

Evaluación de la calidad de aguas subterránea de la parroquia La Peaña, provincia El Oro, Ecuador

Sara, Castillo-Herrera^{1*}; Salomón, Barrezueta-Unda²;
Javier, Arbito-Quituisaca³

Resumen

El agua subterránea es un recurso limitada con una alta vulnerabilidad a factores naturales o antropogénicos que pueden alterar sus atributos físicos, químicos y biológicos; y transformar este recurso en no apto para las actividades humanas incluido la agricultura. Aspecto que motivó la investigación, y tuvo como objetivo evaluar las aguas subterráneas de la parroquia La Peaña, en la provincia de El Oro (Ecuador). Para esto, se delimitaron 22 pozos ubicados en varias fincas bananeras, donde se tomaron muestras para determinar las propiedades color y olor; así como el pH, la conductividad eléctrica y la temperatura. También se delimito 10 submuestras a las que se realizaron análisis biológicos de coliformes totales, *Escherichia coli* y de los metales pesados: Hg, Pb, As, Cd y Mn. Los resultados mostraron un color transparente y sin olor en más del 80% de los pozos. El rango del pH 7.28-8.27 mostró una tendencia hacia la alcalinidad, con ligera presencia de salinidad por su baja CE (rango, 0.17-0.39 mS m). Las bacterias coliformes estuvieron en seis pozos con niveles sobre los 30 UFC ml⁻¹. Los metales Hg, Pb, As y Cd obtuvieron medias de 0.29 ug l⁻¹, 5 ug l⁻¹; 10.00 ug l⁻¹ y 0.80 ug l⁻¹, respetivamente, mientras que el Mn mostró la mayor variabilidad con rango de 0.06-1240 ug l⁻¹. Se recomienda no utilizar el agua con niveles altos de coliformes totales en el proceso de poscosecha del banano.

Palabras clave: calidad del agua; coliformes; pozos someros; metales pesados

Assessment of the groundwater quality in la peaña parish, el Oro province, Ecuador

Abstract

Groundwater is a limited resource with a high vulnerability to natural or anthropogenic factors that may alter its physical, chemical and biological attributes; and make this resource unsuitable for human activities including agriculture. This aspect motivated this research, and its objective was to evaluate the groundwater of the parish of La Peaña, in the province of El Oro (Ecuador). For this purpose, 22 wells located in several banana farms were chosen, where samples were taken to determine colour and odour properties, as well as pH value, electrical conductivity, and temperature. Ten subsamples were also chosen to which biological analyses of total coliforms, *Escherichia coli* and heavy metals were carried out: Hg, Pb, As, Cd and Mn. The results showed an odourless and transparent colour in more than 80% of the wells. The pH value range 7.28-8.27 showed a tendency towards alkalinity, with a slight presence of salinity due to its low EC (range, 0.17-0.39 mS m). Coliform bacteria were in six wells with levels above 30 CFU ml⁻¹. The metals Hg, Pb, As and Cd obtained averages of 0.29 ug l⁻¹, 5 ug l⁻¹; 10.00 ug l⁻¹ and 0.80 ug l⁻¹, respectively, while Mn showed the greatest variability with a range of 0.06-1240 ug l⁻¹. It is recommended not to use water with high levels of total coliforms in the banana post-harvest process.

Keywords: water quality; coliforms; shallow wells; heavy metals

Recibido: 04 de junio de 2019
Aceptado: 14 de agosto de 2019

¹ Master en Ciencia; Profesor titular de la Universidad Técnica de Machala; El Oro-Ecuador; scastillo@utmachala.edu.ec

² Doctor en Investigación Agraria y forestal; Profesor titular de la Universidad Técnica de Machala; El Oro-Ecuador; sbarrezueta@utmachala.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0003-4147-9284>

³ Ingeniero Agrónomo; Universidad Técnica de Machala; El Oro-Ecuador; jarvito_est@utmachala.edu.ec

* Autor para correspondencia: scastillo@utmachala.edu.ec

I. INTRODUCCIÓN

El agua constituye el 71% de la superficie del planeta y se estima que el 96.5% del agua se ubica en mares y océanos, el 1.5% es subterránea y el 1.7 % se fija en glaciares y los casquetes de hielo en los círculos árticos y antárticos; y solo un 0.30% en los ríos y lagunas está disponible como dulce (Robert *et al.*, 2017; Khatri & Tyagi, 2015). Por el cual, la gestión del agua es un desafío importante para el desarrollo sostenible de las naciones, en particular en zonas semiáridas y áridas, con modestos recursos hídricos y una creciente demanda de agua dulce, causada por el crecimiento demográfico (Malki *et al.*, 2017).

