



Revista Arbitrada Venezolana  
del Núcleo Costa Oriental del Lago



# mpacto *Científico*

Universidad del Zulia

Diciembre 2022  
Vol. 17 N° 2

ppi 201502ZU4641  
Esta publicación científica en formato digital  
es continuidad de la revista impresa  
Depósito Legal: pp 200602ZU2811 / ISSN:1856-5042  
ISSN Electrónico: 2542-3207

 **Impacto Científico**

**Revista Arbitrada Venezolana  
del Núcleo LUZ-Costa Oriental del Lago**

Vol. 17. N°2. Diciembre 2022. pp.413-430

## **Evaluación de la calidad de agua de pozo de la comunidad El Gramal de la parroquia rural Pueblo Nuevo, Manabí - Ecuador**

**John Mera, José Tuarez y Rosa Córdova**

*Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo*

*jmera5936@utm.edu.ec. Orcid.org/0000-0001-9383-9283*

*jtuaraz4905@utm.edu.ec. Orcid.org/0000-0002-6908-4877*

*rosa.cordova@utm.edu.ec. Orcid.org/0000-0003-4299-4798*

### **Resumen**

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la calidad de agua de pozo de la comunidad El Gramal perteneciente a la parroquia rural Pueblo Nuevo, en Manabí-Ecuador. Se realizaron 9 tomas de muestras de agua en verano y 9 tomas de muestra de agua en invierno. Los parámetros evaluados fueron: color, conductividad eléctrica, salinidad, sólidos totales disueltos, sólidos totales, turbiedad, alcalinidad, dureza total, hierro, manganeso, sulfuro de hidrógeno, bacterias coliformes fecales y bacterias coliformes totales. Los resultados obtenidos fueron comparados con los niveles máximos permisibles establecidos por normativas nacionales e internacionales. La comparación y análisis de los resultados permite definir si el agua de pozo evaluada en la comunidad El Gramal es apta para el consumo.

**Palabras claves:** El Gramal, agua de pozo, calidad, consumo, evaluación.

## *Evaluation of well water quality for the design of a drinking water treatment system*

### **Abstract**

The objective of this study was to evaluate the quality of well water in the community of El Gramal, belonging to the rural parish of Pueblo Nuevo, in Manabí-Ecuador. Nine water samples were taken in summer and nine in winter. The parameters evaluated were: color, electrical conductivity, salinity, total dissolved solids, total solids, turbidity, alkalinity, total hardness, iron, manganese, hydrogen sulfide, fecal coliform bacteria and total coliform bacteria. The results obtained were compared with the maximum permissible levels established by national and international regulations. The comparison and analysis of the results allows us to define whether the well water evaluated in the El Gramal community is fit for consumption.

**Keywords:** El Gramal, well water, quality, consumption, evaluation.

### **Introducción**

El acceso al agua es un derecho humano fundamental y representa un factor esencial en el desarrollo integral y sostenible de la sociedad y su eficiente gestión es reconocida en los objetivos de desarrollo sostenible (Cerón y col., 2021). El agua subterránea representa el 98% del agua dulce no congelada disponible como fuente de abastecimiento para múltiples usos dependiendo de sus características fisicoquímicas y biológicas (Subba Rao y Chaudhary, 2019).

Al rededor del mundo 3 de cada 10 personas no disponen de agua potable en el hogar. El saneamiento deficiente y el agua contaminada también están relacionados con la transmisión de enfermedades como el cólera, la disentería, la hepatitis A y la fiebre tifoidea (Organización Mundial de la Salud, OMS, 2017).

Aunque el planeta tierra está formado por alrededor de 75 % de agua, la realidad es que no toda el agua está en condiciones para el consumo humano, esto debido a que el 97 % del agua presente en el planeta se encuentra en los mares, misma que por su composición salada no es apta para nuestro consumo, ni para gran variedad de especies de animales y plantas que se encuentran en la superficie de la tierra; adicionalmente se encuentra un 2 % del agua dulce en acuíferos subterráneos y en los glaciares, mismos que representan reservorios de vida y del líquido como tal (Salamanca, 2016).

Según datos oficiales de la OMS (2022), al menos 2000 millones de personas se abastecen de una fuente de agua potable que está contaminada por heces y aproximadamente 423 millones de personas se abastecen de agua procedente de pozos y manantiales no protegidos.

La extracción de aguas subterráneas a nivel mundial se ha incrementado de manera significativa en las últimas décadas debido a que han mejorado las técnicas de exploración y los métodos de perforación, lo cual a su vez permitió que los costos fueran relativamente más accesibles. De acuerdo con los documentos de la Organización de Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y Cultura (Organización de Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y Cultura, UNESCO, 2020), aproximadamente 2,5 billones de personas en el mundo dependen exclusivamente del agua subterránea para satisfacer sus necesidades de agua potable y cientos de millones de agricultores dependen de ella para mantener sus medios de subsistencia y contribuir a la seguridad alimentaria a nivel global (Kruse, 2015).

En el Ecuador el 67,8 % de la población es capaz de acceder a agua segura, y un 73,4 % cuenta con una calidad de agua libre de *E. coli*, es decir, cuenta con agua suficiente, sin contaminación fecal y con instalaciones de potabilización cercanas (Instituto Nacional de Estadística y Censo, INEC, 2019).

Sin embargo, estos datos difieren ampliamente si comparamos entre el área urbana y rural, así, en el área urbana el 79,1 % de la población tiene agua segura, mientras que en el área rural este valor alcanza el 51,4 %, es decir, en el área rural la mitad de la población no cuenta con agua segura (Camacho y Astudillo, 2020). En las zonas rurales es común utilizar el agua de pozo para el aseo del hogar, lavar ropa y trastes o incluso preparar alimentos; sin embargo, en muchas ocasiones esta no cuenta con la calidad adecuada para ser utilizada en dichos usos (Gil y col., 2014).

