

# Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador

Renato, Baque-Mite<sup>1</sup>; Luis, Simba-Ochoa<sup>2</sup>; Betty, González-Ozorio<sup>1</sup>; Pedro, Suatunce<sup>1</sup>; Eduardo, Díaz-Ocampo<sup>1</sup>; Lorena, Cadme-Arevalo<sup>1</sup>

## Resumen

El estudio evaluó la calidad del agua destinada al consumo humano en el cantón Quevedo, provincia de Los Ríos, Ecuador. Se evaluaron parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua en nueve estaciones de bombeo del EPMAQAQ, en épocas lluviosa y seca. Se compararon los resultados obtenidos con los valores de referencia establecidos en las normativas (Acuerdo ministerial N° 097 Norma INEN 1108, TULSMA, EPA y OMS), bajo el criterio de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico. Se determinó el Índice de Calidad de Agua (ICA) y la correlación estadística entre los parámetros, usando la prueba de "t" de Student, con una significancia estadística de  $p = 0,05$  entre las dos épocas. Los parámetros: nitritos, nitratos, turbidez, sólidos disueltos totales, pH, dureza total, color y hierro, se encuentran en el rango de aceptabilidad de calidad ambiental. Los valores, manganeso y oxígeno disuelto sobrepasan los límites máximos permisibles por el TULSMA, al igual que los coliformes fecales, en época lluviosa. La mayoría de los parámetros presentaron diferencias significativas ("t" al 5%) entre las dos épocas. El agua del cantón Quevedo está levemente contaminada y requiere tratamiento de potabilización previo a su consumo.

**Palabras Clave:** calidad de agua; consumo; parámetros químicos-físicos y microbiológicos.

## Quality of water intended for human consumption in a canton of Ecuador

### Abstract

The study evaluated the quality of water intended for human consumption in the canton Quevedo, province of Los Ríos, Ecuador. Physical, chemical and microbiological parameters of water in nine EPMAQAQ pumping stations were evaluated, in rainy and dry seasons. The results obtained with the reference values set out in the regulations (Ministerial Agreement No. 097 Standard INEN 1108, TULSMA, EPA and WHO) under the quality criterion for water intended for human consumption and domestic use was compared. The Water Quality Index (ICA) and the statistical correlation between parameters were determined using the test "t" of Student, with a statistical significance of  $p = 0.05$  between the two periods. Parameters: nitrites, nitrates, turbidity, total dissolved solids, pH, total hardness, color and iron are in the range of acceptability environmental quality. Values, manganese, dissolved oxygen exceed the maximum permissible limits for the TULSMA, like fecal coliform in the rainy season. Most parameters showed significant differences ("t" 5%) between the two periods. Quevedo Canton water is slightly contaminated and requires purification treatment before consumption.

**Keywords:** water quality; consumption; chemical-physical parameters and microbiological.

**Recibido:** 2 de julio de 2016  
**Aceptado:** 22 de agosto de 2016

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Campus Ing. Manuel Haz Álvarez, Km 1 ½ vía a Santo Domingo de los Tsáchilas. Quevedo, Los Ríos, Ecuador. rbaque@uteq.edu.ec; bgonzalez@uteq.edu.ec; jpsuatunce@uteq.edu.ec; ediaz@uteq.edu.ec; lcadme@uteq.edu.ec

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Campus Ing. Manuel Haz Álvarez, Km 1 ½ vía a Santo Domingo de los Tsáchilas. Quevedo, Los Ríos, Ecuador. lsimba@uteq.edu.ec

\*Autor para correspondencia: Betty González Osorio, bgonzalez@uteq.edu.ec

## I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia se conoce que el 71% de la superficie del planeta Tierra está cubierta de agua, de la cual el 0,75% (8 millones de km<sup>3</sup>) es agua dulce, repartida en aguas superficiales y subterráneas y el 0.2% flota en la atmósfera, es por esto que la calidad del agua potable es un factor determinante en el bienestar humano (Agudelo et al., 2005). Las enfermedades propagadas por agua potable contaminada con materia fecal, diezmaron a la población de ciudades enteras. Incluso actualmente, el agua insalubre contaminada por fuentes naturales o humanas sigue causando disminución en la calidad del agua y por ende la vida de los seres vivos (Morais, Resende, Palau, & Tiago, 2016); (UNESCO, 2003), se da la presencia de epidemias ocasionales, de enfermedades bacterianas y virales ocasionadas por agentes infecciosos transportados al ser humano mediante el consumo de agua potable, tales como el cólera, poliomielitis y otras enfermedades. (Cohn, Cox, & Beger, 2002)