A falta de recursos hídricos superficiales, se explota el agua subterránea para satisfacer la demanda ejercida por los diferentes sectores de la economía, uno de ellos la agricultura (Annapoorna & Janardhana, 2015; Chowdhury *et al.*, 2016). En este contexto, las aguas subterráneas se consideran una fuente primaria de abastecimiento de agua en las regiones urbanas y rurales de los países en desarrollo y su degradación provoca diferentes problemas en la salud de humanos y animales (Ahamad *et al.*, 2018), así como, en el estado sanitario de los vegetales.

En la actualidad, la sobreexplotación de las aguas subterráneas para diversos fines (usos domésticos, industriales y agrícolas), así como, la filtración de aguas residuales de diversas fuentes a los acuíferos ha generado variaciones significativas en la calidad del recurso agua (Robert *et al.*, 2017; Ali *et al.*, 2016). Por tanto, la calidad de las aguas subterráneas constituye un ejemplo de la problemática asociada a las intervenciones antrópicas (Bhardwaj *et al.*, 2017).

En Ecuador, estudios de la Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA 2014) indican, que los principales usos del agua subterránea en Ecuador son: para el consumo humano (77.55%), riego agrícola (8.90%), abrevadero (6.51%) e industria (4.87%). Sin embargo, importantes fuentes de agua subterránea, en especial en la región amazónica, se encuentran contaminadas por la acción antrópica de la minería, extracción de petróleo, aguas residuales de las ciudades y la agricultura (Cruz-Rodriguez *et al.*, 2014).

En el caso de la parroquia La Peña (El Oro,

Ecuador), lugar donde se realizó la investigación, el agua subterránea es utilizada principalmente para el abastecimiento a la población y en segundo lugar para el proceso de poscosecha del banano. Siendo preocupante que muchos de los pozos regularizados se encuentran a pocas distancias de las viviendas, letrinas y del centro de poscosecha del banano (Conde & Rivera, 2018; SENAGUA, 2017). Por tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad de las aguas subterráneas extraídas de pozos ubicados en varias fincas bananeras de parroquia La Peaña, en el cantón Pasaje, provincia El Oro (Ecuador).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se realizó en la parroquia rural La Peaña, que se ubica al noreste de la provincia de El Oro (Ecuador), en las coordenadas geográficas 3°20'0" S; 79°20'0" W. El promedio anual de temperatura es de 23°C ±3 con rango de precipitación anual entre 760 a 1455 mm (Luna-Romero *et al.*, 2018). La zona de vida Natural de Holdridge corresponde a una formación Bosque seco Tropical (Spracklen & Righelato, 2016). Los suelos son del orden Alfisol, producto de depósitos aluviales formados en el holoceno cuaternario, con altos niveles de arena y limo proveniente de material fluvial con niveles de la materia orgánica > 1.5% (Moreno *et al.*, 2016).

Diseño de la investigación y selección de la muestra

La investigación es de tipo descriptiva y de corte transversal. Para la selección de la muestra se utilizó un muestro al azar con doble estratificada, tomada de una población de 90 pozos registrados por SENAGUA (2014). El primer criterio de estratificación fue que los pozos estén ubicados dentro de una finca bananera y recubierto por tubos de policloruro de vinilo (PVC), reduciendo la población a 22 pozos, a los que se realizó una inspección y toma de muestra para su caracterización física y química. A continuación, se realizó la segunda estratificación en función de la distancia (< 25m) de los pozos a las cámaras sépticas, corrales de animales, viviendas y centro de poscosecha del banano (empacadora); además, que no reciban ningún tratamiento de purificación previo al uso. Reduciendo la muestra en 10 pozos a los que se realizó los análisis biológicos y de metales pesados.

