

EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS

EVALUATION OF PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS IN GROUNDWATER

Alejandro Reyes Torres. areyes@ismm.edu.cu. Universidad de Moa, Holguín
Cuba. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8500-8653>

Yanet Borges Terrero. yborgest@ismm.edu.cu. Universidad de Moa, Holguín
Cuba. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0920-7801>

Walkis Herrera Blanco. wherrera@ismm.edu.cu. Universidad de Moa, Holguín
Cuba. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6471-0381>

Suraymi García Cruz. sgarcia@ismm.edu.cu. Universidad de Moa, Holguín
Cuba. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4784-3817>

Iroidis Rodríguez Mora. irodriguez@ismm.edu.cu. Universidad de Moa, Holguín
Cuba. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0664-2368>

**Autor para la correspondencia editorial: yborgest@ismm.edu.cu*

Fecha de recepción: 13 de diciembre de 2025

Fecha de aceptación: 15 de enero de 2026

RESUMEN

Por la necesidad de utilizar las aguas de los pozos criollos en el reparto La Playa, Moa, Holguín para actividades domésticas, se realizó una evaluación de las características físico-químicas y los componentes inorgánicos de las aguas subterráneas para determinar su potabilidad. Se analizaron muestras de agua de cinco pozos para medir parámetros como: dureza total, pH, alcalinidad, sólidos disueltos totales, calcio, magnesio, aluminio, hierro, cobre, zinc, sulfatos, salinidad, amoníaco, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y demanda química de oxígeno (DQO). La metodología de investigación se desarrolló en cuatro etapas de trabajo. Como resultados se obtiene que los parámetros se encuentren dentro de los rangos

aceptables, cumplen con los estándares; los elevados niveles de DBO₅ y DQO reflejan que el agua no es segura para consumo humano directo sin tratamiento; esto resalta la necesidad de implementar medidas correctivas para garantizar la seguridad del agua en la zona.

PALABRAS CLAVES: calidad del agua; residuos contaminantes; alcalinidad; seguridad hídrica

ABSTRACT

Due to the need to use water from local wells in the La Playa neighborhood, Moa, Holguín, for domestic activities, an evaluation of the physicochemical characteristics and inorganic components of groundwater was conducted to determine its potability. Water samples from five wells were analyzed to measure parameters such as total hardness, pH, alkalinity, total dissolved solids, calcium, magnesium, aluminum, iron, copper, zinc, sulfates, salinity, ammonia, biochemical oxygen demand (BOD₅), and chemical oxygen demand (COD). The research methodology was developed in four stages. Results show that most parameters fall within acceptable ranges and meet standards; however, the elevated levels of BOD₅ and COD indicate that the water is not safe for direct human consumption without treatment. This highlights the need to implement corrective measures to ensure water safety in the area.

KEYWORDS: water quality; contaminant residues; alkalinity; water security

INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento imprescindible en todos los procesos naturales de la Tierra y es vital para la existencia de todas las formas de vida. Su importancia trasciende a lo largo de la historia y ha sido el eje primordial para el desarrollo de la sociedad (Oliveros, 2024). Hoy en el mundo, la escasez de agua dulce es un problema de primera prioridad, el 97 % del agua del planeta (1400 millones de km³) es salada y solo una sexta parte del 3 % restante (agua dulce) es accesible, el 70 % de esta agua dulce se encuentra en las capas de hielo de los polos y en los glaciares

(Crespo, Fernández & Pérez, 2022). A pesar de su relevancia, el agua es un recurso limitado, vulnerable y cada vez más escaso en los últimos años. Lamentablemente, no se ha logrado una conciencia globalizada acerca de la necesidad de gestionar este recurso de manera razonable. Como resultado, se han generado crisis relacionadas con el uso del agua, provocando enfermedades de origen hídrico, desnutrición, estancamiento económico, inestabilidad social, conflictos y desastres ambientales (Lobaina, 2024).

