

REPÚBLICA DOMINICANA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL
UNIVERSIDAD ESTATAL



“FACULTAD DE POSTGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUADA”
DEPARTAMENTO DE POSTGRADO

Proyecto de Investigación para optar por el título de Magíster en Química

TÍTULO:
Componentes Químicos del Agua Subterránea Utilidad y Efecto en la Salud de
la Comunidad el Progreso, Municipio Maimón Bonao, Rd.

Presentado por:

Christín E. Santana
Yesenia Ortega Almonte

Asesora:

Lolymar Romero Maza

Cotuí, Provincia Sánchez Ramírez
Año académico 2023

TÍTULO:

Componentes Químicos del Agua Subterránea, Utilidad y Efecto en la Salud de la Comunidad el Progreso, Municipio Maimón Bonao, República Dominicana.

HOJA DE EVALUACIÓN

Título: Componentes Químicos del Agua Subterránea, Utilidad y Efecto en la Salud de la Comunidad el Progreso, Municipio Maimón Bonao, República Dominicana.

Sustentantes: Christín E. Santana y Yesenia Ortega Almonte

Trabajo de grado sometido a la Facultad de Posgrado y Educación Continuada de la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO) como requisito para optar por el título de Magister en Química.

Maestra asesora

Miembro del Jurado Evaluador

Miembro del Jurado Evaluador

Miembro del Jurado Evaluador

Director

Decano (a) Facultad de Postgrado y educación continuada

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA	iii
RESUMEN.....	v
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.1.1 Antecedentes internacionales	1
1.1.2 Antecedentes nacionales	2
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Justificación.....	5
1.4 Objetivos	6
1.4.1 Objetivo general	6
1.4.2 Objetivos específicos.....	6
1.5 Operacionalización de las variables	7
1.6 Alcance y límite	7
1.7 Definición de términos	8
1.8 Marco contextual.....	9
CAPÍTULO II	11
REVISIÓN DE LITERATURA.....	11
Introducción	11
2.1 Componentes químicos en el agua subterránea.....	11
2.1.1 Cloruros.....	12
2.1.2 Sulfuros	13
2.1.3 Nitratos.....	13
2.1.4 Carbonatos.....	14
2.1.5 Hierro	14
2.1.6 Mercurio.....	15
2.1.7 Plomo	15
2.1.8 Oxígeno disuelto	16
2.2 Uso del agua subterránea.....	17
2.2.1 Suministro de agua subterránea para consumo humano	18
2.2.2 El agua subterránea en proyectos agroindustriales.....	19
2.2.3 Riego	20

2.2.4 Energía hidroeléctrica	21
2.3 Efecto del consumo del agua subterránea para la salud	22
2.3.1 Intrusión salina en los acuíferos	23
2.3.2 Sobreexplotación del agua subterránea	24
2.3.3 Enfermedades producidas por el uso de agua subterráneas.....	25
CAPÍTULO III	27
METODOLOGÍA	27
3.1 Introducción	27
3.2 Enfoque de la investigación	27
3.3 Diseño y tipo de estudio	27
3.4 Población y muestra	27
3.5 Métodos, técnica e instrumento de recolección de datos	28
3.6 Procedimientos.....	28
1-Recolección de muestras.....	29
Recepción de muestras en el laboratorio.....	29
PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	31
Introducción	31
DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	37
5.1 Introducción	37
5.5. Conclusiones	39
RECOMENDACIONES	39
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
Anexos.....	47

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Los conceptos emitidos en la presente propuesta de investigación titulada **“COMPONENTES QUÍMICOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA UTILIDAD Y EFECTO EN LA SALUD DE LA COMUNIDAD EL PROGRESO MUNICIPIO DE MAIMÓN, BONAO, R. D.”**, son responsabilidad de los sustentantes de la misma. Las citas y consultas bibliográficas se han realizado respetando el derecho de autor; por tanto, se libera a la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO) de su responsabilidad, sin embargo, para la reproducción total o parcial se requiere de su autorización.

Sustentantes:

Christín E. Santana

Yesenia Ortega Almonte

AGRADECIMIENTOS

A Dios: Por guiarnos en este proceso, darnos la sabiduría necesaria para alcanzar esta meta tan importante para nosotros.

A la universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO): Por ser la casa educadora que nos brindó la acogida para hacer posible esta tan deseada meta.

A nuestra asesora, Lolymar Romero Maza, por la colaboración y empeño en la culminación exitosa de este trabajo que tanto esfuerzo nos costó.

A todos los maestros: Por compartir con nosotros su sapiencias y experiencias.

Muchas gracias !

**Christín E. Santana
Yesenia Ortega Almonte**

DEDICATORIA

A mi madre María Ramona López, un millón de gracias por darme el regalo precioso de la vida y por la oportunidad de apoyarme en cada paso que doy, en los aspectos socioafectivo y también en lo económico, no tendría las palabras suficientes para expresar mi agradecimiento hacia ti, gracias por todo. ¡Te amo!

A mi padre Cristino Santana Castro, aunque no estés en cuerpo presente, siempre te llevo conmigo y gracias a tu ejemplo de superación hoy estoy aquí honrándote, como tú lo hubieras querido, gracias por tu amor. ¡ Te amare por siempre.

A mis hermanos: Nidia Orquídea (Wanda), Crismery, Cristian (Tony), María Cristina y Crissel, por su ayuda incondicional y colaboración durante este proceso.

A mi compañera Yesenia Ortega Almonte, gracias por compartir esta experiencia conmigo, por el tiempo y tus valiosos aportes durante todo el proceso de investigación, ya que además formamos una gran amistad.

A mis amigos: Melvin Guarionex y Francis, gracias por la amistad que me brindan, su persistencia me ha inspirado para estudiar y esforzarme cada día más.

Christín Enmanuel Santana López

DEDICATORIA

A mi Dios, creador y sustentador por darme la oportunidad de llegar hasta el final de este proyecto.

A mi familia por no solo estar presente en esta etapa tan importante de mi vida sino en todo momento, ofreciéndome su apoyo incondicional con amor y esmero.

A mi compañero Christin Enmanuel Santana por permitirme compartir contigo esta experiencia tan importante.

Yesenia Ortega Almonte

República Dominicana
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL
(UTECO).
Universidad Patrimonio de la Comunidad



RESUMEN

Título: Componentes químicos del agua subterránea utilidad y efecto en la salud de la Comunidad el Progreso, Municipio de Maimón Bonao, República Dominicana

Sustentantes: Christín E. Santana y Yesenia Ortega Almonte

Asesora: Licda. Lolymar Romero Maza

Con la realización de la presente investigación se pretende abordar un estudio que haga posible cumplir con los objetivos propuestos en la investigación, en el desglose de la misma, está se compone de 5 capítulos todos estructurados con finalidades diferentes, en el capítulo I se presentan: los antecedentes, planeamiento del problema, justificación, objetivos, operacionalizad de las variables, alcance y límite, definición de términos y el marco contextual.

Se da paso al capítulo II, en el cual de forma detallada se recorre el marco teórico con el objetivo de abordar bibliográficas recientes con relación a las variables e indicadores objetos de estudio. En el capítulo III se desarrolla la metodología la cual corresponde a una metodología experimental, con el uso de prueba de laboratorio, y con la aplicación de un instrumento cerrado a moradores de la zona, para lo cual se utilizó un muestreo a conveniencia que dio paso a los investigadores a seleccionar la cantidad de personas que serían accesibles a la investigación.

Para la continuidad del capítulo IV se presentaron los resultados en cuadros de porcentajes para su fácil comprensión, dichos datos se obtuvieron del instrumento aplicado a los moradores de la zona y finalmente el capítulo V recoge los resultados para confrontarlos con la teoría de algunos autores plasmados en la revisión de literatura o marco teórico, para terminado este paso exhibir las conclusiones en donde se encontró un diagnóstico final que da como resultado que las aguas subterráneas de la Comunidad el Progreso del Municipio de Maimón pueden ser consumida por la población sin ninguna preocupación, ya que conforme los estándares de calidad la misma se encuentra en condiciones apropiadas de consumo.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Las investigaciones deben apoyarse y referenciar sus datos e informaciones en lo que les precede, sobre todo, de aquellos que guardan relación con los objetivos propuestos, razón por la que se ha realizado una búsqueda exhaustiva en el ámbito internacional y nacional, que abordan temáticas similares a la de la presente investigación en donde se encontraron las siguientes:

1.1.1 Antecedentes internacionales

García (2012), desarrolló una investigación para la Universidad de Navarra, España, titulada: “La protección de las aguas subterráneas en el Derecho Español”, en la cual se concluyó: que la importancia de las aguas subterráneas se ha apreciado desde tiempos remotos, razón por la cual existen varios estudios que hacen posible determinar la condición del agua. Se evidenció que existen normas aplicables en favor de que se concientice al ser humano sobre la importancia de proteger el agua de focos contaminables y finalmente se destacó la necesidad de promover las ventajas de tener agua potable.

En la investigación sustentada por Molina (2018), para la Universidad Nacional de San Agustín, en Perú, titulada: “Propuesta de uso del agua subterránea del Distrito de Uracacorire para el consumo humano mediante la identificación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos”, en la cual se trabajó a través de un estudio experimental que hizo posible obtener las siguientes conclusiones: conforme los estudios realizados se puede indicar que el agua subterránea de Uraca-Corire es apta para el consumo humano debido a que los sólidos totales disueltos, dureza total y los sulfatos no tienen efecto toxicológico sobre la salud, además de que para consumo humano se suministra la adición de una concentración de cloro entre 1,5 mg/L a 2,0 mg/L a la fuente para obtener el cloro residual de no menos de 0,5 mg/L en las redes recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Brito (2021), Realizó para la Universidad Nacional de Chimborazo, en Ecuador, una investigación titulada: “Estudio de la variación temporal del agua subterránea en el sector de San Pablo”, dicha investigación se llevó a cabo bajo la temática de una investigación experimental, en la cual se plantearon 6 objetivos específicos, obteniendo como conclusión: que flujos de lava y depósitos de avalancha influyen drásticamente en la infiltración y el movimiento del agua superficial y subterránea. Se determinó que las partes altas donde están presentes los páramos son las zonas donde descargan el acuífero, en cuanto a las características del agua la cual se determinó por un estudio geoquímico se encontró agua con bicarbonatos de calcio de magnesio y pequeñas trazas de metales pesados que no influyen en su calidad.

1.1.2 Antecedentes nacionales

Cordero, M. (2017), en un trabajo titulado: “Estudio de contaminación del agua por lanzamiento de Desechos Sólidos en el Lago Enriquillo”, presentado en la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, en el cual siguió los parámetros de la Norma Ambiental Sobre Control de Descargas a Aguas Superficiales, Alcantarillados Sanitarios y Aguas Costeras: Aguas superficiales de Clase B, código: NA-AG-001-003, como fuente de consulta de especificaciones para este tipo de proyecto. Acorde con los resultados de la investigación, la contaminación del Lago es producto de la inadecuada gestión de residuos sólidos, la falta de conciencia de los habitantes, que arrojan desechos inorgánicos, no biodegradables, en los que destacaron presencias de vidrios y plásticos, entre otros. Sostienen que el nivel de contaminación produce enfermedades como fiebre, infecciones intestinales y otras enfermedades a personas que consumen esas aguas. Al igual provocan daños a los animales.