Toma de muestras y análisis in situ y de laboratorio

El muestreo de agua para la determinación de los parámetros físicos y químicos, se realizó por triplicado en botellas de un litro de capacidad previamente lavadas con agua desionizada. El muestreo de agua se realizó durante los meses de junio a septiembre de 2017. Las muestras del agua, fueron tomadas a la salida de los pozos después de 5 minutos de extracción de agua con bomba mecánica, las cuales fueron selladas y se pusieron en la sombra para evitar reacciones posteriores que alterarán la composición química de la misma (Castellón et al., 2015)

Para determinar los parámetros físicos del agua: olor y color se utilizaron los criterios de la norma UNE-EN ISO 7887:1995 y de la EPA (1994), descritos por Aznar Jiménez (2000). Para esto fue necesario tomar una alícuota de 100 ml de cada botella en un vaso de precipitación de 250 mm, para calentar a 40 °C y percibir el olor que fue categorizado como inodoro, fétido y dulce. Mientras que la determinación del color se dejó en reposo las muestras en oscuridad durante 24 horas, a continuación, se coloca el vaso sobre un fondo blanco y se categoriza en función de los sólidos en suspensión, en turbio o transparente.

Las botellas de los pozos seleccionados bajo el segundo criterio de estratificación, se tomó 100 ml de agua, para determinar los parámetros biológicos de coliformes totales (CF) y de *E. coli*, que se obtuvieron con la metodología sugerida por Affum et al. (2015). Análisis realizado en el Laboratorio de microbiología de la Universidad Técnica de Machala.

Los 800 ml restante de las muestra, fueron para realizar los análisis de mercurio (Hg), plomo (Pb), arsénico (As), cadmio (Cd) y manganeso (Mn), en un espectrofotómetro de absorción atómica ICE 3400 (ThermoFischer, Massachusetts, USA), previa

digestión de la muestra en 6 ml de 65% de ácido nítrico concentrado, 3ml de ácido clorhídrico concentrado 35% y 0,25 ml de peróxido de hidrógeno al 30% en un pre-ácido limpio 100 ml politetrafluoretileno (Affum et al., 2015). Determinación realizada en el laboratorio Labcestta de la Escuela Politécnica del Chimborazo (Ecuador).

Para los parámetros químicos: conductividad eléctrica (CE), pH, y la temperatura (°C) del agua, se utilizó un equipo multiparámetro modelo HI9829 (marca Hanna, Rumania). Determinación realizadas in situ, en vasos de precipitación de 600 ml, que fueron llenados con agua de los pozos, se dejó reposar 5 minutos y se realizó cinco lecturas por muestras.

Análisis de los datos

El procesamiento de la información fue de tipo descriptiva, para esto se utilizó recuento de frecuencia y promedios; con el fin de obtener resultados acordes con el objetivo planteado en la investigación.

III. RESULTADOS

Características físicas del agua subterránea

El análisis físico de color del agua (Figura 1A), indico que solo dos pozos de los 22, el agua fue turbia. Mientras que en tres pozos se percibió un olor fétido (Figura 1B). Resultados que exponen adecuados atributos organoléptico, en más del 86% de las muestras. Aunque, no se realizó un análisis de composición granulométrica del suelo a diferentes profundidades, varias investigaciones indican una textura franco arenosa, entre cero a 30 cm, arcillosa entre 30 a 50 cm y arenosa > 50 cm y un nivel freático alto (Chavez et al., 2016; Villaseñor et al., 2015). Factores que potencian el efecto de lixiviación de fertilizantes en especial de tipo nitrogenados (amónicos, nitritos, nitratos) y de pesticidas, que pudo alterar la calidad del agua en color y olor. Pérez Monteagudo (2003) expresa que la turbidez y olores fétidos son comunes en suelos con manejo agrícola intensivo con una fuerte carga de pesticidas.

