

Ciencias Químicas

Artículo Científico

Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de pozos

Physico-chemical and microbiological evaluation of well water quality

Avaliação físico-química e microbiológica da qualidade da água bem

Juan C. Alcívar-Bueno^I
jalcivar2004@hotmail.com

Walter Mariscal-Santi^{II}
Universidad de Guayaquil
Guayaquil, Ecuador
walter.mariscals@ug.edu.ec
Universidad Agraria del Ecuador
wmariscal@uagraria.edu.ec

Nancy A. Sorroza-Rojas^{III}
Universidad de Especialidades Espíritu Santo
Samborondón, Ecuador
nancysorroza@uees.edu.ec

Ramón Villacres-Pastor^{IV}
Universidad de Guayaquil
Guayaquil, Ecuador
julio.villacresp@ug.edu.ec

Frella S. García-Larreta^V
Universidad de Guayaquil
Guayaquil, Ecuador
soraya.garcial@ug.edu.ec

Raisa S. Mariscal-García^{VI}
Guayaquil, Ecuador
raisamariscal@hotmail.com

Recibido: 30 de enero de 2017 * **Corregido:** 20 de febrero de 2017 * **Aceptado:** 20 junio de 2017

Resumen

En la zona rural de la parroquia la Rule, Cantón Balzar, Provincia del Guayas., existen cerca de un medio centenar de pozos de agua subterráneas, que se utilizan para consumo humano y actividades domésticas y agrícolas, de los cuales se tomaron 4 pozos en diferentes sectores del centro al sur durante el año 2017; se les realizó un análisis físico-químico y microbiológico que incluyó, turbidez, pH, sólidos disueltos totales, dureza, amoníaco, sulfatos, color, olor, sabor, hierro, manganoso, aluminio, nitratos, oxígeno disueltos, demanda bioquímica de oxígeno, coliforme totales y coliforme fecales. Con el objetivo de evaluar dichos indicadores y compararlos con la normativa ecuatoriana vigente TULSMA libro VI, anexo 1; y de esta forma evidenciar la calidad del agua de la que abastecen los habitantes de la zona. Los resultados obtenidos mediante procedimientos instrumentales de laboratorio indicaron valores ligeramente por encima del límite máximo permitido por el TULSMA en algunos de los parámetros analizados, como la dureza, sólidos disueltos totales, sulfato, hierro, coliformes totales, mientras que para el pH, color, sabor y manganoso y otros, los valores estuvieron dentro de los estándares establecidos por esta norma. Finalmente se determinó que el pozo No. 3 y 4 correspondiente al tramo centro- sur de la parroquia La Rule son los que presentan ligera contaminación. Se recomienda a las autoridades de este sector establecer y ejecutar campañas de saneamientos básicos, planes de monitoreos y posterior tratamiento de aguas de pozo.

Palabras claves: Contaminación físico-química y microbiológica, agua de pozo, zonas rurales, TULSMA, parroquia La Rule, provincia del Guayas.

Abstract

In the rural area of La Rule, Cantón Balzar, Province of Guayas, there are about half a hundred underground water wells, which are used for human consumption and domestic and agricultural activities, of which 4 wells were taken in Different sectors from the center to the south during the year 2017; A chemical and microbiological analysis including, turbidity, pH, total dissolved solids, hardness, ammonia, sulfates, color, odor, flavor, iron manganese, aluminum, nitrates, dissolved oxygen, Biochemical oxygen demand, total coliform and fecal coliform. In order to evaluate these indicators and compare them with the current Ecuadorian legislation TULSMA book VI, Annex 1; And thus demonstrate the quality of water that supply the inhabitants of the area. The results obtained by instrumental laboratory procedures indicated values slightly above the maximum limit allowed by TULSMA in some of the analyzed parameters, such as hardness, total dissolved solids, sulfate, iron, total coliforms, while for the PH, color, flavor and manganese and others, the values were within the standards established by this standard. Finally, it was determined that well No. 3 and 4 corresponding to the center-south section of La Rule parish are those that present slight contamination. It is recommended that the authorities in this sector establish and carry out basic sanitation campaigns, monitoring plans and subsequent treatment of well water.

Keywords: Physico-chemical and microbiological contamination, well water, rural areas, TULSMA, La Rule parish, Guayas province.

Resumo

Na área rural da Regra paróquia, Canton Balzar, Guayas Province. Há quase cinquenta poços de água subterrânea utilizados para o consumo humano e actividades domésticas e agrícolas, dos quais 4 poços foram tidos em diferentes setores do centro sul durante o ano 2017; Elas foram submetidas a uma análise físico-química e microbiológica que incluía, turbidez, pH, os sólidos dissolvidos totais, dureza, amônia, sulfatos, cor, odor, sabor, ferro fundido, alumínio, nitratos, oxigênio dissolvido, a demanda bioquímica de oxigênio, coliformes totais coliformes fecais e. Para avaliar esses indicadores e compará-los com a legislação equatoriana atual TULSMA Livro VI, anexo 1; e, assim, demonstrar a qualidade da água que fornecem os habitantes da área. Os resultados obtidos por procedimentos laboratoriais instrumentais indicados valores ligeiramente acima do limite máximo permitido pela TULSMA em alguns dos parâmetros analisados, tais como dureza, sólidos totais dissolvidos, sulfato, de ferro, os coliformes totais, enquanto para pH, cor, sabor e manganês e outros valores estavam dentro dos padrões estabelecidos por este padrão. Finalmente, determinou-se que o poço n ° 3 e 4 que corresponde ao centro-sul Parish A regra são aqueles com a poluição luz. Recomenda-se que as autoridades do setor para estabelecer e implementar campanhas de saneamento básico, planos de monitorização e posterior tratamento de água de poço.

Palavras-chave: contaminação microbiológica físico-química e, água de poço, rural, TULSMA, Freguesia A província Estado de Guayas.

