

**Universidad De Oriente
Núcleo de Anzoátegui
Extensión Cantaura
Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas
Departamento de Ingeniería Civil**



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS POZOS
PRODUCTORES DEL SECTOR OSTRA, DEL MUNICIPIO
SIMÓN RODRIGUEZ DEL ESTADO ANZOÁTEGUI**

Realizado por

Belisario Aviles, Diana.

Moreno Guevara, Stephany.

Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como
Requisito para optar al Título de:

Ingeniero Civil

Cantaura, Junio de 2019

**Universidad De Oriente
Núcleo de Anzoátegui
Extensión Cantaura
Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas
Departamento de Ingeniería Civil**



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS POZOS
PRODUCTORES DEL SECTOR OSTRA, DEL MUNICIPIO
SIMÓN RODRIGUEZ DEL ESTADO ANZOÁTEGUI**

Prof. Jhonatan Martínez
Tutor Académico

Cantaura, Junio de 2019

**Universidad De Oriente
Núcleo de Anzoátegui
Extensión Cantaura
Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas
Departamento de Ingeniería Civil**



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS POZOS
PRODUCTORES DEL SECTOR OSTRA, DEL MUNICIPIO
SIMÓN RODRIGUEZ DEL ESTADO ANZOÁTEGUI**

El Jurado hace constar que asignó a esta tesis la calificación de:

APROBADO

Prof. Laurimar Rojas

Jurado Principal

Prof. Andreina Rodriguez

Jurado Principal

Cantaura, Junio de 2019

RESOLUCIÓN

De acuerdo al Artículo 41 del Reglamento de Trabajo de Grado de la universidad de oriente.

“Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad y sólo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario, para su autorización”.



DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios y a la vida, por haberme permitido llegar hasta este momento tan importante en mi formación profesional. Por nunca abandonarme espiritualmente, por darme la fortaleza y la sabiduría necesaria para culminar esta etapa que no fue nada fácil, pero al final del día podemos decir ¡Lo logramos!

A mis padres, Martha y Alexis quienes siempre tuvieron una palabra de aliento y un buen consejo cuando más lo necesite. Por darme las herramientas necesarias para llegar a este gran momento. Por enseñarme que no hay límites y que con constancia y dedicación todo es posible.

A mis hermanos, tíos y abuelos, por su cariño y apoyo incondicional durante esta etapa, por sus palabras que de una u otra forma hicieron de mí una mejor persona. En especial se la dedico a mi abuelo José Isidro que, aunque no esté físicamente, sé fervientemente que escucho todas mis palabras cada vez que le pedía que me iluminara y me diera fuerzas para poder seguir adelante.

A mi novio Edgar, porque a pesar que llego a mi vida cuando ya faltaba poco para culminar esta meta, me acompañó incondicionalmente con su apoyo, consejos, amor, y paciencia.

En fin, está dedicada a cada uno de ustedes por ayudarme, apoyarme y nunca dudar de mí. De todo corazón ¡Gracias!

Diana Katherine Belisario Aviles

Quiero dedicarle este logro principalmente a Dios, por nunca abandonarme, por guiarme de la mejor manera, quien me ha dado la fortaleza, sabiduría, salud, y sobre todo las ganas de poder seguir adelante y culminar exitosamente esta maravillosa etapa.

A mis abuelos Yolanda y Gonzalo, quienes han sido lo más importante en mi vida, mi ejemplo a seguir, quienes me han acompañado en cada etapa y los que siempre han creído en mí, como nadie más lo ha hecho, sin ellos creo que no hubiese podido llegar tan lejos.

A mi madre Suheil Guevara y mi Hermano José Moreno, gracias por apoyarme en todo momento, por darme aliento las veces que sentí que no podía más, por siempre estar a mi lado, este logro es de ustedes.

A mi tío Gonzalo Guevara, por ser un padre para mí, por aconsejarme cada vez que lo necesité, y por su apoyo en todo momento.

A mis abuelos Graciela y José, a mi Padre José Moreno, a mis tíos Jose Antonio y Maria Elena, por su amor infinito y su apoyo incondicional.

A mis tíos Maryangel, José y Gonzalito, por ser parte de mi vida y estar presentes como familia. Y mi prima Ana Julia, por ser mi hermana menor, por apoyarme y estar siempre a mi lado.

A los hermanos que la vida me dió Daniela y Miguel, por todas nuestras risas, por todos sus consejos, por tantos años de amistad, a mi mejor amigo Arnol, gracias por nunca fallarme.

A mi Diana Belisario, la amiga y hermana que la universidad me regaló, juntas comenzamos esta etapa llena de llantos, risas y rabias, y me llena de mucha alegría y satisfacción culminarla a tu lado, cada consejo, cada palabra de

aliento, nada de esto hubiese sido posible sin ti, ¡somos y siempre seremos el dúo dinámico! ¡A ti mil gracias!

A mi novio Pedro, y su familia, porque a pesar de llegar a mi vida justo faltando poco para la obtención de este tan anhelado logro, han sido un pilar fundamental en la culminación de esta etapa.

Este logro se los dedico a todos ustedes, y gracias por creer siempre en mí.

Stephany Suheil de Jesus Moreno Guevara

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por sus bendiciones a lo largo de toda mi vida, por guiarme, por darme la fortaleza y paciencia en aquellos momentos de dificultades y debilidades.

A mi compañera, amiga y hermana Stephany Moreno quien fue un pilar incondicional a lo largo de esta etapa. Gracias por tantos momentos buenos, malos y difíciles, sin ti no hubiese sido igual mi vida universitaria. Siempre seremos ese Dúo dinámico como nos apodaron en la universidad, gracias infinitas.

A mi tutor y amigo Jhonatan Martínez, por guiarme a lo largo de este proceso. Por su paciencia y por llenarme de tantas enseñanzas tanto de mi carrera como de la vida.

Agradezco con todo mi corazón a mis amigos, con los que compartí dentro y fuera de las aulas. Amigos de la universidad que se convierten en amigos de la vida y aquellos que serán mis colegas dentro de poco. Ellos son: Yennifer Velásquez, Pedro Pereira, Pedro Velásquez, Arnol Santana, Aracelis Maita, Domerlyng Bucan, Jesús Meléndez, Ángel Aray, Gilvanny Nolasco, Renee López, Miguel Natera, Gabriel Velásquez, Luisanny Gonzales, María Pérez, Rosimar Ávila. A todos ustedes, gracias.

A mis queridos profesores, Elys, Laurimar, Daniel, Jesús Alvares, Delio, Amarilis, Ramón, y todos aquellos que hicieron de mis materias una dura y ardua tarea, pero que a su vez dejaron grandes enseñanzas y valiosas amistades.

A la casa más alta, mi Universidad de Oriente. Por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de ser una egresada más, una hija más. A todos los que laboran en ella, desde el personal directivo, docente, administrativo y obrero. Por todo su apoyo, a ustedes gracias.

También agradezco la colaboración y apoyo brindado por el personal de la empresa Hidrológica del Caribe C.A (HIDROCARIBE) Sucursal El Tigre, que estuvo disponible y pendiente de facilitar la información necesaria para la elaboración de este proyecto, en especial a la Ing. Ruth Gonzales y al Ing. Joel Sifontes, gracias por las asesorías y el apoyo incondicional.

¡Este logro se lo agradezco a ustedes!

Diana Katherine Belisario Aviles

Quiero agradecerle a Dios por darme la oportunidad de despertar cada mañana, por estar presente no solo en esta etapa de mi vida sino en todo momento, todos mis logros son resultado de tu ayuda, gracias por permitirme culminar exitosamente mis estudios Universitarios.

A mi Universidad de Oriente, la casa más alta, por abrirme las puertas y acogerme estos 5 años de estudios, donde se convirtió en mi segunda casa, donde reí, lloré, me frustré, pero todo valió la pena. Gracias siempre.

A mis profesores, por haber decidido compartir sus conocimientos, por instruir con excelencia y disposición, por dedicar parte de su tiempo a cada uno de nosotros y convertirnos en excelentes profesionales, principalmente a mis queridos profesores: Elys, Delio, Ramon, Laurimar, Raquel, Amarilis, Daniel, a ustedes ¡mil Gracias!

