

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA

FACULTADA DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE QUIMICA



“Calidad del Agua en el Municipio de Quezalguaque”

**MONOGRAFIA
PRESENTADA POR:**

**Br. Mauricio Jesús Morales Pérez
Br. Dámaso Antonio Somarriba Reyes**

Previo a optar al título de:

Licenciado en Química

TUTORA: *MSc. Amada Carrasco*

ASESORA: *Dra. Adalila Molina*

León, Nicaragua 2003

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradecemos a Dios por habernos brindado día a día el don de la sabiduría, inteligencia, paciencia y perseverancia para finalizar este trabajo monográfico.

También agradecemos a nuestros padres por su apoyo incondicional, quienes a pesar de sus limitaciones, con mucho esfuerzo y sacrificio cooperaron con nosotros hasta lograr nuestras metas.

De igual manera agradecemos a nuestros maestros quienes durante estos años de estudio nos brindaron, sabiduría, paciencia, conocimientos, así como valores morales indispensables en la formación integral como profesional.

Agradecemos a todos y a cada una de las personas que estuvieron con nosotros en este largo camino y en cada una de las facetas de este trabajo, permitiéndonos constar con su apoyo, aspecto que sirvió de mucha importancia para elaborar nuestra tesis monográfica.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedicamos de todo corazón y de manera especial a la Msc. Amada Carrasco y a la Lic. Ileana Rostram por habernos ayudado a cumplir nuestras metas y nuestros objetivos, además a todas las personas que nos brindaron su apoyo incondicional en la realización de este trabajo monográfico.

A DIOS: Por darnos la fuerza necesaria, por habernos iluminados y darnos sabiduría, por habernos guiado por el camino del bien para poder lograr y alcanzar nuestras metas.

A NUESTROS PADRES: Por habernos brindado su apoyo incondicional a lo largo de estos años de estudios, por habernos guiado por el camino de la sabiduría en nuestros estudios tanto en lo espiritual como en lo material ya que sin ellos no hubiese sido posible finalizar este trabajo.

INDICE

| CONTENIDO | PAGINA |
|--|-----------|
| I. INTRODUCCION..... | 1 |
| II. OBJETIVOS..... | 2 |
| 2.1 Objetivo general..... | |
| 2.2 Objetivos específicos..... | 4 |
| | 4 |
| III. MARCO TEORICO..... | 4 |
| 3.1 Clasificación del agua potable..... | |
| 3.2 Calidad fisicoquímica del agua..... | 5 |
| 3.3 Métodos volumétricos..... | 6 |
| 4.3.1 Titulación..... | 6 |
| 4.3.2 Requisitos de una titulación..... | 9 |
| 4.3.3 Solución estándar..... | 9 |
| 4.3.4 Requisitos de un estándar primario..... | 9 |
| 4.4 Clasificación de los métodos volumétricos..... | 10 |
| 4.5 Métodos espectrofotométricos..... | 10 |
| 4.6 Leyes de la espectrofotometría..... | 11 |
| 4.6.1 Ley de Beer..... | 12 |
| 4.6.2 Desviaciones de la ley de Beer..... | 13 |
| 4.7 Parámetros fisicoquímicos que influyen en la aceptabilidad del agua potable según las normas CAPRE..... | 13 14 |
| 4.8 Tratamiento estadístico..... | |
| 4.8.1 Análisis factorial..... | 15 |
| 4.8.2 Glosario de términos..... | 16 |
| 4.8.3 Viabilidad de la aplicación del análisis factorial..... | 16 |
| 4.8.4 Pasos en el análisis factorial..... | 17 |
| 4.8.5 Flujograma del análisis factorial..... | 18 |
| 4.9 Diagrama de caja..... | 21 |
| | 22 |
| | 23 |
| V. PARTE EXPERIMENTAL..... | 24 |
| 5.1 Metodología..... | 24 |
| 5.2 Zonas de muestreo..... | 25 |
| 5.3 Mapa de Quezalguaque..... | 26 |
| 5.4 Métodos de análisis..... | 27 |
| 5.5 Reactivos..... | 28 |
| 5.6 Materiales e instrumentación..... | 29 |

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 5.7 | Preparación de soluciones..... | 30 |
| 5.8 | Estandarización de soluciones..... | 37 |
| 5.8.1 | Estandarización del tiosulfato sódico con yodato de potasio.. | 37 |
| 5.8.2 | Estandarización de EDTA..... | 37 |
| 5.8.3 | Estandarización de nitrato mercúrico..... | 37 |
| 5.8.4 | Estandarización de HCl..... | 37 |
| 5.9 | Procedimiento..... | 38 |
| 5.9.1 | Temperatura..... | 38 |
| 5.9.2 | Conductividad..... | 38 |
| 5.9.3 | pH..... | 39 |
| 5.9.4 | Alcalinidad..... | 40 |
| 5.9.5 | Bicarbonato..... | 41 |
| 5.9.6 | Cloruro..... | 41 |
| 5.9.7 | Dureza total..... | 42 |
| 5.9.8 | Calcio..... | 43 |
| 5.9.9 | Magnesio..... | 44 |
| 5.9.10 | Dureza cálcica..... | 45 |
| 5.9.11 | Dureza magnesica..... | 45 |
| 5.9.12 | Demanda de cloro..... | 45 |
| 5.9.13 | Nitrito..... | 47 |
| 5.9.14 | Nitrato..... | 48 |
| 5.9.15 | Hierro..... | 49 |
| 5.9.16 | Sulfato..... | 50 |
| VI. | RESULTADOS Y ANALISIS..... | 52 |
| 6.1 | Tablas de resultados..... | 52 |
| 6.2 | Comparación entre resultados obtenidos y normas CAPRE. | 54 |
| 6.3 | Análisis de resultados por comarcas..... | 62 |
| 6.4 | Resultados del análisis factorial..... | 66 |
| 6.4.1 | Representación de las componentes obtenidas en el análisis factorial..... | 69 |
| VII. | CONCLUSION..... | 70 |
| VIII. | RECOMENDACIONES..... | 71 |
| IX. | BIBLIOGRAFIA..... | 72 |
| | ANEXOS | |

I. RESUMEN

En el presente trabajo se llevó a cabo la evaluación de la calidad de aguas de pozo en el municipio de Quezalagua, utilizando como indicadores de calidad, las normas CAPRE (Normas de Saneamiento de agua potable para Centroamérica, Panamá y República Dominicana). A cada una de las muestras se le determinaron las variables fisicoquímicas tales como **Temperatura, Conductividad, pH, Alcalinidad Total, Bicarbonato, Cloruros, Dureza Total, Calcio, Magnesio, Dureza Cálcica, Dureza Magnésica, Demanda de Cloro, Nitritos, Nitratos, Hierro y Sulfatos.**

Basándose en intereses planteados por la municipalidad y pobladores, los sectores seleccionados para la realización del estudio fueron: **Puntarena, Paciente I, Paciente II, La Estación, Soledad, Praga, Los Remedios, Paso Bonito, Ceiba Chachagua, Boquerón, Cristo Rey, Las Mercedes, Quezalsa y El Porvenir.**

En este trabajo se han realizado análisis descriptivos y exploratorios de los datos, además se aplicó una de las técnicas de análisis multivariante como el Análisis Factorial. Para comprobar que el análisis factorial era adecuado se utilizó una matriz de datos que consta de 29 muestras con 16 variables. Se comprobó que el análisis factorial era aplicable ya que la matriz de correlación y los indicadores del grado de asociación así lo han reflejado, por lo cual se obtuvieron 4 factores con un 87.180% de la variabilidad de las observaciones.

Los resultados obtenidos permiten disponer de la información necesaria para conocer la calidad fisicoquímica del agua que consumen los pobladores, con características particulares en cada comunidad.

II. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los elementos que tiene mayor importancia para los seres vivos y su entorno, es una sustancia que no solo es esencial para todas la forma de vida, sino que es al mismo tiempo una importante materia prima.^[1]

El objetivo de hacer una evaluación de análisis, es constar con la información adecuada para conocer la calidad del agua. La selección adecuada de los parámetros a determinar en el estudio, permite evaluar el grado de contaminación, así como los posibles usos que se le pueda dar. El agua que consumen las comunidades se utiliza para muchos fines, el uso potable es el más importante de todos.

El avance de la tecnología ha permitido hacer llegar fácilmente el agua a diferentes sectores de la población y medianamente mantener y controlar la calidad de dichas aguas; sin embargo existen sectores marginados hacia donde no ha sido posible garantizar el suministro y calidad del agua de consumo (potable).^[2]

En algunas comarcas del municipio de Quezalguaque aún no han sido posibles las instalaciones de redes de distribución del agua potable, lo que ha conllevado a que muchas familias construyan pozos para satisfacer sus necesidades sin que exista algún mecanismo que permita controlar y garantizar de alguna forma la calidad fisicoquímica del agua.

De acuerdo a normas establecidas en relación con la aceptabilidad del agua para uso potable, se ha considerado pruebas que normalmente se utilizan para determinar los caracteres fisicoquímicos y bacteriológicos.^[2]

Al evaluar la aceptabilidad del agua, esta se realiza basándose en las concentraciones permisibles de las sustancias presentes en ella.

Las zonas seleccionadas para el muestreo y su eventual estudio, en cierta medida han sido utilizadas para actividades agrícolas como cultivo de ajonjolí, algodón, etc. Por lo que puede sospecharse que hayan sido afectadas con algunos agentes contaminantes; debido a esto, debemos suponer que existen antecedentes y razones para realizar el presente estudio, pues el agua es un vital líquido que debe preservarse limpia y pura, para así evitar ciertas enfermedades en la población.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

- Evaluar la calidad fisicoquímica del agua de pozos domésticos en el municipio de Quezalguaque.

3.2 Objetivos Específicos:

- Determinar parámetros Fisicoquímicos de muestras de aguas de pozos domésticos de la zona.
- Comprobar los resultados obtenidos con las normas establecidas por CAPRE (Normas de saneamiento de agua potable para Centroamérica, Panamá y República dominicana).
- Identificar mediante análisis factorial los parámetros mínimos que expliquen las características de las muestras analizadas.
- Interpretar los resultados obtenidos haciendo uso de los parámetros mínimos identificados aplicando criterios establecidos por las normas CAPRE.

IV. MARCO TEORICO

Se llaman aguas potables a las que pueden servir como bebidas para el hombre; en general se utilizan como tales las aguas subterráneas que como es consiguiente han sufrido una filtración a través de las capas superficiales de la tierra, y están protegidas por estas mismas capas del libre acceso de las aguas de lluvias o de las aguas de la superficie del terreno.

Las aguas superficiales (ríos, lagos, etc.) se utilizan como potables con mucha menor frecuencia que las subterráneas y pocas veces reúnen todas las condiciones de una buena agua potable, siendo casi siempre necesario someterla a una purificación. Para juzgar de la potabilidad de un agua, cualquiera que sea su procedencia, hay que examinar si reúne las condiciones siguientes:

- a) Debe ser clara, incolora e insípida y no adquirir olor por la calefacción.
- b) Debe tener un sabor ligeramente fresco, debido a la presencia del ácido carbónico libre.
- c) Debe estar completamente exenta de amoníaco, nitrito, sulfhídrico y materias viscosas.
- d) Debe contener muy pocos microorganismos.
- e) No debe contener metales pesados, a excepción de indicio de hierro.
- f) El residuo total de la evaporación de un litro de agua no debe exceder mucho del peso de 0.5g, la porción de algunos cuerpos que el agua lleva disueltos no debe pasar, en lo posible de los siguientes límites:^[1]

| COMPUESTOS | CONCENTRACION |
|---|---------------|
| Materiales orgánicos | 0.05 g/l |
| Ácido nítrico (calculado en N ₂ O ₅) | 0.01 g/l |
| Cloro | 0.05 g/l |
| Ácido sulfúrico (calculado en SO ₃) | 0.09 g/l |
| Cal y magnesia (calculado en CaO + MgO) | 0.18 g/l |

4.1 CLASIFICACION DEL AGUA POTABLE

De acuerdo al origen y tratamiento recibido, las aguas potables se clasifican en:

- ➔ Agua de la fuente o mina: Son aguas del subsuelo que afloran a la superficie pudiendo ser no gasificada o gasificada natural o artificialmente.
- ➔ Aguas tratadas: Son aguas de cualquier origen incluyendo las de la superficie (ríos, lagos, etc.), que haya recibido tratamiento previo.
- ➔ Agua de pozo artesiano: Son aguas del subsuelo proveniente de fuentes protegidas por capas impermeables.
- ➔ Aguas de pozo: Son aguas del subsuelo proveniente de fuentes situadas arribas de la impermeable.

4.2 CALIDAD FISICO-QUIMICA DEL AGUA

La potabilidad del agua depende de diversos factores fisicoquímicos y bacteriológicos y además del contenido de sustancias tóxicas, ya que existen sustancias que pueden ser perjudiciales para la salud en ciertas condiciones y en concentraciones altas. Algunos constituyentes son esenciales para el agua potable, y resulta ser inconveniente que su concentración sea demasiado baja. La concentración de muchas sustancias químicas en el agua potable varía grandemente de un lugar a otro, por lo que no se pueden establecer normas rígidas de calidad.

Las aguas naturales en sí nunca están libres de organismos y se relacionan con las propiedades fisicoquímicas en las transformaciones químicas que influyen en la calidad del agua.^[2]

Algunos parámetros que influyen sobre la aceptabilidad del agua, la concentración máxima aceptable y los inconvenientes que se pueden presentar cuando se sobrepasan los límites son:

- ➔ **Temperatura:** Parámetro físico de mucha importancia ya que de ella dependen muchas reacciones químicas. La población bacteriológica se ve favorecida a temperaturas superiores a 30 °C.

➤ **Conductividad:** Es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica, esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura de la medición.

➤ **pH:** La expresión usual para medir la concentración del ion hidrógeno en solución esta en términos de pH, el cual se define como el logaritmo negativo de la concentración del ion hidrógeno. Es esencial porque determina de alguna manera la presunción de especies solubles en agua.

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]$$

➤ **Alcalinidad:** Es una medida de la capacidad de un agua para neutralizar un ácido fuerte en las aguas naturales, esta capacidad se puede atribuir a bases como HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^- , lo mismo que a las especies presentes como son silicatos, boratos, etc.

➤ **Cloruros:** Estos se encuentran en formas de ion Cl^- , es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua natural y residual, siendo las concentraciones de cloruros mayores en las aguas residuales que en las naturales, esto debido a que el cloruro de sodio (NaCl) es común en la dieta y pasa inalterado a través del aparato digestivo. Un contenido elevado de cloruro puede dañar las conducciones y estructuras metálicas y perjudicar el crecimiento vegetal.

➤ **Dureza Total:** Parámetro relacionado con la concentración de Ca^{2+} y Mg^{2+} . Las aguas que son blandas o con baja dureza, tienen carácter agresivo y facilitan la disolución de metales en cañerías, mientras que las aguas duras provocan problemas de precipitaciones e incrustaciones.

➤ **Calcio:** Es el quinto entre los elementos en orden de abundancia. En los suministros de agua proviene de su paso a través o por encima de depósitos de caliza, dolomita, yeso y pizarras yesiféricas. El contenido de calcio puede variar entre cero y vario centenares de mg/l, dependiendo del origen y tratamiento del agua.

- **Magnesio:** Ocupa el octavo lugar entre los elementos más abundantes y es un componente común de las aguas naturales. La concentración de este puede variar de cero a varios cientos de mg/l, dependiendo del origen y tratamiento del agua.
- **Demanda de Cloro:** Es un parámetro que mide la cantidad de cloro necesario para eliminar la materia orgánica presente en las aguas.
- **Nitritos:** Son compuestos no deseables en la composición de las aguas para consumo público. Su presencia puede ser debida a una oxidación incompleta del amoníaco ó a la reducción de nitratos existentes en el agua. La reducción de nitratos a nitritos puede ser sospechosa de contaminación fecal.
- **Nitratos:** Proviene fundamentalmente de la nitrificación del nitrógeno orgánico o de la disolución de las sales del suelo de los terrenos sobre los que pasa el agua. También pueden proceder de contaminación orgánica (aguas residuales) o de la contaminación agrícola (abonos). Estos pueden ser peligrosos para los lactantes siempre que su concentración en el agua sobre pase los 45 mg/l, pues al reducirse a nitrito pueden provocar una Metahemoglobinemia.
- **Hierro:** Su presencia puede provenir de una lixiviación de los suelos que atraviesa o de contaminación por aguas residuales. Puede ocasionar manchas en la ropa de lavado y en la porcelana. En muestras de agua, el hierro puede estar en forma de solución auténtica, en estado coloidal que puede ser peptizado por materia orgánica, en complejos inorgánicos u orgánicos de hierro o en partículas suspendida relativamente gruesas. Puede estar en forma ferrosa o férrica.
- **Sulfatos:** Los contenidos de sulfatos en aguas se deben a que las aguas atraviesan terrenos ricos en yesos y a contaminación con aguas residuales industriales. Su contenido no presenta problema de potabilidad, pero en algunas ocasiones niveles superiores a 300 mg/l puede ocasionar trastornos intestinales.^[3]

4.3 METODOS VOLUMETRICOS

La volumetría es una de las técnicas analíticas de mayor utilidad. Es bastante rápida y permite lograr buena exactitud. El análisis se divide en varias ramas y los principios generales de todas ellas están relacionados con los siguientes conceptos:

4.3.1 Titulación

La sustancia que se va a analizar 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 de titulante necesario para que reaccione completamente con la sustancia que se va a analizar; la cantidad de ésta se puede calcular cuando se conoce su concentración y también la reacción entre ella y el titulante.

4.3.2 Requisitos de una titulación

1. La reacción debe ser estequiométrica; es decir, debe existir una reacción bien definida y conocida entre la sustancia que se va a analizar y el titulante.
2. La reacción debe ser rápida. La mayoría de las reacciones iónicas suelen ser muy rápidas.
3. No deben producirse reacciones secundarias y la reacción debe ser específica. Cuando hay sustancias que interfieren deben removerse.
4. Al terminar la reacción, debe haber un cambio marcado de alguna propiedad de la solución. Puede consistir en un cambio de color de la solución o un cambio de alguna otra propiedad eléctrica o física de la misma.

5. El punto en el cual se ha añadido una cantidad estequiométrica de titulante recibe el nombre de punto de equivalencia. El punto en el que se observa que la reacción ha terminado se llama punto final; es decir, el punto en el que se detecta el cambio de alguna propiedad de la solución.
6. La reacción debe ser cuantitativa; es decir, el equilibrio de la reacción debe encontrarse desplazado hacia la derecha. Esto es necesario para que el cambio sea suficientemente notable en el punto final y permita lograr la exactitud deseada.

4.3.3 Soluciones Estándares

Se prepara disolviendo una cantidad exactamente pesada de algún material de alta pureza denominado estándar primario, y diluyéndola a un volumen conocido con exactitud en un matraz volumétrico.

Cuando el material no tiene la suficiente pureza, otra alternativa es preparar una solución de concentración aproximada igual a la deseada, que se estandariza o valora empleando una cantidad pesada de algún estándar primario.

4.3.4 Requisitos de un Estándar Primario

1. Debe tener pureza de 100%, 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 y debe ser estable indefinidamente a temperatura ambiente. El estándar primario siempre se seca antes de pesarlo.
3. Aunque no es necesario es conveniente que su peso fórmula sea elevado. Esto tiene el objetivo que se pese una cantidad relativamente grande del mismo para titularla. Al pesar una cantidad mayor del material, el error relativo será menor que en el caso de pequeñas cantidades.

4. Debe tener las propiedades necesarias para la titulación, especialmente el equilibrio de la reacción debe estar desplazado a la derecha para que se obtenga un punto final bien marcado.

4.4 CLASIFICACION DE LOS METODOS VOLUMETRICOS

Existen cuatro clases generales de métodos volumétricos o titulométricos:

- **Ácido – Base:** Muchos compuestos orgánicos e inorgánicos suelen ser ácidos o bases que pueden titularse con una solución estándar de una base fuerte o ácido fuerte. Los puntos finales de estas titulaciones se determinan con facilidad, empleando un indicador o siguiendo el cambio de pH con un pH-metro.
- **Precipitación:** El titulante forma un producto insoluble con las sustancias analizadas. Se pueden emplear indicadores para detectar el punto final o medir eléctricamente el potencial de la solución.
- **Complexométricos:** El titulante es un agente complejante que forma un complejo soluble en agua con la sustancia analizada, un ion metálico. El titulante suele llamarse agente quelante. Pueden emplearse indicadores para formar un complejo de color fuerte con el ion metálico.
- **Oxido-Reducción (Rédox):** Se titula un agente oxidante con un agente reductor o viceversa. Debe existir una diferencia bastante grande entre sus propiedades de reducción, para que la reacción sea total y se produzca un punto final bien marcado. Pueden emplearse indicadores apropiados para estas titulaciones o diversos métodos electrométricos para detectar el punto final.^[4]

4.5 METODOS ESPECTROFOTOMETRICOS

Unos de los métodos de análisis fisicoquímico más empleado esta basado en la medida de la absorción ó emisión de la energía radiante. La gran difusión de esta técnica es consecuencia de los factores siguientes:

- El amplio intervalo de longitudes de onda o de frecuencia de energía radiante y sus diferentes modos de interacción con la materia.
- La existencia en el mercado de instrumentos de medida cada vez más precisos.
- La ventaja inherente al método: Generalmente, el análisis es muy rápido una vez que se ha establecido el método, a no ser que se requiera un tratamiento previo para eliminar interferencias. El método es por tanto, muy cómodo para medidas repetidas de un mismo constituyente.

Además, el método es en general, aplicable a la determinación exacta de cantidades de constituyente mucho menores que con los métodos gravimétricos o volumétricos, es por tanto muy adecuado para el análisis de trazas.^[5]

4.6 LEYES DE LA ESPECTROFOTOMETRIA

Cuando un haz de energía monocromática incide sobre una capa homogénea de una sustancia transparente, parte de la energía es absorbida y el resto transmitida, aunque en realidad una pequeña parte es reflejada. Si la energía radiante incidente tiene longitudes de onda en la región visible del espectro y el medio a través del cual tiene que pasar, absorbe selectivamente ciertas longitudes de ondas, el color observado corresponderá a las longitudes de ondas de la energía transmitida.

4.6.1 LEY DE BEER

La ecuación fundamental para aplicar la Espectrofotometría en química analítica se denomina **Ley de Beer-Lambert** o simplemente **Ley de Beer**. Esta ley establece que la absorbancia es proporcional a la concentración de las especies absorbentes.

La ecuación es: **$A = abc$**

En donde:

A = es la absorbancia.

a = es la absorptividad.

b = longitud del recorrido óptico.

c = concentración de la muestra.

Otra forma de determinar la absorbancia es que el logaritmo en base 10 del inverso de la transmitancia, T, en el que el disolvente puro es el material de referencia; esto es:^[5]

4.6.2 DESVIACIONES DE LA LEY DE BEER

Las desviaciones con respecto a la **Ley de Beer** se clasifican en tres categorías: **Reales, Instrumentales y Químicas.**

➤ **Reales:** Se originan en cambios del índice de refracción del sistema analítico. A concentraciones de 10^{-3} o menor, el índice de refracción es constante, pero a concentraciones altas el índice de refracción puede variar considerablemente.

➤ **Instrumentales:** Aparecen cuando la absorbancia se mide con un fotómetro de filtro en el que la radiación incidente esta incluida en una banda amplia de longitudes de ondas sobre todo si el centro de la banda no coincide con la longitud de onda para la que se mide con máximo de absorción.

➤ **Químicas:** Causados por desplazamientos de un equilibrio químico o físico en el que participa la especie absorbente, efectos de pH, hidrólisis, etc.^[5]

4.7 Parámetros Físicoquímicos que Influyen en la Aceptabilidad del Agua Potable según las Normas CAPRE (Normas de Saneamiento de Agua Potable para Centroamérica, Panamá y República Dominicana)

| PARAMETROS | UNIDAD | VALOR RECOMENDADO | VALOR MÁXIMO ADMISIBLE |
|---------------|------------------------------------|-------------------|------------------------|
| Temperatura | °C | 18-30 | - |
| Conductividad | µs/cm | 400 | - |
| pH | pH | 6.5-8.5 | - |
| Alcalinidad | mg/l CaCO ₃ | - | 500 |
| Cloruros | mg/l Cl ⁻ | 25 | 250 |
| Dureza Total | mg/l CaCO ₃ | 400 | - |
| Calcio | mg/l Ca ²⁺ | 100 | - |
| Magnesio | mg/l Mg ²⁺ | 30 | 50 |
| Nitrito | mg/l NO ₂ ⁻ | | (1) |
| Nitrato | mg/l NO ₃ ⁻ | 25 | 50 |
| Hierro | mg/l Fe ²⁺ | 0.1 | 0.5 |
| Sulfato | mg/l SO ₄ ²⁻ | 25 | 250 |

(1) **Nitritos:** Valor máximo admisible 0.1 a 3. Si se escoge el valor de 3 debe relacionarse al nitrato y nitrito por la formula:

$$\frac{[\text{NO}_3]}{\text{V.R NO}_3} + \frac{[\text{NO}_2]}{\text{V.R NO}_2} \leq 1$$

Donde:

V.R = valor recomendado.^[6]

4.8 TRATAMIENTO ESTADISTICO

Mediante el uso de los procedimientos estadísticos, se busca potenciar y aumentar el rendimiento del proceso analítico, para ello la estadística puede actuar sobre todas y cada una de las etapas de dicho proceso. Una vez que se han obtenidos los datos, se trata de obtener de ellos mismo la mayor cantidad de información posible y de establecer los límites de confianza con los que dicha información se obtiene.

Todo analista de agua debe tratar de obtener un resultado que presente una estimación correcta del producto analizado en el medio controlado. Es muy difícil que al realizar las diferentes operaciones para obtener el resultado no se cometan errores los cuales deben ser suprimidos o reducidos; para descubrir estos errores y para mejorar las precisiones de los resultados analíticos se necesita el empleo de los métodos estadísticos.

En general podemos decir que auxiliados de los métodos estadísticos, pretendemos que a partir de la información que nos da una muestra, inferir sobre la población que le dio origen.^[2]

4.8.1 ANALISIS FACTORIAL

El principal propósito es describir la variación de muchas variables en términos de unas pocas variables aleatorias inobservables que llamaremos factores comunes, de forma que todas las covarianzas o correlaciones son explicadas por dichos factores y cualquier porción de la varianza inexplicadas por dichos factores comunes se asigna a términos de errores residuales que llamaremos factores únicos o específicos.

De esta forma el análisis factorial divide la matriz de varianzas y covarianzas o de la correlación en dos partes: La primera parte es generada por los factores comunes y la segunda parte que es una matriz diagonal, es generada por los factores únicos.

El análisis factorial puede ser exploratorio o confirmatorio. El análisis exploratorio se caracteriza porque no se conocen a priori el número de factores y es en la explicación empírica donde se determina este número, en el análisis de tipo confirmatorio los factores están fijados a priori, utilizándose contrastaciones empírica para su corroboración.

El análisis factorial sirve como ninguna otra técnica estadística, a la causa del logro de la parsimonia científica, también puede verse como una técnica de clasificación de variable en subconjuntos, tales que en cada subconjunto las variables están altamente correlacionadas entre si y variables perteneciente a conjuntos disjuntos están relativamente incorrelacionadas.^[7]

4.8.2 GLOSARIO DE TERMINOS

Matriz: Una matriz de orden (n, p) es una tabla de “ $n \times p$ ” valores dispuestos en “ n ” filas y “ p ” columnas: $A = \{A_{ij}\}$, donde A_{ij} es el elemento que ocupa la fila “ i ” y la columna “ j ” de la matriz A .

Diagonal principal: Se llama diagonal principal de una matriz cuadrada de orden “ n ” a los elementos de la fila “ i ” y columna “ i ” ($i = 1, 2, 3, \dots, n$). Una matriz diagonal es la que contiene ceros fuera de la diagonal principal.

Matriz identidad (I): Es aquella matriz cuadrada que contiene valores de “1” en la diagonal y valores de “0” fuera de ella.

Matriz inversa: La matriz inversa de una matriz cuadrada A de orden “ n ”, denotada por A^{-1} , es aquella que multiplicada por la matriz A , da como resultado la matriz identidad $A \cdot A^{-1} = I$.

Matriz de correlación: Es la matriz R , cuadrada y simétrica de orden “ p ”, cuyo elemento r_{ij} , es el coeficiente de correlación entre cualquier variables y si la misma es perfecta, la diagonal principal de R , contiene unos ($r_{ij} = 1$).

Extracción de factores: Esto es la exploración de la reducción de los datos, por el método de componentes principales.

Método de componentes principales: Consiste en elegir F_1 (primer componente principal), de modo que explique la mayor parte de las varianzas de las variables. Obteniéndose este, se le resta a las variables, y sobre la variabilidad restante, se elige F_2 (segunda componente), con el mismo criterio y así sucesivamente.

Comunalidad: La comunalidad de una variable es la proporción de su varianza que resulta condensada por la solución factorial. Se obtiene sumando los valores al cuadrado de la fila correspondiente de la matriz de factores.

Matriz anti-imagen: Se llama al negativo de los coeficientes de correlación parcial.

Índice de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) de adecuación muestral: Es un índice para comprobar la magnitud de los coeficientes de correlación observados con la magnitud de los coeficientes de correlación parcial.

Test de esfericidad de Bartlett: Esta prueba es usada para probar la hipótesis de que la matriz de correlación es la identidad. $H_0: \Sigma = I$.^[8]

4.8.3 VIABILIDAD DE LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS FACTORIAL

Dado que uno de los objetos del análisis factorial es obtener factores que ayuden a explicar las correlaciones entre las variables, estas deben estar correlacionadas entre sí para que el análisis factorial sea apropiado. Para que el análisis factorial sea aplicable a una matriz de datos debe estar sujeto a los siguientes indicadores del grado de asociación entre las variables.

➡ **Determinante de la Matriz de Correlación**

Si las correlaciones entre las variables son pequeñas, es poco probable que ellas compartan factores comunes. Por lo que se hace necesario examinar el determinante de la matriz de correlación. Un determinante muy bajo significa que hay variable con intercorrelaciones muy altas, esto indica que los datos pueden ser adecuados para realizar un análisis factorial.^[7]

➤ Test de Esfericidad de Bartlett

Si el valor del test estadístico es grande y el nivel de significación asociado (**p**) es pequeño (**<0.01**), será poco probable que la matriz de correlación sea una identidad. En el caso de que el nivel de significación sea grande (**>0.25**) no se puede rechazar la hipótesis nula de que la matriz de correlación sea una identidad, y por tanto habría que reconsiderar el uso del modelo factorial.^[9] EL estadístico de dicho test viene dado por:

$$\left[n - \frac{2p + 11}{6} \right] \sum_{j=1}^p \text{Log}(\lambda_j)$$

Donde λ_j $j=1, \dots, p$ son los valores de **R**.

