤400	53.600	0 41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Valor Mín. Muestreo	Potab.
277	14.8	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Valor Mín. Muestreo	Potab.
6.4	14.8	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.72. Pozo N° 72

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
72	Flia. Bogarín	Yaguarón	-25.523°	-57.267°	100	155



C.E (µS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestre	Potab.
					0	

77	24	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango
----	----	-------	------	--------	----	-------------

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
51	24	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.3	24	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.73. Pozo N° 73

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
73	A. Cañada	J.A.Saldivar	-25.419°	-57.404°	130	133



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
66	24	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
44	24	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.6	24	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

A.74. Pozo N° 74

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
74	Flia. Carrillo	Villa Elisa	-25.375°	-57.583°	S/D	158



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
128	21	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
85	21	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
7.4	21	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

A.75. Pozo N° 75

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Prof. (m)	Cota (msnm)
75	JS Estanzuela	Itauguá	-25.349°	-57.369°	91	165

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
76	Huerta	Areguá	-25.339°	-57.384°	S/D	149



C. E ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	T($^{\circ}\text{C}$)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
51	24.1	≤ 1250	≤ 400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T($^{\circ}\text{C}$)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestre	Potab.
34	24.1	≤ 1.000	≤ 1.000	35.376	0 28	En el rango

pH	T($^{\circ}\text{C}$)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.8	24.1	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.77. Pozo N° 77

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
77	Camp. Oasis	Areguá	-25.351°	-57.402°	S/D	111



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
48	24	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
32	24	≤1.000	≤1.000	17.9	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.7	24	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.78. Pozo N° 78

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Prof. (m)	Cota (msnm)
78	G. Mi Retiro	Areguá	-25.338°	-57.418°	S/D	106



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
47	21.7	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
31	21.7	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.1	21.7	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.79. Pozo N° 79

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
79	Club Mbiguá	Asunción	-25.268°	-57.638°	100	64



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
28.600	24.4	≤1250	≤400	53.600	41	Fuera de rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
18.876	24.4	≤1.000	≤1.000	35.376	28	Fuera de rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
7.9	24.4	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Elect.	28600	26800	1.800 (ascenso)	6.7
TSD	18876	---	---	---

pH	7.9	7.1	0.8 (ascenso)	11.3
----	-----	-----	---------------	------

A.80. Pozo N° 80

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
80	Caacupé mí	Asunción	-25.256°	-57.612°	80	62



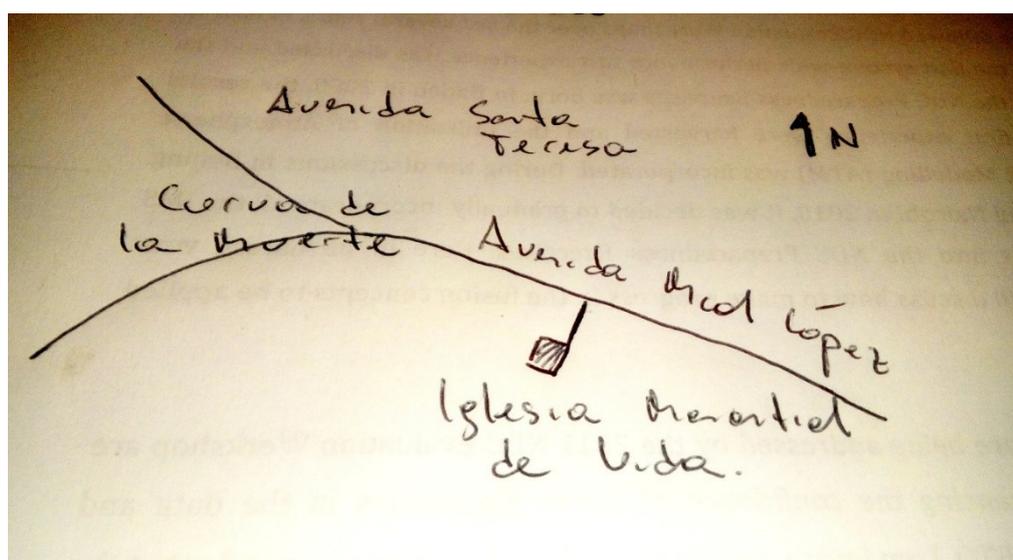
C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
3.245	18.4	≤1250	≤400	53.600	41	Fuera de rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
2.142	18.4	≤1.000	≤1.000	35.376	28	Fuera de rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
8.3	18.4	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

A.81. Pozo N° 81

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
81	I. M. de Vida	FOLM	-25.307°	-57.534°	30	128



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
262	23.2	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
173	23.2	≤1.000	≤1.000	35.376	0 28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
7.3	23.2	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

