

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO CIENCIAS DEL SUELO



**CALIDAD DEL AGUA DE TRES POZOS DEL RANCHO LOS TEMPORALES,
MUNICIPIO DE SALTILLO COAHUILA.**

POR

FÁTIMA SANTANA GARCÍA

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Presentada como requisito parcial para obtener el título profesional de

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO CIENCIAS DEL SUELO

CALIDAD DEL AGUA DE TRES POZOS DEL RANCHO LOS TEMPORALES,
MUNICIPIO DE SALTILLO COAHUILA.

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Presentada por

FÁTIMA SANTANA GARCÍA

Como requisito parcial para obtener el título profesional de

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Aprobada por el comité de asesoría:


Dra. Alma Patricia Garcia Villanueva
Asesor Principal


Dr. José Antonio Hernández Herrera
Asesor


MC. Fidel Maximiano Peña Ramos
Asesor


M.C Felipe Abencerráje Rodríguez
Asesor

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO CIENCIAS DEL SUELO

CALIDAD DEL AGUA DE TRES POZOS DEL RANCHO LOS TEMPORALES,
MUNICIPIO DE SALTILLO COAHUILA.

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Presentada por

FÁTIMA SANTANA GARCÍA

Y que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título profesional de

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Aprobado por Jurado Examinador:


Dra. Alma Patricia García Villanueva
Asesor Principal


Dr. José Antonio Hernández Herrera
Asesor


MC. Fidel Maximiano Peña Ramos
Asesor


M.C Felipe Abencerraje Rodríguez
Asesor




M.C Sergio Sánchez Martínez
Coordinador de la División de Ingeniería

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2024

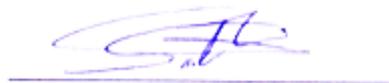
Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos: FORMATO

- Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio).
- Comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente bibliográfica.
- Tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Fátima Santana García

DEDICATORIAS

A mis queridos padres,

Juan José Santana Rico y Ramona García Cedillo, por su apoyo incondicional en cada uno de mis sueños, por ser una parte fundamental de mi día a día, y por brindarme su amor, paciencia, y comprensión en cada dificultad que he enfrentado. Siempre han estado a mi lado, ayudándome a salir adelante con su sabiduría y cuidado constante, y motivándome a ser una mejor persona a través de su ejemplo, dedicación y sacrificio. Su presencia en mi vida ha sido mi mayor fortaleza

A mis queridas hermanas,

Lucero Santana García y Yesica Alejandra Santana García, quienes han estado a mi lado en cada momento importante de mi vida, brindándome su apoyo y ánimo incondicional para alcanzar cada una de mis metas. Comparto con alegría cada logro a su lado, sabiendo que siempre estarán ahí para mí, al igual que yo siempre estaré para ellas. Su amor y compañía han sido un pilar fundamental en mi vida.

A la maestra Emma,

Por su incondicional apoyo desde la preparatoria. Agradezco profundamente su confianza en mí y sus constantes recordatorias de todo lo que soy capaz de lograr. Gracias a sus sabias palabras, valiosos consejos y constante apoyo, he podido alcanzar metas maravillosas. Le estaré eternamente agradecida por su presencia en esta etapa tan crucial de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma mater, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro,

Le agradezco profundamente por darme la oportunidad de formar parte de su comunidad estudiantil, conocer su historia, y recibir las enseñanzas y conocimientos de sus maestros y compañeros. Ser egresada de la UAAAN me recuerda siempre que, con esfuerzo, disciplina y amor por lo que hacemos, es posible superar cualquier obstáculo y alcanzar nuestras metas.

Mi más sincero agradecimiento a:

La Dra. Alma Patricia García Villanueva por su invaluable apoyo durante la realización de este trabajo. Su disposición para compartir sus conocimientos y brindarme orientación fue fundamental para el éxito de esta investigación. Gracias a su guía en temas como muestreo, normatividad y otros aspectos relacionados con el agua, pude complementar ideas, resolver cada una de mis dudas y guiar adecuadamente todas las actividades realizadas, ampliando significativamente mis conocimientos en el proceso.

El Dr. José Antonio Hernández Herrera, le expreso mi más sincero agradecimiento por su constante dedicación a la investigación, su valiosa orientación en temas de información geográfica, y su disposición para brindar apoyo en cada etapa del proceso. Contar con su respaldo no solo fue fundamental para el desarrollo de este trabajo, sino que también me permitió comprender a fondo los temas, gracias a su conocimiento y experiencia.

Agradezco a la Lic. María del Socorro Mireles Vázquez por su invaluable guía en el laboratorio. Sus conocimientos y experiencia fueron fundamentales para la realización de los análisis, y su apoyo resultó crucial en esa etapa de la investigación. Le estoy muy agradecida por su paciencia y su constante disponibilidad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIAS	2
AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	7
I. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Objetivo general	10
1.2. Objetivos específicos.	10
II. REVISIÓN DE LITERATURA	11
2.1. Ecosistema.....	11
2.2. Tipos de ecosistemas.	12
2.3. Ciclo del agua.	14
2.4. Clasificación de aguas.	16
2.4.1. Agua atmosférica.	16
2.4.2. Agua del subsuelo.	16
2.4.3. Aguas superficiales:.....	17
2.5. Agua subterránea.....	18
2.6. Agua de pozo.	19
2.7. Calidad de agua.	19
2.7.1. Microorganismos indicadores de la calidad del agua.....	20
2.8. Generalidades de Saltillo, Coahuila.	22
2.9. Normatividad de calidad de agua.....	25
III. MATERIALES Y MÉTODOS.	26
3.1 Ubicación.	26
3.2. Colecta de agua en campo.	27
3.3 Análisis en laboratorio.....	27
3.3.1. Metodología del Análisis fisicoquímico.	27
3.3.2. Metodología del análisis microbiológico.....	30
IV. RESULTADOS y DISCUSIÓN.....	31
4.1. Análisis fisicoquímico.	31
4.2. Análisis Microbiológico.....	34
V. CONCLUSIONES.....	36
VI. LITERATURA CITADA.....	37

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características fisicoquímicas del agua de los pozos de Rancho Los Temporales.	31
Cuadro 2. Resultados de las pruebas de coliformes totales NMP/100ml para tres pozos.....	34
Cuadro 3. Resultados de las pruebas de coliformes termo tolerantes NMP/100ml para tres pozos.	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. El ciclo hidrológico.	15
Figura 2. Ejemplo de la conexión entre aguas subterráneas y superficiales en el ciclo del agua.	18
Figura 3. Enfermedades infecciosas más comunes ocasionadas por bacterias.	21
Figura 4. Mapa de tipo y uso de vegetación del Rancho Los Temporales, Saltillo Coahuila (elaboración propia).....	24
Figura 5. Mapa del Rancho Los Temporales, con la ubicación de los tres pozos de agua * Pozo 1, Pozo 2, Pozo 3 (Elaboración propia).	26
Figura 6. Formato de los análisis realizados.	30

RESUMEN

La escasez y difícil acceso al agua potable impactan gravemente a la sociedad, provocando crisis de salud pública, inseguridad alimentaria y desplazamiento de personas y especies. Es esencial que el agua cumpla con estándares de calidad, especialmente la ausencia de microorganismos patógenos, para ser segura para el consumo humano. El objetivo fue evaluar la calidad del agua de tres pozos de agua. El área es el Rancho Los Temporales, ubicado en el municipio de Saltillo, Coahuila. El muestreo de agua se llevó a cabo el 20 de agosto de 2023, de cada pozo se extrajeron dos muestras: una destinada al análisis microbiológico y la otra al análisis fisicoquímico. Los análisis fisicoquímicos indican que el agua de los tres pozos cumple con los límites permisibles y es de buena calidad para su uso. Sin embargo, los análisis microbiológicos revelan una contaminación significativa, con niveles de coliformes totales por encima de los límites permitidos, lo que sugiere la posible presencia de bacterias patógenas y un riesgo para la salud si el agua se consume sin tratamiento. Mientras la calidad microbiológica del agua no sea adecuada para el consumo humano, se sugiere que este recurso se destine a otras actividades agropecuarias, como el riego no restringido de cultivos o el consumo animal.

Palabras clave: Calidad, Agua, Coliformes, Normas, Pozo.

I. INTRODUCCIÓN

Se estima que en el planeta Tierra existen alrededor de 1.386 millones de kilómetros cúbicos de agua, de los cuales solo el 2.5 % corresponde a agua dulce, distribuida principalmente en ríos, lagos, glaciares, y acuíferos, entre otros. Sin embargo, esta cantidad disminuye año con año debido a la creciente contaminación que degrada su calidad, limitando así su disponibilidad para el consumo humano. Esta situación es un motivo urgente para concienciar a la población y a los gobiernos sobre la importancia de preservar este recurso vital, reduciendo las fuentes de contaminación más comunes, tales como las descargas industriales, el agua residual doméstica, el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas, los derrames de productos químicos, así como la basura y los desechos plásticos (De la Torre, 2017).