Considerando que $|R| = 1$, si y solo si $R = I$, la hipótesis nula se puede formular indistintamente así: **H₀: R = I** $|R| = 1$.

Si se confirma la H_0 significa que las variables no están intercorrelacionadas por tanto, la nube de punto en el espacio formaría una esfera (esfericidad), por la cual no se aconsejaría la aplicación del análisis factorial a la matriz de datos.

Si la matriz de correlación es la identidad, la distribución de este estadístico es asintóticamente una X^2 con $0.5 p(p-1)$ grados de libertad.

➤ Matriz de correlación anti-imagen

Tienen como elemento el coeficiente de correlación parcial entre dos de las variables eliminando la influencia de las demás variables. Si el modelo factorial es cierto la mayor parte de los elementos de dicha matrices deberán ser pequeños.

➤ Medidas de adecuación de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)

Este índice viene dado por la expresión:
$$KMO = \frac{\sum_i \sum_{j \neq i} r_{ij}^2}{\sum_i \sum_{j \neq i} r_{ij}^2 + \sum_i \sum_{j \neq i} a_{ij}^2}$$

Donde r_{ij} es el coeficiente de correlación de las variables x_i , x_j , y a_{ij} es el coeficiente de correlación parcial entre dichas variables. Si $\sum a_{ij}^2 \approx 1$ entonces el $KMO \approx 1$.

Valores pequeños de KMO indican que un análisis factorial de las variables puede no ser una buena idea, ya que las correlaciones entre parejas de variables no pueden ser explicadas por otras variables. Se tiene que si $KMO \geq 0.75$ la idea de realizar un análisis factorial es buena, si $0.75 > KMO \geq 0.5$ la idea es aceptable y si $KMO < 0.5$ es inaceptable.

➤ Medidas de adecuación para cada variable (MSA)

Se puede calcular una medida de adecuación muestral para cada variable cuya expresión viene dado por:

$$MSA_i = \frac{\sum_{j \neq i} r_{ij}^2}{\sum_{j \neq i} r_{ij}^2 + \sum_{j \neq i} a_{ij}^2}$$

Los valores pequeños de esta medida pueden aconsejar el no utilizar la variable x_i en el análisis.

➤ Correlación observada y reproducida

Si el modelo factorial estimado es adecuado, entonces las diferencias entre los coeficientes de correlación observado y los reproducidos por la estimación de los factores deben ser pequeñas. Para medir la adecuación se calculan las diferencias entre correlaciones observadas y reproducidas.

Dicha diferencia viene dada por: $R - \tilde{A} \tilde{A}'$. Si existe un porcentaje elevado de diferencia superiores a una cantidad pequeña prefijada (por ejemplo, 0.05), esto será indicativo de que el modelo factorial no se adecua a los datos.^[7]

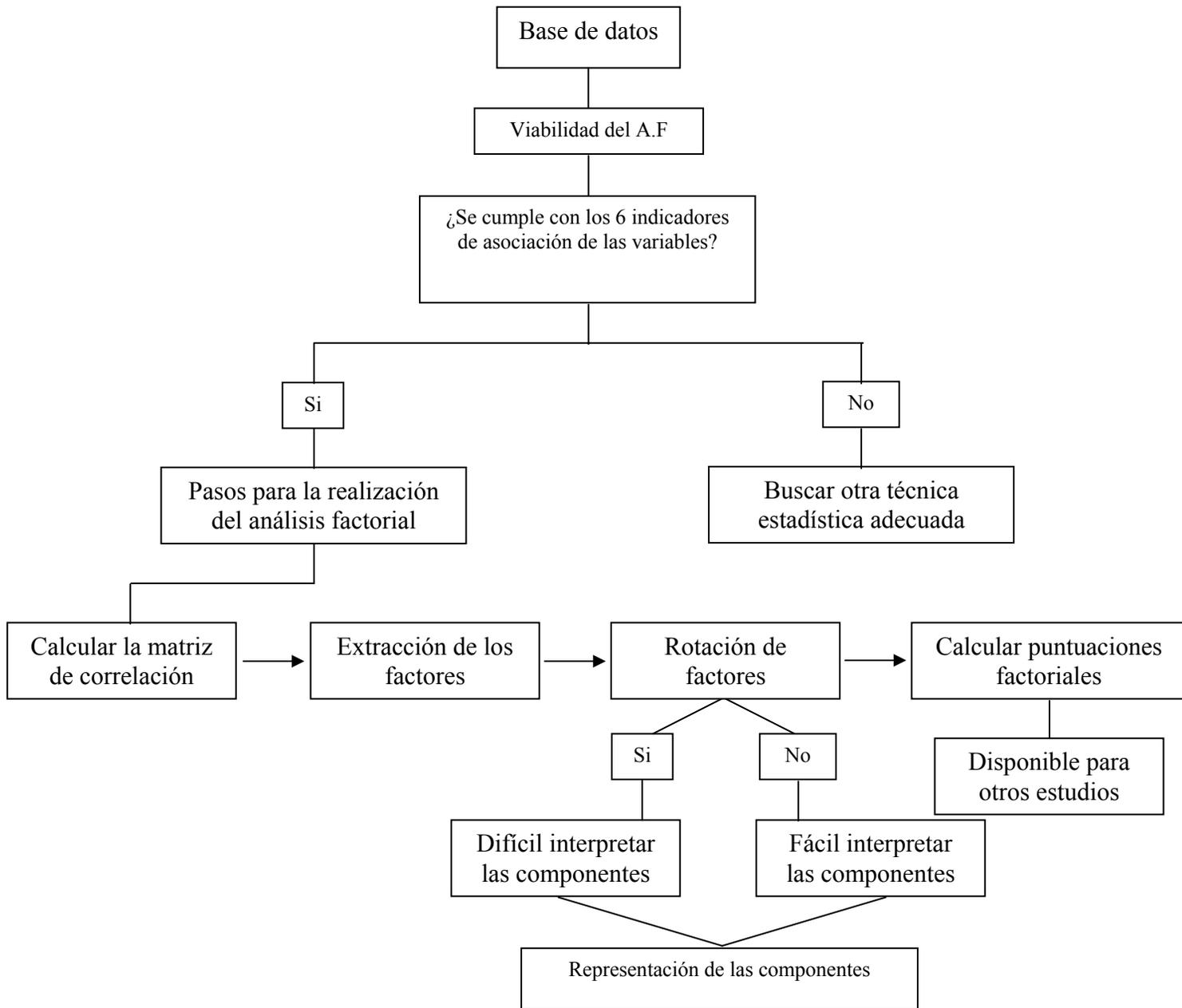
4.8.4 PASOS EN EL ANALISIS FACTORIAL

Para realizar un análisis factorial se suelen seguir los siguientes pasos:

1. Calcular la matriz de correlación entre todas las variables, a partir de la matriz de datos originales. Examen de esta matriz.
2. Extracción de los factores necesarios para representar los datos.
3. Rotación de factores con objeto de facilitar su interpretación. Representación gráfica.
4. Calcular las puntuaciones factoriales para cada individuo. Estas puntuaciones pueden usarse en cálculos posteriores.

No todos estos pasos son indispensables para realizar un análisis factorial. En realidad solo los dos primeros constituyen en el análisis factorial genuino, el tercero facilita la interpretación de los resultados, el cuarto permite la utilización de los resultados en análisis posteriores.^[7]

4.8.5 Flujograma del Análisis Factorial



4.9 DIAGRAMA DE CAJA

El diagrama de caja es una representación semigráfica de una distribución construida para mostrar sus características principales y señalar los posibles datos atípicos; es decir, aquellas observaciones que parecen ser distintas de las demás.

- 1) Ordenar los datos de la muestra y obtener el valor máximo, el mínimo y los tres cuartiles Q_1 , Q_2 y Q_3 .
- 2) Dibujar un rectángulo cuyos extremos son Q_1 y Q_3 e indicar la posición de la mediana (Q_2) mediante una línea.
- 3) Calcular los límites admisibles superior e inferior que van a servir para identificar los valores atípicos. Estos límites se calculan con:

$$LI = Q_1 - 1.5 (Q_3 - Q_1)$$

$$LS = Q_3 + 1.5 (Q_3 - Q_1)$$

- 4) Considerar como valores atípicos los situados fuera del intervalo (LI, LS).
- 5) Dibujar una línea que vaya desde cada extremo del rectángulo central hasta el valor más alejado no atípico; es decir, que está dentro del intervalo (LI, LS).
- 6) Identificar todos los datos que están fuera del intervalo (LI, LS), marcándolo como atípico.

La razón de utilizar la mediana como medida de centralización y el rango intercuartílico como medida de dispersión es que estas medidas, al depender del orden de los datos y no de su magnitud, son pocos influenciadas por unos pocos datos atípicos. Los diagramas de cajas son especialmente útiles para comparar la distribución de una variable en distintas poblaciones.^[9]

V. PARTE EXPERIMENTAL

5.1 METODOLOGIA

MUESTREO:

El muestreo se realizó en 29 pozos de diferentes comarcas del municipio, éste se dividió en tres etapas. En la primer etapa se tomó muestras de los primeros 12 pozos, en la segunda etapa se tomaron muestras a los 12 pozos siguientes y por ultimo en la tercera etapa se obtuvieron muestras de los 5 pozos restantes. Para la identificación de cada pozo se utilizó el siguiente procedimiento:

- ➔ Lugar de capacitación
- ➔ Código
- ➔ Fecha y hora
- ➔ Temperatura
- ➔ Muestreo realizado por:

Para la captación de muestras se utilizaron envases plásticos de un galón previamente lavados. Si el pozo tenia bomba de mecate se abría el grifo durante 5 minutos y luego se enjuagaba el envase 3 veces y finalmente se tomaba la muestra.

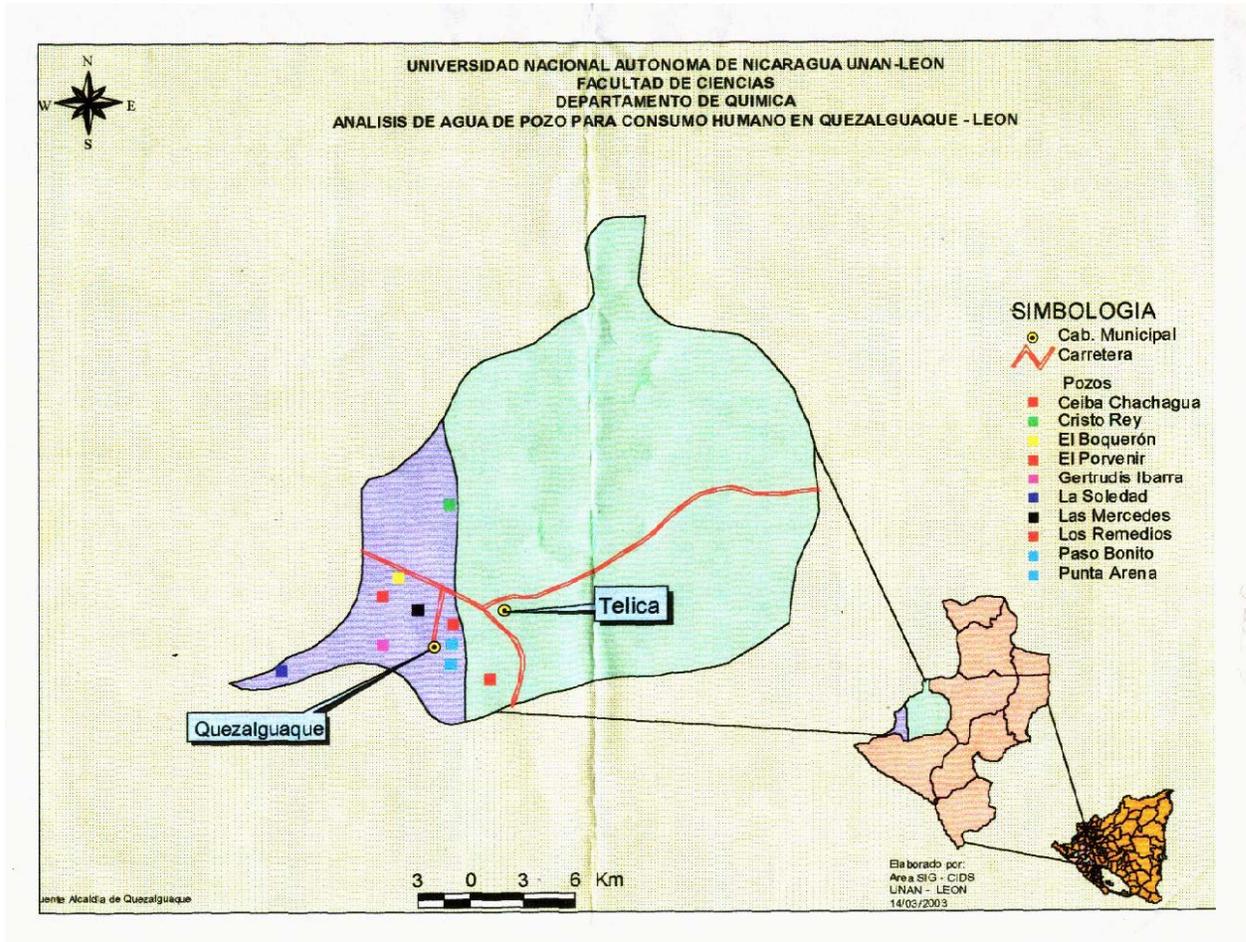
En el caso de los pozos sin bomba se introducía un balde plástico en el pozo, se enjuagaba 3 veces y posteriormente se depositaba la muestra en el galón plástico. Para pozos de bomba eléctrica, los cuales abastecían a un sistema de distribución, se esperaba 5 minutos para que el agua fluyera y limpiara las tuberías y luego proceder a tomar la muestra.

A la muestra de cada pozo para efectuar el análisis fisicoquímico se le practicaron dos repeticiones y en algunos casos tres cuando se deseaba verificar la validez de los resultados.

5.2 ZONAS DE MUESTREO

| N° de Muestra | Comarca | Fecha de Muestreo | Casa/Lugar |
|----------------------|-----------------|--------------------------|------------------------------|
| 1 | Puntarena | 03/09/01 | Gilberto Ruiz |
| 2 | Puntarena | 03/09/01 | Marta Pereira |
| 3 | Paciente I | 03/09/01 | Antonia Ramírez |
| 4 | Paciente I | 03/09/01 | Teresa Prado |
| 5 | Paciente II | 03/09/01 | Adela Reyes |
| 6 | Paciente II | 03/09/01 | Raúl Castellón |
| 7 | La Estación | 03/09/01 | Casa Comunal |
| 8 | La Estación | 03/09/01 | Sonia Ortiz |
| 9 | La Estación | 03/09/01 | Petrona Castillo |
| 10 | La Estación | 03/09/01 | Viviana Chacon |
| 11 | Soledad | 03/09/01 | Cleofa Alvarado |
| 12 | Soledad | 03/09/01 | Angela Alvarado |
| 13 | Los Remedios | 17/09/01 | Guadalupe Narváez |
| 14 | Los Remedios | 17/09/01 | Esc. Los Remedios |
| 15 | Paso Bonito | 17/09/01 | Gregorio Soto |
| 16 | Paso Bonito | 17/09/01 | Esc. Maritza López |
| 17 | Praga | 17/09/01 | Sofía Toval |
| 18 | Praga | 17/09/01 | Yorlene Alvarado |
| 19 | Casco Urbano | 17/09/01 | Leonel Ruiz |
| 20 | Boquerón | 17/09/01 | Benito Urbina |
| 21 | Boquerón | 17/09/01 | José Mayorga |
| 22 | Ceiba Chachagua | 17/09/01 | Esc. Rafaela Herrera |
| 23 | Ceiba Chachagua | 17/09/01 | Pedro Torres |
| 24 | Ceiba Chachagua | 17/09/01 | Mario Pérez |
| 25 | Cristo Rey | 01/10/01 | Pila de motor |
| 26 | Cristo Rey | 01/10/01 | Bomba eléctrica |
| 27 | Las Mercedes | 01/10/01 | Epme. Qzque. 500 vrs. Abajo |
| 28 | Quezalsa | 01/10/01 | Epme. Qzque. 500 vrs. Arriba |
| 29 | El Porvenir | 01/10/01 | Epme. Qzque. 700 vrs. Arriba |

5.3 MAPA DE QUEZALGUAQUE



5.4 METODOS DE ANALISIS

| Parámetro | Método de Análisis | Referencia | (LD) | Rango | Parámetro de Regresión Lineal |
|-------------------|--|--|---------|-----------------|-------------------------------|
| Temperatura | Lectura en grados Celcius (°C) | 2550 B. ^(a) | | | |
| Conductividad | Método Conductimétrico | 2510 B. ^(a) | | | |
| Ph | Potenciométrico | 4500-H ⁺ -B. ^(a) | | | |
| Alcalinidad Total | Volumetría: ácido-base | 2320 B. ^(a) | | | |
| Bicarbonato | Volumetría: Método de Calculo | 2320 B. ^(a) | | | |
| Cloruro | Volumetría: Método de Nitrato Mercúrico | 4500-Cl ⁻ -C. ^(a) | | | |
| Dureza Total | Volumetría: Método Complexométrico con EDTA | 2340 C. ^(a) | | | |
| Calcio | Volumetría: Método Complexométrico con EDTA | 3500-Ca-D. ^(a) | | | |
| Magnesio | Volumetría: Método de Calculo | 3500-Mg-E. ^(a) | | | |
| Dureza Cálcica | Volumetría: Método Complexométrico con EDTA | 3500-Ca-D. ^(a) | | | |
| Dureza Magnésica | Volumetría: Método de Calculo | 2340 C y 3500-Ca-D. ^(a) | | | |
| Demanda de Cloro | Volumetría: Método Yodimétrico | (b) | | | |
| Nitrito | Espectrofotometría: Método de Zambelli | 4500-NO ₂ ⁻ B. ^(a) | 0.00586 | (0.05-0.5 mg/l) | a=0.042160, b=0.4936, r=0.999 |
| Nitrato | Espectrofotometría: Método UV Selectivo | 4500-NO ₃ ⁻ B. ^(a) | 0.30150 | (2.0-30 mg/l) | a=0.01390, b=0.05523, r=0.999 |
| Hierro | Espectrofotometría: Método de la orto-fenantrolina | 3500-Fe-D. ^(a) | 0.24820 | (0.4-2.0 mg/l) | a=0.01830, b=0.15475, r=0.998 |
| Sulfato | Turbidimetría: Método Turbidimétrico | 4500-SO ₄ ²⁻ E. ^(a) | 3.59000 | (5.0-40 mg/l) | a=0.02936, b=0.01097, r=0.999 |

(a): APHA-AWWA-WPCF. Díaz Santos. Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residuales, 17 ediciones, 1992.

(b): J. Rodier. Análisis de las Aguas, pág # 473. a: Intercepto b: Pendiente r²: Coeficientes de determinación LD: Limite de detección

5.5 REACTIVOS

- ➔ Solución Patrón de KCl 0.01 M.
- ➔ Soluciones Acondicionadoras de pH=4 y pH=10.
- ➔ Indicador Verde de Bromocresol.
- ➔ Acido Clorhídrico 0.011277 N.
- ➔ Fenolftaleína.
- ➔ Solución de Nitrato Mercúrico 0.0141 N.
- ➔ Solución Patrón de Cloruro de Sodio 0.0141 N.
- ➔ Indicador Mixto.
- ➔ Acido Nítrico Concentrado.
- ➔ Solución Tampón pH=10.
- ➔ Solución de EDTA 0.01 M.
- ➔ Indicador Negro de Eriocromo T.
- ➔ Solución de Hidróxido Sódico 1 N.
- ➔ Indicador Murexida.
- ➔ Tiosulfato de Sodio 0.025 N.
- ➔ Yoduro de Potasio 100%.
- ➔ Acido Acético Concentrado.
- ➔ Almidón al 1%.
- ➔ Solución Patrón de NO_2^- de 250 mg/l.
- ➔ Solución Patrón de NO_2^- de 2.5 mg/l.
- ➔ Reactivo de Zambelli.
- ➔ Solución Patrón de NO_3^- de 100 mg/l.
- ➔ Solución de HCl 1 N.
- ➔ Solución Estándar de Hierro (200 mg Fe/l).
- ➔ Solución Estándar de Trabajo (10 mg Fe/l).
- ➔ Acido Clorhídrico Concentrado.

- ➔ Solución de Hidrocloruro de Hidroxilamina al 10%.
- ➔ Solución Buffer (ácido acético-acetato).
- ➔ Solución 1, 10-Fenantrolina.
- ➔ Cloruro de Bario.
- ➔ Solución Estándar de Sulfato de Sodio (120 mg/l).

5.6 MATERIALES R INSTRUMENTACION

- ➔ Termómetro Graduado de 0-100 °C.
- ➔ Conductímetro.
- ➔ pH-metro.
- ➔ Agitador Magnético.
- ➔ Espectrofotómetro UV-VIS Perkin-Elmer.
- ➔ Balanza Analítica.
- ➔ Horno Eléctrico.
- ➔ Desecador.
- ➔ Pizetas, Goteros, Soportes, Espátulas.
- ➔ Beaker de 10, 50, 100 y 250 ml.
- ➔ Erlenmeyer de 100 y 250 ml.
- ➔ Pipetas Volumétricas de 1, 2, 5, 10, 25, 50 y 100 ml.
- ➔ Probetas de 10, 50 y 100 ml.
- ➔ Buretas de 10, 25 y 50 ml.
- ➔ Bombas y Peras de Succión.

5.7 PREPARACION DE SOLUCIONES

Reactivo de Conductividad

Solución Patrón de KCl 0.01 M

Pesar 0.7456 g de KCl anhidro, disolver en unos 600 ml de agua destilada y enrasar a un litro en un matraz aforado.

Reactivos de pH.

Solución Tampón pH 7

Disolver 3.39 g de KH_2PO_4 (ambos secados en estufa a $110\text{ }^\circ\text{C}$ durante dos horas) en agua destilada exenta de CO_2 y enrasar a un litro en matraz aforado.

Solución Tampón pH 4

Disolver 10.12 g de hidrógenoftalato potásico ($\text{C}_6\text{H}_4\text{COOHCOOK}$), (secado en estufa a $110\text{ }^\circ\text{C}$ durante dos horas) en agua destilada exenta de CO_2 y enrasar a un litro en matraz aforado.

Reactivos de Alcalinidad Total.

Acido Clorhídrico 0.0106 N

Disolver 0.0867 ml de ácido clorhídrico concentrado en 100 ml de agua destilada.

Indicador Verde de Bromocresol

Disolver 0.1 g de verde de bromocresol en 14.3 ml de NaOH 0.01 N, después agregar aproximadamente 225 ml de agua destilada.

Reactivos de Cloruros.

Solución de Nitrato Mercúrico 0.0141 N

Se disuelven 2.5 g de $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ en 20 ml de agua destilada que contiene 0.25 ml de HNO_3 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 0.0141 N

Se disuelven 8.243 g de NaCl secado por media hora en un horno y se diluye a 500 ml en un balón volumétrico, de esta solución se toman 50 ml y se diluyen a 1000 ml.

Indicador Mixto

Se disuelven 0.50 g de difenilcarbazona y 0.05 g de azul de bromofenol y se diluyen a 100 ml con etanol.

Reactivos de Dureza Total.

Solución Tampón pH 10

Diluir en agua con agitación 570 ml de NH_3 concentrado y 70 g de NH_4Cl y llevar a un litro con agua destilada.

Indicador Negro de Eriocromo T

Pesar 1 g de negro de eriocromo T y disolver en 100 ml de etanol.

Solución de EDTA 0.01 M

Pesar 3.722 g del ácido etilendiaminotetraacético. Sal disódica 2-hidrato ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{C}_{10}\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), disolver en unos 600 ml de agua destilada y enrasar a un litro en matraz aforado.

Reactivos de Calcio.

Solución de Hidróxido Sódico 1 N (tampón pH 12)

Pesar 40 g de hidróxido sódico, disolver en unos 600 ml de agua destilada y enrasar a un litro en matraz aforado.

Indicador Murexida

Pesar 1 g de purpurato amónico (murexida) y 100 g de NaCl. Pulverizar y homogeneizar la mezcla en mortero.

Solución de EDTA 0.01 M

Pesar 3.722 g del ácido etilendiaminotetraacético. Sal disódica 2-hidrato ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{C}_{10}\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), disolver en unos 600 ml de agua destilada y enrasar a un litro en matraz aforado.

Reactivos de Demanda de Cloro.

Tiosulfato de Sodio 0.025 N

Se pesa 1.55 g de $\text{NaS}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ y se disuelve con un poco de agua, se afora finalmente a 250 ml adicionándole además 2.5 ml de cloroformo como preservativo.

Yoduro de Potasio 100%

Se disuelven 100 g de yoduro de potasio en una porción de agua destilada y se afora 100 ml (1 ml = 1 g).

Almidón al 1%

Se disuelve 1 g de almidón en 100 ml de agua hirviendo, se hierve hasta que se logra una completa disolución de almidón y luego se enfría a temperatura ambiente.

Solución de Cloro 0.239 g/l

Se toma 1 ml de solución de cloro comercial (2.39 g/l), previamente determinada su concentración en la titulación con tiosulfato de sodio 0.025 N y finalmente se afora a 100 ml con agua destilada.

Reactivos de Nitrito.

Solución Patrón de NO_2^- de 250 mg/l

Pesar 0.375 g de nitrito sódico, NaNO_2 , (secado en estufa a 110 °C durante dos horas), disolver en unos 600 ml de agua destilada y enrasar a un litro en un matraz aforado.

Solución Patrón de NO_2^- de 2.5 mg/l

Tomar 10 ml de la solución patrón de 250 de NO_2^- de mg/l y enrasar a un litro con agua destilada en matraz aforado.

Reactivo de Zambelli

Diluir 206 ml de ácido clorhídrico concentrado, HCl, con 500 ml de agua destilada. Añadir 5 g de ácido sulfanílico, $\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}\cdot\text{H}_2\text{O}$ y 7.5 g de fenol, $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$, calentando suavemente hasta

disolución. Dejar enfriar y agregar 135 g de cloruro de amonio, NH_4Cl . Cuando este todo disuelto completar hasta un litro con agua destilada.

Reactivos de Nitrato.

Solución Patrón de NO_3^- de 100 ml

Pesar 0.1630 g de nitrato de potasio anhidro KNO_3 , (secado en estufa a 110°C , durante dos horas), disolver en unos 600 ml de agua destilada y enrasar a un litro en matraz aforado.

Solución de HCl 1 N

Tomar 8.6 ml de ácido clorhídrico concentrado, HCl , añadirlos a 60 ml de agua destilada y enrasar a 100 ml en matraz aforado.

Suspensión de Hidróxido de Aluminio

Pesar 125 g de alumbre de potasio, $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ y disolverlos en un litro de agua destilada. Calentar a 60°C y añadir 55 ml de amoniaco concentrado, NH_3 , lentamente y con agitación.

Dejar reposar la mezcla una hora, introducirla en un vaso de dos litro y lavar el precipitado con sucesivas adiciones y decantaciones con agua destilada hasta eliminar los iones cloruros, nitrato, nitrito y amonio. Finalmente, después de la sedimentación, decantar tanto el liquido como sea posible, reservarlo solamente la suspensión concentrada.

Reactivos de Hierro.

Solución Estándar de Hierro 200 mg Fe/l

Pesar 0.20 g de alambre de hierro al 99% de pureza y transfiera a un frasco volumétrico de un litro. Agregar 10 ml de agua destilada y luego 5 ml de ácido sulfúrico. Después que el hierro se halla

disuelto, completar con agua destilada hasta el enrase. Guardar en una botella de vidrio tapado. Estable por seis meses.

Solución Estándar de Trabajo 10 mg Fe/l

Transferir 5 ml de la solución anterior con una pipeta volumétrica de 5 ml a un frasco volumétrico de 100 ml. Agregar 1 ml de ácido sulfúrico concentrado y completar con agua destilada hasta el enrase.

Solución de Hidrocloruro de Hidroxilamina al 10%

Disolver 10 g de hidrocloruro de hidroxilamina con 50 ml de agua destilada en un frasco volumétrico de 100 ml. Completar con agua destilada hasta el enrase. Guardar la solución en una botella de vidrio tapada. Estable por un mes.

Solución Buffer (ácido acético-acetato)

Disuelva 250 g de acetato de amonio, $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, con 150 ml de agua destilada en un beacker de dos litros. Agregar muy cuidadosamente 700 ml de ácido acético glacial medidos con una probeta. Guardar la solución en una botella plástica bien tapada. Estable indefinidamente.

Solución de 1, 10 Fenantrolina

Disolver 100 mg de monohidrocloruro de 1, 10 fenantrolina con 50 ml de agua destilada, en un frasco volumétrico de 100 ml. Diluir al volumen de aforo con agua destilada. Guardar la solución en una botella de vidrio bien tapada. Estable por meses. Descartar la solución.

Reactivos de Sulfato.

Solución Patrón de Sulfato de Sodio de 120 mg SO_4^{2-} /l

Pesar 0.1775 g de Na_2SO_4 anhidro (secado en estufa a 110 °C durante dos horas) disolver en unos 600 ml de agua destilada y enrasar a un litro en matraz aforado.

Solución de Acido Clorhídrico al 10% (v/v)

Tomar 10 ml de HCl concentrado y añadirlos a 90 ml de agua destilada.^[3]

5.8 ESTANDARIZACION DE SOLUCIONES

5.8.1 Estandarización de Tiosulfato Sódico con Yodato de Potasio

Se disuelve 2 g de KI en 100 ml de agua destilada. Se añaden 3 gotas de H₂SO₄ concentrado y 20 ml de la solución patrón de yodato. Se diluye a 200 ml y se titula el yodo liberado con Tiosulfato hasta una coloración amarilla pálida, luego se adiciona almidón de 2 a 3 gotas, la solución toma un color azul, se sigue añadiendo Tiosulfato hasta la desaparición del color azul.

5.8.2 Estandarización de EDTA

Dilúyanse 25 ml de la solución estándar de carbonato de calcio hasta alrededor de 50 ml de agua destilada en un recipiente adecuado. Añádase entre 1 y 2 ml de solución tampón. Por lo general, 1 ml será suficiente para dar un pH de 10 a 10.1. Añádase una o dos gotas de solución indicadora (NET). Poco a poco, añádase titulante EDTA estándar, removiendo continuamente, hasta que desaparezca los últimos matices rojizos. Añádase las últimas gotas con intervalos de 3-5 segundo. En el punto final la solución suele ser azul.

5.8.3 Estandarización de Nitrato Mercúrico

Tomar 25 ml de solución patrón de NaCl 0.0141 M y 25 ml de agua destilada. Añádase aproximadamente 0.5 ml de reactivo indicador mixto y mézclase bien. El color debe ser púrpura. Añádase HNO₃ 0.1 N gota a gota hasta que el color vire a amarillo. Titúlese con Hg(NO₃)₂ fuerte hasta color púrpura oscuro permanente. Valórese un blanco de agua destilada utilizando el mismo procedimiento.