A mi tutor Jhonatan Martinez, por llenarnos de tantos conocimientos, por todos sus valiosos consejos, y su gran paciencia. A usted ¡un millón de Gracias!

Gracias a mi familia por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por confiar cada día y creer en mí y en mis expectativas. Gracias a ustedes por desear y anhelar siempre lo mejor para mi vida. Gracias por cada consejo y cada una de sus palabras que me guiaron en el transcurso de cada etapa. A ustedes gracias.

Y por último no podían faltar todas esas personas que hicieron de mi estadía en la universidad la más agradable, amistades que me regaló la vida y que vale la pena conservar, a Dios gracias por colocarlos en mi camino, los que siempre me acompañaron, y apoyaron: Pedro Pereira, Yennifer Velasquez, Jesus Melendez, Domerlyng Bucan, Gilvannys Nolasko, Junior Calzadilla. mil gracias compañeros.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo,y gracias a todas las personas que me apoyaron las cuales hicieron posible tan anhelado logro.

Stephany Suheil de Jesus Moreno Guevara

**Universidad De Oriente
Núcleo de Anzoátegui
Extensión Cantaura
Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas
Departamento de Ingeniería Civil**



**Autores: Belisario, Diana.
Moreno, Stephany.
Tutor Académico: Martínez, Jhonatan
Año: 2019**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS POZOS PRODUCTORES
DEL SECTOR OSTRA, DEL MUNICIPIO SIMÓN RODRIGUEZ DEL ESTADO
ANZOÁTEGUI.**

RESUMEN

El agua es la esencia de la vida y en torno a ella se han desarrollado todas las civilizaciones de la tierra, siendo este recurso el más importante para la supervivencia del resto de los seres vivos; tal es el caso de las familias del sector Ostra en el Municipio Simón Rodríguez, del estado Anzoátegui, los cuales se surten de 6 pozos perforados mecánicamente, donde solo están en funcionamiento 2; donde se estableció la realización de inventario, operatividad, estudio de la zona y recolección de muestras, para su posterior análisis físico-químico y bacteriológico, con la finalidad de evaluar la calidad de los pozos productores del sector ostra. Se demostró que el pozo N°3 se encuentra en condiciones óptimas catalogada como agua potable para consumo humano, caso contrario a los pozos cercanos al U.E.Y y Liviano/O.E.D-18, que presenta alteración en el contenido de sales minerales, presencia de metales, pH, dureza, turbiedad y color aparente, que al encontrarse dentro de los valores estándares, representan una vulnerabilidad y creciente contaminación del acuífero, de esta manera se recomendó una serie de procesos de protección, para mitigar la infiltración de los efluentes de la U.E.Y y Liviano/O.E.D-18.

Palabras claves: Análisis físico-químico, Organoléptico, Parámetros, Pozos de Agua, Acuífero, Agua Potable, Norma Sanitaria, Mantenimiento.

INDICE DE CONTENIDO

RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	viii
RESUMEN	xii
INDICE DE CONTENIDO	xiii
INTROUCCIÓN	xix
CAPITULO I.	22
El problema	22
1.1 Planteamiento del problema	22
1.2 Objetivos.....	25
1.2.1 Objetivo general	25
1.2.2 Objetivos específicos.....	25
1.3 Generalidades.....	26
1.3.1 Ubicación geográfica del área en estudio.....	26
1.3.2 Geología de la zona	28
1.3.3 Relieve	28
1.3.4 Clima	28
1.3.5 Hidrografía del Municipio.....	28
1.3.6 Características Generales de la Mesa de Guanipa	29
CAPITULO II.	30
MARCO TEÓRICO	30
2.1 Antecedentes.....	30
2.2 Bases Teóricas Referenciales	31
Agua Subterráneas	31
Acuíferos	32
Características de los acuíferos	32

Captación de agua subterránea	35
Pozos 36	
Características y Partes de un Pozo	37
Caudal de aforo.....	40
Calidad de agua	40
Calidad de las Aguas Subterráneas	41
Riesgo de Afección a las Aguas Subterráneas	42
Parámetros de Vulnerabilidad	42
Aspectos microbiológicos.....	45
Peligros microbianos relacionados con el agua de consumo	47
Aspectos físico-químicos.....	47
Rehabilitación de pozos	50
Rehabilitación química	50
Parámetros indicadores de la calidad del agua.....	51
Contaminación de las aguas subterráneas	58
CAPITULO III.	60
Marco Metodológico	60
3.1 Tipo de investigación	60
3.2 Nivel de investigación	60
3.3 Técnica a utilizar	61
3.4 Instrumento.....	62
3.5 Metodología técnica de ingeniería	63
CAPITULO IV.	66
resultados y análisis	66
4.1 Levantamiento de las facilidades de captación de agua en el sector Ostra.....	66
4.1.1 Sistemas de pozos del sector el Ostra	66
4.1.2 Operatividad.....	70

4.1.3	Inventario de cada pozo	71
4.2	Calidad del agua de los pozos productores del sector Ostra considerando los aspectos microbiológicos y organolépticos	78
4.3	Comparación de los resultados obtenidos en el análisis de calidad de agua con las Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable, publicadas en Gaceta Oficial N° 36.395-1.998.	83
4.3.1	Comparación de los resultados del pozo N°3.....	83
4.3.2	Comparación de los resultados del pozo N°6.....	90
4.4	Mejoras a los sistemas de captación de aguas subterráneas del sector Ostra, en el municipio Simón Rodríguez, estado Anzoátegui.	99
CAPITULO V.		105
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		105
5.1	CONCLUSIONES	105
5.2	RECOMENDACIÓN.....	106
Bibliografía.		109
Anexos		¡Error! Marcador no definido.
HOJAS DE METADATOS		112

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Clasificación de las aguas según su dureza.</i>	53
Tabla 2. <i>Componentes relativos a la calidad del agua potable</i>	56
Tabla 3. <i>Componentes inorgánicos.</i>	57
Tabla 4. <i>Coordenadas UTM de los pozos en el sector el Ostra.</i>	67
Tabla 5. <i>Operatividad de los pozos.</i>	70
Tabla 6. <i>Ficha de evaluación de calidad del pozo N°1.</i>	72
Tabla 7. <i>Ficha de evaluación de calidad del pozo N°2.</i>	73
Tabla 8. <i>Ficha de evaluación de calidad del pozo N°3.</i>	74
Tabla 9. <i>Ficha de evaluación de calidad del pozo N°4.</i>	75
Tabla 10. <i>Ficha de evaluación de calidad del pozo N°5.</i>	76
Tabla 11. <i>Ficha de evaluación de calidad del pozo N°6.</i>	77
Tabla 12. <i>Resultados de análisis fisicoquímicos Pozo N°3.</i>	79
Tabla 13. <i>Resultados de análisis bacteriológicos Pozo N°3.</i>	80
Tabla 14. <i>Resultados de análisis fisicoquímicos Pozo N°6.</i>	81
Tabla 15. <i>Resultados de análisis bacteriológicos Pozo N°6.</i>	82
Tabla 16. <i>Comparación de resultados del pozo N°3 y N°6 con la Gaceta Oficial N° 36.395-1.998.</i>	98

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica, sector el Ostra en Google Maps.....	27
Figura 2. Distribución de los pozos en el sector el Ostra en Google Maps. .	27
Figura 3. Partes de un pozo.	39
Figura 4. Ubicación Pozo Nro. 1 en Google Maps.....	67
Figura 5. Ubicación Pozo Nro. 2 en Google Maps.....	68
Figura 6. Ubicación Figura. Pozo Nro. 3 en Google Maps.....	68
Figura 7. Ubicación Pozo Nro. 4 en Google Maps.....	69
Figura 8. Ubicación Pozos Nro. 5 y 6 en Google Maps.	69
Figura 9. Distribución de los pozos en el sector el Ostra en Google Maps. .	70
Figura 10. Comparación del aluminio residual, pozo N°3.	83
Figura 12. Comparación del cloro residual, pozo N°3.	84
Figura 13. Comparación de Cloruros, pozo N°3.	84
Figura 14. Comparación de color aparente, pozo N°3.....	85
Figura 15. Comparación de la dureza total, pozo N°3.	85
Figura 16. Comparación de hierro total, pozo N°3.....	86
Figura 17. Comparación de magnesio total, pozo N°3.	86
Figura 18. Comparación de solidos totales, pozo N°3.....	87
Figura 19. Comparación de nitritos, pozo N°3.....	87
Figura 20. Comparación de pH, pozo N°3.....	88
Figura 21. Comparación de sílice, pozo N°3.	88
Figura 22. Comparación de sulfato, pozo N°3.....	89