Según datos del INEC (2016) a nivel nacional el 20,7 % del agua es de mala calidad, de ese porcentaje el 55,1 % proviene de la red pública o llave pública, mientras que el 17,8 % se deriva de agua embotellada o envasada y tan solo un 11,2 % corresponde a otra fuente por tubería. Al enfocarse en zonas urbanas o rurales, en las zonas urbanas el 15,4 % es agua contaminada, del cual el 64,1 % pertenece a la red pública y el 28,6 % al agua embotellada, mientras que en las zonas rurales el 31,8 % es agua contaminada, del cual el 45,8 % procede de la red pública y el 19,8 % de otra fuente por tubería.

La National Academy of Sciences (2000) menciona que el agua contaminada puede ser mortal, señalando que casi 1.8 millones de personas mueren cada año por enfermedades diarreicas como el cólera. Decenas de millones de otras personas se enferman gravemente por una diversidad de padecimientos vinculados con el agua, muchas de las cuales son previsiblemente fáciles. Estas cifras le colocan al Ecuador entre los países de América Latina con peores distribución y servicio de agua potable (Morrillo y col., 2021).

Las enfermedades diarreicas son la segunda mayor causa de muerte de niños menores de cinco años, sin embargo, son enfermedades prevenibles y tratables. Las

enfermedades diarreicas matan aproximadamente 525000 niños menores de cinco años cada año. Una proporción significativa de las enfermedades diarreicas se puede prevenir mediante el acceso al agua potable y a servicios adecuados de saneamiento e higiene. En todo el mundo se producen unos 1700 millones de casos de enfermedades diarreicas infantiles cada año. La diarrea es una de las principales causas de malnutrición de niños menores de cinco años (OMS, 2017).

Collazo y Montaña (2012) indican que desde el punto de vista hidrogeológico la calidad del agua subterránea es tan importante como la cantidad explotable. La disponibilidad de los recursos hídricos subterráneos para determinados tipos de uso depende fundamentalmente de la calidad físico, química y biológica. La calidad del agua es definida por su composición y por el conocimiento de los efectos que pueden causar sus constituyentes.

Portoviejo es un cantón ubicado en la provincia de Manabí, según los datos proporcionados por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Portoviejo, el 93 % del territorio es zona rural

La comunidad El Gramal se encuentra ubicada en la parroquia rural Pueblo Nuevo perteneciente al cantón Portoviejo. Según el censo de población llevado a cabo en el año 2020, por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Portoviejo, la comunidad El Gramal cuenta con 229 familias y 891 habitantes. Dicha comunidad no tiene fácil acceso al agua potable, sin embargo, posee en su territorio tres pozos profundos los cuales son utilizados muchas veces por los habitantes para el consumo de agua, aunque la misma no recibe tratamiento.

En base a lo expuesto, el objetivo de este trabajo es evaluar la calidad física, química y microbiológica del agua de uno de los pozos ubicados dentro de la comunidad El Gramal perteneciente a la parroquia rural Pueblo Nuevo, en época de invierno y verano.

## ***Metodología***

Se realizaron 6 muestreos, 3 en el mes de noviembre de 2021 y 3 en el mes de febrero de 2022 con el objetivo de evaluar y comparar la calidad física, química y microbiológica del agua y además de la variación en sus características durante la época de verano y la época de invierno, cada parámetro fue analizado por triplicado con el fin de obtener su media y realizar su correspondiente comparación en cada muestra evaluada.

Para la ejecución de la parte experimental se utilizaron los materiales y equipos de laboratorio de la Empresa Pública de Agua y Saneamiento de Portoviejo EP, PORTOAGUAS.

## ***Parámetros analizados y métodos de ensayos empleados***

Los parámetros analizados en las muestras de agua fueron: color, ph, conductividad eléctrica, salinidad, sólidos totales disueltos, sólidos totales, turbiedad, alcalinidad, dureza total, hierro, manganeso, y sulfuro de hidrógeno. Adicional, se determinaron como indicadores microbiológicos bacterias coliformes fecales y bacterias coliformes totales.

En cada toma de muestra se midió in situ el pH con el equipo HACH HQ14d multiparamétrico para medir la conductividad, la salinidad y sólidos totales disueltos aplicando el método de ensayo de Standard Methods 2540 -B. Adicional, se empleó el equipo medidor multiparámetro portátil modelo WTW bajo el método de ensayo establecido por la NTE INEN ISO 10523 para determinar el valor correspondiente a Dureza Total del agua.

En la Tabla 1 se resumen los parámetros caracterizados, los métodos analíticos y el método de ensayo empleado en la determinación de cada uno de los parámetros analizados en las muestras de agua.