Otro factor es la presencia potencial de contaminantes químicos, orgánicos e inorgánicos y metales pesados, procedentes de fuentes industriales, agrícolas y de la escorrentía urbana, los organofosforados y los carbonatos que al tomar contacto con el ser humano, probablemente, son la causa de enfermedades crónicas (cáncer, daños en órganos internos), alteraciones en el sistema nervioso e inmunológico, lesiones al genoma humano y producto de la reproducción (Borbolla, Cruz, Piña, Fuente, & Garrido, 2003). El exceso de fluoruros puede causar daños en la médula espinal (Novotny, 1996) en (Salomons, Förstner, & Mader, 1996); (Cotler, El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. , 2004); (Cotler, El manejo integral de cuencas en México , 2007) (Howard, 2000).

Los parámetros (físicos, químicos y biológicos) como indicadores de calidad del agua, ofrecen múltiples ventajas (EPA-US., 2013), tales como: la presencia en la mayoría de los sistemas acuáticos continentales, la naturaleza sedentaria de los organismos, la simplicidad metodológica y una alta confiabilidad, lo que hace de estos métodos una herramienta idónea para la vigilancia rutinaria del estado ecológico en las aguas dulces; en este sentido se han desarrollado normas de calidad de aguas superficiales basadas en la determinación de concentraciones máximas permisibles de agentes químicos (Cohn, Cox, & Beger, 2002). Para ello se han propuesto el uso de herramientas en calidad de agua,

que consisten en analizar los contenidos, físico químico y biológicos. (Córdova, Gaete, & Aránguiz, 2009)

El ser humano requiere un mínimo de tres litros de agua potable por día para consumo y un total de veinte litros de agua potable, para las actividades antropogénicas. Ecuador presenta la gran ventaja de disponer agua dulce 22 500 m<sup>3</sup>/hab/año, lo cual es superior a 1 000 m<sup>3</sup>/hab/año considerados por la (OMS) Organización Mundial de la Salud y 1 700 m<sup>3</sup>/año/hab, (Soto & Reina, 2012); (PNUMA), Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) (SENAGUA, 2009). Bajo este escenario la Constitución de la República de Ecuador 2008 y el Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017, garantizan el uso y aprovechamiento para los seres vivos (salud y vida), así como el cuidado de este recurso, por lo cual hay que cuidar y darle un buen uso. En este sentido, la investigación tiene como objeto evaluar la calidad del agua de las estaciones de bombeo de la EPMAQAQ, destinada al consumo humano en el cantón Quevedo, Ecuador, en las dos épocas del año (lluviosa y seca).

## II. DESARROLLO

### 1. Metodología

#### Localización

El estudio se realizó en las estaciones de bombeo de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Quevedo, EPMAQAQ-Quevedo, en dos épocas, lluviosa y seca, este cantón está ubicado en la provincia de Los Ríos, Región 5, de la costa de Ecuador. Cuenta con 173 585 habitantes según datos del (INEC, 2010), su actividad económica es la agropecuaria y es la ciudad más grande y poblada de la provincia de Los Ríos. Está situada a orillas del río que lleva el mismo nombre de la ciudad, sus condiciones geográficas son: 01° 20' 30" de Latitud Sur y 79° 28' 30" de Longitud occidental, perteneciente a la zona subtropical; está situada a 74 metros sobre el nivel del mar.

La Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Quevedo (EPMAQAQ), fue creado por Ordenanza Municipal el 01 de septiembre de 2010, de conformidad con lo que establece el numeral 1 del Art.14 del COOTAD (Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización.). Gestiona el agua de consumo para los habitantes del cantón, cuenta con nueve estaciones de bombeo de agua que alimentan a los sectores del área urbana del cantón en mención: El Guayacán, Parroquia 7 de Octubre, Parroquia 17

de Marzo, Parroquia Mi País, Parroquia Galo Plaza, Agrilsa, parroquia Venus del Río Quevedo, parroquia Playa Grande y parroquia San José.