Figura 23. Comparación de turbiedad, pozo N°3.....	89
Figura 24. Comparación del aluminio residual, pozo N°6.....	90
Figura 25. Comparación del cloro residual, pozo N°6.	91
Figura 26. Comparación de Cloruros, pozo N°6.	91
Figura 27. Comparación de color aparente, pozo N°6.....	92
Figura 28. Comparación de la dureza total, pozo N°6.	92
Figura 29. Comparación de hierro total, pozo N°6.....	93
Figura 30. Comparación de magnesio total, pozo N°6.	93
Figura 31. Comparación de solidos totales, pozo N°6.....	94
Figura 32. Comparación de nitritos, pozo N°6.....	95
Figura 33. Comparación de pH, pozo N°6.....	95
Figura 34. Comparación de sílice, pozo N°6.	96
Figura 35. Comparación de sulfato, pozo N°6.....	96
Figura 36. Comparación de turbiedad, pozo N°6.....	97
Figura 37. Perímetros de protección alrededor de una captación.	101
Figura 38. Estructura de una fosa de producción.....	102
Figura 39. Fosas de producción cercana al pozo N° 6.....	104

INTROUCCIÓN

El agua dulce conforma hoy en día uno de los principales recursos en el mundo, esto ocasiona que se trate de un recurso manejado con sumo cuidado en ciertos sectores del planeta; tomando en cuenta que las reservas de agua dulce no solo se consideran a los ríos, lagos y embalses, en los cuales el agua se presenta en estado líquido, sino también lo son las aguas subterráneas, manantiales, pozos acuíferos, ríos subterráneos, etc.

Así mismo, el agua dulce del planeta se encuentra mayoritariamente en estado sólido, donde aproximadamente el 77,2% se encuentra en los casquetes polares y en los glaciares; y el agua dulce en estado líquido es principalmente subterránea, y representa el 22,4% del vital líquido, como se mencionó anteriormente. Por lo que resulta de gran importancia que las aguas subterráneas en el abastecimiento de agua cuenten con la calidad adecuada para uso y consumo humano, pues gracias a ellas muchas regiones del mundo han podido ser habitadas.

En el mismo orden de ideas, históricamente, a los servicios de agua potable se les ha inscrito en el campo de la salud pública. La razón es que siendo el agua fuente de vida, también es paradójicamente, vehículo para la transmisión de enfermedades tales como el cólera, la tifoidea, la disentería y la parasitosis intestinales. En la actualidad, en Venezuela se desarrollan proyectos masivos de construcción de viviendas, como urbanizaciones, edificaciones y expansión de las ciudades, donde es necesario suministrarles a estos del vital líquido, en cantidades adecuadas para el consumo humano, actividades domésticas y disposición sanitaria de desechos. Siendo esencial para la vida de todas las personas disponer de un suministro satisfactorio, suficiente y accesible.

Bajo este contexto, la escasez de agua dulce, la sobre explotación y contaminación de las aguas superficiales, debido a esta expansión de la población en Venezuela y el crecimiento de actividades tanto agrícolas como petroleras, hacen hoy del agua un recurso cada vez más valioso y disputado. Tal es el caso de las familias del sector Ostra en el Municipio Simón Rodríguez, del estado Anzoátegui; se abastecen de agua potable mediante un sistema de 6 pozos de agua perforados, que según estudios realizados por Hidrocaribe en el año 2014, contienen alteraciones de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, ocasionando problemas en la calidad de agua y la vida de los habitantes.

Ante esta situación se presenta el siguiente estudio que tuvo la finalidad principal el diagnosticar la situación actual de los pozos que surten el sector Ostra, en comparación con los requerimientos mínimos que deben tener estas aguas subterráneas para satisfacer la calidad básica del agua; ya que, el acceso al agua potable es fundamental para la salud, uno de los derechos humanos básicos y un componente de las políticas eficaces de protección de la salud.

El siguiente proyecto está estructurado por 5 capítulos:

- Capítulo I: se desarrolló el planteamiento del problema y objetivos de la investigación, en conjunto con las consideraciones generales, donde se describe toda la información referente a la localización geográfica del sitio en estudio.
- Capítulo II: este capítulo contempla el marco teórico del trabajo de grado, donde se desarrollan parte de los conceptos básicos más resaltantes utilizados en el proyecto.
- Capítulo III: en este capítulo se reflejan las estrategias metodológicas que se utilizarán, las técnicas de recolección de datos y los instrumentos empleados.
- Capítulo IV: se plasmaron los resultados de la investigación, donde se muestran los estudios y comparaciones realizadas a las muestras tomadas.

- Capítulo V: finalmente en este capítulo, se describen las conclusiones y recomendaciones de la investigación, presentándose en función de los objetivos planteado.

CAPITULO I.

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

En Venezuela todo lo concerniente a aguas subterráneas, es decir, a acuíferos de gran potencialidad como son los de la Mesa de Guanipa (Anzoátegui), sur de Monagas, sistema del río Guárico, Llanos de Barinas y Llanos de Apure; acuíferos con potencial medio en Barlovento y Valle de Caracas; y acuíferos en vías de agotamiento en el valle de Quibor (Lara) y en Coro (Falcón), son de gran importancia debido a que una contaminación en algunos de estos acuíferos supone un peligroso problema de salud para toda la población, puesto que estos acuíferos se encuentran en gran medida amenazados al estar ubicados en territorios petroleros, siendo este un hidrocarburo altamente contaminante.

Por otra parte, la explotación de acuíferos representa en muchas regiones la única solución a la demanda del agua; este es el caso del sector Ostra, ubicado en el municipio Simón Rodríguez del estado Anzoátegui. Este sector se encuentra situado sobre uno de los grandes acuíferos de mayor potencial del país: acuífero de la Mesa de Guanipa y se suministra mediante la captación por medio de 6 pozos perforados, abasteciendo dichos pozos a 35 familias del sector.

Es necesario señalar que la problemática comienza en el sector Los Loros, el cual abarca parte del municipio Simón Rodríguez y el municipio San José de Guanipa. En el año 2014 el sector Los Loros se dividió debido a problemas territoriales, dándole vida así al sector Ostra. La alteración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de los pozos que surten a las 35 familias residenciadas en el sector Ostra es lo que los mantiene en desacuerdo en vista que una parte de la comunidad notó cambios en el sabor del agua mientras que la otra parte no. Por esta razón, la Mesa Técnica del Agua (MTA), de dicho sector le

pidió a la empresa Hidrológica del Caribe (Hidrocaribe), que se le practicaran estudios al agua proveniente de los pozos que abastecen el sector Ostra.

Posteriormente, el estudio de Hidrocaribe reveló que “es un agua no apta para consumo humano”. La empresa hidrológica mostró la alteración del parámetro del pH, así como también, una alteración en la concentración de cloruros (salinidad). Cabe destacar que la serie de pozos que se encuentran ubicados en la zona urbana pueden correr cierto riesgo sanitario.

Debido al estudio realizado por la hidrológica surge la necesidad en la comunidad de un estudio más profundo y actualizado, es por ello que se escogió como investigación y posteriormente se planificó y se procedió a realizar una serie de visitas a los pozos para llevar a cabo una inspección detallada, a fin de saber su estado operativo y a su vez una evaluación de los parámetros de calidad del agua, con el propósito de conocer si la misma cumple con los estándares de calidad, establecidos en las Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable, publicadas en Gaceta Oficial N°36.395-1.998.

Cabe destacar que la evaluación de los parámetros de calidad de agua se realizó a los pozos que estén activos en su totalidad. Esta evaluación se determinará mediante pruebas de laboratorio realizadas por el Centro de Investigaciones Tecnológicas de Oriente (CITO) para concretar si el agua es apta o no para el consumo humano, según los parámetros limitantes establecidos en las Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable, publicadas en Gaceta Oficial N° 36.395-1.998.

