

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

INFORME TÉCNICO
DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN POZOS DE
ABASTECIMIENTOS PARA USO DOMÉSTICO EN EL
MUNICIPIO DE OTEAPAN, VERACRUZ.

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTA:
GALO ANTONIO VELÁZQUEZ GUERRERO

DIRECTOR:
DR. JUAN ANTONIO VILLANUEVA HERNÁNDEZ

CODIRECTORES:
MTRO. JOSÉ LUIS ORANTES GÓMEZ
ING. RENÉ ALBERTO MEDINA ESPINOSA

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS, A OCTUBRE 2024





UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
SECRETARÍA GENERAL
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Lugar: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
Fecha: 07 de OCTUBRE de 2024.

C. GALO ANTONIO VELAZQUEZ GUERRERO

Pasante del Programa Educativo de: INGENIERÍA AMBIENTAL

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:
DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN POZOS DE ABASTECIMIENTOS PARA USO DOMÉSTICO EN
EL MUNICIPIO DE OTEAPAN, VERACRUZ.

En la modalidad de: INFORME TÉCNICO

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

MTRO. JOSÉ LUIS ORANTES GÓMEZ

ING. RENÉ ALBERTO MEDINA ESPINOSA

DR. JUAN ANTONIO VILLANUEVA HERNÁNDEZ

Firmas:

Ccp. Expediente

Agradecimientos

Primero, quiero agradecer de todo corazón a mis padres y a mi hermana. Ellos han sido mi apoyo constante, mis guías y mi mayor fuente de inspiración. No solo me ayudaron a alcanzar cada una de mis metas, sino que me acompañaron en esos momentos en que todo parecía cuesta arriba. Su paciencia, amor y fe en mí han sido mi refugio y mi impulso. Aun en los momentos más difíciles, me recordaron que valía la pena seguir adelante, y eso es algo que jamás olvidaré. Este logro es tanto mío como suyo.

También quisiera dar un agradecimiento especial al Dr. Juan Antonio Villanueva Hernández y al Maestro José Luis Orantes Gómez. Ellos hicieron que este sueño fuera posible. Con sus conocimientos y experiencia, me acompañaron a lo largo de mi camino de formación, brindándome orientación y apoyo en los momentos que más lo necesité. A través de sus enseñanzas y sus consejos, me ayudaron a crecer, a superar obstáculos y a fortalecerme profesional y personalmente. Su dedicación ha dejado una huella profunda en mi vida, y estoy infinitamente agradecido por ello.

Además, no puedo dejar de mencionar a Abel Makkonen Tesfaye cuya música ha sido mi fiel compañera durante toda esta trayectoria. Sus canciones no fueron solo melodías en segundo plano; se convirtieron en mi escape, en un espacio donde pude recargar energías y encontrar calma. En mis mejores y peores días, su música me brindó consuelo y ánimo, y me ayudó a sobrellevar cada reto que se cruzaba en mi camino.

Por último, quiero agradecer a mis amigos, quienes han sido una parte fundamental en este proceso. Compartimos no solo horas de estudio, sino también momentos de risas, desahogos y apoyo mutuo. Gracias a ustedes, este camino no solo fue más fácil, sino que estuvo lleno de buenos recuerdos y de muchas enseñanzas. Cada uno de ustedes fue un apoyo único en este viaje, y este logro también es de ustedes.

Gracias a todos ustedes por ser una parte tan importante en esta etapa de mi vida.

ÍNDICE

Introducción.....	1
Planteamiento del problema.....	3
Justificación	4
Objetivo general	4
Objetivos específicos	4
Antecedentes	5
Glosario	7
Ciclo del agua	7
Contaminantes del agua.....	9
Características y propiedades	11
Tipos de acuíferos:.....	11
Calidad del agua.....	13
Parámetros para medición de la calidad del agua	14
Marco normativo	18
Metodología	19
Resultados	33
Conclusiones	36
Referencias	39

Introducción

En el año 2010, Agua en el mundo menciona:

La disponibilidad de agua promedio anual en el mundo es de aproximadamente 1,386 millones de km³, de los cuales el 97.5% es agua salada y sólo el 2.5%, es decir 35 millones de km³, es agua dulce. De esta cantidad, casi el 70% no está disponible para consumo humano, debido a que se encuentra en forma de glaciares, nieve o hielo. Del agua que técnicamente está disponible para consumo humano, sólo una pequeña porción se encuentra en lagos, ríos, humedad del suelo y depósitos subterráneos relativamente poco profundos, cuya renovación es producto de la infiltración. Mucha de esta agua teóricamente utilizable se encuentra lejos de las zonas pobladas, lo cual dificulta o encarece su utilización efectiva (pp.114-115)

Según Toledo (2002):

De los aproximadamente 113,000 km³ de agua que se precipitan cada año sobre la Tierra en el ciclo hidrológico, cerca de 71,000 km³ se evaporan y retornan a la atmósfera, el resto, unos 42,000 km³, recargan los acuíferos o retornan a los océanos por la vía de los ríos. Constituyen los recursos acuáticos renovables, las aguas dulces del planeta. Sin embargo, los volúmenes realmente disponibles de estos recursos sólo se estiman entre 9,000 a 14,000 km³. Lo que, es más: un monto sustancial, aproximadamente el 70%, es necesario para sostener los ecosistemas terrestres, lo que reduce a un 30%, unos 4,200 km³, las disponibilidades reales para todos los usos humanos directos. Si este volumen se divide entre los 6,000 millones de seres humanos que pueblan la Tierra, a cada persona le corresponderían unos 700 m³ al año (p.10)

Como es bien sabido, las grandes cantidades de población que existe en el mundo, hace que no sea posible abastecer de forma satisfactoria agua de calidad, ya sea por el lugar, el ecosistema o la tipografía del terreno, hace que no llegue a todas partes para uso doméstico o consumo humano, debido a eso se empezó a sobreexplotar mantos acuíferos de la

corteza terrestre, con el objetivo de orientar una solución a las grandes demandas que hay en zonas con acceso limitado ..

Teniendo en cuenta su distribución geográfica y las características climáticas, en el estado de Veracruz hay abundancia de agua, ya que en nuestro territorio escurre el 33 % de toda el agua superficial del país, al tener un escurrimiento superficial anual medio de 139 millones de m³.

Según Disponibilidad del agua-hidrosistema (s.f.):

La precipitación media anual del estado es de 1,484 milímetros, prácticamente el doble de la media Nacional que es de 772 mm (CNA), encontrando que, en su mayoría, nuestros ríos son de escasa longitud y descienden de las sierras rumbo al mar. Pese a lo anterior, Veracruz está expuesta a la incidencia de ciclones tropicales, produciendo secuelas negativas que provocan una gran afectación en los sistemas de agua potable y la insalubridad de la población, al ocurrir fuertes inundaciones (párra. 5).

La ciudad de Oteapan es uno de los 212 municipios que se encuentran en la entidad de Veracruz, se ubica en la zona sureste del estado, en las inmediaciones de las llanuras del Sotavento, en las coordenadas 18° 00" latitud norte y 94° 40" longitud oeste, a una altura de 50 metros sobre el nivel del mar, limita al norte con Chinameca, al este con Cosoleacaque, al sur con Zaragoza, suroeste con Jáltipan. Su distancia aproximada al sureste de la capital del estado, por carretera es de 394 kilómetros. en la zona sur del Estado. El objetivo de visita al municipio, es evaluar la calidad del agua existente para uso doméstico, proveniente de 3 pozos distintos de donde se tomarán las muestras para los respectivos análisis de los parámetros físico-químicos del agua, los cuales son: PH, Temperatura, Conductividad, turbiedad, OD, Nitratos, Nitritos y E. coli o Coliformes termotolerantes. Estos parámetros se hicieron con respecto a los límites máximos permisibles establecidos en la **NOM-127-SSA1-2021** para uso y consumo humano que dará pauta para obtener un marco de referencia de la calidad del agua en el municipio.

Planteamiento del problema

En 2010, Ortiz menciona:

El Municipio de Oteapan se encuentra en la zona baja de la cuenca hidrológica del río Coatzacoalcos, forma parte de la Región Hidrológica número 29, ubicada en la denominada Llanura Costera del Golfo de México, limitada al Sur por La Sierra Madre del Sur y al Norte por la Cuenca del río Coatzacoalcos: Tiene un área calculada en 23,956 km² que representa el 1.2% de la superficie total de la República Mexicana y comprende territorialmente 32 Municipios, de los cuales 9 pertenecen al estado de Oaxaca y 23 a Veracruz.

En el Municipio confluye principalmente la subcuenca del río Coatzacoalcos. La cuenca de este río comienza en la sierra de Niltepec o sierra Atravesada, en el estado de Oaxaca en el Istmo de Tehuantepec. Es el tercero en importancia en el país por su caudal, sin embargo, es de los más contaminados, debido a que en sus márgenes se ubica la zona industrial de Coatzacoalcos-Minatitlán, así como 16 diversos asentamientos humanos. La contaminación de este cuerpo de agua es por aguas residuales, agroquímicos e hidrocarburos. Hacia la parte baja de la cuenca encontramos meandros y zonas pantanosas o inundables, ocasionadas por el río Coatzacoalcos y por sus afluentes (pp.15-16).