La conservación de los recursos hídricos constituye una de las actividades prioritarias de la comunidad científica de nuestro país e internacionalmente, por ello el estudio de la problemática ambiental, la contaminación y calidad de las aguas subterráneas y superficiales es de vital importancia (Rubio, 2017).

Los recursos hídricos se encuentran en peligro de contaminación, los más importantes y estratégicos están sometidos a un alto grado de vulnerabilidad, por negligencia, falta de conciencia y desconocimiento de la población acerca de la obligación de protegerlos y la carencia de autoridades, profesionales y técnicos, a los que les corresponde cuidarlos y utilizarlos (Vargas, 2002; citado por Torres, 2019).

La contaminación de agua puede producirse por diversas índoles: residuos sólidos, líquidos y gaseosos, sólidos en suspensión, materia tóxica, microorganismos infecciosos, desechos radiactivos, entre otros. Estas sustancias dan al agua propiedades indeseables, como corrosividad, toxicidad, incrustabilidad, mal olor, mal sabor y mala apariencia.

La disponibilidad de agua potable de buena calidad es un factor importante para preservar la salud de la población y son conocidas las epidemias causadas por la contaminación de las aguas que en el pasado diezmaron la población. Actualmente en la mayoría de los centros urbanos se controlan estos problemas, pero el creciente desarrollo de la sociedad hace aumentar continuamente la cantidad y tipos de Fuentes (Rodríguez, 2019).

Por su parte, la Organización Mundial de la Salud creó las guías para la calidad del agua potable, cuya finalidad es proporcionar una base científica que puedan utilizar las autoridades nacionales como punto de partida para el desarrollo de reglamentos y normas sobre el agua de consumo adecuadas para la situación de cada país (Márquez & Ortega, 2017).

En lo anterior juega un rol primordial la garantía de la calidad del agua, referido a «las condiciones y características físicas, químicas y microbiológicas que presenta este líquido, de acuerdo a diversas normas que garanticen que sea óptima para su consumo. Además, debe presentar transparencia, sabor y olor admisibles» (Aroca, & Toapanta, 2023; citado por Armijos, 2025). De la óptima calidad del agua dependerá que esté apta para el consumo humano, pues garantiza que esté libre de microorganismos, hongos, bacterias o agentes químicos que afecten la salud.

En el municipio de Moa, la minería es una de las actividades económicas más relevantes, pero es también una fuente potencial de contaminación de las aguas. La explotación minera genera residuos contaminantes que deterioran tanto las aguas superficiales como las subterráneas. Se han realizado importantes investigaciones sobre los efectos contaminantes provocados por el drenaje de aguas ácidas ricas en metales pesados procedentes del lixiviado de las escombreras y las presas de residuos mineros (Crespo, 2023).

Debido a la compleja situación electroenergética por la que está atravesando el país que afecta el abasto de agua a la población prolongándose los días establecidos para abastecer a las distintas zonas de Moa, muchos pobladores se han visto en la necesidad de utilizar las aguas de los pozos criollos existentes en los patios de sus casas para toda actividad doméstica, por eso surge la presente investigación, cuyo propósito es evaluar los parámetros físico-químicos y componentes inorgánicos de dichas fuentes subterráneas, determinando así su aptitud para el uso doméstico en el reparto «La Playa».

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología de investigación se desarrolla en cuatro etapas de trabajo;

I Etapa. Revisión bibliográfica

Durante esta primera etapa de la investigación, se realizó una búsqueda de información bibliográfica, a través de la revisión de una serie de artículos científicos, trabajos de diploma, tesis de maestría, tesis doctorales y otros documentos con el objetivo de obtener la mayor cantidad de información posible sobre estudios realizados en el área. Además, se consultaron bibliografías actualizadas utilizadas en Cuba y en el mundo.