Por otro lado, se encuentra la investigación realizada por Martínez (2017), para la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), titulada: “ Análisis de la calidad de agua para consumo humano del Río Yuna y su determinación del riesgo potencial para la salud humana”, Se realizaron 3 campañas de muestreo y se tomaron 8 muestras, Posterior a la toma de muestras se realizaron los respectivos análisis de laboratorio a las muestras de agua de cada punto escogido mediante parámetros físicos, químicos tales como pH, temperatura, oxígeno disuelto, turbiedad, alcalinidad, dureza total, color, fosfatos, sulfatos, cloruros, nitratos, nitritos y los microbiológicos como Coliformes Totales y Coliformes Fecales, con el fin de obtener los resultados en donde se encontró que la

calidad del agua se ve afectada por contaminación biológica con Coliformes totales y Coliformes fecales y por parámetros por fuera del nivel permisible como la alcalinidad, oxígeno disuelto según los rangos establecidos por la normatividad, concluyendo que el agua no es apta para el consumo humano porque representa un nivel de riesgo alto.

Delgado (2022), desarrolló una investigación para la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), titulada: "Componentes Químicos que Pueden Contaminar el Agua del río La Guamita del Municipio de Villa La Mata, provincia Sánchez Ramírez año, 2022", dicha investigación se trabajó bajo un diseño experimental, cuyos resultados se fundamentaron en pruebas de laboratorios, empleando como técnica la observación. Los métodos empleados fueron el deductivo, inductivo, analítico y sintético. Y se llegó a la conclusión: de que los niveles de concentración de los componentes químicos presentes en las aguas del río La Guamita se encuentran dentro de los parámetros tolerables, según la norma establecida para las aguas clase B emitida por el Ministerio de Medio Ambiente. Esto resultó así en los dos puntos de monitoreo; excepto por el Oxígeno Disuelto que resultó muy bajo, debido a la degradación de las hojas dentro del río.

1.2 Planteamiento del problema

De acuerdo con Ponce (2020), los componentes químicos pueden ser elementos contaminantes para el medio ambiente, sobre todo para el agua, aire y el suelo. Estos pueden tener implicaciones para la salud, la seguridad humana, el bienestar y el valor de la naturaleza. La contaminación del agua afecta órganos vitales del cuerpo, el sistema nervioso y provoca diferentes tipos de cáncer, efectos cardiovasculares, entre otras situaciones nocivas.

La Organización de la Naciones Unidas (ONU), ha designado la fecha del 22 de marzo como día del agua, lo cual da una idea de la trascendencia de este recurso, a tal magnitud que está establecido como el sexto objetivo de desarrollo sostenible (ODS), referido al acceso universal de la población del agua; todo lo cual busca conservar este vital líquido, tras la visión de su menoscabo, tanto por elementos forestales, como por la contaminación ocasionada por elementos físicos, químicos y de otras naturalezas. (Saldaña, 2022).

Para Jiménez (2020), las aguas subterráneas forman parte de los recursos naturales vitales en muchas regiones del mundo, proporcionando suministro de agua potable, soporte para la agricultura y ecosistemas acuáticos. Sin embargo, en los últimos años, se

ha observado un aumento significativo en la contaminación de las aguas subterráneas, lo que plantea serios desafíos para su gestión y conservación sostenible. La comunidad el Progreso del Municipio de Maimón, conocida por su importancia hídrica y actividad industrial, enfrenta actualmente una problemática relacionada con la contaminación de sus aguas subterráneas.

En la comunidad El Progreso del Municipio de Maimón, se ha observado un deterioro constante de la calidad de las aguas subterráneas, esto quizás debido a descarga de productos químicos industriales, la disposición inadecuada de residuos, la filtración de aguas residuales no tratadas y por el mal uso que los habitantes de la región ejercen sobre estas fuentes acuíferas. Según Novillo (2021), esta contaminación plantea riesgos para la salud humana, los ecosistemas acuáticos y la disponibilidad de agua potable. Además, se ha observado una utilidad inadecuada de estos sistemas subterráneos, ya que no se tiene estudios precisos de la potabilidad de estos recursos hídricos para el consumo humano.

La falta de conciencia y comprensión sobre los impactos de la contaminación o riesgo para la salud de las aguas subterráneas, así como la insuficiente aplicación de medidas de control y protección, agravan aún más la problemática. Por lo tanto, resulta crucial investigar en profundidad los componentes químicos del agua subterránea de la Comunidad el Progreso, su utilidad y efecto en la salud, con el fin de desarrollar estrategias efectivas de gestión y conservación de estas fuentes acuíferas.

Lo narrado en párrafos anteriores hace pensar que existe la posibilidad de presencias de componentes químicos en las aguas subterráneas de la Comunidad el Progreso, tales como sulfuro, hierro, cloruro, mercurio, plomo y oxígeno disuelto, entre otros, por lo que la investigación se hace imprescindible, ya que de no tomar medidas a tiempo pudieran desatarse consecuencias terribles para los moradores de la zona, razón por la que se entiende necesaria la realización de la investigación titulada: “Componentes Químicos del Agua Subterránea, Utilidad y Efecto en la Salud de la Comunidad el Progreso, Municipio Maimón Bonao República Dominicana”, para la cual se plantean las siguientes preguntas de investigación:

¿Cuáles son los componentes químicos presentes en el agua subterránea de la Comunidad El Progreso?

¿Cuál es el uso del agua subterránea utilizada por los moradores del sector el Progreso?

¿Cuál es el efecto del consumo de agua subterránea en la salud de los habitantes de la Comunidad el Progreso?

1.3 Justificación

El agua subterránea es un recurso natural vital para el suministro confiable y económico de agua para consumo humano en los ámbitos urbano y rural. Por ello, juega un papel fundamental, el cual tiende a ser poco valorado por el ser humano, pero que contribuye en el bienestar humano y de algunos ecosistemas acuáticos y terrestres.

El agua es indispensable para el desarrollo de las actividades humanas, tanto en las rutinas cotidianas de los hogares, como en la agricultura y la ganadería. Por lo que es de gran importancia conocer los componentes químicos de las aguas subterráneas que están siendo usadas por la población, esto así porque de esta forma se logra saber si están o no causando algún daño a sus consumidores.

La necesidad de esta investigación se presenta debido a las quejas que han existido por parte de moradores de la comunidad el Progreso del Municipio de Maimón, en donde con los resultados que se obtengan se pueden tomar acciones correctivas en beneficio de la comunidad. También es posible que se logre mantener los parámetros fisicoquímicos dentro de los límites establecidos por las normas de calidad de agua y se asegura agua de calidad para la población.

En el caso de las aguas subterráneas de la comunidad el Progreso del Municipio de Maimón, estas son empleadas para satisfacer necesidades de la cotidianidad por parte de los comunitarios, pero que por la percepción de sus niveles de contaminación han dejado de ser usada de forma común como en años anteriores. En tal sentido, esta investigación tiene como propósito realizar el análisis de los componentes químicos que pudieran contaminar las aguas, con lo cual, además de dar a conocer la existencia o no de contaminación a causas de esos componentes, permite el establecimiento de controles medioambientales que puedan devolver la confianza a la gente para el consumo de dicha agua.

De igual manera, la investigación proporciona un material de consulta y referencias para futuras indagaciones, que pudiera ser, inclusive la profundización de esta misma por otros interesados, sirviendo de guía metodológica en la realización de ellas.

Además, para los estudiosos de la química, se le provee un material que puede ser empleado en sus fuentes de búsquedas de información y en los aspectos conceptuales.

Actualmente no hay una evaluación que caracterice ampliamente los parámetros fisicoquímicos de las aguas subterráneas de la comunidad el Progreso, por lo que con esta investigación serán beneficiados todos los moradores, los cuales podrán tener conocimiento de calidad del agua que consumen.

Esta investigación también hará posible establecer parámetros comparativos, en donde los resultados que se obtengan podrán ponerse en evidencia con las Normas de calidad de agua, y que a la vez se permita establecer lineamientos a seguir para su protección y que sirva de base a los usuarios del recurso para considerar su uso y disponibilidad en proyectos actuales y futuros.

La investigación, también es una contribución importante para las autoridades de Salud Pública, en el entendido de que los resultados de la misma, les permiten desarrollar planes de intervenciones puntuales para atacar enfermedades que pudieran tener su origen en la contaminación de las aguas de esta comunidad.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar los componentes químicos del agua subterránea, utilidad y efecto en la salud de la comunidad el Progreso, Municipio Maimón Bonao República Dominicana.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Mencionar los componentes químicos presentes en el agua subterránea de la Comunidad El Progreso.
2. Determinar los usos del agua subterránea utilizada por los moradores del sector El Progreso.
3. Identificar el efecto del consumo de agua subterránea en la salud de los habitantes de la Comunidad El Progreso.

1.5 Operacionalización de las variables

Objetivos	Variables	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos
Mencionar los componentes químicos presentes en el agua subterránea de la Comunidad El Progreso.	Componentes químicos en el agua subterránea	son sustancias que cuando sobrepasan los parámetros establecidos o normalizados se convierten en nocivos para la salud	Componentes químicos inorgánicos Componentes químicos orgánicos	-Cloruros -Sulfuros -Nitratos -Carbonatos -Hierro -Mercurio -Plomo -Oxido disuelto	Prueba de laboratorio
Determinar los usos del agua subterránea utilizada por los moradores del sector El Progreso.	Uso del agua subterránea	Son las diferentes actividades y beneficios que puede generarse con las aguas subterráneas.	Utilización del agua	-Suministro para consumo humano. -Proyectos agroindustriales. -Riego -Energía hidroeléctrica.	Encuesta validada
Identificar el efecto del consumo de agua subterránea en la salud de los habitantes de la Comunidad El Progreso.	Efecto del consumo del agua subterránea para la salud	Son las consecuencias que puede desencadenar el consumo de las aguas subterráneas en el ser humano	Consecuencias de uso del agua subterránea	-Intrusión salina en los acuíferos. -Sobre explotación del agua. Enfermedades	Datos documentales.

1.6 Alcance y límite

Área: Química

Aspectos: Componentes químicos contaminantes de las aguas subterráneas.

Alcance espacial: La investigación se realizará en la Comunidad El Progreso del Municipio de Maimón.

Alcance investigativo: La investigación abarca el análisis de aquellos componentes químicos orgánicos e inorgánicos, para lo cual se efectuará análisis de laboratorio a sulfuro, hierro, cloruro, mercurio, plomo y oxígeno disuelto; básicamente por el entendido de que son los componentes que podían tener mayor incidencia en la contaminación de las aguas y por limitaciones de carácter económica para la realización de otros análisis.

Las principales limitaciones para la realización de esta investigación guardan relación con las carencias en la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), de los equipos e instrumentos requeridos para las mediciones y análisis, en este sentido

se atribuye esta limitante a la Universidad, bajo el entendido de que es la institución con los derechos de difusión del estudio.

1.7 Definición de términos

Acuífero: Son aquellos que se forman de manera natural cuando la superficie terrestre absorbe el agua lluvia. (Novillo, 2021, p.112).

Aguas subterráneas: Son aquellas que discurren bajo la superficie del terreno formando la capa freática. (Espinoza, 2004, p. 23).

Calidad del agua: Es cuando se encuentran presentes todos los elementos necesarios para que el agua tenga potabilidad, por lo que implica el desarrollo de varios criterios de higiene. (Espinoza, 2004, p. 39).

Contaminación química: Es un tipo de contaminación que se debe a la introducción de un agente externo, totalmente ajeno, en un ecosistema. (Novillo, 2021).