En el municipio de Oteapan se encuentra regado por un pequeño arroyo que es tributario del río Chacalapa, que a su vez es tributario del Coatzacoalcos (SECTUR, s. f.), no obstante este pequeño afluente no puede satisfacer la gran demanda de agua que se necesita para la población, debido a eso las personas optaron por el uso de pozos para solventar el consumo de agua que existe en la comunidad.

No se tiene el conocimiento y conciencia sobre la calidad en el agua que se distribuye desde los pozos de agua y pasan por los tanques de distribución o bombeo directo hasta las colonias donde llega el agua de uso doméstico a las casas de las personas que se ven beneficiadas de la misma, la preocupación por el tema de la calidad del agua no es tomada en cuenta por la sociedad, debido a la falta de conocimiento en los habitantes sobre la

importancia que debe tener acceso a este recurso y las afectaciones a la salud humana que puede ocasionar si existe algún tipo de contaminación en este recurso, debido a esto se realizaron análisis físico-químicos y microbiológicos en el agua para evaluar calidad y tener un conocimiento de los resultados arrojados en la misma con base a las normas oficiales Mexicanas y diferentes parámetros.

Justificación

Realizar este estudio en el municipio de Oteapan, Veracruz es fundamental para asegurar que las personas cuenten con agua de buena calidad e identificar si realmente cumple con los estándares establecidos para uso doméstico y consumo humano marcado por la **NOM-127-SSA1-2021**.

El propósito de este estudio es brindar un conocimiento más claro de la calidad del agua en los pozos de abastecimiento para uso doméstico utilizada por los habitantes de la ciudad, al mismo tiempo, permitirá reconocer los resultados y conocimiento sobre la calidad del agua en el municipio, comprender el agua que ingresa a los hogares, observar las posibles consecuencias en caso de obtener resultados negativos en los estudios y los posibles efectos en la salud humana si no se cumplen los límites máximos permisibles establecidos por la Normatividad oficial vigente, esto servirá para concientizar a la población, así como también recabar un marco de referencia para investigaciones futuras.

Objetivo general

- Realizar un diagnóstico de la calidad del agua en pozos de abastecimiento para uso doméstico en el municipio de Oteapan, Veracruz.

Objetivos específicos

- Establecer los puntos de muestreo para el diagnóstico de la calidad del agua.
- Realizar el muestreo en los puntos establecidos con base en la **NMX-AA-003-1980**.

- Llevar acabo los análisis físico-químicos y microbiológicos establecidos de acuerdo con la normatividad oficial vigente.
- Interpretar los resultados con base en un análisis comparativo con los LPM (Límites Máximos Permisibles) establecidos por la **NOM-127-SSA1-2021**.

Antecedentes

Faviel. Et al. En 2019 realizó un estudio titulado:

“Percepción y calidad de agua en comunidades rurales del área natural protegida la Encrucijada, Chiapas, México” (p. 1). El presente estudio muestra los diferentes puntos de vista de los habitantes, en ocho comunidades ubicadas en el área natural protegida La Encrucijada, Chiapas, con relación a la calidad, disponibilidad y accesibilidad de agua de pozos artesianos y agua potable embotellada y entubada, así como la evaluación de la calidad del agua de 29 pozos artesianos, nueve marcas de agua potable embotellada y dos fuentes de agua entubada.; La información sobre percepciones en relación con la disponibilidad y calidad del agua que consume la población, se obtuvo mediante 105 entrevistas domiciliarias con preguntas cerradas. La calidad del agua se evaluó por medio de parámetros físicoquímicos (PH, NO₂, NO₃ y alcalinidad) y bacteriológicos (coliformes fecales). En seis comunidades, los pozos artesianos son la fuente de agua segura todo el año y su uso es mayormente doméstico.

Otro estudio realizado por Bueno J. et al. En 2017 titulado:

“Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de pozos” en donde nos menciona que “En la zona rural de la parroquia la Rule, Cantón Balzar, Provincia del Guayas” (p.1). Los autores mencionan que existe cerca de un medio centenar de pozos de agua subterráneas, que se utilizan para consumo humano y actividades domésticas y agrícolas, de los cuales se tomaron 4 pozos diferentes sectores del centro al sur durante el año 2017; en donde se les realizó un análisis físico-químico y microbiológico que incluyó turbidez, pH, sólidos disueltos totales, dureza, amoniaco, sulfatos, color, olor, sabor, hierro

manganeso, aluminio, nitratos, oxígeno disueltos, demanda bioquímica de oxígeno, coliforme totales y coliforme fecales. Finalmente se determinó que el pozo No. 3 y 4 correspondiente al tramo centro- sur de la parroquia La Rule son los que presentan ligera contaminación. Se recomienda a las autoridades de este sector, establecer y ejecutar campañas de saneamiento básicos, planes de monitoreo y posteriormente tratamiento de aguas de pozo.

Martínez Lievana. et al. (2013) realizó un estudio titulado:

“Diagnóstico de la calidad de agua de los pozos de Puerto Ángel, San Pedro Pochutla, Oaxaca” (p.1). El objetivo de este estudio fue determinar la calidad microbiológica (coliformes totales, coliformes fecales y fisicoquímica) (nitratos, sulfatos, sólidos disueltos totales) del agua de cinco pozos utilizados para uso doméstico, en la localidad de Puerto Ángel, Oaxaca. Para ello, se realizaron cuatro muestreos trimestrales que abarcaron las épocas de lluvia y estiaje. Los resultados obtenidos, mostraron valores altos de coliformes totales y fecales en todos los pozos, tanto en época de lluvias como en época de estiaje, los valores promedio más altos de coliformes totales en época de lluvias se registraron para los pozos 1 y 4 (8,277.80 NMP 100 mL-1 y 11,141.30 NMP 100 mL-1 respectivamente) y para coliformes fecales los valores promedio más altos correspondieron a los pozos 2, 3 y 5 (920 NMP 100 mL-1, 666 NMP 100 mL-1 y 367 NMP 100 mL-1) respectivamente. Para el análisis fisicoquímico, la concentración promedio de sólidos disueltos totales registrados para los pozos 1 y 2 (1691 mgL-1 y 1617 mgL-1, respectivamente) en época de lluvias, mostraron diferencia significativa con respecto a los pozos 3, 4 y 5, superando los límites permisibles establecidos en la norma. Por otro lado, los valores de nitrato y sulfato tanto en época de lluvias como en época de estiaje, se encontraron dentro de los límites permisibles establecidos por la NOM-127-SSA1-1994.

Glosario

Ciclo del agua

En 2012, Fernández menciona que:

El agua cubre más del 70 % de la superficie del planeta; se la encuentra en océanos, lagos, ríos; en el aire, en el suelo. Es la fuente y el sustento de la vida, contribuye a regular el clima del mundo y con su fuerza formidable modela la Tierra. Posee propiedades únicas que la hacen esencial para la vida. Es un material flexible: un solvente extraordinario, un reactivo ideal en muchos procesos metabólicos; tiene una gran capacidad calorífica y tiene la propiedad de expandirse cuando se congela. Con su movimiento puede modelar el paisaje y afectar el clima (p.148).

Es importante saber que:

Cuando el Sol calienta la Tierra, el aire cálido y húmedo asciende desde las superficies de la tierra, los océanos y otras masas de agua. El vapor de agua en el aire se condensa formando nubes; cuando las gotas de agua de la nube son lo suficientemente pesadas, vuelven a caer a la Tierra en forma de precipitación que puede ser en forma de lluvia o nieve. El agua de lluvia y la nieve y el hielo que se derriten, pueden volver al océano o infiltrarse en el suelo. El agua que penetra en la tierra puede acumularse en los acuíferos subterráneos o ser absorbida por las raíces de las plantas, que finalmente la devuelven al aire. Este ciclo del agua es crucial para mantener la vida en la Tierra y dependemos del agua dulce que circula por ella para la higiene y la industria, así como para beber y cultivar nuestros alimentos (Oficina del clima de la ESA, s. f., p.8)

Evaporación

En 2011, Ordoñez menciona que:

Se define como el proceso mediante el cual se convierte el agua líquida en un estado gaseoso. La evaporación puede ocurrir solamente cuando el agua está disponible.

También se requiere que la humedad de la atmósfera sea menor que la superficie de evaporación (a 100% de humedad relativa no hay evaporación más) (p.11).

Condensación

Según Vera y Camilloni (2017):

La condensación es el cambio del agua de su estado gaseoso (vapor de agua) a su estado líquido. Este fenómeno generalmente ocurre en la atmósfera cuando el aire caliente asciende, se enfría y disminuye su capacidad de almacenar vapor de agua. Como resultado, el vapor de agua en exceso condensa y forma las gotas de nube. Los movimientos de ascenso que generan nubes pueden ser producidos por convección en aire inestable, convergencia asociada con ciclones, actividad frontal y elevación del aire por la presencia de montañas. En meteorología se denomina convección a los movimientos del aire, principalmente en dirección vertical. A medida que la superficie se calienta por acción del Sol, las diferentes superficies absorben distintas cantidades de energía, y la convección puede ocurrir cuando la superficie se calienta muy rápidamente (p.4).