II Etapa. Trabajo de Campo

Se realizaron marchas de reconocimiento para la descripción geológica y determinación de los puntos de muestreo. Se tomaron muestras en cinco puntos, determinados porque son los más utilizados por la población.

Para este proceso se recogieron las muestras en pomos plásticos de 1L, un pomo por cada punto de muestreo se procedió inicialmente con el endulce del recipiente para evitar la alteración de las propiedades.

El recipiente como medida de seguridad fue llenado completamente para evitar la concentración de oxígeno, se conservó en refrigeración. Se marcaron los pomos para evitar la confusión en la identificación de las muestras.

III Etapa. Análisis de laboratorio

UPL-PT-A-11 Determinación de Ni, Co, Fe, Cu, Zn, Mn, Mg, Al, Cr, Si, V, Pb. Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica.

- UPL-PT-G-15 Determinación de sulfatos con ignición de residuo. Método gravimétrico.
- UPL-PT-V-06 Determinación de amoníaco con aguas limpias y aguas residuales. Método volumétrico.
- UPL-PT-V-11 Determinación de alcalinidad. Método volumétrico.
- UPL-PT-V-12 Determinación de dureza total. Método volumétrico.
- UPL-PT-V-13 Determinación de Ca y Mg. Método volumétrico.
- UPL-PT-E-01 Determinación pH. Método electrométrico.
- UPL-PT-E-03 Determinación de la conductividad. Método electrométrico.
- PA-12. Determinación de la demanda biológica de oxígeno. Método de incubación por 5 días a 20 grado con medición de oxígeno disuelto por método electrométrico.
- Determinación de la demanda química de oxígeno. Método de reflujo cerrado por espectrofotometría.

Expresión de los resultados: mg/L, Ms/CM, Unidades de pH.

IV Etapa. Procesamiento y análisis de la información

A partir de los resultados obtenidos en el laboratorio se procesó la información a través de Google Maps, QGIS y ARGIS, se confeccionó el mapa de ubicación geográfica. Para la interpretación de los resultados se empleó la Norma Cubana 827 (Cubana, N. 827, 2017) y Norma OMS 2018, los resultados se expresan mediante gráficos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la evaluación físico-química de las aguas del reparto La Playa, Moa, Holguín, se pudo constatar las siguientes características (tabla 1), lo cual abarca el asentamiento poblacional principal.

Parámetro	Unidad	Rango obtenido	Límite NC 827:2017	Límite OMS	Cumple NC	Cumple OMS
Dureza total	mg/L CaCO ₃	94 - 236	400 mg/L	500 mg/L	Sí	Sí
pH	U pH	6.57 - 6.96	6.5 - 8.5	7.0 - 8.0	Sí	Sí*
Alcalinidad total	mg/L	80 - 150	N/E	N/E	-	-
SDT	mg/L	156 - 436	1000 mg/L	1000 mg/L	Sí	Sí
Calcio (Ca)	mg/L	20.05 - 43.71	200 mg/L	300 mg/L	Sí	Sí
Magnesio (Mg)	mg/L	17.88 - 41.68	150 mg/L	30 mg/L	Sí	Parcial
Aluminio (Al)	mg/L	0.069 - 0.084	0.2 mg/L	0.2 mg/L	Sí	Sí
Hierro (Fe)	mg/L	0.018 - 0.102	0.3 mg/L	1.0 mg/L	Sí	Sí
Cobre (Cu)	mg/L	0.103 - 0.132	2.0 mg/L	2.0 mg/L	Sí	Sí
Zinc (Zn)	mg/L	0.127 - 0.154	5.0 mg/L	5.0 mg/L	Sí	Sí
Sulfatos (SO₄)	mg/L	20.76 - 70.52	400 mg/L	500 mg/L	Sí	Sí
Salinidad	mg/L	0 - 0.2	N/E	N/E	-	-
Amoniaco (NH₃)	mg/L	0	N/P	N/P	Sí	Sí