Contaminación: Es la introducción al medio ambiente de elementos nocivos a la vida, la flora o la fauna, que degraden o disminuyan la calidad de la atmósfera, del agua, del suelo o de los bienes y recursos naturales en general (República Dominicana, 2000, Ley General Sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales, p. 22).

Desinfección: Es un proceso importante que consiste en un tratamiento eficaz que hace posible el consumo del agua de manera confiable. (Organización Mundial de la salud, 2021).

Metales pesados: Se refiere a aquellos metales de la tabla periódica cuyo peso específico es superior a 5g/cm³ o que tienen un número atómico por encima de 20, excluyendo a los alcalinos y elementos alcalinotérreos. (Diez, J., 2008, p. 9).

Normas de calidad de agua: Son leyes y reglamentos que se encuentran establecidos nacional e internacionalmente y que deben ser cumplidas para garantizar las condiciones mínimas que debe tener el agua. (Mamani, 2012, p. 57).

Parámetros físicos del agua: Son las características que presenta el agua de forma visual que tiene que ver con color, aspecto, turbiedad y temperatura. (Mamani, 2012).

Parámetros químicos del agua: Son aquellos que tienen que ver con condiciones relacionadas al Ph, oxígeno disuelto, alcalinidad, calcio, magnesio, cloruros, sulfatos y otros. (Rodier et al 2011, p. 100).

Química: Es la ciencia que estudia la composición, estructura, propiedades y transformaciones de la materia, a nivel atómico, y molecular. (López, F., 2020, p. 18).

Sólidos disueltos totales (SDT): Es la cantidad de sólidos que atraviesan el filtro, tras un proceso de filtración de los sólidos. (Cachón, M., 2016).

Sólidos suspendidos totales (SST): Es la porción de sólidos totales retenidos por un filtro. (ibid).

Sólidos totales (ST): Es la expresión que se aplica a los residuos de material que quedan después de la evaporación de la muestra y su consecutivo secado en estufa a temperatura definida. (ibid).

1.8 Marco contextual

Según datos obtenidos de la página oficial del gobierno de la República Dominicana (2019), el Municipio de Maimón lleva el nombre del indígena taíno destacado que residió en este lugar en la época colonial, Maimón fue originalmente el lugar que le facilitó a los colonizadores el paso de Bonao a la provincia de La Vega.

Según datos obtenidos del Ayuntamiento de Maimon (2022), este Municipio antes del descubrimiento de América, los pueblos originarios de la zona estaban establecidos cerca de Maimón, en “El Pino” a orillas del río Maimón. A la desaparición de los indígenas se establecieron familias españolas y de los municipios adyacentes.

A principios de la década de 1990 y debido a los desalojos que se produjeron en Hatillo para la construcción de la Presa de Hatillo y la extracción de oro en los campos de los Cacaos, en Pueblo Viejo, Cotuí (Provincia Sánchez Ramírez), hubo a principio de la década de los 90, una gran emigración a este Municipio.

El 17 de agosto de 1925, la Sección de Maimón fue erigida en Distrito Municipal dependiente de Cotuí. Empero, el 12 de enero de 1932 se le suprimió la categoría de Distrito Municipal y volvió a ser sección de la misma común. Al constituirse la Provincia Monseñor Nouel, Maimón junto con el poblado de Piedra Blanca formaron parte de esa nueva división territorial.

Maimón como municipio limita al Oeste con el Municipio de Piedra Blanca en el kilómetro 5 de la carretera que los une, y con la provincia de Sánchez Ramírez por el Este con el río Zinc y por el Norte con el río Yuna. El municipio de Maimón cuenta con una población de 18,952 habitantes, de los cuales poco más de la mitad son hombres (50.7%), y el 49.3% mujeres. Esta es una población joven, ya que el 60.6% de la población tiene menos de 30 años, (ONE, 2010).

El Municipio de Maiomón cuenta con varias sucursales de Bancos y Cooperativas entre los que se encuentra: Cooperativa de Ahorros y Créditos Maimón (CoopMaimon), Asociación Bonao de Ahorros y Préstamos (Abonap), BanReservas, Cooperativa de Emprendedores, Banfondesa, Banca Solidaria entre otros.

Destaca también la agropecuaria, el 37.7% de la población se dedica a ello, especialmente a la producción de cacao. Con respecto al nivel de ingreso de los productores, la mediana de los ingresos mensuales del grupo de beneficiarios es de 21,243 pesos y su media es 30,444 pesos.

En cuanto a las fuentes de trabajo el Municipio de Maimón cuenta con bancos, peluquerías, cabañas, cafeterías, pequeños restaurantes y otras. En algunos casos sus habitantes se trasladan a la empresa minera Barrick Gold ubicada en Zambrana, Cotuí para buscar mejoría en el empleo.

Referente a su agua potable la misma suele llegar a los hogares a través del agua subterránea, la cual se considera de calidad para el consumo humano, y aunque no se realiza ningún tratamiento para el mantenimiento de estas aguas la ciudadanía no ha presentado quejas de salud por el uso de estas aguas.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Introducción

En este capítulo se exponen una serie de bibliografías relacionadas al tema de investigación tomando en cuenta las variables e indicadores consideradas en el estudio.

2.1 Componentes químicos en el agua subterránea

La química, definida como la ciencia que se dedica a estudiar los elementos por si solos, pero también la formas que estos interactúan con otros átomos del mismo elemento o con átomos de elementos diferentes; permite establecer una idea o criterio cuando se hace alusión a los componentes químicos. (Suger, 2020).

Desde la perspectiva de Adarve (2021), la composición química natural de las aguas subterráneas es el resultado de ciertos procesos que involucran la evapo-concentración de las sales atmosféricas y la interacción del agua. La composición del agua puede contemplarse desde diferentes puntos de vista, en donde los componentes químicos son un conjunto de sustancias, por lo regular inorgánicas incorporadas al agua por procesos naturales.

Por otro lado, señala Cordero (2017), que la composición química del agua subterránea varía con la región, formación geológica subyacente y contaminación medioambiental, y puede ser perjudicial, beneficiosa o simplemente indeseable. Por ejemplo, cierta cantidad de flúor es deseable, mientras que el hierro es indeseable. Muchas otras sustancias químicas, algunas de las cuales son potencialmente tóxicas, pueden contaminarla, siendo atribuible su presencia o ausencia a los factores geológicos naturales o a los vertidos de la industria, explotaciones agrícolas o empresas. La presencia de nitratos es particularmente problemática para lactantes.

El ya mencionado autor entiende que en el agua subterránea natural, la mayoría de las sustancias disueltas se encuentran en Estado iónico. Para determinar los componentes químicos del agua subterránea natural se toman en cuenta muestras recogidas adecuadamente y se cuantifica por medio de la concentración de cada constituyente analizado.

Según Santos (2021), los factores que condicionan la composición del agua subterránea natural son múltiples. Entre ellos: naturaleza y disposición espacial de los materiales con los que el agua entra en contacto, superficie y duración del contacto, temperatura, presión, existencia de gases, grado de saturación del agua en relación con las distintas sustancias incorporables. Etc.

2.1.1 Cloruros

Los cloruros son sales que resultan de la combinación del gas cloro (ion negativo) con un metal (ion positivo). El cloro (Cl_2) es altamente tóxico y es usualmente utilizado como desinfectante, sin embargo, en combinación con un metal, como el sodio (Na), es esencial para la vida, dado que, pequeñas cantidades de cloruros son requeridas para la función celular en los seres vivos. (Palacios et al., 2010).

Para Santos (2021), el cloruro presente en el agua de consumo procede de fuentes naturales, aguas residuales y vertidos industriales, escorrentía urbana con sal de deshielo, e intrusiones salinas. La fuente principal de exposición de las personas al cloruro es la adición de sal a los alimentos y la ingesta procedente de esta fuente generalmente excede en gran medida a la del agua de consumo. Las concentraciones de cloruro excesivas aumentan la velocidad de corrosión de los metales en los sistemas de distribución.

Los niveles de concentración de cloruros en agua no contaminada se encuentran en valores menores de 10 mg/L y en agua que se ha sometido a procesos de cloración ha reportado resultados de 40 a 63 mg/L. En los alimentos los niveles de cloruros permanecen en niveles menores a 0.36 mg/g llegando a reportar valores de 100 mg/ día, sin embargo, la adición ya sea en el procesado, al cocinar o comer llegan a incrementar los niveles resultando un consumo de 6 g/día lo cual se llega a incrementar a 12 g/día en algunos casos. (Santos, 2021).

Según Adarve (2021), la mayor parte de los cloruros con excepción principalmente del cloruro de mercurio (I) (Hg_2Cl_2), el cloruro de plata (AgCl) y el cloruro de talio (I) (TlCl) son bastante solubles en agua. Los cloruros se pueden obtener por reacción de una base (óxido, hidróxido, carbonato, etc.) y ácido clorhídrico.

El cloruro más conocido es la sal marina que está presente en el agua marina con una concentración del aproximadamente 3-3,5 %. Por lo tanto, los océanos representan una fuente prácticamente inagotable de cloruro. (Ardave, 2021).

2.1.2 Sulfuros

En química, un sulfuro es la combinación del azufre (número de oxidación -2) con un elemento químico o con un radical. Hay unos pocos compuestos covalentes del azufre, como el sulfuro de carbono (CS_2) y el sulfuro de hidrógeno (H_2S) que son también considerados como sulfuros. Este compuesto es un gas con olor a huevos podridos y es altamente tóxico. Pertenece, también a la categoría de los ácidos por lo que, en disolución acuosa, se le denomina ácido sulfhídrico. (Santos, 2021).

Muchos sulfuros son significativamente tóxicos por inhalación o ingestión, especialmente si el ion metálico es tóxico. Por otro lado, muchos sulfuros cuando se exponen a la acción de un ácido mineral fuerte, liberan sulfuro de hidrógeno. Los sulfuros, junto con los arseniuros y antimoniuros, constituyen una de las clases más importantes en minería; la mayor parte son de brillo metálico y pesados, presentándose en filones y empapando rocas, o en pequeña cantidad formando parte de los componentes de las rocas eruptivas y metamórficas. (Bolaños et al., 2017).

2.1.3 Nitratos

Por su parte, Díaz (2016), hace énfasis en que los nitratos se conocen al menos desde la Edad Media. Los nitratos son componentes comunes de fertilizantes y explosivos. Los nitratos se refieren a compuestos químicos de óxidos de nitrógeno, son componentes de todos los seres vivos, además de ser nutrientes para las plantas. Se producen naturalmente en el suelo y el agua. Sin embargo, a niveles altos, pueden presentar un riesgo para la salud humana. Fuentes de nitratos en ríos, arroyos, lagos y aguas del subsuelo incluyen fertilizantes, efluentes de sistemas sépticos, de tratamiento de aguas residuales, desechos animales, industriales y de procesamiento de alimentos. (Fernández et al, 2017).

La contaminación del agua subterránea por nitratos producto de la fertilización excesiva o de la inadecuada disposición de las aguas residuales, tanto industriales como domésticas constituye un problema de actualidad, no sólo en los países en vías de desarrollo, sino también en los llamados desarrollados. Las consecuencias asociadas a este deterioro pueden repercutir sobre la salud de las comunidades a corto, mediano o largo plazo, de aquí la necesidad de tomar medidas a fin de disminuir la polución por los mismos. (Fernández & Ozoria, 2017).

