

## Efectividad de la Zeolita natural, para durezas en aguas subterráneas, en el cantón Milagro del Guayas

### [ Effectiveness of natural zeolite for hardness in groundwater in the Milagro canton of Guayas ]

*Mario Marquez<sup>1</sup>, Karina Subia<sup>1</sup>, Diego Ramirez<sup>1</sup>, and Juan Triviño<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Carrera de Ingeniería Civil, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Guayas, Ecuador

<sup>2</sup>Carrera de Odontología, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Guayas, Ecuador

---

Copyright © 2026 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Zeolite is an abundant porous mineral found on the Earth's surface in Ecuador due to volcanic activity in the soil. Natural mordenite (Z.A.) can be used as an adsorption agent in wastewater and groundwater containing hardness, composed of dissolved salts that increase conductivity as well as total dissolved solids (TDS). This study demonstrates its effectiveness in improving water quality for general use and potentially for consumption in groundwater from a facility located in the Milagro Canton, Guayas Province.

Three unfiltered well-water samples from the facility and five samples filtered through a previously constructed aquarium-type filter were analyzed. The samples were tested for pH, conductivity, hardness, fecal coliforms, and initial TDS levels for comparison purposes.

The results showed that the unfiltered samples had hardness levels of 340 mg/L, 355 mg/L, and 360 mg/L, respectively, with a maximum conductivity of 780  $\mu$ S/cm. In contrast, the filtered samples exhibited a significant reduction, reaching a maximum hardness of 240 mg/L and a conductivity of 653  $\mu$ S/cm, representing an average efficiency of 29%.

**KEYWORDS:** Zeolite (Z.A.) efficiency, groundwater use efficiency.

**RESUMEN:** La zeolita es un mineral poroso abundante que se encuentra en la superficie terrestre ecuatoriana debido a la actividad volcánica en los suelos. La mordenita natural (Z.A) puede ser utilizada como un agente de adsorción en aguas residuales y aguas subterráneas que contienen dureza, compuestas de sales disueltas que aumentan la conductividad, así como los sólidos disueltos totales (TDS). Este estudio demuestra su eficacia en la mejora de la calidad del agua para uso general y posiblemente para consumo en aguas subterráneas de una instalación en el cantón Milagros de la provincia del Guayas. Se analizaron tres muestras sin filtrar de pozos en la instalación y cinco filtradas con un filtro de pecera previamente construido. Las muestras se analizaron para pH, conductividad, dureza, coliformes fecales y niveles previos de TDS para su comparación. Los resultados mostraron que las muestras sin filtrar tenían niveles de dureza de 340 mg/L, 355 mg/L y 360 mg/L, con una conductividad máxima de 780  $\mu$ S/cm, respectivamente; Mientras que las muestras filtradas mostraron una reducción significativa hasta una dureza máxima de 240 mg/L, con una conductividad de 653  $\mu$ S/cm, representando una eficiencia promedio del 29%.

**PALABRAS-CLAVE:** eficiencia de (Z.A), eficiencia de uso de aguas subterráneas.

## 1 INTRODUCCIÓN

La dureza del agua subterránea es un desafío persistente en muchas regiones del mundo, afectando tanto a la calidad del agua como a su aplicabilidad en usos domésticos e industriales. De acuerdo con (Ceron et al. 2021). La dureza es causada principalmente por la presencia de minerales disueltos, específicamente por compuestos e iones de calcio y magnesio, que generan contaminación, pueden originar incrustaciones en tuberías y equipos, reduciendo su eficiencia y aumentando los costos de mantenimiento. La utilización de zeolitas, minerales con alta capacidad de intercambio iónico, se ha destacado como una solución efectiva y sostenible para la remoción de dureza en el agua subterránea; la cual, además, reacciona con los detergentes comunes y limpiadores domésticos, afectando su eficacia (Pérez, 2022). En Ecuador, el cantón Milagro ubicado en la provincia del Guayas y caracterizado por una actividad agrícola intensa, 95% del área total, enfrenta desafíos significativos relacionados con la gestión del agua subterránea como su

mayor fuente del recurso hídrico; porque pese a la humedad por ser región costa adentro, el cantón se caracteriza por tener un corto pero intenso periodo de lluvias y una larga sequía, con la característica de abundante (STD), en el suelo por la irrigación en los campos. (Gallo & Vázquez, 2021).