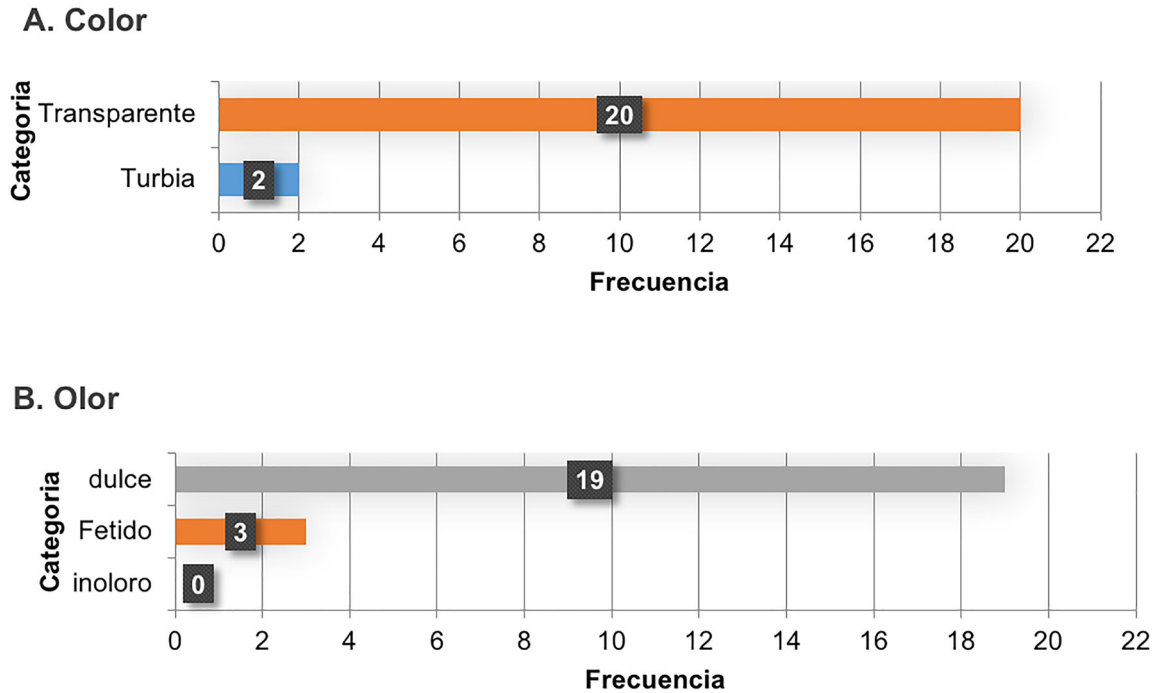


Figura 1. Recuento de frecuencia de los parámetros físicos de calidad para agua subterránea de pozos ubicados en la parroquia La Peaña. A) Color de las muestras; B) Olor de las muestras.

Características químicas y biológicas del agua

La profundidad de los pozos y los parámetros temperatura, pH y CE del agua, se detallan en la Tabla 1. Los valores de temperatura oscilaron entre 25.19°C y 28.02°C en los pozos que tenían una profundidad de 18 m y 30 m respectivamente. La media se ubicó en 26.11°C ± 0.67, resultado que guarda relación con la temperatura registrada por Burbano et al., (2015) que oscilo entre 24.7°C (promedio) y 28°C (valor máximo), en aguas subterráneas de la cuenca del Jubones, en la provincia de El Oro. Resultado similar también fue encontrado en la Indonesia en condiciones climáticas similares por Sinaga et al. (2016).

El rango de pH de las muestras fue de 7.28 a 8.27, entre los 8 a 12 m de profundidad respectivamente y la media de pH de 7.91 ± 0.34, resultados que indican tendencia a la alcalinidad de las aguas subterráneas (Cruz-Rodriguez et al., 2014) y que difieren del estudio de Burbano et al., (2015), que encontró

un promedio de pH 5.7 en pozos cercanos al Rio Jubones. Pero los valores tuvieron similitud con el pH (7.4 a 8.5) determinados en pozos someros en varias zonas agrícolas con alto índice en el uso de pesticidas en México (Cámara Durán 1994); pero mayor pH (6.44 a 7.48) a los encontrados por Baccaro et al., (2006) en agua de subterráneas usadas para cultivos hortícolas en Argentina con baja incidencia en el uso de pesticidas. Lo que indica que el uso excesivo de pesticidas y fertilizantes está influyendo en el potencial de hidrogeno de las aguas subterráneas del estudio.

En cuanto a los valores de CE los rangos (0.17-0.39 mS m⁻¹) y la media (0.26 mS m⁻¹ ± 0.08) indican que las aguas subterráneas tienen baja salinidad. Los resultados presentados pueden estar relacionado que son pozos someros, los cuales son afectados por la permeabilidad del suelo en los parámetros de pH y CE (Ahamad et al., 2018).