5.8.4 Estandarización de HCl

Tomar 2 ml de la solución estándar de Na₂CO₃ 0.5299 g/100 ml de H₂O y aforarlo a 100 ml. Agregar 4 gotas del indicador bromocresol. Valorar con HCl hasta cambio de color. Viraje de color, de azul celeste a incoloro amarillento.^[3]

5.9 PROCEDIMIENTO

5.9.1 TEMPERATURA. Termometría.

Fundamento

Medida de la temperatura alcanzada por una muestra de agua medida “in situ”.

Procedimiento

Introducir un termómetro en una profundidad adecuada permaneciendo así hasta que la temperatura se mantenga constante.

Cálculo

La temperatura se refleja directamente en los grados marcados en el termómetro.

5.9.2 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA. Método Conductimétrico.

Fundamento

La conductividad específica de un agua es la aptitud de ésta para transmitir la corriente eléctrica. La conductividad depende de la actividad de los iones disueltos y de la temperatura a la que se realiza la medida. Para medir la conductividad se hace uso de un puente de Wheatstone y una célula de conductividad apropiada, comparando a la misma temperatura la resistencia eléctrica de la muestra y de una solución estándar de cloruro de potasio.

Procedimiento

a) *Calibración del Conductímetro*

Verificar la constante de la célula de conductividad, siguiendo las instrucciones de manejo del instrumento. En caso de que su valor sea desconocido o se desee comprobar el perfecto estado de funcionamiento, su determinación se realiza a partir de una disolución estándar de KCl 0.01 M.

b) *Medida de la Conductividad*

Verter en un vaso de precipitación de 100 ml un volumen adecuado de solución problema. Introducir en ella la célula de conductividad y la sonda de temperatura, esperar un par de minutos, seleccionar el rango de medida y proceder a la lectura hasta que el valor que aparezca en pantalla permanezca constante. La conductividad eléctrica se expresa normalmente en dS/m o $\mu\text{S}/\text{cm}$.

5.9.3 pH. Método Instrumental.

Fundamento

La determinación del pH se basa en la medida de la diferencia de potencial existente entre un electrodo de vidrio y el electrodo de referencia clomelanos (Hg_2Cl_2 (sat), $\text{KCl}(x\text{F})/\text{Hg}$) sumergidos en una misma solución. Esta diferencia de potencial es función lineal de los iones hidrógenos presentes en la disolución problema a una temperatura dada.

Procedimiento

a) *Calibración del pH-metro.*

Colocar en recipientes adecuados volúmenes de las soluciones tampón pH 7 y pH 4. Introducir, en primer lugar, el electrodo de vidrio combinado y la sonda de temperatura en la solución tampón pH 7. Esperar un par de minutos antes de verificar en el aparato su concentración.

A continuación, lavar bien el electrodo y la sonda de temperatura y una vez secos introducirlos en la solución tampón pH 4 y proceder como en el caso anterior.

b) *Medida del pH.*

Verter en un vaso de precipitación de 100 ml un volumen adecuado de la solución problema. Introducir en ella el electrodo de vidrio combinado y la sonda de temperatura, esperar un par de minutos y proceder directamente a la lectura.

5.9.4 ALCALINIDAD TOTAL. Método Volumétrico (ácido-base).

Fundamento

La alcalinidad de un agua es su capacidad para neutralizar ácidos y constituye la suma de todas las bases titulables. Esta depende primordialmente de su contenido en carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, por lo que suele tomarse como una indicación de la concentración de estos componentes. El valor medido puede variar con el pH de punto final utilizado. Esta determinación se basa en la neutralización de un cierto volumen de agua por un ácido mineral diluido en presencia de un indicador coloreado.

Procedimiento

Se toman 50 ml de muestra problema y se le adicionan +/- 5 gotas del indicador verde bromocresol. Valorar con HCl 0.0106 N. Viraje de color de azul a amarillo.

Cálculo

El contenido de Alcalinidad en una muestra de agua en mg/l, se obtiene mediante la siguiente expresión:

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

Donde:

V' = ml de HCl gastados para valorar la muestra.

M = molaridad del HCl.

V = ml de muestra problema.

5.9.5 BICARBONATO. Método de Calculo.

El contenido de bicarbonato en mg/l de una muestra de agua se calcula mediante la siguiente expresión:

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

Donde:

V' = ml de HCl gastados para valorar la muestra en la determinación de Alcalinidad Total.

M = molaridad del HCl.

V = ml de muestra problema.

5.9.6 CLORURO. Método del Nitrato Mercúrico.

Fundamento

El cloruro se puede valorar con nitrato mercúrico $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$, porque se forma cloruro mercúrico soluble, ligeramente disociado. En la zona de pH de 2.3 2.8, la difenilcarbazona indica el punto de la valoración por formación de un complejo púrpura con los iones mercúricos en exceso. El xilenocianol FF sirve de indicador del pH y potenciador del punto final. Aumentando la concentración del titulante y modificando las mezclas indicadoras, se amplía la gama de concentraciones mensurables de cloro.

Procedimiento

Se toman 50 ml de muestra problema y se le añade 1 ml de indicador mixto, luego se valora con nitrato mercúrico 0.0141 N. Viraje de color: verde azul-azul violeta.

Cálculo

El contenido de cloruro de una muestra de agua en mg/l, se obtiene mediante la siguiente expresión:

Procedimiento

Verter en vaso de precipitados de 125 ml, 100 ml de agua problema, añadir 2 ml de tampón pH 10 y 2 gotas de indicador negro de eriocromo T. Introducir un núcleo de agitación y colocar el vaso sobre un agitador magnético. Valorar con la solución EDTA 0.01 M, agitando continuamente, hasta el viraje de rojo vino a azul.

Cálculo

El contenido de carbonato de calcio de una muestra de agua en mg/l, se obtiene mediante la siguiente expresión:

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

Donde:

V' = ml de EDTA gastados para valorar la muestra.

M = molaridad del EDTA.

V = ml de muestra problema.

5.9.8 CALCIO. Método Complexométrico.

Fundamento

Esta determinación esta basa en la capacidad de los iones calcio en formar un complejo tipo quelato con la sal disódica del ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), en un medio tamponado a pH 12 para que los iones Mg^{2+} precipiten en forma de hidróxido y no intervengan en la reacción. El indicador utilizado en la valoración es la murexida, el cual forma con el calcio un complejo de color rosa (CaIn^-). El punto final de la valoración viene indicado por el cambio de color de rosa a malva.

La reacción correspondiente a este proceso es:



Procedimiento

Verter en un vaso de precipitado de 125 ml, 100 ml de agua problema. A continuación añadir 5 ml de tampón pH 12 y 0.1 g de indicador murexida. Introducir un núcleo de agitación y colocar el vaso sobre un agitador magnético. Valorar con la solución de EDTA 0.01 M, agitando continuamente, hasta el viraje de rosa a malva.

Cálculo

El contenido de calcio de una muestra de agua expresada en mg/l, se obtiene mediante la **siguiente** expresión:

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

Donde:

V' = ml de EDTA gastados para valorar la muestra.

M = molaridad del EDTA.

V = ml de muestra problema.

5.9.9 MAGNESIO. Método Complexométrico.

Fundamento

El magnesio puede calcularse como diferencia entre la dureza total y el calcio, como CaCO_3 , si los metales que interfieren están presentes en concentraciones no interfirientes en la titulación del calcio y se utilizan inhibidores adecuados en la titulación de la dureza total.

Cálculo

Para determinar la cantidad de mg Mg^{2+}/l contenidos en la muestra problema se aplica la siguiente ecuación:

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

Donde:

V'' = Volumen de EDTA gastado en la determinación de dureza total.

V' = Volumen de EDTA gastados en la determinación de calcio.

V = Volumen de muestra problema.

M = Molaridad del EDTA.

5.9.10 DUREZA CALCICA. Método de Cálculo.

Para determinar la cantidad de miligramos de dureza cálcica en forma de CaCO_3/l , se realiza la siguiente operación.

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

Donde:

V' = ml de EDTA gastados en la titulación del calcio para valorar la muestra.

M = molaridad del EDTA.

V = ml de muestra problema.

5.9.11 DUREZA MAGNESICA. Método de Cálculo.

Para encontrar la cantidad de dureza magnésica contenidos en la muestra problema se restan los $\text{mg CaCO}_3/\text{l}$ calculados en la dureza total y los $\text{mg CaCO}_3/\text{l}$ calculados en la dureza cálcica.

$$\text{mg CaCO}_3/\text{l} = \text{mg CaCO}_3/\text{l} (\text{D. Total}) - \text{mg CaCO}_3/\text{l} (\text{D. Cálcica})$$

5.9.12 DEMANDA DE CLORO. Método Yodimétrico.

Fundamento

Este método consiste en añadir a un volumen de agua dosis crecientes de cloro. El grado de cloración a adoptar se indica con el primer frasco en el que se puede poner de manifiesto, al cabo de un tiempo determinado, trazas de cloro libre.

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA CONCENTRACION DEL CLORO COMERCIAL UTILIZADO

- a) Se colocan en un balón de 100 ml de capacidad 50 ml de agua destilada, se le adicionan 1 ml de cloro comercial y se afora a 100 ml.
- b) Se toman 10 ml de la solución (a) y se colocan en un erlenmeyer de 200 ml de capacidad.
- c) Se adicionan 5 ml de ácido acético concentrado para acidificar la muestra.
- d) Se adicionan 1 ml de KI al 100% y se agita.
- e) Se agrega 1 ml de solución de almidón al 1%, se titula con tiosulfato de sodio 0.025 N, hasta decoloración total.

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA DEMANDA DE CLORO DE LAS MUESTRAS

- ◆ Se colocan en diferentes erlenmeyer 50 ml de la muestra problema, se realizan 5 repeticiones por muestras, agregándole gotas de la solución de cloro (0.239 g/l) de la siguiente manera:

Erlenmeyer N° 1 se le adiciona 1 gota de solución de cloro (0.239 g/l).

Erlenmeyer N° 2 se le adicionan 2 gotas de solución de cloro (0.239 g/l).

Erlenmeyer N° 3 se le adicionan 3 gotas de solución de cloro (0.239 g/l).

Erlenmeyer N° 4 se le adicionan 4 gotas de solución de cloro (0.239 g/l).

Erlenmeyer N° 5 se le adicionan 5 gotas de solución de cloro (0.239 g/l). Sucesivamente...

- ◆ Se agitan y se dejan reposar durante 3 minutos.
- ◆ Se adiciona ácido acético concentrado hasta ajustar las soluciones a pH 5.
- ◆ Se agregan 0.5 ml de yoduro de potasio al 100%.
- ◆ Finalmente se le agrega 1 ml de solución de almidón como indicador para confirmar en que erlenmeyer se observó la tonalidad azul.
- ◆ Se anota el numero de gotas de cloro (0.239 g/l) necesarios para conseguir la primera tonalidad azul y se procede a realizar los cálculos necesarios.^[10]

Cálculo

En una muestra se utilizaron 2 gotas de solución de cloro

$$2 \text{ gotas} * \frac{1 \text{ ml}}{20 \text{ gotas}} * \frac{0.239 \text{ mg}}{1 \text{ ml}} = 0.0239 \text{ mg}$$

$$\frac{0.0239 \text{ mg}}{50 \text{ ml}} * \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}} = 0.478 \text{ mg/L} \equiv 0.478 \text{ ppm}$$

Donde 0.239 mg/ml es la concentración de cloro comercial utilizada al 1% y el volumen de muestra corresponde a 50 ml.

5.9.13 NITRITO. Método de Zambelli.

Fundamento

Este método se basa en la reacción de los iones nitrito de una muestra de agua con el ácido sulfanílico en medio ácido clorhídrico y en presencia de ion amoníaco y de fenol, formándose un complejo de color amarillo medible a 435 nm. La intensidad de color amarillo es proporcional a la concentración de ion nitrito de la muestra. La sensibilidad del método es de 0.05-0.9 mg/l.

Procedimiento

a) *Preparación de la curva de calibrado.*

Para preparar una curva de calibrado en el rango de 0-0.5 mg/l de nitrito, introducir en matraces aforados de 50 ml volúmenes de 0, 1, 2, 4, 6, 8 y 10 ml de la solución patrón de 2.5 mg/l de nitrito, completar con agua destilada hasta el enrase y homogeneizar.

Transferir a tubos de 60 ml las soluciones patrones anteriormente preparados, añadir 2 ml del reactivo de Zambelli, mezclar bien y esperar 10 minutos. A continuación, añadir 2 ml de amoníaco puro y homogeneizar.

b) Preparación de la Muestra.

Tomar 50 ml de la muestra a analizar, introducirla en un tubo de 60 ml y proceder exactamente igual que en la preparación de la curva de calibrado.

C) Determinación.

Medir la absorbancia a 435 nm de cada uno de los patrones de la curva de calibrado y de la muestra frente al blanco, en el intervalo de tiempo comprendido entre 5 y 60 minutos desde la adición del amoniaco.

Cálculo

El contenido de nitrito en la muestra de agua expresada en mg/l, se obtiene por lecturas directas en el espectrofotómetro una vez introducidos los datos de la curva de calibrado.

5.9.14 NITRATO. Método Espectrofotométrico Ultravioleta Selectivo.

Fundamento

El ion nitrato presente en una muestra de agua se determina espectrofotométricamente, midiendo la absorción de radiación ultravioleta a 220 nm. La presencia de materia orgánica disuelta puede interferir, debiéndose realizar una segunda medida a 275 nm para corregir el valor de nitratos. La acidificación con ácido clorhídrico impide las interferencias debidas a concentraciones de hidróxido o carbonato hasta 1000 mg/l de CaCO₃.

Procedimiento

a) Preparación de la Curva de Calibrado.

Introducir 0, 1, 2, 2.5, 5, 10 y 15 ml de la solución patrón de 100 mg/l de nitrato en seis matraces aforados de 50 ml y completar con agua destilada hasta el enrase. Añadir 1 ml de ácido clorhídrico 1 N y homogeneizar perfectamente el contenido.

b) Preparación de la Muestra.

Cuando la muestra presente turbidez o color, proceder añadiendo 4 ml de la suspensión de hidróxido de aluminio a cada 100 ml de muestra en un matraz erlenmeyer. Agitar y dejar

sedimentar durante 5 minutos. A continuación, pasar a través de un filtro de membrana de 0.45 micrómetros previamente lavado con 200 ml de agua destilada. Tomar 50 ml de muestra clarificada, añadir 1 ml de la solución de ácido clorhídrico 1 N y homogeneizar.

C) Determinación.

Medir la absorbancia a 220 nm y 275 nm frente al blanco.

Cálculo

Restar la lectura a 275 nm multiplicada por dos la lectura a 220 nm, para obtener la lectura debida al ion nitrato. El contenido en nitrato se obtiene por comparación con la recta patrón obtenida.

5.9.15 HIERRO. Método de la Orto-fenantrolina.

Fundamento

Se disuelve el hierro, se reduce al estado ferroso por ebullición con ácido e hidroxilamina y se trata con 1, 10-fenantrolina a pH de 3.2 a 3.3. El complejo rojo-naranja que se forma es un quelato de tres moléculas de fenantrolina por cada átomo de hierro ferroso. La solución coloreada obedece a la ley de Beer, su intensidad es independiente del pH entre 3 y 9. Un pH entre 2.9 y 3.5 asegura un rápido desarrollo de color en presencia de un exceso de fenantrolina. Los patrones del color son estables durante al menos 6 meses.

Procedimiento

a) Preparación de la Curva de Calibrado.

Introducir 0, 2, 4, 6, 8 y 10 ml de la solución estándar de trabajo (10 mg Fe/l) en cinco matraces aforados de 50 ml y completar con agua destilada hasta el enrase. Añadir 2 ml de ácido clorhídrico concentrado y homogeneizar perfectamente el contenido, luego se adiciona 1 ml de hidroxilamina y mezclar bien la solución.

Trasladar las soluciones a frascos de digestión y digestar durante 40 minutos a una temperatura aproximada de 100-110°C. Después de digestar; cada solución se transfiere a un balón de 50 ml y se afora con agua destilada. Trasladar las soluciones a erlenmeyer de 100 ml y agregar 15 ml de solución buffer de ácido acético-acetato y posteriormente se le adicionan 2 ml de 1, 10 fenantrolina.

b) Preparación de la Muestra.

Tomar 50 ml de la muestra a analizar, introducirla en un erlenmeyer de 100 ml y proceder exactamente igual que en la preparación de la curva de calibrado.

C) Determinación.

Medir la absorbancia a 510 nm de cada uno de los patrones de la curva de calibrado y de la muestra frente al blanco, en el intervalo. Si la muestra estuviera muy concentrada o se saliera del intervalo de concentraciones de la curva de calibración se realizan mediciones usando la siguiente tabla:

| Concentración esperada de Fe (mg/l) | Alicuota de Muestra (ml) |
|--|---------------------------------|
| 0.2-20 | 50 |
| 2.5-25 | 5 |
| 25-250 | 0.5 |

Cálculo

El contenido de hierro en la muestra de agua expresada en mg/l, se obtiene por lectura directa en el espectrofotómetro una vez introducidos los datos de la curva de calibrado.

5.9.16 SULFATO. Método Turbidimétrico.

Fundamento

Los iones sulfato de una muestra de agua son precipitados en medio ácido clorhídrico como sulfato de bario (Ba_2SO_4) por adición de cristales de cloruro de bario.

En la suspensión homogénea de Ba_2SO_4 se mide la turbidez mediante un turbidímetro o la absorbancia mediante un espectrofotómetro.

Procedimiento

a) Preparación de la Curva de Calibrado.

Introducir en balones de 100 ml, volúmenes de 0, 5, 10, 20, 30 y 40 ml de solución patrón de sulfato y enrasar con agua destilada. A continuación, añadir a cada uno de los balones, 1 ml de ácido clorhídrico al 10% y 0.2 g de cloruro de bario y agitar durante dos minutos y luego proceder a la lectura.

b) Preparación de la Muestra.

Introducir en un balón, 100 ml de muestra, 1 ml de ácido clorhídrico al 10% y 0.2 g de cloruro de bario, luego agitar durante dos minutos antes de proceder a la medida. En caso de que la medida de la muestra supere el valor obtenido para la concentración máxima de patrón, repetir la preparación efectuando la correspondiente dilución.

c) Determinación.

Medir la absorbancia a 420 nm de cada uno de los patrones de la curva de calibrado frente al blanco, y a continuación la de la muestra en un espectrofotómetro.

Cálculo

El contenido en sulfato en una muestra de agua expresado en mg/l, se lee directamente en el espectrofotómetro, o bien se obtiene por comparación con la curva de calibración. En muestras diluidas se multiplica dicha concentración por el factor de dilución:

$$\text{mg SO}_4/\text{l} = \text{C} \cdot \text{F}$$

Donde:

C = concentración del ion sulfato leída directamente en el instrumento o en la curva de calibración, en mg/l.

F = factor de dilución.^[3]

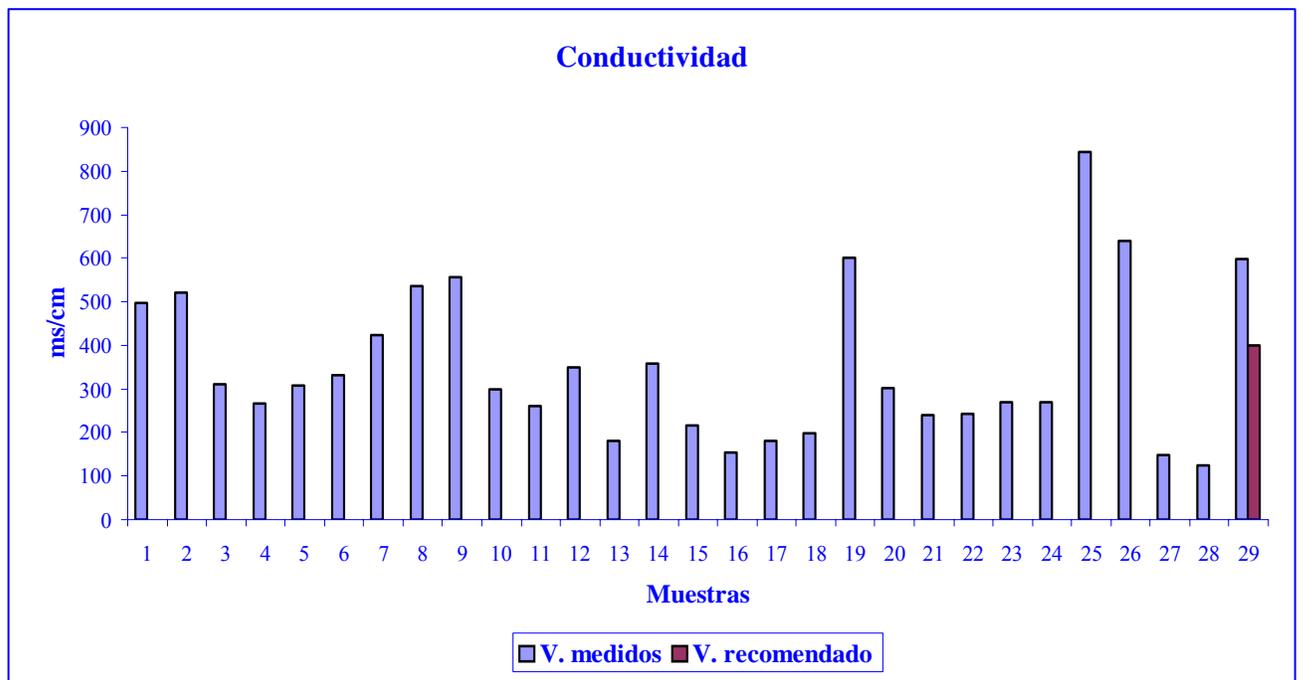
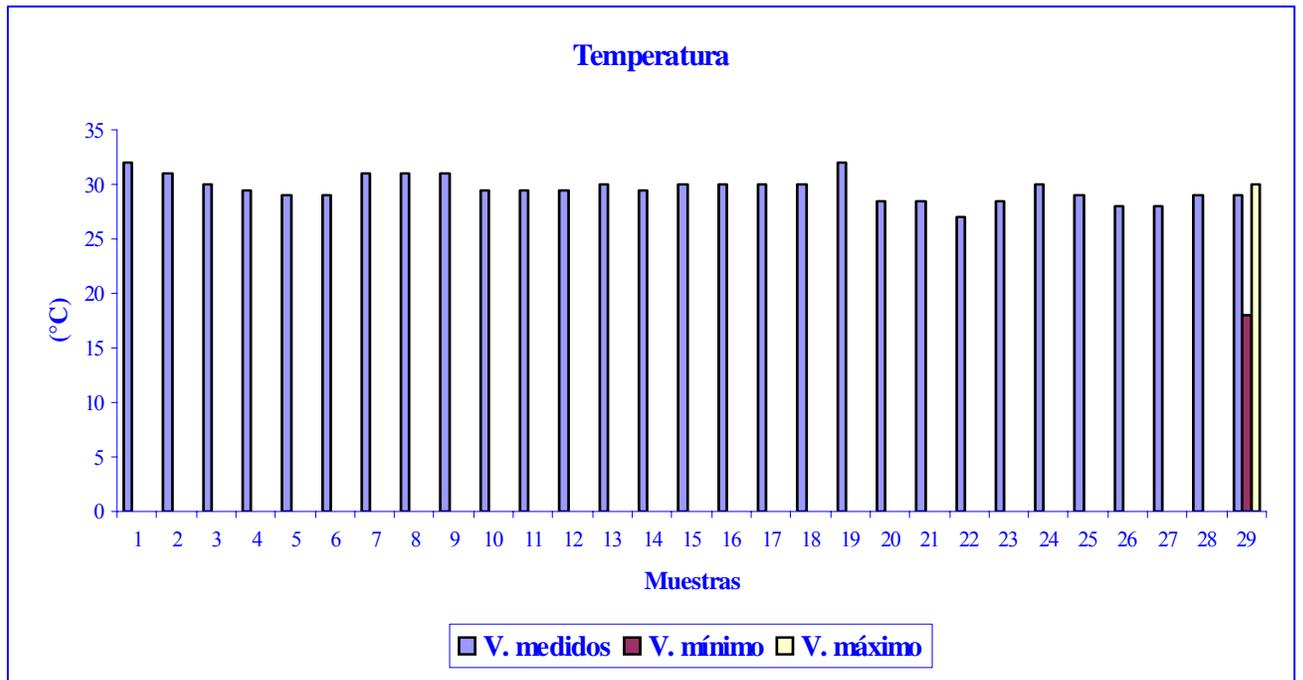
VI. RESULTADOS Y ANALISIS

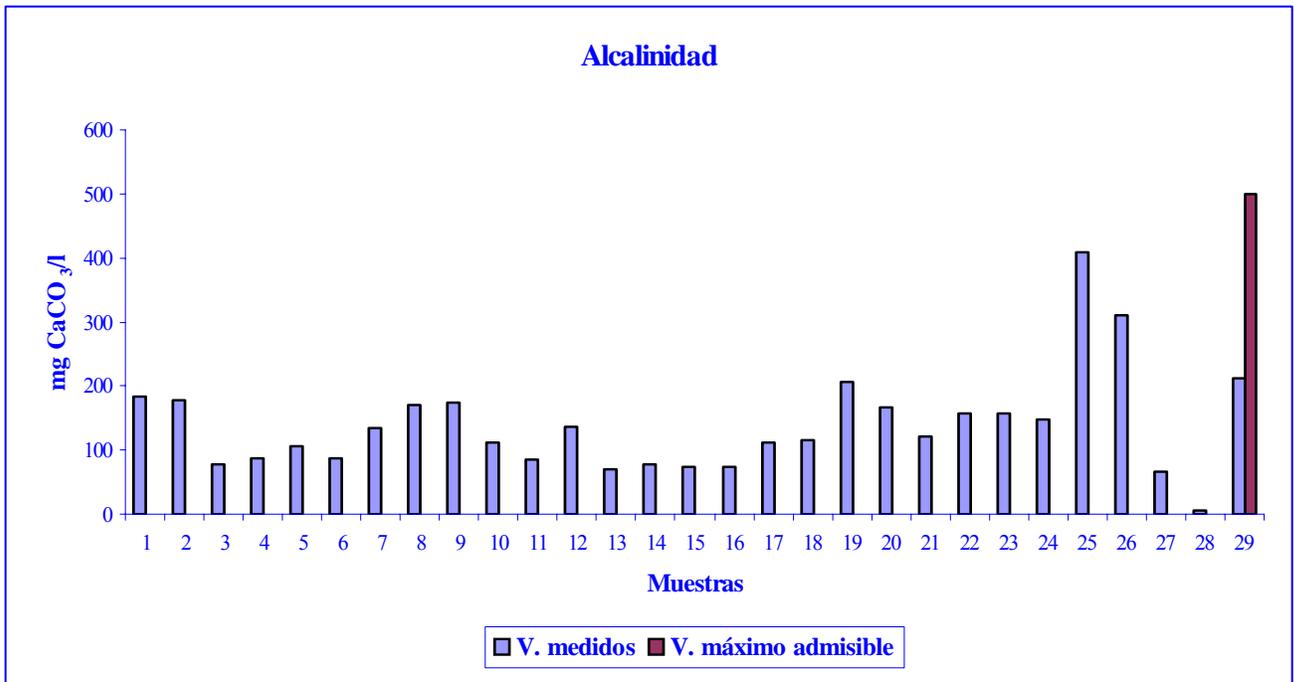
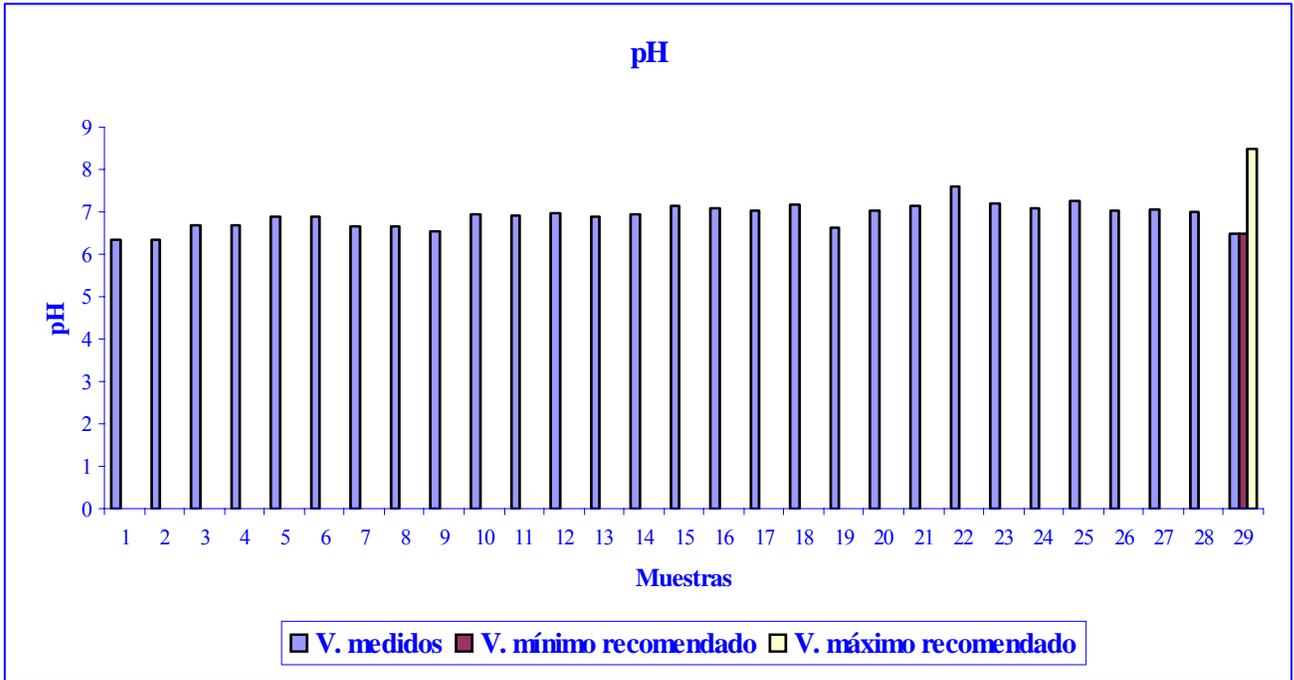
6.1 TABLAS DE RESULTADOS