Introducción

Los graves problemas de contaminación de las aguas que aportan las necesidades hídricas de la población, principalmente las zonas rurales, son en la actualidad una realidad palpable que requiere una solución adecuada, donde los principales factores contribuyentes a la disminución de la calidad de un cuerpo de agua son actividades como la agricultura, los desechos indiscriminados de los residuos automotrices, letrinas cercanas a las viviendas, el mal manejo de desechos sólidos y biodegradables entre otros ocasionando daño principalmente a la salud y el medio ambiente. (Penagos, 2013)

La parroquia La Rule, es un sector rural donde existen más de un centenar de pobladores que obtienen agua a través de pozo, indirecta. (Geohidrología, 2011). El agua potable es muy limitada en estas viviendas por lo que han tenido la necesidad de tener una fuente de abastecimiento como pozos de aguas para el uso necesario de estos habitantes por lo tanto los efectos de la contaminación físicoquímica y microbiológica del agua en la salud humana pueden ser causantes de grandes efectos agudos o crónicos. (Alvario, Gordillo, 2015)

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo determinar la calidad físicoquímica y microbiológica de agua de pozos en el sector, utilizando procedimientos instrumentales que permitan establecer los niveles de contaminación de las aguas de pozos contrastando sus resultados obtenidos en el laboratorio con los estándares de calidad ambiental contemplados por el TULSMA e identificando el tramo de mayor contaminación de los pozos de agua del sector. (Cano, 2014)

La evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de los pozos, permitirá adoptar medidas correctivas que mejoren la calidad del agua de los habitantes, con el propósito de garantizar un ambiente propio para el desarrollo humano y su utilización de estas fuentes de abastecimiento de agua sea con las respectivas seguridades de calidad. (Figuerola, 2014)

Una investigación realizada por César Paz y Miño, Decano del Instituto de Investigación Biomédica de la Universidad De Las Américas (UDLA) de Quito, y por Andrés López Cortés, investigador, dejó al descubierto que las fumigaciones con glifosato, utilizado en plantaciones de banano, causa daños al material genético de las personas. “Hicimos un estudio específicamente del daño genético, en relación a algunos pesticidas que se llaman organofosforados. Se hizo una evaluación de cómo

están metabolizando, degradando a las personas a través del funcionamiento normal del hígado. Entonces, si es que hacemos un análisis general de la problemática, diríamos que los pesticidas, todos los que hemos analizado, incluido el glifosato, producen daño del material genético”, puntualizó Paz (García, 2012)

La calidad del agua y su relación con las normativas nacionales

La Ley de Gestión Ambiental, establece que la Autoridad Ambiental nacional la ejerce el Ministerio del Ambiente, institución rectora, coordinadora y reguladora del sistema nacional descentralizado de gestión ambiental sin perjuicio de las atribuciones que en el ámbito de sus competencias y acorde a las leyes que las regulan, ejerzan otras instituciones del estado; la Constitución de la República del Ecuador, vigente, (Título Séptimo; Régimen del Buen Vivir.- Capítulo II; Biodiversidad y recursos naturales Art. 395.).

La Ley de Prevención y Control de la Contaminación. La Ley Forestal y conservación de áreas naturales y vida silvestre; Texto unificado de la Legislación ambiental secundaria (TULSMA).

Se entiende por agua para consumo humano y uso doméstico aquella que se emplea en actividades como:

- Bebida y preparación de alimentos para consumo,
- Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios,
- Fabricación o procesamiento de alimentos en general.

Esta Norma se aplica durante la captación de la misma y se refiere a las aguas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran de tratamiento convencional, deberán cumplir con los siguientes criterios.

La presente investigación cuenta con estudios actualizados y junto con trabajos anteriores e investigaciones futuras, serán empleadas para un correcto manejo de los recursos hídricos del sector norte del Cantón Balzar.

Materiales y Métodos.

La investigación tiene el carácter exploratorio, descriptivo, explicativo, con un enfoque cuantitativo, analítico e instrumental que parte de una población infinita que se basa en la recolección, ordenamiento y análisis de los datos procedentes de un determinado conjunto de observaciones de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos del agua de los pozos en la parroquia La Rule del cantón Balzar, provincia del Guayas.

Como parte inicial de la investigación se desarrolló una amplia revisión bibliográfica para conocer los antecedentes, descripciones, estudio del entorno del sector, se hicieron visitas a dependencias gubernamentales, municipales y una exhaustiva revisión de la normatividad vigente.

El diseño de la investigación es de tipo exploratorio – descriptivo, enfocado en la parte analítica, instrumental, de comparación simple debido a que se debe primero planear un conjunto de pruebas experimentales de tal manera que los datos obtenidos instrumentalmente en el laboratorio puedan observarse, compararse y analizarse para obtener conclusiones y recomendaciones válidas y objetivas del proceso de laboratorio.

Se realizó el primer monitoreo el 15 de Marzo del 2017, el segundo monitoreo el 30 de Marzo del 2017 y el tercer monitoreo el 15 de Abril del 2017. Los análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos se lo realizaron en el laboratorio acreditado de la Ciudad de Guayaquil respectivo para los análisis pertinentes.

En cada punto de muestreo (4 puntos), se midió in situ los parámetros físicos del agua tales como: El pH y el oxígeno disuelto, utilizando equipos electrónico Multi parámetro, tales como el oxímetro THERMO SCIENTIFIC, para la medición del oxígeno disuelto (ppm) y el potenciómetro WTW PH 320, para la medición del pH (UpH); se recolectaron muestras de agua para los análisis químicos en el laboratorio, para determinar DBO₅, nitratos, solidos disueltos totales, turbidez, Dureza, Sulfatos, amoníaco, expresados –la mayoría- en Mg/L; también se recolectó muestras agua para los análisis microbiológicos en el laboratorio para determinar Coliformes totales, acompañados de Coliformes fecales expresados en Nmp/100ml, finalmente se obtuvieron muestras para determinar en el laboratorio metales como Mn, Al, y hierro expresados en mg/l.

Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de pozos

Se determinaron los siguientes parámetros para analizar y caracterizar in situ la calidad del agua de los puntos de muestreos en dicha área:

- pH: se utilizó equipo portátil pH modelo WTW 320.
- Oxígeno Disuelto: el equipo portátil Oxímetro THERMO SCIENTIFIC.
- Sólidos disueltos totales, turbidez, Dureza, se utilizó el Standard Methods 2540-B, y se utilizó el equipo portátil modelo WTW 320.

Demanda Bioquímica de Oxígeno. Se tomaron muestras en la orilla, centro y extremo, con botellas color ámbar de 300ml con tapa esmerilada, se utilizó el método de HACH LBOD 101 para DBO₅ y el método de Nova 60 para la DQO.

- Coliformes Totales y Coliformes Fecales,: se utilizó el método para analizar Coliformes fecales; Número Más Probable (MPN) de acuerdo al API-5.8-04-01-00M27 y API-5.8-04-01-00M22 (Standard Methods 21th 9221 ABCE).
- Nitrito, Amoníaco, Sulfato: el método Nova 60: el método de EPA 6020.
- Metales como Hierro Manganeso y Aluminio, se aplicó el método de Absorción Atómica.

El procedimiento para obtener los resultados para los parámetros físico-químicos y microbiológicos en agua fueron:

- Para el pH: se procedió a insertar directamente el equipo en la muestra de agua se obtuvo el resultado inmediatamente.
- Para la turbidez, dureza, sólidos disueltos totales, se tomó en cada caso 25ml de la muestra, para luego analizarlo en el laboratorio utilizando la metodología respectiva y obtener los resultados correspondientes.
- Oxígeno Disuelto: se tomó la muestra, y se insertó el Oxímetro en el agua y se obtuvo el resultado de inmediato.
- Coliformes Totales, Fecales: se procedió a tomar 2 muestras para cada área de muestreo en botellas y fundas plásticas estériles de 100ml y luego se colocaron en una nevera portátil para ser transportadas al laboratorio y determinar Coliformes Totales, así como Coliformes fecales, por el método de Número Más Probable (MPN): dicho método se utilizó para estimar la cantidad de Coliformes presentes en el agua. Para cada muestra se inocularon 15 tubos; 5 de 10ml con doble concentración de Lauryl Tryptosa, 5 de 1.0 ml con concentración sencilla de Lauryl de Tryptosa y 5

Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de pozos

de 0.1ml con concentración sencilla de Lauryl Tryptosa. Se incubaron a 37° C por un período de 24 a 48 horas. La presencia de gas y/o turbidez determinó la presencia de los Coliformes.

Para obtener los resultados de Nitrato, sulfato y amoniaco se tomaron las muestras de agua en botellas blancas de plástico de 500ml debidamente lavadas con ácido clorhídrico (HCl) concentrado. el sedimento se lo recogió en fundas plásticas estériles, luego se colocaron en una nevera portátil para transportarlas al laboratorio para analizar exclusivamente la presencia de Nitratos, Sulfatos, Amoniacos y para ello se acidificó previamente la muestra con ácido clorhídrico (HCl) para preservarlas y luego se colocaron en una nevera. Las muestras se analizaron a los dos días después de preservarlas., utilizando el Espectrofotómetro correspondiente el cual utiliza luz ultravioleta para medir las partes por millón (ppm) de nitrato, amoniaco y sulfato en el agua. Para el análisis de cloro se realizaron las pruebas de confirmación respectivas utilizando el método correspondiente.

Para obtener los resultados de los metales Mn, Fe, Al. Las muestras se colocaron en recipientes plásticos y luego se colocaron en una nevera para preservarlas y transportarlas al laboratorio, donde se anota el pH de la muestra y se preservó con ácido nítrico 0.1Molar. Luego de acidificar las muestras se colocaron en las neveras hasta dos días después que se hizo el análisis. Se hizo digestión para metales según el "Standard Methods" sección 302c. Luego de realizada la digestión sedimento marino a las muestras, se aplicó el método de Absorción Atómica correspondiente, para analizar la posible presencia de (Al, Mn, Fe) en el sedimento de los pozos.

Se escogió la muestra en el sector de la parroquia La Rule del cantón Balzar, provincia del Guayas, tomando en cuenta que las aguas subterráneas en las que se determinan sus niveles de calidad se las hizo en tiempo de pozo para obtener muestras de agua subterránea y realizar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

El tamaño de la muestra se determinó con un nivel o intervalo de confianza del 95% y un margen de error del 3.85%

La zona para objeto de muestreo fue dividido en 4 puntos referenciados con GPS, para determinar la localización exacta del área de investigación.

Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de pozos

Tabla 1. Coordenadas de los pozos analizados, ubicados en el sector la parroquia La Rule del cantón Balzar, provincia del Guayas.

Pozo	Familia	Latitud	Longitud	Altitud Msnm	Profundidad M
1	A	-1.493502°	-79.952576°	12	12
2	B	-1.493261°	-79.952643°	14	14
3	C	-1.493502°	-79.951640°	15	11
4	D	-1.493304°	-79.951158°	15	8

Elaborado por: Juan Carlos Alcívar Bueno (2017).

Resultados.

El pH promedio general es de 7.09 UpH que se encuentra dentro del rango permitido, el pH de las aguas naturales se debe a la composición de los terrenos, pH alcalino indica que estos son calizos y si es ácido que son silicios.

El potencial de hidrógeno para el mes de Marzo (15 de Marzo) presentó un promedio de 7 UpH con una desviación estándar de 0.026, siendo el pH más alto el registrado en el pozo No. 3 con 7.12, mientras que el valor del pH en los demás pozos fue de 7. UpH en promedio.

El potencial de hidrógeno para el mes de Marzo (30 de Marzo) presentó un promedio de 7.035 UpH y una desviación estándar de 0.06, siendo el pH más alto registrado en el pozo No. 2 y 4 con 7.09 UpH, mientras que el valor del pH en los demás pozos fue de 7.0 UpH en promedio.

El potencial de hidrógeno para el mes de abril (15 de abril) presentó un promedio de 7. UpH y una desviación estándar de 0.00, siendo el pH más alto registrado en el pozo No. 2 con 7.1 UpH, mientras que el valor del pH en los demás pozos fue de 7.1 UpH en promedio.