Además, la comunidad puede beneficiarse de una tecnología accesible que no solo mejora la calidad del agua, sino que también promueve prácticas sostenibles en la gestión de recursos hídricos, a pesar de que dicha acción de uso conlleva lo que se denomina en la actualidad como un *Antropoceno* por parte de la sociedad. (Rodríguez, 2022). con la necesidad descubierta de que las fuentes subterráneas se caracterizan por su dureza; a pesar de no existir a buena distancia actividades mineras, que pueden producir filtraciones de metales pasados en la roca, como el hierro, plomo, mercurio y cadmio, entre otros, para lo cual se requieren filtraciones con productos preparados sintéticamente (Méndez & López, 2021).

Las zeolitas son minerales naturales, aluminosilicatos con una estructura cristalina porosa que les permite actuar como intercambiador de iones de calcio y magnesio en el agua, por iones de sodio, reduciendo así la dureza de manera efectiva, las zeolitas nativas o comerciales como la mordenita natural (Z.A), cuentan con propiedades idóneas para ser utilizadas en el tratamiento de agua residual doméstica (Ramírez & Triviño, 2024). Siempre y cuando exista la educación y capacitación en su uso, para garantizar el éxito de esta intervención, involucrando a los actores locales en el proceso de toma de decisiones y gestión del agua. (Pérez et al. 2020); además, su capacidad de adsorción, intercambio iónico y catálisis las convierte en herramientas valiosas para abordar diversos problemas de calidad del agua y otros generados por esta condición del líquido a distribuir, como obstrucciones en las tuberías e incluso en electrodomésticos, por depósitos de los llamados sarros. Donde se requiere de un diseño adecuado que considere el caudal a filtrar, la concentración de iones, y la interacción con otros componentes del agua subterránea (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011).

Diversos estudios demuestran la aplicación de diferentes zeolitas, tanto a nivel internacional como regional en sierra y costa suramericana, en Ecuador se menciona a Ruiz et al. (2020) en un proyecto de potabilización de agua subterránea para un conjunto de asentamiento indígena en la sierra, y bajo los parámetros nacionales (Pino et al. 2021). Similar en el trabajo de (Araiza & Zanella, 2024). en la parroquia Salache de la provincia Cotopaxi, donde se descubrió que los comuneros consumían agua de fuentes subterráneas con índices de dureza elevados; los resultados demostraron que el agua potabilizada a través de un lecho filtrante de zeolita era apta. En contraste, las zeolitas son materiales de bajo costo y su aplicación no requiere tecnologías complejas, como los llamados *Ablandadores industriales*, lo que las hace accesibles para comunidades con recursos limitados, porque se deben considerar aspectos económicos y sociales, incluyendo la capacitación del personal local para la operación y mantenimiento del sistema, actualmente bajo el método de ablandador de agua con carbono activado; ver figura 1, siguiente.



**Fig. 1.** Sistema actual en el urbanismo, denominado “Ablandador del agua”, con resinas

El estudio se encuentra ubicado en el Cantón Milagro de la Provincia del Guayas en las coordenadas: 658995.49m E; 9762494.70m S; ver figura 2. Urbanización particular “El Palacio”, con acceso al agua, pormedio de succión subterránea a pozos de 80 metros del año 2023.



