

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA**

**UNAN-LEON**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**DEPARTAMENTO DE QUIMICA**



**“ANÁLISIS FACTORIAL APLICADO AL ESTUDIO DE LA CALIDAD  
DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA ZONA NORESTE DE  
LEÓN”**

**MONOGRAFIA**

**PRESENTADO POR:**

**Br. Abad Rojas Somarriba**

**Previo a optar el titulo de:**

**LICENCIADO EN QUÍMICA**

**Tutora: M.Sc. Amada Carrasco**

**Asesora: Dra. Adalila Molina**

León, Nicaragua 2011



## Í N D I C E

Contenido	Págs.
Dedicatoria	
Agradecimiento	
I. Resumen .....	1
II. Introducción .....	2
III. Justificación .....	4
IV. Objetivos .....	5
4.1 Objetivo General .....	5
4.2 Objetivo Especifico .....	5
V. Marco Teórico .....	6
5.1 Clasificación del agua.....	6
5.2 Calidad del agua: Parámetros físicos-Químicos.....	7
5.3 Calidad del agua: parámetros microbiológicos .....	16
5.4 Parámetros físico-químicos y bacteriológicos que influyen en la aceptabilidad del agua potable .....	17
5.5 Métodos volumétricos .....	19
5.5.1 Requisitos de una titulación .....	19
5.5.2 Soluciones estándar .....	20
5.5.3 Estándar primario .....	20
5.5.3.1 Requisitos de un estándar primario .....	20
5.5.4 Clasificación de los métodos volumétricos .....	20
5.6 Métodos espectrofotométricos .....	21
5.7 Análisis microbiológico .....	25
5.8 Análisis factorial .....	27
5.8.1 Conceptos fundamentales de Análisis Factorial y Análisis de componentes principales .....	27
5.8.2 Viabilidad de la aplicación del análisis factorial .....	29
VI. Parte experimental .....	31
6.1 Metodología .....	31
6.2 Reactivos .....	31
6.3 Materiales e instrumentación .....	32
6.4 Procedimiento .....	32
6.4.1 Preparación de soluciones .....	32
6.4.1.1 Conductividad .....	32



6.4.1.2 pH .....	33
6.4.1.3 Alcalinidad total .....	33
6.4.1.4 Cloruros .....	34
6.4.1.5 Dureza total .....	34
6.4.1.6 Calcio .....	35
6.4.1.7 Nitritos .....	35
6.4.1.8 Nitratos .....	36
6.4.1.9 Hierro .....	37
6.4.1.10 Sulfato .....	38
6.4.2 Estandarización de soluciones .....	38
6.4.2.1 Estandarización con EDTA .....	38
6.4.2.2 Estandarización de nitrato mercúrico .....	38
6.4.2.3 Estandarización de HCl .....	38
6.4.3 Procedimiento operativo .....	39
6.4.3.1 Conductividad eléctrica (2610 B. puente de Wheaston) .....	39
6.4.3.2 pH (4500 HB electrométrico) .....	39
6.4.3.3 Alcalinidad total, método volumétrico (titulación acido-base) ...	39
6.4.3.4 Cloruros (4500-Cl- C Nitrato de mercurio) .....	40
6.4.3.5 Dureza total (2340-Ca D Titulación con EDTA) .....	41
6.4.3.6 Calcio (3500-Ca D Titulación con EDTA) .....	41
6.4.3.7 Magnesio (3500-Mg E por calculo) .....	42
6.4.3.8 Dureza Cálcica (deducción por calculo) .....	42
6.4.3.9 Dureza magnésica (deducción por calculo) .....	43
6.4.3.10 Nitritos (4500-NO2 B colorimétrico) .....	43
6.4.3.11 Nitratos (4500-NO3- B ultravioleta) .....	44
6.4.3.12 Hierro (3500-Fe O-fenantrolina) .....	44
6.4.3.13 Sulfato 4500-SO42- E Nefelometrico, Turbidimetrico .....	45
<b>VII. Resultados y Análisis .....</b>	<b>46</b>
7.1 Conductividad.....	46
7.2 Magnesio .....	46
7.3 Nitratos .....	47
7.4 Plomo.....	48
7.5 Sulfatos .....	49
7.6 Resultados globales de los parámetros físico-químicos .....	49
7.7 Parámetros microbiológicos.....	51
7.8 Componentes extraídos .....	51
7.9 Matrices factoriales y rotadas .....	54



7.10 Comunalidades .....	59
7.11 KMO y prueba de Bartlett .....	61
VIII. Conclusiones .....	63
IX. Recomendaciones .....	65
X. Referencias Bibliográficas .....	66
Anexos	



## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo, en primer lugar, a un ser muy especial, que se ha mostrado en mi vida, incondicional, muy paciente y sobre todo como el padre amoroso que es, el es Dios.

Al mejor de los amigos que jamás esperé tener, quien ha sido mi fortaleza y mi ejemplo, el que siempre confió en mi y hace posible que vuelva Dios, cuando la vida me empuja lejos de Él, su nombre es Jesús.

A esas mujeres amorosas, que sacrificaron todo para ayudarme a caminar hasta aquí, siendo para mi, no solo Abuelas o madres, sino también amigas y consejeras, a las que se suma mi tutora, la profesora Amada Josefa Carrasco, que ha sido junto con mis madres Catalina Somarriba, Juana Isabel Pineda, Leonor Osorio, Félida Rosa Bonilla, Isabel Somarriba, Concepción Rojas e Isabel del Socorro Rojas, una gran bendición, fuente de amor, consejeras en lo moral y espiritual.

A mi hermano Lester Antonio Rojas de quien aprendí dos cosas muy importantes, terminar lo que se empieza y hacer las cosas bien. Y a mi hermana Ingrid Johana Rojas, te amo.



### **Agradecimiento.**

***A todos mis profesores de primaria, secundaria y universidad, porque de cada uno conservo algo aprendido, ese algo que me ha permitido llegar hasta aquí y que me permitirá seguir adelante, tanto buenos como malos profesores porque a estas alturas de la vida he entendido que de todos se aprende algo útil, gracias.***



## I. Resumen

Las variables que se determinan para conocer la calidad de las aguas y específicamente las de consumo humano son muchas y los métodos utilizados para su determinación son en su mayoría costosos. La situación económica actual y la creciente demanda de estos análisis exigen una mayor eficiencia en el tiempo empleado en dichas determinaciones y el abaratamiento de los costos de los análisis.

El análisis factorial (A.F) es una técnica estadística cuyo objetivo general es reducir un conjunto de variables observadas (las que el investigador puede medir directamente a la población objeto de estudio) a un conjunto menor de variables no observadas o subyacentes (factores).

El paquete estadístico, SPSS nos ofrece una herramienta pertinaz en la consecución de estos objetivos mediante la función “*ANALISIS FACTORIAL POR COMPONENTES PRINCIPALES*”. Esta función nos permite minimizar el número de variables a considerar en el monitoreo de la calidad del agua y consecuentemente reducir costos y tiempo de análisis.

Para la aplicación del análisis factorial en este estudio, se procesaron los resultados obtenidos en la determinación de 20 parámetros de calidad físico-química y bacteriológica en muestras de agua proveniente de 26 pozos de las comunidades de la zona Nor-este de León, obteniendo los siguientes resultados: a) KMO mayor de 0.7, adecuado para aplicar el análisis factorial, b) La varianza total explicada en todos los análisis realizados es mayor que 75.4%, c) Fue necesario retener un máximo de cinco componentes para explicar el comportamiento de la matriz, por tanto los 20 parámetros medidos fueron reducidos a cinco factores, d) Ninguno de los pozos analizados cumple con los límites establecidos por la norma CAPRE en los parámetros microbiológicos, e) El 76.92% de la población no está conforme la norma en uno o más de los parámetros físicoquímicos estudiados, siendo el mayor problema, la concentración de nitratos que afecta al 69.23% de población.



## II. Introducción

El abastecimiento de agua de buena calidad, fue uno de los ocho componentes de la atención primaria de salud identificados en la Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de Salud celebrada en Alma-Ata en 1978.

En la mayoría de los países, los principales riesgos asociados al consumo de agua contaminada están relacionados con los microorganismos. Como se indica en el capítulo 18 de la “Agenda 21” de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo *“aproximadamente, un 80% de todas las enfermedades y más de una tercera parte de las defunciones en los países en desarrollo tienen por causa el consumo de agua contaminada y en promedio, hasta una décima parte del tiempo productivo de cada persona se dedica a las enfermedades relacionadas con el agua”*.

El agua para consumo humano ha sido definida en las *Guías para la calidad del agua potable* de la Organización Mundial de la Salud (OMS), como aquella *“adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal”*. En esta definición está implícito que el uso del agua no debería presentar riesgo de enfermedades a los consumidores.

El control de la calidad microbiológica del agua para consumo humano deben ser actividades rutinarias y de primordial importancia. Se reconoce que los mayores riesgos de enfermedades causadas por microorganismos patógenos están relacionados con la ingestión de agua contaminada con heces humanas o de animales. En sistemas donde el servicio de abastecimiento de agua es restringido, el deterioro de la calidad física, química y principalmente microbiológica al nivel de las viviendas, es frecuente como consecuencia de la manipulación y almacenamiento inadecuado.

En la lista de agentes transmitidos por el agua que constituyen un problema mundial y que pueden producir efectos adversos a la salud se encuentran los microorganismos, sustancias químicas y radionúclidos. Entre los agentes microbiológicos están las bacterias, como el *Vibrio cholerae*, *Salmonella* y



*Shigella*; los virus, como el de la hepatitis A y E; y los protozoos como la *Giardia* y el *Cryptosporidium*. Entre los agentes químicos están los componentes inorgánicos, como nitratos, flúor y arsénico; metales pesados como el plomo, cadmio y mercurio; y los componentes orgánicos como las sustancias de uso industrial, los agro-tóxicos y los productos secundarios de la desinfección.

Entre los múltiples casos de transmisión de enfermedades relacionadas con la calidad microbiológica del agua para consumo humano se destaca los brotes por *Criptosporidium* vinculados a defectos en el proceso de tratamiento y por *E. coli* entero-hemorrágico relacionados con el reemplazo de medidores de agua y roturas de la red de distribución, entre otros. En América Latina, en 1991, la propagación del cólera se atribuyó a la falta de adecuados servicios de abastecimiento de agua y saneamiento, así como a la falta de medidas de control ambiental.<sup>1</sup>

Por estas razones esta investigación tiene como objetivo monitorear la calidad físico-química y bacteriológica del agua que consume las comunidades de la zona Nor-este de León y a partir de los resultados poder establecer medidas de prevención así como programas de intervención con la finalidad de reducir a lo menos posible la contaminación del agua, así como la reducción de enfermedades que tiene su origen mediante la ingesta del agua.



### III. Justificación

Siendo el agua indispensable para la vida, es necesario que los consumidores dispongan de un abastecimiento de agua satisfactorio, por lo que el proveedor debe realizar el mayor esfuerzo posible para suministrar agua de la mejor calidad de acuerdo con las circunstancias. Por ello, la importancia de evaluación de la calidad física, química y microbiológica del agua que la población está consumiendo en las comunidades de la zona noreste de la ciudad de León.

Para conocer la calidad del agua y específicamente la que se destina al consumo humano es necesario determinar muchos parámetros indicadores. Las metodologías de análisis que se aplica para su determinación varían en complejidad; sin embargo esto implica de manera global costos económicos muy elevados.

Considerando la situación económica actual y la creciente demanda de estos análisis, se requiere una adecuada planificación del monitoreo para la vigilancia de la calidad del agua, que implique ahorro en los análisis de laboratorio.

El paquete estadístico, SPSS nos ofrece una herramienta pertinaz en la consecución de estos objetivos mediante la función "*ANALISIS FACTORIAL POR COMPONENTES PRINCIPALES*". Esta función como se verá posteriormente, nos permite minimizar el número de variables a determinar y consecuentemente se reduce el tiempo de análisis y los costos.



## **IV Objetivos**

### **4.1. General**

- Disponer de una herramienta estadística que facilite el monitoreo de la calidad físico química y bacteriológica del agua de consumo humano en la zona nor-este del municipio de León.

### **4.2. Específicos**

- Evaluar la calidad del agua mediante el cumplimiento de los requisitos establecidos por las normas CAPRE.
- Identificar mediante análisis factorial los componentes necesarios para explicar el total de parámetros analizados.
- Inferir sobre los resultados aplicando la teoría del análisis factorial.
- Proponer la aplicación de los resultados del análisis factorial al monitoreo de la calidad de agua.



## V. Marco Teórico.

### 5.1. Clasificación del agua

- **Aguas potables:** Se conoce con este nombre al agua que ha sido tratada con el objetivo de hacerla apta para el consumo humano, teniendo en cuenta todos sus usos domésticos.

Algunas especies biológicas, físicas y químicas pueden afectar la aceptabilidad del agua para consumo humano. Por ejemplo:

- a) Su apariencia estética: turbiedad, olor, color, sabor y espuma.
- b) Su composición química: acidez, alcalinidad, compuestos orgánicos e inorgánicos en general, aceites y grasas.

Es necesario, asimismo, considerar las transformaciones químicas y bioquímicas a que están expuestos los contaminantes del ambiente acuático. Las alteraciones químicas pueden afectar su disponibilidad biológica o tóxica (aumentarla o disminuirla). Poco se sabe acerca de estos procesos químicos, físicos y biológicos y sus mecanismos, a pesar de que son indispensables para comprender los efectos en la salud del consumidor.

Por citar un ejemplo, aún no se entiende bien la relación que existe entre la dureza del agua y las trazas metálicas y los efectos en el organismo del consumidor, pero se sabe que estos factores pueden influir en la salud y tal vez estar relacionados con algunas enfermedades de la población en diferentes áreas geográficas.

**Agua pura:** Se obtiene por destilación en los laboratorios, de esta manera se separan los gases y sales en disolución.

**Agua dura:** Es la que posee el calcio y magnesio, surge de una perforación no demasiado profunda.

**Agua pesada:** Es la combinación de deuterio con oxígeno. El deuterio es un isótopo del hidrógeno, esta agua se encuentra en pequeñas cantidades.



**Agua oxigenada:** Es el nombre que se le da al peróxido de hidrógeno, existe en la naturaleza en pequeñas cantidades.

**Aguas minerales:** Son aguas similares a la potable, que tiene como variante una cantidad mayor de sales minerales.<sup>1</sup>

## 5.2. Calidad del agua: Parámetros físico-químicos

- **PH:** es una de las medidas más comunes en los laboratorios ya que muchos procesos químicos dependen del pH además este afecta la solubilidad y disponibilidad de biológica de muchos agentes químicos, el pH está definido como el logaritmo negativo de la actividad de los iones hidrogeno en una solución.
- **Conductividad eléctrica:** es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica, esta capacidad depende de la presencia de iones en la solución por esta razón el valor de la conductividad eléctrica se usa en ocasiones como un parámetro sustituto de la concentración de sólidos totales. Este valor se ve afectado por la concentración de estos, estado de oxidación, movilidad de los iones y la temperatura de la solución.
- **Alcalinidad total:** es una medida de la capacidad de un agua para neutralizar ácidos, en las aguas naturales esta capacidad se puede atribuir a bases como:  $\text{HCO}_3^-$   $\text{CO}_3^{2-}$   $\text{OH}^-$ , boratos y silicatos. En aguas residuales la alcalinidad se debe a la presencia de hidróxido, carbonatos y bicarbonatos de los elementos como calcio, magnesio, sodio, potasio o ion amonio, de todos ellos el bicarbonato de magnesio y el bicarbonato de calcio son los mas importantes. La alcalinidad excesiva no presenta efectos nocivos para la salud pero si le imparte un sabor desagradable al agua.
- **Dureza total:** indica el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros sulfatos y ocasionalmente nitratos de calcio y magnesio. Generalmente se expresa como el número equivalente de miligramos de carbonato de calcio por litro de agua. El agua dura no se considera perjudicial para la salud humana, es benéfica cuando se utiliza para riegos y aumenta el consumo de



jabón o detergentes cuando es usada para lavandería debido a que reduce la formación de espuma en los jabones.