**Metodología y análisis**

Las variables en estudio es la calidad del agua destinada al consumo humano (variable dependiente) y los parámetros físicos, químicos y microbiológicos (variable independiente). Se integró 27 muestras de agua por época (3 muestras y 9 sitios), los resultados se presentan del promedio de los nueve sitios en las dos épocas, el muestreo para el análisis de agua se estableció siguiendo los procedimientos en la toma de muestras de acuerdo a normas NTE 2169, 2176 y 2226 del Instituto Ecuatoriano de Normalización del Ecuador (INEC, 2010); (Brown, McClelland, Deininger, & Tozer, 1970). Los análisis correspondientes en el laboratorio se realizaron de acuerdo a las directrices y recomendaciones establecidas en los Standard Methods (APHA, 2005); (AWWA, 2012); American Public Health Association. El análisis consistió en encontrar una media en las variables (físicos, químicos y microbiológicos), de acuerdo al criterio de calidad de agua para consumo humano y uso doméstico Norma INEN 1107. Los resultados se compararon con los valores de referencia de la normativa nacional 1108 (INEN, 1998), Acuerdo ministerial N° 097; (TULSMA, 2015); (EPA, 2013); (OMS, 2006), para calidad de agua de consumo humano, bajo el criterio de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico.

La calidad de agua para consumo se estableció según el siguiente criterio: calidad de agua (GWQI) propuesta de (Vasanthavigar, Srinivasamoorthy, & Vijayaragavan, 2010), pero con la adaptación empleada por (Deepak, 2013), el cual utiliza la ecuación (1):

$$GWQI = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \tag{1}$$

Donde,  $Q_i$  es el valor o índice de calidad para cada parámetro, y  $W_i$  es el peso de uno de los parámetros considerados.

El índice norteamericano (Dinius, 1987), se empleó con el promedio geométrico ponderado según el siguiente arreglo (2):

$$ICA (NSF, Dinius) = \left( \prod_{i=1}^n I_i \right) W_i \tag{2}$$

Donde,  $I_i$  es el subíndice del parámetro  $i$ , y  $W_i$  es el peso relativo o porcentaje asignado al parámetro  $i$ . en la Tabla 1 se observan los pesos relativos y la clasificación que considera cada índice

**Tabla 1. Valores del peso  $W_i$  para cada parámetro del ICA**

Parámetro	Dinius (1987)
Oxígeno Disuelto	0,109
pH	0,077
DBO	0,097
Nitratos	0,090
Coliformes Fecales	0,116
Temperatura	0,077
Conductividad	0,079
Color	0,063
Cloruros	0,074
Coliformes Totales	0,090
Alcalinidad	0,063
Dureza	0,065

Fuente: Torres et al, 2010

Una vez establecido el ICA se comparó los resultados con los valores asociados a la calidad del agua, ver Tabla 2.

**Tabla 2. Valores del ICA asociados a la calidad de agua para consumo humano**

Categoría	Rango	Descripción
Excelente	90-100	No requiere tratamiento para consumo
Aceptable	80-90	Tratamiento menor requerido
Levemente Contaminada	70-80	Dudoso consumo sin tratamiento
Contaminada	50-70	Tratamiento de potabilización necesaria
Fuertemente Contaminad	40-50	Dudoso para consumo
Extremadamente contaminada	0-40	Inaceptable para consumo

Fuente: Dinius (1987)

Y por último, con los promedios se realizó correlación estadística con una prueba de “t” de Student, cuya significancia estadística fue  $p = 0,05$  entre la época lluviosa y seca.

## 2. Resultados y discusión

### 2.1 Contaminación del agua

Teniendo en cuenta que los contaminantes del agua pueden provenir de una variedad de fuentes y que causan daño a la salud humana, es importante tener marcadores de contaminación del agua que sean indicativos de las fuentes. Algunos herbicidas pueden servir como marcadores de la escorrentía agrícola. Tradicionalmente se usan las bacterias

fecales coliformes provenientes de fuentes domésticas, como marcadores de contaminación microbiana o viral. Potencialmente, los metabolitos humanos endógenos así como los constituyentes de los alimentos, los productos farmacéuticos y los productos de cuidado personal, pueden indicar la entrada de contaminación desde fuentes del alcantarillado. La cafeína procedente del consumo de café, té y bebidas de cola, pueden ser un marcador de fuentes domésticas de contaminación del agua (Manahan, 2007), entre los principales contaminantes del agua están los que se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Tipos generantes de contaminantes del agua