**Tabla 1: Parámetros analizados y métodos empleados para el análisis de agua de pozo de la comunidad El Gramal**

<b>Parámetro</b>	<b>Método analítico</b>	<b>Método de ensayo</b>
Color	Espectrofotómetro	Standard Methods 2120
Turbiedad	Turbidimétrico	Standard Methods 2130
pH	Multiparámetro	NTE INEN ISO 10523
Hierro total	Espectrofotómetro	Método HACH 8008
Salinidad	Multiparámetro	Método HACH Predeterminado
Dureza total	Volumétrico	NTE INEN 974
Conductividad	Multiparámetro	Método HACH Predeterminado
Sólidos totales suspendidos	Espectrofotómetro	Método HACH Predeterminado
Sólidos totales disueltos	Multiparámetro	Standard Methods 2540 -B
Sólidos totales	Espectrofotómetro	Método HACH Predeterminado
Alcalinidad	Volumétrico	Método HACH 8203
Manganeso	Espectrofotómetro	Método HACH 8149
Sulfuro de hidrógeno	Espectrofotómetro	Método HACH 8131
Coliformes fecales	Filtración por membrana (UFC/100 ml)	Standard Methods 9222
Coliformes totales	Filtración por membrana (UFC/100 ml)	Método HACH 8074

El pozo objeto de estudio se encuentra ubicado en la Comunidad el Gramal perteneciente a la parroquia Rural de Pueblo Nuevo de Portoviejo, aproximadamente a 2 km en la vía principal.

En la figura 1 se muestra la ubicación del pozo objeto de estudio y parte territorial de la comunidad donde fue realizada la investigación y en la tabla 2 las coordenadas del pozo objeto de estudio.



Figura 1: Ubicación del pozo objeto de estudio de la comunidad El Gramal

En la Tabla 2 se muestran las coordenadas de ubicación del pozo objeto de estudio.

**Tabla 2. Coordenadas de la ubicación del pozo objeto de estudio**

Coordenadas	
Latitud	1° 0' 3.99"S
Longitud	80° 18' 18.77"O

## **Muestreo**

Se tomaron muestras compuestas, siguiendo lo establecido por la norma NTE INEN 1108 (2020) en la toma y conservación de muestras. Cada toma de muestra fue realizada transcurridas las 24 horas durante las fechas 23, 24 y 25 de noviembre del 2021 correspondientes a la época de verano y durante las fechas 1, 2 y 3 de febrero para la evaluación de las muestras de agua en época de invierno. Para cada muestreo se utilizaron 2 envases de vidrio de 1000 mL color ámbar, uno para la muestra correspondiente a la evaluación química, la otra para la evaluación física del agua y 1

envase de 250 mL plásticos esterilizados para la evaluación microbiológica del agua de pozo. Para la conservación y traslado de la muestra fue utilizada una nevera portátil con hielo, la cual permitió transportar y conservar las muestras hasta ser analizadas en el laboratorio NTE INEN 1108 (2020).

## Resultados y discusión

Los resultados obtenidos fueron comparados con los límites máximos permisibles establecidos por NTE INEN 1108 (2020), TULSMA (2015) y la OMS (2011) para la calidad de agua de consumo humano.

En la tabla 3 se muestran los valores medios de los resultados obtenidos en la caracterización del agua, su desviación estándar y su respectiva comparación con las normativas empleadas para la calidad del agua para su consumo.

**Tabla 3: Resultados de la caracterización física, química y microbiológica**

Parámetro	Unidad	Resultado en verano	Resultado en invierno	NTE INEN (2020)	TULSMA (2015)	OMS (2011)
Color	PtCo	11,78	10,11	15	20	15
Turbidez	UNT	2,69 ± 1,64	0,64 ± 0,58	5	10	5
pH	NE	7,53 ± 0,09	7,22 ± 0,10	NE	6 - 9	6,5-8
Hierro total	(mg/L)	0,07 ± 0,03	0,03 ± 0,03	NE	0,3	0,3
Dureza total	(mg/L)	723,11	908,89	NE	500	500
Salinidad	(%)	0,90 ± 0,3	0,90 ± 0,1	1	NE	NE
Conductividad eléctrica	(µs/cm)	1770,67	1776,78	NE	NE	NE
Sólidos totales disueltos	(mg/L)	903,33 ± 23,49	897,78 ± 5,43	NE	1000	1000
Sólidos totales	(mg/L)	909,89 ± 23,21	903,78 ± 4,55	NE	NE	NE
Alcalinidad	(mg/L)	571,11	1051,11	NE	NE	NE
Manganeso	(mg/L)	0,37 ± 0,29	0,60 ± 0,18	0,4	0,1	0,1
Sulfuro de hidrógeno	(mg/L)	0,01	1,67 ± 2,69	NE	NE	NE
Coliformes fecales	UFC/100mL	116,89	175,11	< 1,1* (UFC/100mL)	20 (nmp/100 mL)	0 (NMP/100 mL)
Coliformes totales	UFC/100mL	147,67	405,22	NE	50 (NMP/100 mL)	0 (NMP/100 mL)

Leyenda: NE: No establecido por la normativa.

## **Color y turbidez**

El color y turbidez son parámetros que están muy relacionados en la calidad del agua, Por lo general, el agua de pozo, debido a su naturaleza, es poco probable que presente en sus características niveles altos de color y turbidez.

Como se observa en la tabla 3, los valores medios obtenidos en la evaluación correspondiente a color, fueron, 11,78 PtCo en verano y 10,11 PtCo en invierno, así mismo, se puede observar que el valor medio correspondiente al parámetro turbidez en verano fue 2,69 UNT y 0,64 UNT en invierno, Estos valores obtenidos indican que se encuentran dentro del rango de valores máximos permisibles establecidos por las normativas empleadas para el análisis y comparación de los resultados,

Martínez y Osorio (2018) mencionan en su investigación que el color en cuerpos de agua natural podría reflejar la presencia de moléculas orgánicas complejas derivadas de materias vegetales (húmicas) tales como turba, hojas, ramas y su efecto puede ser aumentado por la presencia de materia en suspensión, pero esto se elimina normalmente con análisis por filtración.