El difícil acceso al agua potable y su escasez afecta gravemente a la sociedad en su conjunto, generando una serie de problemáticas que incluyen la crisis de salud pública, la inseguridad alimentaria, y el desplazamiento de personas y especies. Este desafío es uno de los más críticos del siglo XXI, con un impacto significativo no solo en los aspectos económicos y ambientales, sino también en el bienestar humano, poniendo en riesgo la biodiversidad y la sostenibilidad de los ecosistemas (Ünver, 2012).

Uno de los requisitos fundamentales para el uso del agua es que cumpla con ciertos criterios o estándares de calidad, asegurando que sea apta para el consumo humano. Entre los principales criterios se encuentra la ausencia de microorganismos patógenos, como virus y bacterias causantes de enfermedades graves como diarrea, cólera y hepatitis. Otro criterio esencial es la pureza química, lo que implica que el agua esté libre de sustancias químicas peligrosas para la salud, como metales pesados, contaminantes químicos, nitritos y nitratos. Además, es necesario que los niveles de sólidos disueltos sean bajos, que el pH se mantenga en rangos adecuados, y que el agua no tenga color, olor desagradable ni mal sabor. Estos criterios son fundamentales para garantizar que el agua sea segura para el consumo humano y no represente riesgos para la salud (Espinosa Ramírez, 2018).

Existen diversas fuentes de las cuales se puede extraer agua para su consumo. Entre las principales se encuentran las fuentes superficiales, como ríos, lagos y embalses, de las cuales se abastecen los sectores industriales, agrícola y, por supuesto, el consumo humano. La recuperación de agua residual también juega un papel importante en la conservación de los recursos hídricos, siendo de gran utilidad en actividades como el riego y en la industria. Asimismo, la extracción de agua subterránea a través de pozos representa una fuente significativa para el suministro de agua potable y para el riego agrícola (Servín y Mendoza, 2008).

De acuerdo con Domínguez y Carrillo Rivera, 2007 en México la perforación de los primeros pozos en 1847 inició la historia del uso del agua subterránea (Salazar, 2018).

El agua subterránea destinada al consumo humano debe cumplir con ciertos requisitos en cuanto a sus características físicas, químicas y biológicas. La captación de agua a través de pozos verticales se utiliza para satisfacer la demanda de este líquido vital. Estos pozos requieren una construcción y diseño complejos que aseguran una vida útil de varias décadas (Caraballo et al 2012).

En algunas áreas rurales, el agua de pozo se presenta como la fuente más confiable de suministro. Sin embargo, durante su extracción, dependiendo del método utilizado, existe el riesgo de contaminación fisicoquímica o microbiológica, lo que podría suponer riesgos para la salud de los consumidores (Bueno et al, 2017).

Por esta razón, es crucial realizar una evaluación rigurosa y continua de los factores que pueden comprometer la calidad del agua de pozo. Implementar controles regulares y utilizar tecnologías de tratamiento adecuadas puede contribuir significativamente a garantizar una mayor calidad y seguridad en el uso del agua, protegiendo la salud de las comunidades rurales. Además, el fortalecimiento de la educación en prácticas de manejo seguro del agua y la concienciación sobre los riesgos potenciales asociados con el uso de agua no tratada también son pasos clave para mejorar la seguridad hídrica a largo plazo.

1.1. Objetivo general

- Evaluar la calidad del agua de los pozos de agua ubicados en el rancho Los Temporales.

1.2. Objetivos específicos.

- Realizar análisis fisicoquímicos y microbiológicos de los pozos 1,2 y 3 del rancho Los Temporales
- Analizar los resultados de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Ecosistema.

Al abordar la temática de los organismos vivos y su entorno, se alude a la totalidad de componentes que integran la biosfera del planeta, constituyendo así un sistema vasto y complejo para su estudio. Considerando las múltiples dimensiones abordadas por la ecología, se acuñó el término ecosistema como una entidad funcional dentro de la biosfera (Seoáñez Calvo,1998)

Un ecosistema se define como una unidad funcional y estructural en la naturaleza, donde se desarrollan interacciones entre diversas especies y su entorno. Esta dinámica resulta de la combinación e interdependencia de los recursos naturales y elementos que lo conforman, tanto bióticos como abióticos. La variabilidad de condiciones en la naturaleza, que puede ser similar o dispar, permite la existencia de diferentes combinaciones de estos elementos en distintos ecosistemas. Esta diversidad se refleja en la adaptación de los organismos que los habitan, ya que se ajustan a las condiciones específicas presentes en cada uno de ellos (Martínez, 2015).

Con una gran diversidad en las comunidades presentes en los ecosistemas, se observan variaciones entre sus factores bióticos, que incluyen animales, plantas, hongos, bacterias y protistas, en conjunción con los factores abióticos. Entre estos últimos se encuentran el agua, el suelo, el aire, la luz solar, la temperatura y los minerales, los cuales desempeñan roles fundamentales en diversos procesos dentro de la productividad abiótica del ecosistema (Zamora,1983).

La influencia de estos factores dentro de un ecosistema genera una dinámica compleja que afecta directa e indirectamente a los procesos vitales de cada individuo y de la comunidad en su conjunto, manteniendo una estrecha relación con los factores físicos y biológicos. Desde el punto de vista biológico, los principales componentes abióticos que forman parte del ecosistema incluyen las sustancias orgánicas (como el nitrógeno, el carbono y el dióxido de carbono), los compuestos orgánicos que interactúan con los seres bióticos y el régimen climático del ecosistema (Jiménez y Tapia ,2020).

Las funciones que desempeña un ecosistema incluyen la provisión de bienes y servicios, así como la promoción de la fertilidad del suelo, la producción de alimentos y la descomposición de materia orgánica. La vegetación desempeña un papel fundamental en estos procesos, ya que constituye el punto de partida de las redes tróficas. La biodiversidad y las funciones ecosistémicas dependen de diversos factores que se reflejan en la genética de cada organismo (Navarro Cano, 2019).

Los ecosistemas exhiben una jerarquía en su estructura, donde cada uno forma parte de un sistema más grande, el cual, a su vez, se compone de subsistemas. Cada uno de estos componentes desempeña un papel crucial en la transferencia de materia y energía, tanto de entrada como de salida. Estos entornos son dinámicos y diversos, caracterizándose por la presencia de una amplia variedad de vegetación y especies animales (Maass, 2003).

2.2. Tipos de ecosistemas.

La amplia diversidad de ecosistemas presenta distintas características, cuya estructura y funcionamiento están condicionados por diversos factores. Entre estos factores, las condiciones climáticas juegan un papel crucial, ya que determinan el tipo de vegetación presente. Otra forma de distinguir un ecosistema diferente radica en su ubicación geográfica y su topografía específica (Martínez Yrizar et al, 2010).

Dentro de ecosistemas como bosques, selvas, matorrales, pastizales y desiertos, entre otros, se pueden identificar diversos factores de modificación. Estos cambios pueden ser de origen antropogénico, donde las acciones humanas, como la ganadería, los incendios, la explotación maderera o la introducción de especies, generan alteraciones en el entorno del ecosistema (Gowda, 2020).

Existen diversos ecosistemas terrestres en el planeta tierra, cada uno caracterizado por sus condiciones climáticas, tipos de suelo, y la flora y fauna específicas que lo habitan.

De acuerdo con (Ondarza, 2011), algunos de los ecosistemas terrestres más prominentes son:

- La tundra, ubicada en las regiones altas y boreales del planeta, se caracteriza por una vegetación compuesta principalmente por líquenes, musgos, herbáceas y matorrales. La variante ártica de la tundra, localizada en el Polo Norte, se encuentra rodeada por bosques de coníferas, mientras que la tundra alpina, situada a mayor altitud, presenta árboles de alta montaña. Su clima extremadamente frío alberga fauna adaptada a bajas temperaturas o compuesta por animales migratorios.
- El bosque boreal, dominado por coníferas, se extiende por Norteamérica, Europa y Asia, experimentando inviernos intensos y veranos cortos. La vegetación siempre verde, como el abeto, proporciona alimento a una fauna que incluye especies como el venado, el alce y otros herbívoros que se alimentan de semillas.
- Bosque templado, ubicado en regiones de latitudes medias, presenta condiciones climáticas que permiten el crecimiento de árboles deciduos de hoja ancha. Con temperaturas que oscilan entre -30°C y 30°C , y lluvias abundantes, este bosque se distribuye en Estados Unidos, Europa y el este de Asia, con diversas capas de vegetación que incluyen hierbas y matorrales.
- Bosques tropicales, clasificados como bosque lluvioso, húmedo y deciduo, se encuentran cerca del ecuador y presentan temperaturas anuales de alrededor de 25°C . Estos bosques exhiben una variabilidad en la precipitación, con el bosque lluvioso recibiendo hasta 400 cm de lluvia al año, el bosque húmedo alrededor de 200 cm, y el bosque deciduo experimentando lluvias escasas y prolongadas sequías.
- La sabana, también conocida como pastizal, se caracteriza por la presencia de árboles individuales dispersos. Con tres condiciones

climáticas marcadas (frío y seco, caliente y seco, tibio y húmedo), los suelos fértiles y porosos de la sabana albergan herbívoros como antílopes, búfalos y cebras, junto con algunos felinos. Este bioma se distribuye en el sureste de Asia, Australia y Sudamérica.