Tabla 1. Resultados Físico-Químicos de las Aguas Subterráneas del Reparto La Playa, Moa
 N/E: No especificado en la norma. N/P: No permisible

Dureza total como CaCO₃

Está representada por el contenido de sales de calcio o magnesio y se determina por la suma de estos iones. Los resultados obtenidos en las cinco muestras, van desde (94 mg/l hasta 236 mg/l) por lo que se encuentran en correspondencia con la NC 827: 2017, son valores menores al límite máximo admisible planteado en esta norma (400 mg/L), se pueden clasificar como aguas potables.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS 2006) plantea que la dureza del agua por encima de los 200 mg/l podría provocar incrustaciones en el sistema de distribución. Las aguas blandas con una dureza menor que 100 mg/l aproximadamente tienen una capacidad de amortiguación baja y pueden ser más corrosivas para las tuberías. Para consumo humano estableció valores de 500 mg/l basándose en condiciones sobre el sabor y uso doméstico.

Potencial de hidrógeno pH y Alcalinidad total AT

Es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculando el número de iones de hidrógeno presentes. Los valores del pH varían desde 6.57 a 6.96 que representan los valores máximos y mínimos respectivamente atendiendo a la clasificación de las aguas por su pH según Pasojov, las cinco muestras de aguas se clasifican en neutras, estos valores se encuentran dentro de los expuestos en la NC 827: 2017 que varían de 6.5 a 8.5, mientras que atendiendo al límite según la OMS de 7 a 8, estos se encuentran por debajo, aunque no se considera un problema porque en la mayoría de las aguas subterráneas el pH es inferior a 8.3; por lo que pueden ser declaradas como aguas potables. Mientras que la alcalinidad, es la capacidad que tiene el agua para neutralizar ácidos, los valores obtenidos fluctúan entre 80 a 150 mg/L.

Sólidos disueltos totales (SDT)

Según la OMS los sólidos disueltos totales (SDT) comprenden las sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio, sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua. Los SDT presentes en el agua de consumo proceden de fuentes naturales, aguas residuales, escorrentía urbana y aguas residuales industriales. La presencia de concentraciones altas (superiores a 1200 mg/l) puede resultar desagradable para los consumidores. El agua con concentraciones muy bajas también puede ser inaceptable debido a su falta de sabor (Fernández & Guardado, 2021). Para las cinco muestras evaluadas sus contenidos varían de 156 mg/L a 436 mg/L, estos valores no superan el límite máximo admisible de la norma cubana y la OMS.

Calcio (Ca)

El calcio presenta valores que varían de 20.05 y 43.71 mg/L todas las muestras están por debajo del límite máximo admisible (200 mg/L) dado por la NC 827: 2017 y el límite de la OMS (300 mg/L). Suele ser el catión principal en la mayoría de las aguas naturales debido a su amplia difusión en rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Este bajo contenido de calcio se debe al tipo de litología existente en la zona.

Magnesio (Mg)

Los valores obtenidos de magnesio varían desde 17.88 mg/L hasta 41.68 mg/L, los cuales se encuentran por debajo del límite máximo admisible de la NC 827: 2017 que es de (150 mg/L) sin embargo los pozos P2, P3, P4 y P5 están por encima del límite de la OMS (30 mg/L). El magnesio es un elemento esencial, ayuda con el metabolismo de la energía, la síntesis de proteínas y el tono vascular.

Aluminio (Al)

Los valores obtenidos de aluminio oscilan de 0.069 mg/L hasta 0.084 mg/L, estos se encuentran por debajo del límite de la OMS y los límites máximos admisibles de la NC 827: 2017 (0,2mg/L). La concentración de aluminio en aguas de consumo humano puede afectar tanto la calidad del agua como la salud. Niveles elevados pueden alterar el color, turbidez y sabor del agua, haciéndola menos aceptable para los consumidores. Aunque la ingesta de aluminio no se considera agudamente tóxica, se ha asociado con preocupaciones sobre enfermedades neurológicas, como el Alzheimer.