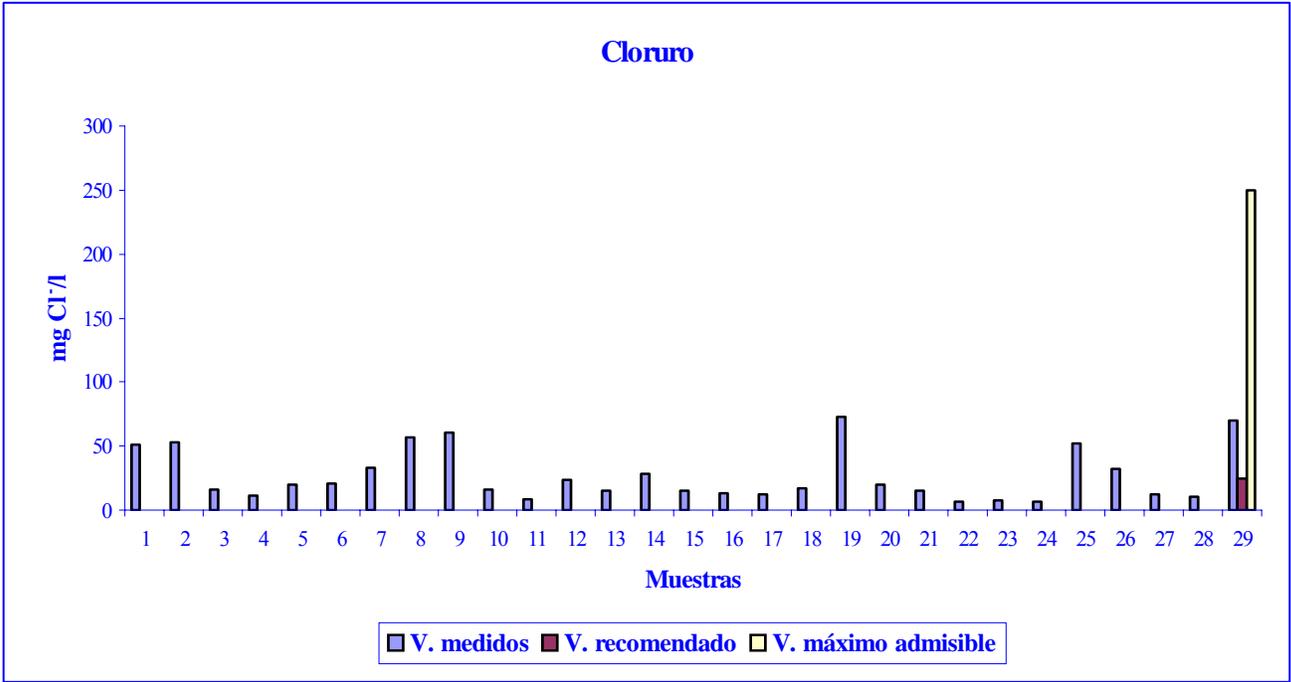
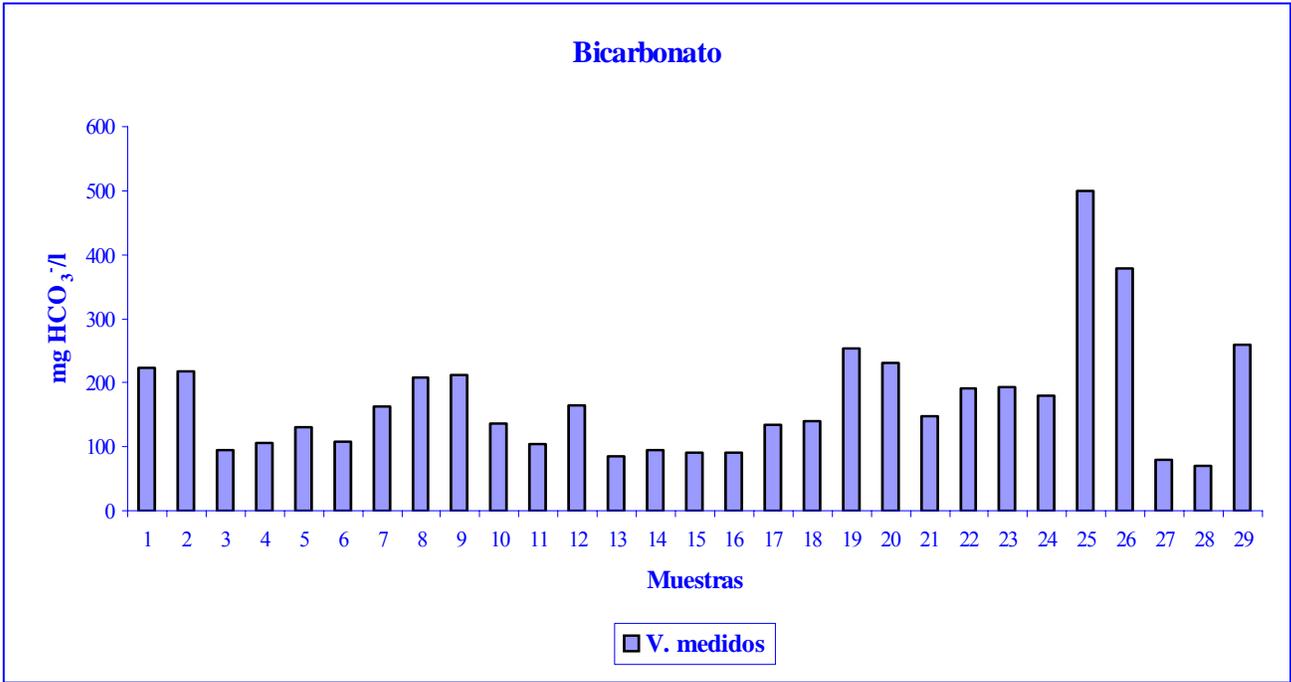
| Muestras | Parámetros Fisicoquímicos | | | | | | | |
|----------|---------------------------|-----------------------|---------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | T° (°C) | Conductividad (µs/cm) | pH (pH) | Alc. Total (mg CaCO ₃ /l) | Bicarbonato (mg CaCO ₃ /l) | Cloruro (mg Cl/l) | D. Total (mg CaCO ₃ /l) | Calcio (mg Ca ²⁺ /l) |
| 1 | 32.0 | 498.7 | 6.35 | 183.80 | 224.24 | 50.86 | 244.82 | 26.59 |
| 2 | 31.0 | 520.3 | 6.35 | 178.60 | 217.89 | 52.89 | 300.11 | 33.70 |
| 3 | 30.0 | 311.0 | 6.68 | 78.03 | 95.20 | 15.94 | 150.05 | 32.22 |
| 4 | 29.5 | 266.0 | 6.68 | 87.28 | 106.48 | 11.13 | 135.31 | 24.63 |
| 5 | 29.0 | 308.0 | 6.90 | 106.93 | 130.45 | 19.99 | 144.79 | 26.02 |
| 6 | 29.0 | 331.7 | 6.88 | 87.86 | 107.18 | 20.75 | 169.58 | 30.09 |
| 7 | 31.0 | 422.0 | 6.66 | 133.52 | 162.89 | 33.15 | 199.54 | 32.68 |
| 8 | 31.0 | 537.0 | 6.65 | 169.93 | 207.32 | 56.43 | 256.41 | 36.67 |
| 9 | 31.0 | 556.0 | 6.54 | 173.40 | 211.55 | 60.99 | 264.83 | 31.48 |
| 10 | 29.5 | 300.0 | 6.94 | 111.27 | 135.74 | 15.94 | 151.11 | 28.98 |
| 11 | 29.5 | 262.0 | 6.92 | 85.24 | 104.36 | 8.35 | 130.05 | 21.30 |
| 12 | 29.5 | 348.3 | 6.98 | 135.54 | 165.36 | 23.53 | 167.95 | 26.76 |
| 13 | 30.0 | 180.4 | 6.89 | 69.65 | 84.97 | 15.44 | 75.46 | 17.59 |
| 14 | 29.5 | 357.7 | 6.94 | 77.74 | 94.84 | 28.34 | 150.46 | 36.39 |
| 15 | 30.0 | 215.7 | 7.13 | 73.70 | 89.91 | 14.68 | 82.87 | 19.35 |
| 16 | 30.0 | 154.5 | 7.10 | 74.27 | 90.61 | 13.41 | 75.46 | 16.94 |
| 17 | 30.0 | 179.8 | 7.04 | 110.83 | 135.21 | 11.89 | 93.05 | 22.13 |
| 18 | 30.0 | 198.2 | 7.17 | 114.73 | 139.97 | 16.70 | 112.50 | 24.17 |
| 19 | 32.0 | 602.3 | 6.62 | 207.21 | 252.80 | 72.63 | 246.75 | 18.89 |
| 20 | 28.5 | 300.7 | 7.03 | 166.61 | 230.26 | 19.48 | 149.53 | 30.46 |
| 21 | 28.5 | 239.7 | 7.15 | 120.51 | 147.03 | 15.44 | 116.20 | 27.50 |
| 22 | 27.0 | 242.7 | 7.61 | 157.23 | 191.82 | 6.83 | 131.94 | 28.05 |
| 23 | 28.5 | 269.0 | 7.21 | 157.49 | 192.13 | 7.34 | 140.27 | 23.24 |
| 24 | 30.0 | 269.7 | 7.08 | 147.18 | 179.55 | 6.83 | 133.79 | 27.50 |
| 25 | 29.0 | 842.7 | 7.26 | 409.65 | 499.73 | 52.13 | 354.62 | 70.12 |
| 26 | 28.0 | 639.7 | 7.03 | 310.67 | 378.89 | 32.64 | 262.96 | 46.30 |
| 27 | 28.0 | 148.8 | 7.05 | 65.64 | 80.12 | 12.40 | 54.32 | 11.73 |
| 28 | 29.0 | 124.0 | 6.99 | 5.05 | 69.56 | 10.38 | 44.13 | 9.38 |
| 29 | 29.0 | 598.3 | 6.49 | 212.04 | 258.73 | 70.09 | 240.12 | 47.90 |

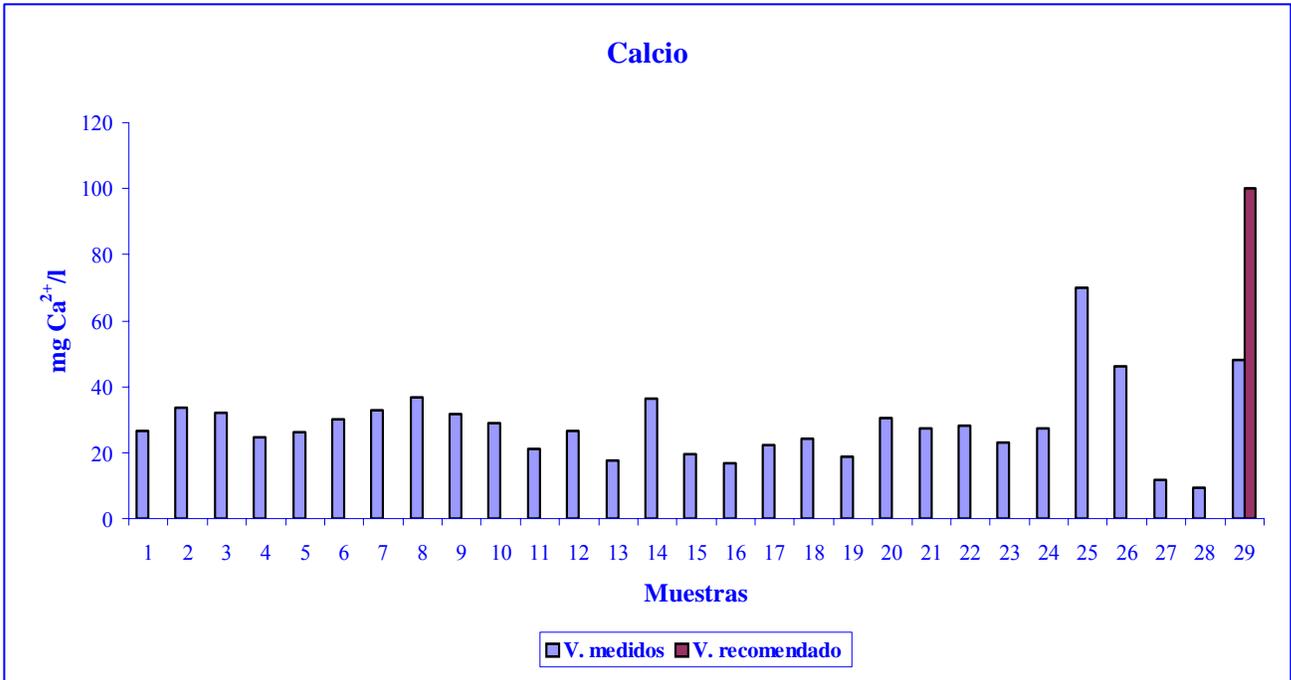
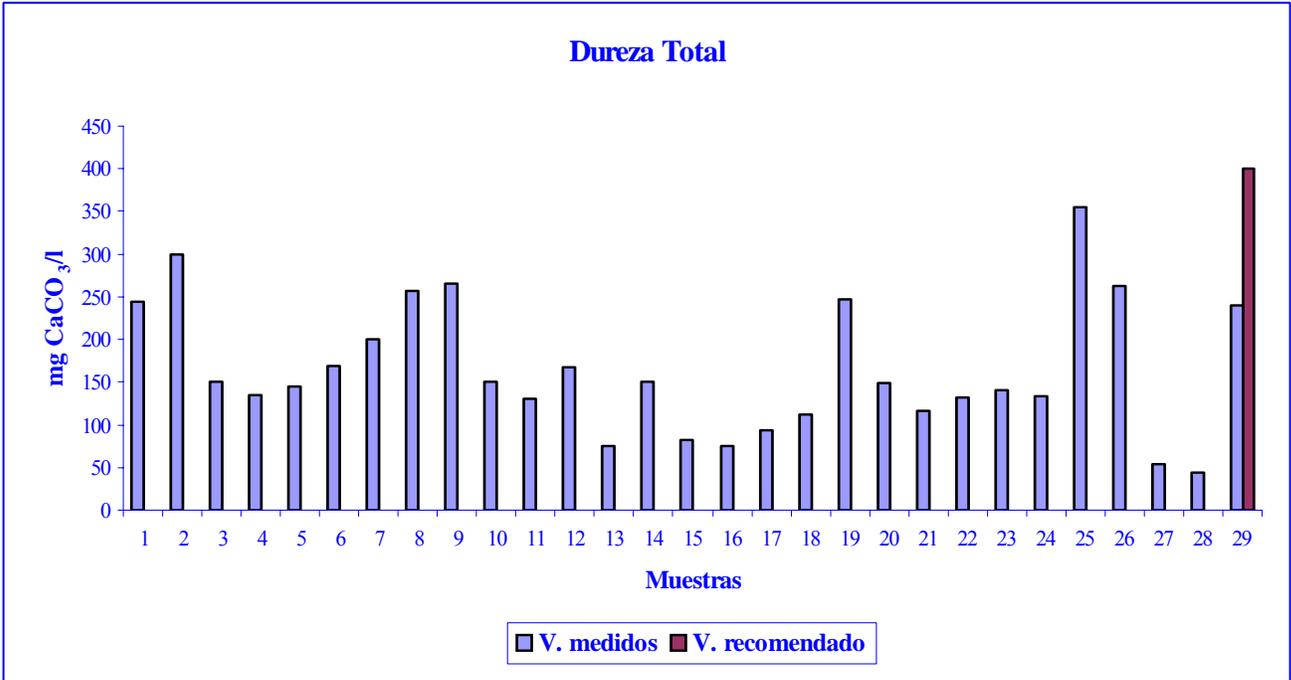
| Muestras | Parámetros Físicoquímicos | | | | | | | |
|----------|--------------------------------------|---|---|-----------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | Magnesio (mg Mg ²⁺ /l) | D. Cálcica (mg CaCO ₃ /l) | D. Magnésica (mg CaCO ₃ /l) | D. de Cloro (mg/l) | Nitrito (mg/l) | Nitrato (mg/l) | Hierro (mg/l) | Sulfato (mg/l) |
| 1 | 43.36 | 66.48 | 178.34 | 0.478 | <0.00586 | 38.92 | 0.480 | 53.39 |
| 2 | 52.45 | 84.26 | 215.85 | 0.478 | <0.00586 | 24.92 | 0.412 | 57.22 |
| 3 | 16.91 | 80.55 | 69.50 | 0.478 | <0.00586 | 40.21 | 0.454 | 58.77 |
| 4 | 19.41 | 61.57 | 73.74 | 0.478 | <0.00586 | 49.10 | 0.416 | 40.96 |
| 5 | 20.78 | 65.04 | 79.75 | 0.478 | <0.00586 | 20.03 | 0.397 | 40.83 |
| 6 | 17.92 | 75.23 | 85.35 | 0.478 | <0.00586 | 50.00 | 0.392 | 48.07 |
| 7 | 28.67 | 81.71 | 117.83 | 0.478 | <0.00586 | 45.03 | 0.375 | 49.66 |
| 8 | 40.06 | 91.66 | 164.75 | 0.717 | <0.00586 | 30.59 | 0.392 | 68.53 |
| 9 | 45.26 | 78.70 | 186.13 | 0.478 | <0.00586 | 36.74 | 0.385 | 68.34 |
| 10 | 19.15 | 72.45 | 78.66 | 0.717 | <0.00586 | 39.05 | 0.410 | 25.06 |
| 11 | 18.67 | 53.24 | 76.81 | 0.478 | 0.02390 | 55.54 | 0.382 | 36.86 |
| 12 | 24.59 | 66.90 | 101.05 | 0.717 | <0.00586 | 11.25 | 0.386 | 52.66 |
| 13 | 10.67 | 43.98 | 31.48 | 1.195 | <0.00586 | 14.51 | 0.380 | 23.64 |
| 14 | 22.05 | 90.97 | 59.49 | 1.195 | 0.02830 | 87.82 | 0.386 | 39.87 |
| 15 | 5.81 | 48.38 | 34.49 | 1.195 | <0.00586 | 29.04 | 0.425 | 25.47 |
| 16 | 10.22 | 42.36 | 33.10 | 0.956 | 0.00800 | 28.47 | 0.388 | 18.17 |
| 17 | 13.37 | 55.32 | 37.73 | 1.912 | 0.10060 | 18.43 | 0.435 | 21.59 |
| 18 | 14.72 | 60.41 | 52.09 | 1.673 | 0.09110 | 17.82 | 0.452 | 19.27 |
| 19 | 11.48 | 47.45 | 199.30 | 0.717 | <0.00586 | 21.47 | 0.382 | 71.53 |
| 20 | 18.54 | 76.16 | 73.42 | 1.434 | 0.0736 | 23.98 | 0.400 | 34.40 |
| 21 | 16.74 | 68.75 | 47.45 | 0.956 | <0.00586 | 39.67 | 0.388 | 31.25 |
| 22 | 16.97 | 70.14 | 61.80 | 0.956 | 0.00710 | 19.30 | 0.367 | 25.42 |
| 23 | 14.04 | 58.10 | 82.17 | 0.956 | <0.00586 | 23.32 | 0.391 | 32.21 |
| 24 | 16.74 | 68.75 | 65.04 | 0.956 | <0.00586 | 24.26 | 0.410 | 33.99 |
| 25 | 15.56 | 175.30 | 179.32 | 0.956 | <0.00586 | 6.74 | 0.390 | 120.95 |
| 26 | 35.77 | 115.74 | 147.22 | 0.717 | <0.00586 | 6.76 | 0.410 | 107.96 |
| 27 | 6.08 | 29.32 | 25.00 | 0.956 | <0.00586 | 7.35 | 0.391 | 19.72 |
| 28 | 5.00 | 23.46 | 20.67 | 0.956 | <0.00586 | 6.25 | 0.390 | 14.12 |
| 29 | 29.25 | 119.75 | 120.37 | 0.956 | <0.00586 | 11.63 | 0.501 | 66.43 |

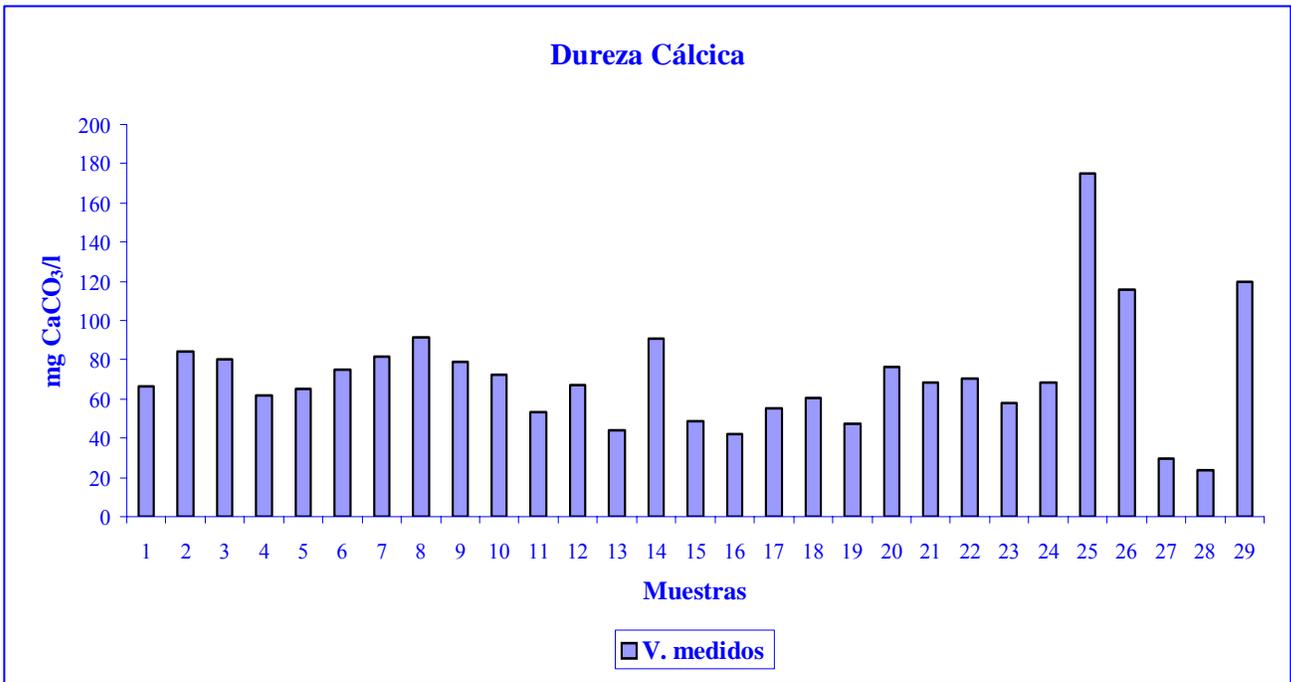
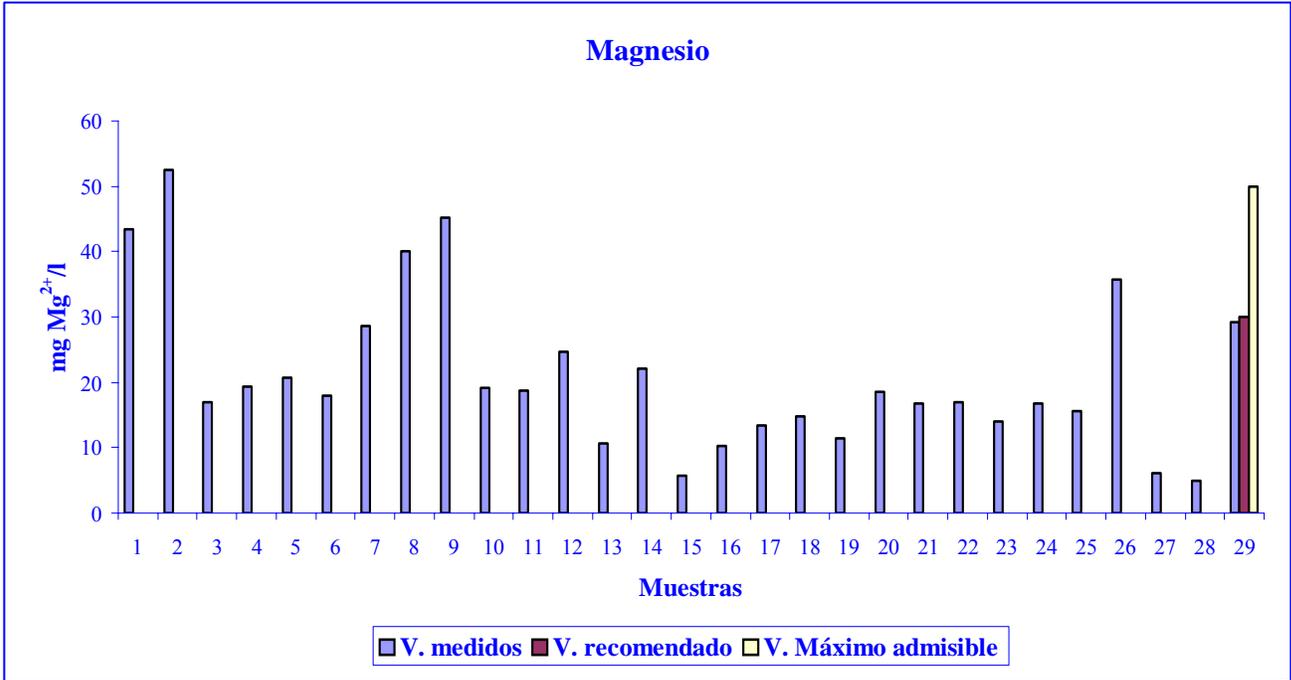
6.2 Comparación entre Resultados Obtenidos y Normas CAPRE



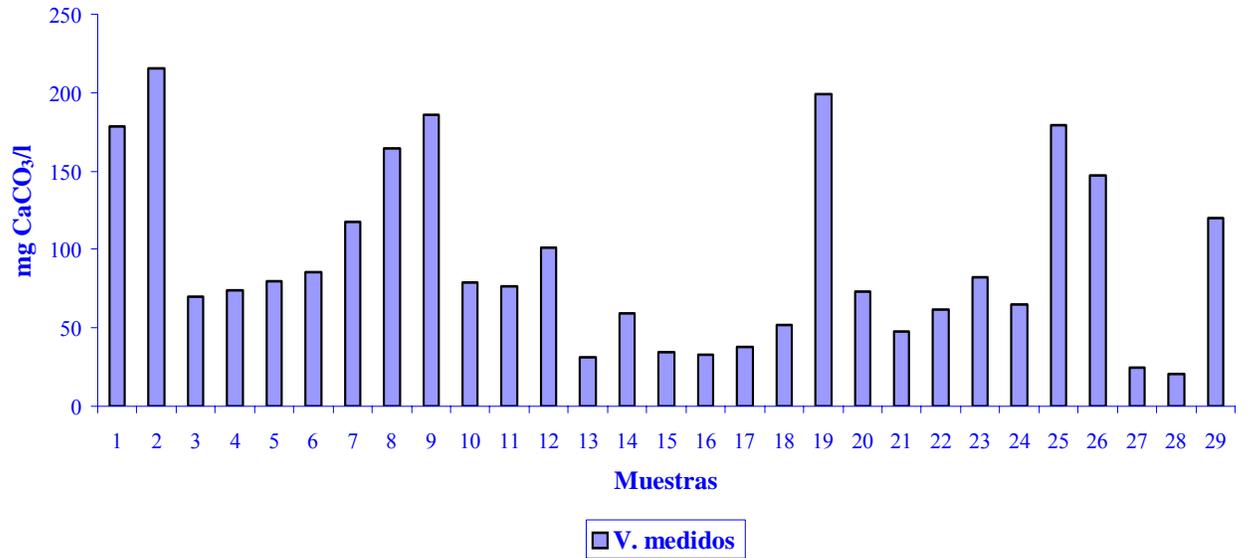




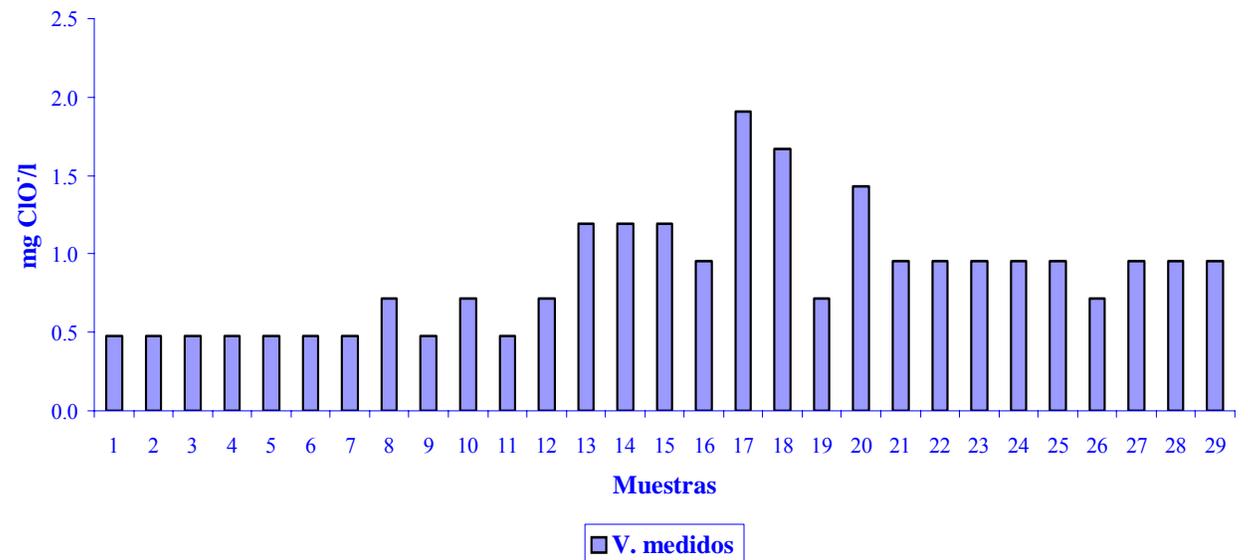


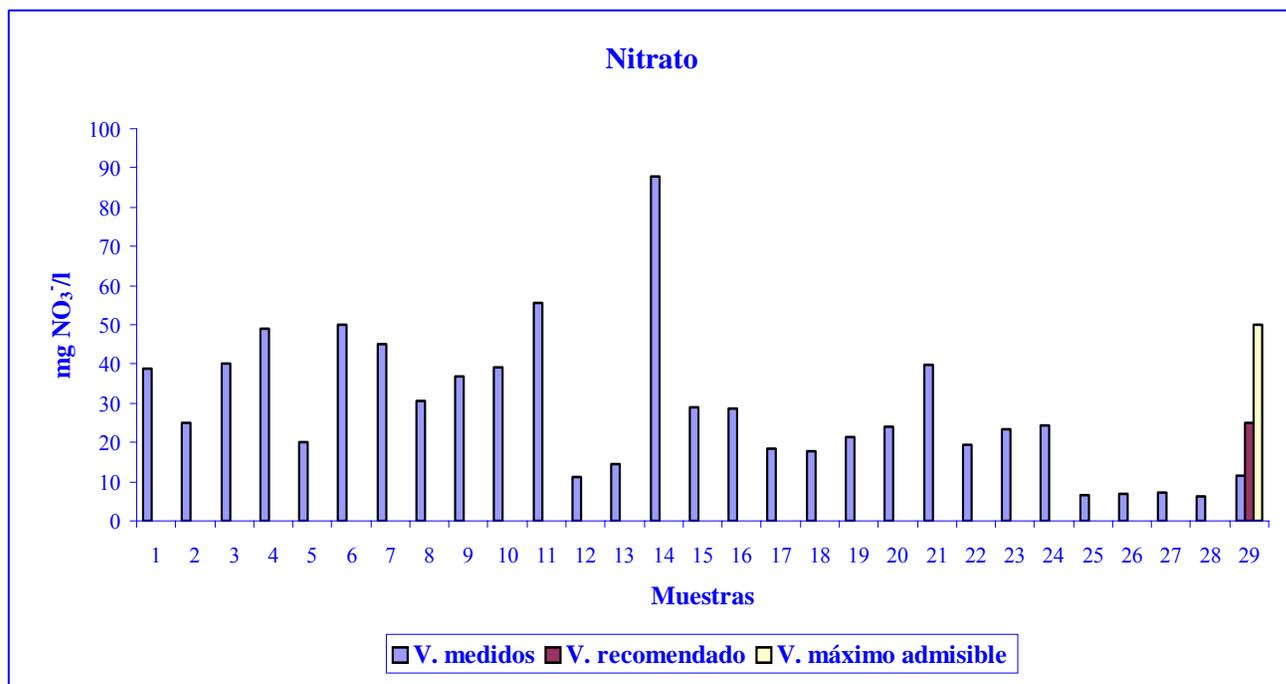
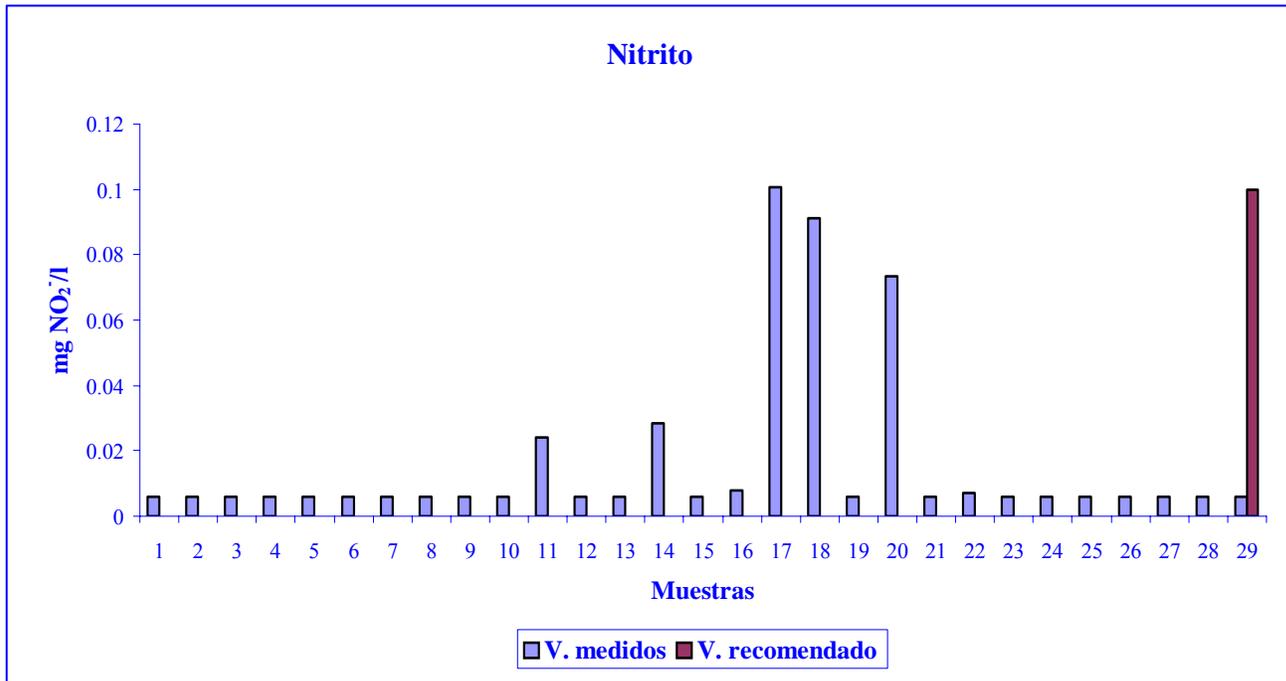