Tabla 1. Parámetros químicos de aguas subterráneas de la parroquia La Peaña, provincia El Oro (Ecuador)

Pozos N°	Altitud (msnm)	Profundidad pozo (m)	Temperatura (°C)	pH (H ₂ O 1:2.5)	CE (mS/m)
1	6.00	12.00	25.68	8.21	0.24
2	3.00	12.00	25.88	7.90	0.21
3	3.00	12.00	25.62	7.88	0.20
4	3.00	12.00	25.66	7.81	0.17
5	3.00	18.00	26.03	7.69	0.19
6	5.00	18.00	27.01	7.59	0.21
7	3.00	18.00	26.76	7.54	0.18
8	3.00	18.00	25.6	7.45	0.23
9	8.00	20.00	26.82	7.41	0.21
10	4.00	30.00	28.02	7.33	0.20
11	4.00	18.00	26.9	7.28	0.22
12	20.00	30.00	25.87	8.02	0.28
13	20.00	18.00	25.19	8.07	0.31
14	30.00	12.00	25.35	8.09	0.28
15	25.00	12.00	25.54	8.19	0.39
16	30.00	18.00	25.86	8.08	0.23
17	34.00	15.00	26.06	8.14	0.19
18	30.00	20.00	26.73	8.25	0.38
19	29.00	15.00	26.04	8.22	0.36
20	29.00	15.00	26.1	8.27	0.39
21	36.00	12.00	25.98	8.24	0.39
22	36.00	20.00	25.79	8.27	0.34
Media	16.55	17.05	26.11	7.91	0.26
DS	13.04	5.04	0.67	0.34	0.08

La Tabla 2, indica que seis de los 10 pozos analizados para el parámetro biológico CT, tienen crecimiento de unidades formadoras de colonias (UFC), con el nivel máximo (360 UFC en 100ml) en el pozo 10 de 30m de profundidad, y produjo 2000 UFC en 100ml de *E. coli*. Valores que hacen suponer que estuvo algún organismo en descomposición cuando se realizó el muestreo. El segundo resultado que produjo CF fue en el pozo seis con 60 UFC 100 ml de CT y 80 UFC en 100ml de *E. coli.*, mientras que la muestra cinco y siete también con CT (30 UFC 100 ml y 80 UFC 100 ml, respectivamente) no presentan crecimiento de la bacteria *E. coli*. Valores bajos,

en comparación con los registro de la SENAGUA, realizados a aguas superficiales, en la zona en estudio y se ubicaron entre (>5158.9 UFC 100ml) (SENAGUA, 2017)

Para Cruz-Rodrigues et al. (2014), las causas de una contaminación de las aguas subterráneas se debe al grado de intervención antrópica y poco manteniendo del pozo debido a que las condiciones de humedad y temperatura de la zona pueden incidir en la formación de bacteria de la especie *Enterobacter sp* (Affum et al., 2015), presentes en zonas de alta humedad y suelos permeables.

Tabla 2. Coliformes determinados en aguas subterráneas de la parroquia La Peaña, provincia El Oro (Ecuador)

Pozo N°	Coliformes	UFC 100 ml
1	AC	0
2	AC	0
3	AC	0
4	AC	0
5	CT	30
	<i>E. coli.</i>	0
6	CT	60
	<i>E. coli.</i>	90
7	CT	80
	<i>E. coli.</i>	0
8	AC	0
9	AC	0
10	CT	360
	<i>E. coli.</i>	2000

AC Ausencia de crecimiento de UFC
 CT Coliformes totales

Análisis de metales pesados en aguas subterráneas

Los niveles de metales pesados son presentados en la Tabla 3. En Hg, el rango es de 0.10-1.10 ug l⁻¹ y una media de 0.29 ug l⁻¹ ±0.36, resultados bajo el nivel establecido (> 1 ug l⁻¹ de Hg). En Pb, Ac y Cd los promedios son ≤ 5.00 ug l⁻¹; ≤ 10.00 ug l⁻¹; ≤ 0.80 ug l⁻¹, respectivamente, valores inferiores a los límites máximos permitidos (Pb>50 ug l⁻¹; Ac>50 ug

l⁻¹; Cd>20 ug l⁻¹) por EPA (1994). En el caso del Mn existe una alta variabilidad de los resultados con un rango máximo de 1240 ug l⁻¹ en el pozo 10 y mínimo de 0.06 ug l⁻¹ en el pozo 4, mientras que la media se ubica en 202.52 ug l⁻¹ ±378.88, valores inferiores al contrastar con los límites máximo permitido (> 5000 ug l⁻¹) para el consumo humano e inferior a la media de 442 ug l⁻¹ determinados por Baque Mite et al. (2016) en la ciudad de Milagro, Ecuador.

