

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN**

**Facultad de Ciencias Exactas y Naturales**

**Departamento de Geología**

Trabajo de Grado

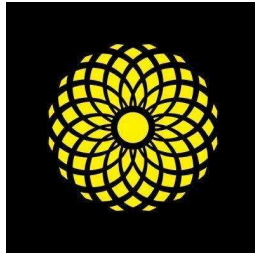
**EVALUACION DE LA CALIDAD DE AGUA PARA  
CONSUMO HUMANO DE LA COMPAÑÍA CABAÑAS DE  
CAACUPE, PARAGUAY, AÑO 2024**

**ALMA MARÍA PAREDES CÁCERES**

Trabajo de Grado presentado a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para aprobar la asignatura.

SAN LORENZO – PARAGUAY

DICIEMBRE – 2024



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN**

**Facultad de Ciencias Exactas y Naturales**

**Departamento de Geología**

Trabajo de Grado

**EVALUACION DE LA CALIDAD DE AGUA PARA  
CONSUMO HUMANO DE LA COMPAÑÍA CABAÑAS DE  
CAACUPE, PARAGUAY, AÑO 2024**

**ALMA MARÍA PAREDES CÁCERES**

Orientadora: **Prof. MSc. SONIA MABEL MOLINAS RUÍZ DÍAZ**

Trabajo de Grado presentado a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para aprobar la asignatura.

SAN LORENZO – PARAGUAY

DICIEMBRE – 2024

**EVALUACION DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO  
DE LA COMPAÑÍA CABAÑAS DE CAACUPE, PARAGUAY AÑO 2024.**

**Autor:** ALMA MARÍA PAREDES CÁCERES

**Orientadora:** PROF. MSC. SONIA MABEL MOLINAS RUÍZ DÍAZ

Trabajo de Grado presentado a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,  
Universidad Nacional de Asunción, como requisito para aprobar la asignatura.

Fecha de aprobación:

**MESA EXAMINADORA DE TRABAJO DE GRADO**

**MIEMBROS:**

**Prof. MSc. Sonia Mabel Molinas Ruiz Díaz**

*Universidad Nacional de Asunción, Paraguay*

**Prof. MSc. Higinio Moreno Resquín**

*Universidad Nacional de Asunción, Paraguay*

**Prof. MSc. Narciso Cubas Villalba**

*Universidad Nacional de Asunción, Paraguay*

## **DEDICATORIA**

*Con mucho amor a mis padres José Paredes y Nilsa Cáceres.*

*A mis hermanos Luis Alberto y Alejandro José.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios y a la Virgen por brindarme salud y fortaleza para poder cumplir esta gran meta.

A mis padres por todo el apoyo, amor y sacrificio brindado durante toda mi vida y mi carrera.

A mis hermanos por el apoyo de siempre.

A Emilio Giménez por estar siempre a mi lado en cada paso de este camino, por celebrar mis logros y por brindarme siempre su apoyo incondicional en los momentos difíciles.

A mi tía Luisa y a toda mi familia por estar pendiente de cada paso, por cada oración y bendición antes de cada examen.

A mis amigas Iris, May y Ana por su apoyo y amistad que han hecho que cada reto sea más llevadero y cada logro más significativo.

A todos mis compañeros de la carrera por ser parte de este proceso.

A los profesores del departamento de Geología por sus enseñanzas y ayuda para mi formación profesional.

Al Sr. Darío Báez y la Sra. Vida Brítez por su tiempo, ayuda e información proporcionada, a todos los miembros de la comisión de la junta de saneamiento de Cabañas y a sus usuarios por su valioso aporte para lograr este trabajo.

# **EVALUACION DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMPAÑÍA CABAÑAS DE CAACUPE, PARAGUAY, AÑO 2024.**

**Autor:** ALMA MARIA PAREDES CACERES

**Orientadora:** PROF. MSC. SONIA MABEL MOLINAS RUÍZ DÍAZ

## **Resumen**

El área de estudio se localiza en la Región Oriental del Paraguay, específicamente en el Departamento de Cordillera, dentro del Distrito de Caacupé. El objetivo principal de este trabajo fue analizar la calidad del agua destinada al consumo humano y la percepción de la comunidad local durante el año 2024. La investigación se centró en evaluar la calidad del agua subterránea, con énfasis en los pozos utilizados para el abastecimiento humano, mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos conforme a los estándares de potabilidad. Se destacó la influencia de actividades humanas, como la agricultura intensiva y la proximidad de pozos ciegos, en la contaminación del agua. A través del método POSH, se identifican y clasifican las fuentes de contaminación puntual y difusa. El enfoque metodológico integró técnicas cualitativas y cuantitativas, combinando datos recolectados en estudios de campo y fuentes bibliográficas. Los resultados revelaron que varios pozos presentan niveles de contaminación, principalmente por nitratos y coliformes, asociados a prácticas agrícolas y condiciones sanitarias deficientes en la zona. Estos hallazgos subrayan la necesidad de implementar estrategias de manejo sostenible y un monitoreo continuo para garantizar la calidad del agua subterránea en la zona.

Palabras claves: Calidad de agua subterránea, Fuentes de contaminación, Análisis físico-químicos, Acuífero Caacupé.

# **EVALUATION OF WATER QUALITY FOR HUMAN CONSUMPTION OF THE CABAÑAS DE CAACUPE COMPANY, PARAGUAY, YEAR 2024.**

**Author:** ALMA MARIA PAREDES CACERES

**Counselor:** PROF. MSC. SONIA MABEL MOLINAS RUÍZ DÍAZ

## **Summary**

The study area is located in the Eastern Region of Paraguay, specifically in the Department of Cordillera, within the District of Caacupé. The main objective of this work was to analyze the quality of water intended for human consumption and the perception of the local community during the year 2024. The research focused on evaluating the quality of groundwater, with emphasis on the wells used for human supply. , through the analysis of physicochemical and bacteriological parameters in accordance with potability standards. The influence of human activities, such as intensive agriculture and the proximity of blind wells, on water pollution was highlighted. Through the POSH method, point and diffuse pollution sources are identified and classified. The methodological approach integrated qualitative and quantitative techniques, combining data collected in field studies and bibliographic sources. The results revealed that several wells have levels of contamination, mainly due to nitrates and coliforms, associated with agricultural practices and poor sanitary conditions in the area. These findings highlight the need to implement sustainable management strategies and continuous monitoring to ensure groundwater quality in the area.

**Keywords:** Groundwater quality, Sources of contamination, Physical-chemical analysis, Caacupé Aquifer.

# ÍNDICE

	<b>Páginas</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Preguntas de investigación	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
1.4 Justificación	2
1.5 Hipótesis	3
1.6 Variables	3
1.6.1 Variable independiente	3
1.6.2 Variable dependiente	3
<b>2 MARCO TEÓRICO</b>	<b>4</b>
2.1.1 Acuífero, acuicludo, acuitardo, acuífugo	4
2.1.2 Parámetros hidrogeológicos fundamentales	4
2.1.3 Propiedades de las aguas subterráneas	5
2.1.4 Calidad del agua	7
2.1.5 Método POSH	9
2.1.5.1 Tipos de fuentes de contaminación	9
2.2 Marco legal	9
2.3 Geología	12
2.3.1 Geología regional	12
2.3.2 Geología local	13
2.4 Hidrogeología del área de estudio	15
2.4.1 Calidad química de las aguas subterráneas	17
<b>3 DISEÑO METODOLÓGICO</b>	<b>18</b>
3.1 Enfoque	18
3.2 Nivel de la investigación	18
3.3 Área de estudio	19
3.3.1 Localización	19
3.3.2 Vías y medios de comunicación	19
3.4 Población	20
3.5 Muestra	21
3.6 Unidad de análisis	21



3.7	Muestreo	21
3.8	Instrumentos para la recolección de datos	22
3.9	Procedimiento de análisis	22
3.9.1	Trabajo de gabinete	22
3.9.2	Evaluación de calidad del agua	22
3.9.2.1	Colecta de muestra de agua	22
3.9.2.2	Análisis de parámetros de calidad	23
3.9.3	Clasificación de contaminantes según su amenaza	23
3.9.4	Aplicación de encuesta	24
<b>4</b>	<b>ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS</b>	<b>25</b>
4.1	Evaluación de la calidad de agua	26
4.1.1	Parámetros físico-químicos	26
4.1.2	Parámetros bacteriológicos	29
4.2	Clasificación de contaminantes según su amenaza	30
4.2.1	Fuentes de contaminación puntual	30
4.2.2	Fuentes de contaminación difusa	32
4.2.3	Relación entre las fuentes de contaminación y los pozos contaminados	33
4.3	Medición del grado de satisfacción de los usuarios del servicio de agua potable	34
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>37</b>
5.1	Conclusiones	37
5.2	Recomendaciones	37
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>39</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>41</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Páginas</b>
1. Mapa de la Geología Regional	13
2. Mapa geológico de la Compañía Cabañas de Caacupé	15
3. Mapa hidrogeológico del área de estudio	16
4. Mapa de ubicación del área de estudio	19
5. Mapa de vías de comunicación de la Compañía Cabañas de Caacupé	20
6. Mapa de ubicación de pozos	25
7. Valores de pH en pozos de la Junta de Saneamiento 2024	27
8. Valores de conductividad en pozos de la Junta de Saneamiento 2024	27
9. Valores de nitrato en pozos de la Junta de Saneamiento 2024	28
10. Valores de nitrito en pozos de la Junta de Saneamiento 2024	29
11. Valores de coliforme fecales en pozos de la Junta de Saneamiento 2024	29
12. Mapa de amenaza a la calidad del agua subterránea de la Compañía Cabañas de Caacupé.	30
13. Fuentes puntual con elevado potencial generador de carga contaminante al subsuelo en la Compañía Cabañas de Caacupé.	31
14. Fuentes puntuales con moderado potencial generador de carga contaminante al subsuelo en la Compañía Cabañas de Caacupé.	31
15. Fuentes puntuales con reducido potencial generador de carga contaminante al subsuelo en la Compañía Cabañas de Caacupé.	32
16. Mapa de fuente de contaminación difusa.	33
17. Mapa de relación de pozos contaminados con fuentes de contaminación.	33
18. Encuesta 1 y resultado de encuesta	34
19. Encuesta 2 y resultado de encuesta	35
20. Encuesta 3 y resultado de encuesta	35
21. Encuesta 4 y resultado de encuesta	36
22. Encuesta 5 y resultado de encuesta	36

## LISTA DE TABLAS

	<b>Páginas</b>
1. Estimativa de la cantidad de recarga del Acuífero Caacupé.	16
2. Características hidrogeológicas del Acuífero Caacupé.	17
3. Características hidroquímicas del Acuífero Caacupé.	17
4. Datos de pozos utilizados como muestra.	20
5. Datos de pozos utilizados como población.	21
6. Procedimientos utilizados en el análisis físico-químico y bacteriológico.	23
7. Pozos de abastecimiento de agua potable en el área de estudio.	25
8. Límites máximos permisibles de la Norma NP 2400180/11.	26
9. Límites admisibles según la Ley N°1.614/2000 para agua potable.	26

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Páginas</b>
1.Perfiles litológicos de los pozos verticales de la compañía Cabañas de Caacupé	41
2.Análisis físico-químicos de los pozos	43
3.Hoja de encuesta	53
4. Pozos activos de la Compañía Cabañas de Caacupé	54

## LISTA DE SIGLAS

<b>INE:</b>	Instituto Nacional de Estadística
<b>L.M.P:</b>	Límite Máximo Permitido
<b>L.M.A:</b>	Límite Mínimo Admisible
<b>O.M.S:</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>PZ01:</b>	Pozo 01
<b>PZ02:</b>	Pozo 02
<b>PZ03:</b>	Pozo 03
<b>PZ04:</b>	Pozo 04
<b>PZ05:</b>	Pozo 05
<b>PZ06:</b>	Pozo 06
<b>PZ07:</b>	Pozo 07
<b>PZ08:</b>	Pozo 08
<b>S.I.G:</b>	Sistema de Información Geográfica
<b>POSH:</b>	<i>Pollutant Origin Surcharge Hydraulically</i>
<b>GPS:</b>	Sistema de Posicionamiento Global

## LISTA DE ABREVIATURAS

m:	Metro
km <sup>2</sup> :	Kilómetros cuadrados
m/día:	Metro por día
mm/año:	Milímetros al año
m <sup>3</sup> /h:	Metros cúbicos por hora
m <sup>3</sup> /h/m:	Metros cúbicos por hora por metro
mL:	Mililitros
m <sup>3</sup> /año:	Metros cúbicos por año
mg/L:	Miligramos por litro
μS/m:	Micro Siemens por centímetro
min.:	Mínimo
máx.:	Máximo
UFC:	Unidades Formadoras de Colonias
Fm.:	Formación
K:	Permeabilidad
T:	Transmisividad
S:	Coefficiente de almacenamiento
pH:	Potencial de hidrogeno
Rs:	Residuo seco
Sd:	Total de sales disueltas
Etc.:	Etcétera

## **1 INTRODUCCIÓN.**

El abastecimiento de agua potable es una necesidad esencial para el desarrollo y bienestar de cualquier comunidad. En la Junta de Saneamiento de la Compañía Cabañas, ubicada en la ciudad de Caacupé, la gestión y el mantenimiento de los pozos son fundamentales para asegurar un suministro continuo y seguro de agua para los habitantes. Esta junta abastece a más de 2.000 familias, lo que resalta la importancia de garantizar la calidad y disponibilidad del agua. Sin embargo, la contaminación de estos pozos representa una amenaza significativa para la salud pública.

El presente trabajo tiene como objetivo principal analizar la calidad del agua para consumo humano y la percepción local en la compañía Cabañas, Caacupé. La investigación se centrará en determinar la calidad del agua de los pozos de abastecimiento de agua potable de la compañía Cabañas, Caacupé (2024), identificar los factores de riesgos de contaminación de los pozos de abastecimiento de agua potable de la compañía Cabañas, Caacupé, Paraguay (2024), y determinar nivel de satisfacción de los usuarios de la población de la compañía Cabañas, Caacupé, Paraguay.

### **1.1 Planteamiento del problema.**

El acceso a agua potable es un factor clave para la salud y el bienestar humano, especialmente en comunidades donde los pozos de agua subterránea constituyen la principal fuente de abastecimiento. Sin embargo, en estas zonas, la proximidad entre pozos ciegos (utilizados como solución sanitaria) y los pozos de agua, así como el uso excesivo de fertilizantes y abonos en actividades agrícolas, puede generar riesgos importantes de contaminación de los acuíferos subterráneos. Esta situación pone en peligro la calidad del agua y, por consiguiente, la salud de la población que depende de esta fuente para consumo.

### **1.2 Preguntas de investigación.**

¿Cuál es la calidad del agua de los pozos de abastecimiento de agua potable de la compañía Cabañas, Caacupé, Paraguay en el año 2024?.

¿Cuáles son las principales fuentes de contaminación del agua de la compañía Cabañas, Caacupé, Paraguay en el año 2024?.

¿Cuál es el nivel de satisfacción de los usuarios de la población de la compañía Cabañas, Caacupé, Paraguay en el año 2024?.

### **1.3 Objetivos.**

#### **1.3.1. Objetivo general.**

Analizar la calidad del agua para consumo humano y la percepción local en la compañía Cabañas, Caacupé, Paraguay en el año 2024.

#### **1.3.2. Objetivos específicos.**

- Determinar la calidad del agua de los pozos de abastecimiento de agua potable de la compañía Cabañas, Caacupé, Paraguay en el año 2024.
- Identificar los factores de riesgos de contaminación de los pozos de abastecimiento de agua potable de la compañía Cabañas, Caacupé, Paraguay en el año 2024.
- Medir el nivel de satisfacción de los usuarios de la Junta de Saneamiento de la compañía Cabañas, Caacupé, Paraguay en el año 2024.

### **1.4 Justificación.**

Garantizar el acceso de agua potable es un desafío en muchas comunidades, especialmente donde la infraestructura sanitaria es limitada y las fuentes de agua subterránea están expuestas a riesgos de contaminación. Evaluar esta situación es necesario para identificar los riesgos y proponer soluciones que garanticen un abastecimiento seguro y sostenible. Además, la investigación no solo se enfoca en los aspectos técnicos de la calidad del agua, sino también en el nivel de satisfacción de los usuarios del servicio. La percepción de los pobladores es un componente esencial para comprender la eficacia de la gestión del recurso hídrico.



## **1.5 Hipótesis.**

La contaminación de los pozos de la Junta de Saneamiento está relacionada con la presencia de actividades agrícolas intensivas y pozos ciegos en las proximidades de las zonas de captación de agua subterránea.

## **1.6 Variables.**

### **1.6.2 Variable independiente.**

- Pozos de abastecimiento de agua potable.
- Factores de riesgo de contaminación.
- Calidad del servicio proporcionado por la compañía Cabañas.

### **1.6.3 Variable dependiente.**

- Calidad de agua.
- Nivel de contaminación de los pozos de abastecimiento de agua potable.
- Nivel de satisfacción de los usuarios.

## **2 MARCO TEÓRICO.**

### **2.1. Acuífero, acuicludo, acuitardo y acuífugo.**

Freeze & Cherry (1989), definen un acuífero como una unidad geológica permeable saturada que puede transmitir cantidades significativas de agua bajo gradientes hidráulicos normales.

Para Freeze & Cherry (1989), un acuicludo se define como una unidad geológica saturada que es incapaz de transmitir cantidades significativas de agua bajo gradientes hidráulicos ordinarios.

En los últimos años, el término acuitardo según Freeze & Cherry (1989), fue acuñado para describir la capa menos permeable en una secuencia estratigráfica. Estas capas pueden ser lo suficientemente permeables como para transmitir cantidades significativas de agua en el estudio del flujo regional de aguas subterráneas, pero su permeabilidad es insuficiente para permitir la finalización de los pozos de producción dentro de ellos.

Finalmente, se denomina acuífugo a aquellas formaciones geológicas que no contienen agua ni la pueden transmitir, como, por ejemplo, un macizo granítico no alterado, o unas rocas metamórficas sin apenas meteorización ni fracturación. (Custodio & Llamas, 1986).

### **2.2 Parámetros hidrológicos fundamentales según Custodio & Llamas (1983).**

#### **2.2.1 Porosidad.**

La porosidad de un material viene expresada por la relación entre el volumen de su parte vacía u ocupada por aire y/o agua y su volumen total.