A.82. Pozo N° 82

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
82	Flia. Ruíz Díaz	Limpio	-25.185°	-57.515°	85	95



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
229	25.2	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
151	25.2	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
----	-------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------

5.7	25.2	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango
------------	------	-----	-----	-----	-----	-----------------------

A.83. Pozo N° 83

P3	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
83	Esc. L. Merlo	Luque	-25.247°	-57.502°	S/D	113



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
88	23.2	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
58	23.2	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
----	-------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------

6.0	23.2	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango
------------	------	-----	-----	-----	-----	-----------------------

A.84. Pozo N° 84

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
84	Aguat. AIA	M.R.Alonso	-25.212°	-57.525°	200	93



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
395	25.1	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
261	25.1	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.2	25.1	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.85. Pozo N° 85

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
85	Ag. Paniagua	Limpio	-25.146°	-57.475°	S/D	84



C.E (µS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
516	26.9	≤1250	≤400	53.600	0 41	Fuera de rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
341	26.9	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.2	26.9	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.86. Pozo N° 86

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Prof. (m)	Cota (msnm)
86	Lactolanda	FOLM	-25.339°	-57.584°	100	84



C.E (µS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
193	22.6	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

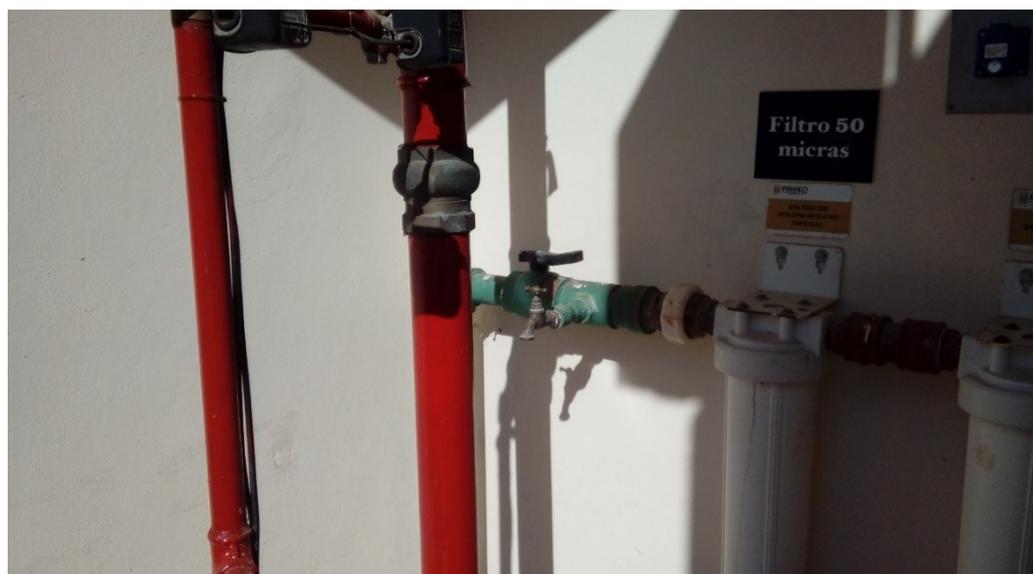
TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestre	Potab.
					0	

127	22.6	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango
------------	------	--------	--------	--------	----	--------------------

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.9	22.6	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.87. Pozo N° 87

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Prof. (m)	Cota (msnm)
87	Farmaco	Lambaré	-25.376°	-57.617°	S/D	85



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
55	24.3	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
					0	

)						
36	24.3	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.5	24.3	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.88. Pozo N°88

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
88	Agua BES P1	V.Elisa	-25.368°	-57.582°	140	156



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
115	24.6	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

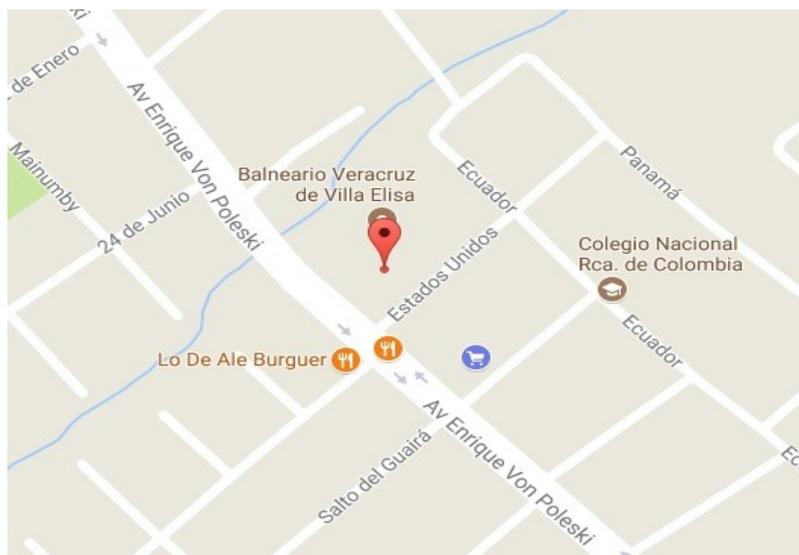
TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
					0	