Por otra parte, Chibinda y col, (2017) en su investigación obtuvo valores entre 0,71 y 0,77 UNT, en la evaluación de dos cuerpos de agua subterránea, valores que obtuvo en época de invierno, Estos valores son similares a los obtenidos en la presente investigación, motivo por el cual se puede descartar la presencia de moléculas orgánicas complejas, sin embargo, el color y la turbidez presentaron niveles singulares, Esto se debe a factores como la naturaleza, la geografía y el tipo de agua evaluada, por lo general los cuerpos de aguas subterráneas en época de invierno es alimentada por las aguas lluvias, las cuales llegan hasta los acuíferos provocando aumento o disminución de la concentración de ciertos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua. De la misma forma se puede observar los niveles de color y turbidez presentados en invierno y verano, también se denota que guardan cierta relación ya que, al bajar el nivel de color, pasa algo similar con el nivel de turbidez.

## **pH, Hierro Total y Dureza Total**

En la caracterización de pH se obtuvieron valores de 7,53 en verano y 7,22 en invierno, siendo muy similares a los descritos por Castillo y col, (2019), mismos que presentaron un pH correspondientes a 7,45 y 7,26, denotando que dichos números se encuentran en el rango de aceptabilidad correspondiente a calidad ambiental satisfactoria. Dichos rangos van disminuyendo al pasar de época lluviosa a seca, ubicándose en los límites permisibles que va de 6,0 a 9,0; este elemento es importante en el proceso químico que tiene lugar en el agua, por actuación de los floculantes.

Mientras que en la caracterización de hierro se presentó un promedio de 0,07 mg/L para época de verano y 0,03 mg/L para época de invierno, conservando similitud a los obtenidos por Cortez (2019) de 0,03-0,74 mg/L en su investigación. Es necesario recalcar que en aguas subterráneas es relativamente común encontrar concentraciones considerables de este tipo de elemento y suele fluctuar sobre todo por las condiciones geográficas propias de cada zona.

En referencia a la dureza total en verano arrojó un medio de 791,1 mg/L y en invierno 908 mg/L, a diferencia de los resultados obtenidos por Pérez y col, (2003) en su investigación, en la cual se evaluaron 5 muestras de agua de pozo y en ninguna se presentaron valores mayores a 350 mg/L, demostrando una elevada concentración de sales minerales, tomando en consideración que la dureza del agua viene dada por la concentración de compuestos minerales, los cuales suelen ser común en aguas subterráneas, dependiendo en gran parte de las condiciones del suelo propio de la zona de estudio.

En base a Farid y Salahuddin (2013) los parámetros como el pH, el hierro y la dureza en el agua están muy relacionados, dado que el agua es ácida en lugares que contienen cantidades excesivas de hierro provocando manchas rojizas en las instalaciones de fontanería y en la ropa. En el caso particular de este estudio, los habitantes de la comunidad del Gramal no han tenido casos similares al antes mencionado, corroborando los resultados obtenidos en cuanto a la baja concentración de hierro. Por otra parte, en los resultados obtenidos en cuanto a la dureza del agua, se adjudicaría la presencia de sales minerales a la concentración de otro u otros elementos.

Según los criterios de la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU (2011) el agua para uso doméstico debe tener un pH entre 5,5 y 9, y debe tener una dureza inferior a los 180 mg/L, considerando el agua blanda si contiene de 0 a 60 mg/L de dureza, moderadamente dura de 61 a 120 mg/L, dura entre 121 y 180 mg/L, y muy dura si supera los 180 mg/L. Es necesario considerar que el exceso de dureza en el agua para consumo en base a lo que indica Laborda (2018) provoca enfermedades cardiovasculares, cálculos renales, diabetes, alzhéimer, mortalidad cerebrovascular y otros efectos, como lo son; sabor desagradable en el agua, mayor gasto de jabón y detergentes, electrodomésticos que se averían con frecuencia, sequedad en la piel y cabello, marcas blancas en grifos y desagües, precipitaciones e incrustaciones en las tuberías de distribución. A su vez el agua blanda no estabilizada tiene tendencia a causar corrosión de los metales de las tuberías, desprendiendo metales pesados que pasan al agua de consumo.

Dando como resultado que el agua del pozo de estudio no cumple con las condiciones necesarias para ser objeto de uso doméstico. Debido a que los parámetros correspondientes a pH y a hierro se encuentran por debajo de los límites establecidos por las diferentes normativas para la calidad de agua de consumo y que la dureza del agua sobrepasa los límites máximos.

## ***Salinidad***

En referencia al parámetro de salinidad se percibió un 0,9 % en verano y 0,9 % en invierno, en centrándose dentro del rango establecido por la NTE INEN 1108 (2020), los cuales indican que para salinidad del agua de uso doméstico esta no puede superar el 1 %. A su vez Riviera (2016) resalta que, la profundidad del agua subterránea suele relacionarse directamente con la salinidad de la misma, a la par que la salinidad se asocia con la viabilidad técnica o el coste del abastecimiento y riego. Por ello, la explotación de agua para abastecimiento se realiza preferentemente entre los 0 y 500 m de profundidad, donde los acuíferos suelen todavía presentar concentraciones bajas o moderadas de sales.

Adicional, es primordial tener en consideración que el consumo excesivo de sal puede provocar hipertensión (o agravarla) y aumentar considerablemente el riesgo de padecer enfermedades cardíacas y ACV (accidente cerebrovascular), debido a que las venas se contraerían para mantener la presión arterial y provocando que la sangre deje de llegar al cerebro (Zarza, 2017).