**Fig. 2.** Ubicación del estudio por mapa de sitio

La ciudad y su río del mismo nombre, se asienta sobre la zona oriental de la llamada depresión del Guayas, que se ha rellenado paulatinamente con sedimentos desde el Holoceno, aportados por algunos volcanes y por la erosión de la cordillera; con depósitos de alta salinidad superficial. (Gallo & Vázquez, 2021). El presente estudio tiene como objetivo evaluar la eficacia de la zeolita tipo mordenita natural, que se comercializa en sacos de 30 kilos; nombre químico de: Clinoptilolita heulandita mordenita, (Z.A), en la remoción de dureza del agua subterránea en un recinto específico en el campo de la costa ecuatoriana.

## 2 METODOLOGÍA

Las zeolitas han sido utilizadas durante décadas en el tratamiento de aguas debido a sus propiedades únicas que las hacen eficaces en la remoción de contaminantes, (Ramírez & Triviño, 2024). como modificar la propiedad de dureza del agua por intercambio de iones, especialmente calcio y magnesio, actuando como un tamiz molecular capaz de atrapar iones metálicos y liberar iones de sodio en el agua mediante un intercambio iónico, reversible. Por otra parte, en la catálisis heterogénea el catalizador y los reactivos están en fases diferentes (Lopez et al. 2020), como, por ejemplo, la zeolita. Características de las zeolitas: Este mineral cuya densidad específica está por debajo de 2 grs/cm<sup>3</sup>, pueden absorber moléculas y sus iones por la disposición de la porosidad en su superficie y la estabilidad química y térmica que mantienen su estructura, e incluso pueden recuperarla para procesos continuos, mediante lavados térmicos como valor de catalizador reusable crucial, Cada tipo de zeolita tiene propiedades únicas que las hacen adecuadas para diferentes aplicaciones, según (De la Vega et al. 2018), depende de factores como la estructura cristalina deseada, la capacidad de adsorción, la catálisis en la condición específicas, y el PH final deseado; entre las más reconocidas y disponibles están

*Zeolita A:* Para intercambio iónico con iones de calcio y magnesio, así como la deshidratación en líquidos y gases, por su estructura cristalina de celdas unitarias cúbicas. Producto nacional, común y comercializada en sacos de 30 kilogramos en nuestro país; ver figura 3 siguiente



Fig. 3. Zeolita natural, (Z.A) como producto nacional

**Función de absorción:** Las zeolitas poseen una red tridimensional de canales y cavidades uniformemente distribuidos llamados cuboctaedros (Rodríguez, 2022).

**Procesar el agua:** La dureza del agua es por concentración disuelta de (STD), medidos en mg/L; según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el agua potable debe tener una dureza hasta 300 mg/L de carbonato cálcico, aunque el umbral de tolerancia puede variar según la normativa de cada país, siendo la normativa del (Pino et al. 2021). de hasta 329 mg/L como agua semidura y hasta los 550 mg/L, como muy dura; es decir, hasta 300 mg/L, es el tope para un agua potable y que poco acumula sedimentos en tuberías y electro domésticos.

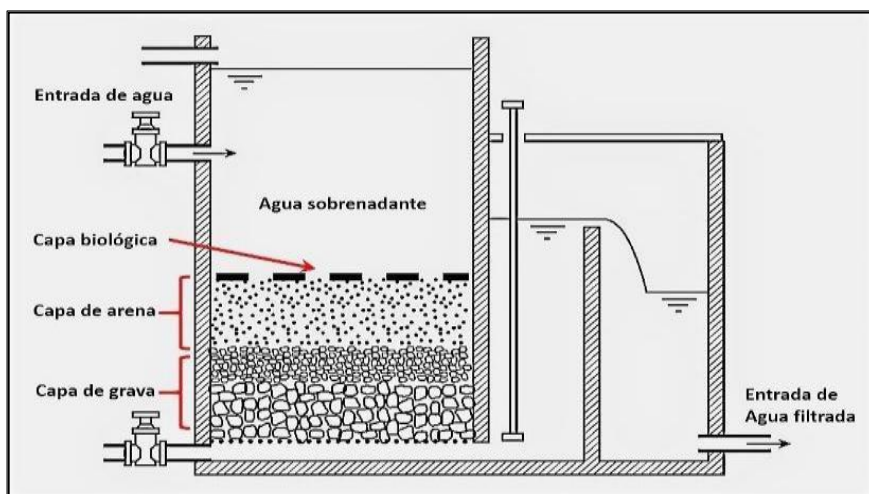


Fig. 4. Esquema clásico de filtración de agua por gravedad en elementos depuradores

