

Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre del 2008

Johel Rodríguez Zamora¹

Recepción: 8 de septiembre de 2009 / Aprobación: 26 de octubre de 2009

Resumen

A través de una serie de análisis de muestras de agua recopiladas en las fuentes de abastecimiento de cada uno de los distritos de San Roque, Bolívar, San Isidro, San José, Puente Piedra, Tacaes y Grecia Centro, se obtuvo un promedio de datos de dureza total de calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura. Con estos datos se pretende determinar algunas características del agua y confrontarlos con los parámetros teóricos existentes, según los lineamientos para las aguas potables.

Palabras clave: agua potable, asadas, análisis, cantón de Grecia.

Abstract

The urgent need for analysis of water for human consumption, it makes every day to take more importance, especially considering that a number of diseases can occur through this medium. Through a series of analysis of water samples collected from sources of supply for each of the districts of San Roque, Bolívar, San Isidro, San José, Puente Piedra, Tacaes and Central Greece, we got an average of data total hardness of calcium and magnesium, pH, conductivity and temperature. These data are intended to identify some characteristics of water and confront them with existing theoretical parameters, according to the guidelines for drinking water.

Key words: drinking water, hoes, analysis, guangzhou Greece.

INTRODUCCIÓN

Debido a la importancia que tiene el estudio del recurso hídrico, especialmente para el consumo humano, se han seleccionado para su análisis cuatro características fisicoquímicas como son, la dureza cálcica, el pH, la conductividad y la temperatura, las cuales están relacionadas entre sí. La necesidad de un control riguroso que requiere el análisis del agua para consumo humano, hace que cada día tome más importancia, máxime si consideramos que una serie de enfermedades puede manifestarse a través de este medio. Por lo tanto, haciendo uso de análisis fisicoquímicos, se evaluaron las fuentes de agua de cada uno de los distritos del cantón de Grecia.

El agua especialmente para el consumo humano, tiene una connotación muy especial, sobre todo si partimos

de que es la base de la vida misma. Por eso existen algunos factores relacionados, tales como la presencia de calcio, magnesio, el pH y la conductividad, que en algún momento pueden ser parámetros que nos pueden hacer inferir en la calidad del agua.

Cuando un agua es referida como agua “dura” esto simplemente significa que contiene más minerales que un agua normal. Hay especialmente minerales de calcio y magnesio. La presencia de calcio y magnesio en proporciones muy altas en el agua, genera entonces lo que se conoce como aguas duras.

En la presente investigación, se estudian estos factores, especialmente para relacionarlos con dos aspectos diferentes, tal es el caso del efecto de la dureza cálcica con la salud de las personas y la

1. Lic. Johel Rodríguez Zamora, Universidad de Costa Rica-Sede de Occidente- Recinto de Grecia.

dureza total con el uso de percoladores, duchas para baño, tanques para agua caliente, etc.

El calcio y el magnesio son minerales muy importantes y los podemos encontrar tanto en los alimentos que no están procesados, como en las aguas minerales naturales. Las aguas minerales naturales provienen de manantiales naturales y es ésta la que contiene las sales minerales esenciales para mantener el equilibrio perfecto de nuestro organismo. Cada mineral cumple funciones específicas que ayudan al correcto funcionamiento del cuerpo humano.

Por estos motivos se ha considerado de gran importancia realizar un estudio de la concentración de estos minerales en las fuentes de agua de este cantón, para conocer su concentración y determinar si en estos momentos estos parámetros fisicoquímicos pueden representar un riesgo para su uso cotidiano.

Mediante el análisis de cuatro factores importantes: dureza total, pH, conductividad y temperatura, se va a determinar si el agua está dentro de los rangos recomendados y se va a desarrollar el análisis de tipo físico-químico para determinar la concentración de calcio, dureza total de calcio y magnesio, pH y conductividad.

ÁREA DE ESTUDIO

La investigación se desarrolla con la recolección de muestras en las diferentes fuentes de agua del cantón de Grecia, directamente de las nacientes. La segunda etapa consistió en el análisis de las muestras en el laboratorio de Química de la Universidad de Costa Rica, del Recinto Universitario de Grecia. Las muestras fueron analizadas por triplicado.