#### **2.2.2 Permeabilidad (K).**

Este parámetro  $k$  o coeficiente de permeabilidad, tiene las dimensiones de una velocidad, y se define como el caudal que pasa por una sección unidad del acuífero bajo un gradiente también unidad a una temperatura fija o determinada.

Los factores que determinan la permeabilidad pueden ser intrínsecos y extrínsecos. Los intrínsecos son los propios del acuífero y dependen del tamaño de los poros.

Los factores extrínsecos son los que dependen del fluido y son fundamentalmente su viscosidad y su peso específico.

### **2.2.3 Transmisividad (T).**

El concepto de transmisividad fue introducido por Theis (1935), y se define como el caudal que se filtra a través de una franja vertical de terreno, de ancho unidad y de altura igual a la del manto permeable saturado bajo un gradiente unidad a una temperatura fija determinada.

### **2.2.4 Coeficiente de almacenamiento (S).**

El coeficiente de almacenamiento se define como el volumen de agua que puede ser liberado por un prisma vertical del acuífero de sección igual a la unidad y altura igual a la del acuífero saturado si se produce un descenso unidad del nivel piezométrico o de carga hidráulica, (Custodio & Llamas, 1986).

## **2.3. Propiedades del agua.**

### **2.3.1. Características físicas.**

#### **2.3.1.1 Temperatura.**

La temperatura de las aguas subterráneas según L. Mijailov (1989), cambian en función del tiempo. La mayor variación se observa cuando las mismas yacen a poca profundidad de la superficie; sin embargo, la temperatura de dichas aguas, más debajo de la zona de sus valores anuales constantes, aumenta con la profundidad según la ley de escalón geotérmico.

#### **2.3.1.2 Conductividad.**

Para Custodio & Llamas (1983), la conductividad  $k$ , es una medida de la capacidad de una solución adecuada para conducir electricidad. Se determina como la conductividad entre dos electrodos paralelos, cada uno con una superficie de  $1 \text{ cm}^2$  y separados por  $1 \text{ cm}$ , ubicados dentro del agua analizada, de modo que el entorno pueda considerarse ilimitado.

Esta capacidad está influenciada por la presencia de iones, sus concentraciones totales, movilidad, valencia y la temperatura de medición.

### **2.3.1.3 Turbidez o turbiedad.**

Custodio & Llamas (1983), señala que la turbidez es una característica óptica que provoca que la luz se disperse y se absorba, impidiendo que se propague en líneas rectas a través de la muestra.

### **2.3.1.4 Materia en suspensión.**

La materia en suspensión se refiere a los materiales que pueden sedimentarse o que pueden ser retenidos por un filtro (Custodio & Llamas ,1983).

### **2.3.1.5 Olor y sabor.**

L.Mijailov (1989), señala que las aguas subterráneas comúnmente no tienen olor, pero a veces este se percibe. Por ejemplo, el sulfuro de hidrogeno le otorga un olor a huevo podrido, el agua estancada en los pozos cuyo revestimiento es de madera se halla en estado de putrefacción, despiden un olor fétido. Casi siempre el olor del agua está relacionado con la actividad de las bacterias que descomponen las sustancias orgánicas.

El sabor al agua se lo comunican los compuestos minerales y gases disueltos en ella, como las impurezas extrañas. Los iones de hierro proporcionan un sabor a herrumbre desagradable, mientras que los cloruros de sodio, sabor salado, los sulfatos sódicos y magnésicos, sabor amargo, las sustancias orgánicas, un sabor ligeramente dulce, y los iones de anhídrido carbónico libre, un sabor refrescante agradable.

### **2.3.1.6 Color.**

Según Custodio y Llamas (1983), el color se define como la capacidad de una sustancia para absorber determinadas radiaciones del espectro visible.

Por su parte, L. Mijailov (1989), señala que el agua pura presenta un tono azulado, mientras que las sales ferrosas y el azufre de hidrógeno le otorgan un color azul verdoso; los sesquióxidos ferrosos generan un tono parduzco; los compuestos orgánicos húmicos aportan un color amarillento, y las partículas minerales suspendida, de color grisáceo.

## **2.3.2 Características químicas.**

### **2.3.2.1 Concentración de hidrogeniones (pH).**

Custodio & Llamas (1983), señalan que la concentración en hidrogeniones  $[H^+]$  es una cifra muy importante, pero para evitar manejar cifras muy pequeñas, se emplea el pH que se define como  $pH = -\log [H^+]$ , aunque más exactamente debe tomarse  $pH = -\log \langle H^+ \rangle$  indicando  $\langle \rangle$  la actividad. Para el agua pura a 25 °C es  $pH = 7$  y a 18 °C es  $pH = 7,08$ .

### **2.3.2.2 Residuo seco y total de sales disueltas (Rs y Sd).**

Custodio y Llamas (1983), definen el residuo seco como el peso de los materiales obtenidos tras evaporar un litro de agua. El total de sales disueltas se refiere al peso de todas las sustancias disueltas en el agua, tanto volátiles como no volátiles, expresadas en unidades de ppm o mg/l.

### **2.3.2.3 Alcalinidad (TAC y TA).**

La alcalinidad de un agua para Custodio & Llamas (1983), se refiere a su capacidad para neutralizar ácidos.

La alcalinidad TAC se determina hasta un pH de 4,5 (punto de cambio del anaranjado de metilo), mientras que la alcalinidad TA se mide hasta un pH de 8,3 (punto de cambio de la fenolftaleína). Ambas mediciones indican el contenido de anión. es su capacidad de neutralización de ácido.

### **2.3.2.4 Acidez.**

La acidez del agua se define como su capacidad para neutralizar sustancias básicas. Es poco común encontrar acidez en aguas naturales, aunque esto puede generarse por procesos como la oxidación de sulfuros o la hidrólisis de iones de hierro, aluminio y amonio (Custodio y Llamas, 1983).

## **2.4 Calidad del agua.**

Según la Organización Mundial de la Salud (2004), el agua potable es aquella que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes sensibilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida.

Tucci (1993), considera que, durante cientos de años, solo los sentidos de la visión, el sabor y el olfato fueron determinantes en la evaluación de la calidad del agua. Con la evolución de las técnicas de detección y medidas de contaminantes, se establecieron estándares de calidad para el agua, es decir, la máxima concentración de elementos o compuestos que podrían estar presentes en el agua, para ser compatible con su uso para determinados fines. Así, se establecieron estándares de calidad del agua para usos como abastecimiento público e industrial, preservación de la vida acuática, irrigación, recreación, agricultura, navegación y paisajismo. Estos estándares se establecieron, generalmente a partir de experimentos realizados en centros de investigación de países desarrollados.

#### **2.4.1 Fuentes de contaminación de las aguas subterráneas.**

L. Mijailov (1989), divide las fuentes de contaminación de las aguas subterráneas en químicas, biológicas y radiactivas. La contaminación química sucede debido a los desechos sólidos y los residuos líquidos evacuados de diversas empresas industriales (químicas, petroquímicas, de extracción de petróleo, mineras, metalúrgicas, de celulosa y papel, etc.).

L. Mijailov (1989), destaca que las contaminaciones químicas se dispersan a grandes distancias, las dimensiones y formas de los focos de contaminación, según las particularidades de las condiciones hidrogeológicas y la anisotropía de filtración de las rocas integrantes de los horizontes, varían en función del tiempo y el espacio.

Para L. Mijailov (1989), la contaminación biológica del agua es principalmente provocada por bacterias que causan enfermedades (fiebre tifoidea, disentería, cólera, etc.), cuyas fuentes son las aguas fecales y las aguas residuales que se originan de los servicios públicos y los desagües domésticos, las cuales ingresan en los horizontes freáticos en las áreas ocupadas por campos de filtración, pozos negros, corrales, alcantarillado defectuosos, etc.

La contaminación radiactiva según L. Mijailov (1989), se origina de manera natural o artificial. El primero está definido por la presencia en las aguas subterráneas de uranio, radio, estroncio, cesio, tritio, etc.; y el segundo, por la penetración en ellas de elementos radiactivos contenidos en los productos y desechos al utilizar la energía atómica en las centrales electronucleares (CEN), al propagar las aguas residuales

radiactivas en el subsuelo de la tierra (sin una argumentación hidrogeológica rigurosa), al realizar explosiones nucleares subterráneas con fines pacíficos y ejecutar pruebas del arma nuclear, sobre todo en la atmósfera (precipitaciones radiactivas globales).

## **2.5. Método POSH.**

POSH facilita la evaluación de amenazas priorizando la identificación de las principales fuentes con potencial de contaminación, con el fin de crear un mapa de amenazas. Este enfoque se basa en dos factores clave: la posible presencia de contaminantes que son tanto persistentes como móviles en el subsuelo, y la existencia de una carga hidráulica que pueda transportar dichos contaminantes hacia los acuíferos (Foster *et al*, 2002).

### **2.5.1 Tipos de fuentes de contaminación.**

Foster *et al.* (2002), clasifica en dos tipos de fuentes de contaminación, las fuentes de contaminación difusa no producen plumas de contaminación en el agua subterránea que puedan definirse con claridad; en su lugar, suelen afectar una zona amplia del acuífero, lo que también implica un volumen mayor y las fuentes de contaminación puntual suelen generar plumas bien definidas y concentradas, lo que facilita su identificación y, en algunos casos, su control. Sin embargo, cuando estas fuentes puntuales son numerosas y de pequeña escala, su efecto combinado se asemeja a una fuente difusa, complicando tanto su identificación y control.

## **2.2 Marco legal.**

La Ley N° 3239/07 de los Recursos Hídricos, compone de 13 capítulos y 56 artículos que establecen las normativas para la gestión y el uso del agua en nuestro país.

## **CAPÍTULO I.**

### **Objetivo.**

Artículo 1°. - La presente Ley tiene por objeto regular la gestión sustentable e integral de todas las aguas y los territorios que la producen, cualquiera sea su ubicación, estado físico o su ocurrencia natural dentro del territorio paraguayo, con el

fin de hacerla social, económica y ambientalmente sustentable para las personas que habitan el territorio de la República del Paraguay.

## **CAPITULO II.**

### **Principios.**

Artículo 3°. - La gestión integral y sustentable de los recursos hídricos del Paraguay se regirá por los siguientes Principios:

- a) Las aguas, superficiales y subterráneas, son propiedad de dominio público del Estado y su dominio es inalienable e imprescriptible.
- b) El acceso al agua para la satisfacción de las necesidades básicas es un derecho humano y debe ser garantizado por el Estado, en cantidad y calidad adecuada.
- c) Los recursos hídricos poseen usos y funciones múltiples y tal característica deberá ser adecuadamente atendida, respetando el ciclo hidrológico, y favoreciendo pre en primera instancia el uso para consumo de la población humana.
- d) La cuenca hidrográfica es la unidad básica de gestión de los recursos hídricos.
- e) El agua es un bien natural condicionante de la supervivencia de todo ser vivo y los ecosistemas que los acogen.
- f) Los recursos hídricos son un bien finito y vulnerable.
- g) Los recursos hídricos poseen un valor social, ambiental y económico.
- h) La gestión de los recursos hídricos debe darse en el marco del desarrollo sustentable, debe ser descentralizada, participativa y con perspectiva de género.
- i) El Estado paraguayo posee la función intransferible e indelegable de la propiedad y guarda de los recursos hídricos nacionales.

## **CAPITULO IV.**

### **MARCO JURIDICO.**

Artículo 6°. -En la República del Paraguay los recursos hídricos superficiales y subterráneos son bienes del dominio público del Estado.



Artículo 7°. -El uso y el aprovechamiento de los recursos hídricos serán regulados por el Estado, dentro del marco de la Ley, en función de la soberanía de la Nación y atendiendo los intereses sanitarios, sociales, ambientales y económicos del país, privilegiando la sustentabilidad de los recursos y respetando la prelación de usos de los mismos.

Artículo 8°. -La gestión de los recursos hídricos compartidos con otros países, se regirá y/o normará por los tratados, convenios y acuerdos internacionales aprobados y ratificados por el Congreso Nacional y que se encuentren en vigencia.

La gestión de los recursos hídricos dentro del territorio nacional debe contemplar el cumplimiento de todas las obligaciones que el Estado paraguayo ha asumido con la comunidad internacional a través de los tratados y convenios que ha ratificado o a los que se ha adherido; en particular, los de derechos humanos.

## **CAPITULO VI.**

### **Derechos de uso y aprovechamiento de los recursos hídricos.**

Artículo 13.- Todo habitante de la República del Paraguay es sujeto de derecho de uso y aprovechamiento de los recursos hídricos con diversos fines, en armonía con las normas, prioridades y limitaciones establecidas en la presente Ley, con excepción a lo establecido en la Ley No 1614/00 "GENERAL DEL MARCO REGULATORIO Y TARIFARIO DEL SERVICIO PUBLICO DE PROVISION DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA REPUBLICA DEL PARAGUAY

Artículo 14.-El derecho de uso y aprovechamiento de los recursos hídricos, no podrá ser otorgado ni transferido a un Estado extranjero o sus representantes.

Artículo 15.-Los recursos hídricos superficiales y subterráneos de uso para fines domésticos y de producción familiar básica que sean utilizados de manera directa por el usuario, sin intermediación de ningún tipo, son de libre disponibilidad, no están sujetos a permisos ni concesiones ni impuestos de ningún tipo y deberán estar inscriptos en el Registro Nacional de Uso y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos, al solo fin de su contabilización en el Balance Hídrico Nacional. Se reglamentará el control de este tipo de uso.

Artículo 16.-Toda persona física tiene derecho a acceder a una cantidad mínima de agua potable por día, suficiente para satisfacer sus necesidades elementales.

La cantidad mínima de agua potable por día, por persona, será establecida por vía reglamentaria por el Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social.

Artículo 17.-El derecho de uso y aprovechamiento de los recursos hídricos está sujeto a las evaluaciones técnicas que realice la autoridad de los recursos hídricos, conforme al Plan Nacional de Recursos Hídricos.

Artículo 18.-Será prioritario el uso y aprovechamiento de los recursos hídricos superficiales y subterráneos para consumo humano.

Los demás usos y aprovechamiento seguirán el siguiente orden de prioridad:

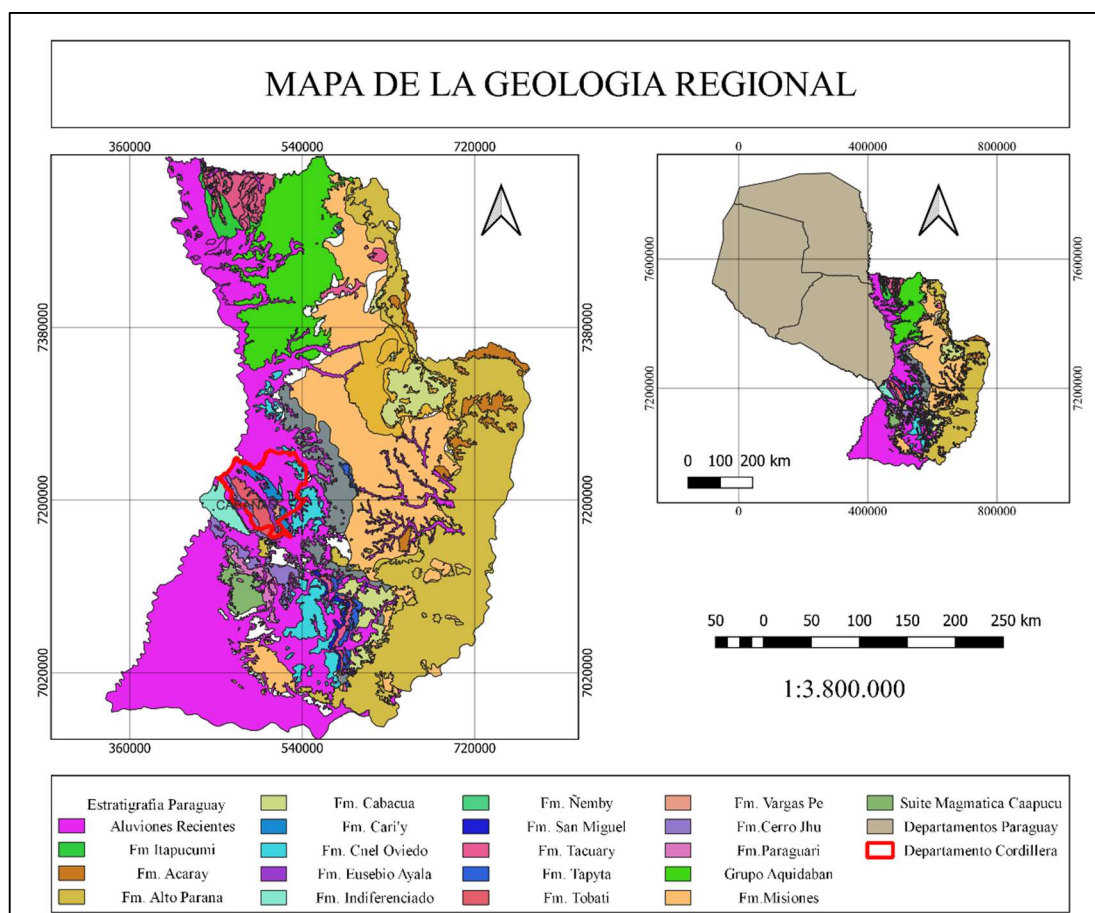
- a) Satisfacción de las necesidades de los ecosistemas acuáticos.
- b) Uso social en el ambiente del hogar.
- c) Uso y aprovechamiento para actividades agropecuarias, incluida la acuicultura.
- d) Uso y aprovechamiento para generación de energía.
- e) Uso y aprovechamiento para actividades industriales.
- f) Uso y aprovechamiento para otros tipos de actividades.

## **2.3 Geología.**

### **2.3.1 Geología regional.**

Según Orué (1996), la región oriental de Paraguay, situada entre los paralelos 22° y 28° de latitud S y meridianos 54° y 58° de longitud W, tiene un total de 159.827 km<sup>2</sup>, abarca rocas de la base Precámbrico, depósitos del Paleozoico Inferior, Medio y Superior, pasando a sedimentos mesozoicos y cenozoicos, además de "*sills*", "*flows*", diques básicos y alcalinos asociados a "*stocks*" alcalinos posicionados entre el Neo Pérmico y el Terciario.