Precipitación

Según Vera y Camilloni (2017):

Las precipitaciones son el mecanismo primario de transporte de agua desde la atmósfera hasta la superficie terrestre. Cuando las gotas de nubes, que se formaron por condensación del vapor de agua presente en la atmósfera mediante alguno de los procesos antes mencionados, crecen y se tornan demasiado pesadas para permanecer en la nube, precipitan o caen a la superficie. Las gotas que conforman las nubes, generalmente se forman cuando el vapor de agua condensa alrededor de partículas muy pequeñas de polvo, humo, sulfatos y sal, denominadas "núcleos de condensación". Sobre las regiones continentales hay en general alrededor de 1000 núcleos de condensación por cm^3 (pp.7-8).

Infiltración

En 2008, Pérez menciona que:

La infiltración está gobernada por dos fuerzas: la gravedad y la acción capilar. Los poros muy pequeños empujan el agua por la acción capilar, además de contra la fuerza de la gravedad. La tasa de infiltración se ve afectada por características del suelo como la facilidad de entrada, la capacidad de almacenaje y la tasa de transmisión por el suelo.

En el control de la tasa y capacidad de infiltración, desempeñan un papel la textura y estructura del suelo, los tipos de vegetación, el contenido de agua del suelo, la temperatura del suelo y la intensidad de precipitación. Por ejemplo, los suelos arenosos de grano grueso, tienen espacios grandes entre cada grano y permiten que el agua se infiltre rápidamente. La vegetación crea más suelos porosos, protegiendo el suelo del estancamiento de la precipitación, que puede cerrar los huecos naturales entre las partículas del suelo, y soltando el suelo a través de la acción de las raíces. A esto se debe que las áreas arboladas tengan las tasas de infiltración más altas de todos los tipos de vegetación (párra. 1-3).

Escorrentía

En 2008, Pérez menciona que:

La escorrentía superficial describe el flujo del agua, lluvia, nieve, u otras fuentes, sobre la tierra, y es un componente principal del ciclo del agua. A la escorrentía que ocurre en la superficie antes de alcanzar un canal se le llama fuente no puntual. Si una fuente no puntual contiene contaminantes artificiales, se le llama polución de fuente no puntual. Al área de tierra que produce el drenaje de la escorrentía a un punto común, se conoce como línea divisoria de aguas. Cuando la escorrentía fluye a lo largo de la tierra, puede recoger contaminantes del suelo, como petróleo, pesticidas (en especial herbicidas e insecticidas), o fertilizantes (párra. 1-3).

Contaminantes del agua

Hidrocarburos

Según la Comisión Nacional de Evaluación Científica y Técnica (2020):

Los hidrocarburos son compuestos orgánicos de hidrógeno y carbono que se generan en la naturaleza a través de diferentes procesos geológicos. Los hidrocarburos que se encuentran en estado líquido se denominan petróleo, y aquellos que se encuentran en estado gaseoso son conocidos como gas natural. En tanto, los hidrocarburos que se encuentran en estado sólido se denominan petróleo pesado/extrapesado (p.1).

Industria

Meliá y Tuset mencionan (s.f.):

El concepto de industria se define como la actividad socioeconómica que tiene por objeto transformar materias primas en productos, ya sean semielaborados o elaborados, utilizando para ello fuentes de energía, maquinaria especializada y un conjunto de recursos humanos. La industria es uno de los motores de la economía de una sociedad moderna, y su actividad se suele organizar en forma de empresa. A su vez, las empresas se pueden clasificar según su ámbito de especialización (p.6).

Industria petrolera

En 2023, Mexicanfibers menciona:

El ser humano ha utilizado diferentes tipos de combustible para satisfacer diversas necesidades y agilizar sus procesos desde el área de la producción hasta el uso en la vida diaria. Uno de los más grandes descubrimientos ha sido sin duda el del petróleo, de la cual se originó la Industria Petrolera. Dicha industria se encarga de los procesos globales de exploración, extracción, refinación, transporte y marketing de productos del petróleo. Los productos de mayor volumen en la industria son combustibles (aceite y gasolina), además de que es la materia prima de muchos productos químicos, incluyendo productos farmacéuticos, disolventes, fertilizantes, pesticidas y plásticos (párra.1).

Aguas residuales

Según Ecomar (2020):

Las aguas residuales son aguas con impurezas procedentes de vertidos de diferentes orígenes, domésticos e industriales, principalmente. De esta forma, tenemos que las aguas residuales pueden contener elementos contaminantes originados en desechos urbanos o industriales. Las aguas residuales urbanas generalmente se conducen por sistemas de alcantarillado y tratadas en plantas de tratamiento de aguas residuales para su depuración antes de su vertido, aunque no siempre es así en todos los países (párra.1)

Características y propiedades

En 2020, Ecomar menciona:

- Físicos: Los componentes físicos de estas aguas son el color, el olor, los sólidos y la temperatura.
- Químicos: Los componentes químicos más comunes en las aguas residuales son orgánicos (carbohidratos, grasas animales, aceites, pesticidas, fenoles, proteínas, compuestos orgánicos volátiles, etc.); inorgánicos (alcalinidad, cloruros, metales pesados, nitrógeno, PH, fósforo, contaminantes prioritarios y azufre); gases (sulfuro de hidrógeno, metano y oxígeno).
- Biológicos: Los componentes biológicos más habituales en estas aguas son animales y plantas (párra.2).

Tipos de acuíferos:

Según Ordoñez (2011):

- Acuíferos libres. Son aquellos en los que el nivel de agua se encuentra por debajo del techo de la formación permeable. Liberan agua por desaturación, es decir, el agua que ceden es la procedente del drenaje de sus poros.
- Acuíferos confinados. Son aquellos cubiertos por una capa impermeable confinante. El nivel de agua en los acuíferos cautivos está por encima del techo de la formación acuífera. El agua que ceden procede de la expansión del agua y de la descompresión de la estructura permeable vertical, cuando se produce la depresión en el acuífero. También se les denomina acuíferos cautivos.
- Acuíferos semiconfinados. Se pueden considerar un caso particular de los acuíferos cautivos, en los que muro, techo o ambos no son totalmente impermeables, sino que permiten una circulación vertical del agua (p.10).

Acuífero

En 2011, Ordoñez menciona:

Un acuífero es un volumen subterráneo de roca y arena que contiene agua. El agua subterránea que se halla almacenada en los acuíferos, es una parte importante del ciclo hidrológico. Se han realizado estudios que permiten calcular que aproximadamente el 30 por ciento del caudal de superficie proviene de fuentes de agua subterránea (p.10).

Concepto de pozo de agua

En 2022 Benitez menciona:

Un pozo de agua es una excavación de forma vertical que se efectúa a profundidad en la tierra con la finalidad de extraer agua subterránea almacenada en el subsuelo o acuífero. No obstante, para excavar un pozo, en primer lugar, se requiere identificar la zona donde se encuentra el recurso hídrico, procediendo seguidamente con los estudios técnicos necesarios que permitan determinar en función de los tipos de pozos de agua existentes, cuál será el idóneo a implementar, cumpliendo

posteriormente con todos los requerimientos para la obtención de la autorización administrativa que permita, no sólo la construcción del mismo, sino la extracción del agua del pozo (párra.5)

Perforación en pozos de agua

En 2023, Vitamina online menciona:

Los pozos profundos de agua y la perforación de pozos presentan una gran diversidad en sus profundidades, volúmenes de agua y coste o pureza de la misma, que puede necesitar o no de un tratamiento antes de ser consumida.

Los pozos de agua subterráneos son la principal fuente de suministro de agua para el consumo doméstico e industrial. Los pozos profundos se construyen tras la búsqueda de zonas acuíferas y el análisis geólogo y biológico del área en que se encuentran, para posteriormente comenzar la perforación del suelo. Actualmente, se considera que la durabilidad de una perforación de pozos de agua podría ser de aproximadamente 20 a 40 años (párra.3-4).

Calidad del agua

En 2016, Baeza menciona:

La calidad del agua, de acuerdo a la OMS (Organización Mundial de la Salud) y otros organismos internacionales, se puede resumir como las condiciones en que se encuentra el agua, respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano. El concepto de calidad del agua ha sido asociado principalmente al uso del agua para consumo humano, entendiéndose que el agua es de calidad cuando puede ser usada sin causar daño. Sin embargo, dependiendo de otros usos que se requieran para el agua, también se puede definir la calidad del agua en función de dichos usos (p.2)

Calidad del agua subterránea

En 2021, El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT):

El agua subterránea circula a través de los poros del suelo, de sedimentos y de grietas y fracturas en rocas del subsuelo. A medida que fluye, transporta sustancias disueltas, lo que tiene implicaciones positivas para los procesos geológicos de larga duración relacionados con la precipitación y disolución de minerales a lo largo de miles y millones de años, al tiempo que le permite transportar nutrientes y energía entre diferentes porciones de una cuenca hidrológica. Sin embargo, esto también tiene consecuencias negativas, derivadas principalmente de la actividad humana, pues el agua se contamina fácilmente y arrastra elementos nocivos al subsuelo. Fugas y derrames de sustancias, utilizadas o producidas por el ser humano (gasolinas, fertilizantes, aguas negras, desechos industriales, entre otras), se infiltran y llegan al agua subterránea, la contaminan y ocasionan que no sea apta para uso humano (p.17).