Grecia es el cantón N° 3 de la provincia de Alajuela, creado mediante el Decreto N° 20 del 24 de julio de 1867. Está localizado entre los 10° 05' 35" de latitud norte y los 84° 12' 48" de longitud occidental.

Posee una extensión de 395.7 kilómetros cuadrados y una población estimada de 60.000 habitantes.

Este cantón está dividido en dos partes: su parte sur está localizada centralmente en el país (pertenece a la región occidental de la zona alta central de Costa Rica) y es parte de la cuenca del Río Grande de San Ramón. La parte norte del cantón corresponde al distrito de Río Cuarto, el cual forma una cuña entre

los cantones de San Carlos y Sarapiquí, en la zona norte del país.

El trabajo se desarrolla en el cantón de Grecia, excepto en el distrito de Río Cuarto pues debido a que su ubicación geográfica es muy alejada, sus características físicas climáticas difieren mucho del resto del cantón.

En cuanto a los distritos, el Distrito Central de Grecia tiene una extensión de 6.86 Km², tiene una altitud de 999 msnm (*metros sobre el nivel del mar*, se refiere a la altura de tierra firme con respecto al nivel del mar) y lo conforma los barrios de: Los Pinos, El Cementerio, Colón, Santa Teresita, Las Tres Marías, Murillo, Linda Vista, León Cortés, San Antonio, Jiménez, El Estadio y Rincón de Arias.

San Isidro es el distrito dos tiene una extensión de 18.09 Km² y una altitud de 1290 msnm, y lo conforman las siguientes comunidades: El Achioté, Cooperativa Victoria, El Mesón, Camejo y San Francisco.

San José distrito tres cuenta con una extensión de 12.42 Km² y una altitud de 1074 msnm, lo conforman: Santa Gertrudis Norte y Sur, Punta de Caña, Calle El Guayabal, La Arena, Calle Rodríguez, Calle San José y El Cedro.

San Roque distrito cuatro tiene una extensión de 24.14 Km² y una altitud de: 1077 msnm, lo conforman las siguientes comunidades y caseríos: San Roque Arriba y Abajo, Barrio Latino, La Coyotera, San Miguel Arriba y Cristo Rey (Carbonal).

Tacares distrito cinco tiene extensión de 24.84 Km² y una altitud de 800 msnm. Lo constituyen las siguientes comunidades y caseríos: Tacares Norte, Tacares Sur, Calle Flores, Cataluña, Porvenir y Hacienda Pinto.

Río Cuarto distrito seis tiene una extensión de 245.20 Km² y una altitud de 425 msnm, lo constituyen los siguientes caseríos y comunidades: Río Cuarto, Santa Rita, Santa Isabel, San Gerardo, La Tabla, El Carmen, El Crucero, Los Ángeles (Norte y Sur), San Rafael, San Vicente, San Jorge, La Españolita, Estela Quesada, El Pinar, La Victoria, Monte Lirio, Carrizal y La Colonia Agrícola.

Puente de Piedra distrito siete con una extensión de 22.86 Km² y una altitud de 875 msnm, lo conforman los siguientes caseríos y comunidades: Puente de Piedra, Las Lomas, El Poró, Puerto Escondido, Rincón de Salas, El Raicero, Peralta y La Argentina. Bolívar es el distrito ocho con una extensión de 30.31 Km² y una altitud de 1060 msnm. Lo conforman, Los Angeles, San Juan, San Luis, El Cajón y La Virgencita.

Para realizar este proyecto se ha contado con la colaboración de los comités de acueductos de los diferentes pueblos, ya que gracias a ellos se ha logrado realizar la toma de muestras de agua de las diferentes fuentes en estudio.

METODOLOGÍA

Para la realización de este trabajo de investigación se tomaron en consideración diferentes parámetros como la temperatura, el pH, la conductividad, la concentración de la dureza total, por lo que a continuación se realiza una descripción de cada uno de los parámetros en estudio.

TEMPERATURA

La temperatura es una de la constante física que tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos fenómenos que se realizan en el seno del agua. Por ejemplo, en la solubilidad de los gases (entre los que es fundamental la solubilidad del oxígeno) y de las sales, así como en las reacciones biológicas, las cuales tienen una temperatura óptima para poder realizarse.