Como se observa en la Figura 1, en el Paraguay Oriental son reconocidas seis secuencias sedimentarias de amplia escala, separadas entre sí por superficies discordantes de carácter regional (Milani, 1997).



**Figura 1. Mapa de la Geología Regional.**

Fuente: Modificado de TAC, 1981.

### 2.3.2 Geología local.

En la Figura 2, se observan las unidades litoestratigráficas que componen el área de estudio:

#### **Formación Cerro Jhú.**

Según Par 83/005 (1986), estos sedimentos poseen una faja de afloramiento paralelo a los conglomerados de la Formación Paraguari, con la cual tienen un contacto concordante y gradado. El mayor espesor conocido de esta formación queda en la localidad del Cerro Jhú con 450 m. de altura. Según Alvarenga (1985), su contacto superior con la Formación Tobati es también gradado con intercalaciones de lutitas y nódulos de arcilla.

Las areniscas de esta formación presentan estratificaciones cruzadas a subparalelas muy característica, y con gran variedad de colores (amarillo claro a marrón rojizo), se lo encuentra constantemente con proceso de lateritización. Cuando

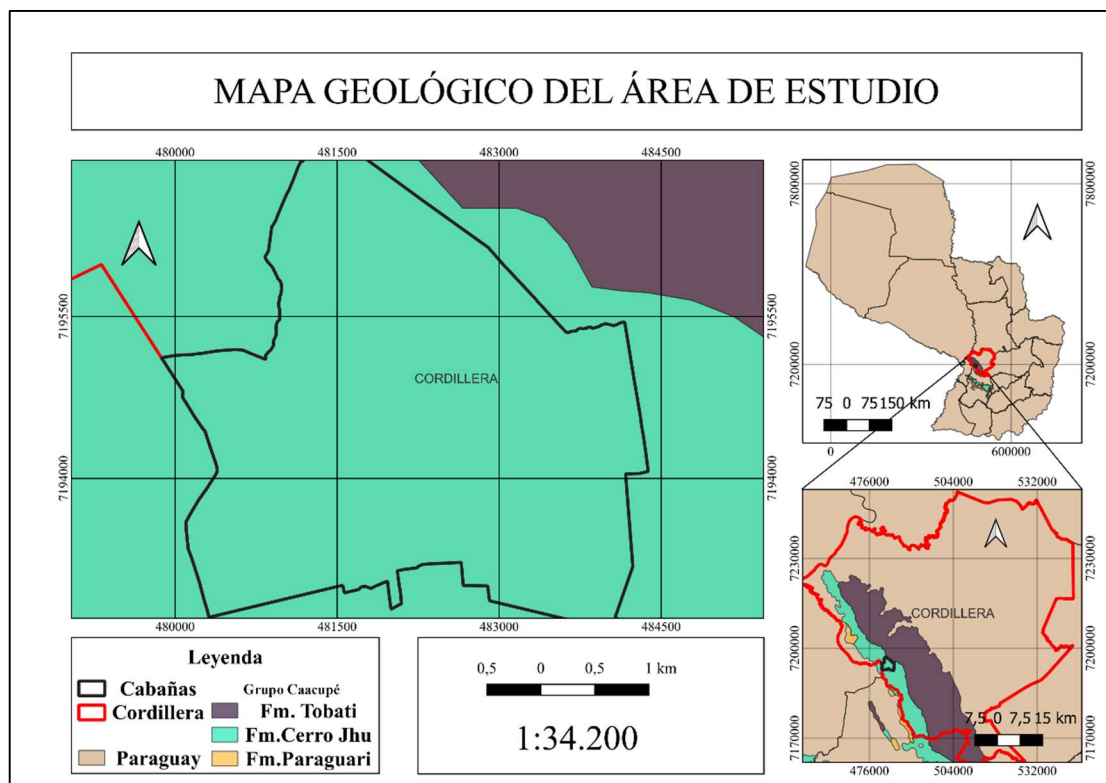
no están lateritizados son friables y de aspecto sacaroidal, debido a su composición cuarzosa y ausencia de matriz. Es de granulometría bastante variada con valores entre 125-177  $\mu$  (areniscas finas), hasta 250-350  $\mu$  (arenisca media).

Cada una de las secuencias de estratos cruzados muestran en su inicio una granulometría más gruesa (250 -350  $\mu$ ), con una disminución hasta 125-177  $\mu$  en dirección al techo y al contacto con otras secuencias que empiezan nuevamente con 250-350  $\mu$ . Hay flujos fluviales con decrecimiento de energía, que producen en cada camada una disminución de granulometría hacia la parte superior.

En los afloramientos del arroyo Abay, 2 Km al sur de Ypané, en una cantera sobre la Ruta Guyratí, a 1 km antes de Villeta y en el nuevo tramo de la Ruta 2, en la Cordillera de los Altos, las areniscas presentan nódulos de arcillas "*shale clasts*", producto de la erosión de las lutitas asociadas a este ambiente depositacional. Comte (1968), atribuyó esta situación a oscilaciones del mar Silúrico.

En su contacto basal la formación muestra areniscas de grano grueso (350-500  $\mu$ ), como en el Km 85 de la Ruta 1. Sobre la misma ruta, en la ciudad de Roque González, las areniscas presentan variación granulométrica que oscilan entre 350-500  $\mu$  hasta 177-250  $\mu$ , en las consecuencias de estratos cruzados con 4 m de ancho y 1 a 1,5 m de espesor.

La parte basal, en contacto transicional con los conglomerados de la Formación Paraguari, indican aun una fuerte influencia fluvial que va cambiando a un ambiente marino litoral, que se demuestra por la fábrica grano/grano ("*winnowing*") que confiere a estas areniscas su aspecto "sacaroides".



**Figura 2: Mapa geológico del área de estudio.**

Fuente: Elaboración propia.

## 2.4 Hidrogeología del área de estudio.

En la Figura 3, el Acuífero Caacupé, según Godoy & Paredes (1994), es uno de los más utilizados en el densamente poblado Departamento Central de la región Oriental del Paraguay. Tiene una extensión relativamente restringida de 1.400 km<sup>2</sup>. El espesor del acuífero se estima en 300 m.

Está constituida por tres formaciones:

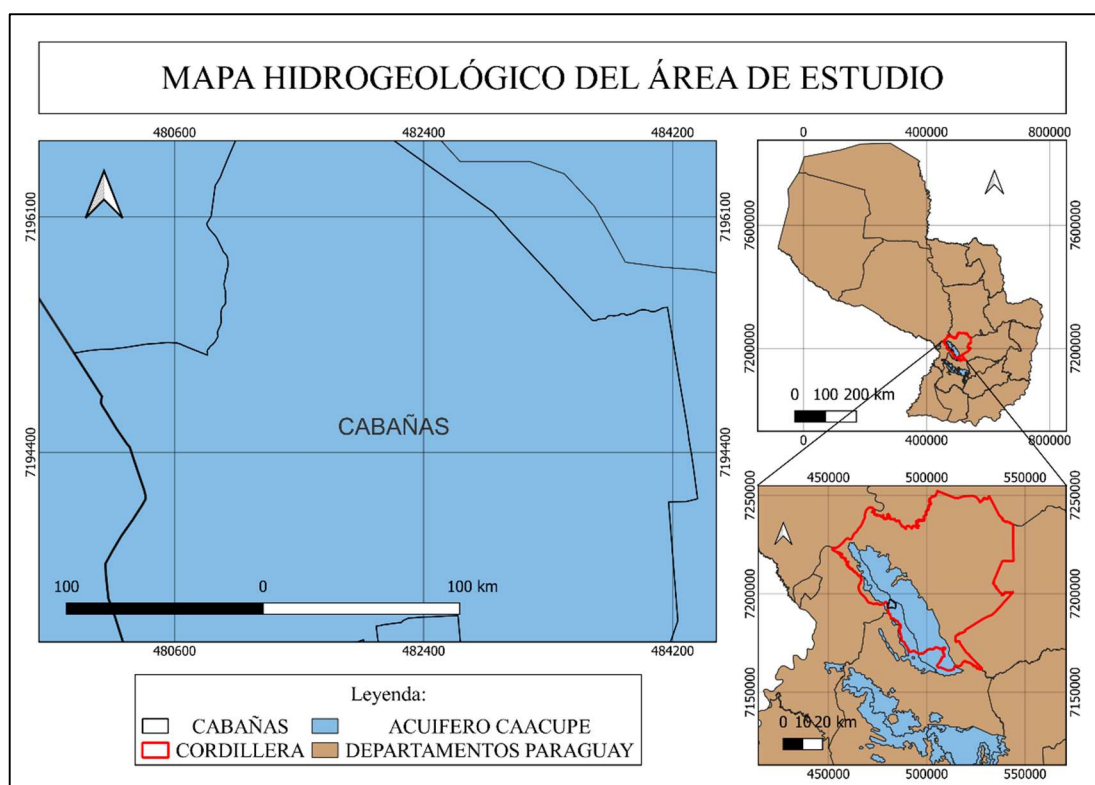
Paraguari, Cerro Jhú y Tobatí (Fúlfaro & Alvarenga, 1986).

La Fm. Paraguari está constituida por sedimentos de granos gruesos y capas conglomeráticas que pasan gradualmente a areniscas arcósicas. La unidad posee 20 m de espesor.

La Fm. Cerro Jhú está constituida por areniscas cuarzosas de granos finos a medios, finables y de aspecto sacaroidal, predominantemente, con estratificaciones cruzadas a subparalelas muy características.

La Fm. Tobatí está constituida por areniscas friables y también sacaroides, a veces un poco carbonáticas, en forma de capas aparentemente macizas. En detalle presenta estratificación en láminas, frecuentemente parte de estratificación cruzadas de gran tamaño y ángulo bajo. Posee un espesor que oscila entre 80 - 250 m.

Mente *et al.* (1986), indican que el Acuífero Caacupé presenta permeabilidades que varían de 0,2 a 30 m/día y transmisibilidades de 1 a 100 m/día.



**Figura 3: Mapa hidrogeológico del área de estudio.**

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 1 se presentan los datos de la estimación de la cantidad de recarga del Acuífero Caacupé.

**Tabla 1: Estimativa de la cantidad de recarga del Acuífero Caacupé.**

ESTIMATIVA DE LA CANTIDAD DE RECARGA DEL ACUIFERO CAACUPÉ					
Acuífero	Superficie km <sup>2</sup>	Infiltración	Precipitación mm/año	Infiltración mm/año	Infiltración total 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /año
Caacupé	1.395	1,5-4,5	1.450	22-65	30-91

Fuente: Texto Explicativo del Mapa Hidrogeológico del Paraguay ,1989.

En la tabla 2, se observan las Características hidrogeológicas del Acuífero Caacupé.

**Tabla 2: Características hidrogeológicas del Acuífero Caacupé.**

CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS DEL ACUÍFERO CAACUPÉ					
	media	min.	máx.	n	%<math>p</math>
Profundidad (m)	97	20	318	55	49,1
Caudal (m <sup>3</sup> /h)	18,3	0,8	90	51	-
Caudal específico (m <sup>3</sup> /h/m)	0,82	0,03	3	47	-

Fuente: Texto Explicativo del Mapa Hidrogeológico del Paraguay ,1989.

#### 2.4.1 Calidad química de las aguas subterráneas.

Godoy & Paredes (1994), indican que prácticamente todos los acuíferos potenciales de la región Oriental presentan aguas aptas para consumo humano, riego e industrial. El Acuífero Caacupé presenta agua normalmente buena, pero puede variar a salobre en relativamente cortas distancias, aparentemente debido a movimientos tectónicos verticales que lo afectaron, teniendo como consecuencia condiciones de agua subterránea sin flujo o muy bajo, en ciertas secciones de las áreas donde se presenta este acuífero, lo que favorece el contacto prolongado del agua con los materiales del acuífero y por ende la disolución de las sales que ella contiene.

En la tabla 3 observan las características hidroquímicas del Acuífero Caacupé.

**Tabla 3: Características hidroquímicas del Acuífero Caacupé.**

CARACTERISTICAS HIDROQUIMICAS DEL ACUIFERO CAACUPÉ	
Parámetro	Concentración
HCO <sup>-3</sup>	43,9
SO <sup>-2</sup>	6,3
Cl <sup>-</sup>	18
NO <sup>-3</sup>	4,1
Na <sup>+</sup>	5,5
K <sup>+</sup>	15,2
Ca <sup>2+</sup>	4
Mg <sup>2+</sup>	3,4
Residuo Fijo	81
pH	5,67
Alc.	36

Fuente: Texto Explicativo del Mapa Hidrogeológico del Paraguay, 1989.

### **3 DISEÑO METODOLÓGICO.**

#### **3.1 Enfoque.**

El enfoque utilizado en este trabajo es un enfoque mixto ya que combina técnicas y procedimientos de los enfoques cualitativo y cuantitativo. En este caso, se han recolectado datos cuantitativos mediante la medición de parámetros específicos de calidad de agua en los pozos de estudio, tales como pH, conductividad eléctrica, nitratos, nitritos y coliformes fecales.

Por otro lado, los datos cualitativos se han obtenido a través de entrevistas y observaciones directas de las condiciones de los pozos y el entorno. Estos aportan información sobre factores como el contexto de uso del agua, las percepciones de las comunidades locales sobre la calidad del agua. La integración de ambos tipos de datos permite una comprensión profunda del fenómeno, abordando tanto los valores numéricos precisos como las interpretaciones subjetivas de los actores involucrados (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2008).

#### **3.2 Nivel de investigación.**

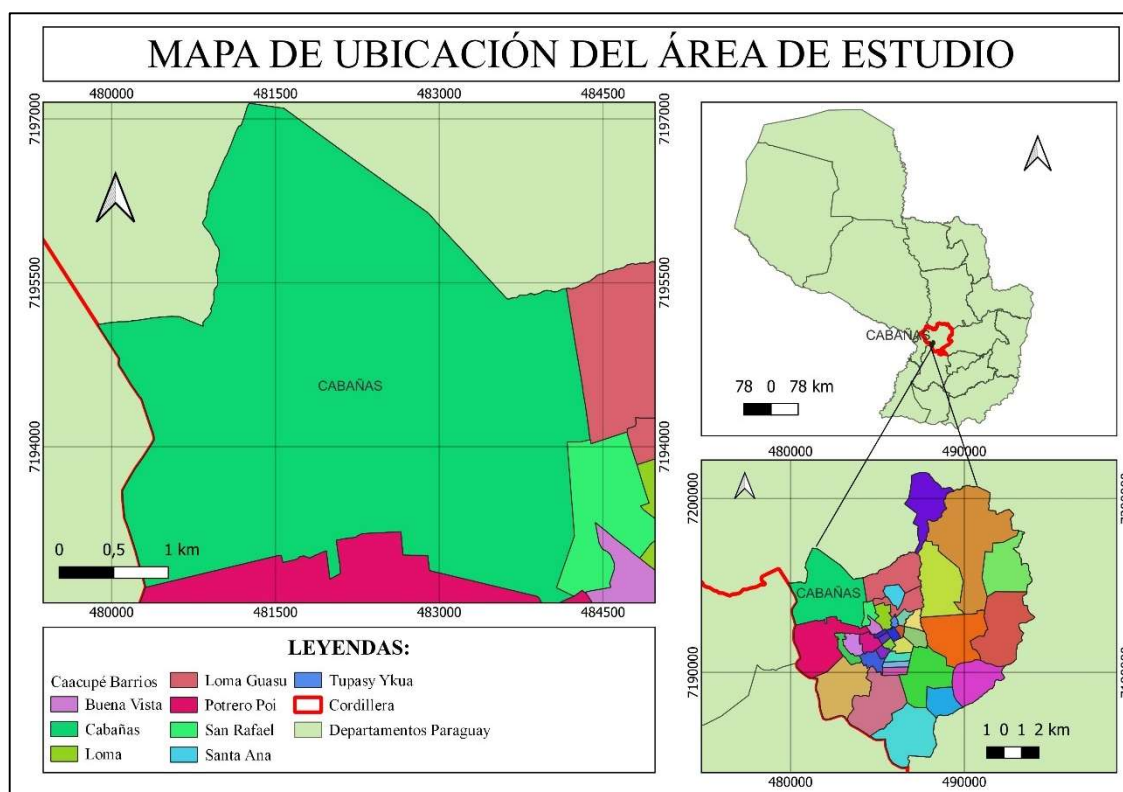
El nivel de investigación es de tipo descriptivo. Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2014), con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. En este trabajo, se describen las características físico-químicas del agua de los pozos estudiados, tales como pH, conductividad eléctrica, nitrato, nitrito y coliforme fecales. Además, se analizan los perfiles de uso y percepción de calidad del agua por parte de las comunidades locales, permitiendo identificar tanto las condiciones actuales de los recursos hídricos como las necesidades y preocupaciones de los usuarios. Este enfoque descriptivo ayuda a establecer un perfil detallado del estado del agua y su relevancia para los grupos que dependen de ella.



### 3.3 Área de estudio.

#### 3.3.1 Localización.

Como se observa en la figura 4, la compañía Cabañas de Caacupé, está ubicada en la Región Oriental, en el Departamento de Cordillera, aproximadamente a 60 km de Asunción y 4,8 km del centro de Caacupé. Cubre un área de 12,9 km<sup>2</sup> y limita con las ciudades de Atyra e Ypacaraí.