## ***Conductividad eléctrica***

El resultado medio obtenido de conductividad eléctrica en verano corresponde a 1770,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y en invierno a 1776,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , como se observa en la tabla 3, Castillo y col, (2019) en su investigación manifiesta que, en cuanto a los valores de CE, los rangos (0,17- 0,39  $\text{mS m}^{-1}$ ) y la media (026  $\text{mS m}^{-1} \pm 0,08$ ) indican que las aguas subterráneas tienen baja salinidad. Con base a lo antes mencionado y tomando en consideración que la salinidad se encuentra dentro del rango permitido, resulta valido concluir que la conductividad eléctrica está dentro de los parámetros considerados normales.

## ***Sólidos totales disueltos y sólidos totales***

Jácome (2014) indica que los sólidos totales disueltos es una medida de la materia en una muestra de agua, más pequeña de 2 micrones y no puede ser removido por un filtro tradicional. Los sólidos disueltos son la suma de todos los minerales, metales y sales disueltas en el agua y es un buen indicador de la calidad del agua. De manera similar, Sigler y Bauder (2020) mencionan que el total de sólidos disueltos en el agua son clasificados como un contaminante secundario por la Agencia de Protección Ambiental de los EU (USEPA,2022) y se sugiere un máximo de 500  $\text{mg}/\text{L}$  en agua potable, este estándar secundario se establece porque el aumento fuera de parámetros del total de sólidos disueltos en el agua proporcionan al agua una apariencia turbia y disminuye el sabor en esta, llegando a ocasionar irritación gastrointestinal.

Los valores medios obtenidos para los sólidos totales disueltos fueron de 903,33 mg/L en verano y 897,78 mg/L en invierno (tabla 3), en comparación con los 909,89 mg/L en verano y 903,78 mg/L para invierno establecidos por TULSMA (2015) y OMS (2011), demostrando que las muestras de agua se encuentran dentro de los parámetros aceptables correspondiente a sólidos totales, estableciendo que el agua de pozo de la comunidad El Gramal es apta para su consumo en cuanto a sólidos totales disueltos y sólidos totales se refiere, ya que los valores obtenidos en la presente investigación son menores a 1000 mg/L.

## ***Alcalinidad***

Las cantidades promedio adquiridas para alcalinidad en época de verano corresponden a 571,11 mg/L y en época de invierno a 1051,11 mg/L como se muestra en la tabla 3. Cabe mencionar que el parámetro alcalinidad no está establecido por ninguna de las 3 normativas empleadas para la evaluación y comparación de los resultados, sin embargo, Sánchez y col. (2018) establecen que para alcalinidad se tiene un valor de 400 mg/L como límite máximo permisible en agua potable apta para el consumo. Debido a esto, el resultado obtenido para el parámetro alcalinidad indica que está fuera del rango establecido y por lo tanto el agua no es apta para el consumo.

González (2015) indica que elevada alcalinidad no constituye un riesgo directo en la salud, pero puede provocar obstrucción en las tuberías y calentadores de agua, acortando la vida útil de los mismos y causando problemas en accesorios y dispositivos en el hogar. La USEPA (2022) no hace recomendaciones respecto a la alcalinidad en fuentes de agua, ya que esta se liga a factores como el pH y la dureza, pero concluye que una fuente no debe mostrar cambios bruscos o repentinos en el contenido de la alcalinidad, pues esto podría indicar un cambio en la calidad del agua.

En base a Pérez (2016), cuando las aguas tienen alcalinidades inferiores son propensas a la contaminación, porque no tienen la capacidad para oponerse a las modificaciones que generen disminuciones del pH, Aunque el rango de la alcalinidad total llega a un máximo de 200 mg/L, en países como Colombia se admite un valor de 100 mg/L.

## ***Manganeso***

Negrón (2014), señala que el manganeso es un elemento esencial en la dieta, sin embargo, puede ser tóxico a altas concentraciones, afectando el sistema nervioso central, sistema respiratorio, sistema reproductor, corazón y otros. La interacción de hierro y manganeso afecta el color y olor del agua potable, en adición, la acumulación

de estos elementos causa problemas en las tuberías y en otros dispositivos en las plantas de tratamiento. De igual forma, Dvorak y Schuerman (2021), mencionan que el manganeso es un mineral muy común encontrado en el agua potable, pero que niveles elevados de este elemento en el agua potable pueden suponer un riesgo para la salud.

Los resultados obtenidos para el parámetro manganeso (tabla 3) corresponden a 0,37 mg/L en época de verano y 0,60 mg/L en época de invierno, resultando muy similares a los presentados por Alcívar (2017) en su investigación, la misma que arrojó 0,305 mg/L, 0,31 mg/L y 0,31 mg/L en diferentes muestras. Encontrándose ambos fuera de la normativa empleada NTE INEN 1108 (2020) la misma que establece que el límite máximo para el parámetro analizado no puede estar por encima de 0,1 mg/L.

Es por todo lo expuesto anteriormente se destaca el hecho de que este parámetro se encuentra fuera del rango permisible, siendo indispensable para el uso y consumo del agua de estudio el desarrollo de un tratamiento adecuado que asegure la salud de los habitantes de la comunidad.