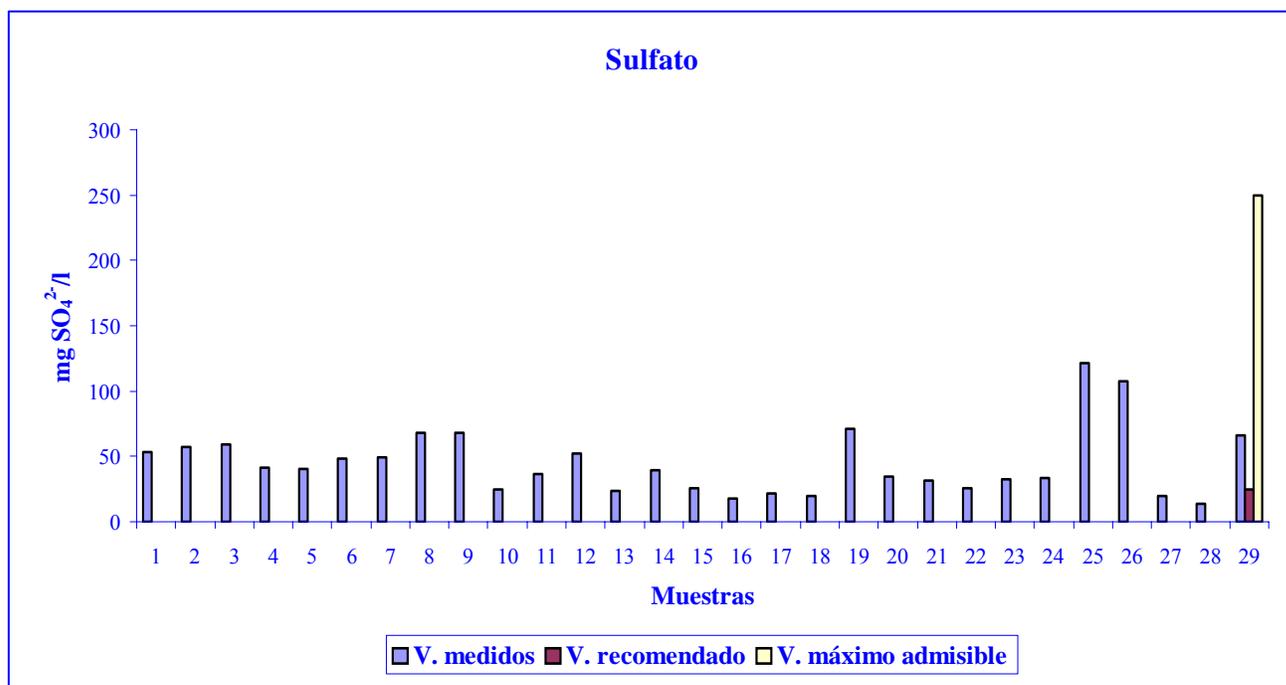
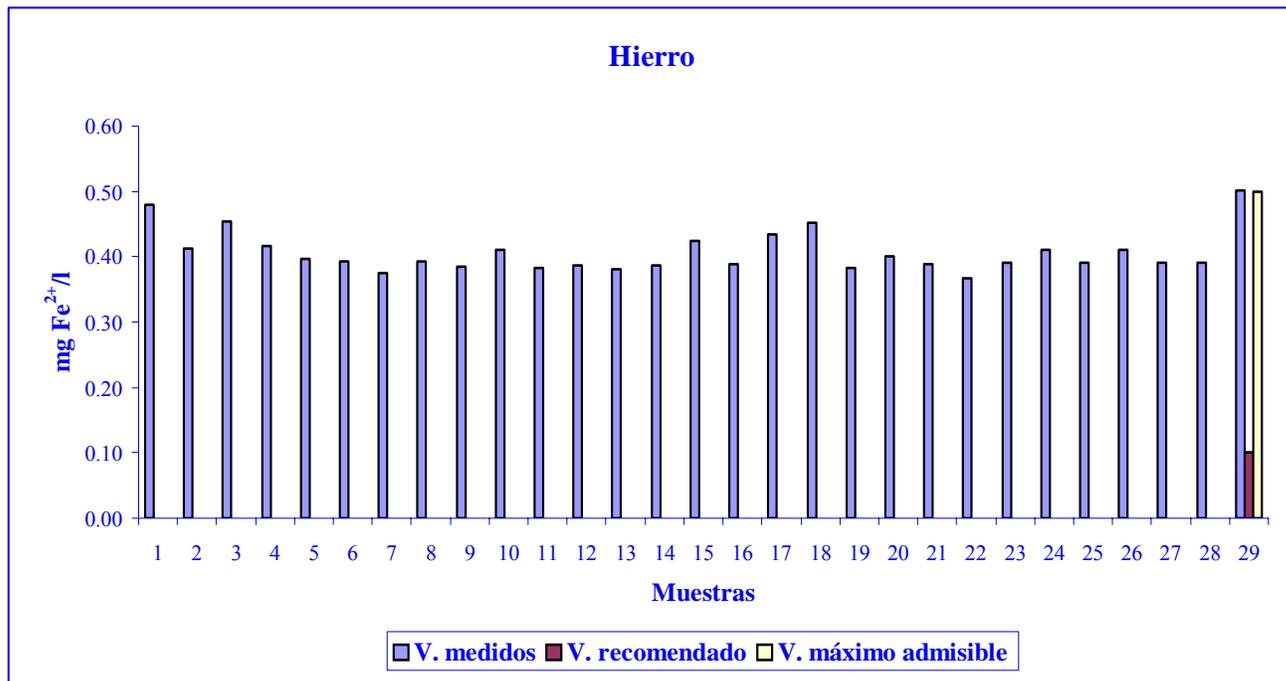
Dureza Magnésica



Demanda de Cloro







6.3 ANALISIS DE RESULTADOS POR COMARCAS

De acuerdo a la comparación que se ha realizado de los resultados obtenidos con las normas CAPRE, observados en los diagramas de barra, se presenta el siguiente análisis para cada una de las comarcas en estudio.

Comarca Puntarena

Basándose en los resultados obtenidos se pudo observar que tanto el pozo de la señora Martha Pereira como el pozo del señor Gilberto Ruiz son hasta este estudio útiles para su uso potable. Cabe mencionar que las agua del pozo de la Sra. Martha Pereira presentaba mayor dureza debido a la alta concentración de magnesio que repercute en el sabor del agua, no constituyendo una amenaza a la salud de las personas que consumen esta agua.

Comarca Paciente I

Las aguas de esta zona presentan características fisicoquímicas similares, las cuales son buenas para el uso potable ya que en ninguno de los casos sobrepasan los valores recomendados por las normas.

Comarca Paciente II

Los resultados de esta zona han mostrado que el agua del pozo de la señora Adela Reyes presentaba mejor uso potable puesto que la concentración de nitrato no era muy elevada, en cambio la muestra tomada en el pozo del señor Raúl Castellón emitió un resultado que coincide con el valor máximo tolerable.

Comarca La Estación

El agua del pozo comunal ha presentado la mayor concentración de nitratos de esta zona siguiendo en orden sucesivo el pozo de la Sra. Viviana Chacón, Petrona Castillo y Sonia Ortiz. Ninguna de estas concentraciones ha sobrepasado el límite tolerable, presentando características similares que hacen posible su uso potable hasta el momento. Se debe tener mucho cuidado con el agua del pozo comunal ya que la concentración de nitrato se aproxima al valor máximo admisible que establecen las normas para el uso potable de las aguas.

Comarca Soledad

Los resultados en esta zona han mostrado que el agua del pozo de la Sra. Angela Alvarado presenta mejor calidad en el uso potable, mientras que el pozo de la Sra. Cleofa Alvarado presenta una elevada concentración de nitrato que sobrepasa los límites tolerables, por tanto no se recomienda su uso potable. En los demás parámetros las características de esta agua fueron similares.

Comarca Los Remedios

Los resultados obtenidos de esta zona demuestran que el agua de la escuela Los Remedios presentan una alta concentración de nitritos que sobrepasan los límites admisibles por las normas CAPRE. Siendo así el agua del pozo de la Sra. Guadalupe Narváez la que presenta mejor uso potable.

Comarca Paso Bonito

Las aguas de esta comarca presentan características similares. En ninguno de los casos las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos en estudio sobrepasó los límites establecidos por las normas, por lo cual se puede aceptar el uso potable en las aguas de este sector.

Comarca Praga

En esta zona el pozo de la Sra. Sofia Toval no presenta un buen uso potable debido a la alta concentración de nitrito que sobrepasa los valores estimado por las normas. Es necesario destacar que el pozo de la Sra. Yorlene Alvarado presenta una concentración de nitrito que se aproxima al valor máximo admisible por lo tanto es necesario que se tenga presente este parámetro al evaluar el nivel de salud de los pobladores de este sector.

Casco Urbano

No se encontraron concentraciones superiores a las normas. Debido a que estas aguas han cumplido con aceptación de los parámetros fisicoquímicos, se recomienda una simple desinfección con cloro.

Comarca Boquerón

Las muestras tomadas en esta zona para su eventual análisis han presentado características similares en todos los parámetros en los que se han verificados concentraciones que no sobrepasan las normas, por tanto pueden emplearse en el uso potable.

Comarca Ceiba Chachagua

Los resultados obtenidos demostraron tolerancia en los parámetros fisicoquímicos. Ninguna de las muestras (22, 23 y 24) superó los valores establecidos en las normas, por lo que para su uso potable se recomienda un mínimo tratamiento preventivo de desinfección con cloro.

Comarca Cristo Rey

Debido a la cercanía de este sector al volcán Telica, las muestras seleccionadas (25 y 26) presentaron elevada conductividad superior al valor recomendado por las normas CAPRE; lo que refleja el alto grado de mineralización de esta agua, por lo que se debe prestar atención al uso que se le pretenda dar, además del potable. Se recomienda hacer un estudio mas completo de esta zona incluyendo un análisis de metales pesados.

Comarca Las Mercedes

Las concentraciones obtenidas en cada uno de los parámetros fisicoquímicos reflejan un potencial uso potable para lo que es necesario un tratamiento de cloración.

Comarca Quezalsa

Los resultados obtenidos evidencian la buena calidad que tiene esta agua para el uso potable, ya que la mayoría de las concentraciones para cada uno de los parámetros fisicoquímicos están por debajo de las normas, con lo cual se justifica lo antes mencionado.

Comarca El Porvenir

En esta comarca los resultados han puesto de manifiesto una alta concentración de hierro que sobrepasó las normas, lo que puede traer como consecuencia alteraciones en el color, sabor y olor de esta agua, además existe la posibilidad que a concentraciones altas se facilite la proliferación de ferrobacterias. Esta concentración alta de hierro se observa relacionada con las significativas concentraciones de cloruros y sulfatos encontradas, las cuales tienden a facilitar la corrosión.

En el análisis de resultados presentado se han establecido que una alta concentración de Nitrato es nociva para la salud, ya que puede ser peligrosa para los lactantes al sobrepasar los 50 mg/l, pues al reducirse a nitrito pueden provocar una Metahemoglobinemia.

Una alta concentración de Nitrito puede explicarse de dos maneras, una puede ser debida a la oxidación incompleta del amoníaco y en segundo lugar a la reducción de nitratos existente en el agua. La presencia de Nitrito indica una posible contaminación por materia orgánica y puede ser sospechosa una contaminación bacteriológica.

En este estudio se ha propuesto como aguas con potencial para uso potable, aquellas que cumplen con las especificaciones de los parámetros fisicoquímicos establecidos por las normas CAPRE, por lo que se recomienda en todos los casos la desinfección de estas, basándose en la demanda de cloro emitido en los resultados de análisis.

Una alta concentración de magnesio (superior al valor máximo admisible), no trae perjuicios en la salud, únicamente en el sabor de estas aguas, siempre y cuando esta concentración no se vea acompañada con una concentración alta de sulfatos que traería como consecuencias trastornos gastrointestinales para las personas que la consuman.

6.4 RESULTADOS DEL ANALISIS FACTORIAL

En primer lugar se ha analizado la conveniencia de realizar o no el análisis factorial, para ello se ha examinado la matriz de correlación y los indicadores del grado de asociación entre las variables.

Test de Esfericidad de Bartlett: El “p” valor del contraste de Bartlett nos dice que no es significativa la hipótesis nula de variables iniciales incorrelacionadas, por lo tanto tiene sentido aplicar el análisis factorial, (tabla N°5, anexo).

Índice KMO: Se obtiene un valor de 0.744, que según Kaiser es aceptable (tabla N°5, anexo).^[7]

Matriz de covarianza anti-imagen: La mayoría de los valores están próximos a cero. Se sugiere que el 5% de los elementos no pertenecientes a la diagonal principal, deben tener valores por encima de 0.1, en este caso no se observa ningún elemento fuera de la diagonal principal que tenga valores superiores a 0.1, por lo tanto, con este indicador también se considera el análisis factorial (tabla N°3, anexo).

Indicador MSA: Como se observa en la diagonal principal de la matriz de correlación anti-imagen (tabla N°3, anexo), los coeficientes MSA son altos, a excepción del hierro y nitratos en el caso de nitrito es aceptable; sin embargo las comunalidades son altas por tanto no se decide eliminar ninguna variable.

El criterio del valor propio mayor que 1 elige un número de componentes = 4. El gráfico de sedimentación sugiere un número de componentes = 4, cuyos autovalores son mayores que uno, para los 4 componentes. El criterio del porcentaje de varianza explicada elige 4 componentes.

El ajuste de la solución obtenida es bueno puesto que la matriz de correlaciones reproducidas muestra tan solo un 20% de residuos superiores al 0.05 (tabla N°4, anexo).

Con los resultados anteriores se comprobó que el análisis factorial era aplicable, por lo que se procedió a su ejecución.

Se presentan las comunalidades (tabla N°6, anexo), el gráfico de sedimentación (anexo) y el porcentaje de varianzas acumuladas (tabla N°7, anexo). Las comunalidades iniciales valen uno, ya que se ha elegido el método de las componentes principales.

El gráfico de sedimentación nos indica que solo son mayores que uno los autovalores de las cuatro primeras componentes, con lo que éstas cuatro componentes resumirán al resto; representándola de forma coherente y coincidiendo con la varianza total explicada que elige 4 factores con 87.180% de las varianzas en las observaciones.

Para identificar las componentes se utiliza la matriz de componentes (tabla N°8, anexo) que nos proporciona los coeficientes de correlación de cada una de las componentes con las 16 variables.

La componente N°1 la forman las variables que tienen correlación más fuerte en módulo con dicha componente (Alcalinidad, Conductividad, Dureza Total, Calcio, Magnesio, Dureza Cálcica, Dureza Magnésica, Bicarbonato, Cloruro y Sulfato).

La componente N°2 la forman el pH y la Temperatura.

La tercera componente esta formada por las variables: Nitrito, Demanda de Cloro y Hierro.

Por último una cuarta componente representada por Nitrato.

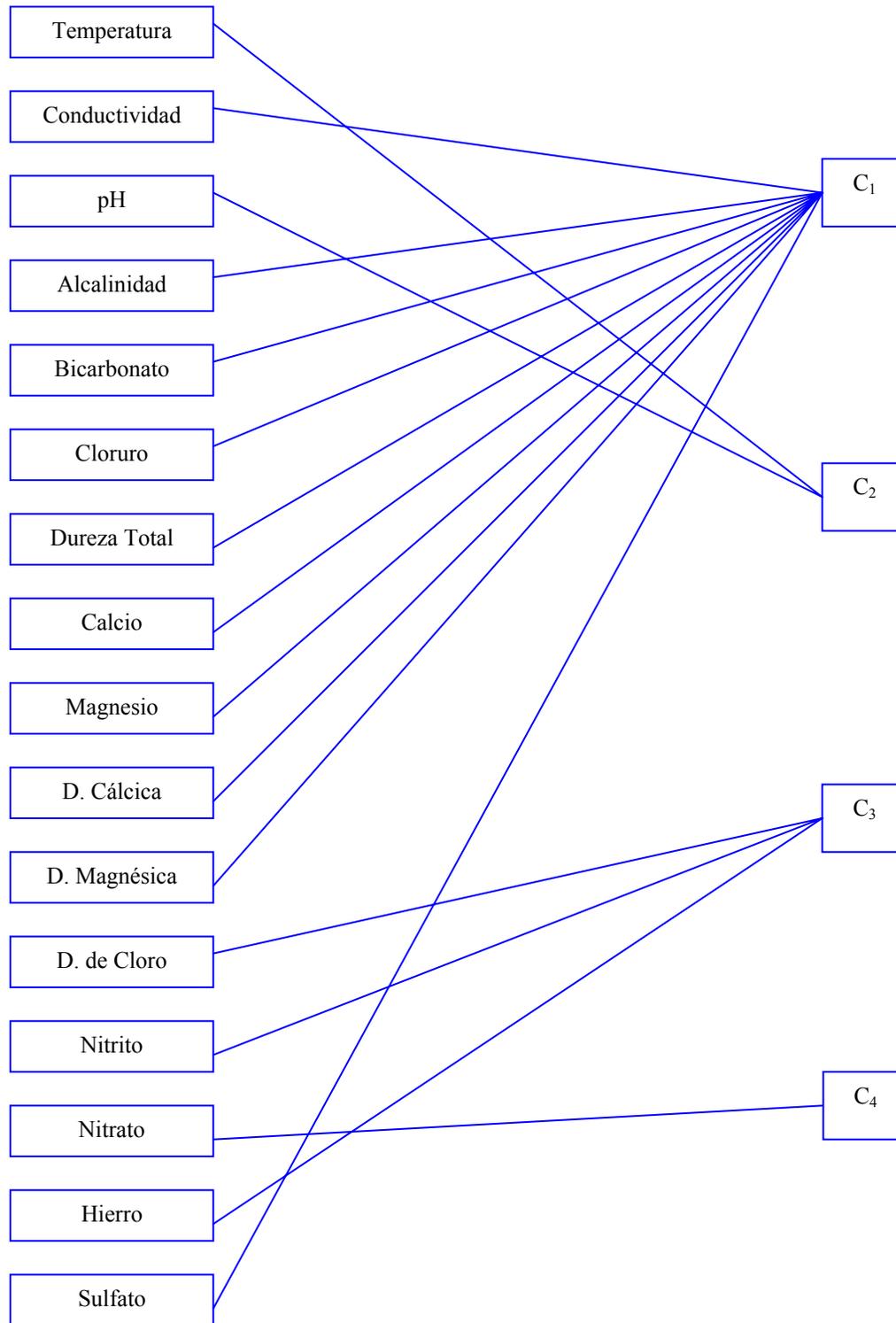
Si atendemos a la naturaleza de las variables que conforman la primera componente, se observa que se trata de una componente que une a 10 variables; que dependen de la “Geología de la Zona”, siendo la conductividad la que mayor grado presenta, lo que bien se explica porque la conductividad de una muestra de agua depende de la cantidad de especies cargadas (iones) que posean éstas. Esta componente explica por si sola el 51.524% de la varianza, lo que quiere decir que discrimina muy bien al colectivo.

Con respecto a la segunda componente, la cual agrupa a dos variables, una física y otra química respectivamente (T° y pH), recibe el nombre de componente “Fisicoquímica”, esta componente explica el 18.101% de la varianza.

Por otro lado la componente 3 que une a tres variables y que explica el 10.802% y la componente 4 que une a una sola variable y que explica el 6.753%, se le han denominado “Componentes de Contaminación”, diferenciándose en la procedencia de cada una de ellas.

La componente 3 indica una posible contaminación de origen orgánico y la componente 4 es un factor de contaminación que puede tener su procedencia en la forma de oxidación siguiente: $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$, por la presencia de fertilizantes como urea, sulfato de amonio, nitrato de amonio o bien por la oxidación de NO_2^- presente en forma de materia orgánica contaminante.

6.4.1 Representación de las Componentes Obtenidas en el Análisis Factorial



VII CONCLUSION

En el presente trabajo al haber comparado y analizado los resultados con las normas CAPRE (normas de saneamiento de agua potable para Centroamérica, Panamá y República Dominicana) y considerando aquellos parámetros tales como: Conductividad, Nitrato, Nitrito, Hierro y Demanda de Cloro, concluimos que los pozos que no han presentado un buen uso potable son el N° 11, 14, 17 y 29.

Las muestras 11 y 14 presentaron elevadas concentraciones en nitratos, la muestra 17 elevada en nitritos y la muestra 29 en hierro, siendo estas concentraciones superiores al valor máximo admisible de las normas CAPRE. El hecho que estos pozos no sean considerados aptos para el consumo público, se basa en que la cuantificación de las concentraciones de los parámetros considerados como indicadores están por encima de las normas.

Dentro de los pozos que presentan calidad intermedia para uso potable, se agruparon aquellos cuyas concentraciones determinadas se encontraron entre el valor recomendado y el valor máximo admisible. Entre ellos están las muestras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25 y 26.

Dentro de los pozos que presentan el mejor uso potable se encuentran las muestra 13, 22, 27 y 28, debido a que presentaron concentraciones bajas en comparación con las normas CAPRE.

Debido a que el análisis bacteriológico no se llevo a cabo, se debe emplear como una medida preventiva la cloración de las aguas basadas en la demanda de cloro emitidas en los resultados de análisis, lo cual ayudará a mejorar la calidad de las aguas que consumen los pobladores de la zona.

Al efectuar un diagnóstico de los datos originales (tablas de resultados) a través de la matriz de correlación, se logro comprobar que el análisis factorial es adecuado para los fines propuestos. Además se pudo reducir la información de los datos originales que constan de 16 variables y 29 muestras a cuatro factores que globalmente explican el 87.180% de las varianzas de las variables originales.

VIII RECOMENDACIONES

- 1) Considerando la calidad del agua de estas comarcas, se recomienda como mejor solución que ENACAL amplíe sus redes de distribución de agua hacia estos y otros sectores con situaciones similares. Aunque en este trabajo no se realizó análisis bacteriológico, la evidencia de altas Demanda de Cloro ha supuesto la presencia de contaminación orgánica, por lo que como una alternativa temporal, se puede proveer a los pobladores de pequeños filtros de grava, arena y piedra para remover coliformes, sin embargo prevalecería el problema de Nitratos.
- 2) Considerando el presente trabajo, se recomienda realizar estudios acerca del grado de contaminación bacteriológica y por plaguicidas, éste último debido a que esta zona en décadas pasadas fue aprovechada para el cultivo de algodón.
- 3) Considerando que el agua es un vehículo transmisor de algunas enfermedades, se recomienda que el MINSA realice diagnósticos del estado de salud de los pobladores de estas comarcas; tomando en cuenta las consecuencias de las altas concentraciones de Nitratos, sobretodo en lactantes.

IX BIBLIOGRAFIA

- 1) Enciclopedia de Química George L. Clark.
- 2) María José Díaz / Yader Caballero. "Calidad del Agua en Algunos Repartos y Comarcas de la Comunidad Indígena de Sutiava". Dpto. de Química, UNAN-León, Nicaragua, 1995.
- 3) APHA-AWWA-WPCF. Díaz de Santos. "Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residuales", decimoséptima edición, 1992.
- 4) Gary D. Christian. Química Analítica, segunda edición, editorial limusa, México (1988).
- 5) Noelia Moreno / María Auxiliadora Ramírez. "Validación del Método Azul de Indofenol Aplicado a la Determinación de Nitrógeno Amoniacal en Aguas". Dpto. de Química, UNAN-León, Nicaragua, 1999.
- 6) Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana. "Normas de Calidad del Agua para Consumo Humano", primera edición, Septiembre 1983, revisada en Marzo de 1994.
- 7) Rafael Bisquerra Alzina. "Introducción Conceptual al Análisis Multivariable", primera edición, Barcelona, 1989.
- 8) Sidar Espinosa, Roberto Torres y Felipe Leitón. "Estadística-Matemática, Aplicación del Análisis de Componentes Principales y Análisis Factorial a la Información Obtenida en una Granja Camaronera", León, Nicaragua, 1999.

- 9) Daniel Peña Sánchez de Rivera. “Estadística, Modelo y Métodos”, segunda edición.
- 10) J. Rodier. “Análisis de las Aguas. Aguas Naturales, Aguas Residuales, Agua de Mar”, editorial omega S.A. Barcelona (1989).
- 11) J.C. Miller – J.N. Miller Estadística para Química Analítica, segunda edición, Inglaterra (1988).
- 12) Manuel de Jesús Lanuza J / Marlon José Arce J. “Aplicación del Análisis Factorial al Cuestionario Actitudinal hacia las Asignaturas en la Carrera de Medicina, León, Nicaragua, 1999.