76	24.6	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango
-----------	------	--------	--------	--------	----	--------------------

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.9	24.6	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.89. Pozo N° 89

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
89	Bal. Dubai	V. Elisa	-25.362°	-57.591°	80	111



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
139	24.9	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
-----------	-------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------

(CE*.66)						
92	24.9	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.1	24.9	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.90. Pozo N° 90

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
90	Ag. Comisión	V. Elisa	-25.391°	-57.583°	120	129



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
111	25.5	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
73	25.5	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.8	25.5	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.91. Pozo N° 91

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
91	Ag. Ysry Satí	Capiatá	-25.336°	-57.472°	100	96



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
163	26.4	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
108	26.4	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
7.4	26.4	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

A.92. Pozo N° 92

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf.(m)	Cota (msnm)
92	Tarumá	Ypané	-25.418°	-57.495°	60	146



C.E (µS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
95	26.3	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
63	26.3	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.1	26.3	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.93. Pozo N° 93

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
93	S. Trinidense	Asunción	-25.260°	-57.583°	100	81



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestre	Potab.
					0	

145	25.9	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango
------------	-------------	--------------	-------------	---------------	-----------	--------------------

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
96	25.9	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
7.2	25.9	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

A.94. Pozo N° 94

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
94	Fa. Dellavedova	Limpio	-25.169°	-57.505°	90	69



C.E (µS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. de Muestreo	Potab.
53.600	24.5	≤1250	≤400	53.600	41	Fuera de rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
35.376	24.5	≤1.000	≤1.000	35.376	28	Fuera de rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.7	24.5	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

A.95. Pozo N° 95

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
95	C. G. Cab. ZC	Asunción	-25.234°	-57.557°	60	87



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
405	25.4	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
267	25.4	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
7.2	25.4	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

A.96. Pozo N° 96

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
96	Bo. R. Brugada	Asunción	-25.280°	-57.629°	Surgente	66



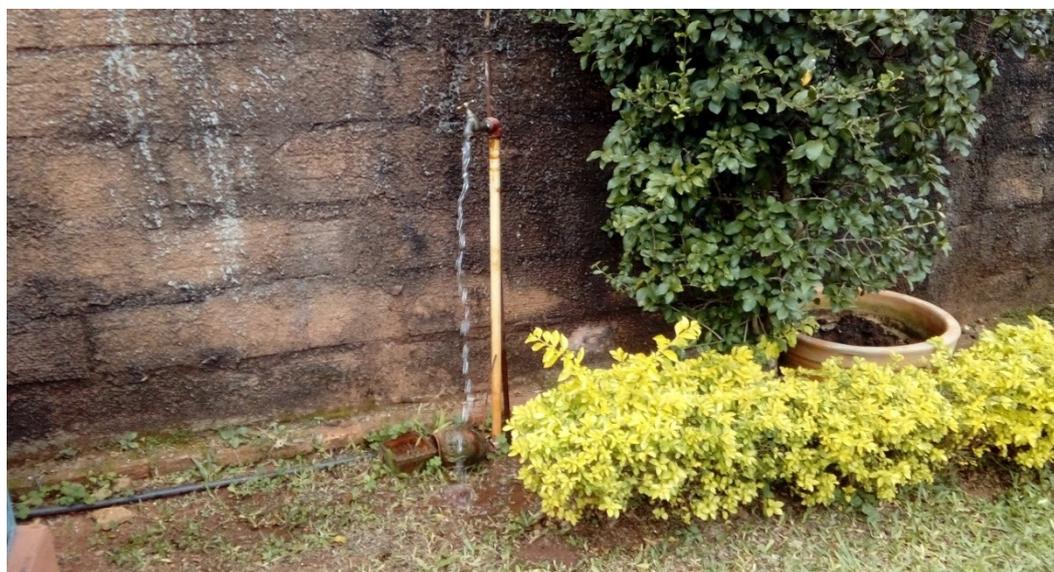
C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
233	22.8	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
154	22.8	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.3	22.8	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

A.97. Pozo N° 97

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
97	Flia. Aquino	S. Lorenzo	-25.379°	-57.489°	100	150