Parámetros para medición de la calidad del agua

Análisis microbiológico

En 2022, la página Agua Inmaculada menciona:

Se conoce como análisis microbiológico del agua a los diferentes procesos aplicados para identificar, definir y enumerar los tipos de microorganismos, como pueden ser bacterias, virus y otros elementos que sean contaminantes o que transmitan enfermedades.

Este tipo de análisis es aplicado en métodos moleculares, bioquímicos, biológicos y químicos con la finalidad de determinar la calidad del agua dependiendo del uso que se le dé, ya sea para consumo, aguas residuales, piscinas, producción de alimentos, etc (párra.5-7).

PH

Maher Electrónica menciona (2019):

Para medir el PH del agua, se utiliza una escala del 0 al 14, en la que 7.0 es considerada como la medida neutra. Así, aquellas mediciones por encima de 7.0 y hasta llegar a 14.0; nos indican que nos encontramos con soluciones bases o alcalinas. Sin embargo, son consideradas como ácidas cuando presentan un PH inferior a 7.0 (párra.2).

Temperatura

En 2009, Zamora Menciona:

La temperatura es una constante física que tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos fenómenos que se realizan en el seno del agua. Por ejemplo, en la solubilidad de los gases (entre los que es fundamental la solubilidad del oxígeno) y de las sales, así como en las reacciones biológicas, las cuales tienen una temperatura óptima para poder realizarse (p.127).

Conductividad

En 2009, Zamora Menciona:

La conductividad es la habilidad de una solución para conducir electricidad. Pequeñas partículas cargadas eléctricamente, llamadas iones, pueden llevar una corriente eléctrica a través de soluciones de agua. Estos iones provienen principalmente de los ácidos y sales de la solución de fuente. Entre más concentrado de solución de fuente sea añadido al agua, el número de iones se incrementa, junto con la conductividad (p.127).

Oxígeno disuelto

En 2016, TecnoTanques menciona:

Para que el agua sea de buena calidad, el nivel de oxígeno disuelto debe estar en un nivel medio respecto a la cantidad de la misma; si dicho nivel se encuentra muy alto o muy bajo se pondrá en riesgo toda especie que habite en el cuerpo acuático,

generando una cadena de reacciones que harán que sea básicamente inhabitable e inconsumible; un ejemplo de esto ocurre cuando montones de peces mueren al mismo tiempo en lagos y estanques, producto de una mala calidad de oxígeno derivada a su vez de la contaminación del agua (párra.5).

Nitratos

Según la Secretaría de Economía (SEECO) en 2021 menciona:

El nitrato es una de las formas de nitrógeno de mayor interés en las aguas naturales, residuales y residuales tratadas, se presenta generalmente a nivel de trazas en el agua de superficie, pero puede alcanzar niveles elevados en las subterráneas. El nitrato se encuentra sólo en pequeñas cantidades en las aguas residuales domésticas, pero en el diluyente de las plantas de tratamiento biológico desnitrificante, el nitrato puede encontrarse en concentraciones de hasta 30 mg de nitrato como N/L. El nitrato es un nutriente esencial para muchos autótrofos fotosintéticos, y en algunos casos ha sido identificado como el determinante del crecimiento de estos (p.1).

Nitritos

Según la Secretaría de Economía (SEECO) en 2021 menciona:

El nitrito considerado como una etapa intermedia en el ciclo del nitrógeno puede estar presente en el agua como resultado de la descomposición biológica de materiales proteicos. En aguas superficiales crudas, las huellas de nitritos indican contaminación. También se puede producir el nitrito en las plantas de tratamiento o en los sistemas de distribución de agua, como resultado de la acción de bacterias sobre el nitrógeno amoniacal (p.6).

Sulfatos

Según Acqua Tecnologia (2016):

Los sulfatos son compuestos que se encuentran presentes en el agua de forma natural, debido al lavado y la disolución parcial de materiales del terreno por el que discurre (formaciones rocosas compuestas de yeso principalmente y suelos sulfatados). Se han encontrado altas concentraciones tanto en las aguas subterráneas como en las superficies que proceden de fuentes naturales, es decir que no han estado sometidas a contaminación antropogénica. Estos compuestos también pueden aparecer en el agua a través de los desechos y vertidos industriales y de los depósitos atmosféricos

Los sulfatos, tal y como aparecen en el agua de consumo, no son tóxicos, sin embargo, en muy grandes concentraciones, se ha observado un efecto laxante acompañado de deshidratación e irritación gastrointestinal. Estas aguas tienen un sabor amargo, rechazable inmediatamente por los consumidores. Así pues, la presencia de sulfatos en el agua de consumo, puede causar un sabor perceptible por el consumidor, produciendo un sabor amargo o medicinal no agradable. Los umbrales de sabor oscilan entre 250 mg/l y 1000 mg/l según el tipo de sulfato asociado al sodio y calcio, respectivamente. Se considera que la alteración del sabor es mínimo para concentraciones inferiores a 250 mg/l (párra.2-3).

Marco normativo

- **NOM-127-SSA1-2021:** Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua.
- **NMX-AA-003-1980:** AGUAS RESIDUALES. - MUESTREO.
- **NMX-AA-012-SCFI-2001:** DETERMINACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-AA-012-1980).
- **NMX-AA-079-SCFI-2001:** DETERMINACIÓN DE NITRATOS EN AGUAS NATURALES, POTABLES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-AA-079-1986).
- **NMX-AA-099-SCFI-2021:** Análisis de Agua – Medición de Nitrógeno de Nitritos en Aguas Naturales, Residuales, Residuales Tratadas y Marinas – Método de Prueba (Cancela a la NMX-AA-099-SCFI-2006).
- **NMX-AA-038-SCFI-2001:** DETERMINACIÓN DE TURBIEDAD EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-AA038-1981).
- **NMX-AA-074-SCFI-2014:** ANÁLISIS DE AGUA – MEDICIÓN DEL ION SULFATO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS – MÉTODO DE PRUEBA - (CANCELA A LA NMX-AA-074-1981).
- **NMX-AA-042-SCFI-2015:** ANÁLISIS DE AGUA - ENUMERACIÓN DE ORGANISMOS COLIFORMES TOTALES, ORGANISMOS COLIFORMES FECALES (TERMOTOLERANTES) Y *Escherichia coli* – MÉTODO DEL NÚMERO MÁS PROBABLE EN TUBOS MÚLTIPLES (CANCELA A LA NMX-AA-42-1987).

Metodología

Según EcuRed (2020):

Oteapan Municipio del Estado de Veracruz, México. Tiene una superficie de 22.8 Km.², cifra que representa un 0.03% total del Estado. Se encuentra ubicado en la zona sureste del Estado en las inmediaciones de las llanuras del Sotavento, en las coordenadas 18° 00" latitud norte y 94° 40" longitud oeste, a una altura de 50 metros sobre el nivel del mar. Su distancia aproximada al sureste de la capital del Estado, por carretera es de 394 Km (párra.2)

Para el proyecto se establecieron tres pozos de abastecimiento destinados al uso doméstico, en el municipio de Oteapan. Estos pozos fueron seleccionados estratégicamente para cubrir las necesidades de la población local. El agua obtenida de estos pozos se trasladó al laboratorio del Instituto Estatal del Agua para su correspondiente análisis, un paso crucial en la gestión de recursos hídricos.

El análisis es fundamental para garantizar que el agua sea segura y apta para el consumo humano. Este proceso incluye una serie de pruebas que verifican la presencia de contaminantes químicos, microbiológicos y físicos; cumplir con la normatividad de calidad establecidas es esencial no solo para la salud pública, sino también para la prevención de enfermedades transmitidas mediante el agua.

El Pozo No. 1 con coordenadas 18° 0'5.20"N, 94°40'3.24"O. Actualmente no funciona, debido a esto el municipio se abastece de agua mediante 3 pozos de agua que están en trabajo continuo.

Figura 1



Velázquez. G. (2024). Pozo No. 1 (No está en operación).

El primer punto de muestreo es el Pozo No. 2 con coordenadas $17^{\circ}59'57.64''N$, $94^{\circ}40'13.90''O$ que se encuentra en operatividad y funcionamiento actualmente para cubrir necesidades del sector al que le corresponde.

Figura 2:



Velázquez. G. (2024). Pozo de abastecimiento N°2.

El segundo punto es el Pozo N°3 “La Tina” con coordenadas $18^{\circ} 0'3.42''N$, $94^{\circ}40'49.47''O$, actualmente se encuentra operando correctamente y abastece a su sector correspondiente.

Figura 3:



Velázquez. G. (2024). Pozo de abastecimiento N°3 “La Tina”.

El tercer y último punto de muestreo es el Pozo N°4 “Tierra Colorada” con coordenadas 17°59'35.46"N, 94°40'32.23"O, abastece y funciona de manera correcta a su respectivo sector, a pesar de su difícil acceso, el pozo trabaja en perfectas condiciones.