ANEXO

TABLAS DE RESULTADOS POR PARAMETROS

TABLAS DE RESULTADOS POR PARAMETROS

Conductividad

| Muestras | Código | Valor 1 | Valor 2 | Valor 3 | Media | Desv. Est. Rel |
|----------|--------|---------|---------|---------|--------|----------------|
| 1 | 1-01-Q | 498.0 | 499.0 | 499.0 | 498.67 | 0.00116 |
| 2 | 1-02-Q | 519.0 | 521.0 | 521.0 | 520.33 | 0.00222 |
| 3 | 1-03-Q | 310.0 | 311.0 | 312.0 | 311.00 | 0.00322 |
| 4 | 1-06-Q | 265.0 | 267.0 | 266.0 | 266.00 | 0.00376 |
| 5 | 1-04-Q | 309.0 | 307.0 | 308.0 | 308.00 | 0.00325 |
| 6 | 1-05-Q | 332.0 | 331.0 | 332.0 | 331.67 | 0.00174 |
| 7 | 1-07-Q | 422.0 | 423.0 | 421.0 | 422.00 | 0.00237 |
| 8 | 1-08-Q | 534.0 | 534.0 | 536.0 | 534.67 | 0.00216 |
| 9 | 1-09-Q | 553.0 | 554.0 | 555.0 | 554.00 | 0.00181 |
| 10 | 1-10-Q | 303.0 | 302.0 | 303.0 | 302.67 | 0.00191 |
| 11 | 1-11-Q | 261.0 | 262.0 | 262.0 | 261.67 | 0.00221 |
| 12 | 1-12-Q | 347.0 | 349.0 | 349.0 | 348.33 | 0.00331 |
| 13 | 2-01-Q | 180.0 | 180.7 | 180.6 | 180.43 | 0.00210 |
| 14 | 2-02-Q | 357.0 | 358.0 | 358.0 | 357.67 | 0.00161 |
| 15 | 2-03-Q | 216.0 | 216.0 | 215.0 | 215.67 | 0.00268 |
| 16 | 2-04-Q | 154.3 | 154.4 | 154.7 | 154.47 | 0.00135 |
| 17 | 2-05-Q | 179.7 | 179.7 | 180.0 | 179.80 | 0.00096 |
| 18 | 2-06-Q | 198.0 | 198.3 | 198.2 | 198.17 | 0.00077 |
| 19 | 2-07-Q | 602.0 | 602.0 | 603.0 | 602.33 | 0.00096 |
| 20 | 2-08-Q | 301.0 | 300.0 | 301.0 | 300.67 | 0.00192 |
| 21 | 2-09-Q | 239.0 | 240.0 | 240.0 | 239.67 | 0.00241 |
| 22 | 2-10-Q | 243.0 | 244.0 | 241.0 | 242.66 | 0.00629 |
| 23 | 2-11-Q | 268.0 | 269.0 | 270.0 | 269.00 | 0.00372 |
| 24 | 2-12-Q | 270.0 | 271.0 | 268.0 | 269.66 | 0.00566 |
| 25 | 3-01-Q | 843.0 | 843.0 | 842.0 | 842.67 | 0.00069 |
| 26 | 3-02-Q | 638.0 | 640.0 | 641.0 | 639.67 | 0.00239 |
| 27 | 3-03-Q | 148.5 | 148.9 | 149.0 | 148.80 | 0.00178 |
| 28 | 3-04-Q | 123.6 | 124.1 | 124.2 | 123.97 | 0.00259 |
| 29 | 3-05-Q | 599.0 | 599.0 | 597.0 | 598.33 | 0.00193 |

pH

| Muestras | Código | Valor 1 | Valor 2 | Valor 3 | Media | Desv. Est. Rel |
|-----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|--------------|-----------------------|
| 1 | 1-01-Q | 6.36 | 6.34 | 6.36 | 6.35 | 0.00182 |
| 2 | 1-02-Q | 6.35 | 6.34 | 6.35 | 6.35 | 0.00091 |
| 3 | 1-03-Q | 6.69 | 6.67 | 6.67 | 6.68 | 0.00173 |
| 4 | 1-06-Q | 6.85 | 6.89 | 6.89 | 6.88 | 0.00336 |
| 5 | 1-04-Q | 6.83 | 6.90 | 6.96 | 6.90 | 0.00943 |
| 6 | 1-05-Q | 6.93 | 6.85 | 6.85 | 6.88 | 0.00672 |
| 7 | 1-07-Q | 6.70 | 6.66 | 6.63 | 6.66 | 0.00527 |
| 8 | 1-08-Q | 6.63 | 6.63 | 6.70 | 6.65 | 0.00607 |
| 9 | 1-09-Q | 6.55 | 6.53 | 6.55 | 6.54 | 0.00176 |
| 10 | 1-10-Q | 7.00 | 6.92 | 6.90 | 6.94 | 0.00762 |
| 11 | 1-11-Q | 6.95 | 6.92 | 6.88 | 6.92 | 0.00508 |
| 12 | 1-12-Q | 7.00 | 6.95 | 7.00 | 6.98 | 0.00413 |
| 13 | 2-01-Q | 6.93 | 6.89 | 6.85 | 6.89 | 0.00581 |
| 14 | 2-02-Q | 6.98 | 6.93 | 6.92 | 6.94 | 0.00463 |
| 15 | 2-03-Q | 7.13 | 7.15 | 7.12 | 7.13 | 0.00214 |
| 16 | 2-04-Q | 7.09 | 7.10 | 7.11 | 7.10 | 0.00141 |
| 17 | 2-05-Q | 7.03 | 7.07 | 7.03 | 7.04 | 0.00328 |
| 18 | 2-06-Q | 7.18 | 7.17 | 7.15 | 7.17 | 0.00213 |
| 19 | 2-07-Q | 6.63 | 6.58 | 6.66 | 6.62 | 0.00610 |
| 20 | 2-08-Q | 7.03 | 7.03 | 7.04 | 7.03 | 0.00082 |
| 21 | 2-09-Q | 7.16 | 7.15 | 7.13 | 7.15 | 0.00214 |
| 22 | 2-10-Q | 7.60 | 7.60 | 7.64 | 7.61 | 0.00303 |
| 23 | 2-11-Q | 7.22 | 7.22 | 7.20 | 7.21 | 0.00160 |
| 24 | 2-12-Q | 7.10 | 7.07 | 7.06 | 7.08 | 0.00294 |
| 25 | 3-01-Q | 7.23 | 7.26 | 7.28 | 7.26 | 0.00347 |
| 26 | 3-02-Q | 7.09 | 7.00 | 7.00 | 7.03 | 0.00739 |
| 27 | 3-03-Q | 7.04 | 7.05 | 7.05 | 7.05 | 0.00082 |
| 28 | 3-04-Q | 7.00 | 7.00 | 6.98 | 6.99 | 0.00165 |
| 29 | 3-05-Q | 6.48 | 6.50 | 6.50 | 6.49 | 0.00178 |

Alcalinidad

| Muestras | Código | Valor 1 | Valor 2 | Media | Desv. Est. Rel | mg CaCO ₃ /l |
|----------|--------|---------|---------|--------|----------------|-------------------------|
| 1 | 1-01-Q | 16.00 | 15.80 | 15.900 | 0.00889 | 183.80 |
| 2 | 1-02-Q | 15.40 | 15.50 | 15.450 | 0.00458 | 178.60 |
| 3 | 1-03-Q | 6.80 | 6.70 | 6.750 | 0.01048 | 78.03 |
| 4 | 1-06-Q | 7.60 | 7.50 | 7.550 | 0.00937 | 87.28 |
| 5 | 1-04-Q | 9.30 | 9.20 | 9.250 | 0.00764 | 106.93 |
| 6 | 1-05-Q | 7.65 | 7.55 | 7.600 | 0.00930 | 87.86 |
| 7 | 1-07-Q | 11.50 | 11.60 | 11.550 | 0.00612 | 133.52 |
| 8 | 1-08-Q | 14.65 | 14.75 | 14.700 | 0.00481 | 169.93 |
| 9 | 1-09-Q | 14.95 | 15.05 | 15.000 | 0.00471 | 173.40 |
| 10 | 1-10-Q | 9.60 | 9.65 | 9.625 | 0.00367 | 111.27 |
| 11 | 1-11-Q | 7.45 | 7.35 | 7.400 | 0.00956 | 85.54 |
| 12 | 1-12-Q | 11.70 | 11.75 | 11.725 | 0.00302 | 135.54 |
| 13 | 2-01-Q | 6.05 | 6.00 | 6.025 | 0.00587 | 69.65 |
| 14 | 2-02-Q | 6.70 | 6.75 | 6.725 | 0.00526 | 77.74 |
| 15 | 2-03-Q | 6.35 | 6.40 | 6.375 | 0.00555 | 73.70 |
| 16 | 2-04-Q | 6.40 | 6.45 | 6.425 | 0.00550 | 74.27 |
| 17 | 2-05-Q | 9.60 | 9.58 | 9.590 | 0.00147 | 110.83 |
| 18 | 2-06-Q | 9.90 | 9.95 | 9.925 | 0.00356 | 114.73 |
| 19 | 2-07-Q | 17.95 | 17.90 | 17.925 | 0.00197 | 207.21 |
| 20 | 2-08-Q | 14.40 | 14.43 | 14.415 | 0.00147 | 166.61 |
| 21 | 2-09-Q | 10.45 | 10.40 | 10.425 | 0.00339 | 120.51 |
| 22 | 2-10-Q | 15.20 | 15.30 | 15.250 | 0.00464 | 157.23 |
| 23 | 2-11-Q | 15.30 | 15.25 | 15.275 | 0.00231 | 157.49 |
| 24 | 2-12-Q | 14.30 | 14.25 | 14.275 | 0.00248 | 147.18 |
| 25 | 3-01-Q | 39.70 | 39.76 | 39.730 | 0.00107 | 409.65 |
| 26 | 3-02-Q | 30.12 | 30.14 | 30.130 | 0.00047 | 310.67 |
| 27 | 3-03-Q | 6.34 | 6.40 | 6.370 | 0.00666 | 65.64 |
| 28 | 3-04-Q | 5.51 | 5.55 | 5.530 | 0.00511 | 57.05 |
| 29 | 3-05-Q | 20.54 | 20.60 | 20.570 | 0.00206 | 212.04 |

Bicarbonato

| Muestras | Código | Valor 1 | Valor 2 | Media | Desv. Est. Rel | mg HCO₃⁻/l |
|-----------------|---------------|----------------|----------------|--------------|-----------------------|---|
| 1 | 1-01-Q | 16.00 | 15.80 | 15.900 | 0.00889 | 224.24 |
| 2 | 1-02-Q | 15.40 | 15.50 | 15.450 | 0.00458 | 217.89 |
| 3 | 1-03-Q | 6.80 | 6.70 | 6.750 | 0.01048 | 95.20 |
| 4 | 1-06-Q | 7.60 | 7.50 | 7.550 | 0.00937 | 106.48 |
| 5 | 1-04-Q | 9.30 | 9.20 | 9.250 | 0.00764 | 130.45 |
| 6 | 1-05-Q | 7.65 | 7.55 | 7.600 | 0.00930 | 107.18 |
| 7 | 1-07-Q | 11.50 | 11.60 | 11.550 | 0.00612 | 162.89 |
| 8 | 1-08-Q | 14.65 | 14.75 | 14.700 | 0.00481 | 207.32 |
| 9 | 1-09-Q | 14.95 | 15.05 | 15.000 | 0.00471 | 211.55 |
| 10 | 1-10-Q | 9.60 | 9.65 | 9.625 | 0.00367 | 135.74 |
| 11 | 1-11-Q | 7.45 | 7.35 | 7.400 | 0.00956 | 104.36 |
| 12 | 1-12-Q | 11.70 | 11.75 | 11.725 | 0.00302 | 165.36 |
| 13 | 2-01-Q | 6.05 | 6.00 | 6.025 | 0.00587 | 84.97 |
| 14 | 2-02-Q | 6.70 | 6.75 | 6.725 | 0.00526 | 94.84 |
| 15 | 2-03-Q | 6.35 | 6.40 | 6.375 | 0.00555 | 89.91 |
| 16 | 2-04-Q | 6.40 | 6.45 | 6.425 | 0.00550 | 90.61 |
| 17 | 2-05-Q | 9.60 | 9.58 | 9.590 | 0.00147 | 135.21 |
| 18 | 2-06-Q | 9.90 | 9.95 | 9.925 | 0.00356 | 139.97 |
| 19 | 2-07-Q | 17.95 | 17.90 | 17.925 | 0.00197 | 252.80 |
| 20 | 2-08-Q | 14.40 | 14.43 | 14.415 | 0.00147 | 203.26 |
| 21 | 2-09-Q | 10.45 | 10.40 | 10.425 | 0.00339 | 147.03 |
| 22 | 2-10-Q | 15.20 | 15.30 | 15.250 | 0.00464 | 191.82 |
| 23 | 2-11-Q | 15.30 | 15.25 | 15.275 | 0.00231 | 192.13 |
| 24 | 2-12-Q | 14.30 | 14.25 | 14.275 | 0.00248 | 179.55 |
| 25 | 3-01-Q | 39.70 | 39.76 | 39.730 | 0.00107 | 499.73 |
| 26 | 3-02-Q | 30.12 | 30.14 | 30.130 | 0.00047 | 378.98 |
| 27 | 3-03-Q | 6.34 | 6.40 | 6.370 | 0.00666 | 80.12 |
| 28 | 3-04-Q | 5.51 | 5.55 | 5.530 | 0.00511 | 69.56 |
| 29 | 3-05-Q | 20.54 | 20.60 | 20.570 | 0.00206 | 258.73 |

Cloruro

| Muestras | Código | Valor 1 | Valor 2 | Media | Desv. Est. Rel | mg Cl/l |
|-----------------|---------------|----------------|----------------|--------------|-----------------------|----------------|
| 1 | 1-01-Q | 5.05 | 5.00 | 5.025 | 0.00704 | 51.59 |
| 2 | 1-02-Q | 5.20 | 5.25 | 5.225 | 0.00677 | 53.64 |
| 3 | 1-03-Q | 1.60 | 1.55 | 1.575 | 0.02245 | 16.17 |
| 4 | 1-06-Q | 1.15 | 1.05 | 1.099 | 0.06435 | 11.29 |
| 5 | 1-04-Q | 2.00 | 1.95 | 1.975 | 0.01790 | 20.28 |
| 6 | 1-05-Q | 2.10 | 2.00 | 2.049 | 0.03450 | 21.05 |
| 7 | 1-07-Q | 3.30 | 3.25 | 3.275 | 0.01080 | 33.62 |
| 8 | 1-08-Q | 5.60 | 5.55 | 5.575 | 0.00634 | 57.24 |
| 9 | 1-09-Q | 6.05 | 6.00 | 6.025 | 0.00587 | 61.86 |
| 10 | 1-10-Q | 1.55 | 1.60 | 1.575 | 0.02245 | 16.17 |
| 11 | 1-11-Q | 0.80 | 0.85 | 0.825 | 0.04287 | 8.47 |
| 12 | 1-12-Q | 2.35 | 2.30 | 2.325 | 0.01521 | 23.87 |
| 13 | 2-01-Q | 1.50 | 1.55 | 1.525 | 0.02319 | 15.66 |
| 14 | 2-02-Q | 2.85 | 2.75 | 2.800 | 0.02526 | 28.75 |
| 15 | 2-03-Q | 1.40 | 1.50 | 1.449 | 0.04880 | 14.89 |
| 16 | 2-04-Q | 1.30 | 1.35 | 1.325 | 0.02669 | 13.60 |
| 17 | 2-05-Q | 1.15 | 1.20 | 1.175 | 0.03010 | 12.06 |
| 18 | 2-06-Q | 1.60 | 1.70 | 1.649 | 0.04287 | 16.94 |
| 19 | 2-07-Q | 7.15 | 7.20 | 7.175 | 0.00493 | 73.66 |
| 20 | 2-08-Q | 1.95 | 1.90 | 1.925 | 0.01837 | 19.76 |
| 21 | 2-09-Q | 1.55 | 1.50 | 1.525 | 0.02319 | 15.66 |
| 22 | 2-10-Q | 0.65 | 0.70 | 0.675 | 0.05241 | 6.93 |
| 23 | 2-11-Q | 0.75 | 0.70 | 0.725 | 0.04880 | 7.44 |
| 24 | 2-12-Q | 0.70 | 0.65 | 0.675 | 0.05241 | 6.93 |
| 25 | 3-01-Q | 5.20 | 5.10 | 5.150 | 0.01373 | 52.87 |
| 26 | 3-02-Q | 3.25 | 3.20 | 3.225 | 0.01096 | 33.11 |
| 27 | 3-03-Q | 1.20 | 1.25 | 1.225 | 0.02887 | 12.58 |
| 28 | 3-04-Q | 1.00 | 1.05 | 1.025 | 0.03450 | 10.52 |
| 29 | 3-05-Q | 6.95 | 6.90 | 6.925 | 0.00511 | 71.10 |

Dureza Total

| Muestras | Código | Valor 1 | Valor 2 | Media | Desv. Est. Rel | mg CaCO₃/l |
|-----------------|---------------|----------------|----------------|--------------|-----------------------|------------------------------|
| 1 | 1-01-Q | 11.60 | 11.65 | 11.625 | 0.00304 | 244.82 |
| 2 | 1-02-Q | 14.50 | 14.00 | 14.248 | 0.02481 | 300.11 |
| 3 | 1-03-Q | 7.10 | 7.15 | 7.125 | 0.00496 | 150.05 |
| 4 | 1-06-Q | 6.45 | 6.40 | 6.425 | 0.00550 | 135.31 |
| 5 | 1-04-Q | 6.85 | 6.90 | 6.875 | 0.00514 | 144.79 |
| 6 | 1-05-Q | 7.60 | 7.65 | 7.625 | 0.00464 | 160.58 |
| 7 | 1-07-Q | 9.45 | 9.50 | 9.475 | 0.00373 | 199.54 |
| 8 | 1-08-Q | 12.15 | 12.20 | 12.175 | 0.00290 | 256.41 |
| 9 | 1-09-Q | 12.60 | 12.55 | 12.575 | 0.00281 | 264.83 |
| 10 | 1-10-Q | 7.15 | 7.20 | 7.175 | 0.00493 | 151.11 |
| 11 | 1-11-Q | 6.20 | 6.15 | 6.175 | 0.00573 | 130.05 |
| 12 | 1-12-Q | 8.00 | 7.95 | 7.975 | 0.00443 | 167.95 |
| 13 | 2-01-Q | 4.05 | 4.10 | 4.075 | 0.00868 | 75.46 |
| 14 | 2-02-Q | 8.10 | 8.15 | 8.125 | 0.00435 | 150.46 |
| 15 | 2-03-Q | 4.45 | 4.50 | 4.475 | 0.00790 | 82.87 |
| 16 | 2-04-Q | 4.10 | 4.05 | 4.075 | 0.00868 | 75.46 |
| 17 | 2-05-Q | 5.05 | 5.00 | 5.025 | 0.00704 | 93.05 |
| 18 | 2-06-Q | 6.05 | 6.10 | 6.075 | 0.00582 | 112.50 |
| 19 | 2-07-Q | 13.35 | 13.30 | 13.325 | 0.00265 | 246.75 |
| 20 | 2-08-Q | 8.10 | 8.05 | 8.075 | 0.00438 | 149.53 |
| 21 | 2-09-Q | 6.25 | 6.30 | 6.275 | 0.00563 | 116.20 |
| 22 | 2-10-Q | 7.10 | 7.15 | 7.125 | 0.00496 | 131.94 |
| 23 | 2-11-Q | 7.55 | 7.60 | 7.575 | 0.00467 | 140.27 |
| 24 | 2-12-Q | 7.25 | 7.20 | 7.225 | 0.00489 | 133.79 |
| 25 | 3-01-Q | 19.10 | 19.20 | 19.150 | 0.00369 | 354.62 |
| 26 | 3-02-Q | 14.25 | 14.15 | 14.200 | 0.00498 | 262.96 |
| 27 | 3-03-Q | 2.95 | 2.91 | 2.930 | 0.00965 | 54.32 |
| 28 | 3-04-Q | 2.40 | 2.36 | 2.380 | 0.01188 | 44.13 |
| 29 | 3-05-Q | 12.96 | 12.98 | 12.970 | 0.00109 | 240.12 |

Calcio

| Muestras | Código | Valor 1 | Valor 2 | Media | Desv. Est. Rel | mg Ca²⁺/l |
|-----------------|---------------|----------------|----------------|--------------|-----------------------|-----------------------------|
| 1 | 1-01-Q | 7.16 | 7.20 | 7.180 | 0.00394 | 26.59 |
| 2 | 1-02-Q | 9.15 | 9.05 | 9.100 | 0.00777 | 33.70 |
| 3 | 1-03-Q | 8.75 | 8.65 | 8.700 | 0.00813 | 32.22 |
| 4 | 1-06-Q | 6.60 | 6.70 | 6.650 | 0.01063 | 24.63 |
| 5 | 1-04-Q | 7.00 | 7.05 | 7.025 | 0.00503 | 26.02 |
| 6 | 1-05-Q | 8.10 | 8.15 | 8.125 | 0.00435 | 30.09 |
| 7 | 1-07-Q | 8.80 | 8.85 | 8.825 | 0.00401 | 32.68 |
| 8 | 1-08-Q | 9.95 | 9.85 | 9.900 | 0.00714 | 36.67 |
| 9 | 1-09-Q | 8.55 | 8.45 | 8.500 | 0.00832 | 31.48 |
| 10 | 1-10-Q | 7.80 | 7.85 | 7.825 | 0.00452 | 28.98 |
| 11 | 1-11-Q | 5.80 | 5.70 | 5.750 | 0.01230 | 21.30 |
| 12 | 1-12-Q | 7.20 | 7.25 | 7.225 | 0.00489 | 26.76 |
| 13 | 2-01-Q | 4.80 | 4.70 | 4.750 | 0.01489 | 17.59 |
| 14 | 2-02-Q | 9.80 | 9.85 | 9.825 | 0.00360 | 36.39 |
| 15 | 2-03-Q | 5.20 | 5.25 | 5.225 | 0.00677 | 19.35 |
| 16 | 2-04-Q | 4.55 | 4.60 | 4.575 | 0.00773 | 16.94 |
| 17 | 2-05-Q | 5.95 | 6.00 | 5.975 | 0.00592 | 22.13 |
| 18 | 2-06-Q | 6.50 | 6.55 | 6.525 | 0.00542 | 24.17 |
| 19 | 2-07-Q | 5.10 | 5.15 | 5.125 | 0.00690 | 18.98 |
| 20 | 2-08-Q | 8.25 | 8.20 | 8.225 | 0.00430 | 30.46 |
| 21 | 2-09-Q | 7.40 | 7.45 | 7.425 | 0.00476 | 27.50 |
| 22 | 2-10-Q | 7.55 | 7.60 | 7.575 | 0.00467 | 28.05 |
| 23 | 2-11-Q | 6.30 | 6.25 | 6.275 | 0.00563 | 23.24 |
| 24 | 2-12-Q | 7.45 | 7.40 | 7.425 | 0.00476 | 27.50 |
| 25 | 3-01-Q | 18.96 | 18.90 | 18.930 | 0.00224 | 70.12 |
| 26 | 3-02-Q | 12.45 | 12.55 | 12.500 | 0.00566 | 46.30 |
| 27 | 3-03-Q | 3.20 | 3.17 | 3.185 | 0.00666 | 11.73 |
| 28 | 3-04-Q | 2.50 | 2.56 | 2.530 | 0.01677 | 9.38 |
| 29 | 3-05-Q | 12.90 | 12.96 | 12.930 | 0.00328 | 47.90 |

Magnesio

| Muestras | Código | Valor 1 | Valor 2 | Diferencia | mg Mg²⁺/l |
|-----------------|---------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------------------|
| 1 | 1-01-Q | 0.1225 | 0.0332 | 0.0893 | 43.363 |
| 2 | 1-02-Q | 0.1501 | 0.0421 | 0.1080 | 52.451 |
| 3 | 1-03-Q | 0.0751 | 0.0403 | 0.0348 | 16.914 |
| 4 | 1-06-Q | 0.0677 | 0.0308 | 0.0369 | 17.921 |
| 5 | 1-04-Q | 0.0724 | 0.0325 | 0.0399 | 19.414 |
| 6 | 1-05-Q | 0.0803 | 0.0376 | 0.0427 | 20.778 |
| 7 | 1-07-Q | 0.0998 | 0.0408 | 0.0590 | 28.670 |
| 8 | 1-08-Q | 0.1283 | 0.0458 | 0.0825 | 40.058 |
| 9 | 1-09-Q | 0.1325 | 0.0394 | 0.0931 | 45.255 |
| 10 | 1-10-Q | 0.0756 | 0.0362 | 0.0394 | 19.150 |
| 11 | 1-11-Q | 0.0651 | 0.0267 | 0.0384 | 18.667 |
| 12 | 1-12-Q | 0.0840 | 0.0334 | 0.0506 | 24.594 |
| 13 | 2-01-Q | 0.0440 | 0.0220 | 0.0220 | 10.665 |
| 14 | 2-02-Q | 0.0908 | 0.0455 | 0.0453 | 22.049 |
| 15 | 2-03-Q | 0.0361 | 0.0242 | 0.0119 | 5.805 |
| 16 | 2-04-Q | 0.0422 | 0.0212 | 0.0210 | 10.215 |
| 17 | 2-05-Q | 0.0552 | 0.0277 | 0.0275 | 13.365 |
| 18 | 2-06-Q | 0.0605 | 0.0302 | 0.0303 | 14.715 |
| 19 | 2-07-Q | 0.0473 | 0.0237 | 0.0236 | 11.475 |
| 20 | 2-08-Q | 0.0762 | 0.0381 | 0.0381 | 18.539 |
| 21 | 2-09-Q | 0.0688 | 0.0344 | 0.0344 | 16.740 |
| 22 | 2-10-Q | 0.0700 | 0.0351 | 0.0349 | 16.965 |
| 23 | 2-11-Q | 0.0580 | 0.0291 | 0.0289 | 14.040 |
| 24 | 2-12-Q | 0.0688 | 0.0344 | 0.0344 | 16.740 |
| 25 | 3-01-Q | 0.1773 | 0.0877 | 0.0896 | 43.559 |
| 26 | 3-02-Q | 0.1315 | 0.0579 | 0.0736 | 35.774 |
| 27 | 3-03-Q | 0.0271 | 0.0146 | 0.0125 | 6.075 |
| 28 | 3-04-Q | 0.0220 | 0.0118 | 0.0102 | 4.995 |
| 29 | 3-05-Q | 0.1201 | 0.0599 | 0.0602 | 29.249 |

Dureza Cálctica

| Muestras | Código | Valor 1 | Valor 2 | Media | Desv. Est. Rel | mg Ca²⁺/l |
|-----------------|---------------|----------------|----------------|--------------|-----------------------|-----------------------------|
| 1 | 1-01-Q | 7.16 | 7.20 | 7.180 | 0.00394 | 66.48 |
| 2 | 1-02-Q | 9.15 | 9.05 | 9.100 | 0.00777 | 84.26 |
| 3 | 1-03-Q | 8.75 | 8.65 | 8.700 | 0.00813 | 80.55 |
| 4 | 1-06-Q | 6.60 | 6.70 | 6.650 | 0.01063 | 61.57 |
| 5 | 1-04-Q | 7.00 | 7.05 | 7.025 | 0.00503 | 65.04 |
| 6 | 1-05-Q | 8.10 | 8.15 | 8.125 | 0.00435 | 75.23 |
| 7 | 1-07-Q | 8.80 | 8.85 | 8.825 | 0.00401 | 81.71 |
| 8 | 1-08-Q | 9.95 | 9.85 | 9.900 | 0.00714 | 91.66 |
| 9 | 1-09-Q | 8.55 | 8.45 | 8.500 | 0.00832 | 78.70 |
| 10 | 1-10-Q | 7.80 | 7.85 | 7.825 | 0.00452 | 72.45 |
| 11 | 1-11-Q | 5.80 | 5.70 | 5.750 | 0.01230 | 53.24 |
| 12 | 1-12-Q | 7.20 | 7.25 | 7.225 | 0.00489 | 66.90 |
| 13 | 2-01-Q | 4.80 | 4.70 | 4.750 | 0.01489 | 43.98 |
| 14 | 2-02-Q | 9.80 | 9.85 | 9.825 | 0.00360 | 90.97 |
| 15 | 2-03-Q | 5.20 | 5.25 | 5.225 | 0.00677 | 48.38 |
| 16 | 2-04-Q | 4.55 | 4.60 | 4.575 | 0.00773 | 42.36 |
| 17 | 2-05-Q | 5.95 | 6.00 | 5.975 | 0.00592 | 55.32 |
| 18 | 2-06-Q | 6.50 | 6.55 | 6.525 | 0.00542 | 60.41 |
| 19 | 2-07-Q | 5.10 | 5.15 | 5.125 | 0.00690 | 47.45 |
| 20 | 2-08-Q | 8.25 | 8.20 | 8.225 | 0.00430 | 76.16 |
| 21 | 2-09-Q | 7.40 | 7.45 | 7.425 | 0.00476 | 68.75 |
| 22 | 2-10-Q | 7.55 | 7.60 | 7.575 | 0.00467 | 70.14 |
| 23 | 2-11-Q | 6.30 | 6.25 | 6.275 | 0.00563 | 58.10 |
| 24 | 2-12-Q | 7.45 | 7.40 | 7.425 | 0.00476 | 68.75 |
| 25 | 3-01-Q | 18.96 | 18.90 | 18.930 | 0.00224 | 175.30 |
| 26 | 3-02-Q | 12.45 | 12.55 | 12.500 | 0.00566 | 115.74 |
| 27 | 3-03-Q | 3.20 | 3.17 | 3.185 | 0.00666 | 29.32 |
| 28 | 3-04-Q | 2.50 | 2.56 | 2.530 | 0.01677 | 23.46 |
| 29 | 3-05-Q | 12.90 | 12.96 | 12.930 | 0.00328 | 119.75 |

Dureza Magnésica

| Muestras | Código | Valor 1 | Valor 2 | mg CaCO₃/l |
|-----------------|---------------|----------------|----------------|------------------------------|
| 1 | 1-01-Q | 244.82 | 66.48 | 178.34 |
| 2 | 1-02-Q | 300.11 | 84.26 | 215.85 |
| 3 | 1-03-Q | 150.05 | 80.55 | 69.50 |
| 4 | 1-06-Q | 135.31 | 61.57 | 73.74 |
| 5 | 1-04-Q | 144.79 | 65.04 | 79.75 |
| 6 | 1-05-Q | 160.58 | 75.23 | 85.35 |
| 7 | 1-07-Q | 199.54 | 81.71 | 117.83 |
| 8 | 1-08-Q | 256.41 | 91.66 | 164.75 |
| 9 | 1-09-Q | 264.83 | 78.70 | 186.13 |
| 10 | 1-10-Q | 151.11 | 72.45 | 78.66 |
| 11 | 1-11-Q | 130.05 | 53.24 | 76.81 |
| 12 | 1-12-Q | 167.95 | 66.90 | 101.05 |
| 13 | 2-01-Q | 75.46 | 43.98 | 31.48 |
| 14 | 2-02-Q | 150.46 | 90.97 | 59.49 |
| 15 | 2-03-Q | 82.87 | 48.38 | 34.49 |
| 16 | 2-04-Q | 75.46 | 42.36 | 33.10 |
| 17 | 2-05-Q | 93.05 | 55.32 | 37.73 |
| 18 | 2-06-Q | 112.50 | 60.41 | 52.09 |
| 19 | 2-07-Q | 246.75 | 47.45 | 199.30 |
| 20 | 2-08-Q | 149.53 | 76.16 | 73.37 |
| 21 | 2-09-Q | 116.20 | 68.75 | 47.45 |
| 22 | 2-10-Q | 131.94 | 70.14 | 61.80 |
| 23 | 2-11-Q | 140.27 | 58.10 | 82.17 |
| 24 | 2-12-Q | 133.79 | 68.75 | 65.04 |
| 25 | 3-01-Q | 354.62 | 175.30 | 179.32 |
| 26 | 3-02-Q | 262.96 | 115.74 | 147.22 |
| 27 | 3-03-Q | 54.32 | 29.32 | 25.00 |
| 28 | 3-04-Q | 44.13 | 23.46 | 20.67 |
| 29 | 3-05-Q | 240.12 | 119.75 | 120.37 |