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestre o	Potab.
155	12.7	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestre o	Potab.
102	12.7	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
5.9	12.7	6.5	8.5	8.4	5.0	Fuera de rango

A.98. Pozo N° 98

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
98	Sup. Pueblo	Lambaré	-25.333°	-57.613°	S/D	134



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
363	14.6	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
240	14.6	≤1.000	≤1.000	35.379	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.5	14.6	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

A.99. Pozo N° 99

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
99	Cateura	Asunción	-25.324°	-57.643°	26	66



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
103	24	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
68	24	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
6.4	24	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

A.100 Pozo N° 100

P#	Lugar	Localidad	Lat.	Lon.	Pf. (m)	Cota (msnm)
100	Est. D. del Chaco	Asunción	-25.292°	-57.656°	80	105



C.E (μS/cm)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
206	14.2	≤1250	≤400	53.600	41	En el rango

TSD (ppm) (CE*.66)	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val. Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
136	14.2	≤1.000	≤1.000	35.376	28	En el rango

pH	T(°C)	Lím. Adm. (ERSSAN)	Lím. Rec. (ERSSAN)	Val.Máx. Muestreo	Val. Mín. Muestreo	Potab.
7.6	14.2	6.5	8.5	8.4	5.0	En el rango

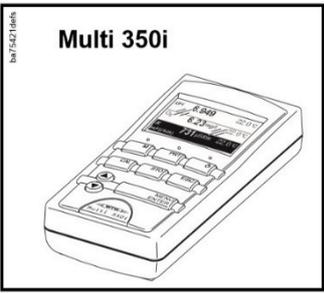
	Tesis 2017	TNO - 2001	Δ	%
Cond. Elect.	206	186	20 (ascenso)	11
TSD	136	---	---	---
*pH	7.6	5.8	1.8 (ascenso)	31

B. Materiales utilizados

B.1 Vehículos utilizados para los viajes.

Vehículo Mitsubishi New Lancer 1997	Camioneta Mitsubishi L200 Cabina Simple 1996.
	

B.2 Conductímetros utilizados para los muestreos.

	
<p>Conductímetro. Tipo Hanna Instruments Modelo Combo que incluye medidor de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pH - Conductividad Eléctrica - Total de Sólidos Disueltos - Temperatura 	<p>Conductímetro del Tipo Multi 350i. Parámetros medidos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pH - Conductividad Eléctrica - Total de Sólidos Disueltos - Temperatura

B.3 Elementos de muestreo I

GPS Garmin Map 76CSx	Cuaderno y bolígrafo para registro de datos
	

B.4 Elementos de muestreo II

Computadora Portatil Dell Inspiron 15 3000 Series	Celular LG K8 LTE para fotografias
	

B.5 Elementos de Muestreo III

Pequeño Recipiente donde se sumergen los conductivímetros para medición.	
	<ul style="list-style-type: none">- Tarjetas de presentación.- Pedazo de tela para limpieza.

C. ERSSAN – Límites de calidad de agua potable.

ANEXO III LÍMITES DE CALIDAD DE AGUA POTABLE – FRECUENCIA DE MUESTREOS MÍNIMOS.

A - : Características o componentes que afectan a la aceptabilidad del Agua por parte del Consumidor (Calidad Organoléptica).

PARAMETROS	UNIDAD	LÍMITE ADMISIBLE	LÍMITE (*) RECOMEND.	FRECUENCIA DE MUESTREO
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS				
Color	UCV	15	≤5	Horaria
Sabor y olor		Aceptable	Aceptable (4)	Horaria
Turbiedad (1)	UNT	5	<1	Horaria
PH (Pozos) (3)		8,5 a 8,5	8,5 a 8,5	Horaria
PH (Plantas)		PHs +/- 1	PHs +/- 1	Horaria
Conductividad	μs/cm	1.250	≥400	Diaría
COMPONENTES INORGANICOS				
Aluminio (Al)	mg/l	0,2	≤0,2	Diaría
Calcio (Ca ⁺²)	mg/l	100	≤100	Diaría
Magnesio (Mg ⁺²)	mg/l	50	≤30	Diaría
Potasio (K ⁺¹)	mg/l	12	≤10	Diaría
Alcalinidad (M) en (CaCO ₃)	mg/l	250	≤120	Horaria
Cloro Libre Residual (2)	mg/l	2,0	0,20 – 0,50	Horaria
Dureza Total en (CaCO ₃)	mg/l	400	≤250	Diaría
Sólidos Totales Disueltos (STD)	mg/l	1000	≤1000	Diaría

(*) Los límites recomendables son los establecidos en las Guías de la OPS/OMS.

(1) 95% del tiempo. De preferencia <1.

(2) Sujeto a la necesidad de la calidad bacteriológica en el punto de suministro al Usuario.