- **Dureza cálcica:** también llamada dureza específica de calcio, indica la concentración total del ion calcio. Las principales formas cálcicas que aportan dureza al agua son los bicarbonatos de calcio pero también aportan dureza los sulfatos y cloruros de calcio.
- **Dureza magnésica:** también llamada dureza específica de magnesio, indica la concentración total del ion magnesio la cual depende de los terrenos atravesados por el agua, no son nocivos para la salud pero tienen efecto laxante (que disminuye rápidamente con la costumbre) y aporta mal sabor al agua, según las normas, su concentración máxima admisible es de 50ppm.
- **Cloruro:** son una de las sales que están presentes en mayor cantidad en todas las fuentes de abastecimiento y de drenaje (le confieren un sabor salado al agua) se encuentran en la forma de ion  $\text{Cl}^-$  el ion cloruro es uno de los aniones inorgánicos principales del agua natural y residual alcanzando en estas últimas, concentraciones muy elevadas debido a que el cloruro de sodio es común en nuestra dieta y pasa inalterado a través de nuestro sistema digestivo siendo expulsado de nuestro organismo por las diferentes vías de excreción. Un contenido elevado de cloruro en las aguas puede causar daños en estructuras metálicas y afectar el crecimiento vegetal.

**Nitritos y nitratos:** El nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas. Por lo general, en el agua se lo encuentra formando amoníaco.

Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal, el cual, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos. Este proceso de nitrificación depende de la temperatura, del contenido de oxígeno disuelto y del pH del agua.

En general, los nitratos (sales del ácido nítrico,  $\text{HNO}_3$ ) son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion. En los sistemas acuáticos y terrestres, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos.



Los nitritos (sales de ácido nitroso,  $\text{HNO}_2$ ) son solubles en agua. Se transforman naturalmente a partir de los nitratos, ya sea por oxidación bacteriana incompleta del nitrógeno en los sistemas acuáticos y terrestres o por reducción bacteriana.

El ion nitrito es menos estable que el ion nitrato. Es muy reactivo y puede actuar como agente oxidante y reductor, por lo que solo se lo encuentra en cantidades apreciables en condiciones de baja oxigenación. Esta es la causa de que los nitritos se transformen rápidamente para dar nitratos y que, generalmente, estos últimos predominen en las aguas, tanto superficiales como subterráneas. Esta reacción de oxidación se puede efectuar en los sistemas biológicos y también por factores abióticos.

El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, incluyendo el amoníaco, y la contaminación causada por la acumulación de excretas humanas y animales pueden contribuir a elevar la concentración de nitratos en agua. Generalmente, los nitratos son solubles, por lo que son movilizados con facilidad de los sedimentos por las aguas superficiales y subterráneas.

Después de la absorción, tanto nitratos como nitritos se distribuyen con rapidez a todos los tejidos. Una vez en la sangre, el nitrito reacciona con el ion ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) de la desoxihemoglobina y forma metahemoglobina, en la cual el hierro se encuentra en estado férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ), por lo que es incapaz de transportar el oxígeno. Por ello se relaciona al nitrito con una anomalía en la sangre de los niños (metahemoglobinemia) por la ingestión de aguas con un contenido mayor de 10 mg/L de nitratos (como N) y como resultado de la conversión de nitrato en nitrito. La mayor parte de estos casos se asocian a aguas que contienen más de 45 mg/L de nitrato (10 mg/L como  $\text{NO}_3^- \text{N}$ ).

Aunque se ha comprobado que bebés menores de 6 meses que ingieren nitratos en concentraciones altas pueden morir si no reciben tratamiento inmediato, es importante anotar que no todos los niños que ingieren aguas con altos contenidos de nitratos (10 mg/L o más) necesariamente desarrollan la enfermedad. Para ello se requiere una predisposición natural. En este caso, la edad es un factor determinante, porque rara vez se presenta en niños



de más de seis meses y mucho menos en adultos. La presencia de nitratos y nitritos no es extraña, especialmente en aguas almacenadas en cisternas en comunidades rurales.

Aunque la toxicidad relativa de los nitratos es bien conocida, es difícil establecer cuál es el nivel de una dosis nociva. Los nitritos tienen mayor efecto nocivo que los nitratos, pero como generalmente en las aguas naturales no se presentan niveles mayores de 1 mg/L y la oxidación con cloro los convierte en nitratos, el problema prácticamente queda solucionado. Es importante destacar que aunque el agente responsable de esta enfermedad son los nitritos, debido a que estos se forman naturalmente a partir de los nitratos, un factor determinante en la incidencia de esta enfermedad es la concentración de nitratos en el agua y los alimentos. Para dar una idea de la gravedad y magnitud potencial de este problema, basta mencionar que los datos obtenidos a través del Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente (GEMS, por sus siglas en inglés) indican que 10% de los ríos estudiados en todo el mundo tenían concentraciones de nitratos por encima del límite recomendado por la OMS. Los estudios de GEMS también encontraron que en Europa 15% de los ríos tenían concentraciones de nitratos hasta 45 veces mayores que la concentración natural.

Los métodos tradicionales de floculación e incluso ablandamiento con cal no son efectivos para la remoción de nitratos. El más eficiente es el de resinas de intercambio iónico, que puede remover concentraciones tan altas como 30 mg/L y reducirlas hasta 0,5 mg/L en procesos continuos. En la práctica, difícilmente los nitritos se encuentran en aguas tratadas debido a que se oxidan fácilmente y se convierten en nitratos durante la cloración.

Por sus efectos adversos para la salud de los lactantes y porque no se tienen procesos definitivos para su remoción, el contenido de nitratos en aguas de consumo público no debe exceder, según la EPA, de 10 mg/L. Puesto que los nitritos tienen un efecto tóxico superior a los nitratos, el contenido no debe exceder de 1mg/L; en ambos casos, medidos como nitrógeno.



La OMS establece un valor guía provisional de 50 mg/L(N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y 3 mg/L(N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), mientras que el Canadá recomienda un máximo de 10 mg/L para el primero y 1 mg/L para el segundo.

- **Sulfato:** Los sulfatos son un componente natural de las aguas superficiales y por lo general en ellas no se encuentran en concentraciones que puedan afectar su calidad.

Pueden provenir de la oxidación de los sulfuros existentes en el agua y, en función del contenido de calcio, podrían impartirle un carácter ácido. Los sulfatos de calcio y magnesio contribuyen a la dureza del agua y constituyen la dureza permanente. El sulfato de magnesio confiere al agua un sabor amargo.

Un alto contenido de sulfatos puede proporcionar sabor al agua y podría tener un efecto laxante, sobre todo cuando se encuentra presente el magnesio. Este efecto es más significativo en niños y consumidores no habituados al agua de estas condiciones.

Cuando el sulfato se encuentra en concentraciones excesivas en el agua ácida, le confiere propiedades corrosivas.

La remoción de sulfato puede resultar costosa y requerir métodos complicados, por lo cual es preferible elegir fuentes naturales con niveles de sulfato por debajo de los límites aconsejados.

Por sus efectos laxantes, su influencia sobre el sabor y porque no hay métodos definidos para su remoción, la OMS recomienda que en aguas destinadas al consumo humano, el límite permisible no exceda 250 mg/L, pero indica, además, que este valor guía está destinado a evitar la probable corrosividad del agua. Las Guías de Calidad para Agua de Bebida del Canadá recomiendan un máximo de 500 mg/L.

- **Calcio:** es el quinto elemento en orden decreciente de abundancia, es un metal alcalinotérreo, esencial para plantas animales y el hombre, pero en la forma en que está presente en el agua, es decir como carbonatos y nitratos de calcio, pueden causar enfermedades como cálculos y obstruir tuberías y cañerías.



- **Magnesio:** es el octavo elemento en orden decreciente de abundancia, es químicamente similar al calcio, y es un componente común de las aguas naturales.
- **Hierro:** El hierro es un constituyente normal del organismo humano (forma parte de la hemoglobina). Por lo general, sus sales no son tóxicas en las cantidades comúnmente encontradas en las aguas naturales.

La presencia de hierro puede afectar el sabor del agua, producir manchas indelebles sobre los artefactos sanitarios y la ropa blanca. También puede formar depósitos en las redes de distribución y causar obstrucciones, así como alteraciones en la turbiedad y el color del agua.

Tiene gran influencia en el ciclo de los fosfatos, lo que hace que su importancia sea muy grande desde el punto de vista biológico. En la naturaleza se presenta en dos formas: asimilable y no asimilable.

En las aguas superficiales, el hierro puede estar también en forma de complejos organoférricos y, en casos raros, como sulfuros. Es frecuente que se presente en forma coloidal en cantidades apreciables. Las sales solubles de hierro son, por lo general, ferrosas (Fe II) y la especie más frecuente es el bicarbonato ferroso:

$\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ . En contacto con el oxígeno disuelto en el agua, las sales ferrosas se convierten en férricas por oxidación y se precipitan en forma de hidróxido férrico.

Esta precipitación es inmediata con un pH superior a 7,5. Con un pH mayor de 2,2, el hidróxido férrico es insoluble. El ion ferroso lo es con un pH mayor de 6. De acuerdo con ello, las aguas subterráneas —que, por estar fuera del contacto con el aire, se encuentran en un medio natural fuertemente reductor— podrán tener en solución cantidades notables de hierro ferroso.

Este metal en solución contribuye con el desarrollo de microorganismos que pueden formar depósitos molestos de óxido férrico en la red de distribución.



La remoción del hierro de las aguas crudas superficiales es relativamente fácil con los procesos comunes de remoción de la turbiedad, mediante los cuales su concentración puede bajar de 10 mg/L a 0,3 mg/L, que es la concentración recomendada para el agua de consumo. Sin embargo, es posible que haya problemas si el hierro está presente en complejos orgánicos inestables.

Por consideraciones de sabor y debido a que los tratamientos convencionales pueden eliminar el hierro en estado férrico pero no el hierro soluble Fe (II), las guías de calidad de la OMS y del Canadá recomiendan que en las aguas destinadas al consumo humano no se sobrepase 0,3 mg/L de hierro.

**Arsénico:** Puede estar presente en el agua en forma natural. Es un elemento muy tóxico para el hombre. Se encuentra en forma trivalente o pentavalente, tanto en compuestos inorgánicos como orgánicos. Las concentraciones de As en aguas naturales usualmente son menores de 10 µg/L. Sin embargo, en zonas mineras pueden encontrarse concentraciones entre 0,2 y 1 g/L.

La toxicidad del As es compleja, pues depende de la vía de exposición, del estado de valencia y de la forma química (inorgánica u orgánica) del compuesto.

El arsénico inorgánico es el responsable de la mayoría de los casos de intoxicación en seres humanos. En cuanto a las especies oxidadas, generalmente las sales inorgánicas de As (III) son más tóxicas que las de As (V) y la solubilidad de los compuestos de arsénico inorgánico está relacionada con su toxicidad; todos los compuestos solubles son tóxicos. Se sospecha que el arsénico tiene efectos cancerígenos por la correlación encontrada entre la incidencia de hiperquetosis y cáncer de la piel por un lado y la ingestión de aguas con más de 0,3 mg/L de arsénico por otro. Esta relación fue comprobada por Trelles (5) en la Argentina.

El metabolismo del As se realiza principalmente en el hígado, aunque su mecanismo no está bien establecido. La remoción de arsénico del agua se basa principalmente en su oxidación a su forma pentavalente antes de la coagulación con sulfato férrico a pH de 6 a 8, con alumbre a pH de 6 a 7 o



ablandamiento con cal a pH 11. A escala experimental, este método ha permitido una remoción de 90% de arsénico.

Debido a sus efectos adversos sobre la salud y a la insuficiente información sobre su remoción del agua, la EPA y las guías canadienses recomiendan que el contenido de arsénico en fuentes de abastecimiento no exceda 0,05 mg/L. El valor guía de la OMS para el agua de bebida es 0,01 mg/L.

**Cadmio:** No es un elemento esencial para la vida del hombre. La contaminación de las aguas superficiales con este metal pesado puede provenir de la corrosión de los tubos galvanizados, de la erosión de depósitos naturales, de los efluentes de refinerías de metales o de líquidos de escorrentía de baterías usadas o pinturas. Muchos pigmentos usados para la coloración de plásticos o la formulación de pinturas contienen concentraciones elevadas de cadmio.

Este metal pesado es potencialmente tóxico y su ingestión tiene efectos acumulativos en el tejido del hígado y los riñones. En el organismo, algunos iones  $\text{Ca}^{2+}$  de los huesos pueden ser reemplazados por iones  $\text{Cd}^{2+}$ , pues ambos iones tienen el mismo estado de oxidación y casi el mismo tamaño. Esta sustitución puede causar fragilidad en los huesos y susceptibilidad a las fracturas.

La ingestión de agua y alimentos que contengan el metal representa de 5 a 10% del total de cadmio absorbido en el organismo. Estas concentraciones dependen de la ingestión de proteínas y de la presencia de vitamina D; incluso, se relaciona con la concentración en el organismo de algunos elementos, como Zn, Se y Ca, con los cuales compite el cadmio. El cadmio también reduce los niveles de hierro hepático.

La vida media del cadmio en el organismo es muy larga y se calcula entre 10 y 30 años, periodo en el cual permanece almacenado en varios órganos, en particular el hígado y los riñones. Se ha encontrado que los procesos de coagulación remueven el cadmio, pero una variable importante es el pH. Al usar sales de aluminio y regular el pH, es posible la remoción de 90% de cadmio en aguas turbias (9). El sulfato de hierro puede remover 90% de



cadmio a pH 7,5 (10). El proceso de ablandamiento cal-soda puede tener una efectividad cercana a 100%, debido a que se lleva a cabo a pH alto.

La EPA recomienda como margen de seguridad un límite máximo permisible de 0,005 mg/L para aguas de consumo humano. Los valores guía dados por la OMS y el Canadá son 0,003 mg/L y 0,005 mg/L, respectivamente. Sin embargo, dado el poder bioacumulativo del cadmio, se recomienda que la concentración en el agua tratada sea la menor posible.

**Plomo:** Las fuentes naturales por lo general contienen plomo en concentraciones que varían notoriamente. Se pueden encontrar desde niveles tan pequeños como trazas hasta concentraciones importantes que contaminan definitivamente el recurso hídrico.

El plomo es un metal pesado en esencia tóxico; puede provocar en el hombre intoxicaciones agudas o crónicas. Es causa de la enfermedad denominada saturnismo.

Es un elemento con gran capacidad de bioacumulación; afecta prácticamente a todos los órganos, tanto de los seres humanos como de los animales. Las funciones biológicas más sensibles a este metal son: las nerviosas, (especialmente, en los niños), hematopoyética y las cardiovasculares.

En instalaciones antiguas, la mayor fuente de plomo en el agua de bebida proviene de las tuberías de abastecimiento y de las uniones de plomo. Si el agua es ácida, puede liberar gran cantidad de plomo de las tuberías, principalmente en aquellas en las que el líquido permanece estancado por largo tiempo. Aun en el agua estancada por corto tiempo en una tubería de cobre-plomo, la concentración de este último metal puede llegar a hasta 100 µg Pb/L.

La remoción del plomo presente en el agua en los procesos convencionales de floculación o ablandamiento con cal se realiza formando hidróxidos y carbonatos de plomo insolubles. Mediante este método es posible llegar a una eficiencia de 98%. La coagulación con aluminio con un pH de 6,5 a 7 puede lograr una remoción de 60 a 80%. Con pH mayores de 9,5 la eficiencia de remoción sube a 90% .



Cuando las aguas crudas de baja turbiedad contienen una alta concentración de plomo, el sulfato férrico puede ser más efectivo para su remoción, el ablandamiento cal-soda con un pH entre 7 y 11 puede remover por encima del 90% de plomo en el agua.

Debido a que la exposición al plomo es muy común y por el peligro potencial que representa, las concentraciones de este metal en el agua deben ser las más bajas posibles.

La EPA ha establecido una concentración máxima de 0,015 mg/L, que denomina nivel de acción; es decir, una concentración límite que sirve como un aviso para que los sistemas públicos de suministro de agua tomen medidas de tratamiento (si es necesario, adicionales) cuando los niveles de las muestras de agua superen en más de 10% los valores permitidos.

Las Guías de Calidad para Agua de Bebida del Canadá especifican 0,05 mg/L mientras que la OMS es más exigente: 0,01 mg/L.