Demanda de Cloro

| Muestras | Código | N° de gotas de ClO⁻ | mg ClO⁻/l |
|-----------------|---------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 1-01-Q | 2 | 0.478 |
| 2 | 1-02-Q | 2 | 0.478 |
| 3 | 1-03-Q | 2 | 0.478 |
| 4 | 1-06-Q | 2 | 0.478 |
| 5 | 1-04-Q | 2 | 0.478 |
| 6 | 1-05-Q | 2 | 0.478 |
| 7 | 1-07-Q | 2 | 0.478 |
| 8 | 1-08-Q | 3 | 0.717 |
| 9 | 1-09-Q | 2 | 0.478 |
| 10 | 1-10-Q | 3 | 0.717 |
| 11 | 1-11-Q | 2 | 0.478 |
| 12 | 1-12-Q | 3 | 0.717 |
| 13 | 2-01-Q | 5 | 1.195 |
| 14 | 2-02-Q | 5 | 1.195 |
| 15 | 2-03-Q | 5 | 1.195 |
| 16 | 2-04-Q | 4 | 0.956 |
| 17 | 2-05-Q | 8 | 1.912 |
| 18 | 2-06-Q | 7 | 1.673 |
| 19 | 2-07-Q | 3 | 0.717 |
| 20 | 2-08-Q | 6 | 1.434 |
| 21 | 2-09-Q | 4 | 0.956 |
| 22 | 2-10-Q | 4 | 0.956 |
| 23 | 2-11-Q | 4 | 0.956 |
| 24 | 2-12-Q | 4 | 0.956 |
| 25 | 3-01-Q | 4 | 0.956 |
| 26 | 3-02-Q | 3 | 0.717 |
| 27 | 3-03-Q | 4 | 0.956 |
| 28 | 3-04-Q | 4 | 0.956 |
| 29 | 3-05-Q | 4 | 0.956 |

Nitrito

| Muestras | Código | Valor 1 | Valor 2 | Media | Desv. Est. Rel | mg NO₂/l |
|-----------------|---------------|----------------|----------------|--------------|-----------------------|----------------------------|
| 1 | 1-01-Q | 0.0380 | 0.0370 | 0.0375 | 0.01886 | <0.00586 |
| 2 | 1-02-Q | 0.0383 | 0.0380 | 0.0381 | 0.00556 | <0.00587 |
| 3 | 1-03-Q | 0.0447 | 0.0445 | 0.0446 | 0.00317 | 0.0049 |
| 4 | 1-06-Q | 0.0443 | 0.0440 | 0.0441 | 0.00480 | 0.0040 |
| 5 | 1-04-Q | 0.0350 | 0.0360 | 0.0355 | 0.01992 | <0.00587 |
| 6 | 1-05-Q | 0.0370 | 0.0380 | 0.0375 | 0.01886 | <0.00588 |
| 7 | 1-07-Q | 0.0400 | 0.0396 | 0.0398 | 0.00711 | <0.00589 |
| 8 | 1-08-Q | 0.0390 | 0.0403 | 0.0396 | 0.02319 | <0.00590 |
| 9 | 1-09-Q | 0.0400 | 0.0396 | 0.0398 | 0.00711 | <0.00591 |
| 10 | 1-10-Q | 0.0537 | 0.0542 | 0.0539 | 0.00655 | 0.0239 |
| 11 | 1-11-Q | 0.0386 | 0.0393 | 0.0389 | 0.01271 | <0.00591 |
| 12 | 1-12-Q | 0.0426 | 0.0406 | 0.0416 | 0.03401 | <0.00591 |
| 13 | 2-01-Q | 0.0370 | 0.0365 | 0.0367 | 0.00962 | <0.00591 |
| 14 | 2-02-Q | 0.0560 | 0.0563 | 0.0561 | 0.00378 | 0.0283 |
| 15 | 2-03-Q | 0.0436 | 0.0433 | 0.0434 | 0.00488 | 0.0026 |
| 16 | 2-04-Q | 0.0466 | 0.0456 | 0.0461 | 0.01534 | 0.0080 |
| 17 | 2-05-Q | 0.0920 | 0.0916 | 0.0918 | 0.00308 | 0.1006 |
| 18 | 2-06-Q | 0.0870 | 0.0873 | 0.0871 | 0.00243 | 0.0911 |
| 19 | 2-07-Q | 0.0363 | 0.0373 | 0.0368 | 0.01922 | <0.00591 |
| 20 | 2-08-Q | 0.0790 | 0.0780 | 0.0785 | 0.00901 | 0.0736 |
| 21 | 2-09-Q | 0.0393 | 0.0396 | 0.0394 | 0.00538 | <0.00591 |
| 22 | 2-10-Q | 0.0453 | 0.0460 | 0.0456 | 0.01084 | 0.0071 |
| 23 | 2-11-Q | 0.0380 | 0.0373 | 0.0376 | 0.01315 | <0.00591 |
| 24 | 2-12-Q | 0.0403 | 0.0390 | 0.0396 | 0.02319 | <0.00592 |
| 25 | 3-01-Q | 0.0360 | 0.0370 | 0.0365 | 0.01937 | <0.00593 |
| 26 | 3-02-Q | 0.0370 | 0.0360 | 0.0365 | 0.01937 | <0.00594 |
| 27 | 3-03-Q | 0.0365 | 0.0350 | 0.0357 | 0.02968 | <0.00595 |
| 28 | 3-04-Q | 0.0350 | 0.0355 | 0.0352 | 0.01003 | <0.00596 |
| 29 | 3-05-Q | 0.0420 | 0.0430 | 0.0425 | 0.01664 | 0.0007 |

Nitrato

| Muestras | Código | Valor 1 | Valor 2 | Diferencia | mg NO₃⁻/l |
|-----------------|---------------|----------------|----------------|-------------------|--|
| 1 | 1-01-Q | 2.233 | 0.098 | 2.135 | 38.915 |
| 2 | 1-02-Q | 1.453 | 0.090 | 1.363 | 24.923 |
| 3 | 1-03-Q | 2.305 | 0.098 | 2.207 | 40.205 |
| 4 | 1-06-Q | 2.805 | 0.107 | 2.698 | 49.095 |
| 5 | 1-04-Q | 1.187 | 0.094 | 1.093 | 20.033 |
| 6 | 1-05-Q | 2.852 | 0.104 | 2.748 | 50.000 |
| 7 | 1-07-Q | 2.568 | 0.095 | 2.473 | 45.032 |
| 8 | 1-08-Q | 1.770 | 0.094 | 1.676 | 30.594 |
| 9 | 1-09-Q | 2.109 | 0.094 | 2.015 | 36.739 |
| 10 | 1-10-Q | 2.249 | 0.106 | 2.143 | 39.049 |
| 11 | 1-11-Q | 3.159 | 0.105 | 3.054 | 55.540 |
| 12 | 1-12-Q | 0.779 | 0.172 | 0.607 | 11.248 |
| 13 | 2-01-Q | 0.885 | 0.097 | 0.788 | 14.510 |
| 14 | 2-02-Q | 4.928 | 0.091 | 4.837 | 87.822 |
| 15 | 2-03-Q | 1.708 | 0.118 | 1.590 | 29.044 |
| 16 | 2-04-Q | 1.671 | 0.112 | 1.559 | 28.474 |
| 17 | 2-05-Q | 1.118 | 0.114 | 1.004 | 18.434 |
| 18 | 2-06-Q | 1.097 | 0.127 | 0.970 | 17.818 |
| 19 | 2-07-Q | 1.285 | 0.113 | 1.172 | 21.472 |
| 20 | 2-08-Q | 1.484 | 0.173 | 1.311 | 23.980 |
| 21 | 2-09-Q | 2.277 | 0.100 | 2.177 | 39.669 |
| 22 | 2-10-Q | 1.162 | 0.110 | 1.052 | 19.303 |
| 23 | 2-11-Q | 1.385 | 0.111 | 1.274 | 23.319 |
| 24 | 2-12-Q | 1.436 | 0.110 | 1.326 | 24.264 |
| 25 | 3-01-Q | 0.448 | 0.090 | 0.358 | 6.737 |
| 26 | 3-02-Q | 0.449 | 0.090 | 0.359 | 6.764 |
| 27 | 3-03-Q | 0.479 | 0.087 | 0.392 | 7.349 |
| 28 | 3-04-Q | 0.418 | 0.087 | 0.331 | 6.245 |
| 29 | 3-05-Q | 0.735 | 0.106 | 0.629 | 11.626 |

Hierro

| Muestras | Código | Valor 1 | Valor 2 | Media | Desv. Est. Rel | mg Fe²⁺/l |
|-----------------|---------------|----------------|----------------|--------------|-----------------------|-----------------------------|
| 1 | 1-01-Q | 0.0562 | 0.0558 | 0.0560 | 0.00505 | 0.4801 |
| 2 | 1-02-Q | 0.0456 | 0.0453 | 0.0454 | 0.00467 | 0.4120 |
| 3 | 1-03-Q | 0.0522 | 0.0518 | 0.0520 | 0.00544 | 0.4543 |
| 4 | 1-06-Q | 0.0462 | 0.0458 | 0.0460 | 0.00615 | 0.4155 |
| 5 | 1-04-Q | 0.0430 | 0.0433 | 0.0431 | 0.00492 | 0.3971 |
| 6 | 1-05-Q | 0.0425 | 0.0421 | 0.0423 | 0.00669 | 0.3916 |
| 7 | 1-07-Q | 0.0398 | 0.0395 | 0.0396 | 0.00535 | 0.3745 |
| 8 | 1-08-Q | 0.0421 | 0.0425 | 0.0423 | 0.00669 | 0.3916 |
| 9 | 1-09-Q | 0.0414 | 0.0412 | 0.0413 | 0.00342 | 0.3851 |
| 10 | 1-10-Q | 0.0453 | 0.0450 | 0.0451 | 0.00470 | 0.4100 |
| 11 | 1-11-Q | 0.0406 | 0.0410 | 0.0408 | 0.00693 | 0.3819 |
| 12 | 1-12-Q | 0.0414 | 0.0416 | 0.0415 | 0.00341 | 0.3864 |
| 13 | 2-01-Q | 0.0403 | 0.0406 | 0.0404 | 0.00524 | 0.3796 |
| 14 | 2-02-Q | 0.0413 | 0.0417 | 0.0415 | 0.00682 | 0.3864 |
| 15 | 2-03-Q | 0.0477 | 0.0473 | 0.0475 | 0.00595 | 0.4252 |
| 16 | 2-04-Q | 0.0417 | 0.0419 | 0.0418 | 0.00338 | 0.3884 |
| 17 | 2-05-Q | 0.0488 | 0.0491 | 0.0489 | 0.00433 | 0.4346 |
| 18 | 2-06-Q | 0.0518 | 0.0515 | 0.0516 | 0.00411 | 0.4520 |
| 19 | 2-07-Q | 0.0410 | 0.0405 | 0.0407 | 0.00868 | 0.3816 |
| 20 | 2-08-Q | 0.0435 | 0.0438 | 0.0436 | 0.00486 | 0.400. |
| 21 | 2-09-Q | 0.0420 | 0.0415 | 0.0417 | 0.00847 | 0.3880 |
| 22 | 2-10-Q | 0.0386 | 0.0383 | 0.0384 | 0.00552 | 0.3667 |
| 23 | 2-11-Q | 0.0423 | 0.0420 | 0.0421 | 0.00503 | 0.3906 |
| 24 | 2-12-Q | 0.0453 | 0.0450 | 0.0451 | 0.00470 | 0.4100 |
| 25 | 3-01-Q | 0.0422 | 0.0420 | 0.0421 | 0.00336 | 0.3903 |
| 26 | 3-02-Q | 0.0453 | 0.0450 | 0.0451 | 0.00470 | 0.4100 |
| 27 | 3-03-Q | 0.0420 | 0.0423 | 0.0421 | 0.00503 | 0.3906 |
| 28 | 3-04-Q | 0.0419 | 0.0423 | 0.0421 | 0.00672 | 0.3903 |
| 29 | 3-05-Q | 0.0607 | 0.0606 | 0.0606 | 0.00117 | 0.5102 |

Sulfato

| Muestras | Código | Valor 1 | Valor 2 | Media | Desv. Est. Rel | mg SO₄²⁻/l |
|-----------------|---------------|----------------|----------------|--------------|-----------------------|---|
| 1 | 1-01-Q | 0.262 | 0.265 | 0.263 | 0.00805 | 53.39 |
| 2 | 1-02-Q | 0.284 | 0.285 | 0.284 | 0.00249 | 57.22 |
| 3 | 1-03-Q | 0.291 | 0.295 | 0.293 | 0.00965 | 58.77 |
| 4 | 1-06-Q | 0.418 | 0.422 | 0.420 | 0.00673 | 40.96 |
| 5 | 1-04-Q | 0.420 | 0.417 | 0.418 | 0.00507 | 40.83 |
| 6 | 1-05-Q | 0.501 | 0.496 | 0.498 | 0.00709 | 48.12 |
| 7 | 1-07-Q | 0.241 | 0.245 | 0.243 | 0.01164 | 49.66 |
| 8 | 1-08-Q | 0.348 | 0.345 | 0.346 | 0.00612 | 68.53 |
| 9 | 1-09-Q | 0.346 | 0.350 | 0.348 | 0.00813 | 68.80 |
| 10 | 1-10-Q | 0.247 | 0.244 | 0.245 | 0.00864 | 25.06 |
| 11 | 1-11-Q | 0.374 | 0.376 | 0.375 | 0.00377 | 36.86 |
| 12 | 1-12-Q | 0.258 | 0.261 | 0.259 | 0.00817 | 52.66 |
| 13 | 2-01-Q | 0.232 | 0.228 | 0.230 | 0.01230 | 23.64 |
| 14 | 2-02-Q | 0.407 | 0.409 | 0.408 | 0.00347 | 39.87 |
| 15 | 2-03-Q | 0.248 | 0.252 | 0.250 | 0.01131 | 25.47 |
| 16 | 2-04-Q | 0.171 | 0.169 | 0.170 | 0.00832 | 18.17 |
| 17 | 2-05-Q | 0.207 | 0.208 | 0.207 | 0.00341 | 21.59 |
| 18 | 2-06-Q | 0.181 | 0.183 | 0.182 | 0.00777 | 19.27 |
| 19 | 2-07-Q | 0.362 | 0.364 | 0.363 | 0.00390 | 71.53 |
| 20 | 2-08-Q | 0.346 | 0.350 | 0.348 | 0.00813 | 34.40 |
| 21 | 2-09-Q | 0.312 | 0.315 | 0.313 | 0.00677 | 31.25 |
| 22 | 2-10-Q | 0.248 | 0.251 | 0.249 | 0.00850 | 25.42 |
| 23 | 2-11-Q | 0.325 | 0.323 | 0.324 | 0.00436 | 32.21 |
| 24 | 2-12-Q | 0.345 | 0.342 | 0.343 | 0.00618 | 33.99 |
| 25 | 3-01-Q | 0.237 | 0.235 | 0.236 | 0.00599 | 120.95 |
| 26 | 3-02-Q | 0.208 | 0.207 | 0.207 | 0.00341 | 107.96 |
| 27 | 3-03-Q | 0.189 | 0.185 | 0.187 | 0.01513 | 19.72 |
| 28 | 3-04-Q | 0.125 | 0.126 | 0.125 | 0.00563 | 14.12 |
| 29 | 3-05-Q | 0.333 | 0.337 | 0.335 | 0.00844 | 66.43 |

TABLAS DE DESCRIPTIVOS Y DIAGRAMAS DE CAJA

TABALAS DE DESCRIPTIVOS

| | | | Estadístico | Error tip. |
|--------------------|---|-----------------|--------------------|-------------------|
| TEMPERATURA | Media | | 29.62069 | 0.2158 |
| | Intervalo de confianza para la media al 95% | Límite inferior | 29.1786 | |
| | | Límite superior | 30.0628 | |
| | Media recortada al 5% | | 29.6169 | |
| | Mediana | | 29.5 | |
| | Varianza | | 1.351 | |
| | Desviación típica | | 1.1623 | |
| | Mínimo | | 27 | |
| | Máximo | | 32 | |
| | Rango | | 5 | |
| | Amplitud intercuartil | | 1 | |
| | Asimetría | | 0.144 | 0.434 |
| | Curtosis | | 0.17 | 0.845 |

| | | | Estadístico | Error tip. |
|----------------------|---|-----------------|--------------------|-------------------|
| CONDUCTIVIDAD | Media | | 353.5048 | 32.7766 |
| | Intervalo de confianza para la media al 95% | Límite inferior | 285.3651 | |
| | | Límite superior | 419.6466 | |
| | Media recortada al 5% | | 341.0417 | |
| | Mediana | | 302.67 | |
| | Varianza | | 31154.804 | |
| | Desviación típica | | 176.5072 | |
| | Mínimo | | 123.97 | |
| | Máximo | | 842.67 | |
| | Rango | | 718.7 | |
| | Amplitud intercuartil | | 281.83 | |
| | Asimetría | | 1.004 | 0.434 |
| | Curtosis | | 0.54 | 0.845 |

| | | | Estadístico | Error tip. |
|-----------|---|-----------------|--------------------|-------------------|
| pH | Media | | 6.9148 | 5.23E-02 |
| | Intervalo de confianza para la media al 95% | Límite inferior | 6.8076 | |
| | | Límite superior | 7.022 | |
| | Media recortada al 5% | | 6.9136 | |
| | Mediana | | 6.943 | |
| | Varianza | | 0.0794 | |
| | Desviación típica | | 0.2818 | |
| | Mínimo | | 6.35 | |
| | Máximo | | 7.61 | |
| | Rango | | 1.27 | |
| | Amplitud intercuartil | | 0.4185 | |
| | Asimetría | | -0.161 | 0.434 |
| | Curtosis | | 0.471 | 0.845 |

| | | | Estadístico | Error tip. |
|------------------------------|---|-----------------|--------------------|-------------------|
| ALCALINIDAD TOTAL | Media | | 140.1345 | 14.2304 |
| | Intervalo de confianza para la media al 95% | Límite inferior | 110.9848 | |
| | | Límite superior | 169.2842 | |
| | Media recortada al 5% | | 131.3357 | |
| | Mediana | | 120.51 | |
| | Varianza | | 5872.644 | |
| | Desviación típica | | 76.6332 | |
| | Mínimo | | 57.05 | |
| | Máximo | | 409.65 | |
| | Rango | | 353.6 | |
| | Amplitud intercuartil | | 89.88 | |
| | Asimetría | | 1.916 | 0.434 |
| | Curtosis | | 4.833 | 0.845 |

| | | | Estadístico | Error tip. |
|--------------------|---|-----------------|--------------------|-------------------|
| BICARBONATO | Media | | 170.9614 | 17.36 |
| | Intervalo de confianza para la media al 95% | Límite inferior | 135.401 | |
| | | Límite superior | 206.5217 | |
| | Media recortada al 5% | | 160.2297 | |
| | Mediana | | 147.03 | |
| | Varianza | | 8739.7130 | |
| | Desviación típica | | 93.4864 | |
| | Mínimo | | 69.56 | |
| | Máximo | | 499.73 | |
| | Rango | | 430.17 | |
| | Amplitud intercuartil | | 109.655 | |
| | Asimetría | | 1.916 | 0.434 |
| | Curtosis | | 4.831 | 0.845 |

| | | | Estadístico | Error tip. |
|----------------|---|-----------------|--------------------|-------------------|
| CLORURO | Media | | 27.1624 | 3.8221 |
| | Intervalo de confianza para la media al 95% | Límite inferior | 19.3333 | |
| | | Límite superior | 34.9915 | |
| | Media recortada al 5% | | 25.7174 | |
| | Mediana | | 16.94 | |
| | Varianza | | 423.6350 | |
| | Desviación típica | | 20.5824 | |
| | Mínimo | | 6.93 | |
| | Máximo | | 73.66 | |
| | Rango | | 66.73 | |
| | Amplitud intercuartil | | 30.285 | |
| | Asimetría | | 1.086 | 0.434 |
| | Curtosis | | -0.159 | 0.845 |

| | | | Estadístico | Error tip. |
|-------------------------|---|-----------------|--------------------|-------------------|
| DUREZA TOTAL | Media | | 164.4821 | 14.3861 |
| | Intervalo de confianza para la media al 95% | Límite inferior | 135.0135 | |
| | | Límite superior | 193.9506 | |
| | Media recortada al 5% | | 161.3692 | |
| | Mediana | | 149.53 | |
| | Varianza | | 6001.811 | |
| | Desviación típica | | 77.4714 | |
| | Mínimo | | 44.13 | |
| | Máximo | | 354.62 | |
| | Rango | | 310.49 | |
| | Amplitud intercuartil | | 128.12 | |
| | Asimetría | | 0.647 | 0.434 |
| | Curtosis | | -0.15 | 0.845 |

| | | | Estadístico | Error tip. |
|---------------|---|-----------------|--------------------|-------------------|
| CALCIO | Media | | 28.5779 | 2.18381 |
| | Intervalo de confianza para la media al 95% | Límite inferior | 24.1046 | |
| | | Límite superior | 33.0513 | |
| | Media recortada al 5% | | 27.6792 | |
| | Mediana | | 27.5 | |
| | Varianza | | 138.302 | |
| | Desviación típica | | 11.7602 | |
| | Mínimo | | 9.38 | |
| | Máximo | | 70.12 | |
| | Rango | | 60.74 | |
| | Amplitud intercuartil | | 10.735 | |
| | Asimetría | | 1.611 | 0.434 |
| | Curtosis | | 4.741 | 0.845 |

| | | | Estadístico | Error tip. |
|-----------------|---|-----------------|--------------------|-------------------|
| MAGNESIO | Media | | 22.0069 | 2.366 |
| | Intervalo de confianza para la media al 95% | Límite inferior | 17.16034 | |
| | | Límite superior | 26.8535 | |
| | Media recortada al 5% | | 21.3707 | |
| | Mediana | | 18.539 | |
| | Varianza | | 162.3420 | |
| | Desviación típica | | 12.7414 | |
| | Mínimo | | 4.995 | |
| | Máximo | | 52.451 | |
| | Rango | | 47.456 | |
| | Amplitud intercuartil | | 15.257 | |
| | Asimetría | | 0.926 | 0.434 |
| | Curtosis | | 0.013 | 0.845 |

| | | | Estadístico | Error tip. |
|---------------------------|---|-----------------|--------------------|-------------------|
| DUREZA CALCICA | Media | | 71.4528 | 5.4581 |
| | Intervalo de confianza para la media al 95% | Límite inferior | 60.2723 | |
| | | Límite superior | 82.6332 | |
| | Media recortada al 5% | | 69.2065 | |
| | Mediana | | 68.75 | |
| | Varianza | | 863.94 | |
| | Desviación típica | | 29.3929 | |
| | Mínimo | | 23.46 | |
| | Máximo | | 175.3 | |
| | Rango | | 151.84 | |
| | Amplitud intercuartil | | 26.85 | |
| | Asimetría | | 1.612 | 0.434 |
| | Curtosis | | 4.747 | 0.845 |

| | | | Estadístico | Error tip. |
|-----------------------------|---|-----------------|--------------------|-------------------|
| DUREZA MAGNESICA | Media | | 93.031 | 10.6313 |
| | Intervalo de confianza para la media al 95% | Límite inferior | 71.2538 | |
| | | Límite superior | 114.8083 | |
| | Media recortada al 5% | | 90.4385 | |
| | Mediana | | 76.81 | |
| | Varianza | | 3277.72 | |
| | Desviación típica | | 57.2514 | |
| | Mínimo | | 20.67 | |
| | Máximo | | 215.85 | |
| | Rango | | 195.18 | |
| | Amplitud intercuartil | | 84.025 | |
| | Asimetría | | 0.794 | 0.434 |
| | Curtosis | | -0.539 | 0.845 |

| | | | Estadístico | Error tip. |
|-----------------------------|---|-----------------|--------------------|-------------------|
| DEMANDA DE CLORO | Media | | 0.8653 | 6.96E-02 |
| | Intervalo de confianza para la media al 95% | Límite inferior | 0.7228 | |
| | | Límite superior | 1.0079 | |
| | Media recortada al 5% | | 0.8328 | |
| | Mediana | | 0.956 | |
| | Varianza | | 0.14 | |
| | Desviación típica | | 0.3747 | |
| | Mínimo | | 0.478 | |
| | Máximo | | 1.912 | |
| | Rango | | 1.434 | |
| | Amplitud intercuartil | | 0.478 | |
| | Asimetría | | 1.044 | 0.434 |
| | Curtosis | | 1.075 | 0.845 |

| | | | Estadístico | Error tip. |
|----------------|---|-----------------|--------------------|-------------------|
| NITRITO | Media | | 1.55E-02 | 4.84E-03 |
| | Intervalo de confianza para la media al 95% | Límite inferior | 5.62E-03 | |
| | | Límite superior | 2.54E-02 | |
| | Media recortada al 5% | | 1.18E-02 | |
| | Mediana | | 5.86E-03 | |
| | Varianza | | 0.0007 | |
| | Desviación típica | | 2.61E-02 | |
| | Mínimo | | 0.0007 | |
| | Máximo | | 0.1006 | |
| | Rango | | 0.999 | |
| | Amplitud intercuartil | | 6.20E-04 | |
| | Asimetría | | 2.649 | 0.434 |
| | Curtosis | | 5.946 | 0.845 |

| | | | Estadístico | Error tip. |
|----------------|---|-----------------|--------------------|-------------------|
| NITRATO | Media | | 28.5588 | 3.3531 |
| | Intervalo de confianza para la media al 95% | Límite inferior | 21.6901 | |
| | | Límite superior | 35.4274 | |
| | Media recortada al 5% | | 27.0541 | |
| | Mediana | | 24.264 | |
| | Varianza | | 326.0660 | |
| | Desviación típica | | 18.0573 | |
| | Mínimo | | 6.245 | |
| | Máximo | | 87.822 | |
| | Rango | | 81.577 | |
| | Amplitud intercuartil | | 23.1945 | |
| | Asimetría | | 1.289 | 0.434 |
| | Curtosis | | 2.704 | 0.845 |

| | | | Estadístico | Error tip. |
|---------------|---|-----------------|--------------------|-------------------|
| HIERRO | Media | | 0.406 | 6.07E-03 |
| | Intervalo de confianza para la media al 95% | Límite inferior | 0.3936 | |
| | | Límite superior | 0.4185 | |
| | Media recortada al 5% | | 0.4028 | |
| | Mediana | | 0.3916 | |
| | Varianza | | 0.0011 | |
| | Desviación típica | | 3.27E-02 | |
| | Mínimo | | 0.3667 | |
| | Máximo | | 0.5102 | |
| | Rango | | 0.1435 | |
| | Amplitud intercuartil | | 2.74E-02 | |
| | Asimetría | | 1.738 | 0.434 |
| | Curtosis | | 3.02 | 0.845 |

| | | | Estadístico | Error tip. |
|----------------|---|-----------------|--------------------|-------------------|
| SULFATO | Media | | 45.0638 | 4.7562 |
| | Intervalo de confianza para la media al 95% | Límite inferior | 35.3212 | |
| | | Límite superior | 54.8064 | |
| | Media recortada al 5% | | 42.7211 | |
| | Mediana | | 39.87 | |
| | Varianza | | 656.022 | |
| | Desviación típica | | 23.6129 | |
| | Mínimo | | 14.12 | |
| | Máximo | | 120.95 | |
| | Rango | | 106.83 | |
| | Amplitud intercuartil | | 32.755 | |
| | Asimetría | | 1.391 | 0.434 |
| | Curtosis | | 2.158 | 0.845 |