(3) 90% del tiempo. El Prestador debe asegurar el suministro de agua no agresiva ni incrustante al Sistema de Distribución.

(4) No desagradable para la mayoría de los consumidores.

ABREVIATURAS: UCV = Unidades de Color Verdadero
 UNT = Unidades Nefelométricas de Turbiedad
 mg/l = Miligramo por litro
 μs/cm = Micro siemens por centímetro

D. Los valores de pH en el Acuífero Patiño

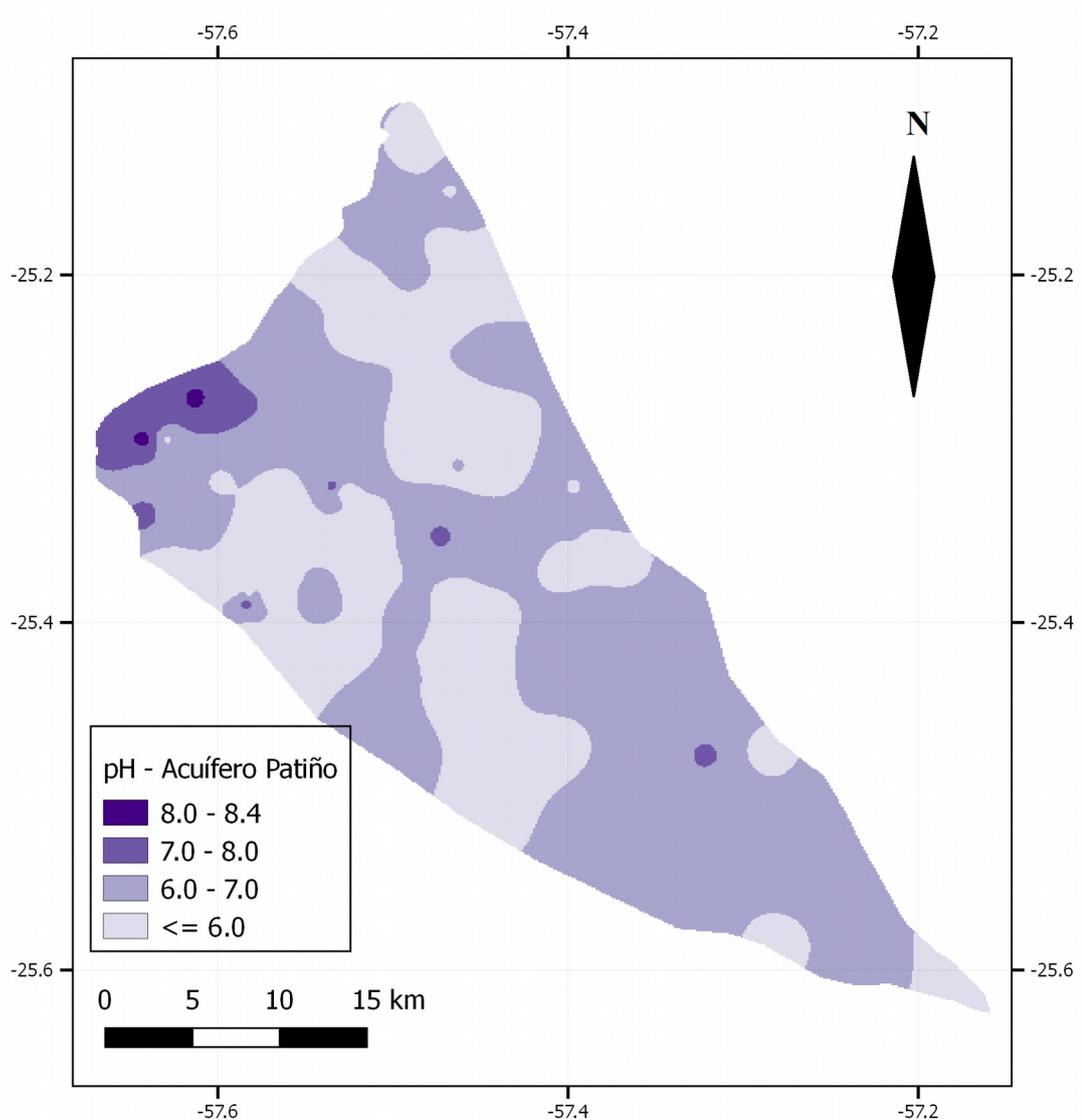


Figura. Valores de pH en el Acuífero Patiño.