### 5.3. Calidad del agua: Parámetros microbiológicos

- **Coliformes totales:** la definición mas aceptada de coliformes, describe a estos microorganismos como bacilos gram negativos, no esporulados, aerobios o anaerobios facultativos que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas, aunque algunos pueden ser fermentadores tardíos o no fermentadores, como citrobácter y Serratia respectivamente.<sup>7</sup>
- **Coliformes fecales:** Los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales, capaz de fermentar la lactosa a 44.5°C. Ya que los coliformes fecales se encuentran casi exclusivamente en las heces de animales de sangre caliente, se considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal.<sup>7</sup>



#### 5.4. Parámetros fisicoquímicos Y bacteriológicos que influyen en la aceptabilidad del agua potable

Parámetros	Unidad	Métodos de análisis <sup>1</sup>	Valor recomendado <sup>2</sup>	Valor máximo admisible <sup>2</sup>
Conductividad	µs/cm	2510B. Puente de Wheaston	400	--
Concentración de iones hidrógeno	Valor pH	4500-HB electrométrico	6.5--8.5	--
Alcalinidad	mg/L <sub>(CaCO<sub>3</sub>)</sub>			
Cloruros	mg/L(Cl <sup>-</sup> )	4500-Cl <sup>-</sup> B Argentométrico 4500-Cl <sup>-</sup> C Nitrato de mercurio 4500-Cl <sup>-</sup> D potenciométrico 4500-Cl <sup>-</sup> Ferrocianuro automático 4500-Cl <sup>-</sup> F cromatografía de iones	25	250
Dureza total	mg/L(CaCO <sub>3</sub> )	2340 B Por 2340 C titulación con EDTA	400	--
Calcio	mg/L(Ca <sup>2+</sup> )	3500-Ca B Absorción atómica 3500-Ca C ICP 3500-Ca D Titulación con EDTA 3500-Ca E Titulación con permanganato	100	--
Magnesio	mg/L(Mg <sup>2+</sup> )	3500-Mg B Absorción atómica 3500-Mg C ICP 3500-Mg D Gravimétrico 3500-Mg E Por cálculo	30	50
Nitratos	mg/L(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	4500- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> B ultravioleta 4500- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> C cromatografía de iones 4500- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> D electrodo específico 4500- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> E reducción - cadmio 4500- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> F reducción -cadmio automático 4500- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> G reducción-cloruro Titano 4500- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> H reducción-Hidracina automático	25	50



Nitritos	mg/L(NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	4500- NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> B Colorimétrico 4500- NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> C Cromatografía de iones	--	1
Hierro	mg/L(Fe <sub>2</sub> <sup>+</sup> )	3500- Fe Absorción Atómica 3500-Fe ICP 3500-Fe O-fenantrolina	--	0.3
Sulfatos	mg/L(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	4500-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> B cromatografía de iones 4500-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> C gravimétrico-ignición residuo 4500-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> D gravimétrico-secado residuo 4500-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E Nefelométrico turbidimétrico 4500-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> F Azul Metiltimol automático	25	250
Arsénico	mg/L	3500-As B Absorción Atómica 3500-As C detilditiocarbamato de plata 3500-As D Bromuro de mercurio-estaño 3500-As E ICP	--	0.01
Cadmio	mg/L	3500-Cd Absorción Atómica 3500-Cd ICP	--	0.05
Plomo	mg/L	3500-Pb B Absorción Atómica 3500-Pb C ICP 3500-Pb D ditizona	--	0.01
Coliformes totales		9221. Tubos múltiples de fermentación 9222. Filtro membrana	neg	≤4
Coliformes fecales		9221. Tubos múltiples de fermentación 9222. Filtro membrana	negativo	negativo

1 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21 Edition

2 Normas de Calidad del Agua para Consumo Humano. Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana (Normas CAPRE), Primera Edición 1993, Revisión 1994.



## 5.5. METODOS VOLUMETRICOS

En el análisis volumétrico la concentración del analito se determina midiendo su capacidad de reacción con un reactivo patrón. La valoración implica conocer el volumen de solución patrón necesario para llevar a cabo la reacción completa con el analito, contenido en un peso o volumen conocido de muestra. La volumetría es una de las técnicas analíticas de mayor utilidad, es bastante rápido y permite lograr buena exactitud. El análisis se divide en varias ramas y los principios generales de todas ellas son:

### Titulación

La sustancia que se analizará reacciona con un reactivo que se añade en forma de una solución de concentración conocida, esta recibe el nombre de solución estándar y suele añadirse con una bureta. La solución añadida se llama titulante, se determina el volumen necesario de titulante para que reaccione completamente con la especie que se va a analizar para lo cual deben conocerse la concentración del titulante y la reacción de este con la especie en cuestión.<sup>1</sup>

#### 5.5.1. Requisitos de una titulación:

1. La reacción debe ser estequiometría; es decir, debe existir una reacción bien definida y conocida entre la especie en cuestión y el titulante.
2. La reacción debe ser rápida. La mayoría de las reacciones iónicas son rápidas.
3. No deben producirse reacciones secundarias y la reacción debe ser específica y se deben remover las sustancias interferentes si las hay.
4. Al terminar la reacción debe ocurrir un cambio observable en alguna de las propiedades físicas de la solución.
5. La reacción debe ser cuantitativa, es decir, el equilibrio de la reacción debe estar desplazado hacia la derecha, esto es necesario para que el cambio sea suficientemente notable en el punto final (este es el punto en que el analista



observa un cambio en la solución, puede ser un cambio de color la aparición de un precipitado etc.) y permita lograr la exactitud deseada.<sup>1</sup>

### 5.5.2. Soluciones estándar

Se preparan disolviendo una cantidad exactamente medida de algún material de alta pureza (por ejemplo un material de referencia certificado) denominado estándar primario, y diluyéndola a un volumen conocido con exactitud en un matraz volumétrico. Cuando el material de referencia no tiene suficiente pureza se puede preparar una solución de concentración aproximadamente igual a la deseada y posteriormente estandarizarla con un estándar primario.<sup>1</sup>

### 5.5.3. Estándar primario

#### 5.5.3.1. Requisitos de un estándar primario

- 1- Debe ser 100% puro aunque se pueden tolerar impurezas de 0.01-0.02% cuando se conoce exactamente la cantidad.
- 2- Debe ser estable a las temperaturas de secado debido a que este debe ser secado antes de su medición y muy estable a temperatura ambiente.
- 3- Aunque no es necesario, es conveniente que su masa molecular sea elevada, esto tiene como objetivo, que se pueda medir una cantidad relativamente grande para su titulación lo que garantiza la disminución del error sistemático de medida.
- 4- Debe cumplir los requisitos para una titulación fundamentalmente el quinto requisito (ver punto 5.5.1).<sup>1</sup>

### 5.5.4. Clasificación de los métodos volumétricos

Existen cuatro clases generales de métodos volumétricos, en tres de los cuales, se encuentran pares de sustancias de naturaleza opuesta lo cual es el principal fundamento de estos métodos (exceptuando la complexometría) pues sin importar la clase de este método, estaremos titulando un analito con una solución titulante de naturaleza opuesta para su neutralización:

- **Ácido-base:** muchos compuestos orgánicos e inorgánicos pueden ser ácidos o



bases que pueden titularse con un estándar de una base o un ácido fuertes según sea el caso. Los puntos finales de estas titulaciones se determinan con facilidad empleando un indicador o siguiendo el cambio de pH con un pH-metro.

- **Precipitación:** en este caso el titulante forma un producto insoluble con el analito. Se puede utilizar indicadores para detectar el punto final de la reacción, o se puede medir eléctricamente el potencial de la solución.

- **Complexométricos:** aquí, el titulante es un agente (quelante o quelatante) que forma un complejo (quelato) soluble en agua con el analito (iones metálicos generalmente), pueden usarse indicadores para formar un complejo de color fuerte con el ion metálico.

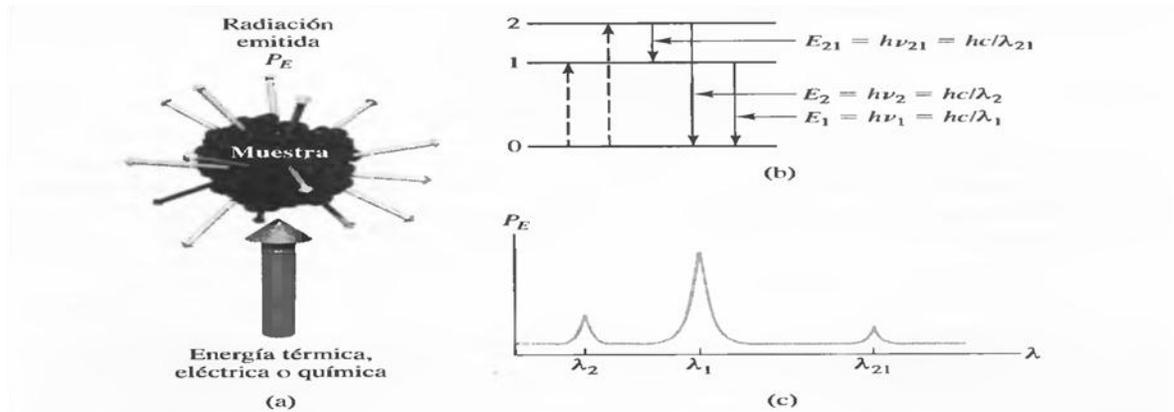
- **Oxido-reducción (redox):** las especies que reaccionan son dadoras yceptoras de electrones. Para este tipo de titulación debe existir una diferencia bastante grande entre los potenciales de oxidación y de reducción para que la reacción sea completa y exista un punto final bien marcado.<sup>1</sup>

## 5.6. Métodos Espectrofotométricos

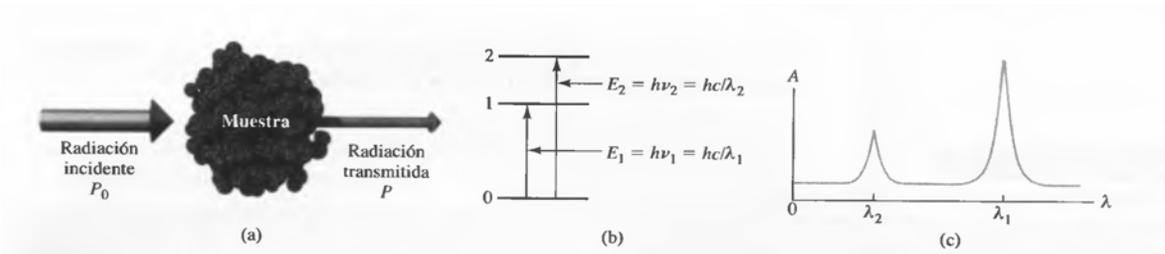
Las medidas basadas en la luz y otras formas de radiación electromagnética se utilizan mucho en química analítica. Las interacciones de la radiación con la materia son el tema de la ciencia denominada espectroscopia. Los métodos analíticos espectroscópicos se fundamentan en medir la cantidad de radiación que producen o absorben las especies moleculares o atómicas de interés. Los métodos espectroquímicos se han convertido quizás en la herramienta más empleada para dilucidar la estructura molecular y para la determinación cuantitativa y cualitativa de compuestos orgánicos e inorgánicos.

Los espectroscopistas emplean la interacción de la radiación con la materia para obtener información sobre las muestras, habitualmente la muestra se estimula en cierto modo al aplicar energía en forma de calor, energía eléctrica, luz, partículas, o una reacción química. Ates de la aplicación del estímulo el analito está predominantemente en su estado de energía mas bajo (estado fundamental),

posteriormente el estímulo hace que alguna especie del analito experimente una transición o un a un estado de mayor energía (estado excitado), se obtiene información sobre el analito al medir la radiación electromagnética emitida conforme la partícula excitada regresa a su estado fundamental o al cuantificar la radiación que se absorbe como resultado de la excitación.



En la imagen, la figura a) la muestra se excita con la aplicación de energía térmica eléctrica o química. En estos procesos no participa energía radiante, por lo tanto se llaman procesos no radiantes, en el diagrama de nivel de la figura b), las líneas continuas simbolizan el proceso de excitación, las líneas discontinuas indican que el analito pierde su energía con la emisión de un fotón, en c), se muestra el espectro resultante como una medida de la energía radiante. PE en función de la longitud de onda  $\lambda$ .



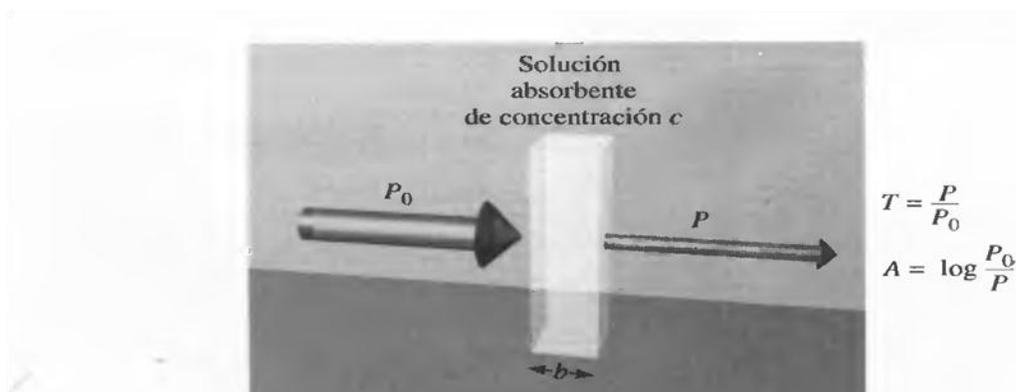
Modos de absorción. La energía radiante  $P_0$  puede ser absorbida por el analito, lo que la transmisión de un haz de menor energía radiante  $P$ , para que pueda ocurrir absorción, la energía del haz incidente debe corresponder a una de las diferencias de energía que se muestra en b) el espectro de absorción resultante aparece en c).

- **En la espectroscopia** de absorción se mide la cantidad de luz absorbida en función de la longitud de onda, lo que proporciona información cuantitativa y cualitativa sobre la muestra.

Cada especie puede absorber sus propias frecuencias características de radiación electromagnética, este proceso transfiere energía a la especie absorbente disminuye la intensidad de la radiación electromagnética incidente de este modo la absorción de la radiación atenúa el haz de radiación de acuerdo con la siguiente ley.<sup>8</sup>

- **Ley de Lambert-Beer**

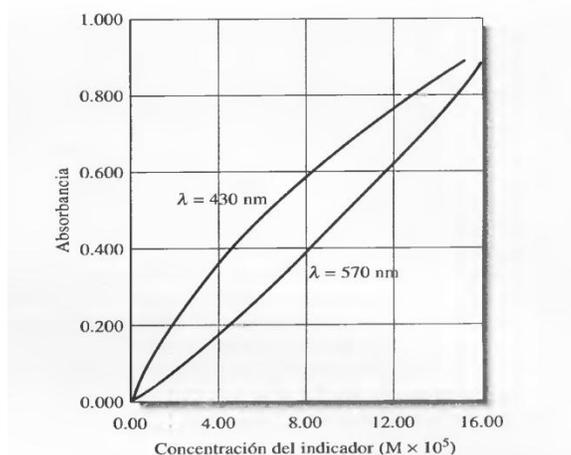
Esta ley indica cuantitativamente la forma en que el grado de atenuación depende de la concentración de las especies absorbentes y de la longitud del trayecto en que ocurre la absorción, es decir; cuando el haz de radiación atraviesa un medio que contiene la especie absorbente, la intensidad de este (haz de radiación) disminuye como consecuencia de de la absorción del analito, cuanto mas largo sea el camino (recorrido por el haz en un espacio con muestra) por el que pasa el haz mas radiación se absorbe, en otras palabras, en una solución de concentración dada, cuanto mas especies absorbentes estén en el trayecto del haz, mayor será su atenuación, de igual modo, para una longitud de trayecto dada, cuanto mayor sea la concentración de especies absorbentes, mayor será la atenuación.



Atenuación de un haz de radiación por una solución absorbente, la flecha gruesa, representa al haz incidente, e indica que la energía radiante es mayor que la que transmite la solución. La longitud del trayecto que atraviesa el haz en la solución absorbente es  $b$  y la concentración es  $C$ .



- **Límites de la ley de Beer:** Son pocas las excepciones a la relación lineal entre la absorbancia y la longitud de trayecto, a una concentración fija, no obstante, es frecuente que se encuentre desviaciones respecto de la proporcionalidad directa entre la y concentración cuando la longitud de trayecto es constante, algunas de ellas llamada **Desviaciones Reales** son significativas y constituyen limitaciones verdaderas a la ley. Otras resultan del método utilizado para medir la absorbancia (**Desviaciones Instrumentales**) o de cambios químicos ocurridos en la matriz (**desviaciones químicas**).
- **Desviaciones reales:** la ley de Beer describe el comportamiento de absorción solo en soluciones diluidas, en concentraciones superiores a 0.01M la relación lineal de la absorbancia con la concentración es afectada por las interacciones electrostáticas de los componentes del medio que afectan directamente la absortividad molar del analito causando desviaciones respecto de la ley de Beer.
- **Desviaciones químicas:** estas ocurren cuando la especie absorbente experimenta asociación, disociación o reacción con el disolvente generando productos cuya absorción es diferente a la del analito. La magnitud de estas desviaciones puede predecirse partir de la absortividad molar de las especies absorbentes y de las constantes de equilibrio de las reacciones que ocurren tales como: dimerización, complejación metálica con mas de un tipo de complejo, acido base y de asociación del disolvente analito.<sup>8</sup>



En el gráfico se observan desviaciones químicas de la ley de Beer en una solución no amortiguada del indicador  $H_{in}$ , note que existen desviaciones positivas a 430nm debidas a la forma ionizada  $in^-$  del indicador y negativas a 570nm debidas principalmente a la forma  $H_{in}$  de la forma ácida no ionizada del mismo indicador.