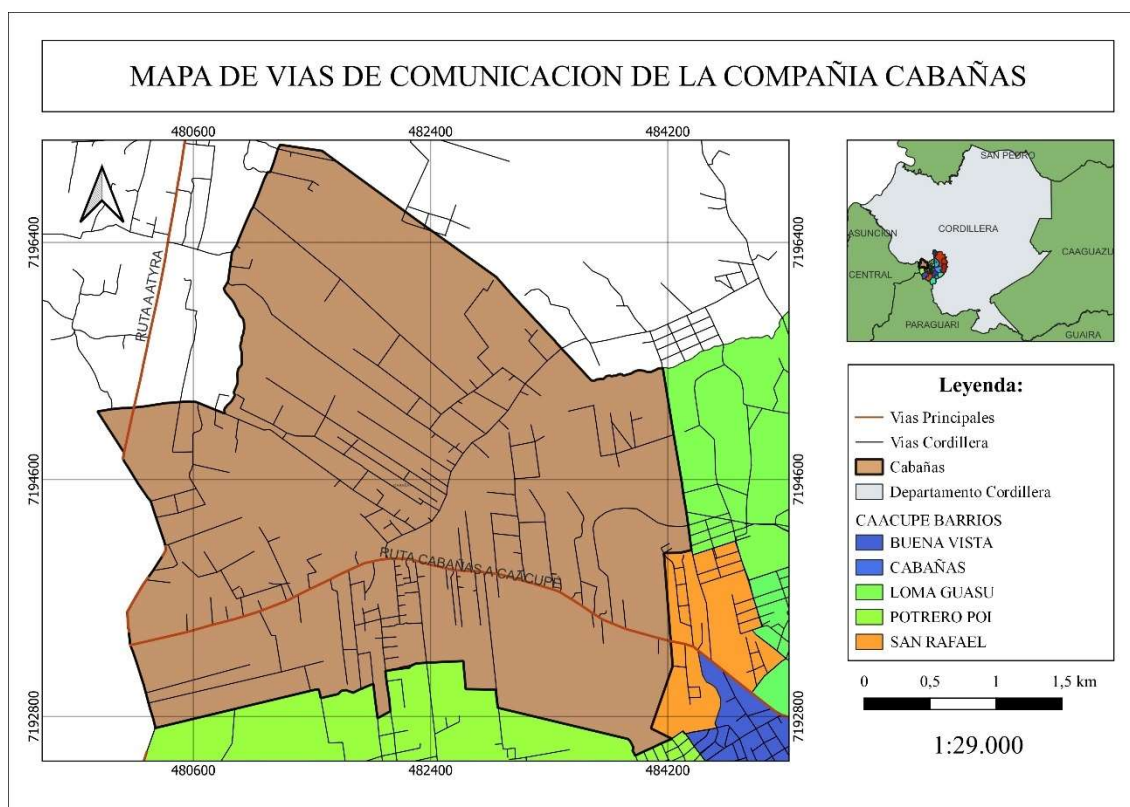
**Figura 4: Mapa de ubicación del área de estudio.**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE, 2012.

#### 3.3.2 Vías y medios de comunicación.

La principal vía de comunicación de la compañía Cabañas Caacupé (figura 5), es un ramal asfaltado que conecta con la ciudad de Atyra, y otro que enlaza con el casco urbano de Caacupé. El resto de los caminos son enripiados, y solo unos pocos son de tierra.

La compañía Cabañas dispone de ómnibus de transporte interno y de corta distancia, lo que permite a los pobladores desplazarse con facilidad.



**Figura 5: Mapa de vías de comunicación de la compañía Cabañas, Caacupé.**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE, 2012.

### 3.4 Población.

La población total son los 8 pozos de la Junta de Saneamiento de la Compañía, Cabañas y 2000 usuarios de Junta de Saneamiento de la Compañía, Cabañas (Tabla 4).

**Tabla 4. Datos de pozos utilizados como población**

CODIGO	X	Y
PZ01	481997	7194023
PZ02	481821	7193974
PZ03	482549	7194592
PZ04	482857	7195007
PZ05	481624	7194647
PZ06	483282	7194192
PZ07	480462	7193282
PZ08	483874	7193660

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5 Muestra.

Para la muestra se tomaron 7 pozos de la Junta de Saneamiento de la Compañía, Cabañas, y 300 usuarios de la Junta de Saneamiento de la Compañía Cabañas (Tabla 5).

**Tabla 5. Datos de pozos utilizados como muestra**

CODIGO	X	Y
PZ01	481997	7194023
PZ02	481821	7193974
PZ03	482549	7194592
PZ04	482857	7195007
PZ05	481624	7194647
PZ06	483282	7194192
PZ07	480462	7193282

Fuente: Elaboración propia

### 3.6 Unidad de análisis.

La unidad de análisis está compuesta por los siete pozos perforados en la zona por el Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental, y gestionados por la Comisión de la Junta de Saneamiento de Cabañas, como también los 300 usuarios que integran la muestra.

### 3.7 Muestreo.

La técnica de muestreo que se aplicó fue el muestreo no probabilístico de tipo por conveniencia. En este enfoque, las muestras no dependen de fórmulas de probabilidad, sino de características específicas de la investigación o de los objetivos del investigador, seleccionándose aquellas que están convenientemente disponibles. (Hernández *et al.*, 2014). En este trabajo, se seleccionaron pozos de agua que se encontraban accesibles dentro del área de estudio y que presentaban características relevantes para el análisis de calidad de agua, tales como la cercanía a posibles fuentes de contaminación o el uso intensivo por parte de las comunidades locales.

### **3.8 Instrumento para la recolección de muestras y datos.**

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos incluyeron, GPS, botellas de plástico, colector de muestras estéril, alcohol al 70%, conservadora con hielo, rótulos, guantes de látex, tapabocas, cofias, análisis de laboratorio de calidad de agua y encuestas a los usuarios de la Junta de Saneamiento.

### **3.9. Procedimiento de análisis.**

#### **3.9.1. Trabajo de gabinete.**

El trabajo de gabinete consistió en revisar artículos científicos, informes técnicos, libros relacionados con la calidad del suministro de agua y las fuentes de contaminación de pozos. También en la familiarización con las normativas, nacionales e internacionales sobre la calidad del agua y las normas de contaminación permitidas.

Se utilizó mapas y sistemas de información geográfica (SIG), para identificar y mapear actividades humanas que podrían estar afectar la calidad del agua, como lavaderos, estaciones de servicios, viveros, vertederos de basura, y zonas urbanas.

#### **3.9.2. Evaluación de calidad del agua.**

##### **3.9.2.1 Colecta de muestra de agua.**

Se realizaron los muestreos de la calidad del agua, en el mes de octubre, la colecta para todas las muestras siguió el mismo protocolo:

a) Purga del pozo: Se eligió la llave de paso más próxima al pozo y se dejó correr el agua durante aproximadamente 3 a 5 minutos, con el objetivo de eliminar el agua estancada y asegurar la homogeneidad de la muestra.

b) Colecta de la muestra: El agua se recolectó en dos tipos de recipientes, dependiendo de los parámetros a analizar, ambos esterilizados y sellados herméticamente hasta el momento de la toma de muestra. Para los parámetros físico-químicos, se utilizaron botellas plásticas blancas de 2 litros de capacidad. En el caso de los análisis bacteriológicos, se empleó un colector de muestra estéril, transparente, diseñado específicamente para este propósito, con capacidad superior a 100 mL. En ambos casos, se dejó un espacio de aire dentro del recipiente para facilitar la agitación

del contenido (OMS, 2006). Además, cada recipiente fue identificado según códigos asignados para ese fin.

c) Almacenamiento y transporte de muestras: Las muestras fueron almacenadas y trasladadas en hieleras hasta el laboratorio. El tiempo máximo transcurrido entre la recolección y su llegada al laboratorio fue de 5 horas; después de ese tiempo, se conservaron en el laboratorio conforme a los tiempos máximos establecidos para cada parámetro.

### 3.9.2.2. Análisis de parámetros de calidad: mediciones en laboratorio.

Los procedimientos utilizados en el análisis físico-químico y bacteriológico del agua, se basaron en la metodología propuesta por APHA y AWWA (1992). Estos análisis se realizaron en el Laboratorio de Calidad de Agua, de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (Tabla 6).

**Tabla 6. Los procedimientos utilizados en el análisis físico-químico y bacteriológico.**

Determinaciones	Métodos
pH	PRO.ME 002-Rev.04/SM 4500-H <sup>+</sup> B
Conductividad	SM 2510 B
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	Reducción con Cinc-NN
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	SM 4500-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -B
Coliformes Fecales, en 100 mL	SM 9222 D

Fuente: Elaboración propia.

### 3.9.3 Clasificación de actividades según su amenaza.

Se identificaron fuentes con potencial de contaminación puntual y difusa para desarrollar un mapa de fuentes contaminantes. En el caso de las fuentes puntuales, se aplicó el método POSH (Foster et al., 2002), que recomienda evaluar aquellas con mayor riesgo de afectar el subsuelo, como los vertederos de residuos sólidos, industrias, estaciones de servicio. Según este método, las fuentes se clasificaron en tres niveles de riesgo: bajo, moderado y alto. Entre las de menor riesgo se incluyeron puesto de salud, supermercado, balneario, fábrica de alimentos y hoteles; viveros,

lavaderos, rutas de transporte y centros de belleza se agruparon en el nivel moderado, mientras que los talleres mecánicos, herrerías y las estaciones de servicio fueron clasificados con riesgo elevado.

Por otra parte, para las fuentes difusas, se consideró que el uso rural representa un riesgo moderado, dado que no existe red de alcantarillado y la densidad poblacional es inferior a 100 habitantes por hectárea, siguiendo los criterios de Foster et al. (2002) y el INE (2012).

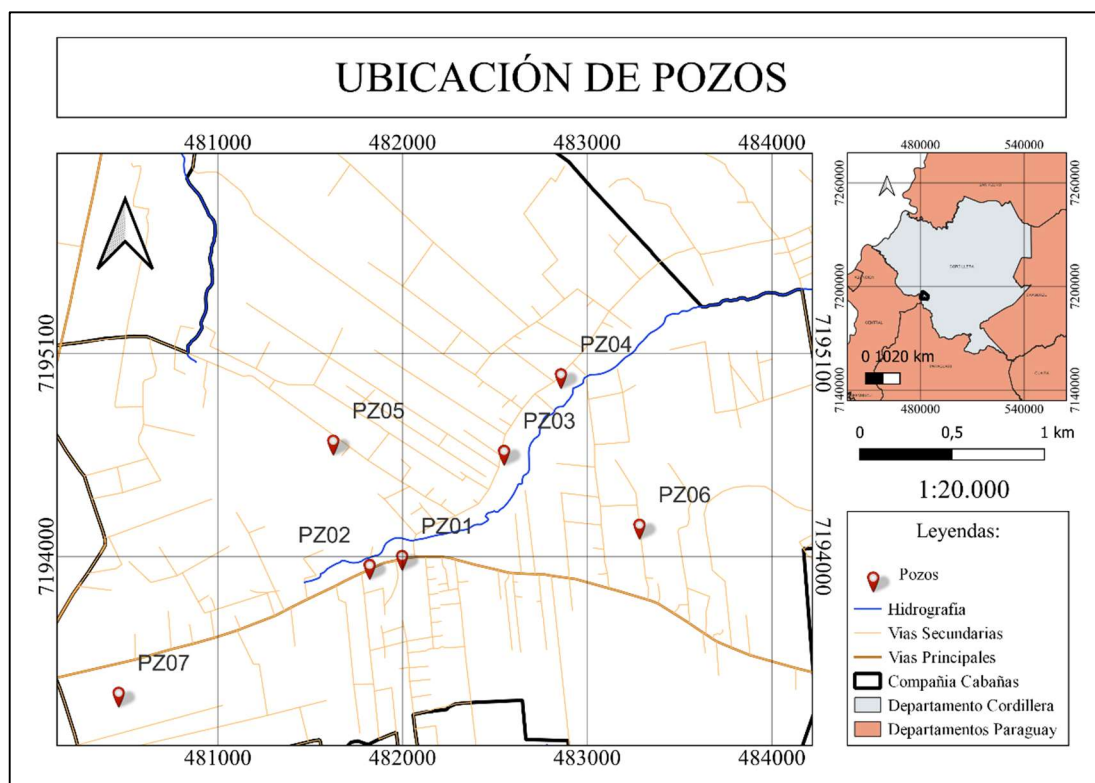
Finalmente, se utilizó el *software QGIS 3.3.2* para generar capas vectoriales que agrupan las fuentes contaminantes en dos categorías principales: puntuales y difusas.

#### **3.9.4. Aplicación de encuesta.**

La encuesta se realizó utilizando el tipo puntual intencional, de 2.000 usuarios en total a 160 usuarios de la Junta de Saneamiento de la Compañía, Cabañas, que cuentan con viveros y 140 usuarios de la Junta de Saneamiento de la Compañía, Cabañas que no cuentan con viveros, la recolección de datos se realizó mediante una hoja diseñada para recopilar información relevante sobre el uso del agua. Entre los aspectos evaluados se incluyen: ¿Para qué utiliza mayormente el agua en su hogar? ¿Cuál es la principal fuente de agua utilizada en su hogar? ¿Con qué frecuencia se interrumpe el suministro? ¿Qué tan satisfecho está con el servicio proporcionado por la junta de saneamiento? Además, se registró la ubicación geográfica precisa de cada encuestado.

#### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.

En la figura 6, se observan la ubicación precisa de los pozos utilizados para el abastecimiento de agua potable en el área de estudio.



**Figura 6. Mapa de ubicación de pozos.**

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 7, se muestran los pozos que fueron analizados, se estudiaron 7 pozos de un total de 8 pozos. Las variables recopiladas fueron coordenadas UTM X e Y.

**Tabla 7. Pozos de abastecimiento de agua potable en el área de estudio**

CODIGO	DISTRITO	DEPARTAMENTO	X	Y
PZ01	Cabañas	Cordillera	481997	7194023
PZ02	Cabañas	Cordillera	481821	7193974
PZ03	Cabañas	Cordillera	482549	7194592
PZ04	Cabañas	Cordillera	482857	7195007
PZ05	Cabañas	Cordillera	481624	7194647
PZ06	Cabañas	Cordillera	483282	7194192
PZ07	Cabañas	Cordillera	480462	7193282

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1 Evaluación de calidad del agua.

Con base en los parámetros de calidad seleccionados en esta investigación, se evaluó la aptitud del agua de los pozos para el consumo humano, tomando como referencia las valoraciones establecidas en la norma NP 2400180/11 (Tabla 8), y según la Ley N°1.614/2000 (Tabla 9).

**Tabla 8. Límites máximos permisibles de la Norma NP 2400180/11.**

Parámetro		Límite Máximo Permisible
Físico	Conductividad	1250
	pH (UpH)	4 a 9
Químico	Nitrato (NO <sub>3</sub> )	45,00
	Nitrito (NO <sub>2</sub> )	0,1
Microbiológico	Coliformes Fecales	0

Fuente: Elaboración propia, modificado de, Norma NP 2400180/11.

**Tabla 9. Límites admisibles según la Ley N°1.614/2000 para agua potable.**

Parámetro		Limite Admisible	Limite Recomendado
Físico	Conductividad	1250,00	≥400
Químico	pH (UpH)	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5
	Nitrato (NO <sub>3</sub> )	45,00	0,00
	Nitrito (NO <sub>2</sub> )	0,10	0,00
Microbiológico	Coliformes Fecales	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia, modificado de, Ley N°1.614/2000.

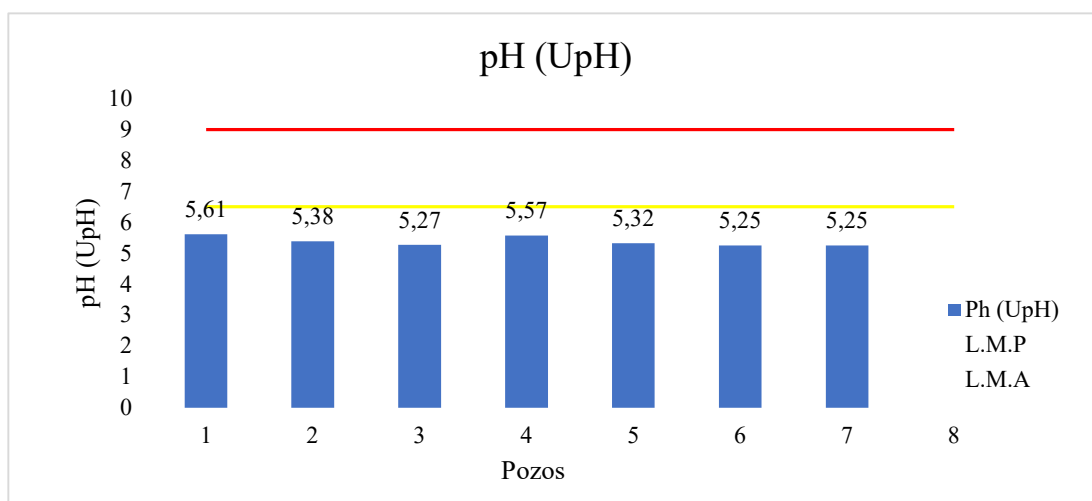
##### 4.1.1 Parámetros físico-químicos.

Los parámetros físico-químicos analizados son: pH, Conductividad, Nitritos y Nitratos.

##### **Potencial de hidrógeno (pH).**



Todos los resultados se encuentran por debajo del LMP de 6,5, lo que indica que los pozos analizados muestran acidez fuera de los estándares recomendados para consumo humano. El rango óptimo de pH para el agua potable suele estar entre 6,5 y 8,5 ya que valores más bajos pueden indicar posibles contaminantes o una mayor corrosividad del agua, afectando las tuberías y equipos (Figura 7).

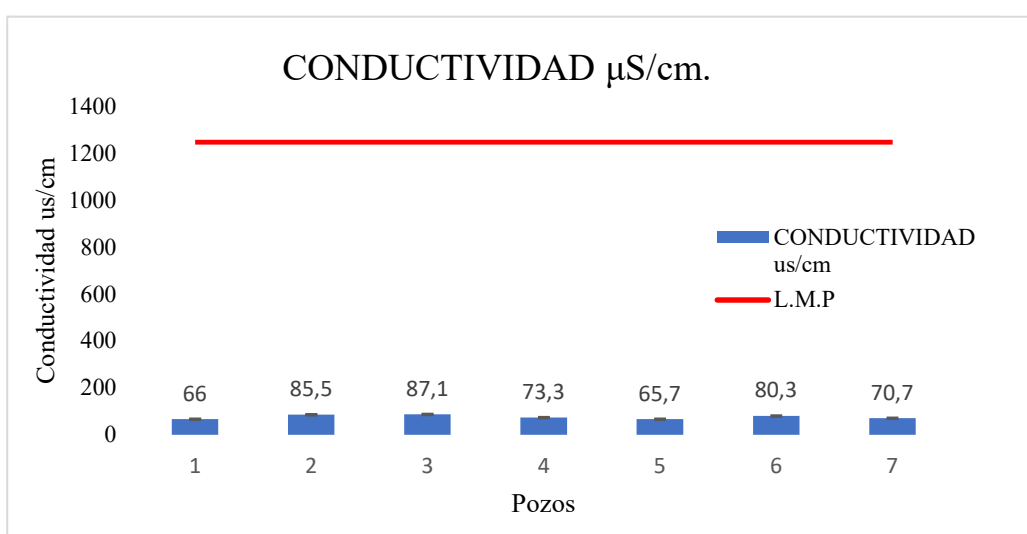


**Figura 7 Valores de pH del agua en pozos de la Junta de Saneamiento, Caacupé, 2024**

Fuente: Elaboración propia

### Conductividad

La conductividad varía entre 65,7 y 87,1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , aunque existen diferencias entre los pozos, no parece haber una gran variación significativa, ya que los valores permanecen dentro de un rango relativamente estrecho.