Por lo tanto, se estableció una lista que recoja los diferentes parámetros físicos, químicos, microbiológicos y organolépticos para así controlar y definir la potabilidad del agua, estableciendo valores límites que no hay que sobrepasar, y poder determinar si califica para el consumo humano. Tomando en cuenta su

caudal, presión y todos aquellos factores que intervengan en el funcionamiento de los pozos.

Como se mencionó anteriormente, en el 2014 fueron realizados estudios a estos pozos para determinar la calidad de agua, a pesar que la empresa Hidrocaribe presentó unos resultados en los cuales el agua no está apta para el consumo humano, los habitantes continuaron consumiendo el agua proveniente de los pozos. Sin embargo, no presentaron ningún tipo de enfermedad en los últimos años.

La realización de este proyecto tuvo como finalidad un análisis actualizado de calidad de agua, para determinar el estado de este recurso tan esencial en la vida, conocer si es apto para el consumo humano sin que ésta traiga consecuencias degenerativas en el bienestar de la comunidad del sector Ostra. Por otro lado, servirá de apoyo documental y de referencia para futuros proyectos realizados en la Universidad de Oriente en el área de calidad de agua e Ingeniería sanitarias.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Evaluar la calidad del agua de los pozos productores del sector Ostra, del municipio Simón Rodríguez del Estado Anzoátegui.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar levantamiento de las facilidades de captación de aguas subterráneas existentes en el sector Ostra, del municipio Simón Rodríguez.
- Describir la calidad del agua de los pozos productores del sector Ostra considerando los aspectos microbiológicos y organolépticos establecidos en las Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable, publicadas en Gaceta Oficial N° 36.395-1.998.
- Comparar los resultados obtenidos en el análisis de calidad de agua con las Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable, publicadas en Gaceta Oficial N° 36.395-1.998.
- Proponer mejoras a los sistemas de captación de aguas subterráneas del sector Ostra, en el municipio Simón Rodríguez, estado Anzoátegui.

1.3 Generalidades

El municipio Simón Rodríguez del estado Anzoátegui, no posee fuentes de aguas superficiales importantes, para el abastecimiento de agua potable de la población, por ello ha recurrido desde hace mucho tiempo a sus aguas subterráneas, especialmente en el área rural, con poco conocimiento sobre su calidad y conveniencia para fines domésticos o agropecuarios, provocando en el usuario desconfianza en su consumo y escasez de información técnica que le permita gestionar a nivel municipal el posible mejoramiento de su calidad, asimismo la municipalidad no posee información para fines de planificación a corto, mediano y largo plazo.

Los usuarios de algunas de estas fuentes de captación de agua en el sitio de estudio, han manifestado que ciertas características organolépticas les hacen suponer que son aguas de mala calidad y su mejoramiento podría ser imposible, desconociendo la existencia de tratamientos con bajos costos de instalación y operación en relación a la importancia de los resultados que pueden obtenerse en la mejora de la calidad de la fuente.

1.3.1 Ubicación geográfica del área en estudio

El sector Ostra, es un sector formado por 35 familias, que está ubicado específicamente en la carretera vía El Tigrito – Cristobero, forma parte de uno de los sectores del Municipio Simón Rodríguez, en la zona centro del estado Anzoátegui, sobre la mesa de Guanipa que forma parte de los llanos orientales, en las figuras 1 y 2, se muestra la extensión aproximada del sector Ostra, así como también la ubicación relativa de pozos, respectivamente. Entre los límites del Área en estudio, témenos:

- Norte: Río Tigre y el municipio San José de Guanipa.
- Sur: Sector la Guarapera.

- Este: Con la Zona industrial de san José de Guanipa y el Municipio san José de Guanipa.
- Oeste: Con vía Ciudad bolívar.

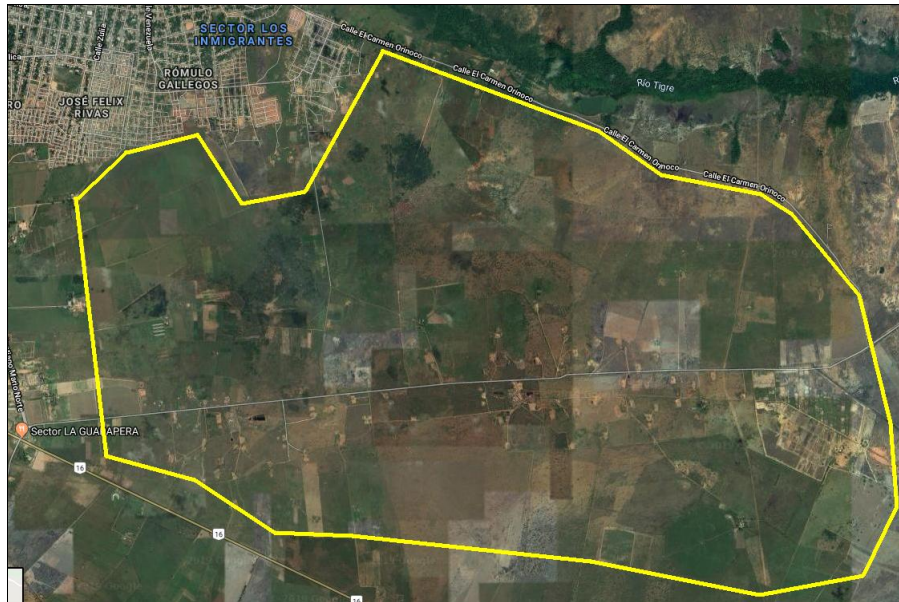


Figura 1. Ubicación geográfica, sector el Ostra en Google Maps.
Fuente: Autores.

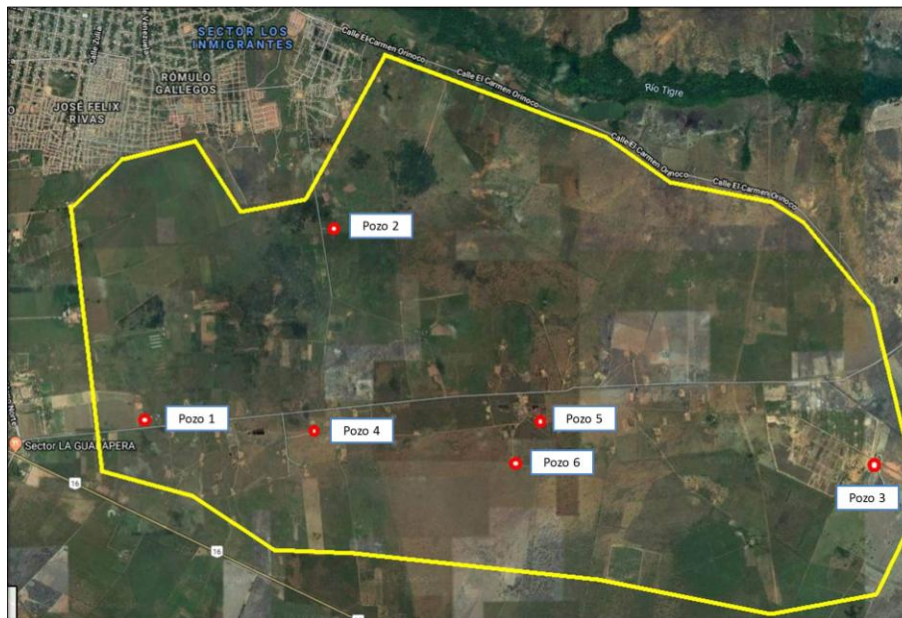


Figura 2. Distribución de los pozos en el sector el Ostra en Google Maps.
Fuente: Autores.

1.3.2 Geología de la zona

Es un área de relieve Homogéneo, aunque presenta algunas colinas y zonas sometidas a procesos erosivos, la baja fertilidad de sus suelos está marcada por la presencia de un largo periodo de sequía y uno de lluvia, sus suelos están confortados por sedimentos residuales provenientes del Escudo Guayanés, con abundante arena cuarcíferas y granos pobremente redondeados, gravas limos, y arcilla, algunas veces presentan cubiertas de óxido de hierro.