## 5.7. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Los microorganismos indicadores son aquellos que tienen un comportamiento similar a los patógenos (concentración y reacción frente a factores ambientales y barreras artificiales), pero son más rápidos, económicos y fáciles de identificar. Una vez se ha evidenciado la presencia de grupos indicadores, se puede inferir que los patógenos se encuentran presentes en la misma concentración y que su comportamiento frente a diferentes factores como pH, temperatura, presencia de nutrientes, tiempo de retención hidráulica o sistemas de desinfección es similar a la del indicador.

Un microorganismo indicador de contaminación fecal debe reunir las siguientes características:

- Ser un constituyente normal de la flora intestinal de individuos sanos.
- Estar presente, de forma exclusiva, en las heces de animales homeotérmicos.
- Estar presente cuando los microorganismos patógenos intestinales lo están.
- Presentarse en número elevado, facilitando su aislamiento e identificación.
- Debe ser incapaz de reproducirse fuera del intestino de los animales homeotérmicos.



- Su tiempo de supervivencia debe ser igual o un poco superior al de las bacterias patógenas (su resistencia a los factores ambientales debe ser igual o superior al de los patógenos de origen fecal).
- Debe ser fácil de aislar y cuantificar.
- No debe ser patógeno.

No existe ningún microorganismo que reúna todos los criterios de un indicador ideal y apenas algunos grupos satisfacen algunos de estos requisitos.

Las bacterias que se encuentran con mayor frecuencia en el agua son las bacterias entéricas que colonizan el tracto gastrointestinal del hombre y son eliminadas a través de la materia fecal. Cuando estos microorganismos se introducen en el agua, las condiciones ambientales son muy diferentes y por consiguiente su capacidad de reproducirse y de sobrevivir son limitadas. Debido a que su detección y recuento a nivel de laboratorio son lentos y laboriosos, se ha buscado un grupo alternativo de indicadores que sean de más rápida y fácil detección. El grupo más utilizado es el de las bacterias coliformes.

El grupo de microorganismos coliformes es adecuado como indicador de contaminación bacteriana ya que los coliformes:

- Son contaminantes comunes del tracto gastrointestinal tanto del hombre como de los animales de sangre caliente.
- Están presentes en el tracto gastrointestinal en grandes cantidades.
- Permanecen por más tiempo en el agua que las bacterias patógenas.
- Se comportan de igual manera que los patógenos en los sistemas de desinfección, los coliformes fecales y *E. coli* en particular, se han seleccionado como indicadores de contaminación fecal debido a su relación con el grupo tifoide-paratifoide y a su alta concentración en diferentes tipos de muestras.<sup>1</sup>

#### **5.8. Análisis factorial:**

El análisis factorial y el análisis de componentes principales son dos técnicas de reducción de datos cuyo objetivo general es reducir un



conjunto de variables observadas a un conjunto menor de variables no observadas o subyacentes. Puede ser **exploratorio** o **confirmatorio**, en cualquiera de los casos es una técnica orientada al descubrimiento de variables subyacentes a un conjunto de variables superficiales en el cual se asume que los factores son entidades realmente existentes en los individuos, y que están llenas de contenido teórico.<sup>1</sup>

### 5.8.1. Conceptos fundamentales de análisis factorial y de componentes principales.<sup>1</sup>

**Componentes:** son agrupaciones de variables mediante las cuales se puede explicar el comportamiento de los sujetos en la matriz por medio de la agrupación de las variables por su afinidad a los componentes.

- **El análisis factorial (A.F)** y el **análisis de componentes principales** son dos técnicas de reducción de datos cuyo objetivo general es reducir un conjunto de **variables observadas** a un conjunto menor de **variables no observadas o subyacentes**.
- **Variables observadas:** son las que el investigador puede medir directamente a la población objeto de estudio estas se consideran una manifestación de otras variables no observables directamente.
- **Variables subyacentes:** también denominadas factores, son la causa de las variables superficiales, dicho de otra manera, las variables superficiales son el efecto de las variables latentes. Los factores, pueden influir en una (**factor específico**) o mas variables (**factores comunes**) superficiales, la variable superficial determinada por un mismo factor varía de un sujeto a otro, una alta correlación en dos variables es indicativo de que estas están influidas por un mismo factor, recordemos que estas son el efecto de los factores por tanto si el origen es el mismo, los finales deben ser iguales o muy parecidos. La importancia de estos radica en la cantidad de varianza que explican, es decir, cuanta mayor varianza explica, así es su importancia. Es importante resaltar que los métodos de extracción de factores están orientados a extraer los factores de modo que cada factor extraído, explique mayor varianza que el



factor extraído posteriormente, también es oportuno mencionar que solo se retiene la cantidad mínima necesaria de factores con los cuales se pueda explicar la **matriz de correlaciones observada**.

- **Los factores comunes** son los responsables de la correlación entre variables.
- **Factores únicos:** son producto de la combinación de los factores específicos con los factores de error de medida. Sobre una misma variable superficial pueden influir tanto factores comunes como **específicos**, aunado a estos los errores de medida, a esto se debe la varianza entre las variables.
- **Errores de medida** son factores adicionales (estos dependen de las condiciones en que se realizan las pruebas, tanto de la muestra como del entorno) que se deben tomar en cuenta pues afectan la fiabilidad con que se miden las Variables superficiales, de ahí la necesidad de utilizar pruebas confiables o de controlar estos factores adicionales.
- **Matriz de correlaciones observada (MCO):** Contiene las correlaciones entre todos los pares de variables superficiales medidas.
- **Matriz de correlaciones predicha (MCP):** esta resulta de las combinaciones lineales de los factores.
- **Matriz de correlaciones residual (MCR):** se obtiene mediante el cálculo de la diferencia entre las matrices MCO y MCP.
- **Matriz diagonal:** es toda matriz que contiene unos en la diagonal principal y ceros fuera de ella, el proceso por el cual se obtiene se denomina diagonalización de la matriz.
- **Análisis de componentes principales:** es una técnica orientada al descubrimiento de variables subyacentes a un conjunto de variables superficiales en donde solo se trata de agrupar variables que correlacionan entre si y separarlas de aquellas con quienes no correlacionan.
- **A.F. exploratorio:** en este caso, no se tiene de partida una idea de cuales podrían ser los factores que influyen en las variables medidas.
- **A.F. confirmatorio:** se realiza cuando de inicio, se tiene una idea clara de los factores que pueden extraerse.



- **Rotación de factores:** tiene por objetivo facilitar la interpretación de estos y puede ser **ortogonal** u **oblicua**.
- **R. ortogonal:** se realiza cuando los factores son independientes, es decir que la correlación entre variables es baja o no existe.
- **R. oblicua:** se realiza cuando la correlación entre variables es alta.
- **Índice de Káiser-Meyer y Olkim:** es un índice para comparar las magnitudes de los coeficientes de correlación observados con las magnitudes de los coeficientes de correlación parcial.

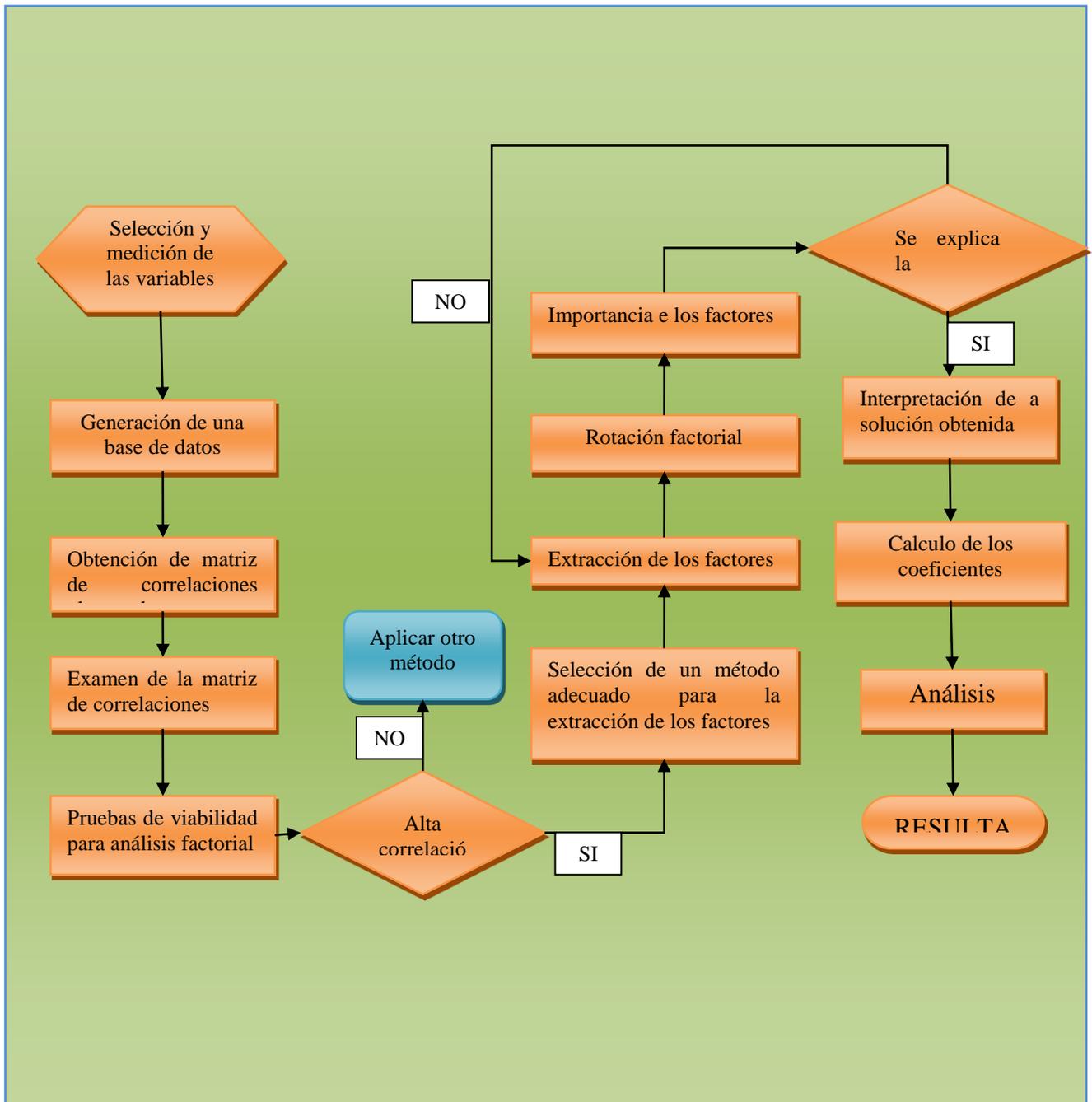
### 5.8.2. Viabilidad de la aplicación del análisis factorial.

#### Pasos o etapas del análisis factorial

Ya sea que se trate de **A.F** exploratorio o confirmatorio, este procede de un modo bien definido como sigue: primero se seleccionan las variables y se miden a un número elevado de sujetos. En segundo lugar se computa la matriz de correlaciones observada, y se procede a realizar la extracción de factores, existen diferentes métodos los que, a menos que el número de variables sea insuficiente no difieren en los resultados. Luego se evalúan los factores para saber que número es necesario retener para explicar la MCO, con el objetivo de facilitar su interpretación es necesario rotar los factores, existen diferente métodos para la rotación de los factores, las que se agrupan en dos grupos generales, R. ortogonal, los factores tienen una baja correlación o definitivamente no correlacionan, R. oblicua, los factores correlacionan alto entre sí.



### FLUJOGRAMA DEL ANÁLISIS FACTORIAL.





## VI. Parte Experimental

### 6.1. METODOLOGÍA

**Tipo de estudio:** Descriptivo de corte transversal.

**Población de estudio:** 26 pozos

**Unidad de Análisis:** Pozos de las comunidades de Zona noreste de la ciudad de León, la peineta, el Tololar, Palo de Lapa, Monte redondo 1,2 y 3

**Área de estudio:** Zona noreste de la ciudad de León, la peineta, el Tololar, Palo de Lapa, Monte redondo 1,2 y 3.

**Muestras:** 26 pozos

### 6.2. REACTIVOS

- Soluciones acondicionadoras de pH =4 y pH =10.
- Solución patrón de KCl 0.01M.
- Indicador verde de bromocresol.
- Ácido clorhídrico 0.011277N.
- Fenolftaleína.
- Solución de nitrato mercúrico 0.0141N.
- Solución patrón de cloruro de sodio 0.0141N.
- Indicador mixto.
- Ácido nítrico concentrado.
- Solución tampón pH =10.
- Solución de EDTA 0.01M.
- Indicador negro de Eriocromo T (NET).
- Solución de hidróxido sódico 1.0N.
- Indicador murexida.
- Tiosulfato de sodio 0.025N.
- Yoduro de potasio 100%.
- Ácido acético concentrado.
- Almidón al 1%.
- Solución patrón  $\text{NO}_2^-$  de 250ppm.



- Solución patrón  $\text{NO}_2^-$  de 2.5ppm.

### 6.3. MATERIALES E INSTRUMENTACIÓN.

- Conductímetro.
- pH-metro.
- Agitador magnético.
- Espectrofotómetro UV-VIS Perkin-Elmer.
- Balanza analítica.
- Horno eléctrico.
- Desecador.
- Pizetas.
- Goteros.
- Soportes.
- Espátulas.
- Beakers de 10, 50, 100 y 250mL.
- Probetas de 10, 50 y 100mL.
- Buretas de 10, 25 y 50mL.
- Bombas y peras de succión.

### 6.4. PROCEDIMIENTO

#### 6.4.1. Preparación de soluciones

##### 6.4.1.1. Conductividad:

La conductividad eléctrica del agua es la capacidad de la misma para transmitir la corriente eléctrica, esta depende de la actividad de los iones disueltos en el agua, y se ve afectada por la temperatura de la solución, es decir, que la misma muestra de agua a diferentes temperaturas, tiene un valor de conductividad eléctrica distinto. Para medir la conductividad se usa un Conductímetro.

- **Solución patrón de KCl 0.01M:** medir 0.7456g de KCl anhidro disolver en unos 600mL de agua destilada y agitar hasta disolver luego aforar a un litro en un balón aforado.



#### 6.4.1.2. pH.

La medida de pH se basa en la determinación de la diferencia de potencial que existe entre una celda de calomel saturado y un electrodo de vidrio inmersos en una misma solución, esta diferencia depende de la concentración de iones hidrógeno presentes en la solución, este valor también se ve afectado con la temperatura. EL pH es una escala logarítmica que va de 1 a 14 siendo 1 el valor de mayor acidez.

**Nota: Los procedimientos pueden variar dependiendo de la marca y modelo del equipo utilizado, pero el fundamento es siempre el mismo. Se debe lavar bien el electrodo después de cada medición de pH a cada muestra.**

- **Solución tampón de pH 7:** disolver 3.39g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (secado en estufa a 110 °C durante dos horas) en agua destilada libre de  $\text{CO}_2$  y enrazar a un litro en un balón aforado.
- **Solución de pH 4:** disolver 10.12g de ftalato de hidrogeno y potasio ( $\text{C}_8\text{H}_4\text{O}_4\text{k}$ ) (previamente secado en estufa a 110C durante dos horas) en agua destilada libre de  $\text{CO}_2$  y enrazar a un litro en un balón aforado.

#### 6.4.1.3. Alcalinidad total.

La alcalinidad de un agua se puede definir como, la capacidad que esta tiene de neutralizar ácidos, esta capacidad se determina mediante la suma de todas las bases titulables contenidas en el agua objeto de estudio. Las bases mas influyentes en la alcalinidad son los carbonatos, bicarbonatos e hidróxido, así, la alcalinidad puede ser un indicativo de la concentración de estos componentes en el agua.

Esta determinación se hace titulando un volumen conocido de agua, con un ácido mineral y usando el indicador apropiado.

- **Acido clorhídrico 0.0106N:** disolver 0.0867mL de acido clorhídrico concentrado en 100mL de agua destilada.