Tabla 3. Metales pesados determinados en aguas subterráneas de la parroquia La Peaña, provincia El Oro (Ecuador)

Pozos N°	Hg ug l ⁻¹	Pb	Ac	Cd	Mn
1	0.10	5.00	10.00	0.80	51.00
2	1.10	5.00	10.00	0.80	7.100
3	0.10	5.00	10.00	0.80	340.00
4	0.10	5.00	10.00	0.80	0.06
5	0.10	5.00	10.00	0.80	6.30
6	0.10	5.00	10.00	0.80	120.00
7	0.10	5.00	10.00	0.80	140.00
8	0.80	5.00	10.00	0.80	110.00
9	0.30	5.00	10.00	0.80	10.70
10	0.10	5.00	10.00	0.80	1240.00
Media	0.29	5.00	10.00	0.80	202.52
DS	0.36	0.00	0.00	0.00	378.88

Límites máximo permisible (LMP) de Hg>1 ug l⁻¹; Pb>50 ug l⁻¹; Ac>50 ug l⁻¹; Cd>20 ug l⁻¹; Mn>5000 ug l⁻¹ para aguas subterráneas. Baque Mite et al. (2016).

El dendrograma muestra tres grupos. El primero se conforma entre los metales pesados As, Cd, Pb con el pH a una distancia euclidiana menor a 5, esto revela la relación de la tendencia a la alcalinidad del agua. Mientras que el segundo clúster está formado

por Mn y las UFC unido a una distancia menor a 15 con el Hg que conforma el tercer clúster, esta relación indica que las bacterias pueden desarrollarse en medio con moderados niveles de Mn y Hg como lo explican Sinaga et al. (2016) (Figura. 2).