Por medio de los muestreos realizados se conoce la distribución de los valores de pH en el Acuífero Patiño. Cabe destacar el carácter ligeramente ácido en casi toda la extensión de la unidad geológica contenedora de las aguas subterráneas del acuífero estudiado. Así mismo, también se subraya acerca de los valores medidos resultan en un 80% (ERSSAN, Anexo C) no alcanzan los requerimientos óptimos para consumo humano, sin embargo son aceptables dentro del rango de 5 a 9.

E ¿La Formación Chaco en el Departamento Central?

Los hallazgos en las mediciones llevadas a cabo en la Urbanización Surubi y en el predio de la familia Dellavedoba fueron muy destacables. Un valor de conductividad eléctrica de 53.660 $\mu\text{S}/\text{cm}$ resulta muy elevado para considerarlo como del tipo agua dulce que caracteriza a las del Acuífero Patiño.

Realizando la conversión para conocer su contenido aproximado de TSD, se lo ha determinado como del tipo aguas marinas. El porcentaje de TSD promedio de las aguas marinas es de 3.5%/35.000 ppm (Conzono, 2009), y el de las aguas subterráneas en el lugar mencionado orillan los 3.2%.

Miraglia (1965) menciona una llanura de más de una legua de ancho que se prolonga desde el riacho San Francisco hacia el levante que termina bajo el arco de las alturas de Arecayá. Esta llanura se encuentra recubierta por típica flora chaqueña y aflora gran cantidad de sal.



Paisaje chaqueño en la Urbanización Surubi

Los relieves llanos, los suelos del tipo alfisoles, la vegetación, la hidrofísica del agua subterránea y las eflorescencias salinas (que caracterizan a los suelos chaqueños en grandes extensiones) hacen suponer que esta franja corresponde a una prolongación oriental de la Formación Chaco manifiesta en el departamento Central. Se requieren de otros estudios con mayor detalle para corroborar este argumento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEÑOLAZA F. 2004. Paleobiogeografía de la Región Mesopotámica. Pág. 1-6. Revista INSUGEO. Tucumán. AR.
- AMOROS J., GARCÍA F., RAMIREZ E., SIMANCAS R. 1979. Geología. Pág. 571. Manual de Orientación Universitaria. Anaya. Madrid. ES.
- APHA. 1992. *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water* [Métodos Estándar para la Examinación de Aguas y Aguas de Desperdicio] Pág. 201-202. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 1999.
- BARTEL W., MUFF R. 1995. Observaciones Geológicas de Paraguay Central en Relación al Agua Subterránea. Págs. 23-29. 2º Simposio sobre Aguas Subterráneas y Perforación de Pozos en el Paraguay. San Lorenzo. PY.
- CARDOZO S., CROSA C. 2006. Estudio de la Contaminación del Acuífero Patiño. Trabajo final de grado. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas - UNA. Asunción PY.
- CARVALLO F., VILLAR, F. 2016, Acuífero Patiño. Fuente Estratégica del Gran Asunción. Pág. 51 – 71. Revista de la Facultad de Ciencias y Tecnologías N° 7 – Universidad Católica de Nuestra Señora de la Asunción. Asunción. PY.
- CONSORCIO CKC – JNS. 2007. Informe Técnico 2.6. Pág. 79. “Estudios de Políticas y Manejo Ambiental de Aguas Subterráneas en el Área Metropolitana de Asunción” (Acuífero Patiño). Cooperación Técnica ATN/JC 8228 – PR – SENASA – BID.
- CONTRERAS J., CONTRERAS A., DELPINO M. 2007. Estudio Bioecológico sobre los Humedales del Ñeembucú. Universidad Maimónides y Universidad Nacional de Pilar. 1º Edición. Hohenau, Itapua. PY.
- CONZONNO V. 2009. Limnología Química. 1ª Ed. 220 pp. Universidad Nacional de la Plata. La Plata. AR.
- CUSTODIO E., LLAMAS M. 1983. Hidrología Subterránea. Págs. 1472-1475, Ed. Omega. Volumen I y II. Barcelona. ES.
- DAVIS S., DE WIEST. 1967. Hidrogeología. Ediciones Ariel. Barcelona. ES.
- DEMING H. 1979. El Agua: Un Recurso Insustituible. Pág. 17-23, 253 – 266, 337-338, 374. Ediciones Nuevomar S.A. de C.V. México DF. ME.
- DOMENICO P., SWARTZ F. 1990. *Physical and Chemical Hydrogeology* [Hidrogeología Física y Química]. John Wiley & Sons. New York. EE.UU.