- **Indicador verde de bromocresol:** disolver 0.1g de verde de bromocresol en 14.3mL de hidróxido de sodio (NaOH) 0.01N, después agregar aproximadamente 225mL de agua destilada.

#### 6.4.1.4. Cloruros.

El cloruro se puede titular con nitrato mercúrico [Hg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] porque el producto de la reacción es cloruro mercúrico soluble ligeramente disociado. En la zona de pH 2.3-2.8 la difenilcarbazona indica el punto final de la titulación por la formación de un complejo púrpura con los iones mercúricos en exceso. El xilenocianol FF sirve como indicador de pH y potenciador del punto final. Aumentando la concentración del titulante y modificando las mezclas de indicadores, se puede mejorar las concentraciones medibles de cloro.

- **Solución de nitrato mercúrico 0.0141N:** disolver 2.5g de Hg (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O en 20 mL de agua destilada que contiene 0.25mL de HNO<sub>3</sub> concentrado, luego se diluye en un litro, se estandariza para determinar la concentración exacta con una solución patrón de NaCl.
- **Solución patrón de cloruro de sodio (NaCl) 0.0141N:** disolver 8.243g de NaCl previamente secados por media horno y se diluye a 500mL en un balón volumétrico, de esta solución se toman 50mL y se diluye a un litro.
- **Indicador mixto:** disolver 0.50g de difenilcarbazona y 0.05g de azul de bromofenol y se diluyen a 100mL con etanol.

#### 6.4.1.5. Dureza total.

La dureza del agua se define como la concentración de carbonato cálcico que es químicamente equivalente a la concentración de cationes multivalentes del agua, principalmente calcio y magnesio. Su determinación se basa en la capacidad de estos iones de formar quelatos con el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) en una solución acuosa a pH 10. Para esta titulación se utiliza el Negro de Eriocromo T (NET) que forma un complejo de color rojo vino con el Magnesio, durante la



titulación, el EDTA reacciona primero con los iones calcio y Magnesio libres, y posteriormente con el Magnesio complejoado con el indicador, en el punto final de la titulación se observa en cambio de color de rojo vino a azul.

- **Solución tampón pH 10:** diluir en agua y con agitación continua, 570mL de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y 70g de cloruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) y aforar a un litro.
- **Indicador Negro de Eriocromo T (NET):** medir 1g de NET y diluirlos en 100mL de etanol.
- **Solución de EDTA 0.01M:** medir 3.722g de etilendiaminotetraacetato disódico dihidratado ( $\text{Na}_2\text{EDTA} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), disolver en unos 600mL de agua destilada y aforar a un litro.

#### 6.4.1.6. Calcio

Su determinación se basa en la capacidad de los iones Calcio de formar quelatos con el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) en una solución acuosa a pH 12 para que los iones Magnesio precipiten en forma de hidróxido y no interfieran en la titulación. El indicador utilizado para la titulación es Murexida, el cual forma con el calcio un complejo de color rosa, el viraje en el punto final de la titulación es de rosa a malva.

- **Solución de hidróxido sódico 1N (tampón pH12):** medir 40g de hidróxido sódico, disolver en unos 600mL de agua destilada y aforar a un litro.
- **Indicador murexida:** medir 1g de purpurato amónico (murexida) y 100g de NaCl pulverizar y homogeneizar la mezcla en mortero.

**Solución de EDTA 0.01M:** preparar igual que en la dureza total.

#### 6.4.1.7. Nitrito.

Este método se basa en la reacción de los iones nitrito presentes en una muestra de agua con el ácido sulfanílico en presencia de ácido clorhídrico, amoníaco y fenol, esto permite la formación de un complejo de color amarillo medible a 435nm. La intensidad del color amarillo depende de la concentración del ion nitrito en la muestra.



- **Solución patrón  $\text{NO}_2^-$  de 250ppm:** medir 0.375g de nitrito sódico ( $\text{NaNO}_2$ ), previamente secado en horno a  $110^\circ\text{C}$  durante dos horas, disolver en unos 600mL de agua y aforar a un litro en un balón aforado.
- **Solución patrón  $\text{NO}_2^-$  de 2.5ppm:** tomar 10mL de la solución anterior y aforar a 1L en un balón aforado.
- **Reactivo De Zambelli:** diluir 206mL de HCL concentrado con 500mL de agua destilada, añadir 5g de ácido sulfanílico monohidratado ( $\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}\cdot\text{H}_2\text{O}$ ) y 7.5g de fenol ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ ), calentando suavemente hasta disolución, dejar enfriar y agregar 135g de cloruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) cuando esté todo disuelto, aforar a 1L con agua destilada.

#### 6.4.1.8. Nitrito.

El nitrito presente en una muestra de agua se determina espectrofotométricamente mediante la absorción de radiación ultravioleta de 220nm, la materia orgánica disuelta puede interferir, por lo que se debe hacer una segunda medición a 275nm para confirmar el valor de nitrito obtenido a 20nm. Para evitar otras interferencias se acidifica como hidróxidos y carbonatos, se añade ácido clorhídrico al la muestra.

- **Solución patrón  $\text{NO}_3^-$  de 100ppm:** medir .1630g de nitrito de potasio anhidro ( $\text{KNO}_3$ ), previamente secado en horno a  $110^\circ\text{C}$  durante dos horas, disolver en unos 600mL de agua y aforar a un litro en un balón aforado.
- **Solución de HCl 1N:** tomar 8.6mL de HCl concentrado añadirlos a 60mL de agua destilada y enrazar a 100mL en un balón aforado.
- **Suspensión de hidróxido de Aluminio:** medir 125g de alumbre de potasio ( $\text{KAISO}_4\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ) y disolverlos en 1L de agua destilada, calentar a  $60^\circ\text{C}$  y añadir 55mL de amoníaco concentrado ( $\text{NH}_3$ ), lentamente y con agitación, dejar reposar la mezcla una hora, introducirla en un vaso de 2L y lavar el precipitado con agua destilada adicionándola y decantándola sucesivamente hasta eliminar los iones cloruro, nitrito, y amonio, dejar reposar hasta sedimentar, decantar lo mejor posible y conservar solamente la suspensión concentrada.



#### 6.4.1.9. Hierro.

El hierro disuelto en una muestra de agua se reduce al estado ferroso por ebullición con ácido e hidroxilamina y se agrega 1,10-fenantrolina a pH de 3.2-3.3, se forma un complejo de color rojo-naranja que es un quelato de tres moléculas de fenantrolina y un ion ferroso, la solución coloreada obedece a la ley de Beer y su intensidad es independiente del pH en el rango de 3-9, un pH de 2.9-3.5 y un exceso de fenantrolina asegura un rápido desarrollo del color.

- **Solución estándar de hierro de 200ppm:** medir 0.2g de alambre de hierro 99% puro y transferir a un frasco volumétrico de 1L, agregar 10mL de agua destilada luego 5mL de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) y dejar reaccionar hasta disolución completa del hierro, luego aforar hasta la marca y transferir a una botella de vidrio tapar y guardar. Esta solución es estable por 6 meses.
- **Solución estándar de hierro de 10ppm:** transferir con una pipeta volumétrica 5mL de la solución anterior a un balón aforado de 100mL y agregar 1mL de ácido sulfúrico concentrado luego aforar hasta la marca.
- **Solución de cloruro de hidroxilamina al 10%:** disolver 10g de cloruro de hidroxilamina con 50mL de agua destilada en un balón aforado de 100mL enrazar y guardar en una botella de vidrio tapada. Esta solución es estable por un mes.
- **Solución buffer ácido acético-acetato:** disolver 250g de acetato de amonio ( $CH_3COONH_4$ ) con 150mL de agua destilada en un beacker de 2L, agregar cuidadosamente 700mL de ácido acético glacial medido con una probeta, guardar en botella plástica bien tapada. Estable indefinidamente.
- **Solución 1,10-fenantrolina:** disolver 100 mg de monohidrocloreto de 1,10-fenantrolina en 50ml de agua destilada, en un frasco volumétrico de 100 ml, aforar hasta la marca con agua destilada, guardar la solución bien tapada, estable por X meses.

#### 6.4.1.10. Sulfato.



- **Solución patrón de sulfato de sodio 120ppm:** pesar 0.1775g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidro (previamente secado en estufa a  $110^\circ\text{C}$  por dos horas) disolver en unos 600 ml de agua destilada y enrazar a un litro en matraz aforado.
- **Solución de ácido clorhídrico al 10% (V/V):** tomar 10ml de HCl concentrado y añadirlo a 90ml de agua destilada.

#### 6.4.2. Estandarización de soluciones

- 6.4.2.1. Estandarización de EDTA:** dilúyanse 25ml de la solución de carbonato de calcio hasta alrededor de 50ml de agua destilada en un recipiente adecuado, añádase de uno a dos ml de solución tampón generalmente un ml basta para estabilizar el pH entre 10 y 10.1 añádase una o dos gotas del indicador NET, titular con EDTA estandarizado utilizando un agitador magnético, titule hasta que la coloración de la solución a causa del goteo cambie en un intervalo de 3-5 segundos, en el punto final el color de la solución debe ser azul.
- 6.4.2.2. Estandarización de nitrato mercúrico:** tomar 2ml de solución patrón de NaCl 0.0141M y 25ml de agua destilada, añádase aproximadamente 0.5ml de reactivo indicador mixto y agite bien la solución, esta debe tornarse púrpura titular con  $\text{HNO}_3$  0.1N en el punto final la solución se torna amarillo. Titule ésta con  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  hasta color púrpura permanente, valore un blanco utilizando el mismo procedimiento.
- 6.4.2.3. Estandarización de HCl:** tomar 2ml de la solución estándar de  $\text{NaCO}_3$  0.5299 g/100ml de agua y aforar a 100ml, agregar 4 gotas del indicador verde de bromocresol, titular con HCl hasta el viraje de azul celeste a incoloro amarillento.



### 6.4.3. Procedimiento Operativo

#### 6.4.3.1. Conductividad eléctrica ( 2510B. Puente de Wheaston)

- Calibración de un Conductímetro: antes de iniciar la medida de conductividad de las muestras de agua, se debe calibrar el equipo para garantizar la fidelidad de los resultados, esto se realiza midiendo la conductividad de una solución estándar (cloruro de potasio 0.01M en nuestro caso), cuya conductividad a una concentración y temperatura dadas, es conocida.
- Medición de la conductividad: verter en un beacker de 100mL unos 80mL de la muestra de agua introducir en ella el electrodo y la sonda de temperatura, esperar unos segundos y anotar el valor que reporte el instrumento.

**Nota: los procedimientos pueden variar dependiendo de la marca y modelo del equipo utilizado, pero el fundamento es siempre el mismo.**

#### 6.4.3.2. pH ( 4500-HB electrométrico)

- Calibración de un pH-metro: antes de iniciar la medida del pH se debe calibrar el pH-metro para garantizar la fidelidad de los resultados, para esto se ocupan soluciones tampón de pH 4 y pH 7.
- Medida del pH: en un beacker de 100mL se colocan aproximadamente 80mL de la muestra de agua y se introduce el electrodo del pH-metro y la sonda de temperatura, esperar unos segundos (hasta que el valor mostrado por el equipo sea estable por al menos 5s y anotar dicho valor

#### 6.4.3.3. Alcalinidad total. Método volumétrico (titulación ácido-base)

- Se toman 50mL de la muestra y se le añaden unas 5 gotas del indicador verde de bromocresol, finalmente se titula con HCl 0.0106N hasta observar el cambio de color de azul a amarillo.
- Calculo: la alcalinidad total en g/mL de una muestra de agua se calcula mediante la siguiente ecuación.



$$\text{mg}_{\text{CaCO}_3/\text{L}} = V' * M * 50 * 1000 / V$$

Donde:

V'=volumen (mL) de HCl utilizados en la titulación de la muestra.

M=Concentración del HCl en unidades de molaridad.

V=volumen de la muestra en mL

**Bicarbonato:** el contenido de bicarbonato en mg/L de agua se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{mg}_{\text{HCO}_3/\text{L}} = V' * M * 61 * 1000 / V$$

Donde:

V'=volumen (mL) de HCl utilizados en la titulación de la muestra.

M=Concentración del HCl en unidades de molaridad.

V=volumen de la muestra en mL

#### 6.4.3.4. Cloruro: 4500-Cl<sup>-</sup> C Nitrate de mercurio

- Se toman 50mL de muestra y se añade 1mL de la mezcla de indicadores, luego se titula con nitrato mercúrico 0.0141N hasta notar el cambio de verde azul a azul violeta.
- Calculo: el contenido de cloruro en mg/L se obtiene de la siguiente expresión:

$$\text{mg}_{\text{Cl}/\text{L}} = V' * N * 35.5 * 1000 / V$$

Donde:

V'=volumen (mL) de nitrato mercúrico utilizados en la titulación de la muestra.

N=Concentración del nitrato mercúrico en unidades de normalidad.

V=volumen de la muestra en mL



#### 6.4.3.5. Dureza total: 2340 C titulación con EDTA

- Verter en un beacker de 125mL 100mL de la muestra de agua, añadir 2mL de solución tampón de pH 10 y dos gotas del indicador NET, introducir una barra magnética y colocar sobre un agitador magnético titular con EDTA y constante agitación hasta el viraje.
- Calculo: la dureza total, expresada, como mg/L se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\text{mg}_{\text{CaCO}_3/\text{L}} = V' * M * 100 * 1000 / V$$

Donde:

V'=volumen (mL) de nitrato mercúrico utilizados en la titulación de la muestra.

N=Concentración del nitrato mercúrico en unidades de normalidad.

V=volumen de la muestra en mL

#### 6.4.3.6. Calcio: 3500-Ca D Titulación con EDTA

- En un beacker de 125 mL verter 100mL de muestra, añadir 5mL de solución tampón de pH 12 y 0.1g de indicador murexida, introducir una barra magnética y colocar el sistema sobre un agitador magnético.
- Titular con EDTA 0.01M agitando continuamente hasta observar el viraje.
- Calculo: el contenido de calcio de una muestra de agua expresado en mg/L se obtiene mediante la siguiente expresión:

▪

$$\text{mg}_{\text{Ca}^{2+}/\text{L}} = V' * M * 40 * 1000 / V$$

Donde:

V'=volumen (mL) de EDTA utilizados en la titulación de la muestra.

M=Concentración del HCl en unidades de molaridad.

V=volumen de la muestra en mL

#### 6.4.3.7. Magnesio: 3500-Mg E Por cálculo

El magnesio puede expresarse como La diferencia entre La dureza total y El calcio como  $\text{CaCO}_3$ , si los metales que interfieren están presentes en cantidades ínfimas en la titulación del calcio, se utilizan inhibidores adecuados en la titulación de la dureza total.

- Cálculo: el contenido de magnesio presente en una muestra de agua expresado como mg/L se obtiene de la siguiente expresión:

$$\text{mg}_{\text{Mg}^{2+}}/\text{L} = (\text{V}'' - \text{V}' * \text{M} * 24.3 * 1000) / \text{V}$$

Donde:

$\text{V}''$  = volumen (mL) de EDTA usado en la determinación de la dureza total.

$\text{V}'$  = volumen (mL) de EDTA usado en la determinación de calcio.

$\text{V}$  = volumen de la muestra en mL

$\text{M}$  = Concentración del EDTA en unidades de molaridad.

#### 6.4.3.8. Dureza cálcica: deducción por cálculo

Para determinar la cantidad (mg) de calcio presente como carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) presentes en la muestra en unidades de mg/L se usa la siguiente expresión:

$$\text{mgCaCO}_3/\text{L} = \text{V}' * \text{M} * 100 * 1000 / \text{V}$$

Donde:

$\text{V}'$  = volumen (mL) de EDTA usado en la determinación de calcio.



V=volumen de la muestra en mL

M=Concentración del EDTA en unidades de molaridad.

#### 6.4.3.9. Dureza magnésica: deducción por cálculo

Para determinar la cantidad (mg) de Magnesio presentes en la muestra en unidades de mg/L se resta de los mg/L de calcio encontrados en la dureza total y los mg/L de Calcio calculados en la dureza cálcica como se ve en la siguiente expresión:

$$\text{mgCaCO}_3/\text{L} = \text{mgCaCO}_3/\text{L} (\text{de dureza total}) - \text{mgCaCO}_3/\text{L} (\text{de dureza cálcica})$$

#### 6.4.3.10. Nitritos: 4500- $\text{NO}_2^-$ B Colorimétrico

- Preparación de la curva de calibración: para preparar una curva de calibración en el rango de 0-0.5mg/L de nitrito, verter en matraces aforados a 50mL volúmenes de 0, 1, 2, 4, 6, 8 y 10mL de la solución patrón de 2.5ppm de nitrito, aforar con agua y homogeneizar.
- Transferir las soluciones preparadas en el paso anterior a un tubo de ensayo de 60mL y agregar 2mL del reactivo de Zambelli, homogeneizar y esperar 10min, posteriormente, añadir 2ml de amoníaco puro y homogeneizar.
- Preparación de la muestra: tomar 50mL de a muestra y proceder como en el paso anterior.
- Determinación: medir la absorbencia a 435nm de cada uno de los estándares (puntos) de la curva y a la muestra en un tiempo no mayor a 60min posteriores a la adición de amoníaco a estos.
- Calculo: la cantidad de nitritos presentes en la muestra se obtiene por lectura directa en el espectrofotómetro después que se ha obtenido la curva de calibración, en unidades de ppm.