Estos promedios se consideran normales dentro del rango establecido por el TULSMA que es de 6 a 9 UpH.

Las ligeras variaciones pueden estar relacionadas por una pequeña carga de materia orgánica que entra al sistema en las aguas de escorrentías, y al efecto acidificante de las aguas subterráneas

presentes en el pozo. El agua residual doméstica en general es ligeramente alcalina por presencia de carbohidratos y metales alcalinos.

Sólidos disueltos totales. Los sólidos disueltos totales promedio general es de 1000,15 mg/l que casi coincide con el límite establecido, y por lo tanto se descarta materia suspendida o disuelta en un medio acuoso.

Los sólidos totales para el mes de Marzo (15 de Marzo) presentó un promedio de 1000.25 mg/l con una desviación estándar de 1.71, siendo los sólidos totales más alto registrado en el pozo No. 4 con 1002 mg/l, mientras que en el pozo No. 1 fue de 998 mg/l, en el pozo 2 fue de 1000 mg/l, y en el pozo 4 fue de 1002 mg/l.

Los sólidos totales para el mes de Marzo (30 de Marzo) presentó un promedio de 1000.25 mg/l con una desviación estándar de 0.5, siendo los sólidos totales más alto registrado en el pozo No. 4 con 1001 mg/l, mientras que en los demás pozos fue de 100 mg/l en promedio.

Los sólidos totales para el mes de Abril (15 de Abril) presentó un promedio de 1000 mg/l con una desviación estándar de 0.96, siendo los sólidos totales más alto registrado en el pozo No. 2 con 1001 mg/l, mientras que en el pozo No. 1 fue de 1000 mg/l, y en el pozo 3 y 4 fue de 999 mg/l.

Estos valores se consideran normales, según el límite establecido por el TULSMA que es de 1000 mg/l.

Turbidez. La turbidez promedio general es de 6,25 NTU, que se encuentra muy bajo del límite máximo permitido recordemos que la Turbidez es una característica que se relaciona con el contenido de sólidos finamente divididos que se presentan en el agua.

La turbidez para el mes de Marzo (15 de Marzo) presentó un promedio de 6.67 NTU con una desviación estándar de 0.58, siendo la turbidez más alta la registrada en los pozos No. 1, 2 con 7 NTU, EN EL 4 con 5.75 NTU, mientras que en el pozo No. 3 fue de 6 NTU.

La turbidez para el mes de Marzo (30 de Marzo) presentó un promedio de 5 NTU con una desviación estándar de 0.58, siendo la turbidez más alta la registrada en los pozos No. 1, y 4 con 5.5 NTU, mientras que en el pozo No. 2 y 3 fue de 4.5 NTU.

Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de pozos

La turbidez para el mes de Abril (15 de Abril) presentó un promedio de 6 NTU con una desviación estándar de 0.82, siendo la turbidez más alta la registrada en el pozo No. 4 con 6.96 NTU, mientras que en los pozos No. 1 y 3 fue de 5.96 NTU y en el pozo 2 fue de 4.96.

Estos valores se consideran ligeramente elevados según el límite establecido por el TULSMA que es de 100 NTU.

Oxígeno disuelto. En el Oxígeno Disuelto el promedio general es de 5,31 mg/l, valor por encima de los límites esto es debido a que no es un contaminante de las aguas sino un elemento que indica la presencia de bacterias o la vulnerabilidad.

En la determinación de Oxígeno Disuelto en el 15 de Marzo los pozos presentaron un promedio de 5.34 mg/l con una DS de 0.19 siendo el valor más alto registrado en el pozo n° 2 con 5,55 mg/l, mientras que en el pozo n° 1 presentó un valor de 5,13 mg/l, el pozo 3 fue 5.23 mg/l y el pozo 4 con un valor de 5.43 mg/l.

En el 30 de Marzo presentó un promedio de 5,39 mg/l con una desviación estándar de 0.12, siendo el valor más alto registrado en el pozo n° 3 con 5,53 mg/l, mientras en el pozo n° 1 fue de 5.43 mg/l, el pozo 2 un valor de 5.35 mg/l y en el pozo 4 fue de 5.133 mg/l.

Para el 15 de Abril presentó un promedio de 5.31 mg/l con una desviación estándar de 0.17 siendo el valor más alto registrado en el pozo n° 3 con 5.43 mg/l mientras que en el pozo 1 fue de 5.25 mg/l, en el pozo n° 2 fue 5.38 mg/l y el 4 fue 5.30 mg/l.

Dbos. La DBO₅ promedio general es de 3.34 mg/l, que se encuentra por encima del límite máximo permitido y esto es debido a que puede indicar la presencia de materia orgánica que afecta la calidad de agua de consumo.

La DBO₅ para el mes de Marzo (15 de Marzo) presentó un promedio de 3,27 mg/l L con una desviación estándar de 0,17 siendo la DBO₅ más alta la registrada en los pozos No. 3 con 3,5 mg/l, mientras que en el pozo No. 1 fue de 3,1 mg/l, en el pozo 2 fue 3,2 mg/l y en el 4to pozo fue 3,3 mg/l.

La DBO₅ para el mes de Marzo (30 de Marzo) presentó un promedio de 3,32 mg/l con una desviación estándar de 0,19, siendo la DBO₅ más alta la registrada en los pozos No. 3 con 3,58 mg/l,

Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de pozos

mientras que en el pozo No. 1 fue de 3,13 mg/l, en el pozo 2 fue 3,25 mg/l y en el pozo 4 fue 3,32 mg/l.

La DBO₅ para el mes de Abril (15 de Abril) presentó un promedio de 3,34 mg/l con una desviación estándar de 0,13 siendo la DBO₅ más alta la registrada en los pozos No. 3 con 3,51 mg/l, mientras que en el pozo No. 1 fue de 3,19 mg/l, en el pozo 2 fue 3,37 mg/l y en el pozo 4 fue 3,32 mg/l.