### ***Sulfuro de hidrógeno***

En la tabla 3, se pueden observar los valores correspondientes al parámetro sulfuro de hidrógeno, para verano se obtuvo un valor medio de 0,01 mg/L y 1,67 mg/L en invierno. En su investigación, la ATSDR (2014) indica que la gente generalmente puede oler ácido sulfhídrico cuando está en concentraciones bajas entre 0,0005 y 0,3 partes por millón (ppm), En concentraciones altas, una persona puede perder la capacidad de oler esta sustancia, Esto es importante porque una persona puede erróneamente creer que el ácido sulfhídrico no se encuentra presente, lo que puede aumentar el riesgo de exposición a niveles que pueden afectar la salud, Teniendo en cuenta la investigación mencionada anteriormente, se puede establecer que el agua de pozo analizada se encuentra por encima de los límites máximos permisibles debido a su variación en época de invierno, motivo por el cual resulta indispensable un tratamiento adecuado para dar solución a este parámetro,

### ***Coliformes fecales y totales***

Para las bacterias coliformes fecales el valor medio obtenido en verano fue 116,89 UFC/100mL y en invierno 175,11 UFC/100mL (tabla 3). En cuanto al parámetro de bacterias coliformes totales, se obtuvo un valor medio de 147,67 UFC/100mL en la caracterización correspondiente a época de verano y, un valor de 405,22 UFC/100mL en época de invierno.

Alcívar y col. (2017) en su investigación realizada presentan valores obtenidos correspondientes a  $2,59 \times 10^3$  NMP/100mL para CF y 21,75 NMP/100mL para CT y exponen que las cifras se encuentran ligeramente por debajo de la normativa empleada para el análisis de los resultados NOM-127-SSA1-1994. Por su parte, Anduro y col. (2017), realizaron análisis microbianos en 106 muestras de agua de pozo, donde el 21,7 % de las muestras excedieron los criterios establecidos por la normativa empleada para la evaluación y comparación de los resultados, El 50,9 % de las muestras presentaron incidencia del grupo CT, mientras que el 39,6 % tuvo presencia de C.

Las fuentes de contaminación fecales de humanos y animales representan un grave riesgo para la salud debido a la alta probabilidad de la existencia de agentes patógenos en los residuos fecales. El ganado vacuno, cerdos y gallinas también acarrean patógenos que pueden causar enfermedades y pueden transmitirse de animales a humanos. Por lo tanto, la introducción de heces de animales o humanos en el agua es de mucha preocupación. Una persona que consume alimentos o agua contaminada puede experimentar náuseas, vómitos, cólicos abdominales, diarrea y fiebre (Rock y Rivera, 2014).

## **Conclusiones**

De acuerdo con los resultados obtenidos, en los cuales se evidencia niveles elevados de conductividad eléctrica, alcalinidad, dureza total, sulfuro de hidrógeno, bacterias coliformes fecales totales, y adicional, tomando en consideración que las condiciones físicas, químicas y microbiológicas presentes en el agua bajo las variables estudiadas no son adecuadas, se concluye que el agua de pozo de la comunidad El Gramal no es apta para su consumo y que, previo a su uso es necesario aplicar tratamiento convencional incluida su desinfección.

Por lo anterior mencionado, se propone el siguiente proceso de tratabilidad el cual permitirá la obtención de un agua segura y de calidad para los habitantes de la comunidad El Gramal.

**Tabla 5: Proceso, equipos o sustancias a emplear en el proceso de tratabilidad**

<b>Proceso</b>	<b>Equipo / sustancia a emplear</b>
Aireación en línea	Oxigenador dinámico
Precloración	Hipoclorito de calcio granulado
Filtración	Filtro autónomo
Aireación	Torre de aireación
Desinfección	Hipoclorito de calcio en briquetas
Ablandamiento	Sistema de ablandamiento para mitigación de dureza total

En la Tabla 5 se muestra el proceso, equipos o sustancias a emplear para el tratamiento del agua de pozo de la comunidad El Gramal, el proceso de precloración, debe ser realizado utilizando hipoclorito de calcio granulado, para garantizar resultados eficientes en el tratamiento del agua, Guangua (2013) indica que la precloración es un proceso de acondicionamiento del agua efectuado antes de la decantación, para que posteriores etapas del proceso sean más eficaces y eficientes, consiste en añadir el agente generador de formas activas de cloro a la entrada de la planta de tratamiento, Favorece la coagulación y elimina sustancias inorgánicas reductoras, microorganismos presentes en las diferentes unidades, así como en las líneas de conducción de un proceso a otro.

El tratamiento comprendido por el proceso de precloración, aireación y filtración, será complementado con el proceso de desinfección con una concentración tal que dé cumplimiento a la NTE INEN 1108 (2019), la cual establece un rango de 0,3 mg/L a 1,5 mg/L para cloro libre residual en la red de distribución de agua potable.

Finalmente, y a pesar de que el parámetro de la dureza total, no se encuentra establecido en la NTE INEN 1108 (2019), para realizar la disminución de este, se debe implementar un sistema de ablandamiento (con resina catiónica fuerte), con la finalidad de mitigar la dureza total presente en el agua cruda, parámetro que hace que la muestra de agua analizada sea considerada como un agua dura.

El ablandamiento del agua es una técnica que sirve para eliminar los iones que hacen a un agua ser dura, en la mayoría de los casos iones de calcio y magnesio. En algunos casos iones de hierro también causan dureza del agua. Los iones de hierro pueden también ser eliminados durante el proceso de ablandamiento, el mejor camino para el proceso es usar una unidad de ablandamiento de aguas y conectarla directamente con el suministro de agua (Moreira, 2016). En el caso de no aplicarse el sistema de ablandamiento (con resina catiónica fuerte), se sugiere emplear un filtro descalcificador o un sistema que sea capaz de convertir la dureza presente en el agua, en nano cristales estables, insolubles en el agua, que no causen incrustaciones de sarro las cuales puedan ser fácilmente removidos con el flujo del agua y puedan fluir a través de las tuberías o conductos de maquinarias o aparatos domésticos sin adherirse en las superficies internas de las mismas.