Según Catalán (1969), la temperatura de las aguas subterráneas depende de las características del terreno que drenan, pudiendo ser influenciada, entre otras causas, por la naturaleza de las rocas, siendo además función de la profundidad.

La variación está en relación con la capacidad de la capa acuífera y con los aportes extraños que puedan existir, ya sea por infiltración directa o por aportes subterráneos.

Según el Reglamento de Calidad de Agua Potable N° 32327 de la Presidencia de la República y el Ministerio de Salud, la temperatura se encuentra en el primer nivel de control de calidad y se le establece un valor recomendado de 18°C y un máximo admisible de 30°C.

DESCRIPCIÓN DEL pH

Se le define como el logaritmo de la concentración de iones hidrógeno. La escala de pH se extiende desde el 0 (muy ácido) al 14 (muy alcalino), siendo 7 la neutralidad exacta a 25°C (Mora, 2007).

El registro del pH en las aguas puede ser de tipo natural o artificial, puede variar entre 4.5 y 8.5 e incluye el valor de 5.6 del pH del agua de lluvia en equilibrio con el CO₂ atmosférico. Como causa natural se encuentra el anhídrido carbónico disuelto, procedente de la atmósfera, y, más fundamentalmente, del que se encuentra en la zona de infiltración de la tierra producido por la respiración de los organismos vivos, así como de la respiración y fotosíntesis de los organismos acuáticos. (Catalán, 1969).

Según el Reglamento de Calidad de Agua Potable N° 32327 de la Presidencia de la República y el Ministerio de Salud, el pH se encuentra en el primer nivel de control de calidad y se le establece un valor recomendado mínimo de 6.5 y un máximo admisible de 8.5.

CONDUCTIVIDAD

La conductividad es la habilidad de una solución para conducir electricidad. Pequeñas partículas cargadas eléctricamente, llamadas iones, pueden llevar una corriente eléctrica a través de soluciones de agua. Estos iones provienen principalmente de los ácidos y sales de la solución de fuente. Entre más concentrado de solución de fuente sea añadido al agua, el número de iones se incrementa, junto con la conductividad.

En el agua y en fluidos iónicos puede generarse el movimiento de una red de iones cargados, por lo cual este proceso produce corriente eléctrica y se denomina conducción iónica (Lenntech, 2008).

Según el Reglamento de Calidad de Agua Potable N° 32327 de la Presidencia de la República y el Ministerio de Salud, la conductividad se encuentra en el primer nivel de control de calidad y se le establece un valor recomendado de 400µS/cm.

Cuadro No. 1
Calidades del agua de irrigación de acuerdo con su conductividad.

Grado	Conductividad máxima en $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C
Excelente	menor de 250
Buena	250-750
Permisible	750-2000
Dudosa	2000-3000
Inservible	mayor de 3000

Fuente: (Jenkins, 1983)

CALCIO

El calcio es un elemento químico, de símbolo Ca y de número atómico 40. Se encuentra en el medio interno de los organismos como ion calcio (Ca^{2+}) o formando parte de otras moléculas; en algunos seres vivos se halla precipitado en forma de esqueleto interno o externo. Los iones de calcio actúan de cofactor en muchas reacciones enzimáticas, e interviene en el metabolismo del glicógeno, junto al potasio y el sodio regulando la contracción muscular. El porcentaje de calcio en los organismos es variable y depende de las especies, pero por término medio representa el 2,45% en el conjunto de los seres vivos; en los vegetales, solo representa el 0,007%.

No se encuentra libre en la naturaleza. Por lo general se encuentra como carbonato de calcio en la piedra caliza, la creta, el mármol, el espato de Islandia, el aragonito, las estalactitas u estalagmitas. Como sulfato de calcio se encuentran el yeso y la anhidrita, como sulfuro de calcio se halla el mineral llamado fluorita o espanto y como fosfato el apatito y la fosforita, $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$.