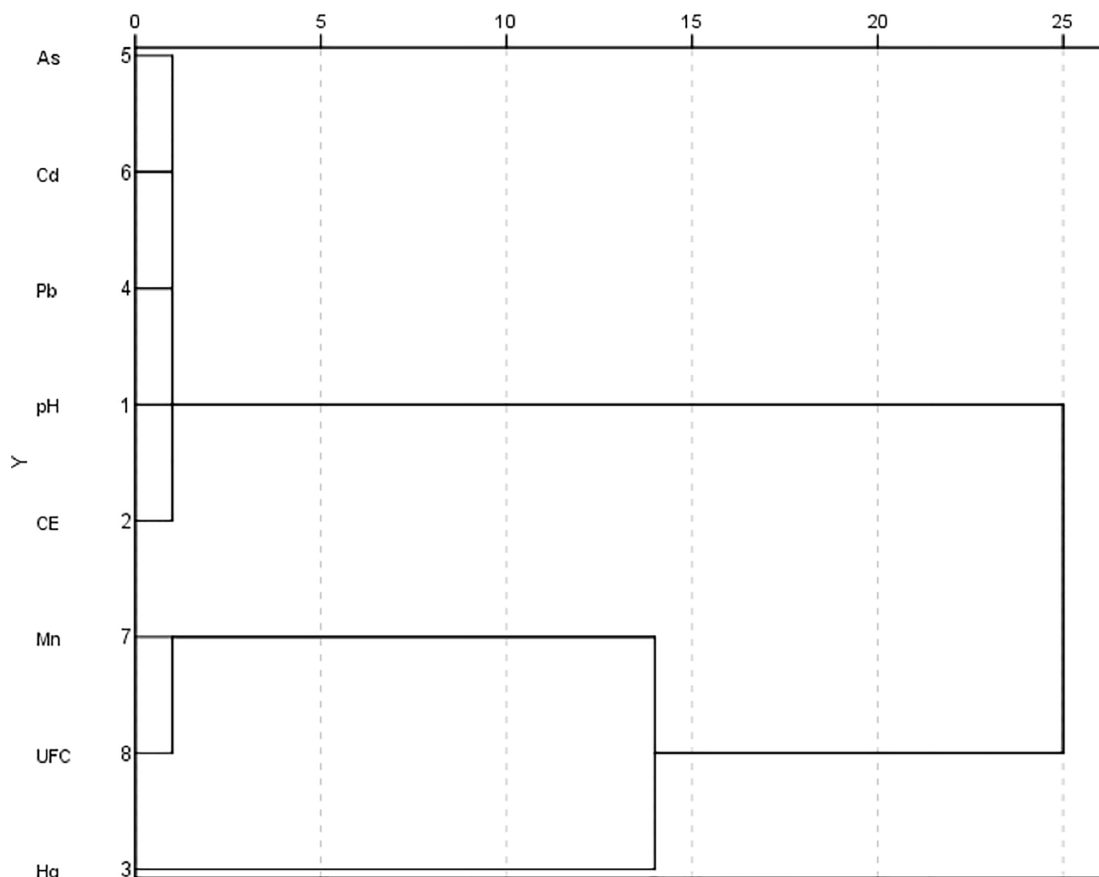


Figura 2. Dendrograma de metales pesados y pH en aguas subterráneas de la parroquia La Peaña, provincia El Oro (Ecuador)

IV. CONCLUSIONES

Las aguas subterráneas extraídas de 22 pozos en la parroquia La Peaña, presentaron un adecuado nivel de calidad en cuanto a sus parámetros físicos (color y olor) y químicos (pH, CE y temperatura) en un 86% de los pozos. En seis muestra de las 10 tomadas para determinar coliformes totales y *E. coli* no son aptas para el consumo humano, por tanto tampoco para el proceso de los bananos en poscosecha. Recomendando la potabilización del agua si va hacer utilizado para el consumo humano.

En cuanto a los metales pesados, ninguno fue superior a los límites máximo permitidos, siendo la característica principal que afecta la calidad de las aguas subterráneas de la parroquia La Peaña.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Affum, A. O., Osaе, S. D., Nyarko, B. J. B., Afful, S., Fianko, J. R., Akiti, T. T., ... Affum, E. A. (2015). Total

coliforms, arsenic and cadmium exposure through drinking water in the Western Region of Ghana: application of multivariate statistical technique to groundwater quality. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(2). <https://doi.org/10.1007/s10661-014-4167-x>

Ahamad, A., Madhav, S., Singh, P., Pandey, J., & Khan, A. H. (2018). Assessment of groundwater quality with special emphasis on nitrate contamination in parts of Varanasi City, Uttar Pradesh, India. *Applied Water Science*, 8(4), 115. <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0759-x>

Ali, M. M., Ali, M. L., Islam, M. S., & Rahman, M. Z. (2016). Preliminary assessment of heavy metals in water and sediment of Karnaphuli River, Bangladesh. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 5, 27–35. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2016.01.002>