**Figura 8: Conductividad del agua, en pozos de la Junta de Saneamiento de Cabañas Caacupé, 2024.**

Fuente: Elaboración propia.

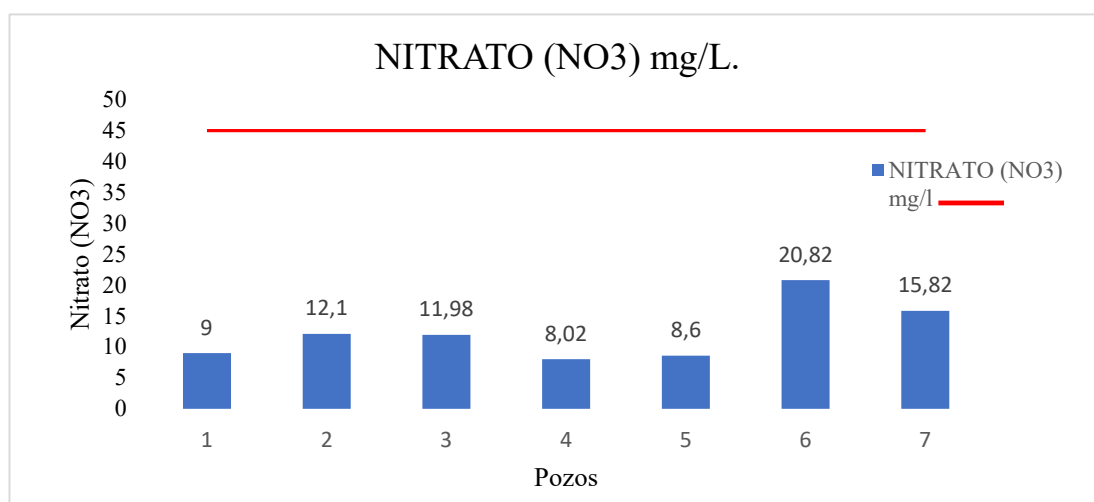
Los niveles de conductividad relativamente uniformes sugieren que la fuente de agua subterránea podría tener una composición mineral similar en todos los puntos. No se observan indicios de contaminación significativa por sales o iones, ya que los valores son moderados (Figura8).

### Nitratos.

Como se observa en la figura 9, todos los pozos tienen niveles de nitrato por debajo del LMP (45 mg/L).

Los valores varían entre 8,02 mg/L y 20,82 mg/L, siendo el pozo 6 el que tiene la concentración más alta (20,82 mg/L).

Aunque ningún pozo excede el límite permitido, los valores más altos (pozos 6 y 7), podrían indicar una posible tendencia a la acumulación de nitrato que debería ser monitoreada. En los otros pozos, los niveles son más bajos y se encuentran dentro de un rango más seguro (por ejemplo, entre 8 y 12 mg/L).

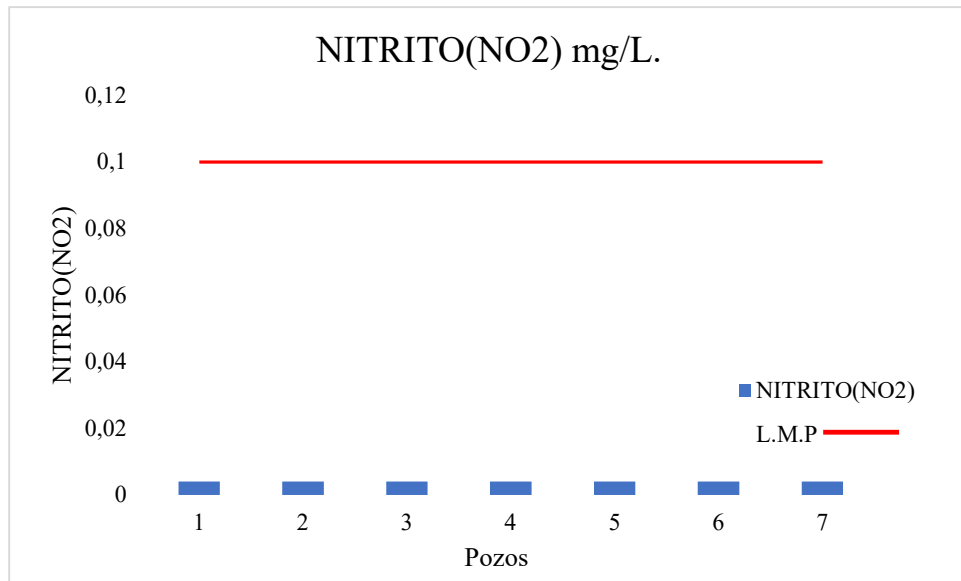


**Figura 9 Concentración de nitratos en agua de pozos de la Junta de Saneamiento de Cabañas, Caacupé, 2024.**

Fuente: Elaboración propia.

### Nitrito.

La concentración de nitritos (NO<sub>2</sub>), en los pozos analizados se mantiene por debajo del Límite Máximo Permisible de 1 mg/L, lo que indica que no hay una contaminación significativa por nitrito. Los valores promedio registrados fueron inferiores a este valor, con una concentración de 0,005 mg/L (Figura 10).



**Figura 10** Concentración de nitrato en agua de pozos de la Junta de Saneamiento de Cabañas, Caacupé, 2024.

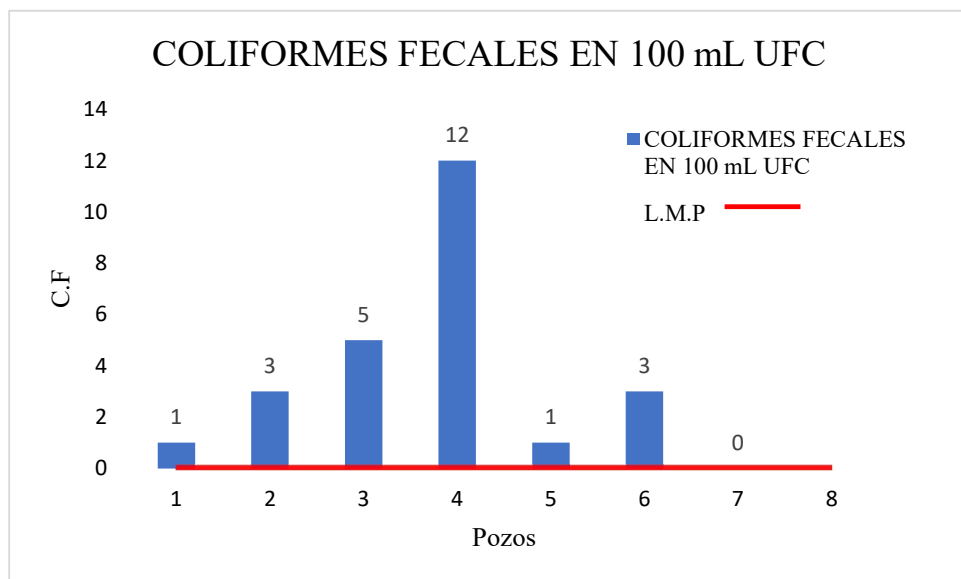
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2 Parámetros bacteriológicos.

##### Coliformes Fecales.

Los pozos 2, 3, 4, 5, y 6 tienen presencia de coliformes fecales, siendo el pozo 4 el más crítico con un valor de 12 UFC/100 mL.

El pozo 7 no muestra presencia de coliformes fecales (0 UFC), lo que significa que cumple con el estándar de calidad.



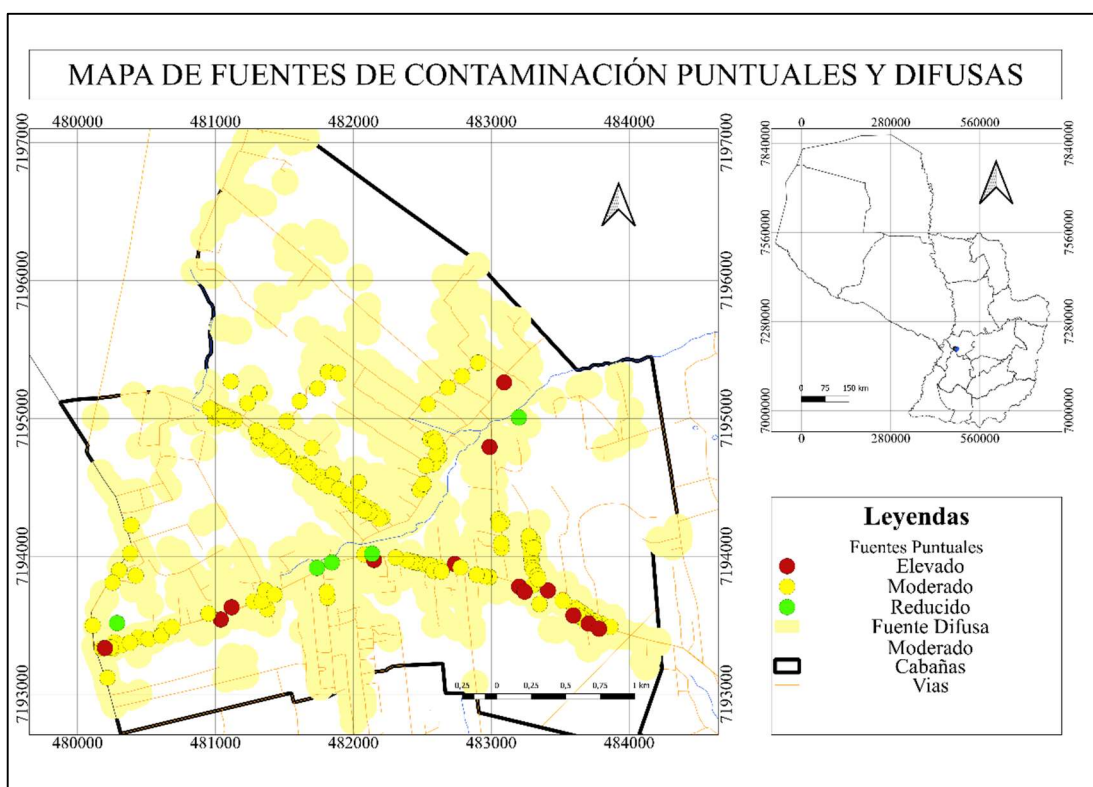
**Figura 11** Concentración de coliformes fecales en agua de pozos de la Junta de Saneamiento de Cabañas, Caacupé, 2024.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del pozo 4 indican una contaminación significativa, y los demás pozos con presencia de coliformes (aunque en menor cantidad), también deben ser monitoreados para evitar que los niveles aumenten (Figura 11).

#### 4.2 Clasificación de actividades según su amenaza.

Las fuentes puntuales con potencial de generación de carga contaminante al subsuelo estudiadas fueron 162 en total. De estas solo 8,2% fueron clasificadas con potencial elevado, un 88.2 % con potencial moderado y un 3,7% reducido. Por su parte, un 100% del área de estudio estuvo cubierta con uso rural, lo cual representa fuente de contaminación difusa con potencial moderado (Figura 12).

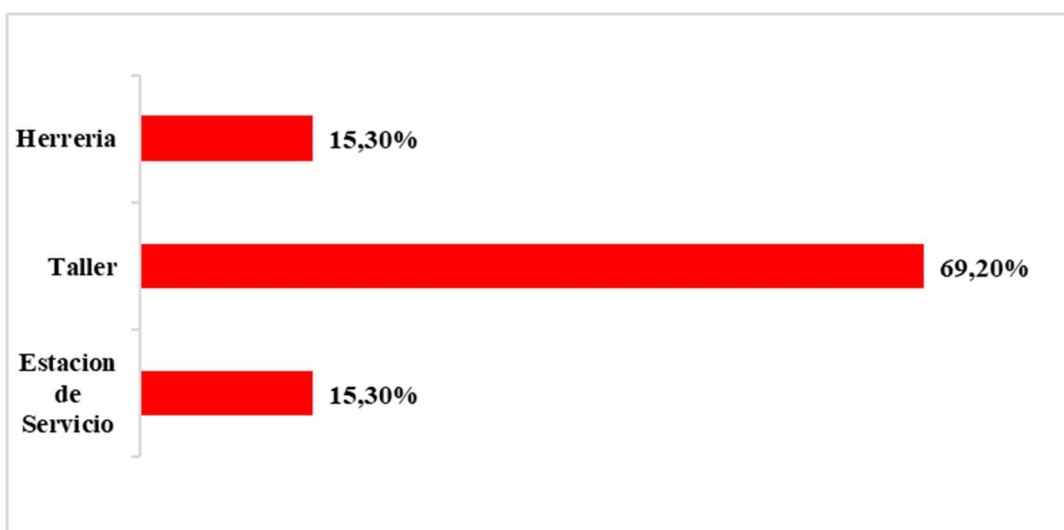


**Figura 12** Mapa de amenaza a la calidad del agua subterránea de la Compañía Cabañas de Caacupé.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.1 Fuentes de contaminación puntual.

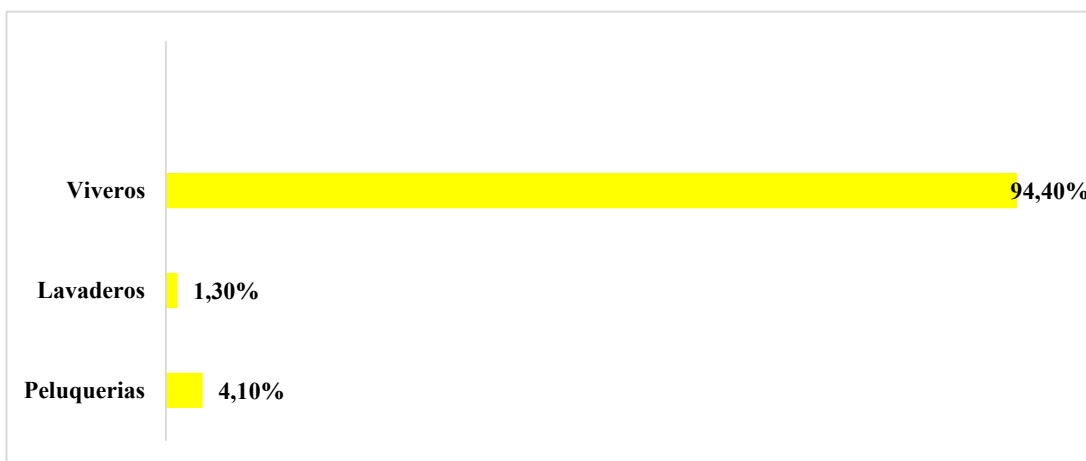
En la Figura 13 se observa que, de las 13 fuentes puntuales con potencial de generación de carga contaminante elevado, 9 fueron de talleres mecánicos, y en menor cantidad se encontraron 2 estaciones de servicios y 2 herrerías.



**Figura 13 Fuentes puntuales con elevado potencial generador de carga contaminante al subsuelo en la Compañía Cabañas de Caacupé.**

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 14 se observa que, de las 135 fuentes puntuales con potencial moderado, la mayoría correspondió a viveros, en menor cantidad se encontraron 2 lavaderos de autos, Además, en la zona de estudio se localizaron seis centros de belleza, en los cuales se generan aguas residuales con lavados de tintes y otros tratamientos químicos que, generalmente, se depositan sin tratamiento en los pozos ciegos.

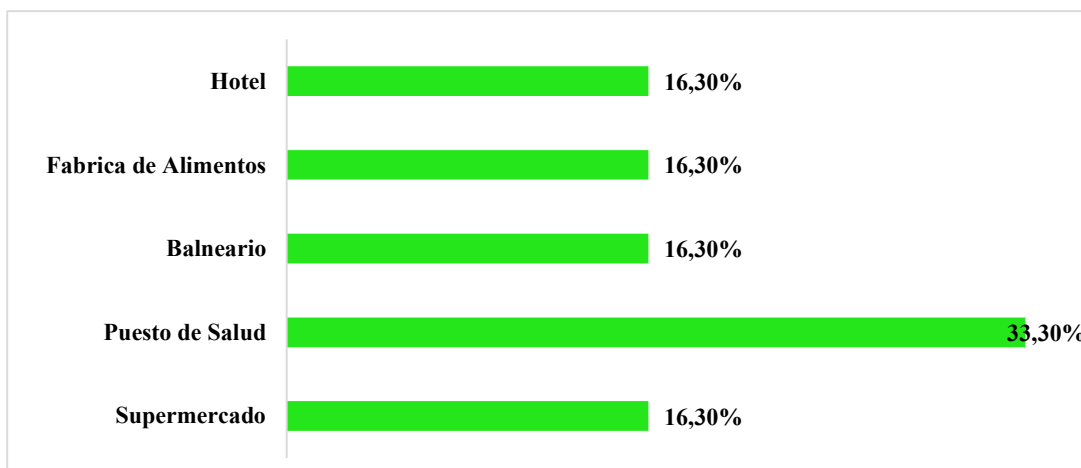


**Figura 14 Fuentes puntuales con moderado potencial generador de carga contaminante al subsuelo en la Compañía Cabañas de Caacupé.**

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, en la figura 15, se localizaron seis fuentes puntuales consideradas como actividades con potencial reducido; entre ellas, supermercados, balnearios, fábricas de alimentos y hotel, que pueden generar aguas residuales, con ciertos contaminantes como restos de productos de higiene personal o detergentes, en el caso

del puestos de salud, estos pueden generar residuos biológicos y químicos como medicamentos vencidos, pero suelen manejarse en volúmenes reducidos lo cual si estos son gestionados correctamente, su impacto se mantiene bajo.