Tipo de contaminante	Impacto
Elemento traza	Salud, biota acuática, toxicidad
Metales pesados	Salud, biota acuática, toxicidad
Metales enlazados orgánicamente	Transporte de metales
Radionúclidos	Toxicidad
Contaminantes inorgánicos	Toxicidad, biótica acuática
Asbesto	Salud humana
Nutrientes de algas	Eutrofización
Sustancias que dan acidez, alcalinidad, salinidad (en exceso)	Calidad del agua, vida acuática
Contaminantes orgánicos traza	Toxicidad
Medicamentos, anticonceptivos, etc.	Calidad del agua, vida acuática
Bifenilos policlorados	Posibles efectos biológicos
Plaguicidas	Toxicidad, biota acuática, fauna
Residuos de petróleo	Efectos en la fauna, contaminación visual
Alcantarillados, residuo humano y de animales	Calidad del agua, niveles de oxígeno
Material orgánico medida como demanda bioquímica de oxígeno	Calidad del agua, niveles de oxígeno
Patógenos	Efectos en la salud
Detergentes	Eutrofización, fauna, contaminación visual
Compuestos carcinógenos químicos	Incidencia de cáncer
Sedimentos	Calidad del agua, vida acuática, fauna
Sustancias que dan sabor, olor y color	Calidad del agua, vida acuática, contaminación visual

Fuente: (Manahan, 2007)

### 2.2 Calidad del agua

Al realizar en análisis comparativo de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua, con los valores de referencia de la normativa nacional (Acuerdo ministerial N° 097; (INEN, 1998); (TULSMA, 2015); (EPA, 2013); (OMS, 2006) para calidad de agua de consumo humano, se muestran en la Tabla 4, se

encontró que el oxígeno disuelto (% saturación) en época lluviosa fue de 14,84 y en época seca de 13,0 % de saturación, valores aceptables al compararlos con el TULSMA (Tabla 4). Al respecto Sierra (2016), indica que la solubilidad en el agua depende de la temperatura, a mayor temperatura menos oxígeno y se disuelve, en este caso la presencia de sólidos disueltos totales, y

coliformes fecales, hace que la actividad respiratoria se acelere y disminuya el oxígeno disuelto. Un indicador de agua de buena calidad es cuando el oxígeno presenta un nivel mayor que 80% de saturación, ya que permite descomponer todos los materiales biodegradables presentes en ella y con esto evitar su deterioro. Para Cotler (2004), la mayoría de las especies aerobias acuáticas no realizan sus actividades apropiadamente, si no se toman las medidas pertinentes para incrementar el oxígeno disuelto en el agua.

Los Nitritos y Nitratos en época lluviosa fueron 0,15 y 0,42 mg/l y, en época seca de 0,006 y 1,04 mg/l, siendo el límite máximo permisible de 0,2 mg/l para Nitritos y 50 mg/l para Nitratos. La presencia de nitratos en la época lluviosa posiblemente se debe al resultado de lixiviación de los fertilizantes que contienen nitrato de amonio, contaminación fecal de animales de sangre caliente y, contaminación fecal humana (Stevenson, 1999). Soto y Reina (2012), manifiestan que cuando el resultado de los Nitritos es muy bajo en el examen microbiológico, se observa una mínima presencia de Coliformes Fecales; en cambio en presencia de valores elevados de Nitritos y Nitratos existe abundante crecimiento de Coliformes Fecales.