## **Referencias bibliográficas**

Alcívar, B., Juan C. et al. Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de pozos. Dominio de las Ciencias, [S.l.], v. 4, n. 3 Especial, p. 183-206, ago. 2017. ISSN 2477-8818. Disponible en: <<https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/557>>. Fecha de acceso: 26 nov. 2022 doi:<http://dx.doi.org/10.23857/dc.v4i3Especial.557>.

Alcívar, J., Walter, M., Sorroza, N., Villacres, R., García, F., & Mariscal, R. (2017). Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de pozos. *Dialnet*, V. 3, N. (4), p. 183-206.

Alvado, B., Soria, X., Vicente, E., Delgado, J., Urrego, P., Ruíz, A., . . . Moreno, J. (2021). Estimating Organic and Inorganic Part of Suspended Solids. *Water*. 13(2453), 1-22. Disponible en: [10.3390/w13182453](https://doi.org/10.3390/w13182453)

Anduro, J., Cantú, E., Campas, O., López, J., Sánchez, D., & Felix, A. (2017). DIAGNÓSTICO DELACALIDADSANITARIADELAGUADEPOZO EN COMUNIDADESDELSURDESONORA. *Revista de Salud Pública y Nutrición*, V.16 , 11-8. Disponible en: [10.29105/respyn16.1-1](https://doi.org/10.29105/respyn16.1-1)

ATSDR. (2014). División de Toxicología y Ciencias de la Salud . Resumen de salud pública. Ácido Sulfhídrico (Sulfuro de hidrógeno).Disponible en: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts41.pdf](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts41.pdf)

Camacho, C. O., & Astudillo, V. M. (2020). Evaluación del aprovechamiento empírico del agua subterránea somera del cantón Morona-Ecuador. *Dominio de las ciencias*. V. 6, 460-473. Disponible en: [10.23857/dc.v6i2.1179](https://doi.org/10.23857/dc.v6i2.1179)

Castillo, S., Barrezueta, S., & Arvito, J. (2019). Evaluación de la calidad de aguas subterráneas de la parroquia La Peaña, provincia El Oro, Ecuador. *Revista Ciencia Unemi*, 12(31), 64-73.

Cerón, Lina M., Sarria, Jhon D., Torres, Johan S., & Soto-Paz, Jonathan. (2021). Agua subterránea: tendencias y desarrollo científico. *Información tecnológica*, 32(1), 47-56. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642021000100047>

Chibinda, Cecília, Arada-Pérez, Maria de los Angeles, & Pérez-Pompa, Norma. (2017). Caracterización por métodos físico-químicos y evaluación del impacto cuantitativo de las aguas del Pozo la Calera. *Revista Cubana de Química*, 29(2), 303-321. Recuperado en 26 de noviembre de 2022, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-54212017000200010&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212017000200010&lng=es&tlng=es).

CISPDR. (2016). PLAN NACIONAL DE LA GESTIÓN INTEGRADA E INTEGRAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LAS CUENCAS Y MICROCUENCAS HIDROGRÁFICAS DE ECUADOR. Quito. Disponible en: [http://suia.ambiente.gob.ec/?page\\_id=495](http://suia.ambiente.gob.ec/?page_id=495)

Collazo, M., & Montaña, J. (2012). Manual de Agua Subterránea. Agua subterránea destinada al abastecimiento humano . Montevideo, Uruguay .Disponible en: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/publicaciones/manual\\_de\\_agua\\_subterránea-ilovepdf-compressed.pdf](https://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/publicaciones/manual_de_agua_subterránea-ilovepdf-compressed.pdf)

Cortez, H. S. (2019). Evaluación de la calidad de agua subterránea en pozos de abastecimiento para consumo humano del cantón Quevedo. Quevedo, Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3731>

Dvorak, B., & Schuerman, B. (2021). Drinking Water: Iron and Manganese. NebGuide, 1-6. Disponible en: <https://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/g1714.pdf#:~:text=Iron%20and%20manganese%20are%20two%20naturally%20occurring%20drinking,detect%20and%20remove%20these%20contaminants%20from%20drinking%20water.>

Farid, A., & Salahuddin. (2013). Statistical Analysis for the Presence of pH Content of Ground. Global Journal of Science Frontier Research Mathematics and Decision Sciences, 13(9), 55-59.

Flores, L., Gutiérrez, M., & Marín, S. (2014). PH Y LOS ALIMENTOS EN LA SALUD. V CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA. TONANTZINTLA, Puebla, México. Disponible en: [https://www-optica.inaoep.mx/~tecnologia\\_salud/2014/1/memorias/Resumenes/MyT2014\\_53\\_R.pdf](https://www-optica.inaoep.mx/~tecnologia_salud/2014/1/memorias/Resumenes/MyT2014_53_R.pdf)

Gil Antonio, M. d., Reyes Hernández, H., Márquez Mireles, L. E., & Códova Benavides, A. (2014). Disponibilidad y uso eficiente de agua en zonas rurales. Investigación y ciencia, 67-73.

González, M. A. (2015). Estandarización de las metodologías para el análisis de pH, alcalinidad y turbidez en muestras de agua potable e el laboratorio de la asociación municipal de acueductos comunitarios de Dosquebradas (AMAC). Pereira.

Guangua, A. C. (2013). OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE. Riobamba, Ecuador.

Intituto Ncional de Estadística y Censo. (2016). Indicadores ODS de agua, saneamiento e higiene en Ecuador. Obtenido de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Libros/Diagnostico\\_ASH\\_pobreza\\_INEC\\_BM.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Libros/Diagnostico_ASH_pobreza_INEC_BM.pdf)

Intituto Ncional de Estadística y Censo. (2019). Agua, Saneamiento e Higiene. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/indicadores-ods-agua-saneamiento-e-higiene/>

Jácome, J. A. (mayo de 2014). Validación de métodos analíticos para la determinación de la demanda química de oxígeno, sólidos totales disueltos y sólidos totales suspendidos en matrices de agua clara y residual en el centro de investigaciones y control ambiental CICAM. Ambato, Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8461>

Kruse, E. E. (2015). Uso del agua subterránea y desarrollo sostenible. CONICET, 30-35.