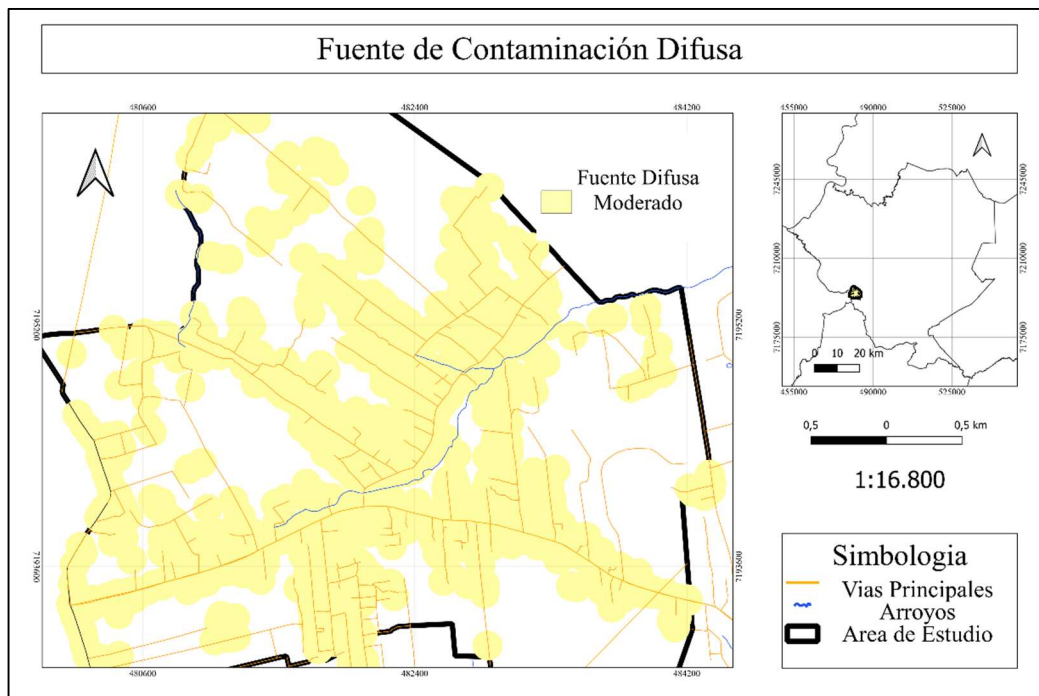


**Figura 15 Fuentes puntuales con reducido potencial generador de carga contaminante al subsuelo en la Compañía Cabañas de Caacupé.**

Fuente: Elaboración propia.

#### **4.2.2 Fuentes de contaminación difusa**

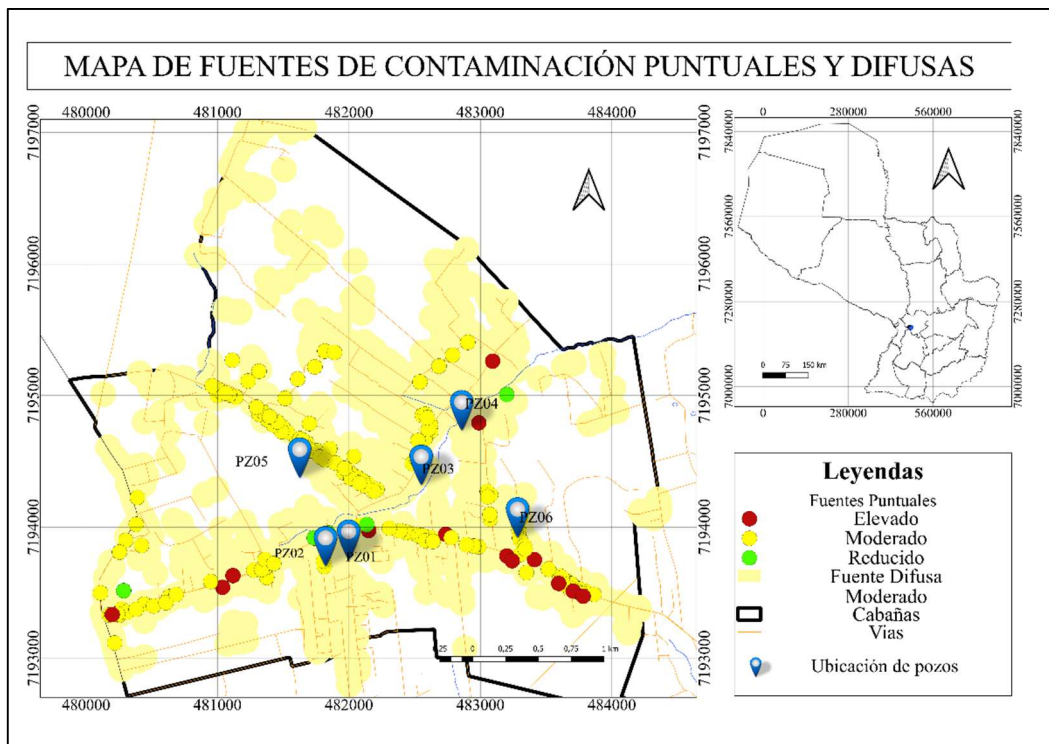
En la figura 16 se observa, el riesgo asociado al saneamiento in situ en la zona de estudio es moderado. Son áreas residenciales rurales que no dispone de alcantarillado sanitario, y la eliminación más común de los desechos líquidos se realiza mediante pozos ciegos. Los tipos de contaminantes comúnmente asociados con el saneamiento in situ son los componentes del nitrógeno (inicialmente en la forma amonio, pero normalmente oxidado a nitrato), contaminantes microbiológicos (bacterias patógenas, virus y protozoarios) y en algunos casos comunidades de sustancias químicas orgánicas sintéticas.



**Figura 16 Mapa de fuente de contaminación difusa.**

Fuente: Elaboración propia

### 4.2.3 Relación entre las fuentes de contaminación y la calidad del agua en pozos no potables.



**Figura 17 Mapa de relación de pozos contaminados con fuentes de contaminación.**

Fuente: Elaboración propia.

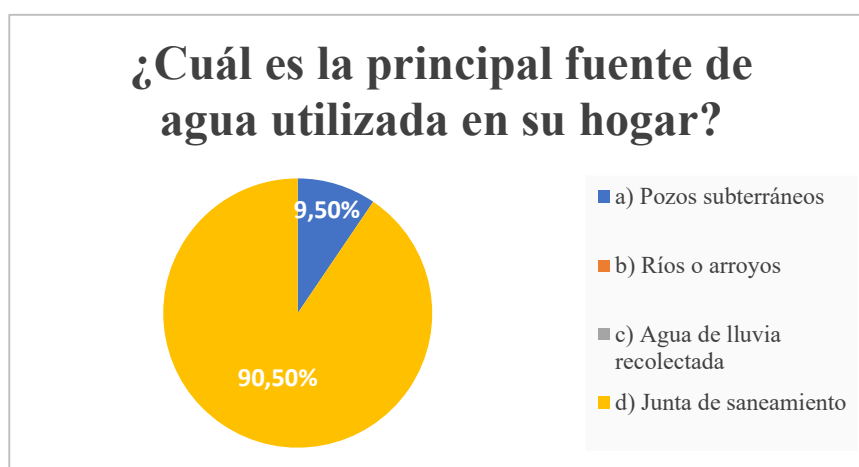
En la figura 17 se observan que, los resultados obtenidos en este estudio muestran una clara relación entre las fuentes de contaminación y la calidad del agua de los pozos que no cumplen con los estándares de potabilidad. La hipótesis planteada, que sugiere que la contaminación de los pozos se debe a la actividad agrícola intensiva y la proximidad a pozos ciegos, se ve respaldada por los datos observados. Los pozos afectados PZ03, PZ04 Y PZ06 están en áreas más cercanas a fuentes puntuales elevadas, mientras que todos los pozos se encuentran cercanas a fuentes puntuales con potencial de carga moderada contribuyendo significativamente a la presencia de contaminantes como nitratos, los cuales, debido a su naturaleza química, pueden infiltrarse fácilmente en el suelo y llegar a las fuentes de agua subterránea.

Mientras que el saneamiento in situ tiene un impacto generalizado debido a la contaminación difusa en toda el área de estudio.

#### 4.3 Medición del grado de satisfacción de los usuarios del servicio de agua potable.

A partir de la encuesta intencionalmente aplicada a 160 usuarios de la Junta de Saneamiento que cuentan con viveros y 140 usuarios que no cuentan con viveros, mediante preguntas específicas incluidas en el cuestionario, se obtuvieron los siguientes resultados:

La figura 18 muestra la pregunta 1, que ofrece cuatro opciones de respuesta. De estos, el 90,5 % indicó que la principal fuente de agua en su hogar es la Junta de Saneamiento, mientras que el 9,5 % señaló el uso de pozos subterráneos.

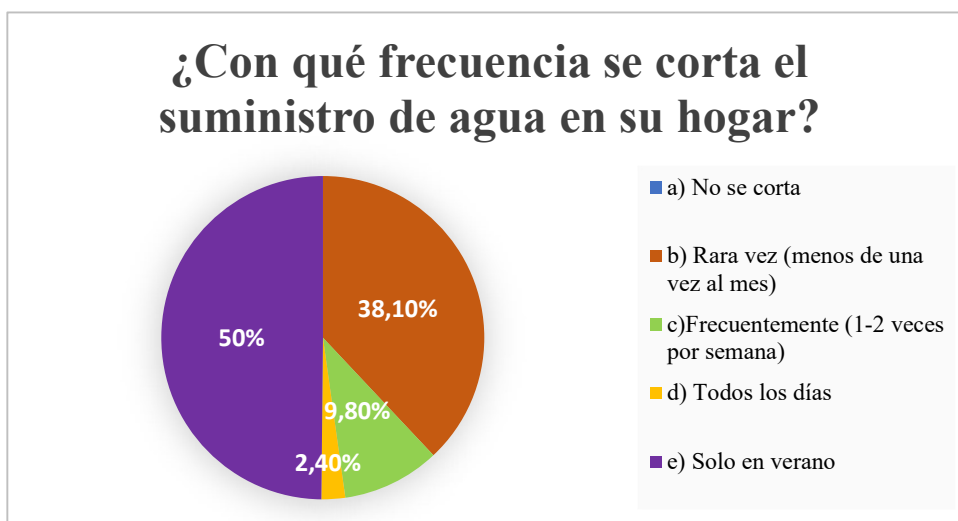


**Figura 18: Pregunta y resultado de encuesta.**

Fuente: Elaboración propia.



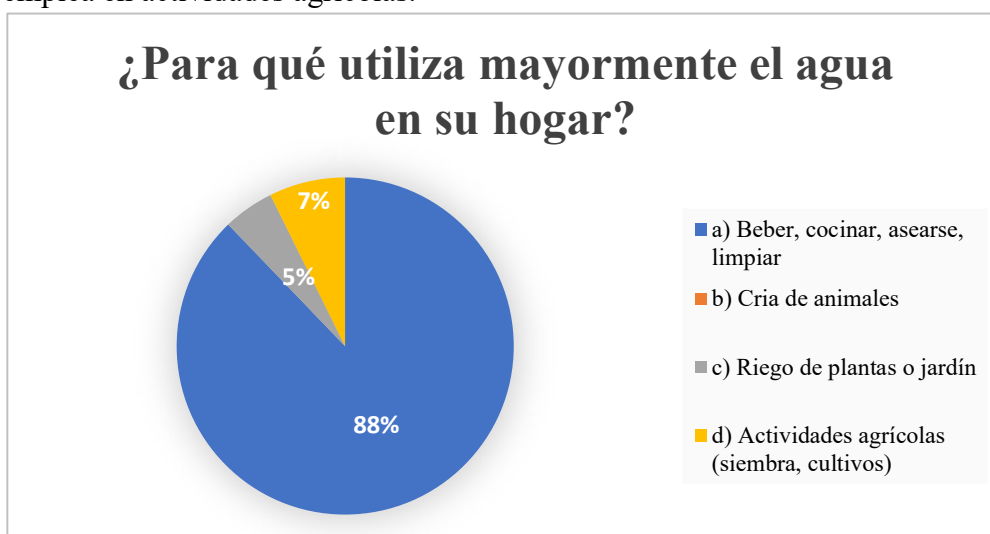
En la figura 19 se observa la segunda pregunta, ¿Con qué frecuencia se corta el suministro de agua en su hogar?, los resultados indican que el 50 % respondió que solo en verano, el 38,1 % mencionó que rara vez (menos de una vez al mes), el 9,5 % señaló que ocurre frecuentemente (1-2 veces por semana) y el 2,4 % indicó que los cortes se producen todos los días



**Figura 19 Pregunta y resultado de encuesta.**

Fuente: Elaboración propia.

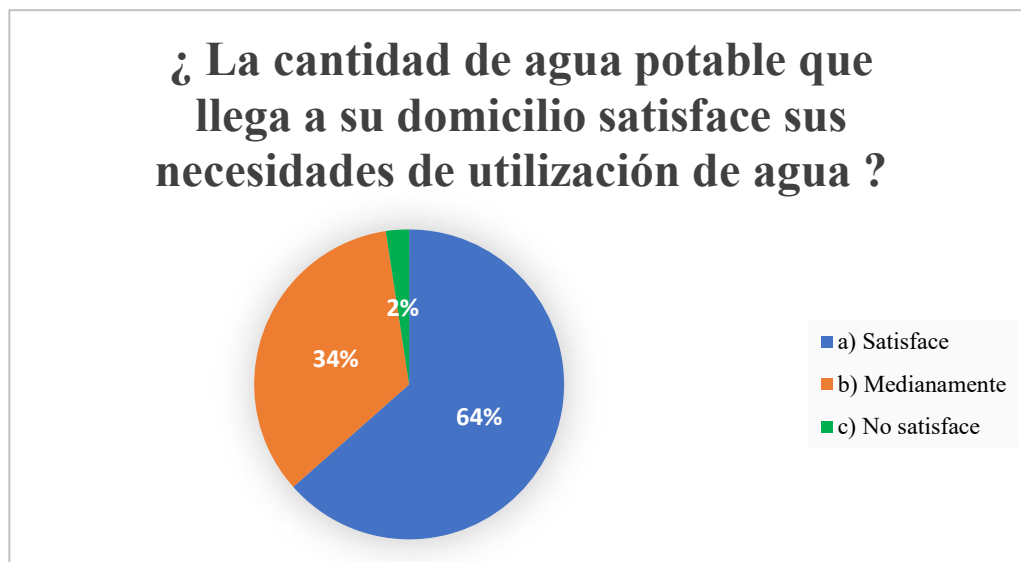
La figura 20 presenta la tercera pregunta, "¿Para qué utiliza mayormente el agua en su hogar?". Con cuatro opciones de respuesta, los resultados muestran que el 88,1 % usa el agua para beber, cocinar, asearse y limpiar; ninguno indicó utilizarla para la cría de animales; el 4,9 % señaló el destino al riego de plantas o jardín; y el 7,1 % la emplea en actividades agrícolas.



**Figura 20 Pregunta y resultado de encuesta.**

Fuente: Elaboración propia.

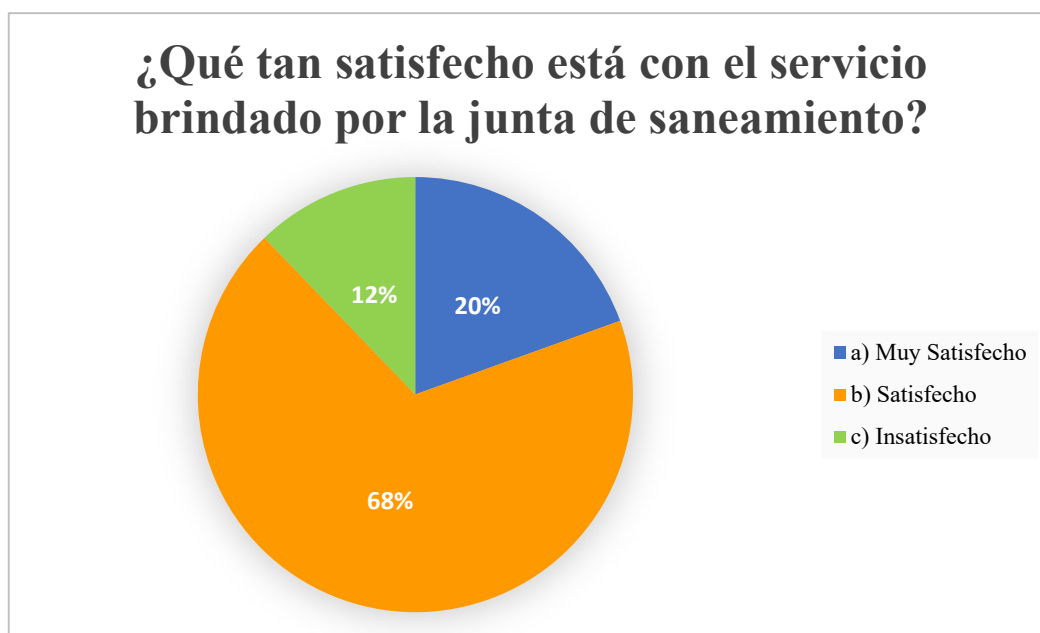
La figura 21 muestra la cuarta pregunta, “¿La cantidad de agua potable que llega a su domicilio satisface sus necesidades de utilización de agua ?, Los resultados indican que el 64,3 % afirmó que sí satisface, el 33,3 % señaló que lo hace de manera medianamente satisfactoria y el 2,4 % indicó que no satisface



**Figura 21 Pregunta y resultado de encuesta.**

Fuente: Elaboración propia.

La figura 22 presenta la quinta pregunta, “¿Qué tan satisfecho está con el servicio brindado por la Junta de Saneamiento?”. Los resultados muestran que el 19 % se siente muy satisfecho, el 69 % satisfecho y el 11,9 % insatisfecho.



**Figura 22: Pregunta y resultado de encuesta**

Fuente: Elaboración propia

## **5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **5.1 Conclusiones.**

Se determinó la calidad del agua de los pozos de la compañía Cabañas, Caacupé, y se observó que si bien la mayoría de los parámetros químicos, como los niveles de nitratos y nitritos, cumplen con los límites permitidos, el pH de algunos pozos excede el rango recomendado y varios presentan coliformes fecales, lo cual representa un riesgo para la salud humana e indican que el agua cruda de los pozos no es apta para consumo humano.

Se identificaron factores de riesgo importantes para la contaminación de los pozos, como fuentes de contaminación puntual (talleres mecánicos y estaciones de servicio) y las prácticas de saneamiento en el área rural que generan fuentes de contaminación difusa.