- Los matorrales o chaparrales, localizados en latitudes medias, presentan climas secos y cálidos en verano, con inviernos lluviosos y prolongados. La vegetación está compuesta por hierbas espinosas con hojas gruesas y siempre verdes. La fauna incluye animales de pastoreo como venados, aves, roedores y serpientes.
- El desierto, uno de los biomas con climas más extremos, exhibe temperaturas máximas de hasta 54°C y una escasez significativa de lluvias con solo 30 cm de precipitación anual. La vegetación está compuesta por hierbas, cactus y suculentas, mientras que la fauna incluye roedores, hormigas, aves, lagartijas y serpientes. La adaptación a condiciones extremas es notable tanto en la vegetación como en los animales que habitan el desierto.

Se derivan numerosos beneficios de los ecosistemas, independientemente de sus características y diversidad. Entre ellos se incluyen el suelo, los alimentos, los recursos hídricos y la minería, entre otros. La energía generada por estos ecosistemas se emplea como materia prima (Pineda, 2020).

Dentro de los servicios ecosistémicos, se destaca el recurso hídrico, que requiere una gestión específica. La climatología, hidrología y calidad del agua desempeñan un papel crucial en este aspecto, contribuyendo a un mejor manejo y aprovechamiento del recurso. Esto conduce a actividades controladas que benefician tanto en el ámbito económico como ambiental (Arenas et al., 2017).

2.3. Ciclo del agua.

El agua es una sustancia líquida, incolora, inodora e insípida que forma parte de todos los organismos. Es la sustancia más abundante en el planeta y se encuentra en tres estados: líquido, sólido y gaseoso. Se estima que el 71% de la

Tierra está cubierto de agua, y no solo eso, sino que, gracias a ella, existe la vida y es responsable de mantenerla (Guerrero, 2012).

En el ciclo hidrológico, se desarrollan fenómenos y transformaciones que siguen un orden de ocurrencia y se repiten numerosas veces. Entre los procesos más significativos del ciclo hidrológico se encuentran la evaporación y la precipitación. Estos procesos tienen lugar cuando el agua que se halla en la superficie terrestre se evapora hacia la atmósfera. En condiciones adecuadas, esta evaporación permite que el agua se condense y regrese a la superficie en forma de lluvia (Manzur y Cardoso ,2015).

La variabilidad en el movimiento del agua por la superficie terrestre es notable, ya sea mediante las principales corrientes oceánicas o la descarga de ríos. Ambas circunstancias ejercen impactos significativos en la biosfera. Genera un continuo desplazamiento de humedad y agua a lo largo del planeta. Un porcentaje específico de la precipitación alcanza los ríos y lagos, mientras que otra fracción se filtra en el suelo (Ondarza, 2011).

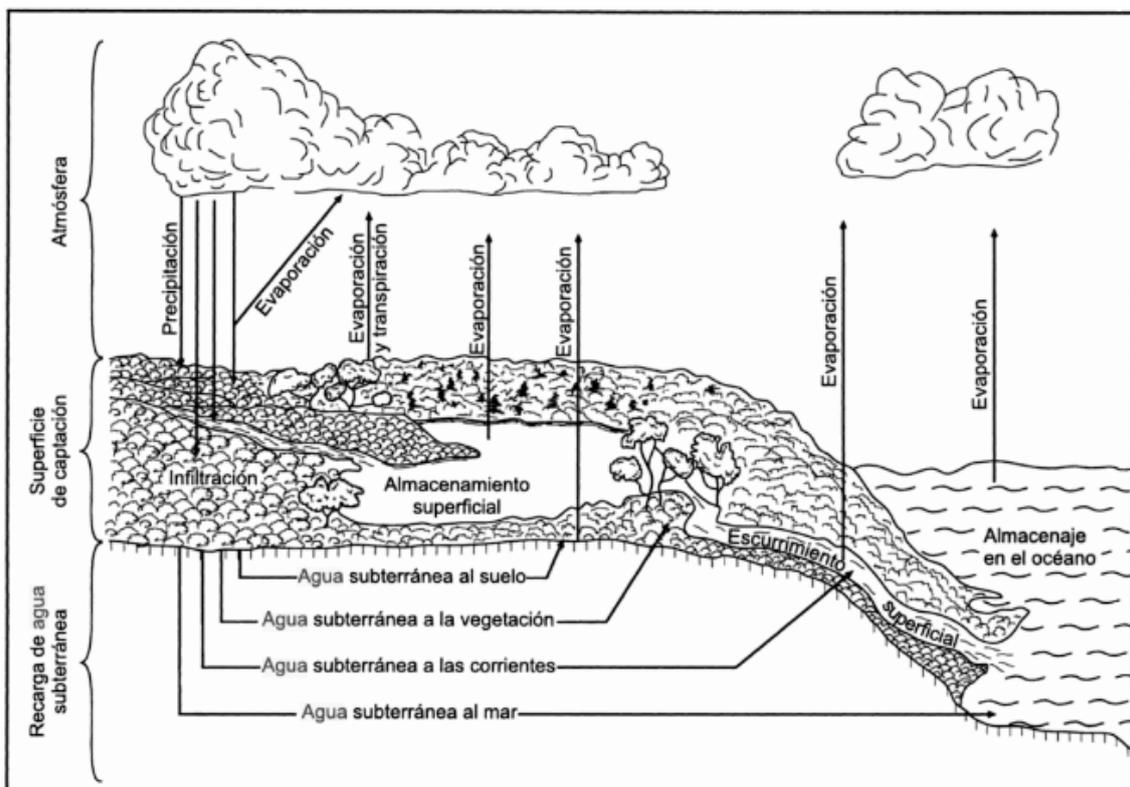


Figura 1. El ciclo hidrológico. Tomado de Maderey Rascon, L. E., & Román, J. (2005). Principios de hidrogeografía. Estudio del ciclo hidrológico. UNAM.

2.4. Clasificación de aguas.

2.4.1. Agua atmosférica.

El término agua atmosférica se refiere al agua presente en la atmósfera del planeta, que aún se encuentra en fase de precipitación o que es desplazada por el viento, como la neblina, las nubes, la llovizna, etc. Este tipo de agua representa aproximadamente el 0.0009% del total de agua en el planeta, constituyendo así un recurso natural renovable y autosustentable. Actualmente, se están implementando técnicas de captación de agua atmosférica, lo que nos brinda nuevas oportunidades para abordar el problema del abastecimiento de agua en zonas donde este recurso es escaso. (Bautista, 2013).

2.4.2. Agua del subsuelo.

El agua que se encuentra en el suelo interactúa de diversas formas con los ecosistemas, la vegetación y algunos organismos que dependen de ella. Esta agua, conocida como agua del subsuelo, se ubica por debajo de la corteza terrestre, lo que permite que su composición química sea variada dependiendo de la profundidad a la que se encuentre. Por tanto, se divide en dos partes: agua edáfica y agua subterránea (Flores, 2015).

Agua Edáfica:

El agua edáfica es parte del agua que se encuentra en el subsuelo, ubicándose en la zona no saturada. En esta área, forma una fina capa que se adhiere a la superficie de las partículas del suelo. Esta agua mantiene una interacción constante con los minerales presentes en el suelo, lo que conlleva cambios en su composición química a lo largo del tiempo. Siendo retenida por la fuerza de capilaridad, el agua edáfica resulta de gran importancia para el desarrollo de la vegetación en el suelo (Flores, 2015).

Agua Subterránea:

Las aguas subterráneas se localizan debajo de la superficie del suelo y son el resultado del ciclo hidrológico, donde el agua en forma de lluvia o nieve se precipita sobre la tierra. Cuando el suelo alcanza su punto de saturación, el agua

se infiltra y se almacena en formaciones geológicas de roca y arena conocidas como acuíferos. Estos acuíferos, a su vez, están conectados a las aguas superficiales, lo que permite el flujo del agua entre ellos (Ordoñez, 2011).

2.4.3. Aguas superficiales:

El agua que se precipita sobre los continentes, como parte del ciclo hidrológico, se divide en dos grandes grupos: aguas continentales y aguas marinas.

- **Aguas Continentales:**

Cuando la lluvia cae en zonas montañosas o polares, las aguas continentales se distribuyen de la siguiente manera: parte de ellas se conserva en forma de hielo o nieve, otra parte permanece en el continente formando lagos, lagunas, pantanos, etc., mientras que el resto fluye sobre la superficie del continente siguiendo las redes fluviales. Estas aguas pueden eventualmente regresar al mar o quedarse retenidas en zonas endorreicas. Sin embargo, al igual que el agua marina, también se evaporan, lo que permite que vuelvan a formar parte del ciclo hidrológico (Hernández Pacheco, 2009).