En las aguas se encuentra en mayor cantidad que el magnesio siendo, salvo en raras excepciones, el catión más abundante. A las aguas pasa por simple disolución, cuando tiene su origen en los yesos o los silicatos, o bien por ataque de las calizas o dolomitas, por la acción del anhídrido carbónico (Badilla: 2005).

Según el Reglamento de Calidad de Agua Potable N° 32327 de la Presidencia de la República y el Ministerio de Salud, la concentración de calcio se encuentra en el segundo nivel de control de calidad y se le establece un valor recomendado de 100 ppm.

MAGNESIO

El magnesio no existe libre en la naturaleza. Se encuentra combinado como carbonato, MgCO_3 , constituyendo el mineral llamado magnesita o giobertita. Como sulfato y cloruro forma parte de las sales dobles en diversos yacimientos. Los silicatos más corrientes, donde encontramos el magnesio asociado son, el talco (piedra de jabón) de fórmula $\text{H}_2\text{Mg}_3(\text{SiO}_3)_4$, el asbesto, $\text{Mg}_3\text{Ca}(\text{SiO}_3)_4$, la sepiolita o espuma de mar de fórmula $\text{MgSi}_3\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, la serpentina, $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y el olivino o peridoto, Mg_2SiO_4 .

Se encuentra generalmente en las aguas en cantidades mucho menores que el calcio, pero su importancia biológica es grande, ya que es indispensable en el desarrollo de ciertos sistemas enzimáticos, actuando igualmente en la constitución de los huesos. Una persona adulta debe de tomar por término medio 200 a 300 mg por día. Si la cantidad de magnesio en el agua es muy grande, puede esta actuar como laxante e incluso adquirir un sabor amargo.

Según el Reglamento de Calidad de Agua Potable N° 32327 de la Presidencia de la República y el Ministerio de Salud, la concentración de magnesio se encuentra en el segundo nivel de control de calidad y se le establece un valor recomendado de 30 ppm y un máximo permisible de 50ppm.

DUREZA

El agua dura es la que contiene un alto nivel de minerales y posee cantidades variables de compuestos, en particular sales de magnesio y calcio. Son las causantes de la dureza del agua, y el grado de dureza es directamente proporcional a la concentración de estas sales.

Es un agua que no produce espuma con el jabón, que a veces altera el color de la ropa sin poder lavarla correctamente, forma una dura costra en las ollas y en los grifos y, algunas veces, tiene un sabor desagradable. El agua dura contiene iones que forman precipitados con el jabón o por ebullición.

TIPOS DE DUREZA

Dureza temporal

La dureza temporal se produce por carbonatos y puede ser eliminada al hervir el agua o por la adición de cal (hidróxido de calcio).



El bicarbonato de calcio es menos soluble en agua caliente que en agua fría, así que hervir (que contribuye a la formación de carbonato) se precipitará el carbonato de calcio fuera de la solución, dejando el agua menos dura.

Los carbonatos pueden precipitar cuando la concentración de ácido carbónico disminuye, con lo que la dureza temporal también se ve disminuida, y si el ácido carbónico aumenta puede incrementar la solubilidad de fuentes de carbonatos, como piedras calizas, con lo que la dureza temporal aumenta. Todo esto está en relación con el pH de equilibrio de la calcita y con la alcalinidad de los carbonatos.

Dureza permanente

Esta dureza no puede ser eliminada al hervir el agua, es usualmente causada por la presencia del sulfato de calcio y magnesio o cloruros en el agua, los cuales son más solubles mientras sube la temperatura. También es llamada “dureza de no carbonato”.

Según la clasificación de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se define como agua blanda la que presenta concentraciones inferiores a 60 mg/L de carbonato de calcio (CaCO₃), medianamente dura entre 61 y 120 mg/L, dura entre 121 y 180 mg/L y muy dura aquella con valores superiores a 180 mg/L. El calcio se disuelve prácticamente de todas las rocas, y por lo tanto, se detecta en todas las aguas.