**Filtración:** El agua se hace pasar a través de un medio poroso: Como arenas, gravas, y carbón activado; este último es efectivo contra la dureza, además, de disminuir los compuestos orgánicos y la presencia de cloros; a continuación, en la figura 4, un esquema clásico de una filtración llamada lenta, donde el compuesto o capa denominada “arena”, corresponde al elemento filtrante contra durezas.

**Sedimentación:** Proceso a tiempo por acción gravitacional, donde se pueden agregar acelerantes para coagulación de los (STD). Las aguas subterráneas son aquellas que se encuentran almacenadas debajo de la superficie terrestre en acuíferos y formaciones geológicas porosas y permeables (Ceron et al. 2021). Aguas provenientes de la infiltración y/o percolación de las precipitaciones y otros cuerpos de agua superficiales a través del suelo por años, en las rocas subyacentes; donde el parámetro *Dureza* se suele asociar por lo común a las sales de calcio y de magnesio disueltas en el agua, aunque también puede existir otros sólidos como el sodio y potasio característico de la región.

Las zeolitas pueden usarse como tamices moleculares para la separación selectiva de moléculas minerales o (STD), según su tamaño, tipología y polaridad, así como en el tratamiento de aguas para la remoción de algunos otros contaminantes como iones varios y organismos biológicos (Ramírez & Triviño, 2024). Donde su uso debe ser probado en efectividad y tipología de los (STD), a mejorar.

**Materiales y equipos:** Una vez obtenidas todas las muestras a diferentes horarios, en los tres pozos del urbanismo, y conservadas a 5°, se le aplicaron sustancias de ácido etilendiaminotetraacético, (EDTA), como reactivo para iones de magnesio y calcio junto al indicador Eriocromo T; en términos de carbonatos de calcio como mg/l. Los resultados se comparan con los obtenidos con un Espectrofotómetro digital, para iones específicos y colorimetrías; además de un equipo de electrodos para medir: Conductividad, PH y sólidos disueltos en las muestras. Ver figura 5 de este equipo.



Fig. 5. Espectrofotómetro digital y equipos de electrodos

**Método:** Es un estudio experimental, donde se llevarán a cabo ensayos controlados para medir la eficacia de la (Z.A), bajo diversas condiciones de caudal, contaminante específico de las muestras, diseño preliminar del contenedor o filtro, y su mantenimiento para reciclados. Los resultados proporcionan datos que pueden conducir a una estandarización del proceso, para un pozo subterráneo en un recinto de tierras húmedas en la costa ecuatoriana.

**Población, y Muestreo:** La urbanización Palacio ubicada en el primer kilómetro y medio de la vía Milagro– Naranjito, con un total de 185 unidades habitacionales, (aproximadamente 1000 habitantes), en donde se registran tres pozos subterráneos que suministran el vital líquido para usos en el hogar y muy poco para consumo humano; porque las familias por lo general compran el agua en botellones para esta vital función. Los pozos tienen profundidades de 80, 81, y 78 metros respectivamente, con fechas de creación entre finales del 2022 y 2023, en la construcción del urbanismo.

Se toman muestras suficientes de las tres fuentes subterráneas a diferentes horarios, (cada 24 horas durante tres semanas y se compilan refrigeradas para evitar cambios ambientales en tres contenedores respectivos), además de describir la naturaleza de la fuente en el tipo de terreno profundidad y sitio particular; de donde se miden los niveles de contaminantes descritos en tabulación con las normas de uso y consumo del agua de nuestro país.