Los nitratos son reducidos a nitritos por la ausencia de oxígeno, cuando se sobrepasa los límites permisibles de este elemento se convierten en aguas dañinas para la salud humana, la reducción de nitrito bloquea la hemoglobina, disminuye el transporte de oxígeno por la sangre, especialmente en menores de 6 meses (OMS, 1995). Otro problema es la posible formación de nitrosaminas, las cuales son potencialmente carcinógenas (Cohn, Cox, & Beger, 2002), por lo que es necesario la nitrificación y desnitrificación de estos dos elementos. (Martínez & García, 2009)

La época lluviosa presentó contaminación microbiológica, principalmente por Coliformes fecales, cuya presencia fue de 1 NMP/100ml, estando el agua no apta para el consumo humano desde el punto de vista microbiológico, ya que el valor estipulado en los decretos de la Normativa Ecuatoriana INEN 1108:2011, cuarta revisión para Coliformes Fecales y Totales, es de ausencia o número de microorganismos presente por 100 mililitros de agua. Los contenidos de Coliformes fecales son significativos con relación a la normativa vigente en el país, por lo que la población no debe consumir este líquido vital. En referencia a los microorganismos Manahan (2007), expresa que éstos

provocan serias lesiones en la salud humana, por lo tanto no se debe exponer a la población.

La temperatura alcanzó valores como 26,8 en época lluviosa y 25,60C en época seca. Según Arizabalo y Díaz (2010), al aumentar la temperatura disminuye la solubilidad de gases y aumenta la de las sales. El pH se encuentra en el rango de aceptabilidad correspondiente a calidad ambiental satisfactoria, disminuyendo al pasar de época lluviosa a seca, es decir de 7.45 a 7.26, valor que se ubica en los límites permisibles que va de 6,0 a 9,0; este elemento es importante en el proceso químico que tiene lugar en el agua, por actuación de los floculantes.

Los valores que alcanzó el parámetro dureza obtuvo valores promedio de 149,2 mg/l y 115,6 mg/l de CaCO<sub>3</sub> en época lluviosa y seca, en su orden, ubicándose en clasificación de aguas blandas (<75 mg/l de CaCO<sub>3</sub>), de acuerdo al TULSMA y la OMS que refiere 500 mg/l de CaCO<sub>3</sub>.

El Hierro presentó valores promedio en época lluviosa de 0.413mg/l, mientras que en época seca de 0,835 mg/l, valores por encima de lo permitido 0,3 mg/l, por EPA y por debajo de los parámetros de Acuerdo Ministerial no. 97, OMS y TULSMA. Este elemento es muy común en la corteza terrestre, por lo que se encuentra naturalmente en el agua, al entrar en contacto con el oxígeno de la atmósfera, el hierro ferroso se oxida a férrico por lo que tiende a manchar las tuberías, en concentraciones superiores a 0,3mg/l, también provoca la aparición de bacterias que lo consumen y forman una biopelícula gelatinosa, degradando la calidad del agua al momento de la circulación.

Los valores promedio del Manganese alcanzaron, en época lluviosa 0,442 mg/l y en época seca 0,43mg/l, superando el límite máximo permisible (0,05 mg/l) de EPA, OMS y TULSMA; estas concentraciones en agua oxigenada forman sólidos insolubles, coloración del agua.

### **2.3. Índice de calidad de agua**

El índice de calidad del agua en época lluviosa fue de 73,00 y en época seca 76,00 (Tabla 5 y 6), se ubican en aguas levemente contaminadas, de dudoso consumo, sin tratamiento. No apta para consumo humano (Soto & Reina, 2012); (Córdova, Gaete, & Aránguiz, 2009); (González & Caballero, 2006); (Pickett & Cadenasso, 2002); (Andrade & Rivadeneira, 2014).

**Tabla 4. Criterios de calidad del agua para consumo humano**

Parámetros*	Época lluviosa	Época seca	NTE INEN 1108	EPA	Acuerdo Ministerial n° 097	OMS	TULSMA
Oxígeno disuelto (% Saturación)	14,843	13,0	-	-	-	-	no menor al 80% de saturación
Nitritos (mg/l)	0,154	0,006	50	10	50	50	< 2
Nitratos (mg/l)	0,42	1,04	50	10	50	50	50
Coliformes totales (NMP/100 ml)	1	1	-	-	200	-	200
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	1	1	<1,1	-	1000	-	1000
Temperatura (°C)	26,8	25,6	-	-	-	-	-
pH	7,45	7,26	-	6,5-8,5	42619	6.5-9.2	6 – 9
Dureza (mg/l)	149,2	115,6	-	-	-	500	500
Cloruros (mg/l)	5,9	5,08	-	-	-	250	-
hierro (mg/l)	0,413	0, 835	-	0,3	1	1	1
manganeso (mg/l)	0,442	0,431	-	0,05	-	0,4	0,1
Sulfato SO4-2 (mg/l)	2,11	0,111	-	-	500	-	500
Color (UPC)	26	21	15	15	75	-	75
Turbidez (NTU)	1,4	1	5	-	100	5	100