#### 6.4.3.11. Nitrato: 4500- $\text{NO}_3^-$ B ultravioleta

- Preparación de la curva de calibración: agregar a matraces aforados a 50mL, 0, 1, 2, 2.5, 10 y 15ml de solución patrón de nitrato de 100ppm y aforar con agua destilada, añadir 1mL de ácido clorhídrico 1M y homogeneizar.

- Preparación de la muestra:

Preparación de la curva de calibración: agregar a matraces aforados a 50mL, 0, 1, 2, 2.5, 10 y 15ml de solución patrón de nitrato de 100ppm y aforar con agua destilada, añadir 1mL de ácido clorhídrico 1M y homogeneizar.

Preparación de la muestra: si la muestra presenta turbidez o color, añadir 4mL de la suspensión de hidróxido de aluminio a cada 100mL de muestra en un erlenmeyer, agitar y dejar sedimentar durante 5min, luego filtrar utilizando un filtro de membrana de 450nm previamente lavado con 250mL de agua destilada, tomar 50mL de la muestra clarificada añadir 1mL de ácido clorhídrico 1M y homogeneizar.

Determinación: medir la absorbancia a 220 y 275nm y corregir con un blanco.

Calculo: al doble del valor obtenido a 275nm restar la lectura obtenida a 220nm para obtener la lectura debida a los iones nitrato, la concentración de nitratos se obtiene por extrapolación de este último valor con la curva de calibración.

#### 6.4.3.12. Hierro: 3500-Fe O-fenantrolina

Preparación de la curva de calibración: en seis matraces aforados a 50mL agregar 0, 2, 4, 6, 8 y 10 de estándar de hierro de 10ppm y aforar con agua destilada, agregar 2mL de ácido clorhídrico concentrado y homogeneizar, luego agregar 1mL de hidroxilamina y homogeneizar nuevamente.



Transferir las soluciones a frascos de digestión y digestar durante 40min manteniendo la temperatura entre 100-110°C, luego transferir el contenido de los frascos de digestión a balones de 50mL y aforar con agua destilada, verter los 50mL de cada solución a erlenmeyers de 100mL y agregar 15mL de solución buffer de ácido acético-acetato y luego agregar 2mL de 1,10-fenantrolina.

Preparación de la muestra: tomar 50mL de la muestra de agua y proceder de manera análoga al paso anterior.

Determinación: medir la absorbancia del blanco y de cada estándar a 510nm y posteriormente medir la absorbancia de la muestra. Si la muestra estuviera fuera del rango de la curva, hacia el lado positivo del eje "X", proceder de acuerdo a la siguiente tabla:

Concentración esperada de hierro (ppm)	Alícuota de muestra a tomar (mL)
0.2-2	50
2.5-25	5
25-250	0.5

Cálculo: el contenido de hierro en las muestras de agua se obtiene por lectura directa en el espectrofotómetro. Si hizo una dilución de la muestra antes de leerla en el equipo, tener en cuenta el factor de dilución que haya utilizado.

#### 6.4.3.13. Sulfato: 4500-SO42- E Nefelométrico turbidimétrico

Los iones sulfato en una muestra de agua en presencia de ácido clorhídrico y por adición de cristales de cloruro de bario, precipitan en forma de sulfato de bario como una suspensión homogénea, a esta última se le mide la turbidez por medio de un turbidímetro.

El contenido de sulfatos en la muestra de agua se obtiene por lectura directa del turbidímetro.

## VII. Resultados y Análisis

- ❖ Las siguientes tablas muestran los resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos que están por encima del valor permitido en relación a la norma CAPRE. Cada tabla se refiere a una variable y contiene información sobre el propietario del pozo afectado, la comunidad a la cual pertenece y los valores obtenidos para las dos épocas del año en que se realizó el análisis. Se omiten los valores que están conforme a la norma para evitar información innecesaria.

### 7.1. Conductividad

CONDUCTIVIDAD ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )				
Propietario	Comunidad	Época lluviosa	Época seca	Valor recomendado por la norma CAPRE
Juana Pozo	Monte redondo 2	486.00	469.00	400
Mercedes Delgado	Palo de Lapa	465.15	433.00	
Pablo Pérez	El Tololar	--	413.70	

Solamente para tres pozos los valores obtenidos son ligeramente superiores a 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y para este parámetro la norma no reporta un valor máximo admisible

### 7.2. Magnesio

MAGNESIO ( $\text{mg}/\text{l}$ )				
propietario	comunidad	Época lluviosa	Época seca	Valor recomendado por la norma CAPRE
Mercedes Delgado	Palo de Lapa	32,17		30
Victorino Picado (pozo comunal)	Palo de Lapa	30,9		Valor máximo admisible por la norma CAPRE
Pozo comunal	La Peineta	30,9		50



El 2.88% de las muestras, equivalente al 11.54% de la población tuvo valores de concentración de magnesio que no satisfacen lo establecido por la norma CAPRE. Para los tres pozos los valores son ligeramente mayores que el límite recomendado, sin embargo el valor máximo admisible según la norma es de 50 mg/l.

### 7.3. Nitratos

NITRATOS (mg/l)						
Propietario	Comunidad	Época lluviosa		Época seca		Valor recomendado por la norma CAPRE
Pablo Pérez	El Tololar	117.46	27.23	124.85		25
Jesús Ruíz		26.15	40.17	49.43	39.66	
Vivian Manuel Mejía		86.62	45.71	27.12		
Miguel García		36.63	36.30	36.67	70.85	
Fidelina Hernández Toval		25.03				
Victorino Picado (pozo comunal)	Palo de Lapa	85.44	81.50	90.28	45.09	
Donald López		33.54	30.15			
Mercedes Delgado		132.21	77.32	78.23	43.46	
Cándida Ramírez	La Peineta	76.09	64.42	72.46	27.92	
María Elena Hernández		55.93	40.17	40.98		
Pozo comunal		37.88	33.44	30.45	30.08	Valor máximo admisible por la norma CAPRE
Medardo García Escoto		25.34				
Cornelio Guido	Monte redondo 1			34.06	33.67	50
Santiago Justino Mendoza	Monte redondo 2	27.61		25.04		
Carlos Sandoval		27.00		30.25		
Andrés Salgado				26.67		
Juana Pozo		103.02		144.60	107.66	
Concepción Osorio	Monte redondo 3	28.38				



Con los resultados obtenidos y presentados en la tabla anterior se puede observar que las seis comunidades consideradas en el estudio presentan pozos afectados con altas concentraciones de nitratos. El 69.23 % de los pozos analizados presentan niveles de nitrato mayores que el valor recomendado por la norma (25 mg/l) al menos una de las veces de muestreo en el año. El 26.92% de los pozos presentan niveles mayores que el valor máximo admisible (50 mg/l).

La relación entre los niveles de nitrato encontrados en épocas diferentes para un mismo pozo no muestra resultados concurrentes, probablemente debido a que no hay división marcada entre las dos épocas prologándose ambos períodos, presentándose lluvias fuera de época lluviosa. Es posible que origen de la presencia de nitratos sea proveniente de la aplicación de agroquímicos, sin embargo hace falta realizar un monitoreo para este parámetro para conocer mejor la problemática.

Cabe mencionar que las concentraciones altas de nitratos son peligrosas para lactantes.

#### 7.4. Plomo

PLOMO (mg/l)				
PROPIETARIO	Comunidad	Época lluviosa	Época seca	Valor recomendado por la norma CAPRE
Pablo Pérez	El Tololar	0.0100		
Miguel García	El Tololar		0,0278	
Cornelio Guido	Monte redondo 1		0,018	
Modesta Vargas	Monte redondo 1		0,018	
Juana Pozo	Monte redondo 2		0,014	Valor máximo admisible por la norma CAPRE
Cándida Ramírez	La Peineta		0,014	0,010
Evangelina Centeno	La Peineta		0,014	
Medardo García Escoto	La Peineta	0.0100		
Mercedes Delgado	Palo de Lapa		0,0121	



En lo referente a la variable plomo, se encontraron 9 casos de contaminación, de los cuales, uno casi triplica el valor máximo admisible por la norma y dos de ellos casi duplican este valor. Los casos no son reincidencias y la mayoría de ellos se encontró en la época seca. El 8.6% de las determinaciones revelaron concentraciones de plomo que no satisfacen la norma, esto corresponde al 34.61% de la población.

### 7.5. Sulfatos

SULFATOS (mg/l)				
Propietario	Comunidad	Época lluviosa	Época seca	Valor recomendado por la norma CAPRE
<b>Mercedes Delgado</b>	Palo de Lapa	28.37		25
<b>Victorino Picado (pozo comunal)</b>	Palo de Lapa	26.07		
<b>Fidelina Hernández Toval</b>	El Tololar	26.15		
<b>Juana Pozo</b>	Monte redondo 2		25.63	

El 3.84% de las determinaciones revelaron concentraciones de sulfatos que no satisfacen la norma, esto corresponde al 15.38% de la población. Según la norma CAPRE el valor recomendado es de 25ppm, si observamos los valores encontrados el mayor es de 28.37ppm como puede verse, no se aleja mucho de lo recomendado por la norma.

### 7.6. Resultados globales para parámetros físico químicos

En la siguiente tabla se muestran los resultados globales de los análisis. En la primera columna se ubican los nombres de los propietarios de los pozos, la columna 2 se refiere al nombre de la comunidad. Las siguientes 6 columnas encabezadas con los nombres de los parámetros físico químicos contiene el número de casos que supera el límite recomendado por la norma CAPRE



PROPIETARIO	CE	Mg <sup>2+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Pb <sup>2+</sup>
Pablo Pérez	1		3	2		1
Jesús Ruíz			4			
Vivian Manuel Mejía			3			
Miguel García			4			1
Fidelina Hernández Toval et			1		1	
Victorino Picado (pozo comunal)		1	4		1	
Donald López			2			
Mercedes Delgado pl	3	1	4	1	1	1
Cándida Ramírez			4			1
María Elena Hernández			3			
Evangelina Centeno						1
Pozo comunal		1	4			
Medardo García Escoto Ip			1			1
Cornelio Guido mr1			2			1
Modesta Vargas mr1						1
Santiago Justino Mendoza			2			
Carlos Sandoval			2			
Andrés Salgado			1			
Juana Pozo mr2	3		3		1	1
Concepción Osorio mr3			1			
<b>Total muestral</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>48</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>9</b>
<b>% muestral</b>	<b>6.72</b>	<b>2.88</b>	<b>46.15</b>	<b>2.88</b>	<b>3.84</b>	<b>8.6</b>
<b>Total poblacional</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>18</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>9</b>
<b>% poblacional</b>	<b>11.54</b>	<b>11.54</b>	<b>69.23</b>	<b>7.69</b>	<b>15.38</b>	<b>34.61</b>

En el estudio se realizaron 4 muestreos a cada uno de 26 pozos: 2 en época lluviosa y 2 en época seca. En total se analizaron 104 muestras.

En el caso de conductividad eléctrica se presentaron 7 casos positivos de un total de 104 muestras procesadas, lo cual corresponde a un 6.72% que corresponden a 11.54% de la población, estos valores de conductividad eléctrica



no cumplen con los establecidos por la norma CAPRE. Cabe mencionar que esta norma recomienda un valor de conductividad el cual consideran normal y por lo tanto aceptable mas no establece un valor crítico para esta variable.

De la misma manera se conoce el porcentaje respectivo para cada parámetro: 2.88% para magnesio, 46.15% para nitrato, 2.88% para cloruro, 3.84% para sulfato y 8.6% para plomo.

De lo anterior se deduce que la variable que más está afectando a la población son los nitratos. Dado que el estudio incluyó 26 pozos y considerando el número de pozos afectados (18), un 69.54% de pozos reflejan concentraciones de nitrato por encima del límite recomendado por las normas CAPRE.

En el 23.08% de los pozos los valores para todos los parámetros físico químicos satisfacen la norma CAPRE.

### **7.7. Parámetros microbiológicos.**

Dado que para los parámetros microbiológicos la norma establece 0 como valor permitido y como máximo admisible para los coliformes fecales y 0 como valor recomendado y  $\leq 4$  para los coliformes totales, solamente cuatro casos satisfacen la norma; tres de ellos para el pozo comunal de La Peineta equivalente al 2.98% muestral y 3.85% poblacional y uno para el pozo comunal de Monte Redondo equivalente al 0.96% muestral y 3.84% poblacional.

### **7.8. Componentes extraídos**

Con los resultados obtenidos de las mediciones de las distintas variables fisicoquímicas y microbiológicas se realizó un análisis factorial exploratorio en el que después de muchos intentos, no se pudieron retener los parámetros Arsénico, Plomo, Hierro y Cadmio.



En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos del análisis factorial con el SPSS. En la correlación entre las variables se realizaron tres análisis factorial a la misma matriz: uno para las muestras tomadas en época seca, otro para las muestras tomadas en época lluviosa y un tercero que implica ambas estaciones.

Como se puede observar en la tabla, fue necesario extraer cinco componentes para explicar el total de variables analizadas. Para una mejor comprensión de los resultados, los componentes se han agrupado en filas y se le han asignado colores a las variables de acuerdo al componente en que se encuentran, En las columnas se han agrupado las variables que constituyen cada componente en cada estación como un contraste de los resultados rotados y sin rotar para tener una mejor visión y comprensión del comportamiento de los mismos. En tablas adicionales se mostraran las cargas factoriales y las saturaciones de parámetros en cada factor, su importancia se explicará adjunto a dichas tablas.

Se debe tener mucho cuidado en la interpretación de los datos, especialmente al comparar, no se puede comparar un componente con otro de una estación distinta, es decir en la tabla se puede comparar el resultado inicial con el resultado después de la rotación, pues, aunque los resultados son similares, proceden de un distinto proceso de análisis factorial.



VISTA DE LOS COMPONENTES EXTRAÍDOS, ROTADOS Y SIN ROTAR						
COMPO NENTES	COMPLETO		Época seca			
	Sin rotar	Rotados	Sin rotar	Rotados	Sin rotar	Rotados
<b>I</b>	Dureza total conductividad Nitrato Dureza magnésica Magnesio Cloruro Calcio Dureza cálcica	Dureza total Conductividad Nitrato Dureza magnésica Magnesio	Dureza total Dureza magnésica Conductividad Nitrato Cloruro Magnesio Calcio Dureza cálcica Sulfato pH	Dureza total Dureza magnésica Conductividad Nitrato Cloruro Magnesio Calcio Dureza cálcica Sulfato	Dureza total Dureza magnésica Conductividad Nitrato Cloruro Magnesio	Dureza total Dureza magnésica Conductividad Nitrato Cloruro Magnesio
<b>II</b>	Sílice Bicarbonato Sulfato PH	Calcio Cloruro Dureza cálcica	Alcalinidad total Bicarbonato	Alcalinidad total Bicarbonato	Bicarbonato Sílice Sulfato pH	Bicarbonato Sílice Sulfato
<b>III</b>	Coliformes fecales	Bicarbonato Sulfato Sílice	Nitrito Coliformes totales Coliformes fecales	Nitrito Coliformes totales Coliformes fecales pH	Calcio Dureza cálcica	Calcio Dureza cálcica
<b>IV</b>	Coliformes totales Nitrito	Coliformes totales Nitrito Coliformes fecales	Sílice	Sílice	Coliformes totales Coliformes fecales Nitrito	Coliformes totales Coliformes fecales Nitrito
<b>V</b>	Alcalinidad total	Alcalinidad total pH			Alcalinidad total	Alcalinidad total pH
<b>KMO</b>	<b>0.750</b>		<b>.731</b>		<b>0.709</b>	
<b>%VARIANZA EXPLICADA</b>	<b>75.412</b>		<b>78.252</b>		<b>79,387</b>	



En la tabla anterior podemos ver, la viabilidad de realizar el análisis factorial en nuestro estudio, reflejado como el índice KMO (mayor que 0.7 en todos los casos) la varianza total explicada es 79,387 (aceptable) y el resultado de la extracción de factores agrupados en componentes podemos observar que para los análisis de época lluviosa y el análisis completo se necesitó retener cinco componentes, y para el análisis de época seca solo cuatro, sin embargo en los tres casos el índice KMO y la varianza total explicada son buenos.