2.1.4 Carbonatos

Acorde con los señalamientos expresados por la Universidad de Alicante, (2020), los carbonatos son minerales con poca dureza, densidad variable y colores muy diversos. En ambiente acuoso ácido se disuelven con facilidad. Entran en la composición química de numerosas rocas siendo el componente esencial de calizas (calcita), dolomías (dolomita) y mármoles cristalinos. Tienen gran aplicación industrial, siendo muchos minerales carbonatados minas de numerosos metales.

La mayoría de los carbonatos, aparte de los carbonatos de los metales alcalinos, son poco solubles en agua. Debido a esta característica son importantes en geoquímica y forman parte de muchos minerales y rocas. Otros carbonatos importantes son la azurita y la malaquita. Los carbonatos se aplican en multitud de campos. A menudo su utilización va ligada al compuesto concreto como la obtención de cal viva del carbonato cálcico. (García et al, 2015, p. 220).

Landero (2019), ha expresado que el carbonato más abundante es el carbonato cálcico (CaCO_3) que se halla en diferentes formas como calcita, aragonita (una modificación formada a altas temperaturas), en la forma maciza como caliza, como mineral metamórfico en forma de mármol y es a menudo el cemento natural de las piedras areniscas.

2.1.5 Hierro

De acuerdo con Pérez (2022), el hierro es un elemento químico de número atómico 26, lo que significa que cada átomo de hierro cuenta con 26 protones en su núcleo atómico. Se representa con el símbolo Fe y se encuentra en el grupo 8 y el periodo 4 de la tabla periódica, por lo que pertenece al grupo de los metales de transición.

Los átomos de hierro se ordenan geométricamente en el espacio formando una red cristalina., Ardave (2021), señala que este componente puede darle al agua un sabor, olor y color indeseable. Causa manchas rojizos-café en la ropa, porcelana, platos, utensilios, vasos, lavaplatos, accesorios de plomería y concreto. La apariencia y/o sabor del agua pueden indicar la presencia de hierro y manganeso. Por ejemplo, partículas rojizas-café (hierro) o rojizas-negras (manganeso) pueden estar visibles cuando el agua sale del grifo.

En la mayor parte de los compuestos de hierro está presente el ion ferroso, o el ion férrico, como una unidad distinta. Por lo común, los compuestos ferrosos son de color

amarillo claro hasta café verdoso oscuro; el ion hidratado $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$, que se encuentra en muchos compuestos y en solución, es verde claro. Este ion presenta poca tendencia a formar complejos de coordinación, excepto con reactivos fuertes, como el ion cianuro, las poliaminas y las porfirinas. El ion férrico, por razón de su alta carga (3+) y su tamaño pequeño, tiene una fuerte tendencia a capturar aniones. (López, 2020, p. 115).

2.1.6 Mercurio

El mercurio es un elemento químico, símbolo Hg, de número atómico 80 y peso atómico 200.59. Es un líquido blanco plateado a temperatura ambiente (punto de fusión -38.4°C o -37.46°F); ebulle a 357°C (675.05°F) a presión atmosférica. Es un metal noble, soluble únicamente en soluciones oxidantes. El mercurio sólido es tan suave como el plomo. El metal y sus compuestos son muy tóxicos. El mercurio forma soluciones llamadas amalgamas con algunos metales (por ejemplo, oro, plata, platino, uranio, cobre, plomo, sodio y potasio). (European Head Office, 2021).

También se destaca el señalamiento realizado por López (2020), en el que define el Mercurio como un elemento que puede ser encontrado de forma natural en el medio ambiente. Puede ser encontrado en forma de metal, como sales de Mercurio o como Mercurio orgánico. Este puede causar daños a la salud.

Por su parte, Santos (2021), manifiesta que el Mercurio entra en el ambiente como resultado de la ruptura de minerales de rocas y suelos a través de la exposición al viento y agua. La liberación de Mercurio desde fuentes naturales ha permanecido en el mismo nivel a través de los años. La mayoría del Mercurio liberado por las actividades humanas es liberado al aire por la acción de la quema de productos fósiles, minería, fundiciones y combustión de residuos sólidos.

2.1.7 Plomo

Según Fernández (2020), el plomo es un metal pesado de color azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate. Es flexible, inelástico, se funde con facilidad. El plomo es anfótero, ya que forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico.

El plomo es un metal tóxico presente de forma natural en la corteza terrestre. Su uso generalizado ha dado lugar a una importante contaminación ambiental, a la

exposición humana y a graves problemas de salud pública en muchas partes del mundo. (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2021).

La agencia de protección ambiental de Estados Unidos (EPA) (2022), resalta que el plomo es uno de los cuatro metales que tienen un mayor efecto dañino sobre la salud humana. Este puede entrar en el cuerpo humano a través de la comida (65%), agua (20%) y aire (15%).

Según Fernández (2020), el agua potable puede contener plomo canalizada a través de tuberías de plomo o soldadas con este metal. Una vez dentro del cuerpo, el plomo se distribuye hasta alcanzar órganos como el cerebro, el hígado, los riñones y los huesos, y se deposita en dientes y huesos, donde se va acumulando con el paso del tiempo. El plomo almacenado en los huesos puede volver a circular por la sangre durante el embarazo, con el consiguiente riesgo para el feto.

Los metales pesados como plomo entre otros, son liberados hacia ecosistemas acuáticos, así como a los suelos principalmente debido a diversas actividades antropogénicas y presenta una seria amenaza para las plantas, animales e incluso los humanos debido a su persistencia, bioacumulación, propiedad no biodegradable y su toxicidad incluso a bajas concentraciones. (Pabón et al., 2021).

2.1.8 Oxígeno disuelto

Según Álvarez (2017), el oxígeno disuelto se establece como la concentración actual (mg/L) o como la cantidad de oxígeno que puede tener el agua a una temperatura determinada. Se conoce también como el porcentaje de saturación. La unidad de mg/L representa miligramos por litro.

El mismo autor sostiene que la Demanda Química de Oxígeno (DQO), es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida.

El agua puede contener menos oxígeno disuelto a altas elevaciones porque hay menor presión. La Solubilidad del oxígeno también decrece con el incremento de la salinidad. El oxígeno disuelto puede ser añadido al agua por las plantas durante la fotosíntesis, a través de la difusión desde la atmósfera, o por aireación. Este proceso tiene

lugar cuando el agua es mezclada con el aire. Tales mezclas se dan en olas, en cascadas y en zonas de rápidos y de aguas agitadas. (Benjamín & Álvarez, 2017).

La cantidad de oxígeno disuelto también está afectada por lo que vive en el agua. Igual que la fotosíntesis de las plantas terrestres añade oxígeno al aire que respiramos, la fotosíntesis de las plantas acuáticas contribuye al oxígeno disuelto en el agua. El agua puede llegar a estar sobresaturada, lo que significa que los niveles de OD son más altos que la solubilidad. El OD extra sería entonces liberado de vuelta al aire, o sería eliminado a través de la respiración. (Benjamín & Álvarez, 2017).

2.2 Uso del agua subterránea

Para Fernández (2020), el agua subterránea constituye un recurso del subsuelo que brinda oportunidades de desarrollo a la sociedad, además de ser una alternativa para consumo humano en las zonas con demanda de agua potable y útil para llevar a cabo proyectos agroindustriales, mineros y de hidrocarburos.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2019), define a este tipo de aguas como aquellas que se localizan bajo la superficie terrestre y ocupan los poros y las fisuras de las rocas.

Vargas (2020), destaca que el uso de las aguas subterráneas como fuente de abastecimiento en el mundo es muy común por su disponibilidad, costo y pureza. Aunque en países latinos es un recurso mal entendido y poco valorado, aun cuando sus condiciones geológicas en muchas regiones hacen factible su utilización para riego, industria y abastecimiento humano.

Según datos del Centro Internacional de Evaluación de Recursos de Aguas Subterráneas (IGRAC), (2018), la superficie de la Tierra alberga una cifra próxima a los 1.386 millones de kilómetros cúbicos de agua. De estos 1.386 millones de km³ de agua, un 96,5% es agua salada. La cantidad de agua dulce que hay en la Tierra representa tan solo el 3.5% del total.

Según Guzmán (2022), el agua subterránea se encuentra bajo tierra, en las grietas y huecos del suelo, la arena y las rocas. Esta agua se mantiene en acuíferos (rocas y/o sedimentos permeables que contienen agua), se puede extraer por medio de pozos, burbujea naturalmente a través de un manantial o se descarga en lagos o arroyos. Aunque

está bajo tierra, cuando burbujea, el agua subterránea ayuda a reponer y mantener los niveles superficiales de agua.

Según Pérez (2022), en el uso del agua subterránea se incluyen muchas tareas inclusive las del hogar, en donde en ocasiones se exponen estas aguas a la contaminación la cual se define como la probabilidad de que un acuífero experimente impactos negativos a partir de una actividad antrópica. Un enfoque lógico y aceptado sobre el peligro de contaminación del agua subterránea es considerarlo como la interacción entre la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero consecuencia de las características naturales de los estratos que lo separan de la superficie del suelo, y la carga contaminante que se aplica, será o podría ser aplicada en el medio subterráneo como resultado de la actividad humana.

En cuanto al uso es frecuente disponer de estas aguas, pero los niveles de agua subterránea no se controlan fácilmente y a simple vista y, por lo tanto, los suministros pueden contaminarse sin saberlo o incluso sobre utilizarse, lo que significa que se extrae más del suelo de lo que se puede reponer de manera sostenible. El agua subterránea puede estar contaminada por vertederos, tanques sépticos, tanques de gas subterráneos con fugas y por el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas. (Fernández, 2020).

2.2.1 Suministro de agua subterránea para consumo humano

Vargas (2020), sostiene que el agua subterránea es la que se encuentra bajo la superficie terrestre y ocupa los poros y las fisuras de las rocas más sólidas. En general, mantiene una temperatura muy similar al promedio anual en la zona, se utiliza para consumo humano debido a la pureza de la misma, siempre y cuando no se encuentre contaminada producto de acciones realizadas por el mismo ser humano.

Novillo (2021), expresa que el agua subterránea es un suministro de agua vital para la humanidad. Las aguas subterráneas proporcionan agua potable en su totalidad o en parte para hasta el 50% de la población mundial y representan el 43% de toda el agua utilizada para el riego.

El agua subterránea es de esencial importancia para el ser humano porque supone la mayor reserva de agua potable en las regiones habitadas. Puede aparecer en la superficie en forma de manantiales, o puede ser extraída mediante pozos. En tiempos de

sequía, puede servir para mantener el flujo de agua superficial, pero incluso cuando no hay escasez, es preferible utilizar agua subterránea porque no tiende a estar contaminada por residuos o microorganismos. Aunque el agua subterránea está menos contaminada que la superficial, la contaminación de este recurso también se ha convertido en una preocupación en los países industrializados. (Guzmán, 2022).

Fernández (2020), resalta que países como España, la extracción de aguas subterráneas suministra un volumen aproximado de 5.500 hectómetros cúbicos, de los cuales un máximo de 1.500 se destinan al abastecimiento de agua potable a las poblaciones, y el resto, a riegos agrícolas.

Para Pérez (2022), el papel que tienen las aguas subterráneas en el suministro de agua potable es relevante, porque de ella depende el abastecimiento a una población de millones de habitantes.