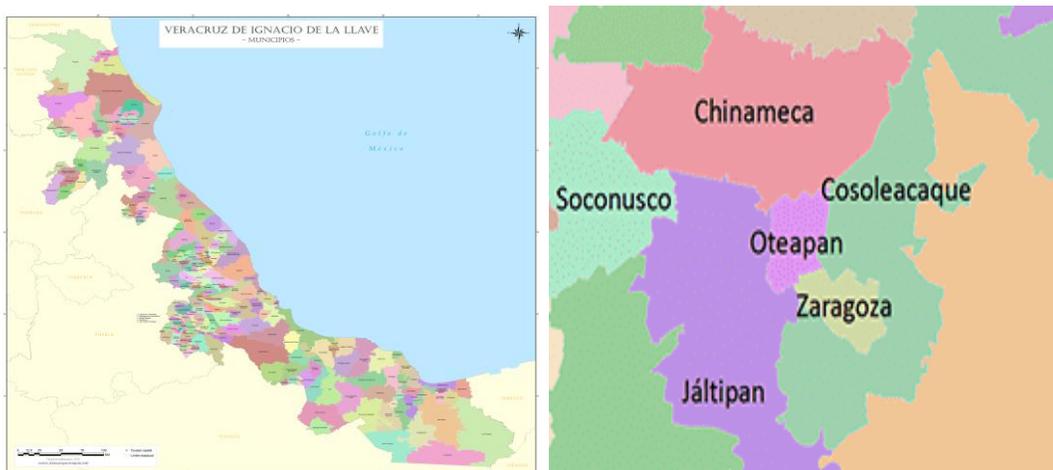
Figura 4:



Velázquez. G. (2024). Pozo de abastecimiento N°4 “Tierra colorada”.

En la siguiente figura se observa en un mejor ángulo de vista espacial al estado de Veracruz, el municipio de Oteapan y las respectivas ubicaciones establecidas de los pozos de abastecimiento.

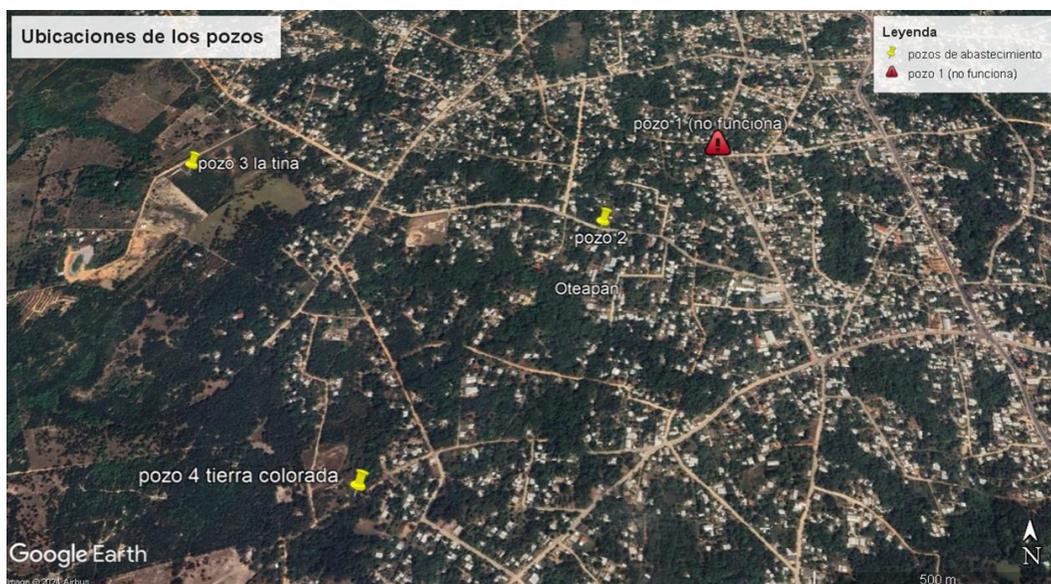
Figura 5:



(Mapa de Municipios Del Estado de Veracruz | DESCARGAR MAPAS, 2018). Estado de Veracruz y ubicación del municipio de Oteapan.

Figura 6:

Ubicaciones de los pozos vía satelital mediante Google earth.



(GOOGLE EARTH, 2024)

Para realizar una muestra adecuada del agua destinada al análisis, se emplearon botellas de plástico de aproximadamente un litro de capacidad. Este volumen fue seleccionado por su conveniencia para el transporte seguro y eficiente al laboratorio del Instituto Estatal del Agua (INESA), donde se llevarán a cabo los análisis.

- En los pozos se debe abrir una de las válvulas de escape para vaciar el agua alrededor de 5 minutos antes de la toma de muestra.
- Tomar un frasco y enjuagar un recipiente 3 veces con el agua de pozo, al terminar este proceso recolectar entre 500 a 1000 ML de agua del pozo, que servirá para el análisis.
- Para la conservación y transporte de las muestras se debe mantener en una hielera con una temperatura de 4 centígrados para su preservación donde a continuación, se trasladan al laboratorio para comenzar, realizar el análisis correspondiente (de

basándose en lo que indica la **NMX-AA-003-1980** que establece las técnicas de muestreo en la que se va a guiar el desarrollo de la toma de las muestras.

En el laboratorio del INESA de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez se realizaron los análisis con el fin de obtener el diagnóstico de la calidad del agua en los pozos de abastecimiento del municipio de Oteapan, Veracruz llevándose a cabo los días 4 y 5 del mes de abril en el año 2024).

El primer análisis realizado consistió en la evaluación de los parámetros en donde la norma indica, el tiempo disponible para llevar a cabo el análisis se ve limitado debido a las estrictas condiciones de conservación necesarias para las muestras, estas fueron: Nitratos, Nitritos, Sulfatos Y los análisis microbiológicos. Que se dispone de un tiempo limitado a comparación de los demás, para su procesamiento, debido a la necesidad de conservación de las muestras, estos parámetros se priorizaron debido a lo anteriormente mencionado: nitratos, nitritos, sulfatos y los análisis microbiológicos.

Los parámetros restantes como el PH, conductividad, oxígeno disuelto y turbiedad se abordaron al final, dado que no fueron considerados de mayor prioridad debido a la limitación de tiempo, la cual no debe exceder de 6 a 9 horas garantizando la obtención de resultados precisos y confiables.

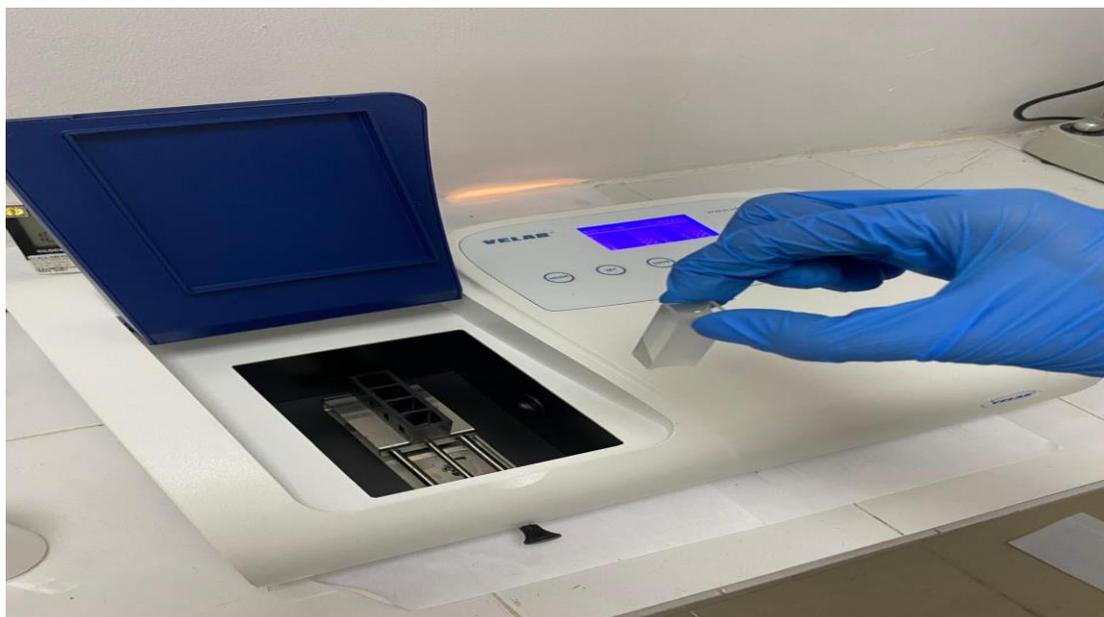
Al día siguiente, en el laboratorio del Instituto Estatal del Agua (INESA), se llevó a cabo el análisis de los principales parámetros de calidad del agua. Para obtener una lectura precisa, se empleó el equipo multiparamétrico HACH HQ40d, diseñado para evaluar variables como pH, conductividad y oxígeno disuelto, entre otras. Además, se utiliza un turbidímetro de alta precisión para medir específicamente la turbiedad del agua, permitiendo así una caracterización detallada de las condiciones del agua recolectada en el muestreo.

Figura 7:



Velázquez. G. (2024). Determinación de sulfatos 4 de abril del 2024.

Figura 8:



Velázquez. G. (2024). Determinación de nitratos y nitritos el día 4 de abril del 2024.

Figura 9:



Velázquez G. (2024). Determinación de PH, conductividad y oxígeno disuelto el día 5 abril del 2024.

Figura 10:



Velázquez. G. (2024). Determinación de turbiedad el día 5 abril del 2024.

Figura 11:



Velázquez. G. (2024). Determinación de E. coli o Coliformes termotolerantes el día 5 abril del 2024.