1.3.3 Relieve

En los llanos se distinguen tres tipos de vegetación, de acuerdo con su composición florística: sabanas de Trachypogon, sabanas de “banco”, bajíos y esteros, y sabanas de paspalum fasciculatum. Por ser un clima de sabana, dentro de las principales vegetaciones presentes están arboles de Araguaney, Ceiba, Chaparro, Moriche, Mastranto y Merey.

1.3.4 Clima

El clima dominante del municipio es el tropical lluvioso de sabana con dos estaciones bien definidas, invierno y una estación seca rigurosa. Las sabanas están representadas por tierras cubiertas de gramíneas, donde pueden aparecer plantas arbóreas en forma esporádica. Las tres cuartas partes de los llanos venezolanos están representados por vegetación de sabana. El clima de la región llanera se presenta con una temporada de sequía entre noviembre y abril, y un periodo de lluvia entre mayo y septiembre; con una precipitación anual de 1.000-2.000 mm. La temperatura media anual está entre 26 y 28 °C.

1.3.5 Hidrografía del Municipio

El principal afluente que pasa por el municipio es el río Tigre en dirección oeste-este desembocando en el Delta del Orinoco, Sus Balnearios principales son:

- Paso de la línea.
- El puente.
- La redoma.
- El paso del estudiante.
- Bartolo.
- La piscina.

Des mismo modo, este sector se ubica sobre la mesa de Guanipa, la cual es una de las regiones de Venezuela con abundantes reservas hídricas y de grandes volúmenes renovables, cuya fuente predominante de recarga es la infiltración.

1.3.6 Características Generales de la Mesa de Guanipa

- Ubicación: La Mesa de Guanipa, se encuentra localizada en el estado Anzoátegui, forma parte de los llanos orientales comprende la jurisdicción de los municipios San José de Guanipa, Simón Rodríguez y parte de Santa Ana, Pedro María Freites, Francisco de Miranda, Independencia y Aragua.
- Agua subterránea: La región de la Mesa de Guanipa, representa una de las zonas más ricas de Venezuela en cuanto a lo que se refiere a agua subterránea, la cual es de gran importancia para el riego de zonas agrícolas y la zona industrial del municipio.
- Superficie: La superficie del acuífero abarca 3.780 Km². en la zona central de la Mesa de Guanipa, está destinada por las líneas que conectan el río Caris El Tigre, San Tomé, Urupía, La Canoa, Carapa. La recarga del acuífero es por las precipitaciones

CAPITULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Se llevó a cabo una revisión bibliográfica en la cual se seleccionaron los trabajos e investigaciones previamente realizadas, relacionadas con la temática anteriormente planteada. Estas últimas sirvieron de apoyo y consulta para la elaboración del presente estudio, en base a su metodología y contenido.

Gómez (2016), ejecutó un estudio de análisis funcional de los sistemas de captación de aguas subterráneas del acueducto de Cantaura, municipio Pedro María Freites, estado Anzoátegui, en el que señaló que el agua extraída de los pozos sin ser tratada supone un problema de control de calidad para la comunidad, puesto que esta agua se encuentra amenazada al ser implantada en territorio de actividades potencialmente contaminantes por industrias. En su investigación, así como en el presente proyecto, se priorizo la importancia de una evaluación de calidad de agua con el propósito de conocer si el agua de dichos pozos cumplía con los parámetros estandarizados en la Normas Sanitarias de Agua Potable.

Dicha investigación sirvió como guía para determinar los pasos y parámetros a seguir para verificar si la calidad del agua del sector Ostra cumple o no con lo establecido en la norma consultada, así como también un gran apoyo por su metodología utilizada siendo ambas investigaciones de la misma rama, Ingeniería sanitarias.

Por otra parte, Fernández (2014), realizó un reportaje en el periódico El Tiempo, donde se habló de los análisis que la empresa hidrológica del Caribe (Hidrocaribe), realizó a los pozos del sector Ostra, Municipio Simón Rodríguez. La Hidrológica presentó el informe en el que se reveló que es “un agua no apta para

el consumo humano”, donde mostró la alteración del parámetro del pH o potencial de hidrógeno, el cual debe estar en 7.0, pero en este caso se ubica en 5.3.

Mediante el desarrollo de dicho reportaje, se pudo demostrar que el pH no es perjudicial en su totalidad, pero, a largo plazo puede desencadenar enfermedades en el organismo de los habitantes del sector Ostra. Por tal motivo surgió la necesidad de profundizar estos análisis y de conocer el origen de la alteración de los mismos, siendo este el objeto principal de esta investigación.

Cabe destacar que, Martínez en el (2009), efectuó una investigación dónde se diagnosticó la calidad del agua en pozos excavados en Valle del Yeguaré, Honduras, encargados de abastecer de agua a diversas comunidades. El estudio se basó en análisis fisicoquímico y bacteriológico realizados en laboratorios, en el cual se determinó la influencia de las actividades cotidianas en la contaminación de los mantos subterráneos con material fecal proveniente de los pozos sépticos, quienes tienen efluentes que presentan agentes patógenos pertenecientes al grupo de los coliformes

Martínez, pudo demostrar con su estudio en Honduras que es de gran relevancia determinar la presencia de coliformes en el agua, debido a que esto demuestra el grado de contaminación presente y lo perjudicial que sería el consumo de la misma en dichas condiciones. Por consiguiente, esta investigación tuvo como prioridad evaluación de dicho parámetro en los pozos del sector Ostra.

2.2 Bases Teóricas Referenciales

Agua Subterráneas

Según Ordoñez (2011), es aquella parte del agua existente bajo la superficie terrestre que puede ser colectada mediante perforaciones, túneles o galerías de drenaje o la que fluye naturalmente hacia la superficie a través de manantiales o

filtraciones a los cursos fluviales. El agua subterránea representa una fracción importante de la masa de agua presente en cada momento en los continentes.

Acuíferos

Se llaman acuíferos, aquellas formaciones geológicas capaces de contener agua y de permitir su movimiento a través de sus poros, cumpliendo dos funciones importantes: almacenar agua, y conducirla. Dependiendo de la presencia o ausencia de una masa de agua, los acuíferos se clasifican en libres o confinados.

- Acuíferos Libres, son aquellas formaciones en las cuales el nivel del agua coincide con el nivel superior de la formación geológica que la contiene, es decir, la presión en el acuífero es la presión atmosférica.
- Acuíferos confinados, llamados también artesianos, en los cuales el agua está confinada entre dos estratos impermeables y sometidos a presiones mayores que la presión atmosférica.

El agua subterránea de la Mesa de Guanipa, es usada básicamente para consumo de algunos centros poblados, ganadería y sobre todo para la agricultura bajo riego. El Tigre, Anaco, Cantaura y centros poblados cercanos se abastecen por explotación de pozos profundos, sin embargo, la oferta de agua potable es deficiente en algunos de ellos, además de los problemas de contaminación, almacenamiento y tratamiento que presentan.

Características de los acuíferos

Según Arocha (1989), la propiedad de los acuíferos de contener y conducir agua está gobernada por varios factores: porosidad, permeabilidad, transmisibilidad, producción específica y coeficiente de almacenamiento. El conocimiento de estas características permite hacer una evaluación de la magnitud del recurso y su aprovechamiento racional sin peligro de agotarlo, se definen en:

- Porosidad

Por lo general, las rocas no son completamente sólidas, sino que poseen gran cantidad de grietas o espacios intergranulares. El conjunto de estas aberturas o intersticios es lo que se llama porosidad. Cuando estos poros están interconectados entre sí, existe la posibilidad del movimiento de agua. Esto nos indica que la porosidad por sí sola no define la existencia de un acuífero, ya que se precisa además de la interconexión de los intersticios.

La porosidad es una medida del contenido de vacíos e intersticios y se expresa como un porcentaje del espacio vacío respecto al volumen total. Está afectada por los siguientes factores: a) Grado de compactación del material, b) forma y arreglo de las partículas y c) gradación de las partículas, pero es independiente del tamaño de las mismas. La porosidad varía de 0 a 50 por 100, dependiendo de los factores ya mencionados.