2.2.2 El agua subterránea en proyectos agroindustriales

Novillo (2021), sostiene que contar con suficiente agua disponible resulta clave para cualquier desarrollo agroindustrial. Por un lado, permite garantizar la cantidad requerida para maximizar la productividad de los cultivos o proyectos pecuarios; y por el otro, disminuir su vulnerabilidad frente a eventos meteorológicos, como sequías o heladas, que puedan ponerlos en riesgo. Es decir, que el agua en los proyectos agrícolas es sinónimo de rentabilidad y sostenibilidad.

De acuerdo con Ríos (2019), son varios los motivos que hacen que el agua subterránea beneficie a las agroindustrias teniendo en cuenta que la oferta hídrica subterránea es estable durante todo el año, sin importar la estacionalidad climática, los pozos profundos se convierten en una herramienta para hacer proyectos que perduren en el tiempo y generen el rendimiento esperado.

Para Vargas (2020), los pozos profundos son una alternativa para captar agua en lugares donde las fuentes superficiales son insuficientes, inexistentes o inalcanzables. Por ende, desarrollar este tipo de soluciones resulta estratégico para tener disponible el recurso hídrico requerido en proyectos de flora, palma, arroz, ganadería, entre otros. En el campo, el agua subterránea se vuelve una forma de viabilizar desarrollos agrícolas que,

por ausencia de fuentes hídricas, no logran los resultados esperados. Adicionalmente, es una forma de valorizar las tierras y volverlas productivas.

De acuerdo con Pastrana (2020), el agua sea esta subterránea o no le genera valor a cada proyecto, en donde se logra tener agua permanente, se tiene menos dificultades para alcanzar la meta agroindustrial. El ser humano ha dejado de darle el valor que las aguas subterráneas tienen para el mundo, pero sin duda estas constituyen una fuente que vitaliza la vida humana y genera rentabilidad económica a los proyectos.

2.2.3 Riego

En el concepto dado por Ríos (2019), el riego consiste en aportar agua a los cultivos por medio del suelo para satisfacer sus necesidades hídricas que no fueron cubiertos mediante la precipitación, o bien para incrementar la producción agrícola al transformar zonas de agricultura de secano en zonas de regadío.

Por otro lado, se encuentra Guzmán (2022), el cual destaca que a nivel mundial el regadío es el mayor extractor de los recursos subterráneos, dentro de estos se incluye el agua subterránea, lo que permite amplios beneficios a la agricultura.

De acuerdo con Novillo (2021), no existe un control exacto que ayude a que el agua subterránea no sea contaminada, lo cual perjudica de forma severa a la ciudadanía, ya que esta contaminación va a los alimentos a través de los procesos de riego y otros procesos que en ocasiones son aún más peligrosos.

El auge del agua subterránea en beneficio de los regadíos, es debido a que esta facilita todo el proceso. Una gran porción del agua que se necesita para este proceso es agua subterránea. Autores tales como Vargas (2020), se refieren a que las aguas subterráneas alivian la pobreza agraria, ya que se demanda para el riego de los cultivos una excesiva cantidad de agua.

Según Fernández (2020), en áreas importantes de riego agrícola también suelen existir desventajas como son la amenaza de salinización del agua subterránea, lo cual puede variar de acuerdo al perfil hidrogeológico global y el régimen climático e incluso a lo largo de una misma cuenca en casos de grandes ríos.

2.2.4 Energía hidroeléctrica

Díaz (2019), destaca que el agua y la energía están vinculadas entre sí sobre todo cuando se trata del agua subterránea, la cual se utiliza en los procesos de generación de energía eléctrica y se usa energía eléctrica para extraer, potabilizar y distribuir agua corriente a la población. Ahorrar en el consumo de agua implica un ahorro importante de energía.

Correa (2021), recalca los grandes beneficios que produce el agua subterránea en favor de la energía hidroeléctrica. Uno de los principales usos del agua en la generación de energía es en las centrales hidroeléctricas. Existen dos tipos de centrales hidroeléctricas, las de embalse y las de paso. En el caso de las primeras, la energía potencial del agua almacenada se convierte en electricidad a través de una serie de transformaciones.

El ya citado autor también hace énfasis en la forma en la que se genera dicha electricidad, la cual es derivada por el pasaje de agua a gran presión, producida por la diferencia de altura entre el nivel de agua del embalse y la planta hidroeléctrica, genera suficiente fuerza para hacer rotar una turbina, la que a la vez mueve un generador de electricidad. En las de paso, la turbina es movida por la corriente natural del cauce.

Para autores como Pastrana (2020), el agua potable y la energía son fundamentales para el desarrollo humano. La eficiencia conjunta en el uso del agua y de la energía es imprescindible por su íntima vinculación con el cambio climático, ya que el uso del agua requiere del consumo de energía, que implica la emisión de gases de efecto invernadero, que alteran el clima. Esto último modifica el régimen de lluvias disminuyendo la calidad del agua disponible y consecuentemente aumentando los requerimientos energéticos para su extracción.

De acuerdo con Díaz (2016), el agua subterránea resulta clave para el desarrollo de las infraestructuras energéticas y sigue siendo fundamental en todo el ciclo de vida de las infraestructuras energéticas y el desarrollo de dichos recursos. El agua subterránea también está presente en otros procesos vinculados con la energía. Por ejemplo, procesos de extracción de combustibles fósiles como la fractura hidráulica o “fracking” inyectan agua a alta presión, en formaciones rocosas subterráneas para fracturar la roca, permitiendo acceder al petróleo o gas que contiene. Por otro lado, fuentes de energía libres

de agua como la energía solar fotovoltaica y la energía eólica necesitan de insumos y materiales que requieren agua en las diversas etapas de la producción de sus componentes.

2.3 Efecto del consumo del agua subterránea para la salud

Conforme el criterio de Fernández (2020), los efectos de consumir agua subterránea dependerán del Estado del agua, ya que el agua subterránea contaminada, puede tener efectos graves para la salud del ser humano, produciéndose casos que pueden acabar inclusive con la vida. Sin embargo, en el caso contrario favorece bastante ya que, facilita la práctica de la higiene, genera mejor calidad de vida y hace posible el acceso al agua potable.

Correa (2021), ostenta que no es exacta la cifra de personas en el mundo que utiliza una fuente de agua subterránea para consumo humano contaminada con heces fecales. La contaminación microbiana del agua para estos fines como resultado de la contaminación con heces supone el mayor riesgo en cuanto a salubridad y transmisión de enfermedades como la diarrea, el cólera, la disentería, la fiebre tifoidea y la poliomiелitis.

Del mismo modo se encuentra la opinión de Pérez (2021), refiriéndose a que el agua para consumo humano microbiológicamente contaminada puede transmitir muchas enfermedades e inclusive muertes por diarrea y otras complicaciones. Aunque los riesgos químicos más importantes para este tipo de agua provienen del arsénico, el fluoruro o el nitrato, nuevos contaminantes, como productos farmacéuticos, pesticidas, y los micro plásticos son motivo de preocupación pública.

Para Ríos (2019), si el agua subterránea se encuentra natural y sin contaminantes genera grandes ventajas al ser humano, ya que esta es importante para la salud, y se utiliza para: tomar, uso doméstico, producir alimentos o para fines recreativos. La mejora del abastecimiento de agua, del saneamiento y de la gestión de los recursos hídricos puede impulsar el crecimiento económico de los países y contribuir en gran medida a la reducción de la pobreza.

Díaz (2019), sostiene que, si no hay servicios de agua y saneamiento, o si estos son insuficientes o están gestionados de forma inapropiada, la población estará expuesta a riesgos severos para su salud. La gestión inadecuada de las aguas residuales urbanas, industriales y agrícolas conlleva que el agua que beben cientos de millones de personas

se vea peligrosamente contaminada biológica o químicamente. Para la salud también puede ser determinante la presencia natural de productos químicos, como el arsénico y el fluoruro, particularmente en aguas subterráneas. Además, en el agua para consumo humano pueden aparecer otros productos químicos, como el plomo, en cantidades elevadas como resultado de la lixiviación de componentes relacionados con el suministro de agua.

2.3.1 Intrusión salina en los acuíferos

El agua subterránea salina es definida por Vargas (2020), como aquella agua que está debajo de la superficie y que tiene mayor salinidad que el agua fresca y menor salinidad que el agua de mar. Este tipo de agua se puede dar en los humedales y también en acuíferos profundos.

Según indica Pastrana (2020), para el agua subterránea considerarse salina está debe poseer una concentración de Sólidos Totales Disueltos (STD) en el rango de 1000 a 10000 miligramos por litro (mg/L). Las concentraciones de las especies químicas asociadas al agua subterránea salina pueden sobrepasar los estándares de calidad ambiental (ECAs). También existen impactos sobre la irrigación, traslado y almacenamiento de agua.

La intrusión salina es el proceso por el cual los acuíferos están conectados con el agua del mar. Esto supone que el agua salada (procedente del mar) fluye hacia el subsuelo continental mezclándose con las reservas de agua dulce. Este proceso se debe a la mayor densidad del agua del mar (debido a que contiene más solutos) que el agua dulce. Esta diferencia de densidades provoca que la presión en el fondo de una columna de agua salada sea mayor que la de una columna de agua dulce de la misma altura.(Guzmán, 2022).

La intrusión salina causada por el mar es un fenómeno de migración lateral. Los métodos actuales para evaluar la vulnerabilidad de acuíferos sólo toman en cuenta la migración vertical de contaminantes. El método GOD (Foster and Hirata, 1988) y el método DRASTIC (Aller et al, 1987) han sido ampliamente usados en distintos escenarios del mundo para evaluar la vulnerabilidad de acuíferos a los impactos antrópicos. Sin embargo, en su forma normal no son aplicables a la evaluación de la vulnerabilidad de un acuífero por intrusión marina. Bacanegra et al (2001), propuso 2

nuevos indicadores, el Sea-Gindex y el Sea-Dindex, que están orientados a evaluar la intrusión salina lateral y no tienen en cuenta el movimiento vertical de contaminantes desde la superficie del terreno, por tanto, no incluyen las variables de suelo y zona no saturada. (Trejo, 2019).

La intrusión salina en los acuíferos desfavorece debido a que existen áreas del acuífero inutilizadas por elevada salinidad, abandono de captaciones, necesidad de buscar nuevas áreas de explotación, y otras consecuencias que pueden reflejarse. En lo posible se debe evitar la ocurrencia de la intrusión salina, ya que la recuperación de los acuíferos puede ser muy costosa. No obstante, existen diversas metodologías para lograr la recuperación de las áreas afectadas. Entre estas metodologías se destacan la construcción de barreras físicas en la línea de costa; implementación de barreras hidráulicas de inyección; recarga artificial, reducción de los volúmenes de explotación de agua subterránea; reubicación de los pozos de explotación y depresión de la cuña salina por bombeo. (Ríos, 2019).

2.3.2 Sobreexplotación del agua subterránea

De acuerdo con autores como Fernández (2020), la sobreexplotación de las aguas subterráneas se produce cuando la extracción de agua del subsuelo se realiza a un ritmo superior al de la infiltración o recarga natural.

En criterios de Mendoza (2016), la sobreexplotación de los acuíferos se produce cuando el bombeo del agua supera su recarga, lo que está generando que los acuíferos de todo el mundo se estén secando paulatinamente. Desde principios del siglo XXI, el caudal de los acuíferos ha disminuido de forma acelerada debido a la intensificación del regadío con agua subterránea y es que, solo la industria agrícola depende del 40% del agua subterránea para el riego de los alimentos.

En países en donde el clima varía drásticamente es más visible la situación que se presenta con la sobreexplotación del agua subterránea. España representa uno de los países con más sobreexplotación, en donde uno de cada cuatro acuífero se encuentra en sobreexplotación o en riesgo de secarse. (Nicasio, 2018).