Hierro (Fe)

Los valores obtenidos alcanzan valores de 0.018 mg/L y 0.102 mg/L, se encuentran por debajo del límite máximo admisible de la norma cubana (0.3 mg/L) y el límite de la OMS (1 mg/L). Cuando este elemento entra en contacto con el oxígeno del aire se oxida, produciendo una coloración rojiza en el agua, que parece turbia. Concentraciones elevadas de hierro pueden afectar la calidad del agua de lavado y causar dificultades en los sistemas de distribución al permitir el crecimiento de bacterias del hierro.

Cobre (Cu)

Según la OMS 2017 el cobre es un nutriente esencial y, al mismo tiempo, un contaminante del agua de consumo, también plantea que cuando las concentraciones de cobre están por encima de 1 mg/l, el agua mancha la ropa lavada y los aparatos sanitarios. En concentraciones superiores a 2,5 mg/l, el cobre confiere un sabor amargo no deseado al agua; en concentraciones superiores afecta también su color. Las cinco muestras analizadas alcanzaron valores que oscilan desde 0.103 mg/L hasta 0.132 mg/L los cuales no superan el límite máximo admisible de 2.0 mg/L planteado en la norma cubana y la OMS.

Zinc (Zn)

El zinc confiere al agua un sabor astringente indeseable y su umbral gustativo (como sulfato de zinc) es de aproximadamente 4 mg/l. El agua con concentraciones de zinc mayores que 3, 5 mg/l puede tener un color opalino y producir una película oleosa al hervir. Aunque el agua de consumo rara vez contiene concentraciones mayores que 0,1 mg/l, los niveles en el agua de grifo pueden ser sustancialmente mayores debido al zinc utilizado en materiales de fontanería galvanizadas (OMS 2006). Los resultados obtenidos para las 5 muestras varían desde 0.127 mg/L hasta 0.154 mg/L, los cuáles se encuentran por debajo del límite máximo admisible (5 mg/L) según la norma cubana y el límite de la OMS. Hay que destacar que altas concentraciones (más de 5 mg/L) pueden causar irritación gastrointestinal, como diarrea y náuseas, debido a su baja solubilidad y mala absorción en el tracto digestivo.

Sulfatos (SO₄)

Las muestras analizadas presentan valores que oscilan desde 20.76 mg/L hasta 70.52 mg/L, por debajo del límite máximo admisible (400 mg/L) estipulado en la norma cubana, por lo que no representan ningún riesgo para la salud humana.

Los sulfatos se liberan al agua procedente de residuos industriales y mediante precipitación desde la atmósfera; no obstante, las concentraciones más altas suelen encontrarse en aguas subterráneas y provienen de fuentes naturales. Debido a los efectos gastrointestinales de la ingestión de agua de consumo con concentraciones altas de sulfato, se recomienda notificar a las autoridades de salud las fuentes de agua de consumo en las que las concentraciones de sulfato sobrepasen los 500 mg/l (de Miguel, 2020).

Salinidad

Este parámetro se comportó de manera estable alcanzando valores que varían desde 0 hasta 0.2 mg/L, teniendo valores de 0.2 mg/L en la mayoría de las muestras es decir en los pozos 2, 3, 4, 5, alcanzándose el valor de 0 en el pozo 1, es prácticamente dulce, por lo que tienen un nivel de salinidad muy bajo casi inapreciable.

Amoníaco NH₃

El amoníaco alcanzó valores de cero, lo que indica que el agua cumple con los estándares de calidad respecto a este parámetro. Este elemento es un indicador de posible contaminación del agua con bacterias, aguas residuales o residuos de animales (OMS, 2018).