- Permeabilidad

Es la propiedad de las rocas de permitir o no el flujo del agua; es decir, un estrato geológico siendo poroso puede contener agua, pero si los espacios vacíos no se interconectan, el agua no circula”. Esta permeabilidad o libertad de movimiento del agua a través de un material poroso, depende de:

- tamaño de las partículas
- forma de partículas
- gradación del material
- viscosidad.

Se define el coeficiente de permeabilidad o permeabilidad de un material, como el volumen de agua que pasa en la unidad de tiempo, a través de una sección de acuíferos de área mínima, cuando el gradiente hidráulico es unitario y en

condiciones de temperatura de 60°F. La permeabilidad tiene dimensiones de velocidad m/día o m³/día/m².

- Transmisibilidad

Es una medida de la capacidad de un acuífero para conducir o transmitir agua, y se define como el volumen de agua que pasa en la medida de tiempo, a través de una franja vertical de acuífero de ancho unitario extendida en todo el espesor saturado, y a una temperatura de 60°F. La transmisibilidad se expresa en m³/día/m.

- Producción específica y retención específica.

Se llena un recipiente con un material poroso completamente seco y luego se añade agua hasta saturar dicho material, no será posible recuperar por medio de drenaje la cantidad total de agua añadida, ya que parte del agua quedará adherida al material granular por atracción molecular y tensión superficial. El volumen de agua retenido dividido por el volumen de agua total del material poroso y expresado como porcentaje, se llama retención específica. La retención específica es mayor en arenas finas que en gravas y arenas gruesas.

- Coeficiente de almacenamiento

Se define como el volumen de agua que es drenado por área unitaria, cuando la presión hidrostática desciende una unidad. En el caso de acuíferos libres, una disminución de un metro de presión equivale a un descenso unitario de la columna de agua, luego, coeficiente de almacenamiento y producción específica son iguales.

En cambio, en acuíferos confinados una disminución en la presión hidrostática, se traduce en un aumento de presión de los estratos superiores sobre el acuífero. Como consecuencia de ello, el agua se expande en pequeña cantidad y el acuífero se contrae por el peso de los estratos superiores. El cambio de volumen resultante es sumamente pequeño, de allí que los coeficientes de almacenamiento para este tipo de acuíferos son relativamente bajos.

Captación de agua subterránea

La manera más antigua de utilizar el agua subterránea ha sido el aprovechamiento directo de los manantiales o fuentes, y posteriormente mediante obras de captación efectuadas a pico y pala: excavaciones de pozos y la construcción de galerías horizontales. El cual, en el libro de sistemas de agua y perforación de pozos, explican que:

Las aguas subterráneas, se pueden explotar por medio de la perforación de pozos mecánicos, que han venido a ser una solución práctica y eficiente para obtener esa agua de los acuíferos y asegurar el abasto por bastante tiempo, una de las grandes ventajas de las aguas subterráneas es que son de buena calidad para el consumo humano por estar protegidas naturalmente, por capas de suelos o rocas que tienen la capacidad de atenuar, retardar o retener algunos contaminantes.

El agua subterránea brota de forma natural en distintas clases de lugares, en las laderas (manantiales) y a veces en fondos del relieve, siempre allí donde el nivel freático intercepta la superficie.

Como fuentes de abastecimiento las aguas subterráneas se pueden presentar en forma de:

- **Manantial:** El agua de manantial, por lo general, se la puede usar sin tratamiento, a condición de que el manantial este adecuadamente protegido con una estructura que impida la contaminación del agua. Se debe asegurar que el agua provenga realmente de un acuífero y que no se trate de agua de un arroyo que se ha sumergido a corta distancia.

De igual forma sigue explicando que, dependiendo del lugar donde brota es donde el terreno se encuentra con el nivel freático, dependiendo del tamaño del manto freático y de la forma del terreno del punto del afloramiento, el manantial puede ser:

- **Brote definido:** Es cuando emerge el manantial, desde el acuífero de una manera clara, identificable y bien definida. Este se debe a que el terreno se interpone en el estrato que contiene el agua, y lo corta súbitamente, produciendo el afloramiento del líquido.
- **Brote difuso:** Aquí el agua brota de una manera no puntual, sino que distribuye en un área grande, donde no se puede ver e manera concreta el lugar donde brota el agua. Por ejemplo, los pantanos las ciénagas. Se deben que el terreno corta únicamente de manera parcial el estrato en donde se desplaza subterráneamente el agua. El nivel del terreno es tangente al estrato acuífero, únicamente lo roza, el terreno no corta toda la sección por la que se desplaza el agua.

Pozos

Es la forma tradicional para obtener agua subterránea. El agua se filtra a través de los poros de la tierra almacenándose y circulando por debajo del nivel del suelo. Dependiendo del estrato geológico a través del cual circula y de la profundidad al que lo hace, así será el trabajo que se haga para la obtención del

agua; así pues, un pozo puede ser simplemente excavado, clavado, perforado o barrenado, existen varios tipos de pozos como:

- Pozos excavados: Se efectúan con herramienta sencilla, de una forma artesanal, se encuentra levemente al excavar el nivel freático.
- Pozos impulsados: Cuando no hay brotes naturales, el agua subterránea se puede acceder a través de pozos, perforaciones que llegan hasta el acuífero y se llenan parcialmente con el agua subterránea, siempre por debajo del nivel freático, en el que provoca además una depresión local.

Es aquel que penetra y capta el agua en el manto acuífero. Se realiza de una forma utilizando medios mecánicos y a mayor profundidad que un pozo tradicional. La extracción de aguas se hace por medios mecánicos eficientes que producen un mayor caudal que los pozos tradicionales.

- Pozos artesianos: Son los pozos de que emana agua a presión. El agua que se acumula en mantos geológicos de roca cerrada, se llama agua confinada, debido a que registra una presión sobre las superficies que la confinan. Sí se efectuará un agujero que atraviese el manto rocoso, el agua saldrá impulsada debido a la presión que tiene.

Características y Partes de un Pozo

El Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS) (1965), señala que las características y partes de un pozo son: diámetro de perforación, longitud entubada, diámetro del entubado, protección sanitaria, rejillas, empaque de grava y base de concreto (ver figura 3). A continuación, se describen cada una de éstas.

- Nivel de bombeo (NB): Es el nivel que alcanza el agua durante el bombeo del pozo.

- Abatimiento(s): Es la distancia entre el nivel estático y el nivel de bombeo: (NB - NE).
- Capacidad Específica (Q/s): Es indicativo de la eficiencia del pozo y se expresa como la relación entre el gasto y el abatimiento. Se expresa en litros por segundo por metro.
- Radio de Influencia(R): Es la distancia desde el centro del pozo al límite del cono de depresión.
- Diámetro de Perforación: Se define como diámetro de perforación el diámetro nominal de la mecha de perforación utilizada en el ensanche del pozo.
- Longitud Entubada: Es la longitud de la tubería colocada desde la base del pozo hasta la profundidad del tapón. Se compone de rejillas y tubería ciega destinada a:
 - Mantener las rejillas en su posición de diseño.
 - Proteger el pozo de derrumbes en formaciones de material sueltos.
 - Como sostén del empaque de grava, cuando el pozo sea diseñado en esa forma.
 - Permitir la instalación del equipo para la explotación del pozo.
- Protección Sanitaria: Es una obra de concreto que se construyó desde cierto nivel sobre la superficie del terreno, hasta seis (6) metros mínimos, por debajo de la misma, dependiendo del tipo de suelo y de las condiciones existentes en zonas cercanas. La protección sanitaria está destinada a evitar, en lo posible, la contaminación del agua subterránea por agentes exteriores.
- Diámetro del entubado: Se denomina diámetro del entubado el diámetro nominal de la tubería de forro del pozo. El diámetro del entubado debe tener, por lo menos, cuatro (4") pulgadas más de diámetro que el diámetro

de los tazones de la turbina seleccionada para obtener el caudal calculado a explotar.

- Rejilla: tubería de captación de abertura continua la cual permite la entrada del agua al interior del pozo.

En los pozos diseñados sin empaque de grava la escogencia de la abertura de las rejillas se hace en base al ensayo granulométrico del material natural del acuífero a explotar. Al escoger la rejilla debe tomarse en cuenta los análisis químicos del agua y su velocidad de entrada al pozo. Después de seleccionadas y colocadas las rejillas todo el material fino no retenido por ellas, debe ser extraído durante el proceso de desarrollo del pozo. En los pozos diseñados con “empaque” de grava de rejilla debe escogerse, de forma tal que retenga toda la grava seleccionada en la construcción del “empaque”.