Figura 12:



Velázquez. G. (2024). Determinación de E. coli o Coliformes termotolerantes el día 5 del mes de abril del año 2024.

Los parámetros analizados a lo largo el proyecto son:

PH

Según Orozco (2023):

La medición del PH es importante porque muchos procesos químicos y biológicos solo pueden ocurrir a ciertos niveles de acidez o alcalinidad. Por ejemplo, el cuerpo humano tiene un PH ligeramente alcalino de alrededor de 7.4. Si el PH del cuerpo cambia demasiado, puede causar problemas de salud. La medición del PH también es importante en procesos industriales como la producción de alimentos y productos químicos (párra.4).

Conductividad

En 2017, Claude menciona:

La conductividad eléctrica del agua proporciona una evaluación de la concentración total de iones disueltos en el agua, y es una propiedad importante del agua que se toma frecuentemente como un indicador del grado de mineralización (concentración iónica total) del agua (párra.1).

E. coli o Coliformes termotolerantes:

Según Pennstate Extension (2023):

Las bacterias coliformes fecales son específicas del tracto intestinal de los animales de sangre caliente, incluidos los humanos, y por lo tanto se requiere una prueba más específica para detectar la contaminación por aguas residuales o desechos animales. La E. coli es un tipo de bacteria coliforme fecal que se encuentra compuesta en los intestinos de animales y humanos (párra.3).

Temperatura

Según Boyer (2022):

La temperatura juega un papel esencial en la química del agua y puede afectar las características biológicas del agua superficial, regular los niveles de oxígeno disuelto, alterar las tasas metabólicas y la producción de fotosíntesis de los organismos acuáticos, al tiempo que influye en la velocidad de las reacciones químicas y biológicas (párra.2).

Turbiedad

Según Hanna Instruments (2019):

La turbidez es un indicador de la calidad del agua, reflejando la presencia de partículas en suspensión. Su medición es crucial para garantizar la potabilidad del agua y la salud de los ecosistemas acuáticos. Este fenómeno puede ser resultado de diversas causas, como la erosión del suelo, la actividad biológica y la contaminación. La comprensión de la turbidez y su impacto es esencial para la gestión de recursos hídricos y la protección del medio ambiente (párra.1).

Oxígeno disuelto

En 2023, Gunther menciona:

El oxígeno disuelto en el agua es la cantidad de oxígeno presente en forma líquida en el agua. Se mide en miligramos por litro (mg/L) o partes por millón (ppm). El oxígeno disuelto resulta esencial para la supervivencia de la mayoría de las especies acuáticas, incluyendo a los peces, organismos invertebrados y plantas. Además, desempeña un papel crucial en el mantenimiento del equilibrio del ecosistema (párra.2).

Sulfatos

Seguin *Acqua Tecnologia* (2017):

Los sulfatos, tal y como aparecen en el agua de consumo, no son tóxicos, sin embargo, en muy grandes concentraciones, se ha observado un efecto laxante acompañado de deshidratación e irritación gastrointestinal. Estas aguas tienen un sabor amargo rechazable inmediatamente por los consumidores (párra.3).

Nitratos

Según Salud Ambiental (2023):

La presencia de nitratos en las aguas de suministro público es debida a la contaminación de las aguas naturales por compuestos nitrogenados.

Se puede hablar de dos tipos principales de fuentes de contaminación de las aguas naturales por compuestos nitrogenados: la contaminación puntual y la dispersa. El primer caso se asocia a actividades de origen industrial, ganadero o urbano (vertido de residuos industriales, de aguas residuales urbanas o de efluentes orgánicos de las explotaciones ganaderas; lixiviación de vertederos, etc.) mientras que en el caso de la contaminación dispersa o difundida, la actividad agronómica es la causa principal.

Si bien las fuentes de contaminación puntual pueden ejercer un gran impacto sobre las aguas superficiales o sobre localizaciones concretas de las aguas subterráneas, las prácticas de abono con fertilizantes (orgánicos o inorgánicos) son generalmente las causantes de la contaminación generalizada de las aguas subterráneas (párra.1)

Nitritos

En 2019, Probelte menciona:

El nitrato es un compuesto químico formado básicamente por nitrógeno y oxígeno. Está de manera natural en el suelo y el agua, por lo que resulta un nutriente fundamental para muchos seres vivos.

Cuando abonamos la tierra para mejorar su rendimiento, usamos productos nitrogenados, ya sean fertilizantes minerales u orgánicos como el estiércol. A este aumento de nitratos, hay que añadirle el plus que representa el nitrógeno contenido en el agua de regadío. Por lo tanto, el nivel final de este compuesto puede ser elevado en muchas ocasiones (párra.2).

Al momento de obtener los resultados en los 7 parámetros físico-químicos del agua, se utilizó un análisis descriptivo y comparativo, con la finalidad de observar y examinar la posible existencia de variaciones en los distintos pozos de abastecimiento utilizados para uso doméstico en dado caso de no cumplir con los límites máximos permisibles establecidos por la **NOM-127-SSA1-2021** y las siguientes normas para la obtención de resultados en los distintos parámetros establecidos en el diagnóstico de calidad del agua se consultó o implementó el siguiente listado:

- **NOM-127-SSA1-2021:** Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua.
- **NMX-AA-003-1980:** AGUAS RESIDUALES. - MUESTREO.
- **NMX-AA-012-SCFI-2001:** DETERMINACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-AA-012-1980).
- **NMX-AA-079-SCFI-2001:** DETERMINACIÓN DE NITRATOS EN AGUAS NATURALES, POTABLES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-AA-079-1986).
- **NMX-AA-099-SCFI-2021:** Análisis de Agua – Medición de Nitrógeno de Nitritos en Aguas Naturales, Residuales, Residuales Tratadas y Marinas – Método de Prueba (Cancela a la NMX-AA-099-SCFI-2006).
- **NMX-AA-038-SCFI-2001:** DETERMINACIÓN DE TURBIEDAD EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-AA038-1981).

- **NMX-AA-074-SCFI-2014:** ANÁLISIS DE AGUA – MEDICIÓN DEL ION SULFATO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS – MÉTODO DE PRUEBA - (CANCELA A LA NMX-AA-074-1981).
- **NMX-AA-042-SCFI-2015:** ANÁLISIS DE AGUA - ENUMERACIÓN DE ORGANISMOS COLIFORMES TOTALES, ORGANISMOS COLIFORMES FECALES (TERMOTOLERANTES) Y *Escherichia coli* – MÉTODO DEL NÚMERO MÁS PROBABLE EN TUBOS MÚLTIPLES (CANCELA A LA NMX-AA-42-1987).

Con los datos recabados se realizó un análisis con base en la normatividad oficial vigente.

Resultados

Figura 13: Resultados de los parámetros obtenidos.

Parámetros	Valores Pozo 2	Valores Pozo 3 La Tina	Valores Pozo 4 Tierra Colorada	Valores establecidos por la normativa oficial vigente (NOM-127-SSA1-2021)
PH	7.1	5.4	7.15	6.5 a 8.5
Conductividad (µS/cm)	416	77.1	381.1	50-550 (Es como referencia)
Temperatura (grados °)	25	26	25	No mayor a 35
Turbiedad (NTU)	1	1.24	0.97	4.0
Oxígeno disuelto (MG/L)	7.22	9.48	8.57	4 o un grado más alto de mg/l (No lo establece la norma)
Nitratos (mg/L)	4.00	7.00	5.00	11.00
Nitritos (mg/L)	0.15	0.27	0.18	0.90
Sulfatos (mg/L)	120.00	180.00	145.00	400.00
E. coli o Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	10	4	2	<1.1 ó No detectable

Pozo de abastecimiento N°2.

Con relación a la “**Figura 13**”, se observa resultados favorables con base a la normatividad oficial vigente, puesto que los parámetros analizados se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la **NOM-127-SSA1-2021**. En base a los resultados obtenidos en los análisis microbiológicos, se verificó que los niveles de microorganismos superan los límites permitidos por la normativa vigente (**10 NMP/100 mL**), lo que representa un riesgo significativo para la salud de la población que depende de este pozo. Para mitigar este riesgo, se recomienda implementar un tratamiento previo del agua, asegurando que los parámetros se ajusten a los rangos establecidos por la normatividad, esto permitirá reducir la probabilidad de transmisión de enfermedades en la comunidad.

Pozo de abastecimiento N°3 “La Tina”

Con respecto al siguiente pozo de abastecimiento, analizado detalladamente en el laboratorio, se logró percibir que los parámetros establecidos por la **NOM-127-SSA1-2021** se cumplen y se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, sin embargo el parámetro que no encaja con la normatividad es el **PH** (arrojando un promedio de 5.4 (véase en la “Figura 13”) en los múltiples análisis realizados con el equipo multiparamétrico (HACH HQ40d). Se concluyó que la naturaleza del agua ya es de este modo, es posible que su ubicación dentro de la zona donde predomina lo rural habiendo factores como ranchos, ganadería y zonas de cultivo influyen en el **PH** de las aguas subterráneas, afectándolas, por esta razón el resultado del pozo de abastecimiento arroja un **PH** acidificado desestimando este aspecto, cumple de manera óptima con los demás parámetros establecidos por la normatividad oficial vigente, en caso de consumo puede provocar enfermedades severas por motivo de la naturaleza del **PH**, retomando los análisis microbiológicos se logró comprobar que de la misma manera sobrepasó los límites establecidos por la normatividad (**4 NMP/100 mL**) representando un considerable peligro para la población beneficiada por este pozo, la recomendación más adecuada consiste en llevar a cabo un tratamiento previo al agua que se ajuste a los rangos establecidos de la normatividad vigente con el fin de prevenir la contracción de enfermedades en la población.