Estos valores se consideran ligeramente elevados según el límite establecido por el TULSMA que es de 2 mg/l.

Nitratos. El valor promedio general de Nitratos es de 10,45 mg/l valor ligeramente por encima de los estándares. En las aguas superficiales y subterráneas la concentración de nitratos tiende a aumentar hoy día, como consecuencia del incremento del uso de fertilizantes.

Se determinó en el mes de Marzo (15 de Marzo) un valor promedio de 10,34 mg/l con una desviación estándar de 0,094 siendo el valor más alto registrado en el pozo n° 3 con 10,47 mg/l, mientras que en el pozo n° 1 presentó un valor de 10,3 mg/l, el pozo 2 fue 10,35 mg/l y el pozo 4 con un valor de 10,28 mg/l.

En el mes de Marzo (30 de Marzo) presentó un promedio de 10,36 mg/l con una desviación estándar de 0,080, siendo el valor más alto registrado en el pozo n° 3 con 10,47 mg/l, mientras en el pozo n° 1 fue de 10,36 mg/l, el pozo 2 un valor de 10,34 mg/l y en el pozo 4 fue de 10,28 mg/l.

Para el mes de Abril presentó un promedio de 10,36 mg/l con una desviación estándar de 0,087 siendo el valor más alto registrado en el pozo n° 3 con 10,46 mg/l mientras que en el pozo 1 fue de 10,36 mg/l, en el pozo n° 2 fue 10,35 mg/l. y el 4 fue 10,25 mg/l.

Estos valores se consideran ligeramente elevados según el límite establecido por el TULSMA que es de 10 mg/l.

Dureza. La dureza promedio general es de 509,41 mg/l y se encuentra ligeramente elevado del límite máximo permisible, se puede decir que la cantidad total de calcio y magnesio es la que viene de carbonatos y bicarbonatos y la que proviene de sulfatos.

Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de pozos

La dureza para el mes de Marzo (15 de Marzo) presentó un promedio de 509.75 mg/l con una desviación estándar de 2.22, siendo la dureza más alta la registrada en el pozo No. 4 con 512 mg/l, mientras que en el pozo No. 1 fue de 509 mg/l, en el pozo 2 fue de 507 mg/l, y en el pozo 3 fue de 511 mg/l.

La dureza para el mes de Marzo (30 de Marzo) presentó un promedio de 509.75 mg/l con una desviación estándar de 0.96, siendo la dureza más alta la registrada en el pozo No. 1 con 511 mg/l, mientras que en el pozo No. 2 fue de 510 mg/l, y en el pozo 3 y 4 fue de 509 mg/l.

La dureza para el mes de Abril (15 de Abril) presentó un promedio de 509 mg/l con una desviación estándar de 2.5, siendo la dureza más alta la registrada en el pozo No. 3 con 512 mg/l, mientras que en el pozo No. 1 fue de 506 mg/l, y en el pozo 2 fue de 510 mg/l y en el pozo 4 fue de 509 mg/l.

Estos valores se consideran ligeramente altos según el límite establecido por el TULSMA que es de 500 mg/l.

Color-sabor. En términos generales el color y el sabor de los cuatro pozos analizados es aceptable.

Sulfato. El sulfato promedio general es de 259,92 mg/l. demostrando un valor elevado. Altos niveles presentan problemas en la calidad y usos del agua.

El ión Sulfato para el mes de Marzo (15 de Marzo) presentó un promedio de 253 mg/l con una desviación estándar de 3.74, siendo el valor más alto el registrado en el pozo No. 4 con un valor de 257 mg/l, mientras en el pozo No. 1 es 248 mg/l, el pozo 2 fue de 253 mg/l y en el pozo 3 fue de 254 mg/l.

El sulfato para el mes de Marzo (30 de Marzo) presentó un promedio de 269,25 mg/l con una desviación estándar de 22.5, siendo el valor más alto el registrado en el pozo No. 1 con 398 mg/l, mientras en el pozo n° 3 y 4 fue de 268 mg/l.

Para el mes de Abril (15 de Abril) presentó un promedio de 260 mg/l con una desviación estándar de 12.19, siendo el valor más alto el registrado en el pozo No. 4 con 278 mg/l, mientras en el pozo No. 1 fue de 252 Mg/l, el pozo 2 con 253 y en el 3 fue de 257 mg/l.

Todos los valores obtenidos de los 3 monitoreos se consideran un valor elevado fuera del rango establecido por el TULSMA, que es de 400 mg/l.

El comportamiento del ión sulfato puede desviarse significativamente del teórico predecible en base a principios de su disolución por su tendencia a formar iones complejos con Na y Ca y a incorporarse a procesos biológicos. El ion sulfato está sujeto a procesos de reducción especialmente en presencia de bacterias y materia orgánica, el sulfato es el resultado de la oxidación del ácido sulfhídrico H₂S originalmente presente en el agua o en el acuífero.

Amoníaco. El amoníaco promedio general es de 1,59 mg/l que se encuentra un poco alto del límite máximo permitido, y esto es debido a la deposición del amoníaco presente en la lluvia y procedente de actividades volcánicas y de la volatilización del NH₄⁺ sobre las aguas de pozo.

El amoníaco para el mes de Marzo (15 de Marzo) presentó un promedio de 1.60 mg/l con una desviación estándar de 0.04, siendo el amoníaco más alto el registrado en el pozo No. 4 con 1.66 mg/l, mientras que en el pozo No. 1 y 2 fue de 1.58 mg/l y en el pozo 3 fue de 1.56 mg/l .

El amoníaco para el mes de Marzo (30 de Marzo) presentó un promedio de 1.575 mg/l con una desviación estándar de 0.01, siendo el amoníaco más alto el registrado en el pozo No. 1 con 1.59 mg/l, mientras que en los demás pozos fue de 1.57 mg/l.

El amoníaco para el mes de Abril (15 de Abril) presentó un promedio de 1.59 mg/l con una desviación estándar de 0.057, siendo el amoníaco más alto el registrado en el pozo No. 3 con 1.67 mg/l, mientras que en el pozo No. 1 fue de 1.58 mg/l y en el pozo 2 fue de 1.55 mg/l y 4 fue de 1.55 mg/l.