- **Aguas Marinas:**

Las aguas marinas se caracterizan principalmente por cubrir más de la mitad de la superficie terrestre, presentando procesos y características fisicoquímicas exclusivas del mar. Entre estas características se encuentra su salinidad, que es la proporción de sales disueltas por volumen de agua con relación a su conductividad, así como su temperatura, que varía entre los -2 y 30 °C. Además, tienen una presión hidrostática, densidad y color específicos.

Otro aspecto singular es la presencia de ecosistemas que albergan estas aguas, los cuales se desarrollan en el medio marino con una amplia diversidad, ya sea en la costa o en el fondo marino (Gracia Gasca et al, 2007).

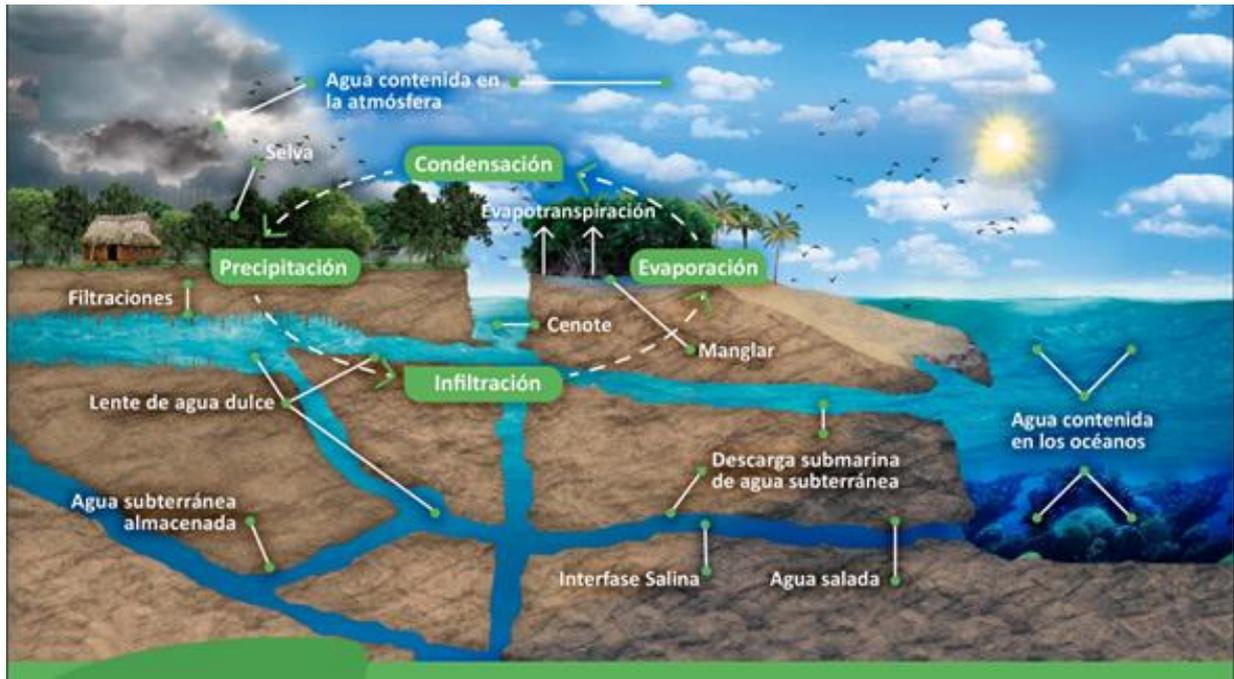


Figura 2. Ejemplo de la conexión entre aguas subterráneas y superficiales en el ciclo del agua. Tomado de Ilustración de Centinelas del Agua, A.C. (2021) El Ciclo del Agua en la Península de Yucatán.

2.5. Agua subterránea.

Se encuentran diversos tipos de cuerpos de agua que se caracterizan en base a su geografía, hidrología, así como sus características fisicoquímicas y biológicas. Estos cuerpos de agua mantienen una conexión inherente con el ciclo hidrológico. Uno de estos tipos de cuerpos de agua son los acuíferos, que se definen como depósitos que albergan agua subterránea (Johnson, 1975).

El origen principal del agua subterránea se encuentra en la precipitación o el deshielo, que se filtra a través del suelo hasta llegar a los acuíferos, donde se almacena. Estos acuíferos están compuestos por rocas permeables que actúan como barrera, impidiendo que el proceso de infiltración continúe (Martos López, 2016).

El agua subterránea posee mecanismos naturales de descarga, que se manifiestan a través de la emergencia de agua en fuentes naturales como manantiales y cenotes. Estos procesos tienen una relevancia ecológica significativa al contribuir al equilibrio de los ecosistemas. Paralelamente, existen situaciones en las que el agua subterránea no puede emerger, no obstante,

desempeña un papel ecológico crucial al mantener la humedad del suelo y fomentar el crecimiento de la vegetación (Salazar, 2018).

El agua subterránea constituye una fuente confiable de abastecimiento en zonas rurales y urbanas, cuya calidad y uso varían. A nivel global, alrededor de un tercio de las captaciones de agua dulce proviene de fuentes subterráneas y se emplea principalmente en la agricultura (42%), el consumo doméstico (36%) y la industria (22%). Se han logrado notables avances en la comprensión del agua subterránea y en el desarrollo de métodos para su tratamiento y suministro, pero se continúa profundizando en aspectos relativos a su calidad y los riesgos de contaminación (Cerón et al, 2021).

El agua subterránea desempeña un papel fundamental como fuente de suministro, especialmente en comunidades situadas en climas áridos o semiáridos, donde a menudo constituye su única fuente de agua. La principal técnica de extracción de agua subterránea se lleva a cabo mediante la perforación de pozos verticales, cuyas profundidades pueden variar considerablemente (Salazar, 2018).

2.6. Agua de pozo.

El agua que penetra en el suelo se divide en dos zonas principales: la zona de aireación y la zona de saturación. La zona de aireación abarca la capa superficial de tierra que mantiene una saturación parcial con agua y aire. Por otro lado, en la zona de saturación, los poros están completamente llenos de agua. El agua presente en la zona de saturación se denomina agua subsuelo, ya que constituye la única forma de agua capaz de ascender a la superficie mediante pozos de agua (Gibson, U. P y Singer, R. D, 1979).

2.7. Calidad de agua.

El concepto de calidad del agua ha experimentado modificaciones y adaptaciones en función de su uso. Los parámetros que regulan la calidad del agua incluyen su hidrología, características fisicoquímicas y biológicas. A lo largo de los años, se han desarrollado diversos métodos de análisis e interpretación

de estas características. La calidad del agua está estrechamente vinculada a la calidad ambiental del lugar en el que se encuentra y puede evaluarse de dos maneras: a través de variables físicas, químicas y biológicas, o mediante el uso de un Índice de Calidad del Agua (ICA) (Ramírez, 2021).

En México se emplea el Índice de Calidad del Agua (ICA), una herramienta rápida en el diagnóstico de la calidad del agua que garantiza una evaluación completa del recurso. Este índice agrupa de forma ponderada los parámetros de deterioro del agua, incluyendo parámetros fisicoquímicos como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), oxígeno disuelto, fosfatos, pH, sólidos suspendidos, coliformes, entre otros (Torres et al, 2010).

2.7.1. Microorganismos indicadores de la calidad del agua.

Los coliformes se encuentran comúnmente en plantas, suelo y animales, incluidos los seres humanos. Su presencia indica contaminación con aguas residuales o desechos en descomposición. Se pueden encontrar en mayor cantidad en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo (Ramos Ortega et al 2008).

Los coliformes son indicadores efectivos de la contaminación en el agua. El grupo de bacterias coliformes incluye tanto a los coliformes totales como a los fecales o termotolerantes, siendo estos últimos vinculados a una posible contaminación fecal. Su presencia es fundamental para determinar la calidad del agua potable, ya que su evaluación es de gran relevancia en términos sanitarios (Fernández Santisteban, 2017).

- Coliformes Totales: Se definen como bacterias gramnegativas de forma bacilar que fermentan la lactosa a temperaturas entre 35 °C y 37 °C, produciendo ácido y gas CO₂ en un lapso de 24 horas (Larrea-Murrell et al, 2013).
- Coliformes Termotolerantes: Estas bacterias soportan temperaturas de hasta 45 °C y son los mejores indicadores de higiene en alimentos y agua, ya que señalan la posible contaminación fecal de origen humano o animal (Larrea-Murrell et al, 2013).

Los microorganismos coliformes forman un amplio grupo con variaciones en género y especie, todos pertenecientes a la familia *Enterobacteriaceae*. A continuación, algunos de los microorganismos más utilizados como indicadores de la calidad del agua potable, recomendados en guías y estándares de evaluación sanitaria y las enfermedades que más ocasionan (Pullés, M. R. 2014).