Pozo 4 Tierra Colorada

Referente a los datos obtenidos en la “**Figura 13**” se observa los parámetros dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la **NOM-127-SSA1-2021** con excepción en los estudios microbiológicos, que arrojó un resultado de (**2 NMP/100 mL**) excediéndose del rango que impone la norma, Indicando que el consumo del agua no es confiable para la población, no obstante para uso doméstico representa menos peligro con riesgos aún presentes. Se recomienda que el pozo de abastecimiento lleve tratamiento previo a la distribución del agua en la zona asignada, para evitar la contracción y propagación de enfermedades que amenace la integridad de la población.

En 2021, Morales menciona que:

El agua subterránea circula a través de los poros del suelo, de sedimentos y de grietas y fracturas en rocas del subsuelo. A medida que fluye, transporta sustancias disueltas, lo que tiene implicaciones positivas para los procesos geológicos de larga duración relacionados con la precipitación y disolución de minerales a lo largo de miles y millones de años, al tiempo que le permite transportar nutrientes y energía entre diferentes porciones de una cuenca hidrológica. Sin embargo, esto también tiene consecuencias negativas, derivadas principalmente de la actividad humana, pues el agua se contamina fácilmente y arrastra elementos nocivos al subsuelo. Fugas y derrames de sustancias, utilizadas o producidas por el ser humano (gasolinas, fertilizantes, aguas negras, desechos industriales, entre otras), se infiltran y llegan al agua subterránea, la contaminan y ocasionan que no sea apta para uso humano (párra.1).

Conclusiones

Tener una conciencia clara sobre las actividades que se ejercen en torno al aprovechamiento del agua es de suma importancia, se debe al uso y distribución que tenemos al alcance de nuestro beneficio y provecho que se puede dar a la misma, por desgracia en los últimos años el tema del agua ha perdido en gran medida el uso responsable en cuidados que se le deben dar, al paso de los años puede ocasionar una serie de daños irreparables al medio ambiente, el poseer la concientización en la sociedad sobre cómo darle un uso correcto a los recursos hídricos. El agua es uno de los beneficios más gozados, el aprovechamiento que se le da mediante su uso y distribución es debido a su accesible alcance, sin embargo, a lo largo de los años la importancia y cuidado adecuado ha disminuido en gran medida provocando en un futuro una serie de daños irreparables en el medio ambiente, por lo tanto tener una conciencia clara sobre las actividades que se ejercen en torno al agua puede conducir a un uso más responsable.

La falta de conciencia que existe en los recursos hídricos prevaletentes en algunas zonas del país, da pauta a el agotamiento de los mismos, por lo que la opción más viable es el uso de pozos para satisfacer las necesidades humanas de una ciudad, municipio y/o comunidad, en algunos lugares, se considera que la principal fuente de abastecimiento es mediante las aguas subterráneas sobre todo en comunidades de difícil acceso y grandes ciudades que ocupan proveer a la población de agua para uso doméstico o consumo humano. los recursos hídricos prevaletentes en algunas zonas del país sufren de gran demanda por la falta de conciencia presente, ante esto la opción más viable es el uso de pozos para satisfacer la necesidad humana. Se considera que en las grandes ciudades y comunidades con difícil acceso la principal fuente de abastecimiento es mediante las aguas subterráneas de este modo proveen a la población de agua para uso doméstico y consumo humano.

La calidad del agua debería ser un tema de gran valor para la humanidad , el procesamiento, gestión y seguimiento de los recursos hídricos en los distintos países, la administración y uso correcto de las empresas, lo que ayudaría disminuyendo en gran medida los impactos

negativos al medio ambiente, reducir el riesgo a futuro de acabar con los recursos hídricos, la salud de la población en el mundo y prevenir el desequilibrio del ciclo del agua.

La mayoría de contaminantes presentes en el agua son a causa del ser humano, como la falta de tratamiento en aguas residuales que terminan en distintas fuentes de agua, la existencia de virus, parásitos, microorganismos para la salud humana, los desechos orgánicos generados por el ser humano, la ganadería y las descargas de aguas residuales son principalmente causados por el ser humano y exponen a los cuerpos de agua a serios problemas ambientales.

El muestreo apropiado de las aguas mediante un análisis, proyecto, entre otros. Determina diferentes parámetros existentes en una muestra a trabajar y con ello concretar, definir la calidad, con el objetivo de encontrar posibles contaminantes que estén afectando al cuerpo de agua en cuestión, es crucial considerar los diversos factores que pueden provocar la contaminación del agua superficial, un ejemplo claro de este tipo de problema común, son las escorrentías que pueden infiltrarse en aguas subterráneas y/o mantos acuíferos debido a los contaminantes descargados diariamente y sin control a los cuerpos de aguas nacionales. Es por este detalle que se realizan análisis físico-químicos al agua para comprobar si el uso doméstico realmente cumple con los límites máximos permisibles establecidos por las Normas Oficiales Mexicanas.

De los parámetros físico-químicos realizados a los pozos de abastecimiento en la ciudad de Oteapan, Veracruz se obtuvo un marco de referencia más amplio con respecto a la calidad del agua que se distribuye a la población, comprender la importancia del cumplimiento de la normatividad y previos lineamientos que existe, reduce el riesgo en la población al integrarla en la vida cotidiana), esto ayuda a prevenir futuras enfermedades o problemas debido a su uso.

Referente a los resultados que se obtuvieron en los análisis físico-químicos realizados a los 3 pozos de abastecimiento del municipio, se observa la presencia de **E. coli o Coliformes termotolerantes** en ellos representando un gran peligro para la población, existe la posibilidad que algunas personas ingieran el agua que el municipio usa diariamente y esto puede ser un elemento clave para la proliferación de enfermedades, las posibles causas de

microorganismos son, la ganadería, la industria, alguna escorrentía provocada por descargas de aguas residuales, entre otros.

Un pH ácido en el agua puede ser un factor de influencia en el crecimiento de microorganismos representando un peligro para la población beneficiada del uso, por esta razón, Cervantes et al. (2017) menciona que:

El pH es un factor importante que influye sobre el crecimiento de los microorganismos. Algunas bacterias generalmente crecen a pH bajos (3.0) y los hongos también se desarrollan a pH bajos (1.0). Sin embargo, el rango óptimo de pH para las bacterias va de 6.0 hasta 8.5 y sólo pocas prefieren pH de 8.5 o mayor. Los hongos pueden crecer en medios con pH hasta de 8.5, pero la mayoría de ellos prefieren un pH ácido y tienen la capacidad, como ocurre con algunas de las bacterias, de alterar el pH de un medio no amortiguado por los productos que generan durante su crecimiento (párra.8).

Referencias

- *Acqua tecnologia.* (2017, February 6). *Acqua Tecnologia.*
<https://acquatecnologiaperu.com/sulfatos.html>
- Agua en el mundo. (2010). Estadísticas del agua en México.
https://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/documentos/sina/capitulo_8.pdf
- Agua Inmaculada. (2022, Noviembre 21). *Agua Inmaculada.*
<https://www.aguainmaculada.com/blog/analisis-microbiologico-del-agua/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20un%20an%C3%A1lisis%20microbiol%C3%B3gico,determinar%20su%20calidad%20y%20salubridad.>
- Análisis de aguas - determinación de fósforo total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba (cancela a la nmx-aa029-1981). (2001). *www.gob.mx.* Recuperado 6 de abril de 2024, de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166773/NMX-AA-029-SCFI-2001.pdf>
- *Acqua Tecnologia.* (2016, Diciembre 19). *Acqua Tecnologia.*
<https://acquatecnologiaperu.com/sulfatos.html#:~:text=Los%20sulfatos%20son%20compuestos%20que,inferiores%20a%20250%20mg/l.>
- Análisis de agua -determinación de oxígeno disuelto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas -método de prueba (cancela a la nmx-aa-012-1980) water analysis -determination of dissolved oxygen in natural, wastewaters and wastewaters treated -test method 0 introducción. (n.d.). Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166768/NMX-AA-012-SCFI-2001.pdf>
- Pennstate Extension (2023). *Psu.edu.* Bacterias Coliformes. Recuperado de: <https://extension.psu.edu/bacterias->