Cuadro No. 2

Clasificación de la Dureza por CaCO₃ en el Agua, Según OMS

Concentración de CaCO ₃ /mg/L	Tipo	Codificación*
0 - 60	Blanda	Azul
61 - 120	Moderadamente dura	Verde
121 - 180	Dura	Amarillo
>180	Muy dura	Rojo

Según el Reglamento de Calidad de Agua Potable N° 32327 de la Presidencia de la República y el Ministerio de Salud, la concentración de carbonato de calcio se encuentra en el segundo nivel de control de calidad y se le establece un valor recomendado de 61 ppm (*partes por millón*) y un máximo permisible

de 180 ppm. Según la norma, establece hasta 180 ppm como límite máximo, sin embargo el estudio realizado la zona que abarca el cantón de Grecia, se encuentra entre el límite de 60 a 120 ppm, es decir agua moderadamente dura.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Cuadro No. 3

Resultados promedio obtenidos de cada uno de los parámetros para los diferentes distritos analizados del cantón de Grecia.

Distrito	Dureza ppm CaCO ₃	Conductividad μs/cm	Temperatura °C	pH	Clasificación
Tacares	95,26	165,60	20,17	6,78	Moderadamente dura
San Roque	88,58	148,14	19,9	6,52	Moderadamente dura
Puente Piedra	78,80	138,30	18,5	7,33	Moderadamente dura
San José	68,37	102,19	19,88	6,14	Moderadamente dura
Grecia	53,74	145,3	19,20	7,03	Blanda
San Isidro	53,39	130,6	20,30	6,48	Blanda
Bolívar	50,09	132,3	19,0	6,54	Blanda

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Dureza tal de calcio y magnesio

De acuerdo a la norma establecida por la Organización Mundial de la Salud (OMS), (cuadro 1), la concentración de dureza total de calcio es aceptable hasta los 180 ppm, como límite máximo, sin embargo puede darse el caso de comunidades con concentraciones superiores a este rango. Según el estudio realizado, (cuadro 2) el distrito que tiene el agua más dura es el de Tacares con un contenido promedio de 95.26 ppm de CaCO₃, sin embargo se encuentra por debajo del valor recomendado que es de 180 ppm (gráfico 1).

El distrito con menor concentración de dureza cálcica es Bolívar con 50.09 ppm CaCO₃.

El agua de los distritos de Tacares, Puente Piedra, San Roque y San José es considerada como agua moderadamente dura, que es el agua que se encuentra menor a las 120 ppm de CaCO₃.

El agua de los distritos de Grecia, San Isidro y Bolívar es considerada como agua blanda, que no supera las 60 ppm de CaCO₃.

En el gráfico 1, se puede apreciar con claridad la concentración de dureza total de calcio, en cada uno de los distritos donde se llevó a cabo el análisis.

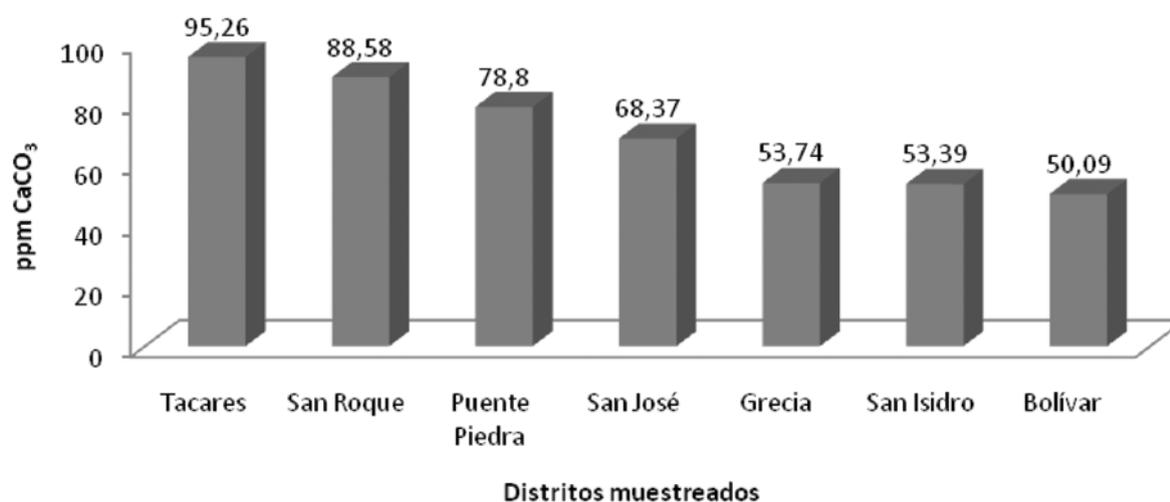


Gráfico 1. Concentración de la cantidad de dureza total promedio registrada para cada uno de los distritos del cantón de Grecia.