Microorganismo	Enfermedad
<i>Campylobacter</i> spp.	Síndrome de Guillian-Barré (trastorno neurológico autoinmune)
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Yersiniosis (fiebre, dolor abdominal y diarrea hasta hemorrágica)
<i>Helicobacter pylori</i>	Úlcera péptica, cáncer gástrico
<i>Enterobacter</i> spp.	Gastroenteritis aguda, infecciones hospitalarias, infecciones de las vías urinarias por heridas.
<i>Citrobacter</i> spp.	Abscesos, meningitis, bacteremia
<i>Klebsiella</i> spp.	Artritis reactiva
<i>E. coli</i> O157:H7	Síndrome urémico hemolítico.
<i>E. coli</i> enterotoxigénica	Diarrea del viajero
<i>E. coli</i> enteropatogénica	Episodio diarreico, destrucción de las microvellosidades
<i>E. coli</i> enteroinvasiva	Diarrea disenteriforme, muerte celular
<i>E. coli</i> enterohemorrágica	Síndrome urémico hemolítico, insuficiencia renal aguda
<i>E. coli</i> enteroagregativa	Septicemia, meningitis neonatal, gastroenteritis
<i>Salmonella</i> spp	Salmonelosis (fiebre tifoidea/paratifoidea)
<i>Shigella</i> spp.	Shigelosis (diarrea, fiebre, dolor abdominal, vómitos y náuseas)
<i>Vibrio Cholerae</i>	Cólera (enfermedad aguda diarreica)

Figura 3. Enfermedades infecciosas más comunes ocasionadas por bacterias.

Tomado de la Revista CENIC Ciencias Biológicas, Vol. 45, No.1, pp, 25-36, 2014

La calidad del agua subterránea difiere en ciertos niveles respecto al agua superficial, influenciada por sus características hidrogeológicas y su participación en diversos procesos naturales. La probabilidad de contaminación del agua subterránea es significativamente menor en comparación con el agua superficial (Cerón et al, 2021).

La calidad del agua se vincula comúnmente al proceso de percolación lenta, que implica el paso gradual del agua a través del suelo poroso o a través del proceso de filtración. En cuanto a la calidad física del agua subterránea, se caracteriza por una apariencia clara e incolora, con escasa o nula presencia de sustancias en suspensión y temperaturas constantes.

Desde el punto de vista microbiológico, el agua subterránea generalmente es aceptable, dado que carece de microorganismos o bacterias que puedan causar enfermedades. La ausencia de oxígeno, nutrientes y el proceso de filtración lenta crean un entorno donde los microorganismos no pueden proliferar.

Además, la calidad química del agua se ve influenciada por el movimiento gradual del agua a través del suelo, ya que, al actuar como solvente, facilita la incorporación de ciertos minerales presentes en el suelo (Gibson y Singer, 1979).

2.8. Generalidades de Saltillo, Coahuila.

En lugares como el municipio de Saltillo, situado en el estado de Coahuila, se experimenta un rango de precipitación anual que oscila entre 200 y 700 mm. Este municipio exhibe una variada gama de climas, entre los que destacan el clima semiseco templado con un 29% de prevalencia, el templado subhúmedo con escasez de lluvias con un 27%, el seco templado presente en un 23%, el seco semicálido en un 16%, y el muy seco semicálido, también con un 16% de presencia. Además, se encuentra el clima semifrío subhúmedo con escasez de lluvias durante todo el año, aunque su incidencia es mínima, representando tan solo el 1% del total (INEGI, 2010).

Dentro de sus principales ecosistemas, en el municipio se encuentran bosques de pino-encino y oyamel, los cuales se mezclan con matorrales semidesérticos y matorrales de tipo rosetófilo, así como con pastizales naturales. Estas características se observan principalmente en la zona montañosa del municipio. Por otro lado, en la parte Inter montañosa y en las llanuras, predominan los matorrales semidesérticos junto con pastizales inducidos y naturales (Cruz Angón et al, 2019).

Saltillo es una ciudad abastecida principalmente por el agua proveniente de la Sierra de Zapalinamé, la cual contribuye con más del 60% del suministro hídrico utilizado. Sin embargo, actualmente algunas zonas urbanas de la ciudad experimentan problemas de escasez de agua durante las temporadas de sequía. Es por esta razón que, durante los períodos lluviosos, se llevan a cabo procesos de captación o cosecha de agua de las precipitaciones, recurso al cual se le otorgan diversos usos (Arauz Solís et al, 2023).

La presencia de problemas de abastecimiento de agua en la ciudad de Saltillo afecta tanto a las comunidades urbanas como a las rurales, dado que las fuentes disponibles de agua son escasas y en su mayoría se encuentran subterráneas. Esta situación conduce a una sobreexplotación de los acuíferos, exacerbando aún más la problemática hídrica en la región (Aguirre Villaseñor et al, 2018).

Encontrar nuevas formas de abastecimiento de agua o fuentes seguras es primordial para mitigar problemáticas sociales y ecológicas, dado que las recurrentes sequías en las regiones áridas del municipio afectan a todas las comunidades. Un ejemplo de esto son las zonas rurales, donde la mayoría depende exclusivamente del agua de lluvia, que es cosechada o infiltrada en el suelo, como su única fuente para actividades domésticas, agrícolas y ganaderas (Aguirre Villaseñor et al, 2018).

Dentro de los terrenos de Rancho Los Temporales, ubicados en el municipio de Saltillo, Coahuila, se puede apreciar que la mayor parte del predio está compuesta por el ecosistema de matorral desértico. Este ecosistema se extiende por vastas regiones áridas del país y es reconocido por su diversidad vegetal, destacando especies como las plantas suculentas, típicas de zonas desérticas, así como árboles y arbustos de hojas pequeñas y sin tallo, como la lechuguilla, la yuca, la gobernadora y el mezquite, entre otras (Mora Donjuán et al, 2014).

Una pequeña porción del terreno se destina a la agricultura de temporal, donde se cultivan maíz, calabaza, frijol y sorgo, en función de las condiciones climáticas observadas y la experiencia acumulada por el propietario. Además de la agricultura, otra actividad practicada en el rancho es la ganadería caprina, llevada a cabo en pequeña escala.

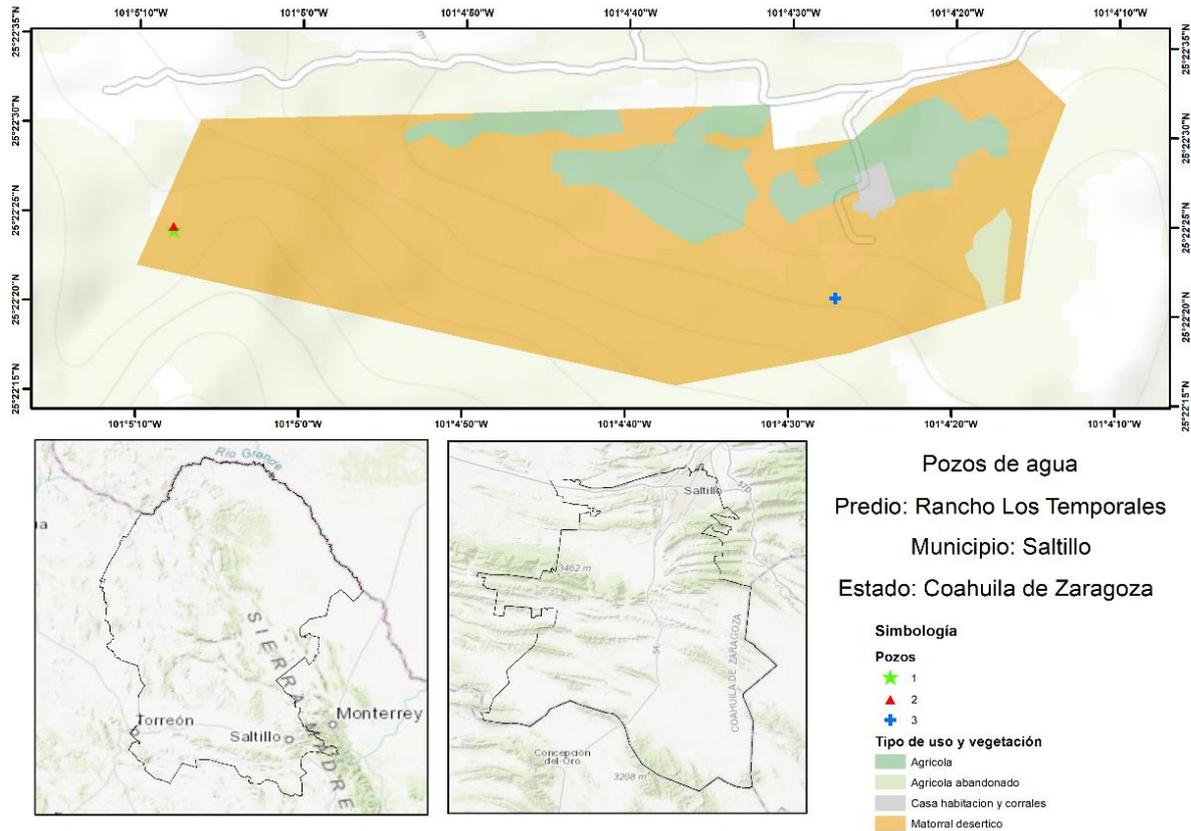


Figura 4. Mapa de tipo y uso de vegetación del Rancho Los Temporales, Saltillo Coahuila (elaboración propia).