Estos valores se consideran ligeramente elevados según el límite establecido por el TULSMA que es de 1,00 mg/l.

Hierro. El Fe para el mes de Marzo (30 de Marzo) presentó un promedio de 0.805 mg/l con una desviación estándar de 0.117, siendo el Fe más alto el registrado en el pozo No. 4 con 0.93 mg/l, mientras en el pozo No. 1 fue de 0.7 mg/l, en el pozo 2 fue de 0.71 mg/l y en el pozo 3 fue de 0.88 mg/l.

Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de pozos

El valor registrado para el mes de Abril (15 de Abril) presentó un promedio de 0.845 mg/l con una desviación estándar de 0.095, siendo el manganeso más alto el registrado en el pozo No. 3 con 0.93 mg/l, mientras en el pozo No. 1 fue de 0.74 mg/l, en el pozo 2 fue de 0.79 mg/l y en el pozo 4 fue de 0.92 mg/l.

Los valores obtenidos se consideran bajos con respecto al rango establecido por el TULSMA, que es de 1.0 mg/l.

Manganeso. El manganeso para el mes de Marzo (15 de Marzo) presentó un promedio de 0.305 mg/l con una desviación estándar de 0.02, siendo el manganeso más alto el registrado en el pozo No. 3 con 0.33 mg/l mientras en el pozo No. 1 fue de 0.31 mg/l, en el pozo 2 fue de 0.29 mg/l y en el pozo 4 fue de 0.29 mg/l.

El manganeso para el mes de Marzo (30 de Marzo) presentó un promedio de 0.31 mg/l, con una desviación estándar de 0.062, siendo el manganeso más alto el registrado en el pozo No. 2 con 0.43 mg/l, mientras en el pozo No. 1 fue de 0.32 mg/l, en el pozo 3 fue de 0.32 mg/l y en el pozo 4 fue de 0,29 mg/l.

El manganeso para el mes de Abril (15 de Abril) presentó un promedio de 0.31 mg/l con una desviación estándar de 0.016, siendo el manganeso más alto el registrado en el pozo No. 2 con 0.33 mg/l, mientras en el pozo No. 1 fue de 0.31 mg/l, en el pozo 3 fue de 0.31 mg/l y en el pozo 4 fue de 0.29 mg/l.

Estos valores se consideran ligeramente elevados según el límite establecido por el TULSMA que es de 0,1 mg/l.

Aluminio. El Aluminio promedio general es de 0,22 mg/l, se considera un valor ligeramente alto, en aguas neutras está presente como compuestos insolubles, y en aguas altamente ácidas o alcalinas se puede presentar en solución.

El Aluminio para el mes de Marzo (15 de Marzo) presentó un promedio de 0.2 mg/l, con una desviación estándar de 0.03, siendo el valor más alto el registrado en el pozo No. 3 con 0.24 mg/l, mientras en el pozo No. 1 fue de 0.22 mg/l, en el pozo 2 fue de 0.17 mg/l, y en el pozo 4 fue de 0.23 mg/l.

Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de pozos

Para el mes de Marzo (30 de Marzo) presentó un promedio de 0.235 mg/l con una desviación estándar de 0.037, siendo el valor más alto el registrado en el pozo No. 2 con 0.26 mg/l, mientras en el pozo No. 1 fue de 0.18 mg/l, en el pozo 3 fue de 0.25 mg/l, y en el pozo 4 fue de 0,25 mg/l

En el mes de Abril (15 de Abril) presentó un promedio de 0.2426 mg/l, con una desviación estándar de 0.029, siendo el valor más alto el registrado en el pozo No. 2 y 4 con un valor de 0.26 mg/l, mientras en el pozo 3 fue de 0.25 mg/l y el pozo n°1 fue de 0.2 mg/l.

Los resultados de análisis de Aluminio mostraron que los valores de este parámetro se consideran ligeramente elevados dentro del rango establecido por el TULSMA, que es de 0.2 mg/l.

Tabla 2: Indicadores microbiológicos de la calidad del agua de los pozos, ubicados en la Parroquia La Rule Del Cantón Balzar, Provincia Del Guayas. Fecha: 15 de marzo de 2017

Área de estudio	Coliformes totales (nmp/100 ml)	Coliformes fecales (nmp/100 ml)
P1	$2,32 \times 10^3$	1.57×10^2
P2	$2,32 \times 10^3$	1.57×10^2
P3	$1,77 \times 10^3$	2.47×10^2
P4	$3,9 \times 10^3$	2.57×10^2
Promedio	2.58×10^3	2.05×10^2
Valores estándar	3000	600
Desviación estándar	919	550
Varianza	844558,3	302500
Mediana	2320	2020
Max	$3,9 \times 10^3$	2.57×10^2
Min	$1,77 \times 10^3$	1.57×10^2

Elaborado por: Juan Carlos Alcívar Bueno (2017).

Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de pozos

Tabla 3: Indicadores microbiológicos de la calidad del agua de los pozos, ubicados en la Parroquia La Rule Del Cantón Balzar, Provincia Del Guayas. Fecha: 30 de marzo de 2017

Área de estudio	Coliformes totales (nmp/100 ml)	Coliformes fecales (nmp/100 ml)
P1	$2,33 \times 10^3$	$1,58 \times 10^2$
P2	$1,78 \times 10^3$	$2,28 \times 10^2$
P3	$1,78 \times 10^3$	$2,28 \times 10^2$
P4	4×10^3	$2,58 \times 10^2$
Promedio	$2,47 \times 10^3$	2.18×10^2
Valores estándar	3000	600
Desviación estándar	1050,82	424,26
Max	4×10^3	$2,58 \times 10^2$
Min	$1,78 \times 10^3$	$1,58 \times 10^2$

Elaborado por: Juan Carlos Alcívar Bueno (2017).