Laborda, S. (2018). Efectos de la dureza del agua en la salud . Nafarroako Osasun Publikoaren eta Lan Osasunaren Institutua, 1-14. Disponible en-. [HTTP://WWW.NCBI.NLM.NIH.GOV/PMC/ARTICLES/PMC3775162/](http://WWW.NCBI.NLM.NIH.GOV/PMC/ARTICLES/PMC3775162/))

Martínez, M., & Osorio, A. (2018). Validación de un método para el análisis de color real en agua . Revista de la facultad de ciencias, 7(1), 143-155. doi:<https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v7n1.68086>

Moreira, A. (2016). Consideraciones actuales sobre ablandamiento del agua. Dominio de la Ciencia , 334-345.

Morrillo Cano, J. R., Vega Falcón, V., & Sánchez Martínez, B. (2021). Enfermedades transmitidas por el consumo de agua de mala calidad. Universidad y sociedad, 513-520.

Negrón, S. (2014). El Hierro y el Manganeseo en el Agua. Disponible en : <https://aguareciclada.com/tratamientos/eliminacion-de-hierro-y-manganeseo-en-el-tratamiento-del-agua/#:~:text=El%20hierro%20provoca%20manchas%20anaranjadas%20marrones%20parecidas%20a%20la,hierro%20y%20menos%20de%200%2C5%20mg%20FL%20de%20manganeseo.>

NTE INEN 1108. (2020). NORMA TÉCNICA ECUATORIANA. NTE INEN 1108 Sexta revisión 2020-04. AGUA PARA CONSUMO HUMANO. REQUISITOS. Quito, Ecuador.

Organización Mundial de la Salud. (2011). Guías para la calidad del agua de consumo humano. Ginebra, Suiza.

Organización Mundial de la Salud. (2017). Enfermedades diarreicas. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diarrhoeal-disease>

Organización Mundial de la Salud. (2017). Organización Mundial de la Salud. Obtenido de 2100 millones de personas carecen de agua potable en el hogar y más del doble no disponen de saneamiento seguro: <https://www.who.int/es/news/item/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safe-sanitation>

Organización Mundial de la Salud. (2022). Organización Mundial de la Salud. Obtenido de Agua. Datos y cifras: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

OPS, & OMS. (2012). ESTUDIO DE LA CALIDAD DE FUENTES UTILIZADAS PARA CONSUMO HUMANO Y PLAN DE MITIGACIÓN POR CONTAMINACIÓN POR USO DOMÉSTICO Y AGROQUÍMICOS EN APURÍMAC Y CUSCO. Lima . Disponible en: [https://siar.minam.gob.pe/puno/documentos/estudio-calidad-fuentes-utilizadas-consumo-humano-plan-mitigacion.](https://siar.minam.gob.pe/puno/documentos/estudio-calidad-fuentes-utilizadas-consumo-humano-plan-mitigacion)

Pérez, E. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Dialnet*, 29(3), 3-14.

Pérez, F., Prieto, F., Rojas, A. G., Marmolejo, Y., Ramo, C., Castañeda, A., . . . Barrado, E. (2003). Caracterización química de aguas subterráneas en pozos y un distribuidor de agua de Zimapán, Estado de Hidalgo, México. *HIDROBIOLÓGICA*, 13(2), 95-102.

Ribiera, F. (2016). Salinidad y aguas subterráneas. En F. ibiera, *Hidrogeología emergente* (págs. 97-110).

Rock, C., & Rivera, B. (2014). La Calidad del Agua, E. coli y su Salud. Disponible en: <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf#:~:text=la%20ingesti%C3%B3n%20del%20agua%20es%20alta%20%28nataci%C3%B3n%29%2C%20la,menos%20riesgo%20de%20que%20una%20persona%20se%20enferme>.

Salamanca, E. (2016). Tratamiento de aguas para el consumo humano. Módulo Arquitectura CUC, 29-48. Disponible en <https://doi.org/10.17981/moducuc.17.1.2016.02>

Sánchez, Á., Molina, I., & Pérez, R. A. (2018). Evaluación de la calidad del agua de la cuenca del río Purungueo RH18Gd, Michoacán. *Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias*, 9(21), 1238-1248.

Sciences, N. A. (2000). Beyond Discovery - The Hepatitis B Story. *National Academy of Sciences*, 1-8. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmninnibpcjpcglclefindmkaj/http://www.nasonline.org/publications/beyond-discovery/hepatitis-b-story.pdf>

Subba Rao, N., & Chaudhary, M. (2019). Hydrogeochemical processes regulating the spatial distribution of groundwater contamination, using pollution index of groundwater (PIG) and hierarchical cluster analysis (HCA): A case study. *AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY INFORMATION*, 1-14.

Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente. (2015). *NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DESCARGA DE EFLUENTES*. Ecuador. Disponible en : <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

Organización de Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y Cultura. (2020). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. París: UNESCO. Obtenido de <https://es.unesco.org/themes/water-security/wwap/wwdr/2020>

Zarza, L. (2017). Beber agua con sal, ¿otra estupidez humana relacionada con el agua? Obtenido de *Iagua*: <https://www.iagua.es/blogs/laura-f-zarza/beber-agua-sal-otra-estupidez-humana-relacionada-agua>