Finalmente, en cuanto al nivel de satisfacción de los usuarios, la mayoría de los encuestados expresaron satisfacción con el servicio de abastecimiento de agua, aunque algunos mostraron preocupación por interrupciones en el suministro y la cantidad de agua disponible.

### **5.2 Recomendaciones.**

- Realizar análisis físico-químicos y bacteriológicos de cada pozo al menos una vez al año para garantizar la calidad y detectar cualquier posible contaminación a tiempo.
- Establecer barreras físicas, como cercas o muros, alrededor de los pozos para evitar el acceso de animales y personas no autorizadas, reduciendo así el riesgo de contaminación directa del agua.
- Asegurar que tanto los pozos existentes como los nuevos incluyan un sello sanitario adecuado, el cual proporcione una barrera de protección entre el pozo y el suelo circundante, especialmente en pozos ubicados cerca de fuentes de contaminación potencial como viveros y zonas urbanas.
- Implementar un monitoreo regular de los niveles de coliformes en los pozos y en puntos clave de la red de distribución para controlar la calidad microbiológica del agua.

- Considerar la instalación de sistemas de cloración en los pozos para desinfectar el agua antes de que entre en la red de distribución.
- Realizar inspecciones regulares no solo de la calidad del agua, sino también del entorno donde están ubicados los pozos.
- Aplicar prácticas de manejo seguro en el uso de fertilizantes y pesticidas, controlando la cantidad y frecuencia de aplicación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Biblioteca y Archivo Central del Congreso de la Nación. (s.f.) *Ley N° 3239 /07 de los recursos hídricos del Paraguay*. Recuperado de <https://www.bacn.gov.py/leyes-paraguayas/2724/de-los-recursos-hidricos-del-paraguay>

Custodio, E., & Llamas, M. R. (2001). *Hidrología subterránea* (2ª ed. corregida). Ediciones Omega.

Foster, S., Hidrata, R., Gomes, D., D'Elia, M., & Paris, M. (2002). *Protección de la calidad del agua subterránea: Guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales*. Banco Mundial. Recuperado de <http://documentos.bancomundial.org/curated/es/229001468205159997/pdf/25071PUB01Spanish10BOX0334116B01PUBLIC1.pdf>

Freeze, A. R., & Cherry, J. A. (1979). *Groundwater*. Prentice Hall Inc.

Fúlfaro, V. J. (1996). *Geología del Paraguay Oriental*. Recuperado de <https://www.geologiadelparaguay.com.py/Geolog%C3%ADa-del-Paraguay-Oriental.pdf>

Godoy, E., & Paredes, J. L. (1994). *Acuíferos potenciales del Paraguay*. DRH / BGR.

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2012). *Cartografía Digital*. INE.

Mijailov, L. (1989). *Hidrogeología*. Ediciones MIR.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2006). *Guías para la calidad del agua potable* (3ª ed., Vol. I). Recuperado de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf)

Orué, D. (1996). *Síntese da geologia do Paraguai Oriental, com ênfase para o magmatismo alcalino associado*. [Tesis de Maestría]. Recuperado de <https://www.geologiadelparaguay.com.py/tesis.htm>

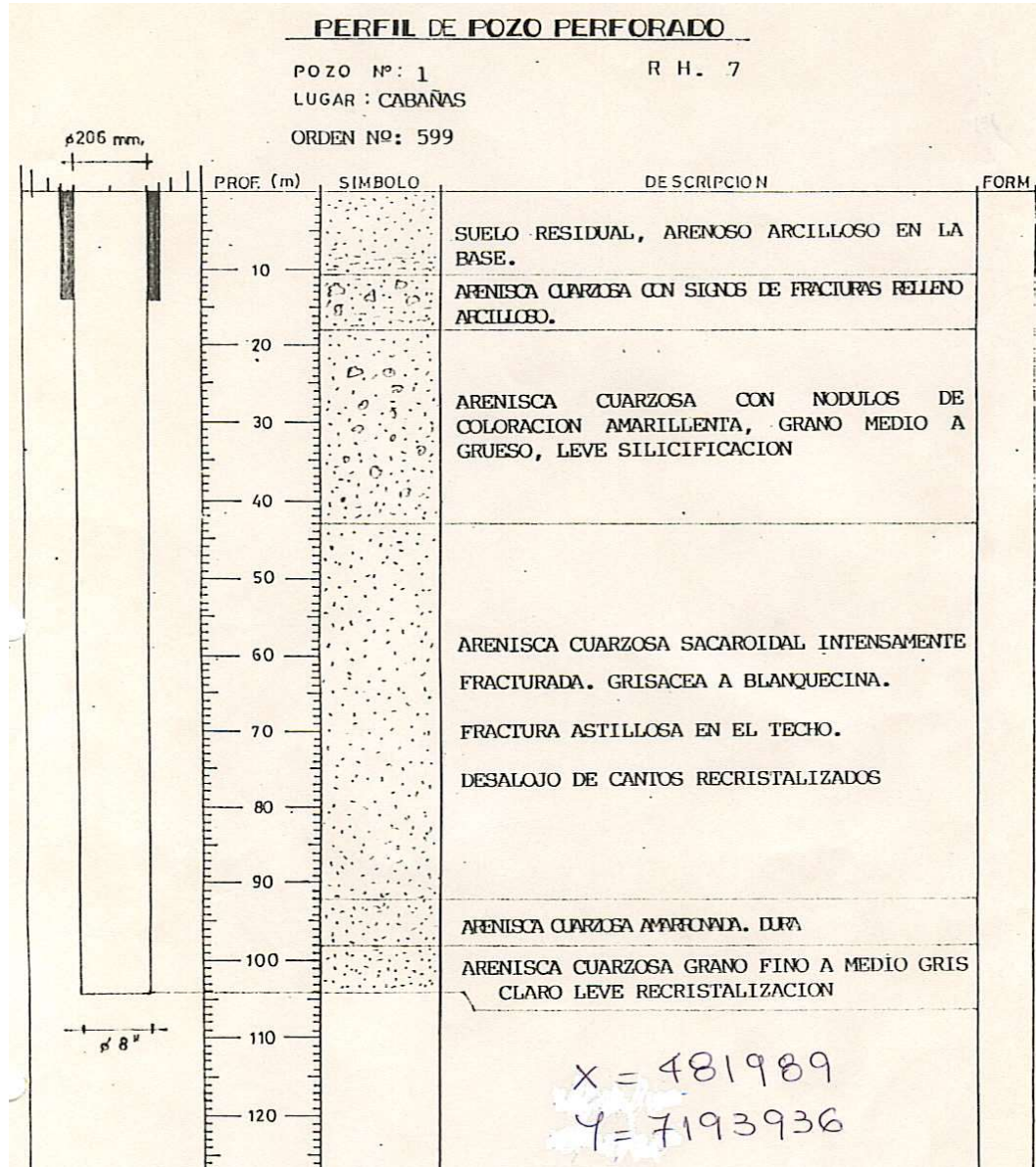
Proyecto PAR. (1986). *Texto explicativo del Mapa Geológico del Paraguay*.

Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, L. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw Hill.

Tucci, C. E. M. (1993). *Hidrologia: Ciência e aplicação* (1ª ed.). ABRH.

### ANEXOS

**Anexo 1: Perfiles litológicos de los pozos verticales de la Compañía Cabañas de Caacupé.**



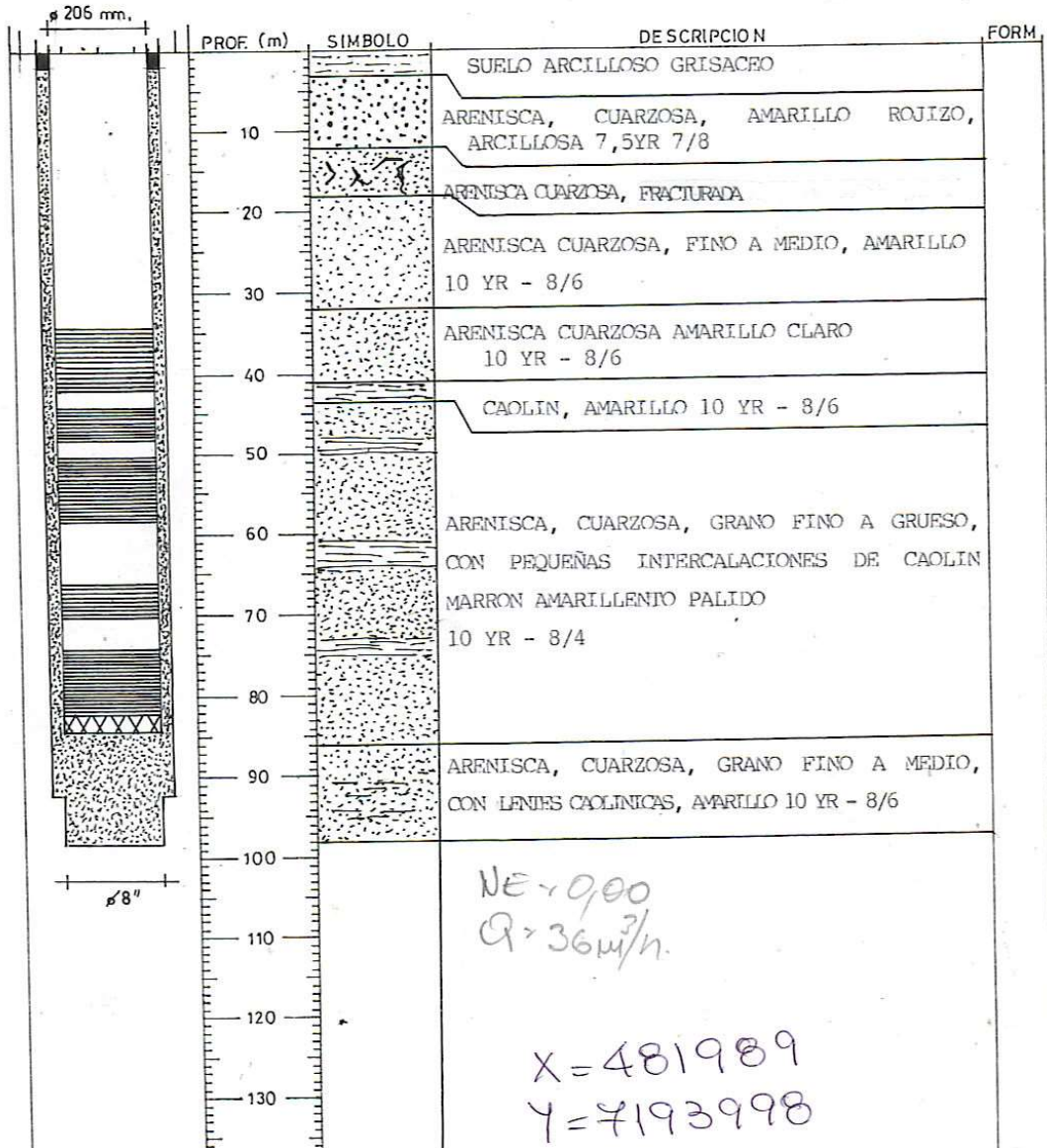
### PERFIL DE POZO PERFORADO

POZO Nº: 2

R H. 7

LUGAR: CABANAS - CAQUEE


ORDEN Nº: 821





## Anexo 2: Resultados de análisis físico-químico.

Planilla de análisis físico-químico de los pozos PZ01-PZ02, año 1996.

MINISTERIO DE SALUD PUBLICA Y BIENESTAR SOCIAL SERVICIO NACIONAL DE SANEAMIENTO AMBIENTAL SENASA DIRECCION DE PROTECCION AMBIENTAL LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA			
<b>RESULTADO DE ANALISIS FISICO - QUIMICO</b>			
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
ANALISIS DE AGUA N°	:	895/96	
MUESTRA DE AGUA DE	:	POZO PERFORADO N° 1	
PERTENECIENTE A	:	SENASA	
UBICADO EN	:	CABARAS	
LOCALIDAD	:	CAACUPE	
DEPARTAMENTO	:	CORDILLERA	
NOMBRE DEL REMITENT	:	DPTO. RECURSOS HIDRICOS	
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>			
NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL MUESTREO	:	LIC. FELIX CARVALLO	
LUGAR DE LA TOMA DE MUESTRA	:	SALIDA DE POZO	
FECHA DEL MUESTREO	:	25/09/96	
HORA DEL MUESTREO	:	18:00 horas	
ENTRADA AL LABORATORIO	:	26/09/96	
TIPO DE ENVASE	:	PLASTICO	
FECHA DE FINALIZACION DE ANALISIS	:	01/10/96	
<b>ANALISIS FISICOS</b>			
TEMPERATURA DE LA MUESTRA	:	22,1 °C	
ASPECTO	:	TURBIO	
COLOR	:	BLANQUESINO	
OLOR	:	INODORO	
pH	:	5,29	
CONDUCTIVIDAD	:	57,3	Us/Cm
TURBIDEZ	:	120,0	N.T.U.
<b>ANALISIS QUIMICOS</b>			
PARAMETROS	VALOR mg/l	PARAMETROS	VALOR mg/l
NITRATOS (N)	2,28	HIERRO (Fe)	-----
NITRITOS (N)	0,00	HIERRO (III) (Fe)	3,05
AMONIACO (N)	0,09	OXIGENO CONSUMIDO (OC)	0,56
SULFATOS (N)	0,00	DUREZA TOTAL (CaCo <sub>3</sub> )	17,00
CLORUROS (Cl)	8,00	MAGNESIO (Mg)	0,97
ALCALINIDAD (CaCo <sub>3</sub> ) (F)	0,00	SOLIDOS TOTALES	314,00
ALCALINIDAD (CaCo <sub>3</sub> ) (M)	10,97	SOLIDOS SUSPENDIDOS	-----
CLORO RESIDUAL (Cl)	-----	SOLIDOS DISUELTOS	-----
CALCIO (Ca)	5,20	SULFUROS (H S)	-----
FIRMA DEL JEFE DEL LABORATORIO DE CALIDAD			
FORMULARIO N° 002			

Planilla de análisis físico-químico de los pozos PZ01-PZ02, año 2023.



**ALPHA QUIMICA S.A.**  
Servicios y Soluciones sin Limites

Productos Químicos, Industriales, Grasas y Lubricantes Especiales  
B - : Componentes que afectan a la Salud.

PARAMETRO	UNIDAD	LIMITE ADMISIBLE	LIMITE (*) RECOMEND.	MUESTRA
<b>1. COMPONENTES INORGÁNICOS</b>				
Nitrato (NO <sub>3</sub> ) (5)	mg/l	45	0	3,097

(\*) Los límites recomendables son los establecidos en las Guías de la OPS/OMS.  
(5) En caso que no se pueda suministrar agua con un contenido inferior de Nitratos, el Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, debe autorizar el abastecimiento, pues los problemas que se derivarían de la falta de agua son evidentemente mayores. Además, debe advertirse a la población de no usar el agua para la preparación de la alimentación del Lactante.

C - : Componentes Bacteriológicos Básicos

a) Método Membrana Filtrante

ORGANISMO	UNIDAD	LIMITE PERMISIBLE	LIMITE (*) RECOMEND.	MUESTRA
Bacterias Coliformes Fecales	UFC/100ml	0	0	0
Bacterias Coliformes Totales(6)	UFC/100ml	0	0	0

(\*) Los límites recomendables corresponden a los establecidos en las Guías de la OPS y OMS.  
(6) En el 98% de las muestras examinadas durante el año y se examinan suficientes muestras.

Referencias NP 24 001 80 – Norma Paraguaya de Agua Potable

**CALIDAD DE LA RED DE DISTRIBUCION**


Punto de muestreo: Grifo

Usuario: Angelica Montiel

COMPONENTES INORGANICOS I	UNIDAD	LIMITE ADMISIBLE	LIMITE (*) RECOMENDADO	MUESTRA
Cloro Libre Residual	mg/l	0,2 - 2,0	0,20 - 0,50	0,5

ORGANISMO	UNIDAD	LIMITE PERMISIBLE	LIMITE (*) RECOMEND.	MUESTRA
Bacterias Coliformes Fecales	UFC/100ml	0	0	0
Bacterias Coliformes Totales	UFC/100ml	0	0	0

**ABREVIATURAS:**  
UCV = Unidades de Color Verdadero  
UNT = Unidades Nefelométricas de Turbiedad  
mg/l = Miligramo por litro  
µs/cm = Micro siemens por centímetro  
UFC = Unidad Formadora de Colonias

  
Dora C. Sánchez Monges  
Ingeniera Química  
R.P. N° 796

San Cosme 626 c/ República Dominicana  
Asunción –Paraguay

Telefax: 021 232 017 CEL: 0976378333  
email: alphaquimica\_sa@hotmail.com

**ANÁLISIS DE AGUA POTABLE**

**DATOS DEL PRESTADOR**

NOMBRE: Junta de Saneamiento Cabañas  
DEPARTAMENTO: Cordillera  
DISTRITO: Caacupé  
DIRECCION: -

**DATOS DE ANÁLISIS**

FECHA DE MUESTREO: 12/09/23      FECHA DE ANÁLISIS: 12/09/23  
HORA: 10:00  
PUNTO DE MUESTREO: Red de Distribución.  
FUENTE: Pozo profundo.

**RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS**

A - : Características o componentes que afectan a la aceptabilidad del Agua por parte del Consumidor (Calidad Organoléptica).

PARAMETROS	UNIDAD	LIMITE ADMISIBLE	LIMITE (*) RECOMENDADO	MUESTRA
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>				
Color	UCV	15	≤5	≤5
Sabor y olor (4)		Aceptable	Aceptable	Aceptable
Turbiedad (1)	UNT	5	<1	<1
PH (Pozos) (3)		6,5 a 8,5	6,5 a 8,5	5,93
Conductividad	µs/cm	1.250	≤400	50
<b>COMPONENTES INORGANICOS I</b>				
Cloro Libre Residual (2)	mg/l	0,2 – 2,0	0,20 – 0,50	0,5
Nitrógeno Amoniacal (NH <sub>4</sub> )	mg/l	0,05	≤0,05	≤0,05
<b>COMPONENTES INORGANICOS II</b>				
Cloruro (Cl)	mg/l	250	≤250	20
Calcio (Ca <sup>2+</sup> )	mg/l	100	≤100	10
Magnesio (Mg <sup>2+</sup> )	mg/l	50	≤30	7
Dureza Total en (CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	400	≤250	18
Alcalinidad (M) en (CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	250	≤120	8
Sólidos Totales Disueltos (STD)	mg/l	1000	≤1000	35

(\*) 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. Solo en Agua Tratada.