Tabla 4: Indicadores microbiológicos de la calidad del agua de los pozos, ubicados en la Parroquia La Rule Del Cantón Balzar, Provincia Del Guayas. Fecha: 15 de abril de 2017

Área de estudio	Coliformes totales (nmp/100 ml)	Coliformes fecales (nmp/100 ml)
P1	$2,32 \times 10^3$	1.57×10^2
P2	$1,78 \times 10^3$	2.28×10^2
P3	$4,19 \times 10^3$	2.59×10^2
P4	$4,18 \times 10^3$	$2,58 \times 10^2$
Promedio	$3,13 \times 10^3$	2.27×10^2
Valores estándar	3000	600
Desviación estándar	1252,21	478,78
Varianza		
Max	$4,2 \times 10^3$	$2,6 \times 10^2$
Min	$1,8 \times 10^3$	1.6×10^2

Elaborado por: Juan Carlos Alcívar Bueno (2017).

Discusión.

Coliformes Totales. Los coliformes totales promedio general es de 2.59×10^3 NMP/100 ml, valor ligeramente por debajo del límite máximo, que sirve para evaluar más ampliamente la calidad bacteriológica del agua y que determina la presencia o ausencia de organismos coliformes.

En la determinación de presencia de coliformes totales en el agua de pozo por el método del número más probable NMP se determinó que en el 15 de Marzo los pozos presentaron un promedio de 2.58×10^3 NMP/100 ml con una desviación estándar de 919, siendo el valor más alto registrado en el pozo n° 4 con 3.9×10^3 NMP/100 ml, mientras que en el pozo n° 3 presentó un valor de 1.77×10^3 NMP/100 ml y el pozo 1 y 2 fue de 2.32×10^3 NMP/100 ml.

En el 30 de Marzo presentó un promedio de 2.47×10^3 NMP/100 ml con una desviación estándar de 1.05, siendo el valor más alto registrado en el pozo n° 4 con 4×10^3 NMP/100 ml, mientras en el pozo n° 1 fue de 2.33×10^3 NMP/100 ml y en el pozo 2 de 1.78×10^3 NMP/100 ml y el pozo n° 3 fue de 1.78×10^3 NMP/100 ml.

En el 15 de Abril presentó un promedio de 3.13×10^3 NMP/100 ml con una desviación estándar de 1.25×10^3 , siendo el valor más alto registrado en el pozo n° 3 con 4.19×10^3 NMP/100 ml, mientras en el pozo n° 1 fue de 2.32×10^3 NMP/100 ml y en el pozo n° 2 de 1.78×10^3 NMP/100 ml y el pozo n° 4 fue de 4.18×10^3 NMP/100 ml.

Estos valores están ligeramente por encima de los estándares establecidas por el TULSMA que es de 3000 NMP/100 ml en el pozo n° 3 y n° 4

Los organismos patógenos están dentro del grupo de los coliformes, pero no todos los coliformes son patógenos, por lo que la presencia de coliformes en una muestra de agua no necesariamente indica la presencia de organismos causantes de enfermedad.

Coliformes Fecales. Los coliformes fecales promedio general es de 21.75 NMP/100 ml, está dentro rango (o fuera), son un subgrupo de los coliformes totales y se han seleccionado como indicadores de contaminación fecal.

En la determinación de presencia de coliformes fecales en el agua de pozo por el método del número más probable NMP, el 15 de Marzo los pozos presentaron un promedio de 2.05×10 NMP/100 ml

con una desviación estándar de 550, siendo el valor más alto registrado en el pozo n° 4 con 2.57×10 NMP/100 ml.

En el 30 de Marzo presentó un promedio de 2.18×10 NMP/100 ml con una desviación estándar de 424.26, siendo el valor más alto registrado en el pozo n° 4 con 2.58×10 NMP/100 ml, mientras en el pozo n° 1 fue de 1.58×10 NMP/100 ml y en el pozo 2 Y 3 de 2.28×10 NMP/100 ml.

En el mes de Abril presentó un promedio general es de 2.16×10 NMP/100 ml. con una desviación estándar de 4,78, siendo el valor más alto registrado en el pozo n° 3 de 2.59×10 NMP/100 ml, en el pozo 4 con 2.58×10 NMP/100 ml, mientras que en el pozo 1 fue de 1.57×10 NMP/100 ml y en el pozo 2 fue de $2,28 \times 10$ NMP/100 ml.

Estos valores están ligeramente por debajo de los estándares establecidas por el TULSMA que es de 600 NMP/100 ml.

Conclusiones.

Se determinaron los parámetros físicos-químicos y microbiológicos que la norma TULSMA exige para las aguas de estudio, obteniendo así:

Parámetros Físicos

Para el parámetro pH todos los cuatro pozos analizados durante los 3 monitoreo presentaron un promedio general de 7.09 UpH, los que se encuentran dentro del rango establecido por la normas TULSMA que es de 6.5 a 8.5 de pH.

Los sólidos disueltos totales presentaron un promedio general para los cuatro pozos de 1000.15 mg/l, que se encuentra en términos normales del rango normal indicado por el TULSMA que es de 1000 mg/l., lo que indica un normal contenido de materia suspendida o disuelta en el medio acuoso.

Con respecto a la turbidez, las TULSMA establecen un límite máximo de hasta 100 NTU, los 4 pozos analizados presentaron un promedio general de 6.25 NTU, es decir, estas aguas de los pozos muestreados tienen un valor bajo, las épocas lluvias en este sector son un factor muy determinante para que estas aguas presenten estos valores.

Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de pozos

Con respecto al color y sabor los tres monitoreo para los cuatro pozos analizados presentaron valores dentro del rango aceptable según el TULSMA.

Parámetro Químico.

Paralelamente en lo referente a los parámetros químicos, los resultados de oxígeno disuelto presentan valores superiores a 5 ppm considerando por tanto inadecuados para el consumo humano.

La DBO₅ promedio general es de 33.45 mg/l, que se encuentra por encima del límite máximo permitido que es 30 mg/l. La DBO₅, presenta parámetros superiores a 30 mg/l, muestra que la naturaleza de los componentes que predominan en esas aguas son no biodegradables y permanecen por largo tiempo en los elementos ambientales ejerciendo un efecto negativo en el consumo de dichas aguas.