\*Análisis de Laboratorio grupo químico Marcos ISO 17025 <http://www.grupoquimicomarcos.com/>

**Tabla 5. Índice de Calidad Agua en la época lluviosa**

Parámetros	Valor	Unidad	Subíndice	Peso relativo	w corregido	ICAm
Coliformes fecales	1	NMP/100 ml	100	0,116	0,143	1,93
Oxígeno disuelto	14,8	% Saturación	23	0,109	0,136	1,53
DBO5		mg/l		0,097		
Coliformes totales	1	NMP/100 ml	100	0,090	0,117	1,71
Nitratos	0,42	mg/l	100	0,090	0,117	1,71
Conductividad		uS/cm		0,079		
Temperatura	26,8	°C	86	0,077	0,104	1,59
Ph	7,45	—	100	0,077	0,104	1,61
Cloruros	5,9	mg/l	100	0,074	0,101	1,59
Dureza	149,2	mg/l	58	0,065	0,092	1,45
Alcalinidad		mg/l		0,063		
Color	26	UPC	58	0,063	0,090	1,44
ICA= 73,00						

**Tabla 6. Índice de Calidad Agua en la época seca**

Parámetros	Valor	Unidad	Subíndice	Peso relativo	w corregido	ICAm
Coliformes fecales	1	NMP/100 ml	100	0,116	0,143	1,93
Oxígeno disuelto	13,0	% Saturación	21	0,109	0,136	1,51
DBO5		mg/l		0,097		
Coliformes totales	1	NMP/100 ml	100	0,090	0,117	1,71
Nitratos	1,04	mg/l	100	0,090	0,117	1,71
Conductividad		uS/cm		0,079		
Temperatura	25,6	°C	96	0,077	0,104	1,61
pH	7,26	—	110	0,077	0,104	1,63
Cloruros	5,08	mg/l	100	0,074	0,101	1,59
Dureza	115,6	mg/l	65	0,065	0,092	1,47
Alcalinidad		mg/l		0,063		
Color	21	UPC	61	0,063	0,090	1,45
ICA= 76,00						

Fuente: Elaboración propia

La mayoría de los parámetros de la calidad del agua presentaron diferencias significativas (“t” al 5%) entre las épocas: lluviosa y seca. Los promedios más altos en la época lluviosa fueron: alcalinidad, nitritos y sulfatos, fueron pH, dureza, color, nitritos y sulfatos. Los parámetros con mayor promedio en la época seca fueron: nitratos y hierro. Los parámetros que no presentaron diferencia significativa fueron; turbidez, dureza total, sólidos totales disueltos, conductividad eléctrica, manganeso, nitratos y coliformes totales (Tabla

7). Los valores de nitratos, nitratos y sulfatos obtenidos, tanto en la época lluviosa como en época seca, son inferiores a los límites permisibles; esto coincide con los resultados obtenidos por (Borbolla, Cruz, Piña, Fuente, & Garrido, 2003); (Pérez, Delgado, & Torres, 2012), quienes indican que el agua destinada a consumo humano debe cumplir las normas de calidad para evitar riesgos de enfermedades en los seres humanos que la utilizan.

**Tabla 7. Promedios de los parámetros de la calidad del agua en época lluviosa y seca**

Parámetros	Época lluviosa	Época Seca	Valor de “t”	Desviación estándar
Coliformes fecales (NMP/100ml)	1,00 a	1,00 a	0,28	0,03
Oxígeno Disuelto (% saturación)	14,80 a	13,00 a	0,45	0,38
Coliformes totales (NMP/100ml)	1,00 a	1,00 a	0,28	0,03
Nitratos (mg/l)	0,42 b	1,04 a	1,31	0,44
Temperatura (°C)	26,80 a	25,60 a	0,32	0,32
pH	7,45 a	7,26 b	2,24	0,06
Cloruros (mg/l)	5,90 a	5,08 a	0,38	0,08
Dureza (mg/l)	149,20 a	115,60 b	3,18	1,14
Color (UPC)	26,00 a	21,00 b	2,32	8,72
Nitritos (mg/l)	0,154 a	0,006 b	2,25	0,06
Hierro (mg/l)	0,413 b	0,835 a	2,86	0,14
Manganeso (mg/l)	0,442 a	0,431 a	0,30	0,04
Sulfatos (mg/l)	2,11 a	0,111 b	2,51	0,80