Dentro del rancho se encuentran tres pozos de agua con una profundidad de 2.5 m, de los cuales se extrae agua para diversas actividades, principalmente el consumo doméstico y el abastecimiento de los animales. Su explotación es mínima, ya que solo reside una familia en la zona y las actividades realizadas en la propiedad no demandan un alto consumo de agua. Además, el rancho está ubicado en una región donde las lluvias son estacionales, lo que ocasiona que durante épocas de sequía los niveles de agua en los pozos disminuyan considerablemente.

Dado que el agua de estos pozos se utiliza tanto para consumo doméstico como para abastecer a los animales de granja, se ha decidido tomar muestras y analizar su calidad.

2.9. Normatividad de calidad de agua

Tomando como referencia los lineamientos establecidos en la NMX-AA-14-1980 para cuerpos de agua receptores. Esta normativa proporciona directrices y recomendaciones generales para llevar a cabo muestreos en tales cuerpos de agua, incluyendo el equipo y los materiales a utilizar, así como su adecuado procesamiento. La NOM-127-SSA1-2021 donde se expresan los Límites permisibles de la calidad del agua para uso y consumo humano.

La normativa aplicada en los pozos de agua es amplia, ya que se busca cuidar y proteger los cuerpos de agua en nuestro país, realizando extracciones de manera consciente. Por ejemplo, la NOM-003-CNA-1996 especifica los requisitos para la construcción de un pozo de extracción de agua, mientras que la NOM-004-CNA-1996 menciona los requisitos de protección de acuíferos durante el mantenimiento y la rehabilitación de los pozos de extracción de agua.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 Ubicación.

El área es el Rancho Los Temporales, ubicado en el municipio de Saltillo, Coahuila. El muestreo de agua se llevó a cabo el 20 de agosto de 2023.

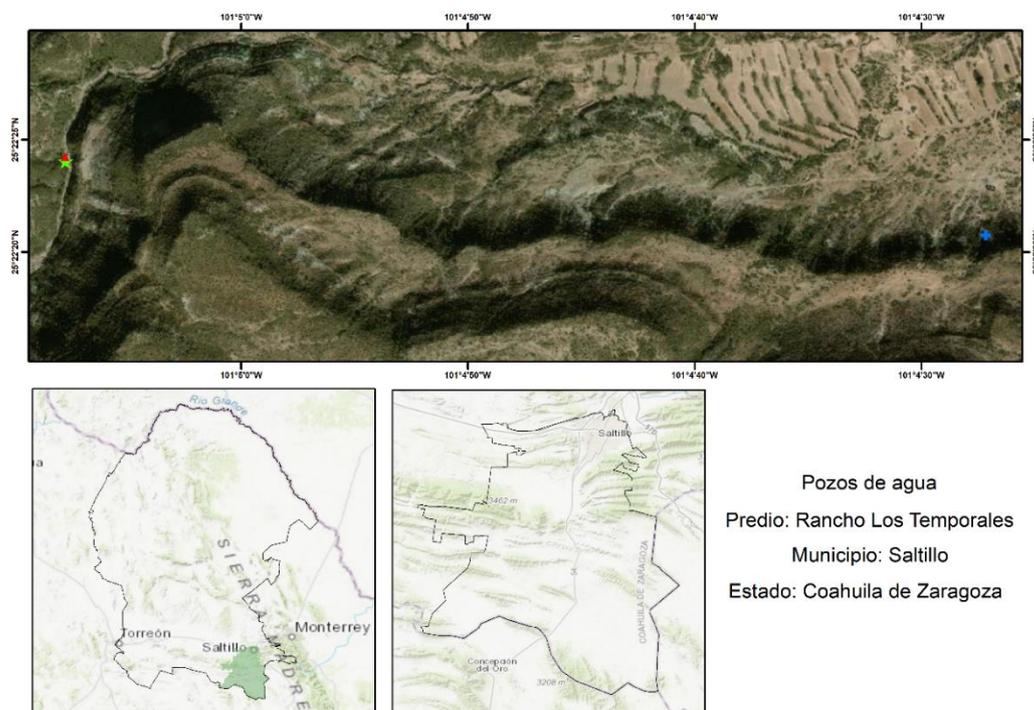


Figura 5. Mapa del Rancho Los Temporales, con la ubicación de los tres pozos de agua * Pozo 1, * Pozo 2, * Pozo 3 (Elaboración propia).

En el área seleccionada para la toma de muestras, se identificaron tres pozos de agua, tal como se ilustra en la Figura 4. Estos pozos están distribuidos a distancias específicas y presentan profundidades que varían entre dos y tres metros. De cada pozo se extrajeron dos muestras: una destinada al análisis microbiológico y la otra al análisis fisicoquímico.

Para este muestreo se utilizaron envases de vidrio con tapas metálicas, con capacidades de 1 litro para los análisis fisicoquímicos y de 250 mililitros para los análisis microbiológicos. Antes de su uso, cada recipiente y tapa fueron debidamente esterilizados para prevenir la contaminación de las muestras.

3.2. Colecta de agua en campo.

Durante la recolección de muestras de agua de los pozos, se consideraron las particularidades de cada uno, evaluando tanto su accesibilidad como los recursos disponibles en el momento. Se optó por utilizar técnicas manuales, empleando un sistema simple de colecta directa en el contenedor.

La técnica de recolección consistió en sumergir el frasco cerrado en el pozo. Una vez bajo el agua, se abrió la tapa para permitir que el frasco se llenara completamente y luego se cerró nuevamente, con el objetivo de evitar cualquier tipo de contaminación externa. Este procedimiento es crucial para garantizar que la muestra de agua refleje con precisión las condiciones del pozo en el momento de la recolección.

Se prestó especial atención a evitar la entrada de agua superficial en el recipiente, dado que, debido a la poca profundidad del pozo, existe un mayor riesgo de que el agua superficial esté contaminada o alterada, lo que podría comprometer la representatividad y calidad de la muestra.

Después de la recolección, cada frasco fue etiquetado meticulosamente con el número correspondiente al pozo de origen, lo que facilita su identificación y trazabilidad en las etapas posteriores del análisis. Las muestras fueron almacenadas en condiciones de refrigeración para preservar su integridad hasta el análisis en el laboratorio, asegurando así que los resultados reflejen con precisión las características del agua en el momento de la recolección. Se recomienda no exceder un período de 15 horas antes de llevar a cabo el análisis microbiológico

3.3 Análisis en laboratorio.

Se llevaron a cabo dos tipos de análisis: Físicoquímicos y microbiológicos.

3.3.1. Metodología del Análisis físicoquímico.

Los análisis físicoquímicos se realizaron en el laboratorio de calidad de agua del Departamento de Riego y Drenaje de la Universidad Autónoma Agraria Antonio

Narro. Estos análisis incluyeron la determinación del pH, la conductividad eléctrica, y la cuantificación de calcio, magnesio, carbonatos, bicarbonatos, cloruros y sulfatos.

pH:

- Se empleó un medidor de pH y Conductividad Eléctrica equipado con un sensor, el cual, antes de su uso, se enjuaga con agua destilada.
- Posteriormente, se introduce en un recipiente que contiene la muestra de agua.
- Se deja reposar durante unos minutos hasta que la pantalla del dispositivo muestre la lectura del pH.
- Después, se procede a enjuagar nuevamente el sensor con agua destilada.

Conductividad eléctrica:

- Se empleó un medidor de pH y CE equipado con un sensor, el cual, antes de su uso, se enjuaga con agua destilada.
- Posteriormente, se introduce en un recipiente que contiene la muestra de agua.
- Se deja reposar durante unos minutos hasta que la pantalla del dispositivo muestre la lectura del pH.
- Después, se procede a enjuagar nuevamente el sensor con agua destilada.

Calcio (Ca):

- Se emplearon dos mililitros de agua de pozo.
- Dos mililitros de agua destilada.
- Se adicionó 1 gramo de murexide.
- seguido de la adición de 1 mililitro de hidróxido de sodio 4 Normal (N).
- La titulación se llevó a cabo utilizando EDTA 0.001 N.

Magnesio (Mg):

- Se utilizaron dos mililitros de agua de pozo.
- Dos mililitros agua destilada.
- Un mililitro de solución amortiguadora.

- Dos gotas de indicador negro eriocromo,
- Utilizando EDTA .001 N, para titular.

Carbonatos:

- Se emplearon dos mililitros de agua de pozo.
- 20 ml de Agua destilada
- Se les añadieron dos gotas de fenolftaleína como indicador.
- La titulación se llevó a cabo utilizando ácido sulfúrico (H_2SO_4).

Bicarbonatos:

En la determinación de bicarbonatos, se utilizaron

- Dos mililitros de muestra de agua.
- 20 ml de Agua destilada.
- Se agregaron dos gotas de naranja de metilo como indicador.
- La titulación se llevó a cabo con ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0.005 Normal (N).