TABLAS DE RESULTADOS DEL ANALISIS FACTORIAL



Tabla N° 1: Matriz de correlaciones(a)

| | | TEMPERATURA | CONDUCTIVIDAD | pH | ALCALINIDAD TOTAL | BICARBONATO | CLORURO | DUREZA TOTAL | CALCIO | MAGNESIO | DUREZA CALCICA | DUREZA MAGNESICA | DEMANDA DE CLORO | NITRITO | NITRATO | HIERRO | SULFATO |
|----------------------|-------------------|-------------|---------------|-------|-------------------|-------------|---------|--------------|--------|----------|----------------|------------------|------------------|---------|---------|--------|---------|
| Correlación | TEMPERATURA | 1,000 | ,283 | -,721 | -,014 | -,024 | ,536 | ,340 | -,091 | ,403 | -,090 | ,509 | -,229 | -,018 | ,238 | ,214 | ,147 |
| | CONDUCTIVIDAD | ,283 | 1,000 | -,412 | ,871 | ,864 | ,853 | ,969 | ,814 | ,608 | ,815 | ,893 | -,365 | -,274 | -,087 | ,133 | ,945 |
| | pH | -,721 | -,412 | 1,000 | -,018 | -,013 | -,653 | -,466 | -,070 | -,655 | -,070 | -,594 | ,521 | ,220 | -,239 | -,401 | -,300 |
| | ALCALINIDAD TOTAL | -,014 | ,871 | -,018 | 1,000 | ,999 | ,601 | ,830 | ,814 | ,393 | ,814 | ,709 | -,083 | -,102 | -,373 | ,084 | ,859 |
| | BICARBONATO | -,024 | ,864 | -,013 | ,999 | 1,000 | ,594 | ,824 | ,812 | ,389 | ,812 | ,703 | -,068 | -,078 | -,374 | ,081 | ,850 |
| | CLORURO | ,536 | ,853 | -,653 | ,601 | ,594 | 1,000 | ,829 | ,509 | ,623 | ,510 | ,861 | -,291 | -,212 | -,074 | ,238 | ,698 |
| | DUREZA TOTAL | ,340 | ,969 | -,466 | ,830 | ,824 | ,829 | 1,000 | ,788 | ,732 | ,788 | ,948 | -,421 | -,240 | -,027 | ,130 | ,893 |
| | CALCIO | -,091 | ,814 | -,070 | ,814 | ,812 | ,509 | ,788 | 1,000 | ,433 | 1,000 | ,552 | -,127 | -,099 | -,017 | ,177 | ,822 |
| | MAGNESIO | ,403 | ,608 | -,655 | ,393 | ,389 | ,623 | ,732 | ,433 | 1,000 | ,433 | ,770 | -,477 | -,169 | ,162 | ,211 | ,508 |
| | DUREZA CALCICA | -,090 | ,815 | -,070 | ,814 | ,812 | ,510 | ,788 | 1,000 | ,433 | 1,000 | ,553 | -,127 | -,099 | -,017 | ,177 | ,822 |
| | DUREZA MAGNESICA | ,509 | ,893 | -,594 | ,709 | ,703 | ,861 | ,948 | ,552 | ,770 | ,553 | 1,000 | -,499 | -,272 | -,035 | ,087 | ,786 |
| | DEMANDA DE CLORO | -,229 | -,365 | ,521 | -,083 | -,068 | -,291 | -,421 | -,127 | -,477 | -,127 | -,499 | 1,000 | ,764 | -,264 | ,133 | -,388 |
| | NITRITO | -,018 | -,274 | ,220 | -,102 | -,078 | -,212 | -,240 | -,099 | -,169 | -,099 | -,272 | ,764 | 1,000 | -,029 | ,234 | -,296 |
| | NITRATO | ,238 | -,087 | -,239 | -,373 | -,374 | -,074 | -,027 | -,017 | ,162 | -,017 | -,035 | -,264 | -,029 | 1,000 | -,096 | -,130 |
| | HIERRO | ,214 | ,133 | -,401 | ,084 | ,081 | ,238 | ,130 | ,177 | ,211 | ,177 | ,087 | ,133 | ,234 | -,096 | 1,000 | ,077 |
| | SULFATO | ,147 | ,945 | -,300 | ,859 | ,850 | ,698 | ,893 | ,822 | ,508 | ,822 | ,786 | -,388 | -,296 | -,130 | ,077 | 1,000 |
| Sig. (Unilateral) | TEMPERATURA | | ,069 | ,000 | ,472 | ,452 | ,001 | ,036 | ,320 | ,015 | ,321 | ,002 | ,116 | ,464 | ,107 | ,133 | ,223 |
| | CONDUCTIVIDAD | | ,069 | ,013 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,026 | ,075 | ,327 | ,245 | ,000 |
| | pH | | ,000 | ,013 | ,464 | ,473 | ,000 | ,005 | ,359 | ,000 | ,358 | ,000 | ,002 | ,126 | ,106 | ,016 | ,057 |
| | ALCALINIDAD TOTAL | | ,472 | ,000 | ,464 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,018 | ,000 | ,000 | ,333 | ,299 | ,023 | ,333 | ,000 |
| | BICARBONATO | | ,452 | ,000 | ,473 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,019 | ,000 | ,000 | ,364 | ,343 | ,023 | ,337 | ,000 |
| | CLORURO | | ,001 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,002 | ,000 | ,002 | ,000 | ,063 | ,135 | ,352 | ,107 | ,000 |
| | DUREZA TOTAL | | ,036 | ,000 | ,005 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,011 | ,105 | ,444 | ,251 | ,000 |
| | CALCIO | | ,320 | ,000 | ,359 | ,000 | ,000 | ,002 | ,000 | ,010 | ,000 | ,001 | ,256 | ,305 | ,466 | ,179 | ,000 |
| | MAGNESIO | | ,015 | ,000 | ,000 | ,018 | ,019 | ,000 | ,000 | ,010 | ,000 | ,010 | ,004 | ,190 | ,200 | ,136 | ,002 |
| | DUREZA CALCICA | | ,321 | ,000 | ,358 | ,000 | ,000 | ,002 | ,000 | ,010 | ,000 | ,001 | ,256 | ,305 | ,466 | ,179 | ,000 |
| | DUREZA MAGNESICA | | ,002 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,001 | ,000 | ,001 | ,003 | ,077 | ,428 | ,326 | ,000 |
| | DEMANDA DE CLORO | | ,116 | ,026 | ,002 | ,333 | ,364 | ,063 | ,011 | ,256 | ,004 | ,256 | ,003 | ,000 | ,083 | ,246 | ,019 |
| | NITRITO | | ,464 | ,075 | ,126 | ,299 | ,343 | ,135 | ,105 | ,305 | ,190 | ,305 | ,077 | ,000 | ,441 | ,111 | ,060 |
| | NITRATO | | ,107 | ,327 | ,106 | ,023 | ,023 | ,352 | ,444 | ,466 | ,200 | ,466 | ,428 | ,083 | ,441 | ,310 | ,250 |
| | HIERRO | | ,133 | ,245 | ,016 | ,333 | ,337 | ,107 | ,251 | ,179 | ,136 | ,179 | ,326 | ,246 | ,111 | ,310 | ,345 |
| | SULFATO | | ,223 | ,000 | ,057 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,002 | ,000 | ,000 | ,019 | ,060 | ,250 | ,345 |

a Determinante = 1,167E-21



Tabla N° 2: Inversa de la matriz de correlaciones

| | TEMPERATURA | CONDUCTIVIDAD | pH | ALCALINIDAD TOTAL | BICARBONATO | CLORURO | DUREZA TOTAL | CALCIO | MAGNESIO | DUREZA CALCICA | DUREZA MAGNESICA | DEMANDA DE CLORO | NITRITO | NITRATO | HIERRO | SULFATO |
|------------|-------------|---------------|---------|-------------------|-------------|-----------|--------------|--------------|-----------|----------------|------------------|------------------|----------|-----------|---------|-----------|
| TEMPERAT. | 4,913 | 3,284 | 3,296 | -14,791 | 16,127 | ,346 | 27,937 | -641,003 | 3,298 | 630,762 | -28,974 | -2,738 | ,365 | -1,266 | ,054 | -,932 |
| CONDUCT. | 3,284 | 259,409 | 9,055 | -99,122 | 31,677 | -78,494 | 62,361 | -2817,246 | 19,651 | 2753,578 | -97,663 | 4,161 | 7,099 | -19,850 | 1,873 | -66,682 |
| pH | 3,296 | 9,055 | 11,824 | -42,978 | 34,016 | 2,299 | -7,598 | 5,373 | 3,213 | -4,640 | 3,409 | -3,328 | ,588 | -1,330 | 3,071 | 1,231 |
| A. TOTAL | -14,791 | -99,122 | -42,978 | 721,421 | -640,749 | 27,142 | 41,837 | -4154,508 | -3,894 | 4151,230 | -47,432 | -10,340 | 18,976 | 12,785 | -16,160 | -3,467 |
| BICARB. | 16,127 | 31,677 | 34,016 | -640,749 | 604,954 | -2,246 | 22,671 | 5087,884 | 1,977 | -5106,119 | -9,348 | 3,028 | -17,969 | -3,901 | 12,964 | 13,028 |
| CLORURO | ,346 | -78,494 | 2,299 | 27,142 | -2,246 | 35,447 | -17,113 | 2668,161 | -5,877 | -2653,263 | 18,819 | -7,910 | 1,106 | 7,003 | -,592 | 19,276 |
| D. TOTAL | 27,937 | 62,361 | -7,598 | 41,837 | 22,671 | -17,113 | 2862,134 | -7078,897 | 45,962 | 5962,306 | -2212,897 | 8,457 | -9,814 | -7,825 | -4,641 | -34,561 |
| CALCIO | -641,003 | -2817,246 | 5,373 | -4154,508 | 5087,884 | 2668,161 | -7078,897 | 2921779,691 | -4515,513 | -2921024,217 | 10874,179 | 522,481 | -278,691 | 1295,846 | 35,501 | 1161,937 |
| MAGNESIO | 3,298 | 19,651 | 3,213 | -3,894 | 1,977 | -5,877 | 45,962 | -4515,513 | 13,353 | 4495,698 | -54,308 | -1,808 | ,831 | -2,997 | -,021 | -4,017 |
| D. CALCICA | 630,762 | 2753,578 | -4,640 | 4151,230 | -5106,119 | -2653,263 | 5962,306 | -2921024,217 | 4495,698 | 2920720,896 | -10001,179 | -526,625 | 281,488 | -1293,376 | -34,867 | -1142,781 |
| D. MAGNES. | -28,974 | -97,663 | 3,409 | -47,432 | -9,348 | 18,819 | -2212,897 | 10874,179 | -54,308 | -10001,179 | 1763,722 | 5,761 | ,279 | 10,284 | 5,931 | 41,306 |
| D.DE CLORO | -2,738 | 4,161 | -3,328 | -10,340 | 3,028 | -7,910 | 8,457 | 522,481 | -1,808 | -526,625 | 5,761 | 10,963 | -5,607 | ,577 | ,331 | 2,419 |
| NITRITO | ,365 | 7,099 | ,588 | 18,976 | -17,969 | 1,106 | -9,814 | -278,691 | ,831 | 281,488 | ,279 | -5,607 | 5,233 | -1,045 | -,863 | -3,368 |
| NITRATO | -1,266 | -19,850 | -1,330 | 12,785 | -3,901 | 7,003 | -7,825 | 1295,846 | -2,997 | -1293,376 | 10,284 | ,577 | -1,045 | 4,444 | ,189 | 5,440 |
| HIERRO | ,054 | 1,873 | 3,071 | -16,160 | 12,964 | -,592 | -4,641 | 35,501 | -,021 | -34,867 | 5,931 | ,331 | -,863 | ,189 | 2,469 | 1,106 |
| SULFATO | -,932 | -66,682 | 1,231 | -3,467 | 13,028 | 19,276 | -34,561 | 1161,937 | -4,017 | -1142,781 | 41,306 | 2,419 | -3,368 | 5,440 | 1,106 | 28,718 |



Tabla N° 3: Matrices anti-imagen

| | | TEMPERATURA | CONDUCTIVIDAD | pH | ALCALINIDAD TOTAL | BICARBONATO | CLORURO | DUREZA TOTAL | CALCIO | MAGNESIO | DUREZA CALCICA | DUREZA MAGNESICA | DEMANDA DE CLORO | NITRITO | NITRATO | HIERRO | SULFATO | |
|------------------------|-------------------------|-------------|---------------|-----------|-------------------|-------------|-----------|--------------|-----------|----------|----------------|------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| Covarianza anti-imagen | TEMPERAT. | ,204 | ,003 | ,057 | -,004 | ,005 | ,002 | ,002 | -4,46E-05 | ,050 | 4,39E-05 | -,003 | -,051 | ,014 | -,058 | ,004 | -,007 | |
| | CONDUCT. | ,003 | ,004 | ,003 | -,001 | ,000 | -,009 | 8,39E-05 | -3,71E-06 | ,006 | 3,63E-06 | ,000 | ,001 | ,005 | -,017 | ,003 | -,009 | |
| | pH | ,057 | ,003 | ,085 | -,005 | ,005 | ,005 | ,000 | 1,55E-07 | ,020 | -1,34E-07 | ,000 | -,026 | ,009 | -,025 | ,105 | ,004 | |
| | A. TOTAL | -,004 | -,001 | -,005 | ,001 | -,001 | ,001 | 2,02E-05 | -1,97E-06 | ,000 | 1,97E-06 | -3,72E-05 | -,001 | ,005 | ,004 | -,009 | ,000 | |
| | BICARB. | ,005 | ,000 | ,005 | -,001 | ,002 | ,000 | 1,30E-05 | 2,87E-06 | ,000 | -2,89E-06 | -8,76E-06 | ,000 | -,006 | -,001 | ,009 | ,001 | |
| | CLORURO | ,002 | -,009 | ,005 | ,001 | ,000 | ,028 | ,000 | 2,57E-05 | -,012 | -2,56E-05 | ,000 | -,020 | ,006 | ,044 | -,007 | ,019 | |
| | D. TOTAL | ,002 | 8,39E-05 | ,000 | 2,02E-05 | 1,30E-05 | ,000 | ,000 | -8,46E-07 | ,001 | 7,13E-07 | ,000 | ,000 | -,001 | -,001 | -,001 | ,000 | |
| | CALCIO | -4,46E-05 | -3,71E-06 | 1,55E-07 | -1,97E-06 | 2,87E-06 | 2,57E-05 | -8,46E-07 | 3,42E-07 | ,000 | -3,42E-07 | 2,11E-06 | 1,63E-05 | -1,82E-05 | 9,98E-05 | 4,92E-06 | 1,38E-05 | |
| | MAGNESIO | ,050 | ,006 | ,020 | ,000 | ,000 | -,012 | ,001 | ,000 | ,075 | ,000 | -,002 | -,012 | ,012 | -,051 | -,001 | -,010 | |
| | D. CALCICA | 4,39E-05 | 3,63E-06 | -1,34E-07 | 1,97E-06 | -2,89E-06 | -2,56E-05 | 7,13E-07 | -3,42E-07 | ,000 | 3,42E-07 | -1,94E-06 | -1,64E-05 | 1,84E-05 | -9,96E-05 | -4,83E-06 | -1,36E-05 | |
| | D. MAGNESICA | -,003 | ,000 | ,000 | -3,72E-05 | -8,76E-06 | ,000 | ,000 | 2,11E-06 | -,002 | -1,94E-06 | ,001 | ,000 | 3,02E-05 | ,001 | ,001 | ,001 | |
| | D. DE CLORO | -,051 | ,001 | -,026 | -,001 | ,000 | -,020 | ,000 | 1,63E-05 | -,012 | -1,64E-05 | ,000 | ,091 | -,098 | ,012 | ,012 | ,008 | |
| | NITRITO | ,014 | ,005 | ,009 | ,005 | -,006 | ,006 | -,001 | -1,82E-05 | ,012 | 1,84E-05 | 3,02E-05 | -,098 | ,191 | -,045 | -,067 | -,022 | |
| | NITRATO | -,058 | -,017 | -,025 | ,004 | -,001 | ,044 | -,001 | 9,98E-05 | -,051 | -9,96E-05 | ,001 | ,012 | -,045 | ,225 | ,017 | ,043 | |
| | HIERRO | ,004 | ,003 | ,105 | -,009 | ,009 | -,007 | -,001 | 4,92E-06 | -,001 | -4,83E-06 | ,001 | ,012 | -,067 | ,017 | ,405 | ,016 | |
| | SULFATO | -,007 | -,009 | ,004 | ,000 | ,001 | ,019 | ,000 | 1,38E-05 | -,010 | -1,36E-05 | ,001 | ,008 | -,022 | ,043 | ,016 | ,035 | |
| | Correlación anti-imagen | TEMPERAT. | ,632(a) | ,092 | ,432 | -,248 | ,296 | ,026 | ,236 | -,169 | ,407 | ,167 | -,311 | -,373 | ,072 | -,271 | ,015 | -,078 |
| | | CONDUCT. | ,092 | ,787(a) | ,163 | -,229 | ,080 | -,819 | ,072 | -,102 | ,334 | ,100 | -,144 | ,078 | ,193 | -,585 | ,074 | -,773 |
| | | pH | ,432 | ,163 | ,710(a) | -,465 | ,402 | ,112 | -,041 | ,001 | ,256 | -,001 | ,024 | -,292 | ,075 | -,184 | ,568 | ,067 |
| | | A. TOTAL | -,248 | -,229 | -,465 | ,778(a) | -,970 | ,170 | ,029 | -,090 | -,040 | ,090 | -,042 | -,116 | ,309 | ,226 | -,383 | -,024 |
| BICARB. | | ,296 | ,080 | ,402 | -,970 | ,794(a) | -,015 | ,017 | ,121 | ,022 | -,121 | -,009 | ,037 | -,319 | -,075 | ,335 | ,099 | |
| CLORURO | | ,026 | -,819 | ,112 | ,170 | -,015 | ,744(a) | -,054 | ,262 | -,270 | -,261 | ,075 | -,401 | ,081 | ,558 | -,063 | ,604 | |
| D. TOTAL | | ,236 | ,072 | -,041 | ,029 | ,017 | -,054 | ,862(a) | -,077 | ,235 | ,065 | -,985 | ,048 | -,080 | -,069 | -,055 | -,121 | |
| CALCIO | | -,169 | -,102 | ,001 | -,090 | ,121 | ,262 | -,077 | ,735(a) | -,723 | -1,000 | ,151 | ,092 | -,071 | ,360 | ,013 | ,127 | |
| MAGNESIO | | ,407 | ,334 | ,256 | -,040 | ,022 | -,270 | ,235 | -,723 | ,668(a) | ,720 | -,354 | -,149 | ,099 | -,389 | -,004 | -,205 | |
| D. CALCICA | | ,167 | ,100 | -,001 | ,090 | -,121 | -,261 | ,065 | -1,000 | ,720 | ,736(a) | -,139 | -,093 | ,072 | -,359 | -,013 | -,125 | |
| D. MAGNESICA | | -,311 | -,144 | ,024 | -,042 | -,009 | ,075 | -,985 | ,151 | -,354 | -,139 | ,824(a) | ,041 | ,003 | ,116 | ,090 | ,184 | |
| D. DE CLORO | | -,373 | ,078 | -,292 | -,116 | ,037 | -,401 | ,048 | ,092 | -,149 | -,093 | ,041 | ,667(a) | -,740 | ,083 | ,064 | ,136 | |
| NITRITO | | ,072 | ,193 | ,075 | ,309 | -,319 | ,081 | -,080 | -,071 | ,099 | ,072 | ,003 | -,740 | ,520(a) | -,217 | -,240 | -,275 | |
| NITRATO | | -,271 | -,585 | -,184 | ,226 | -,075 | ,558 | -,069 | ,360 | -,389 | -,359 | ,116 | ,083 | -,217 | ,257(a) | ,057 | ,482 | |
| HIERRO | | ,015 | ,074 | ,568 | -,383 | ,335 | -,063 | -,055 | ,013 | -,004 | -,013 | ,090 | ,064 | -,240 | ,057 | ,428(a) | ,131 | |
| SULFATO | | -,078 | -,773 | ,067 | -,024 | ,099 | ,604 | -,121 | ,127 | -,205 | -,125 | ,184 | ,136 | -,275 | ,482 | ,131 | ,812(a) | |

a Medida de adecuación muestral



Tabla N° 4: Correlaciones reproducidas

| | | TEMPERATURA | CONDUCTIVIDAD | pH | ALCALINIDAD TOTAL | BICARBONATO | CLORURO | DUREZA TOTAL | CALCIO | MAGNESIO | DUREZA CALCICA | DUREZA MAGNESICA | DEMANDA DE CLORO | NITRITO | NITRATO | HIERRO | SULFATO | |
|-------------------------|--------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| Correlación reproducida | TEMPERAT. | ,753(b) | ,260 | -,801 | -,046 | -,051 | ,543 | ,324 | -,090 | ,524 | -,089 | ,486 | -,303 | -,048 | ,165 | ,383 | ,125 | |
| | CONDUCT. | ,260 | ,977(b) | -,415 | ,872 | ,865 | ,814 | ,972 | ,822 | ,668 | ,822 | ,894 | -,388 | -,276 | -,117 | ,161 | ,928 | |
| | pH | -,801 | -,415 | ,907(b) | -,041 | -,032 | -,656 | -,489 | -,043 | -,671 | -,043 | -,640 | ,494 | ,197 | -,282 | -,339 | -,277 | |
| | A. TOTAL | -,046 | ,872 | -,041 | ,966(b) | ,964 | ,625 | ,825 | ,839 | ,395 | ,839 | ,688 | -,085 | -,118 | -,405 | ,103 | ,868 | |
| | BICARB. | -,051 | ,865 | -,032 | ,964 | ,962(b) | ,618 | ,818 | ,839 | ,387 | ,839 | ,678 | -,069 | -,102 | -,406 | ,110 | ,862 | |
| | CLORURO | ,543 | ,814 | -,656 | ,625 | ,618 | ,850(b) | ,833 | ,511 | ,691 | ,511 | ,867 | -,370 | -,197 | -,120 | ,313 | ,713 | |
| | D. TOTAL | ,324 | ,972 | -,489 | ,825 | ,818 | ,833 | ,978(b) | ,802 | ,714 | ,802 | ,912 | -,429 | -,281 | -,038 | ,186 | ,912 | |
| | CALCIO | -,090 | ,822 | -,043 | ,839 | ,839 | ,511 | ,802 | ,954(b) | ,453 | ,954 | ,595 | -,115 | -,041 | ,024 | ,114 | ,825 | |
| | MAGNESIO | ,524 | ,668 | -,671 | ,395 | ,387 | ,691 | ,714 | ,453 | ,690(b) | ,454 | ,732 | -,468 | -,225 | ,239 | ,245 | ,577 | |
| | D. CALCICA | -,089 | ,822 | -,043 | ,839 | ,839 | ,511 | ,802 | ,954 | ,454 | ,954(b) | ,595 | -,116 | -,042 | ,024 | ,114 | ,826 | |
| | D. MAGNESICA | ,486 | ,894 | -,640 | ,688 | ,678 | ,867 | ,912 | ,595 | ,732 | ,595 | ,929(b) | -,516 | -,355 | -,071 | ,197 | ,811 | |
| | D. DE CLORO | -,303 | -,388 | ,494 | -,085 | -,069 | -,370 | -,429 | -,115 | -,468 | -,116 | -,516 | ,875(b) | ,765 | -,319 | ,288 | -,373 | |
| | NITRITO | -,048 | -,276 | ,197 | -,118 | -,102 | -,197 | -,281 | -,041 | -,225 | -,042 | -,355 | ,765 | ,806(b) | -,056 | ,457 | -,309 | |
| | NITRATO | ,165 | -,117 | -,282 | -,405 | -,406 | -,120 | -,038 | ,024 | ,239 | ,024 | -,071 | -,319 | -,056 | ,915(b) | -,003 | -,135 | |
| | HIERRO | ,383 | ,161 | -,339 | ,103 | ,110 | ,313 | ,186 | ,114 | ,245 | ,114 | ,197 | ,288 | ,457 | -,003 | ,527(b) | ,064 | |
| | SULFATO | ,125 | ,928 | -,277 | ,868 | ,862 | ,713 | ,912 | ,825 | ,577 | ,826 | ,811 | -,373 | -,309 | -,135 | ,064 | ,906(b) | |
| | Residual(a) | TEMPERAT. | | ,023 | ,080 | ,032 | ,028 | -,007 | ,015 | -,001 | -,121 | -,001 | ,023 | ,074 | ,031 | ,073 | -,170 | ,023 |
| CONDUCT. | | | ,023 | ,003 | ,000 | -,001 | ,039 | -,003 | -,007 | -,060 | -,007 | -,001 | ,023 | ,002 | ,031 | -,028 | ,017 | |
| pH | | | ,080 | ,003 | ,023 | ,019 | ,003 | ,023 | -,027 | ,016 | -,027 | ,046 | ,027 | ,023 | ,043 | -,062 | -,022 | |
| A. TOTAL | | | ,032 | ,000 | ,023 | | ,034 | -,025 | ,006 | -,025 | -,002 | -,025 | ,021 | ,002 | ,016 | ,032 | -,020 | -,009 |
| BICARB. | | | ,028 | -,001 | ,019 | ,034 | | -,024 | ,007 | -,027 | ,001 | -,027 | ,024 | ,001 | ,024 | ,033 | -,028 | -,011 |
| CLORURO | | | -,007 | ,039 | ,003 | -,025 | -,024 | | -,004 | -,001 | -,068 | -,001 | -,006 | ,078 | -,015 | ,046 | -,076 | -,015 |
| D. TOTAL | | | ,015 | -,003 | ,023 | ,006 | ,007 | -,004 | | -,014 | ,018 | -,014 | ,036 | ,007 | ,041 | ,011 | -,056 | -,019 |
| CALCIO | | | -,001 | -,007 | -,027 | -,025 | -,027 | -,001 | -,014 | | -,021 | ,046 | -,043 | -,011 | -,057 | -,041 | ,063 | -,004 |
| MAGNESIO | | | -,121 | -,060 | ,016 | -,002 | ,001 | -,068 | ,018 | -,021 | | -,021 | ,038 | -,009 | ,056 | -,077 | -,034 | -,069 |
| D. CALCICA | | | -,001 | -,007 | -,027 | -,025 | -,027 | -,001 | -,014 | ,046 | -,021 | | -,043 | -,011 | -,057 | -,041 | ,063 | -,004 |
| D. MAGNESICA | | | ,023 | -,001 | ,046 | ,021 | ,024 | -,006 | ,036 | -,043 | ,038 | -,043 | | ,017 | ,084 | ,036 | -,110 | -,025 |
| D. DE CLORO | | | ,074 | ,023 | ,027 | ,002 | ,001 | ,078 | ,007 | -,011 | -,009 | -,011 | ,017 | | -,001 | ,055 | -,155 | -,016 |
| NITRITO | | | ,031 | ,002 | ,023 | ,016 | ,024 | -,015 | ,041 | -,057 | ,056 | -,057 | ,084 | -,001 | | ,027 | -,223 | ,013 |
| NITRATO | | | ,073 | ,031 | ,043 | ,032 | ,033 | ,046 | ,011 | -,041 | -,077 | -,041 | ,036 | ,055 | ,027 | | -,093 | ,005 |
| HIERRO | | | -,170 | -,028 | -,062 | -,020 | -,028 | -,076 | -,056 | ,063 | -,034 | ,063 | -,110 | -,155 | -,223 | | | ,013 |
| SULFATO | | | ,023 | ,017 | -,022 | -,009 | -,011 | -,015 | -,019 | -,004 | -,069 | -,004 | -,025 | -,016 | ,013 | ,005 | ,013 | |

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

a Los residuos se calculan entre las correlaciones observadas y reproducidas. Hay 24 (20,0%) residuales no redundantes con valores absolutos mayores que 0,05.

b Comunalidades reproducidas

Tabla N°5: KMO y Prueba de Bartlett

| | | |
|--|-------------------------|----------|
| Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin. | | ,744 |
| Prueba de esfericidad de Bartlett | Chi-cuadrado aproximado | 1052,354 |
| | gl | 120 |
| | Sig. | ,000 |

Tabla N°6: Comunalidades

| | Inicial | Extracción |
|-------------------|----------------|-------------------|
| Temperatura | 1,000 | ,753 |
| Conductividad | 1,000 | ,977 |
| pH | 1,000 | ,907 |
| Alcalinidad Total | 1,000 | ,966 |
| Bicarbonato | 1,000 | ,962 |
| Cloruro | 1,000 | ,850 |
| Dureza Total | 1,000 | ,978 |
| Calcio | 1,000 | ,954 |
| Magnesio | 1,000 | ,690 |
| Dureza Cálctica | 1,000 | ,954 |
| Dureza Magnésica | 1,000 | ,929 |
| Demanda de Cloro | 1,000 | ,875 |
| Nitrito | 1,000 | ,806 |
| Nitrato | 1,000 | ,915 |
| Hierro | 1,000 | ,527 |
| Sulfato | 1,000 | ,906 |

Método de Extracción: Análisis de Componentes Principales

Tabla N°7: Varianza Total Explicada

| Componente | Autovalores iniciales | | | Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción | | |
|------------|-----------------------|------------------|-------------|--|------------------|-------------|
| | Total | % de la varianza | % acumulado | Total | % de la varianza | % acumulado |
| 1 | 8,244 | 51,524 | 51,524 | 8,244 | 51,524 | 51,524 |
| 2 | 2,896 | 18,101 | 69,624 | 2,896 | 18,101 | 69,624 |
| 3 | 1,728 | 10,802 | 80,427 | 1,728 | 10,802 | 80,427 |
| 4 | 1,080 | 6,753 | 87,180 | 1,080 | 6,753 | 87,180 |
| 5 | ,826 | 5,162 | 92,342 | | | |
| 6 | ,477 | 2,983 | 95,325 | | | |
| 7 | ,241 | 1,506 | 96,830 | | | |
| 8 | ,185 | 1,158 | 97,988 | | | |
| 9 | ,161 | 1,009 | 98,997 | | | |
| 10 | ,074 | ,465 | 99,462 | | | |
| 11 | ,059 | ,366 | 99,828 | | | |
| 12 | ,023 | ,145 | 99,973 | | | |
| 13 | ,003 | ,021 | 99,994 | | | |
| 14 | ,001 | ,005 | 99,999 | | | |
| 15 | ,000 | ,001 | 100,000 | | | |
| 16 | 1,712E-07 | 1,070E-06 | 100,000 | | | |

Métodos de Extracción: Análisis de Componentes Principales

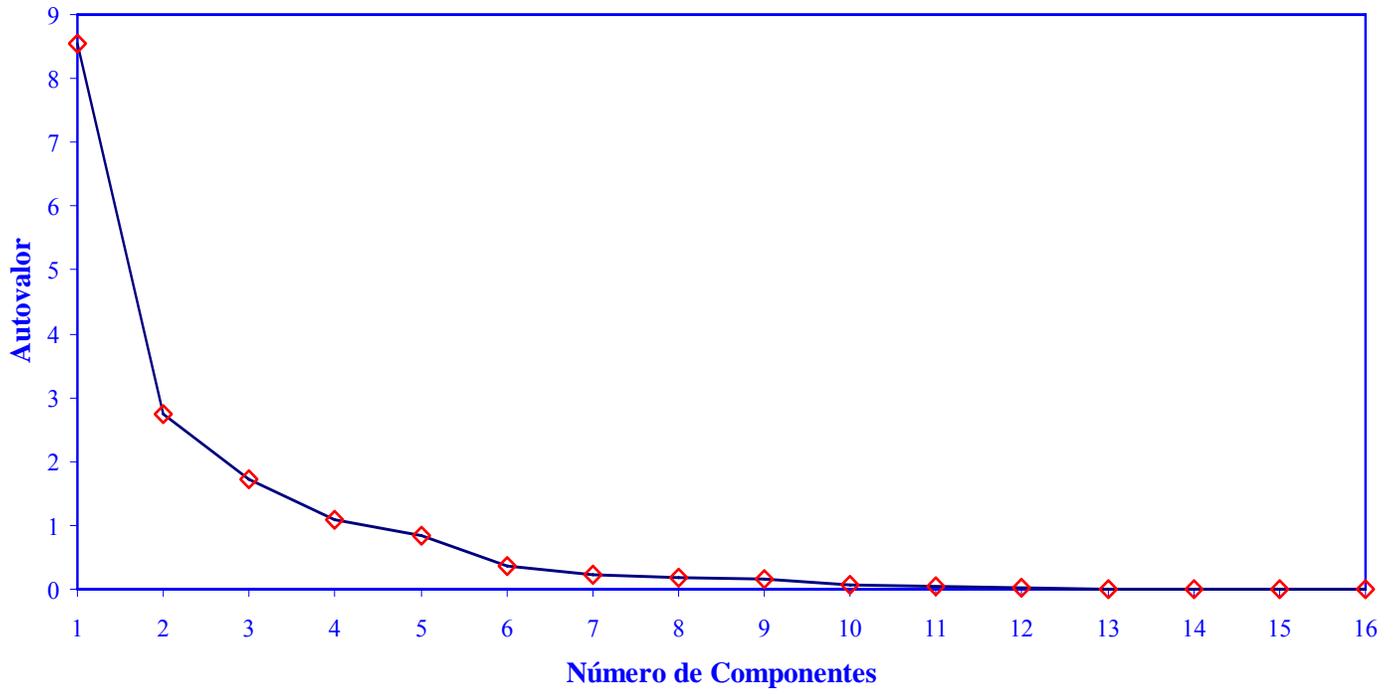
Tabla N°8: Matriz de Componentes^a

| | Componente | | | |
|-------------------|-------------------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Temperatura | ,308 | -,707 | ,373 | -,137 |
| Conductividad | ,987 | ,055 | -,019 | -,015 |
| pH | -,469 | ,790 | -,245 | ,046 |
| Alcalinidad Total | ,856 | ,466 | ,007 | -,130 |
| Bicarbonato | ,849 | ,476 | ,019 | -,124 |
| Cloruro | ,841 | -,257 | ,206 | -,188 |
| Dureza Total | ,988 | -,035 | -,001 | ,031 |
| Calcio | ,815 | ,402 | -,019 | ,357 |
| Magnesio | ,704 | -,411 | ,091 | ,131 |
| Dureza Cálcica | ,816 | ,402 | -,019 | ,356 |
| Dureza Magnésica | ,919 | -,252 | ,014 | -,147 |
| Demanda de Cloro | -,413 | ,570 | ,615 | ,011 |
| Nitrito | -,279 | ,309 | ,766 | ,216 |
| Nitrato | -,082 | -,493 | -,131 | ,805 |
| Hierro | ,184 | -,109 | ,691 | ,060 |
| Sulfato | ,929 | ,160 | -,129 | ,003 |

Método de Extracción: Análisis de Componentes Principales.

a: Cuatro componentes extraídas.

Gráfico de Sedimentación



GRAFICOS DE CAJA