Conductividad eléctrica por cantidad de electrolitos.

Es difícil obtener un agua absolutamente pura, debido a que es un buen solvente. La misma agua destilada de altísima calidad tiene algunas sustancias químicas disueltas en ella, la más frecuente es la sal. Esas impurezas, incluso en concentraciones muy bajas, permiten al agua conducir electricidad mucho mejor, ya que impurezas como la sal se separan en iones libres en ella, a través de la cual la corriente eléctrica puede fluir.

En el agua y materiales iónicos o fluidos puede generarse el movimiento de una red de iones cargados. Este proceso produce corriente eléctrica y se denomina conducción iónica. Debido a que la corriente eléctrica se transporta por medio de iones en solución, la conductividad aumenta según la concentración de iones. De tal manera, que la conductividad se ve favorecida cuando el agua disuelve compuestos iónicos. Según el estudio realizado al respecto, se concluye que el Distrito de Tacares es el que presenta mayor cantidad de electrolitos disueltos en el agua y el Distrito de San José es la comunidad que presenta el agua con la menor conductividad.

las normas de calidad del agua, siendo el distrito de Tacares el que presenta la conductividad más alta, sin embargo muy por debajo de los valores máximos aceptados, tal y como se muestra en los valores del cuadro 1, donde se demuestra que las muestras de agua analizadas son de excelente calidad.

Tal y como se puede apreciar en el gráfico 2, las muestras en cada uno de los distritos, cumplen con

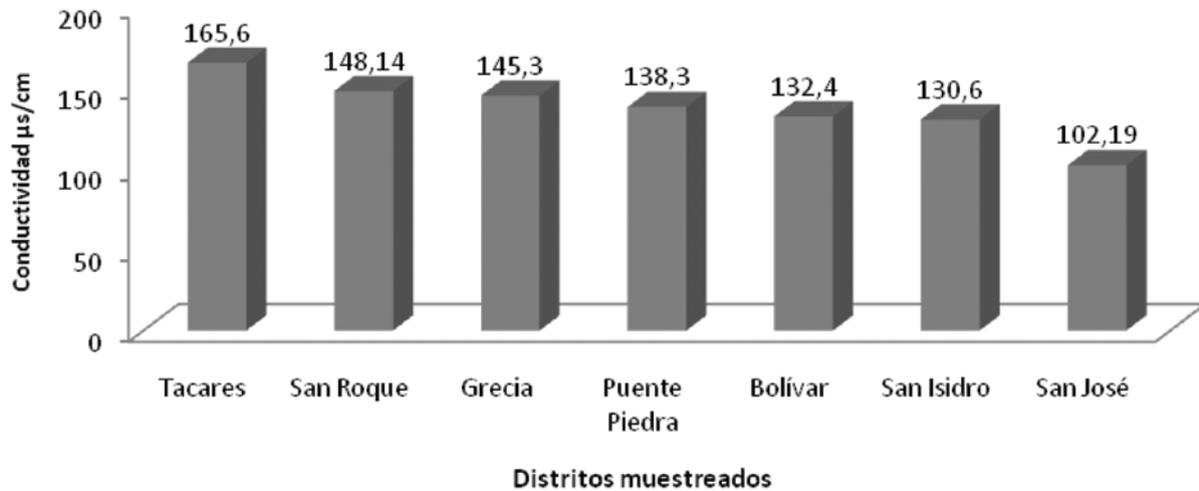


Gráfico 2. Datos de conductividad eléctrica por aporte de iones en las muestras de agua analizadas de cada uno de los distritos.

Efecto del pH en las diferentes fuentes de agua del cantón.