- ECKEL E. 1959. *Geology and Mineral Resources of Paraguay: A Reconnaissance* [Recursos Geológicos y Minerales de Paraguay: Un Reconocimiento]. *Geol. Surv. Prof. Paper 327*, Washington DC. EE.UU.
- ERSSAN – Reglamento de Calidad para Permissionarios. – Ley General del Marco Regulatorio y Tarifario del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario. Ley N° 1.614/2000. Asunción.PY.
- FOSTER S., GARDUÑO H. 2002. *Paraguay: Actual and Potential Regulatory Issues Relating to Groundwater Use in Gran Asunción* [Paraguay: Asuntos Actuales y Potenciales de Regulación Relacionados con el Uso del Agua Subterránea en Gran Asunción]. Págs. 1-6. World Bank. Washington DC. EE.UU.
- FULFARO V. 1996. *Geology of Eastern Paraguay* [Geología del Paraguay Oriental] In: *Alkaline Magmatism in Central Eastern Paraguay – Relationships with Coeval Magmatism in Brazil*, 1, 1, Comin-Chiaramonti P., Gomes C.B. Págs 17-29. Edusp, Sao Paulo. BR.
- GADEA A. 2009. Riesgo de Contaminación del Acuífero Patiño en el Campus Universitario de la UNA. Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Curso de Post grado de Hidrogeología. Asunción. PY.
- GARCÍA D. 2016. Estudio Hidrogeológico – Acuífero Patiño. Pág. 15-18, 49, 61. Proyecto BIRF 7710 - Py Programa de Modernización del Sector Agua y Saneamiento – PM-SAS. Asunción. PY.
- GÓMEZ D. 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. PY.
- HARRINGTON, H. 1972. *Silurian of Paraguay* [Silúrico del Paraguay]. In W.B.N. Berry y A.J.Boucot (eds.) *Correlation of the South American Silurian Rocks*, MAP.
- HERBST R. 2000. La Formación Ituzaingó (Plioceno). Estratigrafía y distribución. En: F.G. Aceñolaza y R. Herbst (Eds.), *El Neógeno de Argentina*. INSUGEO Miscelánea 14: 181–190. Tucumán. AR.
- HOLMES A., HOLMES D. 1978. *Geología Física*. Pág. 289. 3° Edición, Ed. Omega S.A., Barcelona. ES.
- INSTITUTO HOLANDÉS DE GEOCIENCIAS APLICADAS TNO. 2001. Fortalecimiento de los Estudios Hidrogeológicos del SENASA. Págs. 1-45. San Lorenzo. PY.

- INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY. 2017. *International Chronostratigraphic Chart* [Tabla Cronoestratigráfica Internacional]. Disponible en: <http://stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2017-02.jpg>.
- IRIONDO M. 1993. *Geomorphology and Late Quaternary of the Chaco (South America)*. [Geomorfología y el Cuaternario Superior del Chaco (Suramérica)]. Págs 289-303. *Geomorphology* 7, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam. HL.
- JONSON E. 1975. El Agua Subterránea y Los Pozos. Págs. 15- 17. Jonson Division. UOP Inc. Saint Paul, Minnesota 55165. Minnesota. EE.UU.
- LAMPERT I., SANTACRUZ F., QUEVEDO J. 2009. ACUÍFERO PATIÑO: Evolución Histórica de los Conocimientos, Revisión y Continuación de un Aspecto Importante. Su Difusión e Incidencia en la Población del Área de Influencia. Estudio de la Contaminación del Acuífero Patiño, 2009 Trabajo final de grado. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FIUNA). Asunción PY.
- LARROSA F., CENTURIÓN C. 1995. Hidrogeología e Hidroquímica del Área Urbana de Loma Plata – Chaco Paraguayo. Pág. 232-233. 2º Simposio sobre Aguas Subterráneas y Perforación de Pozos en el Paraguay. San Lorenzo. PY.
- MAPA FÍSICO DEL PARAGUAY – ESCALA 1:1.000.000. Instituto Geográfico Militar. Asunción. PY.
- MIRAGLIA L. 1965. Vulcanismo Postplioceno del Paraguay”. *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*. Tomo 7, N°2. 1-52 pp. Asunción.PY.
- MURRAY R. 1991. Estadística. Págs. 60-86 Editorial McCraw-Hill. 2º Edición. México D.F. ME.
- ORFEO O. 2005. Historia Geológica del Iberá, Provincia de Corrientes, como Escenario de Biodiversidad. Págs. 71-78. INSUGEO, Miscelanea 14. Tucumán. AR.
- PALMIERI J. 1968. Investigación de la Salinidad del Arroyo Yukyry. Págs. 1-8. Instituto de Ciencias, Universidad Nacional de Asunción. Publicaciones, Serie C: Investigación N°12. Trabajo de Tesis. San Lorenzo. PY.
- PETTIJOHN F. 1980. Rocas Sedimentarias. Págs. 478-481 Editorial Universitaria de Buenos Aires. Rivadavia 1571/73. Buenos Aires. AR.
- REINA VALERA. 1960. BIBLIA. Pág. 34. Ed. 2008. Bible Publishers, Nashville, Tennessee 37234. EE.UU.
- RIOS J., MARTÍNEZ O. & CENTURIÓN C. 1995. Contaminación de Agua Subterránea en Áreas Puntuales del Gran Asunción. Pág. 159-160. 2º Simposio

sobre Aguas Subterráneas y Perforación de Pozos en el Paraguay. San Lorenzo. PY.