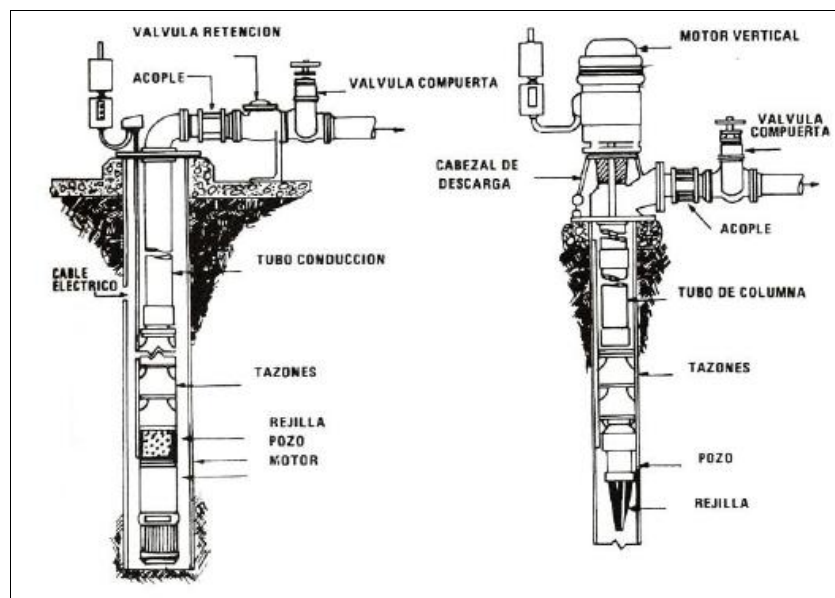


Figura 3. Partes de un pozo.
Fuente: INOS (1965). Editado por los autores.

Caudal de aforo

Es el volumen de agua por unidad de tiempo, que produce la fuente, cuando es de nacimientos se obtiene por el método volumétrico.

El método más común es el Método volumétrico que consiste en utilizar un recipiente de volumen conocido y cronometrar el tiempo que tarda en llenarse, luego se procede a calcular el caudal de la siguiente manera:

$$Q= C/T. \text{ (ec. 1)}$$

Dónde:

Q = caudal en Lt/seg.

C = capacidad del recipiente en Lt.

T = tiempo de llenado en seg.

Calidad de agua

Mejía (2005), señala que el problema de la calidad de agua es tan importante como aquellos relativos a la escasez de la misma, sin embargo, se le han brindado menos atención. El término calidad de agua se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos como: doméstico, riego, recreación e industria.

Por otra parte, Mendoza (2006), define la calidad del agua como el conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre esta calidad del agua y las necesidades del usuario. Además, la calidad del agua se puede definir por sus contenidos de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución.

La evaluación de la calidad del agua subterránea a ser consumida por la colectividad, se fundamenta en una serie de especificaciones publicadas en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 36.395 del año 1998, donde se consideran los componentes fisicoquímicos y bacteriológicos con sus límites de

tolerancia aceptable y deseable. Cuando se sobrepasa un valor guía, esto debe considerarse como una indicación de que es preciso investigar la causa con vistas a tomar medidas correctivas y consultar a las autoridades responsables para que proporcionen asesoramiento, por lo que generalmente la insuficiencia en el suministro y calidad del recurso se atribuyen a las instituciones y opciones políticas y no a la disponibilidad del agua. Terán (2003).

Calidad de las Aguas Subterráneas

Las Recomendaciones Generales sobre Calidad de Aguas Subterráneas (1981), establecen que la composición química de las aguas subterráneas, en condiciones concretas, es el resultado del desarrollo de la historia hidrogeológica de una determinada región o cuenca. Aquí es necesario mencionar la presencia de una gran cantidad de procesos de diferente naturaleza, los cuales influyen en la formación de la composición química de las aguas subterráneas.

Entre los principales procesos que ejercen una influencia preponderante en la formación de la composición química de las aguas subterráneas, se pueden mencionar la capacidad del agua para disolver o llevar en suspensión una gama de elementos y compuestos químicos que provienen de sus reacciones con las rocas y los suelos que drenan o en las cuales se acumulan.

Esta disolución de las rocas y los suelos está relacionada principalmente con la infiltración de las aguas de precipitación y de escorrentía superficial. Otros procesos de importancia que influyen en la composición química son la mezcla de aguas, la actividad del hombre y la precipitación de sales como producto de la evapotranspiración.

Riesgo de Afección a las Aguas Subterráneas

La vulnerabilidad de los acuíferos frente a la contaminación es una propiedad intrínseca del medio que determina la sensibilidad a ser afectados negativamente por un contaminante externo, según Foster (1987), es una propiedad relativa, no medible y adimensional y su evaluación se realiza admitiendo que es un proceso dinámico (cambiante con la actividad realizada) e iterativo (cambiante en función de las medidas protectoras). La vulnerabilidad puede ser intrínseca (condicionada por las características hidrogeológicas del terreno) y específica (cuando se consideran factores externos como la climatología o el propio contaminante, generado comúnmente por actividades humanas relacionadas al área de industrias, desechos químicos y aguas servidas de los hogares).

Parámetros de Vulnerabilidad

- **Profundidad del agua:** Según Foster (1987), la profundidad del agua juega un papel importante, porque determina el espesor del terreno que debe atravesar el contaminante para alcanzar la zona de saturación.

A mayor profundidad del nivel freático, hay mayor oportunidad para la atenuación, dilución, volatización, de los contaminantes, debido a que implica mayor tiempo de desplazamiento de los mismos hacia el espesor saturado.

- **Recarga:** Se le da el nombre de recarga, a la cantidad de agua por unidad de área que se infiltra a través del suelo y llega hasta el nivel freático. Las principales fuentes de recarga son la percolación directa del agua de lluvia, que cae sobre la superficie del suelo atravesando la zona vadosa para posteriormente alcanzar el manto acuífero y las corrientes superficiales, que contribuyen a la infiltración del escurrimiento superficial en la época lluviosa o de estiaje.

- Medio del Acuífero: Se define como la zona saturada de agua que ocupa el espacio de los poros o fracturas. Se encuentra por debajo de la zona vadosa y es capaz de producir agua suficiente para la explotación.

Su importancia radica por el grado de influencia en la atenuación de un contaminante. Dicha influencia se mide por el recorrido del penacho o pluma de contaminación. Éste, a su vez, es determinado por el sistema de flujo o por el nivel de interconexión entre poros o fracturas del medio saturado. Es sumamente importante porque influye en el tiempo requerido, para que ocurran los procesos de atenuación como la absorción, dispersión y dilución.

- Suelo: Se define como el producto de un material rocoso (geológico) que ha sufrido una serie de procesos físicos-mecánicos, químicos y bioquímicos, que alteran el estado original del material parental (meteorización, erosión eólica e hídrica); se encuentra en la superficie terrestre por encima de la zona no saturada (zona vadosa), alberga la acción radicular de la cobertura vegetal, y se caracteriza por tener un considerable potencial biológico y orgánico.

El suelo representa la primera zona donde puede ocurrir la atenuación de la carga contaminante, debido a los procesos de filtración, biodegradación, absorción, volatización, y otros. La intensidad de los mismos está influida directamente por el tipo de arcilla, características granulométricas del sedimento y contenido de materia orgánica.

- Topografía: Se conoce como topografía a la variación de pendiente, la cual está expresada en porcentaje. Ésta es importante, porque permite que un contaminante depositado sobre la superficie del suelo se escurra o permanezca el tiempo suficiente en la superficie, para lograr infiltrarse a

través de la zona no saturada y llegar al manto acuífero. Las pendientes menores están asociadas a un potencial de contaminación mayor, ya que favorecen la infiltración a causa de su bajo escurrimiento superficial.