### 7.9. Matrices factoriales y rotadas

#### Matriz de componentes sin rotar, AF, época seca

Variable	Componente			
	1	2	3	4
Dureza total	.975	-.037	-.084	.072
Calcio	.926	.094	-.120	.172
Dureza cálcica	.925	.083	-.126	.190
Conductividad	.918	.063	-.014	.192
Dureza magnésica	.918	-.126	-.043	-.026
Magnesio	.913	-.141	-.045	-.010
Nitrato	.818	-.127	.141	.108
Cloruro	.796	.019	-.046	-.436
Sulfato	.654	-.066	.058	.048
pH	.457	-.319	-.345	.397
Alcalinidad total	-.027	.905	-.388	.029
Bicarbonato	-.034	.901	-.396	.028
Nitrito	.052	.109	.644	-.153
Coliformes totales	.168	.590	.604	-.065
Coliformes fecales	-.029	.381	.544	.396
Sílice	.122	.047	-.107	-.892



## Matriz de componentes rotados (rotación varimax), AF, época seca

	Componente			
	1	2	3	4
Dureza total	.978	.007	.001	.080
Dureza cálcica	.945	.139	.001	-.037
Calcio	.943	.146	.013	-.020
Conductividad	.932	.071	.091	-.054
Dureza magnésica	.909	-.097	.001	.163
Magnesio	.906	-.109	-.010	.147
Nitrato	.817	-.173	.140	-.006
Cloruro	.719	.011	.091	.548
Sulfato	.650	-.084	.083	.040
Alcalinidad total	-.033	.983	.058	.017
Bicarbonato	-.039	.983	.049	.018
Coliformes totales	.085	.252	.821	.013
Nitrato	-.024	-.200	.637	.077
Coliformes fecales	-.024	.120	.609	-.461
pH	-.349	-.106	-.532	-.413
Sílice	-.012	.038	.026	.907

Como se decía anteriormente, en estas tablas podemos explicar algunas cosas que si solo las analizáramos en la tabla 1 parecerían anómalas. En estas tablas podemos observar las puntuaciones de cada variable en cada factor, esta puntuación oscila entre -1 y 1 y cuanto más tiende esta puntuación a los extremos, mas seguros podemos estar que su ubicación en dicho componente es inequívoca, si observamos las tablas, tanto la de la solución inicial como la de los componentes rotados, veremos que todas las variables tienen una puntuación en cada componente, pero para ubicarlas en un componente específico, escogemos aquel en el cual la variable tenga la mayor puntuación (ya sea positivo o negativo, esto es valor absoluto).



La teoría nos recomienda eliminar aquellas variables cuyas puntuaciones sean bajas, esto no es conveniente para nuestro estudio, así que hemos hecho un gran esfuerzo por conservar la mayor cantidad posible de variables, prescindiendo solo de aquellas que en realidad causen problemas serios. Advertidos por supuesto que debemos sospechar de las variables que optamos no eliminar como es el caso del pH. Si volvemos a las tablas y observamos esta variable notaremos que su puntuación factorial es baja y que en ambas tablas encontramos la mayor puntuación en componentes distintos, por tal razón al observar la tabla 1 vemos que el pH y otras variables de puntuaciones bajas están en posición distinta en la solución rotada.

Matriz de componentes, AF, invierno

	Componente				
	1	2	3	4	5
Dureza total	.929	-.171	-.058	-.203	-.046
Conductividad	.928	-.213	.041	-.053	-.005
Nitrato	.903	-.054	-.055	.080	.012
Cloruro	.822	-.171	-.002	.145	.030
Dureza magnésica	.800	-.078	-.446	-.308	-.006
Magnesio	.788	.026	-.416	-.316	.071
Sílice	.235	.839	.298	.089	.169
Bicarbonato	.384	.699	.368	-.110	.090
Sulfato	.453	.679	.202	.012	.229
pH	-.110	.555	.109	-.334	-.355
Dureza cálcica	.424	-.290	.809	.143	-.114
Calcio	.466	-.362	.762	.101	-.117
Coliformes fecales	.343	.354	-.499	.449	-.105
Nitrito	.225	.005	-.049	.665	-.103
Coliformes totales	.203	.166	-.275	.589	-.213
Alcalinidad total	-.059	-.200	.000	.174	.853



**Matriz de componentes rotados (rotación varimax), AF, invierno**

	Componente				
	1	2	3	4	5
Dureza magnésica	.953	-.001	-.166	.013	-.057
Dureza total	.929	.070	.261	.021	-.041
Magnesio	.920	.116	-.197	-.008	-.016
Conductividad	.863	.072	.383	.111	.050
Nitrato	.808	.171	.262	.270	.063
Cloruro	.721	.069	.335	.274	.127
Sílice	-.042	.929	.008	.132	-.043
Bicarbonato	.145	.856	.135	-.035	-.134
Sulfato	.232	.833	.025	.099	.036
Dureza cálcica	.125	.099	.962	-.024	.012
Calcio	.201	.033	.953	-.050	.018
Coliformes totales	.070	.029	-.072	.722	-.065
Coliformes fecales	.277	.185	-.333	.692	-.052
Nitrito	.025	-.001	.180	.680	.099
Alcalinidad total	-.049	.029	-.051	-.094	.887
pH	-.137	.406	-.153	-.183	-.574

En este caso igual que en el anterior, observamos que el comportamiento del pH es el mismo, es decir, baja puntuación factorial con consecuente cambio de ubicación en la matriz de componentes rotados. La matriz de componentes rotados no es otra cosa que la matriz de componentes original, vista desde otro ángulo, esto nos permite hacer una mejor interpretación de los resultados.

**Matriz de componentes, AF, completo**

	Componente				
	1	2	3	4	5
Dureza total	.951	-.136	.011	-.168	-.025
Conductividad	.927	-.142	.016	-.033	-.013
Nitrato	.857	-.047	.077	.024	-.036
Dureza magnésica	.790	-.169	.355	-.417	.031
Cloruro	.788	-.012	-.100	.136	.042
Magnesio	.780	-.085	.349	-.438	.074
Calcio	.694	-.092	-.580	.320	-.115
Dureza cálcica	.669	-.043	-.602	.344	-.118
Sílice	.174	.835	-.073	.020	.215
Bicarbonato	.235	.724	-.007	-.103	.179
Sulfato	.485	.653	-.104	-.007	.080
pH	-.279	.381	-.214	-.381	-.338
Coliformes fecales	.156	.223	.642	.240	-.200
Coliformes totales	.187	.149	.496	.564	-.115
Nitrito	.137	.045	.405	.467	-.109
Alcalinidad total	-.039	-.205	.018	.190	.859



**Matriz de componentes rotados (rotación varimax), AF, completo**

	Componente				
	1	2	3	4	5
<i>Dureza magnésica</i>	.975	.012	.015	.048	.005
<i>Magnesio</i>	.960	-.014	.105	.030	.017
<i>Dureza total</i>	.861	.453	.076	.025	.005
<i>Conductividad</i>	.782	.501	.059	.112	.056
<i>Nitrato</i>	.701	.446	.118	.200	.029
<i>Dureza cálcica</i>	.168	.951	.093	-.052	-.005
<i>Calcio</i>	.216	.944	.053	-.057	.007
<i>Cloruro</i>	.530	.560	.164	.132	.110
<i>Sílice</i>	-.049	.037	.879	.057	-.005
<i>Bicarbonato</i>	.099	-.015	.781	.022	-.039
<i>Sulfato</i>	.230	.256	.741	.071	-.079
<i>Coliformes totales</i>	.021	.063	.070	.789	.062
<i>Coliformes fecales</i>	.180	-.201	.119	.694	-.122
<i>Nitrito</i>	.015	.055	-.023	.638	.058
<i>Alcalinidad total</i>	-.044	-.063	.022	-.094	.896
<i>Ph</i>	-.201	-.182	.248	-.311	-.545

En este caso vemos que dos variables mas se unen al comportamiento del pH, estas son el calcio y la dureza cálcica que pasan a formar parte del segundo componente, si observamos la matriz de componentes sin rotar veremos que estas variables tienen puntuaciones bajas por lo que este cambio era predecible.



## 7.10. Comunalidades

<u>Comunalidades verano</u>		<u>Comunalidades invierno</u>		<u>Comunalidades completo</u>	
	<i>Extracción</i>		<i>Extracción</i>		<i>Extracción</i>
<i>Coliformes totales</i>	<b>.746</b>	<i>Coliformes totales</i>	<b>.536</b>	<i>Coliformes totales</i>	<b>.635</b>
<i>Coliformes fecales</i>	<b>.599</b>	<i>Coliformes fecales</i>	<b>.704</b>	<i>Coliformes fecales</i>	<b>.584</b>
<i>pH</i>	<b>.587</b>	<i>pH</i>	<b>.570</b>	<i>pH</i>	<b>.529</b>
<i>Conductividad</i>	<b>.884</b>	<i>Conductividad</i>	<b>.912</b>	<i>Conductividad</i>	<b>.882</b>
<i>Alcalinidad total</i>	<b>.971</b>	<i>Alcalinidad total</i>	<b>.802</b>	<i>Alcalinidad total</i>	<b>.817</b>
<i>Bicarbonato</i>	<b>.971</b>	<i>Bicarbonato</i>	<b>.791</b>	<i>Bicarbonato</i>	<b>.622</b>
<i>Dureza total</i>	<b>.963</b>	<i>Dureza total</i>	<b>.939</b>	<i>Dureza total</i>	<b>.952</b>
<i>Dureza cálcica</i>	<b>.915</b>	<i>Dureza cálcica</i>	<b>.952</b>	<i>Dureza cálcica</i>	<b>.945</b>
<i>Dureza magnésica</i>	<b>.862</b>	<i>Dureza magnésica</i>	<b>.939</b>	<i>Dureza magnésica</i>	<b>.953</b>
<i>Cloruro</i>	<b>.826</b>	<i>Cloruro</i>	<b>.728</b>	<i>Cloruro</i>	<b>.652</b>
<i>Nitrato</i>	<b>.717</b>	<i>Nitrato</i>	<b>.828</b>	<i>Nitrato</i>	<b>.745</b>
<i>Nitrito</i>	<b>.453</b>	<i>Nitrito</i>	<b>.505</b>	<i>Nitrito</i>	<b>.414</b>
<i>Sulfato</i>	<b>.437</b>	<i>Sulfato</i>	<b>.760</b>	<i>Sulfato</i>	<b>.679</b>
<i>Calcio</i>	<b>.910</b>	<i>Calcio</i>	<b>.952</b>	<i>Calcio</i>	<b>.943</b>
<i>Magnesio</i>	<b>.855</b>	<i>Magnesio</i>	<b>.899</b>	<i>Magnesio</i>	<b>.934</b>
<i>Sílice</i>	<b>.825</b>	<i>Sílice</i>	<b>.884</b>	<i>Sílice</i>	<b>.779</b>

La comunalidad indica el porcentaje de varianza total que explica cada variable, este dato es especialmente útil cuando se trata de identificar las variables que contribuyen poco al estudio (en nuestro caso, las que están marcadas en fucsia en las tres tablas anteriores), como ya se había dicho, no es conveniente para nuestros fines eliminar variables, pero es bueno identificarlas, si revisamos cuales son estas variables, notaremos que la mayoría de ellas son las mismas que cambian de posición en la matriz de componentes cuando esta es rotada.



**% de varianza explicada**

**Varianza total explicada (verano)**

Componente	Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	7.170	44.810	44.810	6.994	43.712	43.712
2	2.318	14.487	59.297	2.168	13.548	57.260
3	1.581	9.878	69.175	1.785	11.156	68.417
4	1.452	9.077	78.252	1.574	9.835	78.252

**Varianza total explicada (invierno)**

Componente	Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	5.508	34.422	34.422	4.772	29.825	29.825
2	2.483	15.519	49.942	2.560	16.000	45.825
3	2.218	13.860	63.802	2.490	15.561	61.385
4	1.448	9.051	72.853	1.697	10.608	71.994
5	1.046	6.535	79.387	1.183	7.394	79.387

**Varianza total explicada (completo)**

Componente	Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	5.762	36.012	36.012	4.214	26.337	26.337
2	1.996	12.473	48.485	2.916	18.224	44.561
3	1.848	11.551	60.036	2.085	13.031	57.592
4	1.421	8.883	68.919	1.705	10.658	68.250
5	1.039	6.493	75.412	1.146	7.162	75.412

La varianza total explicada nos dice que porcentaje de la variabilidad de los resultados es explicada por los componentes que se han extraído, en nuestro caso hemos conservado cinco componentes con los cuales explicamos en cada caso no menos del 75% de la variabilidad (ver las tablas arriba) , este resultado es satisfactorio teniendo en cuenta los bajos valores obtenidos en la puntuaciones



factoriales y están compensados también por los valores del índice de **KMO** que analizaremos posteriormente.

### 7.10. KMO y prueba de Bartlett

Dado que el análisis factorial depende de que las correlaciones entre todas las variables sino en la mayoría de ellas sean altas, es necesario contar con índices estadísticos que nos den esta seguridad; existen muchos de éstos, pero por su simplicidad y por no depender del número de variables, hemos escogido el índice de KMO que el SPSS genera automáticamente junto con el test de Bartlett.

Según la teoría del análisis factorial, el índice KMO debe ser superior a 0.7 para que se pueda aconsejar un estudio de análisis factorial, como podemos ver en las tablas abajo, este valor fue alcanzado en todos los casos.

#### KMO y prueba de Bartlett (completo)

<i>Medida de adecuación muestral de Káiser-Meyer-Olkin.</i>		<b>.750</b>
<i>Prueba de esfericidad de Bartlett</i>	<i>Chi-cuadrado aproximado</i>	<b>1525.192</b>
	<i>gl</i>	<b>120</b>
	<i>Sig.</i>	<b>.000</b>

#### KMO y prueba de Bartlett (verano)

<i>Medida de adecuación muestral de Káiser-Meyer-Olkin.</i>		<b>.731</b>
<i>Prueba de esfericidad de Bartlett</i>	<i>Chi-cuadrado aproximado</i>	<b>1479.095</b>
	<i>gl</i>	<b>120</b>
	<i>Sig.</i>	<b>.000</b>



**KMO y prueba de Bartlett (invierno)**

<i>Medida de adecuación muestral de Káiser-Meyer-Olkin.</i>		<b>.709</b>
<i>Prueba de esfericidad de Bartlett</i>	<i>Chi-cuadrado aproximado</i>	<b>931.099</b>
	<i>gl</i>	<b>120</b>
	<i>Sig.</i>	<b>.000</b>



## VIII. Conclusiones

En el presente trabajo se estudió la calidad físico-química y microbiológica de 26 pozos de la zona noreste del departamento de León (áreas rurales) distribuidos en las comarcas de: La Peineta, Palo de Lapa, El Tololar, Monte Redondo 1, Monte Redondo 2 y Monte Redondo 3. Con el fin de estudiar el comportamiento de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, cada pozo fue muestreado y analizado cuatro veces en un año, se tomaron dos muestras en época lluviosa y dos en período seco. Se analizaron en total 104 muestras y las variables consideradas fueron: conductividad eléctrica, pH, alcalinidad total, dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica, cloruros, nitritos, nitratos, magnesio, plomo, cadmio, arsénico, hierro, calcio, sílice, bicarbonato, sulfato, coliformes totales y coliformes fecales.

El 76.92% de la población no está conforme la norma en uno o más de los parámetros físico-químicos analizados.

El 100% de los pozos no cumple los requisitos de las normas CAPRE para las variables microbiológicas: coliformes totales y coliformes fecales.

La presencia de nitrato resulta ser un problema que afecta el sector. El 44.16% de determinaciones de nitratos en las muestras de agua tuvieron valores mayores de 25 mg/l, lo cual no cumple con el límite recomendado por la norma. El 26.92% de las mismas presentaron concentraciones mayores de 50 mg/l (límite máximo admisible). La población en riesgo cuando los niveles de nitrato son elevados son los niños lactantes, ya que pueden llegar a padecer metahemoglobinemia o síndrome del niño azul a causa de la reacción de los nitritos con el hierro ferroso de la hemoglobina.