Pastrana (2020), expresa que una de las principales causas que llevan a sobreexplotar el agua es la creciente demanda de este recurso por parte de una población

mundial cada día mayor. La agricultura consume más del 75% de las reservas de agua y sus niveles de producción son cada vez mayores, lo que explica la amenaza que suponen las prácticas intensivas e insostenibles para la conservación del recurso y su calidad.

Según López (2019), el impacto ambiental derivado de las prácticas de sobreexplotación intensiva de agua subterráneas tarda décadas en manifestarse, lo que dificulta la gestión de las reservas de agua en términos de sostenibilidad.

2.3.3 Enfermedades producidas por el uso de agua subterráneas

Una de las causas más frecuentes de enfermedades entre los seres humanos, a nivel mundial, son las infecciones intestinales ocasionadas por parásitos, fácilmente adquiridos a través del contacto con sustancias contaminadas, y que se presentan con el síntoma de agudas diarreas, acompañadas en ocasiones por cólicos. Las principales vías de contagio son los alimentos mal lavados, las manos sucias y el agua que habitualmente se consume. Y mucho más si se trata de agua de origen subterráneo y no ha recibido exhaustivos tratamientos que minimicen la presencia de los parásitos. (Universidad Nacional del Litoral, 2022).

El agua de consumo humano y su calidad son determinantes para la salud. Son muchas y variadas las enfermedades que pueden acarrear fruto del mal uso del agua y su contaminación, dentro de las más comunes se encuentran: la diarrea, cólera, paludismo, disentería, hepatitis A, fiebre tifoidea, entre otras. (Camilo, 2018).

En todo el mundo, el incremento de las actividades antropogénicas ejerce presión sobre los recursos naturales, exacerbando así la probabilidad de enfermedad y otros riesgos para la salud pública. Además del acrecentamiento de la demanda de agua por una población en crecimiento, la agricultura, la ganadería y las actividades manufactureras también contribuyen a la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. (Pastrana, 2020).

En el año 2010, las Naciones Unidas (ONU) reconocieron el acceso al agua potable y al saneamiento como un elemento fundamental de los derechos humanos, basado en la preocupación de que 884 millones de personas viven sin acceso a agua potable y más de 2,6 mil millones presentan falta de acceso al saneamiento básico. Esta deficiencia explica por qué cada año 1,5 millones de niños menores de cinco años mueren

como resultado de enfermedades relacionadas con el agua y el saneamiento. En Latinoamérica, la creciente población urbana y la rápida urbanización asociada a centros urbanos no planificados y asentamientos periurbanos han superado la capacidad de los gobiernos para ampliar la infraestructura relacionada con el saneamiento y suministro de agua potable limitando las opciones disponibles para proporcionar acceso adecuado a agua de buena calidad.

La pérdida de líquido (deshidratación) es la amenaza principal, aunque la diarrea también reduce la absorción de nutrientes, lo que causa un crecimiento deficiente en los niños, una reducción de la resistencia a infecciones y posibles trastornos intestinales a largo plazo. Las intervenciones para mejorar la calidad del agua, en particular cuando se implementan a nivel doméstico, son efectivas en la prevención de la diarrea en ámbitos donde es endémica. Es evidente que, cada año, el agua subterránea contaminada contribuye a la muerte de millones de personas en el mundo por enfermedades prevenibles. (Fernández, 2020).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Introducción

En este capítulo se presenta la descripción de los aspectos metodológicos de la investigación, la misma sigue el esquema establecido por el Manual de investigaciones de la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), se enuncian de manera detalladas los elementos que se establecen a continuación:

3.2 Enfoque de la investigación

De acuerdo a lo establecido Hernández, & Mendoza (2018), el enfoque de la presente investigación es mixto, puesto que en este caso, el fundamento del estudio radica en el análisis de los componentes químicos que se encuentran en el agua subterránea en El Progreso, Municipio de Maimon, por lo que, se trata de datos presentados en forma descriptiva, y a la vez se plasman datos cuantitativos.

3.3 Diseño y tipo de estudio

Dado la naturaleza del presente estudio, el mismo se corresponde con el diseño experimental, los resultados son producto de análisis de laboratorios utilizados para los fines de dar respuestas a las preguntas que originan la investigación. La investigación se corresponde con el estudio descriptivo, ya que, los datos obtenidos mediante el proceso se describen tal como fueron recolectados, para luego ser sometidos al análisis para establecer conclusiones, sin distorcionar, modificar o establecer juicio de valor sobre ellos. De igual manera es exploratorio, puesto que al ser un estudio novedoso, requerirá que ciertas informaciones sean recabadas a partir de la observación y testimonios de pobladores de la zona

3.4 Población y muestra

En virtud de que se trata de un estudio de carácter experimental, en donde los resultados son fruto de prueba de laboratorio no se precisa ninguna población específica, puesto que la misma corresponde al agua subterránea de la comunidad El Progreso del Municipio de Maimon.

3.5 Métodos, técnica e instrumento de recolección de datos

Para los fines de una correcta investigación se emplearon los métodos deductivo, analítico y sintético. El primero, conforme a lo que establece Hernández, R. & Mendoza, P. (2018), parte de lo general hasta llegar a lo particular; el analítico permite descomponer un todo en sus partes para tener una visión detallada de lo que ocurre y el sintético se usa para expresar conclusiones a partir de los análisis realizados. Es por ello, que se decidió el uso de estos métodos, ya que de acuerdo a lo expuesto, son los que más se corresponden con lo que se pretende en el estudio.

Las técnicas empleadas fueron la observación, ya que de esta manera fue posible recabar los datos suministrados por las pruebas de laboratorio, además de que se puede visualizar como se ven las aguas de la comunidad. El análisis documental con la finalidad de lograr establecer parámetros comparativos con otras investigaciones y finalmente también se utilizó un cuestionario cerrado de 9 preguntas a 20 moradores de la zona tomados al azar mediante el muestreo por conveniencia, el cual permite que él o los investigadores de acuerdo a la facilidad del acceso a los individuos puedan elegir quienes forman parte de su investigación.

Los instrumentos de recolección de datos que se emplearon fueron prueba de laboratorio, para de esta manera determinar los componentes químicos que se encuentran presentes en las aguas subterráneas, cuestionario a moradores de la zona.

Se realizaron muestreos de las aguas. En este caso, se efectuaron muestreos superficiales en tres puntos de las aguas de la comunidad El Progreso, del Municipio de Maimón, para lo cual se llevó a cabo un proceso riguroso, acorde con lo que establecen las normas para este tipo de estudio.

3.6 Procedimientos

Los procedimientos que se desarrollarán durante todo el proceso de investigación serán los siguientes:

- a) Se envió la solicitud de aprobación de tema a través de la Directora de la Escuela de Postgrado.
- b) Una vez recibida la aprobación o modificación sugerida por el comité técnico que evaluó la solicitud, se procedió a la búsqueda de antecedentes como marco de referencias del estudio.

- c) Se elaboró el planteamiento del problema y se efectuó la revisión de literaturas sobre las variables derivadas de la problemática planteada.
- d) Se tomaron las muestras empleando los instrumentos pertinentes para este tipo de casos.
- e) Se enviaron las muestras tomadas para la realización de los análisis en laboratorio.
- f) Se aplicaron los instrumentos a los moradores de la zona El Progreso, del Municipio de Maimón.
- g) Se procesaron los datos encontrados y se presentaron las debidas conclusiones.

1- Recolección de muestras

Las muestras fueron recolectadas por el laboratorio LAMENER, el cual, entregó un informe detallado de las condiciones del agua subterránea del sector Villa El Progreso, en Maimón.

2- En cumplimiento de las metodologías experimentales utilizadas se presenta:

Recepción de muestras en el laboratorio

Las muestras fueron recibidas en las instalaciones del laboratorio LAMENER con una temperatura de 8.2 grados Celsius que según las normas de la Organización Panamericana de Salud (OPS), y lo recomendado por los métodos Estándar no puede superar los 10 grados Celsius a la llegada las muestras.

3- Metodología

Para la preparación y análisis de las muestras se utilizaron los métodos Standards en su versión del año 2012. Se empleó para ello el último espectrofotómetro de luz visible, el DR-3900 y el DR-890, etc. Para el análisis bacteriológico se trabajó con los siguientes equipos:

- Incubadora marca Quincy.
- Baño de maría, marca Precisión
- Contador de colonia, marca Precisión

4. Procesos

El presente estudio tuvo la participación del laboratorio Ambiental y Energético LAMEDER, y se hicieron los siguientes procesos:

1. Recolección de muestras, las cuáles fueron recolectadas por el Lic. Wander Maleno, Técnico del laboratorio, utilizando las directrices de la norma NORDO, 39 y de la OPS.
2. Se recolectaron en frascos según las normas, los cuáles luego se colocaron en una bolsa Ziploc, por si ocurría algún derramamiento de agua está permaneciera dentro de la bolsa y no se mesclará.
3. Se utilizó cooler de marca Coleman
4. Se recepcionó la muestra la cual fue recibida a una temperatura de 8.2 grados celcius.
5. En la preparación y analisis de la muestra se utilizó los métodos Standars en su versión del año 2012.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

Introducción

En el desarrollo de este capítulo se presentan los resultados de la investigación a través de cuadros para cada pregunta formulada en el instrumento de investigación en donde se tomaron en cuenta las variables del estudio.

Cuadro no. 1. Distribución de frecuencia y porcentaje acerca de qué son las aguas subterráneas.

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Son aguas dulces localizadas en el subsuelo.	9	45%
Agua que se almacena y circula a través de formaciones geológicas.	1	5%
Ambas respuestas son correctas.	10	50%
Ninguna de las anteriores.	0	0%
Total	20	100%

Fuente propia aplicada a los moradores de la comunidad Villa el Progreso de Maimón.

Conforme los datos que se presentan en el cuadro no. 1 en un 50% los moradores encuestados definieron las aguas subterráneas como agua dulce localizada en el subsuelo, un 45% enunció dos respuestas como correctas y el 5% la define como agua que se almacena y circula a través de las formaciones geológicas.

Cuadro no. 2 Distribución de frecuencia y porcentaje acerca de cuáles son las características de las aguas subterráneas.

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Se encuentran bajo tierra.	0	0%
Es dulce	0	0%
Es utilizada para consumo humano	0	0%
Todas las respuestas son correctas	20	100%
Total	20	100%

Fuente propia aplicada a los moradores de la comunidad Villa el Progreso de Maimón.

Se evidencia en el cuadro no. 2 que en un 100% los encuestados coincidieron en que todas las opciones son correctas

Cuadro no. 3 Distribución de frecuencia y porcentaje acerca de qué cómo se encuentran los acuíferos de la comunidad El Progreso.

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Confinados	10	50%
libres	10	50%
Total	20	100%

Fuente propia aplicada a los moradores de la comunidad Villa el Progreso de Maimón.

Según los datos del cuadro no. 3 los acuíferos de la comunidad El Progreso según los encuestados se encuentran en un 50% confinados, y el otro 50% manifiesta que libres.

Cuadro no. 4 Distribución de frecuencia y porcentaje acerca de si se realizan procesos físicos en las aguas subterráneas de la comunidad El Progreso.

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Sí	0	0%
No	20	100%
Total	20	100%

Fuente propia aplicada a los moradores de la comunidad Villa el Progreso de Maimón.