Cloruros:

En la determinación de cloruros, se emplearon

- Dos mililitros de muestra de agua de pozo.
- 20 ml de Agua destilada.
- Se añadieron dos gotas de Cromato de potasio como indicador.
- Para la titulación se utilizó nitrato de plata ($AgNO_3$) con una concentración de 0.005 N.

Sulfatos:

Para la determinación de sulfatos,

- Se tomaron 25 mililitros de muestra de agua de pozo.
- Se agregó una gota de naranja de metilo como indicador.
- 1 mililitro de ácido clorhídrico (HCl) concentrado.
- La muestra se calentó hasta alcanzar el punto de ebullición.
- Se añadieron 5 mililitros de cloruro de Bario ($BaCl_2$) al 10%.
- Se mantuvo la ebullición durante dos minutos.
- Se retiró del calor y se enfrió.

- La solución se filtró utilizando papel filtro Whatman N° 42, colocando el papel filtro dentro de un crisol de asbesto.
- Este conjunto fue llevado a una mufla a 500°C hasta obtener cenizas blancas. Finalmente, se enfrió y se procedió a pesar el residuo obtenido.

3.3.2. Metodología del análisis microbiológico.

Los análisis microbiológicos, se realizaron en los laboratorios del Gabinete de análisis y servicios industriales S.A de C.V, en Saltillo, Coahuila. Se evaluó la presencia de coliformes totales y coliformes termo tolerantes, expresados en NMP por cada 100 mililitros, utilizando la metodología conforme a lo establecido en la NOM-210-SSA1-2014.



Gabinete de Análisis y Servicios Industriales, S.A. de C.V.
 CONTROL FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUAS, ALIMENTOS, MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS TERMINADOS
BENITO JUÁREZ ORIENTE No. 917, ZONA CENTRO, SALTILLO, COAH.
 TELS: (844) 415 49 58 y (844) 416 61 99 E-MAIL: gasisatillo@yahoo.com.mx

FÁTIMA SANTANA GARCIA

Fecha de recepción: 21-ago-2023
 Fecha de reporte: 05-sep-2023
 Muestreado por: Interesados

MUESTRA: AGUA DE POZO 1 RANCHO LOS TEMPORALES SALTILLO, COAH.

ANÁLISIS	RESULTADOS	METODOLOGIA	LIMITE PERMISIBLE
Coliformes totales NMP/100 ml.	> 8.0	NOM-210-SSA1-2014	-----
Coliformes termotolerantes NMP/100 ml.	No detectables	NOM-210-SSA1-2014	No detectables

Muestra No. 0230739-A

OBSERVACIONES: Los límites contemplados son los establecidos en la NOM-127-SSA1-2021 para agua de suministro.

ATENTAMENTE



Q.I. Ma. Candelaria Rentería Contreras
 Cédula Profesional No.429259

Figura 6. Formato de los análisis realizados.

IV. RESULTADOS y DISCUSIÓN.

4.1. Análisis fisicoquímico.

La normatividad está basada en la NOM-127-SSA1-2021, agua para uso y consumo humano, Límites permisibles de la calidad del agua.

Cuadro 1. Características fisicoquímicas del agua de los pozos de Rancho Los Temporales.

Características	Unidades	Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3	Límites máximos permisibles (mg/L)
pH		7.19	7.21	6.75	6.5 y 8.5
CE	μS/cm	463.10	486.30	584.60	1500
Calcio	mg/L	30.06	22.50	15.03	75
Magnesio	mg/L	12.15	6.07	18.22	150
Dureza total	Mg/L	42.21	28.57	33.25	
Carbonatos	mg/L	30.00	30.06	30.00	120
Bicarbonatos	mg/L	427.07	411.82	305.00	400
Cloruros	mg/L	44.31	35.45	53.18	250
Sulfatos	mg/L	97.92	196.73	32.73	400

pH: Según la NOM-127-SSA1-2021, los pozos 1, 2 y 3 se encuentran dentro del rango permitido de 6.5 a 8.5. El pozo 3 presenta el pH más bajo, con un valor de 6.75. Estos niveles de pH son favorables para la salud humana, ya que valores demasiado altos o extremos pueden causar irritación en la mucosa o en algunos órganos internos (Pérez López y Esteban, 2016). Además, estos valores no generarían acumulación de minerales en caso de que el agua se utilizara para riego.

CE (Conductividad Eléctrica): Este parámetro es una medida indirecta de su salinidad. Los tres pozos se encuentran por debajo del límite permisible máximo de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El pozo tres es el que presenta la mayor concentración, con un valor de 584.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Sin embargo, cabe destacar que esta concentración se encuentra aún dentro de los límites máximos permisibles establecidos por las normativas vigentes. Esto indica que los tres pozos tienen una baja concentración de sales disueltas, lo que significa que el agua extraída de ellos es apta para el consumo humano. De acuerdo con lo indicado en la NOM-127-SSA1-2021.

Calcio: Los pozos no superan el límite permisible máximo de 75 mg/L, y la concentración de calcio en el agua de los pozos es adecuada. El pozo tres presenta la menor concentración de este mineral, con un valor de 15.03 mg/L y de 30mg/l los pozos 1 y 2. El calcio es un mineral esencial para el cuerpo humano, pero su exceso puede causar problemas de salud. La baja concentración de calcio en los tres pozos indica que, aunque este mineral es fundamental para la salud, su presencia en el agua está dentro de los límites adecuados y no representa un riesgo para el consumo humano.

Magnesio: La concentración de magnesio en el agua de pozo es baja, el agua de todos los pozos está dentro del límite que es 150 mg/L. El magnesio es un mineral esencial para el cuerpo humano y ayuda a mantener la salud del sistema cardiovascular, aunque en concentraciones elevadas ocasiona enfermedades gastrointestinales, deshidratación o diarrea, dichos síntomas suelen agravarse más en personas mayores o que padecen problemas renales. Los resultados mostraron las concentraciones en los pozos 1 y 3, que fueron de 12 y 18 respectivamente, siendo el pozo 2 el que presentó la menor concentración.

Carbonatos: Los tres pozos se encuentran dentro del límite permisible máximo de 120 mg/L. Los carbonatos pueden afectar el sabor del agua y hacerla menos potable. Además, en los sistemas de riego resulta favorable, ya que se evitarían las incrustaciones causadas por este mineral. Los resultados de la determinación de magnesio y calcio indican concentraciones bajas, lo que clasifica esta agua como blanda.

Bicarbonatos: Los tres pozos presentan concentraciones favorables. El pozo 1 tiene una concentración de 427, el pozo 2 de 411, y el pozo 3 de 305, siendo este último el que corresponde de manera más efectiva al pH más bajo, con menor cantidad de bicarbonatos presentes. La cantidad de bicarbonatos en el agua puede ser un indicador de la calidad del agua y de la geología del área. Altas concentraciones pueden indicar la presencia de ciertos tipos de rocas y minerales en el área de recarga del acuífero.

Cloruros: De acuerdo con la NOM-127-SSA1-2021 los tres pozos se encuentran dentro del límite permisible máximo de 250 mg/L. La concentración de cloruros en el agua del pozo es baja siendo el pozo 3 con 53.18 mg/l el más elevado. Los cloruros pueden afectar el sabor del agua y hacerla salada.

Sulfatos: La concentración de sulfatos en el agua de los tres pozos es baja, ya que se encuentra por debajo del límite permisible de 400 mg/L. El pozo tres presenta la menor cantidad de sulfatos, con un valor de 32.73 mg/l que el pozo1 y pozo 2. Los sulfatos pueden afectar el sabor del agua, dándole un sabor amargo. En exceso, pueden representar un problema para personas con ciertas condiciones de salud, como la diarrea.

4.2. Análisis Microbiológico.

De los resultados obtenidos en el laboratorio pruebas de coliformes totales y termo tolerantes para tres pozos.

Cuadro2. Resultados de las pruebas de coliformes totales NMP/100ml para tres pozos.

Coliformes Totales NMP/100ml	Resultados	Metodología	Limite permisible
Pozo 1	>8.0	NOM-210-SSA1-2014	0
Pozo 2	>8.0	NOM-210-SSA1-2014	0
Pozo 3	>8.0	NOM-210-SSA1-2014	0

Los resultados obtenidos para los tres pozos exceden el límite permisible, lo que sugiere una contaminación microbiológica significativa en las fuentes de agua analizadas. La presencia de coliformes totales por encima de 8.0 NMP/100 ml indica que el agua de estos pozos no cumple con los estándares de calidad microbiológica requeridos para su consumo. Puede indicar la presencia de bacterias patógenas, lo que representa un riesgo para la salud si el agua se consume sin tratamiento adecuado.

Cuadro 3. Resultados de las pruebas de coliformes termo tolerantes NMP/100ml para tres pozos.