**Procedimiento:** Un cálculo determinístico en correlación de todas las variables involucradas sería lo correcto; sin embargo, de momento el trabajo sin abandonar esa posibilidad a futuro se centra en descubrir la efectividad de la (Z.A), de pozo particular, así como el diseño del sistema requerido para cada toma de la urbanización Palacio Real en la población de Milagros; la intención se dirige a fundamentar la construcción de estos filtros para su utilidad in situ.

El diseño de 0,16 m<sup>2</sup> y medio metro de alto, consta de cinco capas de elementos funcionales en la filtración total, separados por un acrílico con orificios de 4 milímetros de diámetros en 6 filas por igual número de columnas; a continuación, el esquema y el modelo construido, figura 6.



Fig. 6. Esquema del filtro y construcción artesanal del mismo

Utilizando una solución de ácido etilendiaminotetraacético como reactivo para determinar la concentración de iones calcio y magnesio, usando seguidamente un espectrofotómetro digital, se realizarán análisis por triplicado tomando los valores picos en las muestras previas debidamente mezcladas y se comparan con las obtenidas luego del filtrado con la zeolita (Z.A). Los resultados se interpretan en porcentajes como efectividad.

### 3 RESULTADOS

En estos pozos particulares del recinto, y por su formación geológica de suelos sedimentarios y rocas ricos en calizas y otros minerales, los valores en sus aguas subterráneas pueden oscilar entre 350 y 650 mg/L de sales de calcio y (STD); además, la agricultura presente y cercana al recinto del urbanismo, así como algunas actividades industriales aumentan los estos, por la filtración profunda conductiva de las fuertes lluvias de la zona. Sin embargo, no hay presencia de actividades mineras cercanas.

**Muestras en los pozos:** Iniciando con las muestras de los tres pozos en una acumulación de hasta dos semanas en un mismo envase refrigerado y suficientemente mezclado, a temperatura ambiente se obtuvo lo siguiente como diagnóstico de partida. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011).

**PH:** 7,7 – 7,63 – 7,80. El agua tiene un PH equilibrado y acto para el consumo humano, y sin problemas para corrosión en su desplazamiento.

**Conductividad:** 780 – 769 – 772  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La conductividad es elevada para los estándares permitidos, lo que indica una alta presencia de metales con iones disueltos.

**Dureza:** 340 – 360 - 355 mg/L. En efecto la dureza la clasifica como agua dura y muy dura, no solo no acta para su consumo como vital líquido, sino que estos minerales se depositan en superficies pudiendo ser un problema de obstrucción y contaminación cuando el agua se use para la limpieza en general, por su capacidad de disolver los detergentes afectando su eficacia.

**Coliformes fecales:** Cero totales. Por lo que en este estudio no se hará seguimiento de este resultado después de la filtración; es decir, los pozos del urbanismo no muestran contaminación biológica.

**STD:** 491,4 – 487,5 – 490 mg/L: Este parámetro es alto, pero en niveles aceptables, quizás por lo novel de los pozos y sus tuberías de plásticos según la norma vigente, lo que indica que, para esta agua subterránea en particular, el factor importante a disminuir es su dureza por sales minerales disueltas.

**Color:** El color de las muestras es traslucido, por lo que nos será relevante mencionarlo.

Luego el caudal usado sobre el diseño de filtración fue de 0,11 L/s. Por periodos de una hora y pausas de 30 minutos, en vista que el producto filtrado se recopila a razón menor en promedio desde 0,065 L/s. Hasta 0,025 L/s (Entre 4 y 2,5 litros por minuto, en vista que el filtro diseñado es demostrativo y disminuye su filtración por saturación del medio filtrante). Se concluye que el agua de estos pozos en este urbanismo puede ser tratada con filtros de hasta 1,5 m<sup>3</sup>, y almacenada en tanques que cubren la demanda del líquido vital.