El cuadro no. 4 refleja en un 100% que de acuerdo a los encuestados no se realiza ningún proceso físico en las aguas subterráneas de la comunidad El Progreso.

Cuadro no. 5 Distribución de frecuencia y porcentaje acerca de qué cambios ha observado en las aguas de la comunidad

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Es más abundante.	2	4%
Se visualiza turbia	0	0%
Ningún cambio es potable.	18	96%
Total	20	100%

Fuente propia aplicada a los moradores de la comunidad Villa el Progreso de Maimón.

En los datos aportados por el cuadro no. 5 se visualiza como un 96% los encuestados no han visto ningún cambio en el agua ya que es potable y el 4% manifiesta que la ha observado más abundante.

Cuadro no. 6 Distribución de frecuencia y porcentaje acerca de cuál es el uso que reciben las aguas subterráneas en la Comunidad El Progreso.

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Llega a las casas a través de las llaves.	5	25%
Se utiliza en la producción agrícola.	1	5%
Trabajos industriales	2	10%
Desconozco el uso que se le da	12	60%
Total	20	100%

Fuente propia aplicada a los moradores de la comunidad Villa el Progreso de Maimón

Conforme los datos del cuadro no. 6 en un 60% la población encuestada desconoce el uso que se le da a las aguas subterráneas, el 25% manifiesta que llega a las casas a través de las diferentes llaves, un 10% dice que se utiliza en trabajos industriales y el 5% sostiene que se utiliza en la producción agrícola.

Cuadro no. 7 Distribución de frecuencia y porcentaje acerca de si tiene usted algún conocimiento de si las aguas subterráneas de esta zona han sido analizadas por algún laboratorio

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Sí	5	25%
No	15	75%
Total	20	100%

Fuente propia aplicada a los moradores de la comunidad Villa el Progreso de Maimón.

Los datos del cuadro no. 7 revelan que un 75% los encuestados no tienen conocimiento de si alguna vez las aguas subterráneas de la zona han sido analizadas por algún laboratorio y el 25% expresa que sí han sido analizadas.

Cuadro no. 8 Distribución de frecuencia y porcentaje acerca de qué contaminantes entiende usted pueden estar incluidos en estas aguas.

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Heces fecales	0	0%
Animales muertos	7	35%
Desechos químicos	4	20%
Ningún contaminante en específico	9	45%
Total	20	100%

Fuente propia aplicada a los moradores de la comunidad Villa el Progreso de Maimón.

En el cuadro no. 8 se muestra como los encuestados en un 45% entienden que las aguas subterráneas de la zona no están contaminadas por algo en específico, un 35% dice que podría existir animales muertos y el 20% expresa que desechos químicos.

Cuadro no. 9 Distribución de frecuencia y porcentaje de si son arrojados desechos al agua subterránea.

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Sí	0	0%
No	20	100%
Total	20	100%

Fuente propia aplicada a los moradores de la comunidad Villa el Progreso de Maimón.

Conforme los datos del cuadro no. 9 en un 100% los encuestados dicen que no se le arrojan desechos al agua subterránea.

Cuadro no. 10 Distribución de frecuencia y porcentaje acerca de considera usted útil el agua subterránea

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Sí	17	85%
No	3	15%
Total	20	100%

Fuente propia aplicada a los moradores de la comunidad Villa el Progreso de Maimón.

Los datos revelados en el cuadro no. 10 vislumbran como en un 85% los encuestados consideran de utilidad el agua subterránea y como un 15% dice que no es útil.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Introducción

Este capítulo da paso a la confrontación entre la bibliografía contenida en el marco teórico y los resultados encontrados, para luego pasar a las conclusiones y recomendaciones.

5.2 Componentes químicos en el agua subterránea

Los principales componentes que pueden encontrarse en el agua subterránea según Correa (2021), son sulfuro de hidrógeno y otros derivados de sustancias químicas de uso humano. En la investigación se realizó una prueba de laboratorio con la finalidad de dar con estos componentes y si estos se encontraban afectando la calidad del agua, sin embargo, los resultados arrojaron que el agua subterránea de la comunidad el Progreso se encuentra en el estado adecuado para su utilización.

En cuanto a los datos aportados por los moradores de la zona estos en un 85% no saben expresar si alguna vez el agua subterránea de la Comunidad El Progreso ha sido tratada para su mantenimiento y en un 70% no tienen el conocimiento de si dichas aguas tienen la presencia de componentes químicos.

Dentro de los resultados se arrojó que el agua subterránea de la zona estudiada presentaba las siguientes características:

Turbidez	Baja
Color	Medio
Olor	Medio
Solidos	Medio

Aspectos organolépticos de las muestras tomadas

Los datos encontrados se corresponden con el criterio de Camilo (2018), el cual hace énfasis en que el agua tiene buenos niveles de componentes químicos cuando no se ve afectada con olores extraños, mal sabor, color distorsionado y exceso de turbidez.

En cuanto a la presencia de los componentes químicos se tuvo como resultado:

Parámetros	Localización	Unidades	Pozo #1 Sector Progreso	Pozo #2 Sector Progreso	Pozo #3 Sector Progreso	Norma NORDOM 1	Métodos
Hora	-	-	11:20 AM	11:30 AM	11:43 AM	-	-
Oxígeno Disuelto	% Saturación	79.30	85.70	54.20	-	SM-4500-O-G	
Carbonatos	mg/litro	< 5.0	< 5.0	< 5.0	-	SM-2320-B	
Nitratos	mg/litro	9.5	7.8	10.4	45	SM-4500-NO ₃ ⁻ -E	
Mercurio	mg/litro	< 0.001	< 0.001	< 0.001	-	SM-3500-Hg	
Plomo	mg/litro	< 0.005	< 0.005	< 0.005	0.05	SM-3500-Pb	
Hierro	mg/litro	0.04	0.09	0.03	0.3	SM-3500-Fe	
Cloruros	mg/litro	15	10	15	250	SM-4500-Cl ⁻ -B	
Sulfatos	mg/litro	< 2.0	< 2.0	< 2.0	200	SM-4500-SO ₄ ²⁻	
METODOLOGÍA: Métodos adaptados desde Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, en su versión en inglés, (22va),año 2012.							
Fecha Inicio Análisis:		Hora Inicio Análisis:			Fecha Fin Análisis:		Hora Fin Análisis:
31/7/2023		4:30 PM			5/8/2023		3:35 PM
Fecha Recepción:		Recibido en el lab. por:			Analista:		Revisado:
31/7/2023		Ing. Emily Scotti			Ing. Francisco Bona		Ing. Harvey Espinosa

5.3 Uso del agua subterránea

El agua subterránea es considerada por Adarve (2021), como un suministro importante para la vida humana, a la vez es identificada como el agua más potable que puede tener la población mundial, pero la investigación arrojó datos que revelan la existencia de personas que no saben la utilidad de estas aguas.

Queda evidenciado el criterio resaltado por Vargas (2020), el cual ha manifestado que el ser humano desconoce el verdadero uso de estas aguas, como surgen y cuáles beneficios genera en la población.

Los investigadores al interrogar a los moradores de la zona El Progreso del Municipio de Maimón, se encontraron con personas que niquiera tenían el conocimiento de que las aguas subterráneas llegan a sus hogares a través de las distintas llaves, lo que

hace denotar la falta de información que se tiene en la zona. Se debe destacar que las aguas subterráneas representan un gran beneficio en el mundo y que su presencia se ve de manera frecuente en la producción agrícola e industrial.

5.4 Efectos del agua subterránea para la salud

Cuando el agua subterránea se encuentra dentro de los estándares permitidos para su uso esta no tiene ningún efecto perjudicial en el ser humano, de lo contrario puede producir: enfermedades, agotamiento, cansancio, comezón, dolencias y problemas respiratorios (Guzmán, 2022).

En la investigación los resultados arrojaron que un 100% ningún individuo a presentado malestar por el uso de las aguas subterráneas de la comunidad El Progreso, por lo que hasta la fecha la misma no se encuentra siendo perjudicial para la salud.

Además, los resultados obtenidos coinciden también con el parecer de Fernández (2020), el cual resalta que las aguas subterráneas no producen efectos negativos a la salud siempre y cuando dichas aguas no se encuentren afectadas por algún componente contaminante.

5.5. Conclusiones

Se Menciona que los componentes químicos presentes en el agua subterránea de la comunidad El Progreso del Municipio de Maimón son: Oxígeno disuelto, carbonatos, nitratos, cloruros y sulfatos, todos se encuentran dentro de los estándares normales que permite la norma de calidad del agua.

Se determinó que el agua subterránea en la Comunidad El Progreso en el Municipio de Maimón esta destinada para el uso doméstico, ganadería, agricultura y el uso de algunas empresas de la zona.

Se identificó que el consumo del agua subterránea de la Comunidad El Progreso del Municipio de Maimón no tiene ningún efecto maligno, ya que el agua esta apta conforme las normas para su utilización, debido a que cumple con los estándares de calidad establecidos.

RECOMENDACIONES

A los moradores de la Comunidad El Progreso del Municipio de Maimón:
Tomar conocimiento de la importancia del agua subterránea para de esta forma poder

contribuir a que la misma continúe con los estándares de calidad actuales o que estos vayan en continua mejoría.

A la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO): Continuar promoviendo investigaciones de esta índole que benefician bastante a las comunidades y hace posible la realización de medición de calidad de las aguas que se utilizan en los hogares.

Al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Promover campañas en donde las personas conozcan de la importancia de las aguas subterráneas, y que a la vez se motiven a su cuidado.

A la Junta de Vecino de la Comunidad El Progreso del Municipio de Maimón: Tomar en cuenta en sus funciones el cuidado de los espacios naturales, en donde se motive a los moradores a cooperar con la limpieza de los ríos y sus alrededores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adarve, J. (2021). *Nomenclatura y formulación química inorgánica. Normas de la IUPAC 2005*. España: BOD GmbH DE, 2021.
- Álvarez, R. (2017). *Beneficios del agua subterránea para el consumo humano*. Buenos Aires, Argentina.
- AGQ Laboratorios Colombia. (17 de diciembre de 2020). *Evaluación de la contaminación en sedimentos*. Recuperado el 20 de mayo de 2022, de <https://agqlabs.co/2020/12/17/contaminacion-en-sedimentos/>
- Bolaños, D., Cordero, G. & Segura, G. (Oct/Dic. de 2017). Determination of nitrites, nitrates, sulfates and phosphates in drinking water as indicators of contamination caused by human activities, in two cantons of Alajuela, province of Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 30, ISSN 0379-3982.
- Brito (2021), *Estudio de la variación temporal del agua subterránea en el sector de San Pablo*, Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador.
- Cabante, D. & Fernández, A. (18 de marzo de 2014). *Formulación de compuestos inorgánicos*. Recuperado el 20 de mayo de 2021, de <https://www.facfor.unam.edu.ar/modules/uploads/2017/10/CAP%C3%8DTULO-III.pdf>
- Cachón, M. (2016). *Análisis físico y químico de la calidad del agua*. Colombia: Universidad Santo Tomás.
- Camilo, S. (2018). *Efectos del Cloruro en el agua subterránea*. Revista: Calidad medio ambiental.
- Caruas, R. (2019). *Evaluación de la contaminación físico-química y microbiológica de las aguas superficiales del río San Juan afectadas por la empresa minera El Brocal S.A. - 2019*. Perú: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- Consejo Para la Administración de los Fondos Mineros Sánchez Ramírez, . (2015). *Plan de desarrollo estratégico provincia Sánchez Ramírez 2015-2020*. Cotuí: FOMISAR.
- Cordero, M. (2017). *Estudio de factores de contaminación por desechos sólidos en el Lago Enriquillo*. Santo Domingo: Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña.
- Correa, E. (2021), *El potencial energético del agua subterránea*. Diario sustentable, Chile.
- Delgado, J. (2022), *Componentes Químicos que Pueden Contaminar el Agua del río La Guamita del Municipio de Villa La Mata, provincia Sánchez Ramírez*, Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), República Dominicana.
- Díaz, A. (2016). *Cuantificación de contaminantes orgánicos e inorgánicos en el afluyente al Lago Enriquillo Boca de Cachón*. Santo Domingo: Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña.