TARBUCK E., LUDGENS F. 1999. Ciencias de la Tierra. Págs. 178-180. Editorial Prentice Hall. 6° Edición. Madrid. ES.

VELAZQUEZ C. 2009. El Acuífero Pantanal, su Distribución en el Paraguay. Págs. 1- 61. Tesis de Maestría en Hidrogeología – Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. San Lorenzo.PY.

VILLAR F. 2010. Hidrogeología del Paraguay. Cátedra de Hidrogeología del Paraguay en la Maestría en Hidrogeología. Pág. 153. San Lorenzo. PY.

ZURITA A., ALCARAZ M. 2000. Recientes Hallazgos de Mamíferos Fósiles en la Formación Toropí (Pleistoceno) de la Provincia de Corrientes, Argentina. Resumen. Jornada; XV Jornadas Argentinas de Mastozoología. La Plata. AR.

ZUCOL A., BREA M., LUTZ A., ANZOTEGUI L. 2004. Aportes al Conocimiento de la Paleodiversidad del Cenozoico Superior del Litoral Argentino. INSUGEO, Miscelánea 12: 91-102. Tucumán. AR.

APÉNDICE

El origen del Lago Ypacarai: Una hipótesis.

La experiencia a lo largo de esta investigación ha sido muy fructífera en el sentido de las realidades geológicas que uno ha podido observar. En el intento de explicar el origen de la salinidad de las aguas subterráneas chaqueñas, todo señala o indica relacionarse con el geológicamente joven mar Chaqueño.

El que escribe no se ha imaginado la importancia que tuvo esta transgresión marina para la configuración final de muchos aspectos geológicos, geomorfológicos, paisajísticos y edafológicos, y de su incidencia en determinados lugares en la población paraguaya.

La observación empírica durante el muestreo para este trabajo ha desembocado en establecer una correlación entre el paisaje, vegetación y suelo asociados al tipo de agua que les subyace: donde existen suelos del tipo alfisoles, abundantes palmáceas del tipo *Copernicia alba* (caranday) y terrenos con casi nula pendiente se los relaciona con la Formación Chaco. Las aguas subterráneas de dicha unidad geológica se destacan por su alta salinidad.

La Formación Chaco no se restringe sólo a la Región Occidental del Paraguay, sino que se proyecta en forma de lenguas hacia la Región Oriental no concordante a la divisoria convencional que constituye el río Paraguay para separar regiones geográficas.

Los terrenos Cuaternarios de la Formación Chaco se los identifica atendiendo a las características previamente citadas. Entonces, habiendo identificado esos elementos en el valle de Ypacaraí, aquí se propone que durante el Mioceno Medio – Superior, el mencionado valle estuvo bajo transgresión marina del mar Chaqueño.

Se argumenta al respecto por lo siguiente: 1. En la zona de Tarumandy y Nueva Asunción en Luque (Carvallo F., 2017) y Caacupé en Areagá en pozos

profundos (Melgarejo M., 2017) se han encontrado aguas subterráneas saladas 2. Presencia de yacimientos de evaporitas en Yukyry (salmuera en guaraní), Valle Pucú y 3ª Compañía de Capiatá (Palmieri J.H., 1968). 3. Aspectos edafológicos.

Del texto de Deming H.G., 1979. se extrae el siguiente fragmento: “En Florida, el Okeechobe es el lago de agua dulce más grande de toda América; en un tiempo formó parte de un antiguo mar superficial”.

En base a las evidencias y teniendo como referencia la génesis de un lago importante de América se propone como hipótesis que el Lago Ypacaraí es un remanente de la regresión del mar Paranaense, capturado por ciertas condiciones topográficas y cuyas aguas se tornaron dulces por los aportes de los cursos hídricos de agua dulce formados a posteriori la regresión marina, así como los aportes de aguas aéreas. Este proceso de modificación de salinidad se denomina meroximias ectogénica.

Se propone una edad preliminar para el lago de $\sim 7.24 - 3.60$ millones de años, del Mioceno Superior – Plioceno Inferior, en el lapso de retroceso del mar Chaqueño y su capturamiento en la zona más deprimida del valle.



El río “Salado” en el Valle de Ypacaraí