(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.

San Cosme 626 c/ República Dominicana  
Asunción –Paraguay

Telefax: 021 232 017 CEL: 0976378333  
email: alphaquimica\_sa@hotmail.com





UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Laboratorio de Calidad de Agua

INFORME DE ENSAYO

INF.1368/2024

Solicitante: ALMA PAREDES	Solicitud de trabajo N°: 713/2024	
Dirección: Caacupé	Código de ítem: 1362	
<b>Descripción de ítem:</b> Datos declarados por el cliente; Agua de pozo PZ 01. Ubicación: Oficina – coordenadas: 486524 – 7191833. Fecha de muestreo: 03/10/2024. Hora: 09:25		
Fecha de recepción: 03/10/2024	Fecha de ejecución del ensayo: 03/10/2024	Fecha del informe: 08/10/2024

Determinaciones	Métodos	Resultados	Unidad	Referencia – NP 2400180/11 Valor máximo
pH	PRO.ME 002-Rev.04/SM 4500-H <sup>+</sup> B	5,61	UpH	4 a 9
Conductividad	SM 2510 B	66,0	µS/cm	1 250
Nitrato (como NO <sub>3</sub> )	Reducción con Cinc - NN	9,00	mg/L	45,00
Nitrito (como NO <sub>2</sub> )	SM 4500-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - B	<0,005	mg/L	0,1
Coliformes Fecales, en 100 mL	SM 9222 D	1	UFC	0

**Abreviaturas:** UpH = unidad de pH, µS/cm = micro siemens por centímetro, mg/L = miligramos por litro, N = nitrógeno, mL = mililitros, UFC = Unidades Formadoras de Colonias, < = menor que, SM = Método Estándar - Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, edición N° 17 y 1ª edición 23 (APHA-AWWA-WPCF). PRO.ME = procedimiento interno, Rev. = revisión, NN = no normalizado.

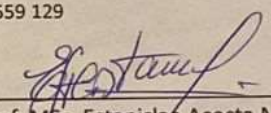
**Ítem:** muestra ensayada

**Notas:**

- Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.
- El Laboratorio no se hace responsable de los datos suministrados por el solicitante.
- El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) y suministrada(s) por el solicitante.
- Nombre del contacto: Alma Paredes

Teléfono: 0981 559 129



  
Prof. MSc. Estanislao Acosta Morales  
Jefe, Laboratorio de Calidad de Agua

Fin del informe  
Pag. 1/1

REG 063.07



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Laboratorio de Calidad de Agua

INFORME DE ENSAYO

INF.1369/2024

Solicitante: ALMA PAREDES	Solicitud de trabajo N°: 713/2024
Dirección: Caacupé	Código de ítem: 1363

**Descripción de ítem:** Datos declarados por el cliente; Agua de pozo PZ 02. Ubicación: Centro de Salud - coordenadas: 481821 - 7193974. Fecha de muestreo: 03/10/2024. Hora: 09:40

Fecha de recepción: 03/10/2024	Fecha de ejecución del ensayo: 03/10/2024	Fecha del informe: 08/10/2024
--------------------------------	---	-------------------------------

Determinaciones	Métodos	Resultados	Unidad	Referencia - NP 2400180/11 Valor máximo
pH	PRO.ME 002-Rev.04/SM 4500-H* B	5,38	UpH	4 a 9
Conductividad	SM 2510 B	85,8	µS/cm	1 250
Nitrato (como NO <sub>3</sub> )	Reducción con Cinc - NN	12,10	mg/L	45,00
Nitrito (como NO <sub>2</sub> )	SM 4500-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - B	<0,005	mg/L	0,1
Coliformes Fecales, en 100 mL	SM 9222 D	3	UFC	0

**Abreviaturas:** UpH = unidad de pH, µS/cm = micro siemens por centímetro, mg/L = miligramos por litro, N = nitrógeno, mL = mililitros, UFC = Unidades Formadoras de Colonias, < = menor que, SM = Método Estándar - Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, edición N° 17 y edición 23 (APHA-AWWA-WPCF). PRO.ME = procedimiento interno, Rev. = revisión, NN = no normalizado.

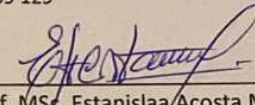
**Ítem:** muestra ensayada

**Notas:**

- Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.
- El Laboratorio no se hace responsable de los datos suministrados por el solicitante.
- El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) y suministrada(s) por el solicitante.
- Nombre del contacto: Alma Paredes

Telefono: 0981 559 129



  
Prof. MSc. Estanislao Acosta Morales  
Jefe, Laboratorio de Calidad de Agua

Fin del informe  
Pag. 1/1

REG 063.07



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Laboratorio de Calidad de Agua  
INFORME DE ENSAYO

INF.1370/2024

Solicitante: ALMA PAREDES	Solicitud de trabajo N°: 713/2024	
Dirección: Caacupé	Código de ítem: 1364	
Descripción de ítem: Datos declarados por el cliente; Agua de pozo PZ 03. Ubicación: María Auxiliadora – coordenadas: 482549 – 7194592. Fecha de muestreo: 03/10/2024. Hora: 10:04		
Fecha de recepción: 03/10/2024	Fecha de ejecución del ensayo: 03/10/2024	Fecha del informe: 08/10/2024

Determinaciones	Métodos	Resultados	Unidad	Referencia – NP 2400180/11 Valor máximo
pH	PRO.ME 002-Rev.04/SM 4500-H <sup>+</sup> B	5,27	UpH	4 a 9
Conductividad	SM 2510 B	87,1	µS/cm	1 250
Nitrato (como NO <sub>3</sub> )	Reducción con Cinc - NN	11,98	mg/L	45,00
Nitrito (como NO <sub>2</sub> )	SM 4500-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - B	<0,005	mg/L	0,1
Coliformes Fecales, en 100 mL	SM 9222 D	5	UFC	0

**Abreviaturas:** UpH = unidad de pH, µS/cm = micro siemens por centímetro, mg/L = miligramos por litro, N = nitrógeno, mL = mililitros, UFC = Unidades Formadoras de Colonias, < = menor que, SM = Método Estándar - Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, edición N° 17 y 1ª edición 23 (APHA-AWWA-WPCF). PRO.ME = procedimiento interno, Rev. = revisión, NN = no normalizado.

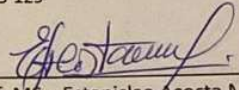
**Ítem:** muestra ensayada

**Notas:**

- Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.
- El Laboratorio no se hace responsable de los datos suministrados por el solicitante.
- El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) y suministrada(s) por el solicitante.
- Nombre del contacto: Alma Paredes

Telefono: 0981 559 129



  
Prof. Msc. Estanislao Acosta Morales  
Jefe, Laboratorio de Calidad de Agua

Fin del informe  
Pag. 1/1

REG 063.07



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Laboratorio de Calidad de Agua  
INFORME DE ENSAYO

INF.1371/2024

Solicitante: ALMA PAREDES	Solicitud de trabajo N°: 713/2024	
Dirección: Caacupé	Código de ítem: 1365	
Descripción de ítem: Datos declarados por el cliente; Agua de pozo PZ 04. Ubicación: Costa Alegre - coordenadas: 482857 - 7195007. Fecha de muestreo: 03/10/2024. Hora: 10:26		
Fecha de recepción: 03/10/2024	Fecha de ejecución del ensayo: 03/10/2024	Fecha del informe: 08/10/2024

Determinaciones	Métodos	Resultados	Unidad	Referencia - NP 2400180/11 Valor máximo
pH	PRO.ME 002-Rev.04/SM 4500-H* B	5,57	UpH	4 a 9
Conductividad	SM 2510 B	73,3	µS/cm	1 250
Nitrato (como NO <sub>3</sub> )	Reducción con Cinc - NN	8,02	mg/L	45,00
Nitrito (como NO <sub>2</sub> )	SM 4500-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - B	<0,005	mg/L	0,1
Coliformes Fecales, en 100 mL	SM 9222 D	12	UFC	0

**Abreviaturas:** UpH = unidad de pH, µS/cm = micro siemens por centímetro, mg/L = miligramos por litro, N = nitrógeno, mL = mililitros, UFC = Unidades Formadoras de Colonias, < = menor que, SM = Método Estándar - Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, edición N° 17 y 1ª edición 23 (APHA-AWWA-WPCF). PRO.ME = procedimiento interno, Rev. = revisión, NN = no normalizado.

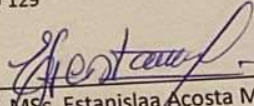
**Ítem:** muestra ensayada

**Notas:**

- Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.
- El Laboratorio no se hace responsable de los datos suministrados por el solicitante.
- El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) y suministrada(s) por el solicitante.
- Nombre del contacto: Alma Paredes

Telefono: 0981 559 129



  
Prof. MSc. Estanislao Acosta Morales  
Jefe, Laboratorio de Calidad de Agua

Fin del informe  
Pag. 1/1

REG 063.07



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Laboratorio de Calidad de Agua  
**INFORME DE ENSAYO**

INF.1372/2024

Solicitante: ALMA PAREDES	Solicitud de trabajo N°: 714/2024	
Dirección: Caacupé	Código de ítem: 1366	
<b>Descripción de ítem:</b> Datos declarados por el cliente; Agua de pozo PZ 05. Ubicación: Barrio Yvoty - coordenadas: 482857 - 7195007. Fecha de muestreo: 03/10/2024. Hora: 10:48		
Fecha de recepción: 03/10/2024	Fecha de ejecución del ensayo: 03/10/2024	Fecha del informe: 08/10/2024

Determinaciones	Métodos	Resultados	Unidad	Referencia - NP 2400180/11 Valor máximo
pH	PRO.ME 002-Rev.04/SM 4500-H <sup>+</sup> B	5,32	UpH	4 a 9
Conductividad	SM 2510 B	65,7	µS/cm	1 250
Nitrato (como NO <sub>3</sub> )	Reducción con Cinc - NN	8,60	mg/L	45,00
Nitrito (como NO <sub>2</sub> )	SM 4500-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - B	<0,005	mg/L	0,1
Coliformes Fecales, en 100 mL	SM 9222 D	1	UFC	0

**Abreviaturas:** UpH = unidad de pH, µS/cm = micro siemens por centímetro, mg/L = miligramos por litro, N = nitrógeno, mL = mililitros, UFC = Unidades Formadoras de Colonias, < = menor que, SM = Método Estándar - Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, edición N° 17 y 1ª edición 23 (APHA-AWWA-WPCF). PRO.ME = procedimiento interno, Rev. = revisión, NN = no normalizado.

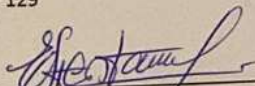
**Ítem:** muestra ensayada

**Notas:**

- Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.
- El Laboratorio no se hace responsable de los datos suministrados por el solicitante.
- El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) y suministrada(s) por el solicitante.
- Nombre del contacto: Alma Paredes

Telefono: 0981 559 129



  
Prof. MSc. Estanislao Acosta Morales  
Jefe, Laboratorio de Calidad de Agua

Fin del Informe  
Pag. 1/1

REG 063.07





UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Laboratorio de Calidad de Agua

INFORME DE ENSAYO

INF.1373/2024

Solicitante: ALMA PAREDES	Solicitud de trabajo N°: 714/2024
Dirección: Caacupé	Código de ítem: 1367

Descripción de ítem: Datos declarados por el cliente; Agua de pozo PZ 06. Ubicación: Santa Teresita - coordenadas: 483282 - 7194192. Fecha de muestreo: 03/10/2024. Hora: 11:02

Fecha de recepción: 03/10/2024	Fecha de ejecución del ensayo: 03/10/2024	Fecha del informe: 08/10/2024
--------------------------------	---	-------------------------------

Determinaciones	Métodos	Resultados	Unidad	Referencia - NP 2400180/11 Valor máximo
pH	PRO.ME 002-Rev.04/SM 4500-H* B	5,25	UpH	4 a 9
Conductividad	SM 2510 B	80,3	µS/cm	1 250
Nitrato (como NO <sub>3</sub> )	Reducción con Cinc - NN	20,82	mg/L	45,00
Nitrito (como NO <sub>2</sub> )	SM 4500-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - B	<0,005	mg/L	0,1
Coliformes Fecales, en 100 mL	SM 9222 D	3	UFC	0

Abreviaturas: UpH = unidad de pH, µS/cm = micro siemens por centímetro, mg/L = miligramos por litro, N = nitrógeno, mL = mililitros, UFC = Unidades Formadoras de Colonias, < = menor que, SM = Método Estándar - Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, edición N° 17 y 1ª edición 23 (APHA-AWWA-WPCF). PRO.ME = procedimiento interno, Rev. = revisión, NN = no normalizado.

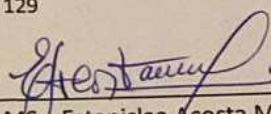
Ítem: muestra ensayada

Notas:

- Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.
- El Laboratorio no se hace responsable de los datos suministrados por el solicitante.
- El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) y suministrada(s) por el solicitante.
- Nombre del contacto: Alma Paredes

Telefono: 0981 559 129



  
Prof. MSc. Estanislao Acosta Morales  
Jefe, Laboratorio de Calidad de Agua

Fin del informe  
Pag. 1/1

REG 063.07



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Laboratorio de Calidad de Agua  
**INFORME DE ENSAYO**

INF.1374/2024

Solicitante: ALMA PAREDES	Solicitud de trabajo N°: 714/2024
Dirección: Caacupé	Código de ítem: 1368

**Descripción de ítem:** Datos declarados por el cliente; Agua de pozo PZ 05. Ubicación: Erimar – coordenadas: 480462 – 7193282. Fecha de muestreo: 03/10/2024. Hora: 11:16

Fecha de recepción: 03/10/2024	Fecha de ejecución del ensayo: 03/10/2024	Fecha del informe: 08/10/2024
--------------------------------	---	-------------------------------

Determinaciones	Métodos	Resultados	Unidad	Referencia – NP 2400180/11 Valor máximo
pH	PRO.ME 002-Rev.04/SM 4500-H <sup>+</sup> B	5,25	UpH	4 a 9
Conductividad	SM 2510 B	70,7	µS/cm	1 250
Nitrato (como NO <sub>3</sub> )	Reducción con Cinc - NN	15,82	mg/L	45,00
Nitrito (como NO <sub>2</sub> )	SM 4500-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - B	<0,005	mg/L	0,1
Coliformes Fecales, en 100 mL	SM 9222 D	0	UFC	0

**Abreviaturas:** UpH = unidad de pH, µS/cm = micro siemens por centímetro, mg/L = miligramos por litro, N = nitrógeno, mL = mililitros, UFC = Unidades Formadoras de Colonias, < = menor que, SM = Método Estándar - Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, edición N° 17 y 1 edición 23 (APHA-AWWA-WPCF). PRO.ME = procedimiento interno, Rev. = revisión, NN = no normalizado.

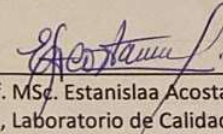
**Ítem:** muestra ensayada

**Notas:**

- Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.
- El Laboratorio no se hace responsable de los datos suministrados por el solicitante.
- El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) y suministrada(s) por el solicitante.
- Nombre del contacto: Alma Paredes

Telefono: 0981 559 129



  
Prof. MSc. Estanislao Acosta Morales  
Jefe, Laboratorio de Calidad de Agua

Fin del informe  
Pag. 1/1

REG 063.07

### **Anexo 3: Hoja de encuesta.**

**¿Cuál es la principal fuente de agua utilizada en su hogar?**

- a) Pozos subterráneos
- b) Ríos o arroyos
- c) Embalses o lagos
- d) Agua de lluvia recolectada
- e) Sistema de abastecimiento público (Junta de saneamiento)

**¿Para qué utiliza mayormente el agua en su hogar?**

- a) Consumo humano (beber y cocinar)
- b) Higiene personal (baño y lavado de manos)
- c) Limpieza del hogar (lavado de ropa, platos, limpieza general)
- d) Riego de plantas o jardín
- e) Actividades agrícolas (siembra, cultivos)
- f) Cría de animales

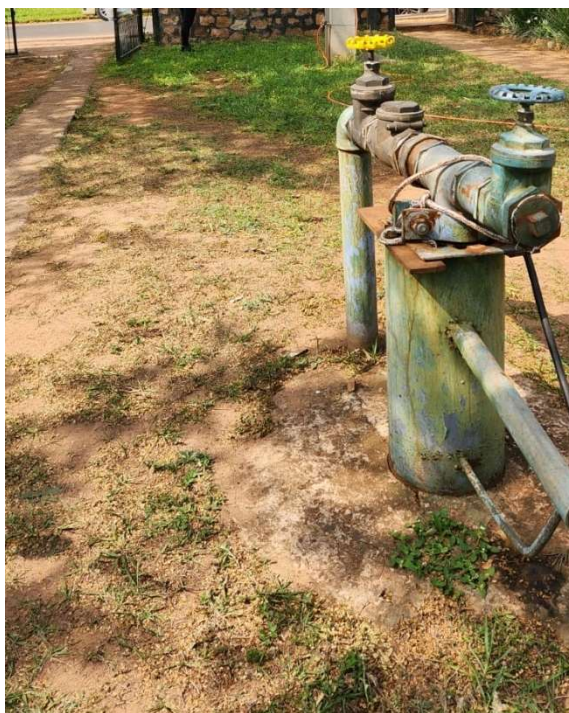
**¿Con qué frecuencia se corta el suministro de agua en su hogar?**

- a) Nunca se corta
- b) Rara vez (menos de una vez al mes)
- c) Ocasionalmente (1-3 veces al mes)
- d) Frecuentemente (1-2 veces por semana)
- e) Muy frecuentemente (más de 2 veces por semana)
- f) Todos los días

**¿Qué tan satisfecho está con el servicio brindado por la junta de saneamiento?**

- a) Muy satisfecho
- b) Satisfecho
- c) Insatisfecho
- d) Muy insatisfecho

**Anexo 4:** Pozos activos de la Junta de Saneamiento de Cabañas Caacupé.



Pozo PZ01.



Pozo PZ02.



Pozo PZ03.



Pozo PZ04.



Pozo PZ05.



Pozo PZ06.



Pozo PZ07.