La dureza de los cuatro pozos de estudio presentaron un promedio general de 509,41 mg/l., valor ligeramente por encima del límite máximo permitido por el TULSMA que es de 500 mg/l., esto es debido a que la concentración general mide la concentración de iones calcio y magnesio.

En el Sulfato, todos los pozos muestreados en los 3 monitoreo presentaron valores por encima de los que establece el TULSMA 400 mg/l, presentando un promedio general 259,92 mg/l...

El amoniaco presentó un promedio general de 1,59 mg/l. para los cuatro pozos, el cual se encuentra por encima del límite máximo permisible indicado por el TULSMA que es de 1.0 mg/l.

Para el hierro se presentó un promedio general de 0,82 mg/l. en los tres monitoreo de los cuatro pozos, siendo este un valor por encima de los estándares establecidos por el TULSMA que es de 1.0 mg/l.

Con respecto al manganeso, el promedio general para los cuatro pozos fue de 0,32 mg/l., el mismo que se considera ligeramente alto ya que se encuentra por encima del límite máximo permitido indicado por el TULSMA que es de 0.1 mg/l.

Para el Aluminio los 3 monitoreo presentaron un promedio general de 0,22 mg/l., valor ligeramente elevado para lo que establece la Norma TULAS que es de 0.2 mg/l, El aluminio en concentraciones excesivamente elevadas se presenta como un factor patogénico en las aguas.

Parámetros Microbiológicos.

Los coliformes totales en sus tres monitoreo presentaron un promedio general de 2.590 NMP/100 ml, el cual se encuentra por debajo de los estándares establecidos por la norma TULSMA que es de 3000 NMP/100 ml. Respecto a los coliformes fecales el promedio general de los tres monitoreo en los cuatro pozos fue de 217.5 NMP/100 ml, es decir, se encuentra por debajo del límite máximo indicado por el TULSMA que es de 600 NMP/100 ml.

De este modo, según la comparación que realizamos de las TULSMA con los resultados del laboratorio de nuestras muestras de agua de pozo, la mayoría de los parámetros analizados (10) se encuentran por encima del límite máximo permitido por el TULSMA, como son la dureza, los sólidos disueltos totales, el, DBO₅, Amonio, Aluminio, Nitratos, Oxígeno Disuelto. Mientras que para el pH, color, sabor y manganeso y demás parámetros los valores estuvieron dentro de los estándares establecidos por esta norma.

El tramo de mayor contaminación del agua de los pozos de la parroquia La Rule corresponde al pozo No. 3 y en algunos casos el pozo 4.

Se logró constatar que los 4 pozos subterráneos son utilizados por la comunidad como fuente principal de abastecimiento de agua para diversas actividades sólo en el momento cuando se escasea o hay algún mantenimiento en la planta de agua potable, por lo que el aumento de los valores obtenidos de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los 4 pozos de agua se debe a que ninguno de los pozos reciben ningún tipo de tratamiento, ni buen cuidado y manejo sanitario por parte de sus consumidores, además de encontrarse estos cerca de letrinas, criaderos de animales de especies porcinas, vacunos y avícolas, y diversos cultivos entre las principales las bananeras.

Recomendaciones.

- 1) Se recomienda a las autoridades ambientales, municipales y de la salud de este sector, establecer y ejecutar campañas de saneamientos básicos, planes de monitoreo para estas fuentes de abastecimiento de agua y posterior tratamiento.
- 2) Establecer con carácter de urgencia un programa de educación y capacitación a la población usuaria de agua de pozo en este sector

- 3) Fomentar la utilización de abonos orgánicos y otros productos biodegradables con el propósito de garantizar un ambiente propio para el desarrollo humano y su utilización de estas fuentes de abastecimiento de agua sea con seguridad.
- 4) Fomentar a las familias que tienen esta clase de recurso de agua la adecuada protección de estas fuentes y buen manejo sanitario, alejados totalmente de criaderos de animales, letrinas y demás especies.
- 5) Dar seguimiento al estudio realizado en el presente proyecto, y de ser necesario a la búsqueda de gases, sustancias tóxicas como plaguicidas, hidrocarburos y otros contaminantes complejos que influyen en el deterioro de la calidad de agua donde está en riesgo la salud el ecosistema.

Bibliografía.

- Alvario, gordillo. (2015). *Evaluación fisicoquímica y microbiológica de la calidad del*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Cano, F. (2014). *Técnicas de Análisis Microbiológico de Alimentos y Agua*. Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP).
- Cerrano, L. (2012). *Determinación de calidad de agua para consumo humano en el municipio de Villa Nueva, Departamento de Guatemala*. . Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Figuerola, M. (2014). *La comunicación sobre medio ambiente en Prensa Libre, dos problemas específicos, basura y agua*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar de Guatemala.
- García, A. (2012). Criterios modernos para evaluación de la calidad del agua para riego. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*(6), 27-36.
- Geohidrología. (1 de 12 de 2011). *GOOGLE.SITE*. Obtenido de GEOHIDROLOGIA: <https://sites.google.com/site/geohidrologia1234/Inicio/ciclo-v>
- Gray, N. (2012). *Calidad del agua potable problemas y soluciones*. . España: Acribia S.A.
- Hirata, R., & A. R. (2012). *La protección de los recursos hídricos subterráneos: una visión integrada en perímetros de protección de pozos y vulnerabilidad de acuíferos*. Sao Paulo, Brasil.
- Manual de Saneamiento de agua, vivienda y desechos*. . (2012). Limusa, Mexico.

Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de pozos

Penagos, J. (2013). *Implementación de un plan de análisis de riesgos y puntos críticos de control en la industria de agua purificada.* . Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.

Sanchez, A. (2015). *Proceso de análisis de aguas subterráneas del municipio de Mixco, Guatemala, para el Abastecimiento de Agua Potable.* . Guatemala: Universidad Rafael Landívar.