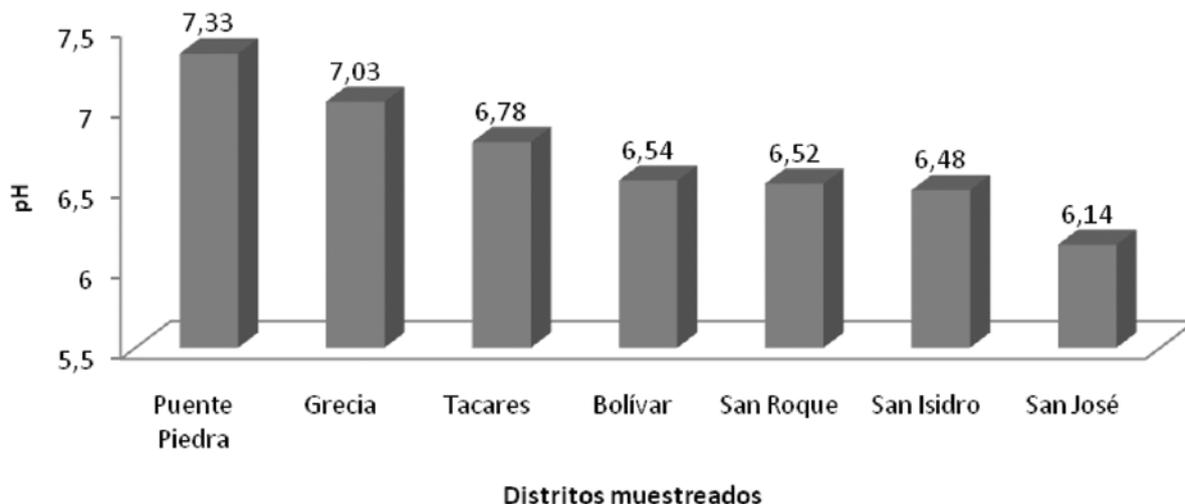
El pH es una expresión del carácter ácido o básico de un sistema acuoso. En términos exactos, es una medida de la “actividad” del ion hidrógeno en una determinada muestra; en términos prácticos, es una medida de la concentración del ion hidrógeno en la muestra. El pH del agua potable debe estar entre 6,5 y 8,5.

Según muestra el gráfico 3, la fuente de Puente Piedra es la que presenta un pH más ácido en comparación con las demás.

Las fuentes de agua de Grecia centro y el Distrito de Tacares están cercanas a pH 7, es decir presentan un valor muy cercano al neutro.

El distrito de San José se encuentra fuera del parámetro permitido y el de San Isidro se encuentra ligeramente por debajo de este límite, con un pH de 6.48.

En síntesis y según el gráfico 3, con excepción de los distritos de San Isidro y San José, cumplen con el parámetro de pH recomendado.



Efecto de la temperatura en las muestras de agua analizadas

Los datos sobre la temperatura son importantes para el cálculo de la solubilidad del oxígeno y del equilibrio dióxido de carbono-bicarbonato-carbonato. Con la sola medición de la temperatura se puede identificar fuentes de agua como los pozos profundos. La temperatura del agua potable influye en su sabor.

Con respecto a la temperatura, tal y como se puede apreciar en el gráfico 4, la fuente con menor

temperatura es Puente Piedra, mientras tanto, la que presenta una mayor temperatura es San Isidro.

En general todas se encuentran dentro de 18 a 25 °C, que son intervalos más o menos estables para considerar los otros análisis realizados, exceptuando la conductividad, que sí varía de acuerdo a esta característica.

Factores como la ubicación, la altura y el medio donde se ubican las fuentes influyen en la temperatura del agua.