Promedios con letras diferentes (a ó b) difieren estadísticamente de acuerdo al test de Student ( $p < 0.05$ ).  
Elaboración propia

### III. CONCLUSIONES

El Índice de calidad del agua determina que esta agua no es apta para consumo humano, debido a que los indicadores la ubican en agua de dudoso consumo, que requiere tratamiento de potabilización. Los promedios de los parámetros nitritos, turbidez, sólidos disueltos totales, pH, dureza total, color y hierro, se encuentra en aceptabilidad de calidad ambiental. Los valores de coliformes fecales, Manganeso y oxígeno disuelto en época lluviosa, sobrepasan los límites máximos permisibles, elementos que no cumplen con la calidad ambiental. Los parámetros pH, dureza, color, nitritos y fosfatos aumentaron en la época lluviosa y, nitratos y hierro en la época seca, por lo que se debe realizar un monitoreo permanente con el fin de identificar los focos de contaminación y evolución en el tiempo.

### IV. REFERENCIAS

Andrade, J., & Rivadeneira, J. (2014). *Modificación Simplificada Del Método De DELPHI*. Portoviejo, Manabí, Ecuador: Seminario Internacional Sobre Índices De Calidad Ambiental .

APHA. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (21a ed. ed.). Washington, USA.

Arizabalo, R. y. (2010). *La contaminación del agua subterránea y su transporte en medios porosos*. UNAM, Ed. Madrid .

AWWA. (2012). *American Water Works Association. Manual de entrenamiento para operadores de sistema de distribución de agua*. . Estados Unidos: Primera ed. .

Borbolla, M., Cruz, L., Piña, O., Fuente, J., & Garrido, S. (2003). *Calidad del agua en Tabasco. Salud en Tabasco*. Tabasco, México: No. 9 (1). Pp.170-177.

Brown, R., McClelland, N., Deininger, R., & Tozer, R. (octubre de 1970). A water Quality Index –Do We Dare? *Water And Sewage Works*. 339-343.

Burgos, E., & Agudo, D. (2015). Análisis de la eficiencia de filtros a base de zeolita para la remoción de contaminantes en el agua proveniente de dos pozos de abastecimiento público en el Recinto Tres Postes, Cantón Alfredo Baquerizo Moreno. Guayaquil, Guayas, Ecuador: ESPOL.

Cohn, D., Cox, M., & Beger, P. (2002). *Aspectos de la calidad del agua, salud y estética*. Madrid, España: Mc Graw-Hill.

Cohn, D., Cox, M., & Beger, P. (2002). *Aspectos de*

*la Calidad del Agua, Salud y Estética* . Madrid , España: Mc Graw-Hill .

Córdova, S., Gaete, H., & Aránguiz, F. (2009). *Evaluación de la Calidad de las Aguas del Estero Limache (Chile Central), mediante Bioindicadores Y Bioensayos*. Valparaíso, Chile . Valparaíso, Chile: Departamento de Biología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de Valparaíso .

Cotler, H. (2004). *El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*. . México: Ed. Instituto Nacional de Ecología INE. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 269 p.

Cotler, H. (2007). *El manejo integral de cuencas en México. Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*. 2 ed. México, 42-58.

Deepak, J. y. (2013). Measuring Customer Lifetime Value: Models and Analysis . *INSEAD- Working Paper No27/MKT*. 10, 50. Obtenido de Deepak, J y Singh, S. (2013). Measuring Customer Lifetime Value: Models and Analysis INSEAD- Working Paper No27/MKT. 10(50).

Dinius, S. (1987). Desigh of an Index Of Water Quality . *Water Res. Bull*, 23(5), 833-843

EPA. (2013). Obtenido de *Environmental Protection Agency – USEPA. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*: <http://water.epa.gov/scitech/monitoring/rsl/bioassessment/>.

EPA-US. (2013). *Environmental Protection Agency – USEPA. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*. Recuperado de <http://water.epa.gov/scitech/monitoring/rsl/bioassessment/>.