**Resultados de la filtración:** Se hicieron cinco filtraciones en tiempos diferentes, las dos primeras con los mismos componentes de la caja de filtro y las tres siguientes cambiando la zeolita, se obtienen los siguientes resultados.

**PH:** 8,8 – 8,9 y 8,7 – 8,9 – 8,9: El PH aumenta hacia la alcalinidad porque la zeolita intercambia iones, a la medida que se activa; estos valores son altos siendo una afección en el sabor del agua, más no en su potabilidad.

**Conductividad:** 623 – 653 y 684 – 704 – 698  $\mu\text{S/cm}$ . La reducción en la conductividad sugiere que el proceso de filtrado con zeolita ha sido efectivo en la eliminación de algunos iones disueltos y sales minerales en el agua; sin embargo, sigue siendo elevada precisamente por el intercambio de iones, disminución estimada en un 9%.

**Dureza:** 221 – 204 y 238 - 244 - 233 mg/L. La dureza muestra una notable reducción después de la filtración, indicando que la zeolita ha sido efectiva en la eliminación de iones de calcio y magnesio, para una efectividad cerca del 30%.

**STD:** 392, – 411,4 y 397,8 – 393,2 – 391,9 mg/L: Observándose en una buena reducción de los sólidos totales disueltos, por lo que la filtración elimino una cantidad significativa de minerales y sales; hasta un 16% de efectividad, para la (Z.A).

Resumen de los resultados: La disminución en la dureza del agua es particularmente relevante, ya que puede ayudar a prevenir problemas asociados con la acumulación de incrustaciones en sistemas de tuberías y electrodomésticos, así como mejorar la eficacia de los detergentes. Donde la aceptabilidad por parte de la población del grado de dureza del agua y su PH, puede variar considerablemente de una comunidad a otra. A continuación, la tabla 1, con el resumen de las tres muestras antes, y las cinco muestras después

**Tabla 1. Resumen tabular de las muestras antes y después de la filtración**

Índices	Antes en letras, y después de la filtración, con (Z.A), en números							
	Muestra A	Muestra B	Muestra C	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
PH	7,70	7,63	7,80	8,70	8,90	8,80	8,90	8,90
Conductividad $\mu\text{S/cm}$	780	769	762	623	704	698	684	653
Dureza mg/L.	340	360	355	221	204	238	244	233
STD mg/L.	491,4	487,5	490	392	411,4	397,8	393,2	391,9

Los resultados del estudio muestran que la aplicación de zeolita como material de filtrado ha tenido un impacto positivo en la calidad del agua subterránea de este recinto particular, del cantón Milagro. La reducción significativa en la dureza, la conductividad y los sólidos totales disueltos, junto con un leve aumento del PH; sugieren recomendación de su utilidad.

#### 4 CONCLUSIONES

Impacto en el pH del Agua: El filtrado con zeolita ha provocado un aumento en el pH del agua, resultando en valores alcalinos (8,72 a 8,93). Este cambio puede estar relacionado con la capacidad de la zeolita para intercambiar iones, lo que afecta el equilibrio del pH. Aunque el aumento del pH se mantiene dentro de los límites aceptables para agua potable, es necesario monitorear este parámetro para asegurar que no afecte negativamente la calidad del agua o el funcionamiento de los sistemas que utilizan esta agua.

Se recomienda continuar con el uso de la (Z.A), en sistemas de tratamiento de agua subterránea, especialmente en áreas donde la dureza del agua es un problema significativo. Además, se sugiere realizar monitoreos periódicos para asegurar que el material de filtrado siga siendo eficaz a lo largo del tiempo y para ajustar el proceso según sea necesario para mantener la calidad del agua a niveles suficientes óptimos. Es importante diseñar una especie de mapeo de zonas: Cantón, tipología del agua subterránea y tratamiento vigente; con la finalidad de manejar información precisa a la hora de probar nuevos sistemas de tratamiento y/o productos.