- Annapoorna, H., & Janardhana, M. R. (2015). Assessment of Groundwater Quality for Drinking Purpose in Rural Areas Surrounding a Defunct Copper Mine. *Aquatic Procedia*, 4(Icwrcoe), 685–692. <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.088>
- Aznar Jiménez, A. (2000). Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. *Gestión Ambiental*. Retrieved from <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
- Baccaro, K., Degorgue, M., Lucca, M., Picone, L., Zamuner, E., & Andreoli, Y. (2006). Calidad del agua para consumo humano y riego en muestras del cinturón hortícola de Mar del Plata. *RIA*, 35(3), 95–110.
- Baque Mite, R., Simba Ochoa, L., Gonzalez Osorio, B., Suatunce, P., Diaz Ocampo, E., & Cadme Arevalo, L. (2016). Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador. *Ciencia Unemi*, 9(20), 109. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol9iss20.2016pp109-117p>
- Bhardwaj, R., Gupta, A., & Garg, J. K. (2017). Evaluation of heavy metal contamination using environmetrics and indexing approach for River Yamuna, Delhi stretch, India. *Water Science*, 31(1), 52–66. <https://doi.org/10.1016/j.wsj.2017.02.002>
- Burbano, N., Becerra, S., & Pasquel, E. (2015). *Introducción a la hidrogeología del Ecuador*. Quito, Ecuador: SENAGUA.
- Cámara Durán, Ó. (1994). Impacto de la agricultura bajo siego sobre la calidad del agua : caso del valle del Yaqui, Sonora. *Ingeniería Hidráulica En México*, 9(3), 57–71.
- Castellón, J., Bernal, R., & Hernández, M. (2015). Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala. *Ingeniería*, 19(1), 39–50.
- Chavez, E., He, Z. L., Stoffella, P. J., Mylavarapu, R. S., Li, Y. C., & Baligar, V. C. (2016). Chemical speciation of cadmium: An approach to evaluate plant-available cadmium in Ecuadorian soils under cacao production. *Chemosphere*, 150, 57–62. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.02.013>
- Chowdhury, S., Mazumder, M. A. J., Al-Attas, O., & Husain, T. (2016). Heavy metals in drinking water: Occurrences, implications, and future needs in developing countries. *Science of The Total Environment*, 569–570, 476–488. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.166>
- Conde, L., & Rivera, L. (2018). El riego en la provincia de El Oro. *Revista Científica Ecuador Es Calidad*, 5(2), 1–3.
- Cruz-Rodriguez, C., Mecca, T. P., de Oliveira, D. G., Ueki, K., Bueno, O. F. A., & de Macedo, E. C. (2014). Evaluación del riesgo a la contaminación de los acuíferos de la Reserva Biológica de Limoncocha, Amazonía Ecuatoriana. *Ambiente e Agua*, 66(2), 17–35. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>
- EPA. (1994). Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. *Method 200.7*.
- Khatri, N., & Tyagi, S. (2015). Influences of natural and anthropogenic factors on surface and groundwater quality in rural and urban areas. *Frontiers in Life Science*, 8(1), 23–39. <https://doi.org/10.1080/2155-3769.2014.933716>
- Luna-romero, A., Sanchez, C., Ramirez-Morales, I., Conde-Solano, J., Agurto-Luisa, & Villaseñor-Ortiz, D. (2018). Spatio-temporal distribution of precipitation in the Jubones river basin , Distribución espacio-temporal de la precipitación en la cuenca del río Jubones, Ecuador : 1975-2013 Spatio-temporal distribution of precipitation in the. *Scientia Agricola*, 9(1). <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.07>
- Malki, M., Bouchaou, L., Mansir, I., Benlouali, H., & Nghira, A. (2017). Wastewater treatment and reuse for irrigation as alternative resource for water safeguarding in Souss-Massa region, Morocco. *European Water*, 59, 365–371.

- Moreno, J., Sevillano, G., Valverde, O., Loayza, V., Haro, R., & Zambrano, J. (2016). Soil from the Coastal Plane. In J. Espinosa, J. Moreno, & G. Bernal (Eds.), *The Soils of Ecuador* (pp. 1–195). Cham, Switzerland: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-20541-0>
- Pérez Monteagudo, F. (2003). Criterios para una explotación sustentable del agua subterránea 2. Aspectos cualitativos y estrategias para el manejo de acuíferos. *Ingeniería Hidráulica En México*, 18(1), 5–20.
- Robert, M., Thomas, A., Sekhar, M., Badiger, S., Ruiz, L., Willaume, M., ... Bergez, J.-E. (2017). Farm Typology in the Berambadi Watershed (India): Farming Systems Are Determined by Farm Size and Access to Groundwater. *Water*, 9(1), 51. <https://doi.org/10.3390/w9010051>
- SENAGUA. (2014). *Elaboración del Mapa Hidrogeológico a escala 1:250.000*. Guayaquil, Ecuador.
- SENAGUA. (2017). *Boletín de la Estadística sectorial del Agua*. Quito, Ecuador. Retrieved from https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2018/02/Boletin-Estadistico-ARCA-SENAGUA_08feb.compressed-2.pdf
- Sinaga, D. M., Robson, M. G., Gasong, B. T., Halel, A. G., & Pertiwi, D. (2016). Fecal Coliform Bacteria and Factors Related to its Growth at the Sekotong Shallow Wells, West Nusa Tenggara, Indonesia. *Public Health of Indonesia*, 2(2), 47–54. Retrieved from <http://stikbar.org/ycabpublisher/index.php/PHI/index>
- Spracklen, D. V., & Righelato, R. (2016). Carbon storage and sequestration of re-growing montane forests in southern Ecuador. *Forest Ecology and Management*, 364, 139–144. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.01.001>
- Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, E. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia del El Oro. *Cumbres*, 1(2), 28–34.