Coliformes Termo tolerantes NMP/100m	Resultados	Metodología	Límites permisibles
pozo 1	N/D	NOM-210-SSA1-2014	N/D
pozo 2	N/D	NOM-210-SSA1-2014	N/D
pozo 3	>8.0	NOM-210-SSA1-2014	N/D

N/D: No detectado

Los límites contemplados son los especificados en la NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano, Límites permisibles de la calidad del agua. Esta norma establece los límites permisibles de calidad para el agua que se destina al consumo humano, con el fin de proteger la salud de la población.

La presencia de coliformes termotolerantes en el agua sugiere una posible contaminación fecal. Haciendo uso de la NOM-210-SSA1-2014 que especifica métodos de prueba microbiológicos como la determinación de microorganismos patógenos. Los resultados de las pruebas indican que los tres pozos no cumplen con la NOM-127-SSA1-2021 con respecto al análisis microbiológico, lo que implica que el agua no es segura para el consumo humano.

V. CONCLUSIONES

- La calidad microbiológica de los pozos 1 2 y 3 del Rancho el temporal no es apta para consumo humano, por lo que se sugiere implementen medidas específicas para mejorar este aspecto.
- A pesar de que los resultados de los análisis fisicoquímicos indican que el agua cumple con las normativas establecidas en la Norma Oficial Mexicana para el consumo humano, a excepción de la elevada concentración de bicarbonatos, los resultados de las pruebas microbiológicas sugieren la necesidad de medidas adicionales.
- En zonas rurales donde los sistemas de tratamiento de agua suelen ser limitados o inexistentes, es crucial adoptar técnicas efectivas de purificación como la instalación de filtros especializados capaces de eliminar bacterias y otros microorganismos, la cloración controlada del agua para desinfección y la ebullición, que sigue siendo una de las medidas más accesibles y eficaces para asegurar la eliminación de patógenos. También se pueden emplear métodos más avanzados de filtrado o purificación, como los sistemas de ultrafiltración o los filtros de carbón activado, dependiendo de los recursos locales disponibles.
- Es fundamental realizar monitoreo constante y análisis periódicos del agua de los pozos, de manera que se puedan identificar y corregir a tiempo posibles cambios en su calidad.
- Las características fisicoquímicas la clasifican como agua blanda
- La calidad del agua de los tres pozos es para uso agropecuario, como el riego no restringido de cultivos.

VI. LITERATURA CITADA.

Aguirre Villaseñor, L., Tobón de Garza, G., & Mendoza Alfaro, R. (2018). el agua, factor limitante para futuro desarrollo regional sostenible del sureste de Coahuila, y de la zona metropolitana de Saltillo. Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C, Coeditores, México. ISBN UNAM: 978-607-30-0972-0.

Arauz-Solís, M. D., Salas-Alemán, J. G., Florencio-Martínez, M. S., Colunga-Urbina, E. M., & De la Garza-Rodríguez, I. M. (2023). Análisis de la composición de agua de lluvia en la ciudad de Saltillo, Coahuila. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 11(Especial), 121-125.

Bautista-Olivas, A. L. (2013). ¿Puede utilizarse el agua atmosférica para el consumo doméstico y universal? *Agro Productividad*, 6(3).

Bueno, J. C. A., Santi, W. M., Rojas, N. A. S., Pastor, R. V., Larreta, F. S. G., & García, R. S. M. (2017). Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de pozos. *Dominio de las Ciencias*, 3(4), 183-20

Caraballo, M. P. C., & Xavier, J. M. (2012). *Manual de agua Subterránea*. Montevideo, Uruguay: Denad Internacional SA.

Cerón, L. M., Sarria, J. D., Torres, J. S., & Soto-Paz, J. (2021). Agua subterránea: tendencias y desarrollo científico. *Información tecnológica*, 32(1), 47-56.

Chapman, H. D., & Pratt, P. F. (1984). *Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas*. Trillas.

Cruz Angón, A., Nájera Cordero, K. C., & Canales Gutiérrez, E. (2019). La biodiversidad en Coahuila estudio de estado.

De la Torre, F. B. (2017). Los recursos hídricos en el mundo: cuantificación y distribución. *Cuadernos de estrategia*, (186), 21-70.

Espinosa Ramírez, A. J. (2018). El agua, un reto para la salud pública: la calidad del agua y las oportunidades para la vigilancia en salud ambiental (Doctoral dissertation).

Fernández-Santisteban, M. T. (2017). Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para las centrifugas. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 51(2), 70-73.

Flores, R. A. C. (2015). Composición química y tipos de aguas naturales. Logos Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 2, 2(3).

Gibson, U. P., & Singer, R. D. (1979). Manual de los pozos pequeños: localización, diseño, construcción, uso y conservación.

Gracia-Gasca, A., Gío-Argáez, R., & Caballero, A. G. (2007). El agua marina. Revista Ciencia. Revista de la Academia Mexicana de Ciencias, 58(3), 45-54.

Gowda, J. H. (2020). Comunidades vegetales y ecosistemas terrestres.

Guerrero, M. (2012). El agua. Fondo de cultura económica.

Hernández-Pacheco De la Cuesta, F. (2009). El agua en la Tierra. Discursos INEGI. Compendio de información geográfica municipal 2010. Saltillo, Coahuila de Zaragoza. 201. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/05/05030.pdf

Jackson, M. L. (1964). Análisis químico de suelos.

Johnson Filtration Systems Inc, (1975). El agua subterránea y los pozos. libro de referencia dedicado a la industria de los pozos de agua (1st ed.). Johnson División UOP.

Jiménez, A., Gabriel, J., & Tapia, M. (2020). Ecología forestal.

Larrea-Murrell, J. A., Rojas-Badía, M. M., Romeu-Álvarez, B., Rojas-Hernández, N. M., & Heydrich-Pérez, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. Revista CENIC. Ciencias Biológicas, 44(3), 24-34.

- Maass, M. (2003). Principios generales sobre manejo de ecosistemas. Sánchez, O., E. vega, E. Peters y O. Monroy-Vilchis. Conservación de ecosistemas templados de montaña de México. SEMARNAT/US Fish y Wildlife Service, UNAM, CONABIO, México.
- Maderey Rascon, L. E., & Román, J. (2005). Principios de hidrogeografía. Estudio del ciclo hidrológico. UNAM.
- Manzur, A., & Cardoso, J. (2015). Velocidad de evaporación del agua. *Revista mexicana de física E*, 61(1), 31-34.
- Martínez, D. V. S. (2015). Ecosistemas. *Boletín Científico de la Escuela Superior Atotonilco de Tula*, 2(3).
- Martínez-Yrizar, A., Felger, R. S., & Búrquez, A. (2010). Los ecosistemas terrestres: un diverso capital natural. *Diversidad biológica de Sonora*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF, México, 129-156.
- Martos-López, Á. (2016). La importancia del agua para nuestro planeta.
- Mora-Donjuán, C. A., Rubio-Camacho, E. A., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., González-Tagle, M. A., Mata-Balderas, J. M., & Mora-Olivo, A. (2014). Composición y diversidad vegetal de un área de matorral desértico micrófilo con historial pecuario en el noreste de México. *Polibotánica*, (38), 53-66.
- Navarro-Cano, J. A., Goberna, M., & Verdu, M. (2019). La facilitación entre plantas como herramienta de restauración de diversidad y funciones ecosistémicas. *Ecosistemas*, 28(2), 20-31.
- Ondarza, R. N. (2011). SOS salvemos la tierra (No. 577.27 O5S6). Trillas.
- Ordoñez Gálvez, J. J. (2011). Cartilla técnica: aguas subterráneas-acuíferos. Sociedad Geográfica de Lima.
- Pérez-López, Esteban. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 29(3), 3-14. <https://dx.doi.org/10.18845/tm.v29i3.2884>

Pineda, F. D. (2020). Enfoque ecosistémico. Servicios de los ecosistemas terrestres. Uso sostenible del patrimonio natural, 42.

Pullés, M. R. (2014). Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en Cuba. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 45(1), 25-36.

Ramírez, C. A. S. (2021). Calidad del agua: evaluación y diagnóstico. Ediciones de la U.

RAMOS-ORTEGA, L. I. N. A., Vidal, L. A., Vilardy, S., & SAAVEDRA-DÍAZ, L. I. N. A. (2008). Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe colombiano. *Acta Biológica Colombiana*, 13(3), 85-96.

Salazar, A. R. B. (2018). El agua subterránea y su importancia socioambiental. *Universitarios potosinos*, 227, 16-21.

Seoáñez Calvo, M. (1998). Medio ambiente y desarrollo: manual de gestión de los recursos en función del medio ambiente (No. 628 S4M4).

Servín, C. C., & Mendoza, M. G. G. (2008). Abasto futuro de agua potable, análisis espacial y vulnerabilidad de la ciudad de San Luis Potosí, México. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, (17), 127-137.

Torres, P., Cruz, C. H., Patiño, P., Escobar, J. C., & Pérez, A. (2010). Aplicación de índices de calidad de agua-ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano. *Ingeniería e Investigación*, 30(3), 86-95.

Ünver, O. (2012). La sostenibilidad de un mundo con menos agua. *Política exterior*, 72-80.

Zamora, M. E., & Badillo, G. B. (1983). Dinámica de las comunidades ecológicas. Trillas.