La demanda biológica de oxígeno (DBO₅) y la demanda química de oxígeno (DQO)

El DBO₅ representa la cantidad de oxígeno consumido para la degradación bioquímica de la materia orgánica mediante procesos aerobios. La determinación que se ejecuta habitualmente es la DBO₅, es decir, se deposita la muestra de agua en la oscuridad, con una temperatura de 20 °C durante cinco días.

Las aguas subterráneas suelen tener menos de 1 mg/l, si en este tiempo la concentración aumenta esto significa contaminación. Los resultados obtenidos oscilan desde 16 mg/L hasta 18 mg/L por encima del límite arrojado por la OMS de 1 mg/L.

La DQO se relaciona con el oxígeno consumido en la oxidación de la materia orgánica contenida en una muestra de agua, por medio de compuestos químicos. Según los resultados obtenidos las 5 muestras presentan valores de 15 mg/L, por encima de los reflejados por la OMS.

La elevada DBO_5 y DQO sugiere que el agua está contaminada con sustancias orgánicas, como desechos industriales, aguas residuales domésticas, contaminación vegetal y hojas de plantas, esto puede provocar eutrofización, es decir, el crecimiento excesivo de algas y la disminución del oxígeno disuelto, afectando a los ecosistemas acuáticos. Para la salud esto puede tener un impacto negativo ya que estas aguas pueden contener microorganismos patógenos, toxinas o compuestos químicos dañinos. Consumir este tipo de agua puede causar enfermedades gastrointestinales, infecciones o intoxicaciones lo cual exige la implementación de medidas de tratamiento y monitoreo continuo para garantizar la seguridad del agua para el consumo humano.

CONCLUSIONES

El estudio realizado revela que los parámetros físico-químicos y componentes inorgánicos evaluados se encuentran dentro de los límites establecidos por la Norma Cubana NC 827:2017 y las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Los valores elevados de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y Demanda Química de Oxígeno (DQO), que superan los límites permisibles, sugieren la presencia de materia orgánica en descomposición, posiblemente derivada de fuentes como aguas residuales domésticas o desechos de las hojas de las plantas. La investigación subraya la importancia de abordar las fuentes de contaminación y mejorar la gestión del agua en la zona, especialmente en un contexto donde la población depende de pozos criollos para su abastecimiento. La remediación de estas aguas es esencial para proteger la salud de la comunidad y prevenir impactos ambientales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Armijos Luna, M. C. (2025). *Análisis de la calidad del agua potable y su incidencia en la salud de la población de la parroquia Celica, 2024* (Bachelor's thesis, Jipijapa-Unesum).

<https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/7977/1/ARMIJOS%20LUNA%20MARY%20CARMEN.pdf>

Aroca, S. A. S., & Toapanta, V. H. G. (2023). Calidad Microbiológica del Agua de Consumo Humano: La realidad en el Ecuador: Microbiological Quality of Water for Human Consumption: The reality in Ecuador. *Latam: revista latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(2), 97.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9585943>

Crespo Lambert, M. (2023). *Caracterización de las aguas subterráneas en el poblado Yamanigüey* (Doctoral dissertation, Tesis en opción al título académico de Máster en Geología). <http://ninive.ismm.edu.cu/handle/123456789/4321>

Crespo-Lambert, M., Fernández-Rodríguez, M., & Pérez-García, L. A. (2022). Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en el poblado de Yamanigüey según ICA de Montoya. *Minería y Geología*, 38(2), 157-167.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1993-80122022000200157&script=sci_arttext

Cubana, N. 827: 2017: Agua potable, requisitos sanitarios. *La Habana: Oficina Nacional de Normalización*.

de Miguel Fernández, C. (2020). *Hidrogeología aplicada con aspectos ambientales*. Editorial Universitaria (Cuba).