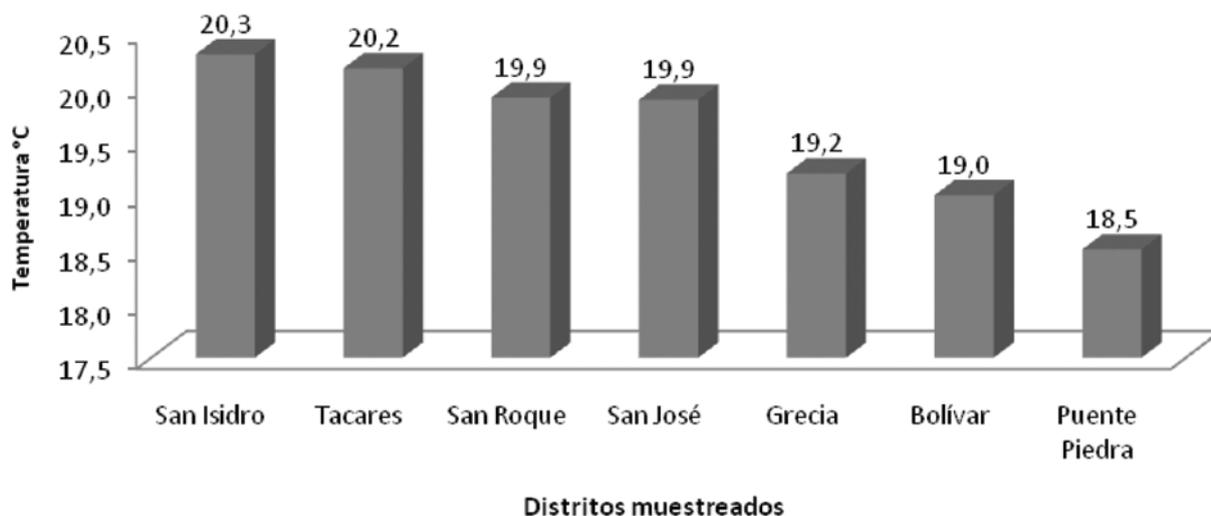


Gráfico 4. Datos registrados de la temperatura en las muestras analizadas en cada uno de los distritos

CONCLUSIONES GENERALES

Las características analizadas, y de acuerdo con la información que se genera en cada uno de los gráficos, se puede concluir lo siguiente:

- En cuanto a la dureza cálcica total en las muestras analizadas en cada uno de los distritos, los valores de concentración en partes por millón como CaCO_3 , (carbonato de calcio), se encuentran entre los valores normales, según los valores registrados en el cuadro 2.
- La conductividad eléctrica igualmente no presentó valores fuera de lo establecido, siendo el distrito de Tacares el que presenta el valor más alto, pero aún así sigue manteniéndose por debajo de los límites máximos permisibles, según lo establecido en el cuadro 2.
- En lo que respecta al pH, solamente el distrito San José, está por debajo del límite inferior de 6,5. Los demás distritos se encuentran entre los valores normales, tal y como se puede apreciar en el gráfico 3.
- Por último, en cuanto a los valores de temperatura, se puede concluir que se encuentran en valores normales, tomando en cuenta la altura y características de la zona.

- Es importante mencionar que estos valores de temperatura son incluidos en el registro de los datos en los otros análisis, como son pH, conductividad y dureza total cálcica.
- En cuanto a la calidad del agua, y según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el agua potable debe reunir las siguientes características:

No debe contener sustancias nocivas para la salud, es decir, carecer de contaminantes bioquímicos, químicos, tóxicos y radioactivos.

Poseer una proporción determinada tanto de gases, como de sales inorgánicas disueltas.

Debe ser incolora o translúcida, inodora y de sabor agradable.

BIBLIOGRAFÍA

Badilla, H. Víquez, C. Zamora E. 2005. *Evaluación de las Fuentes de Agua Potable de la Ciudad de Grecia*. Taller de Diseño Escuela de Ingeniería Civil.

Catalán J. 1969, *Química del Agua*. Editorial Blumer, España.

Fujihuntusa, S.A. Agua, pH y Conductividad para los Impresores. http://www.fujihuntusa.com/pdfs/graphic/literature_guides/AquapHCond.pdf Consultado Octubre 2008.

Jenkins, D.; Snoesyink, V.; Ferguson, J.; Leckie, J. 1983. *Química del Agua: manual de laboratorio*. Editorial Limusa. México.

Mora, Alfaro D, 1999. *Caracterización y Distribución por Cantones de la Dureza del Agua en las Fuentes Utilizadas para Consumo Humano en Costa Rica*. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

Reglamento de Calidad de Agua Potable, N° 32327, de La Presidencia de la República y El Ministerio de Salud.