En lo referente a la variable plomo, se encontraron 9 casos de contaminación, de los cuales, uno casi triplica el valor máximo admisible por la norma y dos de ellos casi duplican este valor. Los casos no son reincidencias y la mayoría de ellos se encontró en la época seca. El 8.6% de las determinaciones revelaron



concentraciones de plomo que no satisfacen la norma, esto corresponde al 34.61% de la población.

Para la aplicación del análisis factorial en este estudio, se procesaron los resultados obtenidos en la determinación de 20 parámetros de calidad físico-química y microbiológico para su posterior inclusión en la matriz de datos que sería la matriz de entrada para el Análisis Factorial. Se configuró el SPSS para realizar un AF por el método de Componentes Principales utilizando la rotación “varimax con Káiser” y extrayendo todos los factores cuyo auto valor fuese mayor que la unidad. Una vez obtenidos los resultados así programados, se observó que las variables, plomo, arsénico, hierro y cadmio no contribuían al análisis así que fueron eliminadas y se realizó nuevamente el AF con 16 variables, del cual se obtuvieron los resultados antes expuestos y de los cuales concluimos lo siguiente:

- 1) KMO mayor de 0.7, adecuado para aplicar el análisis factorial,
- 2) La varianza total explicada en todos los análisis realizados es mayor que 75.4%,
- 3) los 16 parámetros medidos fueron reducidos a cinco factores que explican el comportamiento de la matriz.

El seguimiento a la calidad del agua de consumo en este sector puede realizarse a través de un monitoreo, para el cual basta considerar cinco parámetros básicos que sean representativos de cada componente. Esta práctica da facilidades para mantener bajo control la calidad del agua, ya que ésta puede llevarse a cabo con una buena planificación sin necesidad de grandes inversiones. Se sugieren los siguientes: pH, conductividad, alcalinidad total, nitritos y coliformes.

Debido a que los metales: plomo, cadmio, arsénico y hierro no fueron incluidos en la matriz para el análisis factorial, pueden ser consideradas como variables especiales e incluirlas dentro de los parámetros a analizar bajo criterios fundamentados.



## IX. Recomendaciones

1. Continuar monitoreando la calidad del agua considerando mínimo los cinco parámetros recomendados.
2. Realizar un análisis de correlación geo-espacial para determinar el comportamiento de los contaminantes de las aguas en la región afectada.
3. Realizar análisis de suelos, para discriminar si el origen de los componentes es natural o antropogénico.
4. En los lugares donde se encontró que las concentraciones de plomo eran altas, realizar un estudio especial para confirmar la problemática y de ser así continuar con un estudio de la posible afectación de la salud en la población, a través del análisis de sangre.
5. Extender el análisis de nitrato en la mayor parte de los pozos y en los lugares donde ya se ha confirmado que las concentraciones de nitratos son elevadas, solicitar a los organismos de gobierno municipales y gubernamentales tomar acciones preventivas encaminadas a evitar la mortalidad de infantes y niños menores de seis años por afectación con nitratos. **IMPORTANTE:** para desinfectar estas aguas “NO HERVIR”, ya que el nivel de nitrato aumentaría.
6. Gestionar ante las autoridades competentes un tratamiento mínimo de desinfección para garantizar la calidad microbiológica del agua.



## 7. Referencias Bibliográficas

1. Carrillo Darce, Lissethe María, Calidad del agua de consumo en la comarca de Chacraseca, León, Nicaragua 2004.
2. Rojas Ricardo, Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano. OPS/CEPIS, Lima 2002
3. Isaac Márquez Angélica Patricia, Lezama Dávila Claudio Manuel, Ku Pech Pedro Pablo, Tamaya Segovia Paulino, Calidad de de los suministros de agua para el consumo humano en el Campeche, Salud Publica de México, Volumen 36. AÑO Noviembre-diciembre, 1994, Num 006.
4. Toledo Alejandro, El agua en México y el Mundo. Gaceta Ecológica, Julio-septiembre, Numero 064, Instituto Nacional de Ecología, Distrito Federal, México, pp 9-18
5. López M Matilde, Fernández P Oscar, Calidad del agua, Parámetro Biológico, Microbiológicos, Fisicoquímico, Abril 2007.
6. Foster Stephen, Hirata Ricardo, Gómez Daniel, D'Elia Monica, Paris Marta, Protección de la Calidad del Agua Subterránea. Guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales, 2002.
7. Normas de Calidad del Agua Para consumo Humano, Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable de Centroamérica, Panamá y República Dominicana, marzo, 1994 (CAPRE).
8. Principios de Análisis Instrumental, 6ed, Skoog; Hooler; Nieman, Capitulo 24
9. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21 Edition



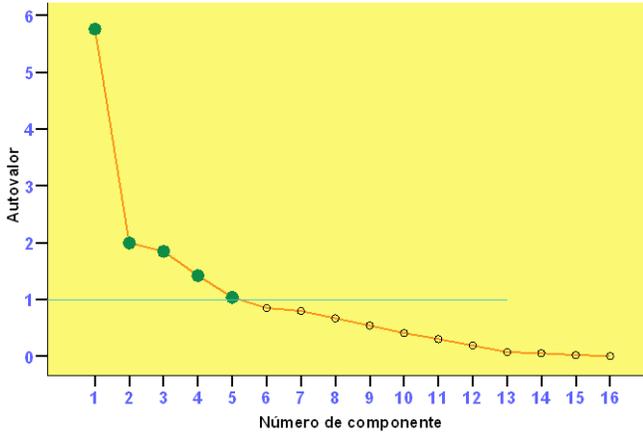
# Anexos



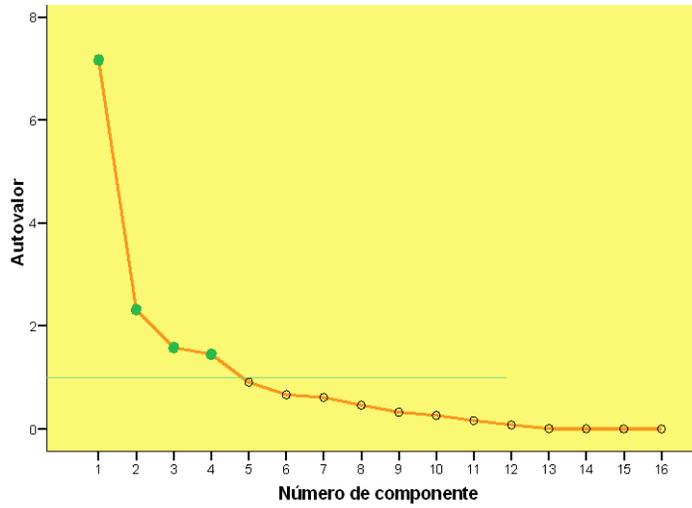
### ANEXO 1

## GRÁFICOS DE SEDIMENTACIÓN

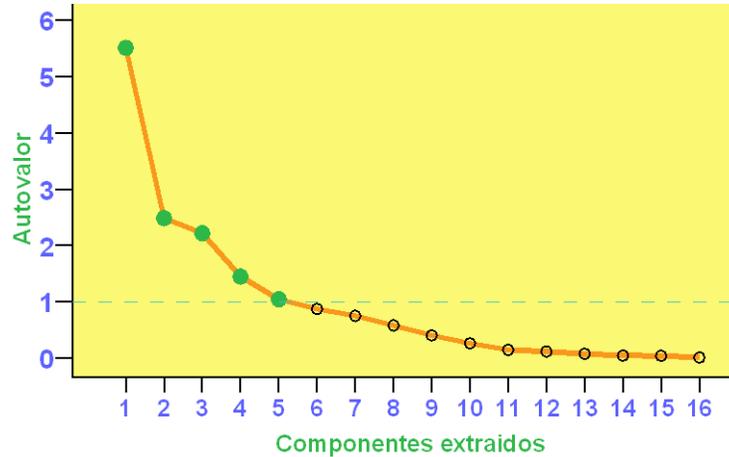
COMPLETO



VERANO



INVIERNO





## ANEXO 2

## RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

FECHA	ANALISIS	PROPIETARIO	COMUNIDA *	COLIFOTO	COLIFOFE
27-NOV-2008	1.00	POZO COMUNAL	1	0	0
03-MAR-2008	2.00	POZO COMUNAL	1	0	0
26-MAY-2008	3.00	POZO COMUNAL	1	9	9
26-AUG-2008	4.00	POZO COMUNAL	1	0	0
27-NOV-2008	1.00	MARIA ELENA HERNÁNDEZ	1	1100	4
03-MAR-2008	2.00	MARIA ELENA HERNÁNDEZ	1	1100	460
26-MAY-2008	3.00	MARIA ELENA HERNÁNDEZ	1	150	93
26-AUG-2008	4.00	MARIA ELENA HERNÁNDEZ	1	480	240
27-NOV-2008	1.00	CANDIDA RAMIREZ	1	2400	23
03-MAR-2008	2.00	CANDIDA RAMÍREZ	1	2400	150
26-MAY-2008	3.00	CANDIDA RAMIREZ	1	240	240
26-AUG-2008	4.00	CANDIDA RAMIREZ	1	480	3
27-NOV-2008	1.00	EVANGELINA CENTENO	1	2400	1100
03-MAR-2008	2.00	EVANGELINA CENTENO	1	150	93
26-MAY-2008	3.00	EVANGELINA CENTENO	1	2400	240
26-AUG-2008	4.00	EVANGELINA CENTENO	1	1100	240
27-NOV-2008	1.00	MEDARDO GARCÍA ESCOTO	1	460	4
03-MAR-2008	2.00	MEDARDO GARCÍA ESCOTO	1	460	150
26-MAY-2008	3.00	MEDARDO GARCÍA ESCOTO	1	93	43
26-AUG-2008	4.00	MEDARDO GARCÍA ESCOTO	1	480	240
27-NOV-2008	1.00	FIDELINA HERNÁNDEZ TOVAL	2	2400	64
03-MAR-2008	2.00	FIDELINA HERNÁNDEZ TOVAL	2	110	28
26-MAY-2008	3.00	FIDELINA HERNÁNDEZ TOVAL	2	1100	1100
26-AUG-2008	4.00	FIDELINA HERNÁNDEZ TOVAL	2	1100	480
27-NOV-2008	1.00	MIGUEL GARCÍA	2	240	64
03-MAR-2008	2.00	MIGUEL GARCÍA	2	1100	21
26-MAY-2008	3.00	MIGUEL GARCÍA	2	1100	460
26-AUG-2008	4.00	MIGUEL GARCÍA	2	2400	3
27-NOV-2008	1.00	VIVIAN MANUEL MEJIA	2	240	64
03-MAR-2008	2.00	VIVIAN MANUEL MEJIA	2	2400	240
26-MAY-2008	3.00	VIVIAN MANUEL MEJIA	2	2400	2400
26-AUG-2008	4.00	VIVIAN MANUEL MEJIA	2	2400	21
28-NOV-2008	1.00	PABLO PERÉZ	2	430	93



03-MAR-2008	2.00	PABLO PÉREZ	2	210	43
26-MAY-2008	3.00	PABLO PERÉZ	2	2400	2400
09-FEB-2008	4.00	PABLO PERÉZ	2	210	24.0
28-NOV-2008	1.00	MARIA URBINA	2	240	39
03-MAR-2008	2.00	MARIA URBINA	2	1100	28
26-MAY-2008	3.00	MARIA URBINA	2	43	43
09-FEB-2008	4.00	MARIA URBINA	2	2400	240
28-NOV-2008	1.00	JESÚS RUÍZ	2	460	64
03-MAR-2008	2.00	JESÚS RUIZ	2	4100	460
26-MAY-2008	3.00	JESÚS RUÍZ	2	460	460
09-FEB-2008	4.00	JESÚS RUÍZ	2	93	9
27-NOV-2008	1.00	MERCEDES DELGADO	3	1100	0
03-MAR-2008	2.00	MERCEDES DELGADO	3	460	240
26-MAY-2008	3.00	MERCEDES DELGADO	3	2400	2400
26-AUG-2008	4.00	MERCEDES DELGADO	3	2400	240
27-NOV-2008	1.00	DONALD LÓPEZ	3	9	0
03-MAR-2008	2.00	DONAL LÓPEZ	3	75	15
26-MAY-2008	3.00	DONALD LÓPEZ	3	460	240
26-AUG-2008	4.00	DONALD LÓPEZ	3	480	21
27-NOV-2008	1.00	VICTORINO PICADO (POZO COMUNAL)	3	2400	14
03-MAR-2008	2.00	VICTORINO PICADO	3	2400	240
26-MAY-2008	3.00	VICTORINO PICADO (POZO COMUNAL)	3	2400	1100
26-AUG-2008	4.00	VICTORINO PICADO (POZO COMUNAL)	3	2400	240
28-NOV-2008	1.00	JUSTO PASTOR OSORIO	4	460	0
03-MAR-2008	2.00	JUSTO PASTOR OSORIO	4	460	11
26-MAY-2008	3.00	JUSTO PASTOR OSORIO	4	2400	240
09-FEB-2008	4.00	JUSTO PASTOR OSORIO	4	2400	43
28-NOV-2008	1.00	PAULINO PERÉZ	4	2400	240
03-MAR-2008	2.00	PAULINO PÉREZ	4	1100	240
26-MAY-2008	3.00	PAULINO PERÉZ	4	2400	11
09-FEB-2008	4.00	PAULINO PERÉZ	4	2400	2400
28-NOV-2008	1.00	POZO COMUNAL	4	9	9
03-MAR-2008	2.00	POZO COMUNAL	4	7	7
26-MAY-2008	3.00	POZO COMUNAL	4	4	0
09-FEB-2008	4.00	POZO COMUNAL	4	0	0
28-NOV-2008	1.00	CONCEPCION OSORIO	4	1100	39



03-MAR-2008	2.00	CONCEPCIÓN OSORIO	4	2400	2400
26-MAY-2008	3.00	CONCEPCION OSORIO	4	1100	11
09-FEB-2008	4.00	CONCEPCION OSORIO	4	2400	11
28-NOV-2008	1.00	PEDRO E. GRANERA	5	1100	100
03-MAR-2008	2.00	PEDRO GRANERA	5	240	11
26-MAY-2008	3.00	PEDRO E. GRANERA	5	460	93
09-FEB-2008	4.00	PEDRO E. GRANERA	5	2400	7
28-NOV-2008	1.00	JUANA POZO	5	2400	43
03-MAR-2008	2.00	JUANA POZO	5	2400	11
26-MAY-2008	3.00	JUANA POZO	5	460	240
09-FEB-2008	4.00	JUANA POZO	5	2400	7
28-NOV-2008	1.00	ANDRES SALGADO	5	460	150
03-MAR-2008	2.00	ANDRES SALGADO	5	11	7
26-MAY-2008	3.00	ANDRES SALGADO	5	2400	150
09-FEB-2008	4.00	ANDRES SALGADO	5	240	11
28-NOV-2008	1.00	CARLOS SANDOVAL	5	460	150
03-MAR-2008	2.00	CARLOS SANDOVAL	5	93	7
26-MAY-2008	3.00	CARLOS SANDOVAL	5	1100	240
09-FEB-2008	4.00	CARLOS SANDOVAL	5	110	23
28-NOV-2008	1.00	SANTIAGO JUSTINO MENDOZA	5	2400	2400
03-MAR-2008	2.00	SANTIAGO JUSTINO MENDOZA	5	210	21
26-MAY-2008	3.00	SANTIAGO JUSTINO MENDOZA	5	2400	240
09-FEB-2008	4.00	SANTIAGO JUSTINO MENDOZA	5	2400	43
28-NOV-2008	1.00	VICTORINO RODRÍGUEZ****	5	460	0
03-MAR-2008	2.00	PASCUAL LEITON****	5	240	43
26-MAY-2008	3.00	VICTORINO RODRÍGUEZ****	5	240	43
09-FEB-2008	4.00	VICTORINO RODRÍGUEZ****	5	2400	11
28-NOV-2008	1.00	MODESTA VARGAS	6	1100	1100
03-MAR-2008	2.00	MODESTA VARGAS	6	460	93
26-MAY-2008	3.00	MODESTA VARGAS	6	460	93
09-FEB-2008	4.00	MODESTA VARGAS	6	2400	240
28-NOV-2008	1.00	CORNELIO GUIDO	6	1100	7
03-MAR-2008	2.00	CORNELIO GUIDO	6	2400	2400
26-MAY-2008	3.00	CORNELIO GUIDO	6	2400	240
09-FEB-2008	4.00	CORNELIO GUIDO	6	110	3

COMUNIDAD: 1 La peineteta; 2 El Tololar; 3 Palo de Lapa; 4 Monte Redondo 3; 5 Monte Redondo 2; 6 Monte redondo1.