[https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=331DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP2&dq=De+Miguel+Fern%C3%A1ndez,+C.+\(2012\).+Hidrogeolog%C3%ADa+aplicada+con+aspectos+ambientales.+Editorial+Digital+Universitaria.&ots=zmC44QKVN4&sig=f9wJEDY3bYgK73t8_DAJWnYuVjo](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=331DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP2&dq=De+Miguel+Fern%C3%A1ndez,+C.+(2012).+Hidrogeolog%C3%ADa+aplicada+con+aspectos+ambientales.+Editorial+Digital+Universitaria.&ots=zmC44QKVN4&sig=f9wJEDY3bYgK73t8_DAJWnYuVjo)

Fernández-Rodríguez, M., & Guardado-Lacaba, R. M. (2021). Evaluación del índice de calidad del agua (icasup) en el río Cabaña, Moa-Cuba. *Minería y Geología*, 37(1), 105-119. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1993-80122021000100105&script=sci_arttext

Lobaina Lambert A, (2024). Evaluación de las características físico química y los componentes inorgánicos de las aguas de consumo humano en el reparto Costa Azul. (Tesis de pregrado, Universidad de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez, Departamento de Geología).

Márquez Fernández, O., & Ortega Márquez, M. (2017). Percepción social del servicio de agua potable en el municipio de Xalapa, Veracruz. *Revista mexicana de opinión pública*, (23), 41-59. [https:// www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-49112017000200041&script=sci_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-49112017000200041&script=sci_arttext)

Oliveros Verdecia E, (2024) Evaluación de la calidad de las aguas de consumo humano del reparto Costa Azul mediante el índice de calidad de Montoya. (Tesis de pregrado, Universidad de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez, Departamento de Geología).

Organización Mundial de la Salud (2018). *El agua, el saneamiento y la higiene en los establecimientos de salud: medidas prácticas para lograr el acceso universal a una atención de calidad*. World Health Organization. [https://books.google.com.cu/books?hl=es&lr=&id=2nUOEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA20&dq=Organización+Mundial+de+la+Salud+\(OMS\).+2017+Guías+para+la+calidad+del+agua+potable.+3ra+edicion,+Ginebra&ots=WCYinF_BnW&sig=z7ve7tcduNjWnq4bctKBxxriSs&redir_esc=y](https://books.google.com.cu/books?hl=es&lr=&id=2nUOEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA20&dq=Organización+Mundial+de+la+Salud+(OMS).+2017+Guías+para+la+calidad+del+agua+potable.+3ra+edicion,+Ginebra&ots=WCYinF_BnW&sig=z7ve7tcduNjWnq4bctKBxxriSs&redir_esc=y)

Rodríguez Fernández M, (2019). Gestión para la reducción de los riesgos hídricos en el municipio Moa. Caso de estudio: Río Cabaña. Tesis en Opción al Título de Doctora en ciencias geológicas, Universidad de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez, Departamento de Geología.

Rubio Caballero, D. D. L. C. (2017). *Evaluación de la calidad de las aguas en el poblado La Melba* (Doctoral dissertation, Departamento de Geología). <https://ninive.ismm.edu.cu/bitstream/handle/123456789/1211/TesisDanay.pdf?sequence=3>

Torres Rivero, G. (2019). *Calidad de las aguas de consumo humano en los repartos Coloradas nuevas, Caribe, Atlántico y Miraflores del municipio Moa* (Doctoral dissertation, Departamento de Geología). <http://ninive.ismm.edu.cu/bitstream/handle/123456789/3702/TorresRivero2019.pdf?sequence=1>

Vargas, J. R. (Ed.). (2002). *Manejo integrado de aguas subterráneas: un reto para el futuro.* Euned. <http://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=1tHLuRaqBzEC&oi=fnd&pg=PA1&dq=REYNOLDS,+J.,+2002.+Manejo+integrado+de+aguas+subterráneas.Un+reto+para+el+futuro,+San+José,+Costa+Rica.+&ots=gwtsLPcBPs&sig=AFHtwje0JKrEXEiYU0T7G75-etE>