González, M., & Caballero, M. (2006). *Microbiología ambiental*. Ed. UNED, Madrid, España, 66-83.

Goyenola, G. (2007). *Oxígeno disuelto. Guía para la utilización de las Valijas Viajeras*. Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos RED MAPSA.

Goyenola, G. (2007). *Oxígeno disuelto. Guía para la utilización de las Valijas Viajeras*. Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos RED MAPSA.

- Howard, T. (2000). *Heavy Metals in the Environment. Using wetlands for their removal*. Alemania: Lewis Publisher. pp. 31-48 .
- INEC. (2010). Obtenido de Instituto Nacional de Estadísticas y Censos en la provincia de Los Ríos. www.inec.gob.ec
- INEN. (1998). *Norma Técnica Ecuatoriana Nte. Agua. Calidad Del Agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras*. Quito, Ecuador. Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización. Normas 1107 y 1108.
- INEN, Instituto Ecuatoriano de Normalización. (noviembre de 1998). *Norma Técnica Ecuatoriana Nte. Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras*. Quito, Ecuador.
- Manahan, S. (2007). *Introducción a la Química Ambiental*. Reverte, Ed. Barcelona.
- Martínez, C., & García, A. (2009). *Perímetro de protección para captaciones de agua subterránea destinada al consumo humano. Metodología y aplicación al territorio*. IGME, Ed. Madrid, España.
- Morais, P., Resende, B., Palau, P., & Tiago, G. (2016). Estudio da qualidade da água por meio de bioindicadores bentônicos em córregos da área rural e urbana. *Tabauté*, 11(1), 33-52.
- Novotny, V. (1996). Diffuse Sources of pollution by toxic Metals and Impact on Receiving Waters H. En S. W. P., *Heavy Metals; Problems and Solutions* (págs. 33-52). Alemania, Alemania: Environmental Science Springer-Verlag.
- OMS. (1995). *Guías para la calidad del agua potable. Ginebra, Suiza*: Organización Mundial de la Salud (OMS). Volumen 1. 195 p.
- OMS. (2006). *Guías para la calidad de agua potable. Ginebra-Suiza*. 45p. Obtenido de Organización Mundial de la Salud (OMS). (2006). Guías para la calidad de agua potable. Ginebra-Suiza. 45p.
- Pérez, A., Delgado, L., & Torres, P. (2012). Evolución y perspectivas del sistema de abastecimiento de la ciudad de Santiago de Cali frente al aseguramiento de la calidad del agua potable. Ingeniería y Conectividad R. *Revista Científica y Tecnológica*. 14 (2), 14.
- Pickett, S., & Cadenasso, M. (2002). *The ecosystem as a multidimensional concept: meaning, model and metaphor*. Ecosystems, Vol. 5, Issue, New York, USA.
- Salomons, W., Förstner, U., & Mader, P. (1996). *Heavy Metals. Problems and Solutions*. Alemania: Environmental Science Springer-Verlag.
- SENAGUA. (2009). *Informe de rendición de cuentas*. Quito-Ecuador. 10-19 p. : Secretaría Nacional del Agua.
- Sierra, C. (2016). *Calidad del Agua: evaluación y diagnóstico*. Medellín, Colombia: Mc Graw-Hill.
- Soto, C., & Reina, E. (2012). *Análisis de la calidad del agua en la subcuenca del río Coca. Estudio técnico*: DNCA – DHN – 12 – 01. . Coca, Ecuador: Secretaría Nacional del Agua.
- Stevenson, S. (1999). Aquatic habitat assessment: common methods. *American Fisheries Society, Bethesda, Maryland*.
- Torres, P., Cruz, C., & Patiño, P. (2010). Indices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista ingenierías*, 8(15).
- TULSMA, L. M. (2015). *Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Anexo 2, Libro VI*. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente.
- UNESCO (2003). *División de Ciencias del Agua. Agua para todos, Agua para la vida*. París.
- Vasanthavigar, M., Srinivasamoorthy, K., & Vijayaragavan, K. (2010). Obtenido de Environ Monit Assess 171: 595. doi:10.1007/s10661-009-1302-1.
- Wastewater, S. M. (2005). APHA. Washington, Estados Unidos: American Public Health Association. 1 (a ed.