El análisis detallado de las muestras de agua subterránea del pozo en la urbanización Palacio Real demuestra que el tratamiento con zeolita es altamente eficaz en la reducción de la dureza del agua. Los resultados muestran una reducción significativa en la dureza, sobre los 100 mg/L, para una eficacia del 30%. La conductividad en niveles aceptables, y los sólidos

totales disueltos, sobre los 90 mg/L, (eficacia del 20%). Mientras que el pH y la claridad del agua se mantienen dentro de rangos aceptables, según la normativa vigente nacional y mundial.

## REFERENCIAS

- [1] Araiza, D., y Zanella, R. (2024). El fascinante mundo de los catalizadores heterogéneos: Descubriendo los sitios activos, el lugar donde suceden las reacciones. *Revista Materiales Avanzados*, 1 (40), 103-109. [https://revista.iim.unam.mx/index.php/materialesa\\_avanzados/article/view/38](https://revista.iim.unam.mx/index.php/materialesa_avanzados/article/view/38).
- [2] Cerón, L., Sarria, J., Torres, J., y Soto-Paz, J. (2021). Agua subterránea: tendencias y desarrollo científico. *Información Tecnológica*, 32 (1), 47-56. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000100047>.
- [3] Mancilla, O., Anzaldo, B., Guevara, R., Hernández, O., Palomera, C., Figueroa, Y., y Mendoza, I. (2021). Calidad del agua subterránea para uso agrícola en Zacoalco de Torres y Autlán de Navarro, México. *Terra Latinoamericana*, 39 (1). <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.745>
- [4] De La Vega, D., González, C., Escalante, C., Gallego, J., Salamanca, M., y Manrique, L. (2018). Uso de zeolite Faujasita para adsorción de iones en aguas residuales municipales. *Tecnología y ciencias del agua*, 9 (4), 184-208. doi: 10.24850/j-tyca-2018-04-08.
- [5] Gallo, A., y Vázquez, G. (2021). Uso de zeolitas para el control de fuentes no puntuales de contaminación del agua: revisión. *Ingeniería del Agua*, 25 (4), 241-255. doi: 10.4995/ia.2021.15897.
- [6] Instituto Ecuatoriano de Normalización, (2011). INEN 1108. [https://spartaninter.com/wp-content/uploads/2023/07/INE N -1108 -agua a -potable.pdf](https://spartaninter.com/wp-content/uploads/2023/07/INE-N-1108-agua-potable.pdf).
- [7] López, C., Castillo, J., Riofrio, L., García, L., Jaramillo, X., y García, A. (2020). Zeolitización de arcillas rojas de Ecuador y aplicación en la adsorción de CO<sub>2</sub>. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 21 (4), 1-10. doi: 10.22201/fi.25940732e.2020.21.4.030
- [8] Méndez, N., y López, G. (2021). Zeolitas nativas en el tratamiento de agua residual doméstica. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 10 (19), 1-38. doi: 10.23913/ciba.v10i19.106
- [9] Pérez, A. (2019). Riesgo de sodicidad en los suelos de cantón milagro, Guayas-Ecuador en época de estiaje. *Revista Politécnica*, 42 (2), 15–22. <https://doi.org/10.33333/rp.vol42n2.899>
- [10] Pino, M., Vásquez, F., Pazmiño, M., Y Andrade, P. (2021). Efectividad de los lechos filtrantes en la reducción de sulfatos y carbonato de calcio en el agua de consumo humano. *Perfiles*, 26 (1), 83-89. doi: 10.47187/perf.v1i26.139
- [11] Ramírez D., Triviño, J. (2024). *Remoción de la dureza en agua subterránea de un recinto aplicando zeolita*. Tesis de grado. Universidad de Guayaquil.
- [12] Rodríguez, M. (2022). Cinética y Mecanismos de Adsorción de Plomo (II) Usando Zeolita Gis-Nap Obtenida a Partir de Residuos de Ladrillo. *Revista Politécnica*, 50 (2), 63–70. <https://doi.org/10.33333/rp.vol50n2.07>.