- Claude E. Boyd. (2017). Conductividad eléctrica del agua, parte 2 - Responsible Seafood Advocate. <https://www.globalseafood.org/advocate/conductividad-electrica-del-agua-parte-2/>
- Comisión Nacional de Evaluación Científica y Técnica. (2020). HIDROCARBUROS. GUB.UY. Recuperado 19 de marzo de 2024, de <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/sites/ministerio-industria-energia-mineria/files/documentos/publicaciones/Folleto%20hidrocarburos%20PUBLICACIONES.pdf>
- Ecomar. (2020, July 9). *Fundacion Ecomar - ¿Qué son las aguas residuales?* Fundación Ecomar. <https://fundacionecomar.org/que-son-las-aguas-residuales/#:~:text=Las%20aguas%20residuales%20son%20aguas,en%20desechos%20urbanos%20o%20industriales.>
- Disponibilidad del agua-hidrosistema. (s. f.). En hidrosistema de Cordoba. Recuperado 2 de septiembre de 2023, de <https://hidrosistema.gob.mx/disponibilidad-del-agua/#:~:text=De%20manera%20general%20se%20puede,contaminadas%20en%20las%20partes%20bajas.>
- DOF - Diario Oficial de la Federación. (2022). Dof.gob.mx. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5650705&fecha=02/05/2022
- Faviel Cortez, E., Infante Mata, D., y Molina Rosales, D. O. (2019). Percepción y calidad de agua en comunidades rurales del área natural protegida La Encrucijada, Chiapas, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(2), 317-334. Recuperado de: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v35n2/0188-4999-rica-35-02-317.pdf>

- Fernández Cirelli, A. (2012, 16 octubre). El agua: un recurso esencial. Redalyc. Recuperado 14 de marzo de 2024, de <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
- Gunther, T. (2023). El Oxígeno disuelto y la calidad del agua - LG Sonic. LG Sonic. <https://www.lgsonic.com/es/el-oxigeno-disuelto/#:~:text=Se%20mide%20en%20miligramos%20por,mantenimiento%20de%20equilibrio%20del%20ecosistema>.
- Gleick, P. H. (2014). The World's Water Volume 8: The Biennial Report on Freshwater Resources. Island Press.
- Hanna Instruments S.L. (2019). Hannainst.es. <https://www.hannainst.es/blog/139/importancia-de-la-medida-de-turbidez-en-inund>
- Jesús Cervantes-Martínez, Orihuela-Equihua, R., y José Guadalupe Rutiaga-Quiñones. (2017). Acerca del Desarrollo y Control de Microorganismos en la Fabricación de Papel. Conciencia Tecnológica, 54. <https://www.redalyc.org/journal/944/94454631001/html/#:~:text=El%20pH%20es%20un%20factor,pH%20de%208.5%20o%20mayor>.
- Lab, Orozco. (2023, Abril 27). ¿Qué es el pH? ¿Cómo se mide? ¿Cuál es su importancia? Orozcolab.info. <https://www.orozcolab.info/que-es-el-ph-como-se-mide-cual-es-su-importancia>
- Mexicanfibers. (2023, 26 enero). Industria petrolera: En qué consiste y cómo se compone. <https://mexicanfibers.com/>. Recuperado 19 de marzo de 2024, de <https://mexicanfibers.com/industria-petrolera-en-que-consiste-y-como-se-compone/>
- Morales, E. (2021, septiembre 13). LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA. Conahcyt. <https://conahcyt.mx/la-contaminacion-del-agua-subterranea/Mapa de municipios del estado de Veracruz | DESCARGAR MAPAS>. (2018). Descargarmapas.net. <https://descargarmapas.net/mexico/veracruz/mapa-estado-veracruz-municipios>

- Martínez-Lievana, C., Huante-González, Y., Santiago-Morales, I., Sandoval-Orozco, G., Estrada-Vázquez, C., y Madrid-González, J. (2013). Diagnóstico de la calidad de agua de los pozos de Puerto Ángel, San Pedro Pochutla, Oaxaca. *Cienc. Mar*, 18, 11-18. Recuperado de: <https://biblat.unam.mx/hevila/Cienciaymar/2013/no50/2.pdf>
- Maher Electrónica. (2019, December 13). Qué es el pH del agua y su influencia en el rendimiento de tus cultivos. Maher Electrónica. <https://www.maherelectronica.com/que-es-el-ph-del-agua/#:~:text=El%20pH%20del%20agua%20nos,considerada%20como%20la%20medida%20neutra.>
- Meliá Seguí, J., y Tuset Peiró, T. (s. f.). Introducción a la industria 4.0. *openaccess.uoc.edu*. Recuperado 19 de marzo de 2024, de https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/141046/38/PLA1_Introducci%C3%B3n%20a%20la%20industria%204.0.pdf
- NMX-AA-099-SCFI-2021. (2021). *biblioteca.semarnat.gob.mx*. Recuperado 6 de abril de 2024, de <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD1/NMX-AA-099-SCFI-2021.pdf>
- Norma Mexicana nmx-aa-030/1-scfi-2012 análisis de agua -medición de la demanda química de oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.- método de prueba -parte 1 -método de reflujo abierto - (cancela a la nmx-aa-030-scfi-2001). *water analysis -determination of the chemical oxygen demand, in natural waters, wastewaters and treated wastewaters -test method -part 1 - opened reflux method.* (n.d.). Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166774/NMX-AA-030-1-SCFI-2012.pdf>
- Oteapan (México) - EcuRed. (2020). *Ecured.cu*. [https://www.ecured.cu/Oteapan_\(M%C3%A9xico\)](https://www.ecured.cu/Oteapan_(M%C3%A9xico))
- Oficina del clima de la ESA. (s. f.). EL CICLO DEL AGUA. ESA Climate Change Initiative. Recuperado 14 de marzo de 2024, de

[https://climate.esa.int/media/documents/ESA_CCI_Paquete de recursos educativos El Ciclo Del Agua 8 11.pdf](https://climate.esa.int/media/documents/ESA_CCI_Paquete_de_recursos_educativos_El_Ciclo_Del_Agua_8_11.pdf)

- Ordoñez Gálvez, J. J. (2011). *CICLO HIDROLÓGICO*. Global Water Partnership. Recuperado 14 de marzo de 2024, de https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/ciclo_hidrologico.pdf
- Ordoñez Gálvez, J. J. (2011). Aguas Subterráneas—Acuíferos. sociedad geografica de Lima. https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/aguas_subterraneas.pdf
- Ortiz Hernández, A. S. (2010). Atlas de Riesgos del Municipio de Oteapan 2011. https://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFMunicipales/2011/vr_30120_AR_OTEPAN.pdf
- Probelte. (2019, October 14). ¿Qué son los nitritos en el agua y cómo afectan a la alimentación? Probelte España. <https://probelte.com/es/noticias/que-son-los-nitritos-en-el-agua-y-como-afectan-a-la-alimentacion/>
- Pérez, G. (2008). Ciclo hidrológico (o del agua). Ciclo Hidrologico.com. Recuperado 14 de marzo de 2024, de <https://www.ciclohidrologico.com/>
- ¿Qué son los nitratos y cómo afectan al medio ambiente y la salud humana? (2021, abril). Greenpeace. Recuperado 28 de marzo de 2024, de https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2021/04/Nitratos_Qu%C3%A9Son.pdf
- SECTUR. (s. f.). Oteapan. Veracruz Se antoja. Recuperado 10 de septiembre de 2023, de

<https://veracruz.mx/destino.php?Municipio=120#:~:text=Se%20encuentra%20regado%20por%20un,vez%20es%20tributario%20del%20Coatzacoalcos>.

- Secretaria de Economía (SEECO). (2021). Análisis de Agua – Medición de Nitrógeno de Nitritos en Aguas Naturales, Residuales, Residuales Tratadas y Marinas – Método de Prueba (Cancela a la NMX-AA-099-SCFI-2006). Recuperado de:
<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD1/NMX-AA-099-SCFI-2021.pdf>
- Secretaria de Economía (SEECO). (2021): NMX-AA-079-SCFI-2001:Análisis de aguas - determinación de nitratos en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas - método de prueba (cancela a LA NMX-AA-079-1986). Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166794/NMX-AA-079-SCFI-2001.pdf>
- Salud ambiental. (2023). Caib.es. <https://www.caib.es/sites/salutambiental/es/nitrats-26197/#:~:text=La%20presencia%20de%20nitratos%20en%20las%20aguas%20de%20suministro%20p%C3%BAblico,contaminaci%C3%B3n%20puntual%20y%20la%20dispersa>
- Smith, A. H., Lingas, E. O., y Rahman, M. (2018). Contamination of drinking-water by arsenic in Bangladesh: A public health emergency. Bulletin of the World Health Organization, 78(9), 1093-1103.
- TecnoTanques. (2016, September 9). ¿Qué es el oxígeno disuelto? - Tecnotanques. Tanques y Cisternas. Tecnotanques. Tanques Y Cisternas. <https://tecnotanques.com/oxigeno-disuelto-2/?srsltid=AfmBOor5xvjeIjgY1M45Mk2CDJ1eHEEDiK2xs2TepRSE9ynEjfgIPD7k>
- Toledo, A. (2002). El agua en México y el mundo. Gaceta ecológica, (64), 9-18. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/539/53906402.pdf>

- Vitamina Online. (2023, December 22). Perforación de Pozos Profundos para Agua - Maridia. Maridia. <https://maridia.com.mx/soluciones/perforacion-de-pozos-de-agua/#:~:text=En%20una%20perforaci%C3%B3n%20de%20pozos,y%20menos%20posibilidad%20de%20contaminaciones>.
- Vera, C., y Camilloni, I. (2007). EL CICLO DEL AGUA. Biblioteca Nacional de Maestras y Maestros. Recuperado 14 de marzo de 2024, de <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL002315.pdf>
- Zamora, J. R. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre. Pensamiento Actual, 9(12), 125-134. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5897932>