- Espinoza, M. (2004). *La presencia de componentes químicos en agua subterránea*. México, D.F.
- Fernández, M. & Soria, A. (2020). *La contaminación de las aguas por nitratos procedentes de fuentes de origen agrario*. España: Comunidad Autónoma de la Región de Murcia y Consejería de Agricultura y Agua.
- García Et-al. (2015). *Cloruro totales en el agua de abastecimiento*. México: Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Durango .
- González, N. (2018). *Estudio de la Calidad de las Aguas Superficiales y Caracterización de la cuenca del Río Cabón, Afluente del río Ozama, ubicado en Santo Domingo Norte, República Dominicana 2017*. . Santo Domingo: Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña.
- Grijalva, A., Jiménez, M. & Ponce, H. (octubre de 2020). Contaminación del agua y el aire por contaminantes químicos. *Recimundo*, 4(4), 79-96.
- Guzmán, A. (2022). *La contaminación del agua subterránea en Latinoamérica*, 2da edición, Medellín, Colombia.
- Jiménez, R. (2020), *Condiciones medioambientales del agua subterránea*, Santo Domingo, República, Dominicana.
- Landero, S. (2019). *Evaluación de la calidad del agua de la Laguna La Pólvora en Villahermosa, Tabasco*. México: Instituto Tecnológico del Villahermosa.
- López, F. (2020). *Química I*. México: Klip Soluciones Educativas.
- Mamani, A. (2012). *Detalles que no benefician el consumo de las aguas subterráneas en Latinoamérica*, Medellín, Colombia.
- Martínez (2017), *Análisis de la calidad de agua para consumo humano del Río Yuna y su determinación del riesgo potencial para la salud humana*, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), Santo Domingo, República Dominicana.
- Mendoza, N. (2016), *Efectos de los componentes químicos en el agua subterránea*. Santo Domingo, República Dominicana.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2012). *Norma ambiental de calidad de aguas superficiales y costeras*. Santo Domingo, República Dominicana: Gobierno de la República Dominicana.
- Ministerio para la Transmisión Ecológica y el Reto Demográfico de España. (2018). *Estrategias marinas de España*. Madrid, España: Vicepresidencia Cuarta del Gobierno Español.
- Molina, S. (2018), *Propuesta de uso del agua subterránea del Distrito de Uracacorire para el consumo humano mediante la identificación de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos*, para la Universidad Nacional de San Agustín, Perú.

- Nicasio, A. (2018). *Características presentes en el agua subterránea contaminada*, El Salvador.
- Novillo, C. (05 de febrero de 2021). *Contaminación química: qué es, causas y efectos*. Madrid, España.
- Observatorio de Salud y Medio Ambiente. (25 de abril de 2019). *Salud y medio ambiente*. Recuperado el 18 de mayo de 2022, de <https://ecodes.org/hacemos/cultura-para-la-sostenibilidad/salud-y-medioambiente/observatorio-de-salud-y-medioambiente/contaminacion-por-plasticos-uno-de-los-mayores-desafios-ambientales-del-siglo-xxi#:~:text=Una%20media%20de%208%20millones,habr%C3%A1%20m>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (11 de octubre de 2021). *Intoxicación por plomo*. Recuperado el 26 de mayo de 2022, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health#:~:text=El%20plomo%20es%20un%20metal,en%20muchas%20partes%20del%20mundo>.
- Palacios, M., Rodríguez, O. & Barajas, G. (2010). Tratamiento electrostático (ESP) del agua para riego. México: Facultad de Ciencias Biológicas y Forestales Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Patrana, A. (2020), *Agua subterránea su eficacia*, Copyright 2020 ELAWA. Desarrollado por Brands Holding, Colombia.
- Pérez, A. (2022), *Análisis de los componentes químicos en el agua subterránea*, Madrid, España.
- Real Academia Española. (02 de enero de 2021). *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 11 de mayo de 2022, de <https://dle.rae.es/estiaje>
- República Dominicana. (2000). *Ley General Sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales 64-00*. Santo Domingo: Congreso Nacional.
- Ríos, L. (2019). *La química orgánica aplicada a nuestra vida diaria*. Colombia: Universidad de Caldas.
- Saldaña, J. (2012). *Medidas para prevenir la contaminación del agua subterránea*, 4ta edición, tomo III, Barcelona, España.
- Santos, A. (2021). *El agua subterránea fuente de vida*. 3ra edición, Tomo II, Buenos Aires, Argentina.
- Suger, D. (2020). *Desafíos en el consumo de agua subterránea*. Santo Domingo, República Dominicana.
- Universidad Nacional de Litoral (UNL), (2022). *Riesgos en el consumo de agua subterránea*, Santa Fe, Argentina.
- Vargas, J. (2020), *El agua subterránea: alternativa para riego, uso industrial y abastecimiento humano*, Medellín, Colombia.

Anexos

Anexo 1. Cuestionario para ser aplicado a los moradores de la comunidad el Progreso del Municipio de Maimón.

Universidad Tecnológica del Cibao Oriental

Facultad de Postgrado y educación continuada



**CUESTIONARIO PARA SER APLICADO A LOS MORADORES DEL SECTOR EL
PROGRESO, MAIMÓN, REPÚBLICA DOMINICANA**

Distinguido(a), solicitamos su colaboración con las respuestas de las siguientes preguntas de este cuestionario, con el cual se persigue obtener información acerca del tema: “Componentes Químicos del Agua Subterránea, Utilidad y Efecto en la Salud de la Comunidad el Progreso, Municipio Maimón Bonao, República Dominicana.

Los datos suministrados tendrán un propósito únicamente académico, por lo que les agradeceremos mucho la sinceridad de sus repuestas.

Instrucciones de Repuestas:

A continuación, se formulan varias preguntas, las cuales están formulados de forma abiertas y cerrada, en las cerradas puede expresar su criterio y en las demás seleccione por favor una de las opciones.

1- ¿Qué son aguas subterráneas?

- a. Son aguas dulces localizadas en el subsuelo.
- b. Agua que se almacena y circula a través de formaciones geológicas
- c. Ambas respuestas son correctas
- d. Ninguna de las anteriores

2- ¿Cuáles son las características de las aguas subterráneas?

- a. Se encuentra bajo tierra
- b. Es dulce
- c. Es utilizada para consumo humano

3- ¿Cómo se encuentran los acuíferos de la comunidad El Progreso?

- a. Confinados
- b. Libres.

4- ¿Se realizan procesos físicos a las aguas subterráneas de la comunidad El Progreso?

- a. Si
- b. No

5- ¿Cuáles cambios ha observado cambios en las aguas de esta comunidad?

- a. Es más abundante
- b. Se visualiza turbia
- c. Ningún cambio es potable

6- ¿Cuál es el uso que reciben las aguas subterráneas en la comunidad El progreso?

- a) Llega a las casas por las llaves

- b) Se utiliza en la producción agrícola
 - c) Trabajos industriales
 - d) Desconozco el uso que le da
- 7- **Tiene usted conocimiento, si alguna vez estas aguas han sido analizadas por algún laboratorio?**
- a. Si
 - b. no
- 8- **¿Qué contaminantes entiende usted pueden estar incluidos en estas aguas?**
- a. Heces fecales
 - b. Animales muertos
 - c. Desechos químicos
 - d. Ningún contaminante en específico
- 9- **¿Son arrojados desechos al agua subterránea, si es así que clase de desechos?**
- a. Si
 - b. No
- 10- **¿Considera usted útil el agua subterránea?**
- a. Si
 - b. No

Anexo no. 2 Resultados del muestreo y caracterización de las aguas subterráneas realizado por el laboratorio LAMENER

**Muestreo y Caracterización de Aguas Subterráneas en Maimón de la
Provincia Monseñor Nouel, R.D.**

LABORATORIO AMBIENTAL Y ENERGETICO



Monitoreo Realizado Para CHRISTIN SANTANA

El muestreo fue realizado por LAMENER LABORATORIOS en fecha del 31 de julio del 2023 y las muestras fueron trasladadas a las instalaciones de LAMENER SRL el mismo día en condiciones adecuadas.



PRESERVANTES

Los preservantes se utilizan para conseguir que la muestra llegue al laboratorio con condiciones muy similares a las existentes en el punto de muestreo cuando se tomó la muestra.

En este monitoreo utilizamos los siguientes preservantes: 1- Ice Blue para mantener la temperatura

Hielo para mantener la temperatura

COOLER

Se utilizaron cooler de mano marca COLEMAN.

II RECEPCIÓN DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO

Las muestras fueron recibidas en las instalaciones de LAMENER con una temperatura promedio de **8.2 Grados Celsius**, es decir que según con las normas de la OPS y lo recomendado por los métodos Estándar que es 10 grados Celsius a la llegada las muestras se encontraron dentro de norma.

METODOLOGÍA

Para la preparación y análisis de estas muestras se utilizó los métodos Standards en su versión del año 2012.

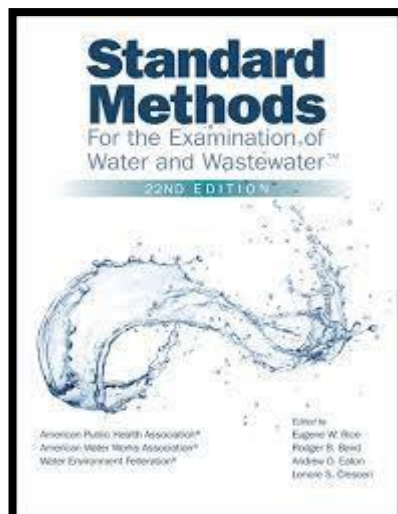


Foto 1.5- Edición 22 de los métodos Standard.

ASPECTOS ORGANOLÉPTICOS

Al momento del muestreo la muestra, las aguas se encontraban de la siguiente forma:

Parámetros/Estado	Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3
Turbidez	Baja	Baja	Baja
Color	Medio	Medio	Medio
Olor	Medio	Medio	Medio
Sólidos	Medios	Medios	Medios

EQUIPOS UTILIZADOS PARA LOS ANÁLISIS

Para el análisis fisicoquímico se utilizó el último espectrofotómetro de luz visible, el DR-3900 y el DR-900, etc.



Fotos 1.6 y 1.7- DR 3900 y DR 900 respectivamente.

Para el análisis bacteriológico se utilizaron los siguientes equipos:

- Incubadora marca Quincy.
- Baño de maría, marca *Presicion*
- Contador de colonia, marca *Presicion*

I- INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados de las aguas subterráneas fueron comparados con la norma NORDOM 1 del Instituto Dominicano para la Calidad (INDOCAL), herramienta que se utiliza para conocer la calidad del agua de usodoméstico en todo el territorio nacional.

Las muestras presentaron buena calidad fisicoquímica con los parámetros analizados dentro de norma.