- **Zona Vadosa:** La zona vadosa se localiza entre la parte inferior y el nivel estático el agua subterránea. Se define como la zona del sistema acuífero que no está saturada o que tiene una saturación discontinua, donde el papel principal lo juega el material litológico y el espesor, lo cual determina la distancia, la ruta y el tiempo de recorrido de la carga hacia la zona saturada.

La importancia de la zona vadosa, en la estimación de la vulnerabilidad natural del acuífero, depende de las características de espesor, composición litológica, propiedades químicas de las rocas, que determinan las condiciones de atenuación del material que se encuentra por debajo del horizonte del suelo y por encima de la capa freática. La biodegradación, la neutralización, la filtración mecánica, la reacción química, la volatización y la dispersión, son fenómenos que pueden ocurrir y contribuye al proceso de atenuación de la zona vadosa.

- **Conductividad Hidráulica:** Es la propiedad que tiene un medio poroso y/o fracturado, en permitir la circulación del agua, a través de sí por unidad de tiempo y bajo un gradiente hidráulico determinado. La condición, que controla la conductividad hidráulica, es el grado de interconexiones entre los espacios vacíos en el medio acuífero, ya sea de porosidad primaria o secundaria (conexión intergranular).
- El papel que juega en la vulnerabilidad hidrogeológica consiste en que altas conductividades hidráulicas están asociadas a un alto grado de potencial

de contaminación en dependencia de una mayor o menor velocidad con que el agua puede circular.

Aspectos microbiológicos

Custodio y Llamas. (1976), definen que el mayor riesgo microbiano del agua es el relacionado con el consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales, aunque puede haber otras fuentes y vías de exposición significativas. Se sabe que la contaminación fecal del agua está relacionada con la transmisión hídrica de agentes patógenos; por este motivo, se requieren métodos sensibles que permitan medir el grado de contaminación fecal. Los análisis de patógenos son costosos y el procedimiento es largo. Por las razones antes mencionadas, la evaluación de la calidad microbiológica del agua de abastecimiento humano se basa en la determinación de indicadores bacterianos.

- Grupo coliforme: abarca géneros que utilizan la lactosa para producir ácido y gas. Los siguientes géneros conforman el grupo coliforme:
 - Klebsiella.
 - Escherichia.
 - Enterobacter.
 - Citrobacter.
 - Serratia.

- Coliformes termotolerantes (fecales): Se denomina coliformes termotolerantes a ciertos miembros del grupo de bacterias coliformes. Los coliformes termotolerantes crecen a una temperatura de incubación de 44,5°C. Esta temperatura inhibe el crecimiento de los coliformes no tolerantes. Se miden por pruebas sencillas y de bajo costo y ampliamente usadas en los programas de vigilancia de la calidad del agua (Ibídem). Los métodos de análisis son la prueba de tubos múltiples y la de filtración con membrana.

- Coliformes totales: Los coliformes totales se emplean para la evaluación sanitaria de los efluentes finales de la planta de tratamiento. Para su determinación se emplean los métodos mencionados para coliformes termotolerantes.
- Recuento en placa de bacterias heterotróficas: El recuento en placa de bacterias heterotróficas detecta una amplia variedad de microorganismos, principalmente bacterias que son indicadoras de la calidad microbiológica general del agua.

Se ha comprobado que el conteo total es uno de los indicadores más confiables y sensibles del tratamiento o del fracaso de la desinfección. Para su determinación se emplea una prueba sencilla y de bajo costo. Los métodos son el vertido en placa, la difusión en superficie y la filtración con membrana. Se emplea un medio de cultivo rico, como el extracto de levadura, y la incubación se realiza durante 48 horas a 35 °C.

Es importante resaltar que los coliformes totales y coliformes termotolerantes, son removidos con mayor facilidad que los quistes de protozoarios, por lo cual la ausencia de coliformes no indica en forma absoluta la ausencia de quistes. Ante un brote epidémico de enteroparásitos, no bastaría la determinación de coliformes en el agua, sobre todo cuando esta es de origen superficial y ha sido únicamente sometida a desinfección.

A raíz de numerosos estudios, se ha encontrado que en el agua superficial sin tratamiento existe una buena correlación entre la presencia de algas y protozoarios entre otros parásitos y, en el agua tratada, entre la presencia de protozoarios y niveles de turbidez; asimismo, con el conteo de partículas de cinco micrómetros.

Peligros microbianos relacionados con el agua de consumo

Los riesgos para la salud relacionados con el agua de consumo más comunes y extendidos son las enfermedades infecciosas ocasionadas por agentes patógenos como bacterias, virus y parásitos (por ejemplo, protozoos y helmintos), Organización Mundial de la Salud, (2010). La carga para la salud pública es función de la gravedad de la enfermedad o enfermedades relacionadas con los agentes patógenos, de su infectividad y de la población expuesta.

Un fallo general del sistema de protección de la seguridad del abastecimiento de agua puede ocasionar una contaminación a gran escala del agua y, potencialmente, epidemias detectables. Otras averías y la contaminación leve, posiblemente en ocasiones repetidas, pueden ocasionar brotes esporádicos significativos de enfermedades, pero no es probable que las autoridades de vigilancia de la salud pública los asocien con la fuente de abastecimiento de agua de consumo.

Aspectos físico-químicos

Conforme a López (2016), la presencia de sustancias químicas disueltas e insolubles en el agua (que pueden ser de origen natural o antropogénico) define su composición física y química. Algunos procesos fisicoquímicos que ocurren en el agua pueden ser evaluados si se recurre a los principios de equilibrio químico, incluida la Ley de Acción de Masas y la Ecuación de Nerst, o al conocimiento de los mecanismos de reacción y de las proporciones para los procesos irreversibles.

Las características físicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, etcétera), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua. Entre estas, están la turbiedad, sólidos solubles e insolubles, color, olor, sabor, temperatura y pH. López (2016) las define así:

- Turbiedad: no está regulada para el uso recreativo de lagos y lagunas, pero considerado en conjunto con la transparencia, color y pH, dará una idea de la calidad general del agua. Se desconoce si la turbidez generada por partículas coloidales tiene efectos directos sobre la salud humana, pero ciertamente afecta la calidad estética del agua. El nivel recomendado es de 5 UT.
- Sólidos y residuos: se denomina así a los residuos que se obtienen como materia remanente luego de evaporar y secar una muestra de agua a una temperatura dada. Según el tipo de asociación con el agua, los sólidos pueden encontrarse suspendidos o disueltos.
 - Sólidos totales: Corresponden al residuo remanente después de secar una muestra de agua. Equivalen a la suma del residuo disuelto y suspendido. El residuo total del agua se determina a 103–105 °C.
 - Sólidos disueltos o residuos disueltos: Mejor conocidos como sólidos filtrables, son los que se obtienen después de la evaporación de una muestra previamente filtrada.
 - Sólidos en suspensión: Corresponden a los sólidos presentes en un agua residual, exceptuados los solubles y los sólidos en fino estado coloidal. Se considera que los sólidos en suspensión son los que tienen partículas superiores a un micrómetro y que son retenidos mediante una filtración en el análisis de laboratorio.
 - Sólidos volátiles y fijos: Los sólidos volátiles son aquellos que se pierden por calcinación a 550 °C, mientras que el material remanente se define como sólidos fijos. La mayor parte de los sólidos volátiles corresponden a material orgánico. Los sólidos fijos corresponden, más bien, a material inorgánico.
- Color: puede afectar el desarrollo normal de la flora y la fauna autóctona. El color no está regulado para el uso recreativo de lagos y lagunas, pero

considerado en conjunto con la transparencia, turbidez y pH, dará una idea de la calidad general del agua.

- Olor y sabor: están estrechamente relacionados; por eso es común decir que a lo que huele, sabe el agua. En términos prácticos, la falta de olor puede ser un indicio indirecto de la ausencia de contaminantes, tales como los compuestos fenólicos. Por otra parte, la presencia de olor a sulfuro de hidrógeno, puede indicar una acción séptica de compuestos orgánicos en el agua.
- Temperatura: es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues, por lo general, influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración. Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente.
- pH: representa el potencial de hidrógeno de una solución acuosa. Un pH igual a 7, indica un medio neutro, menor a 7, un medio ácido y por encima de 7 un medio básico. Valores de pH en el agua entre 6 y 9, son los más aptos para el desarrollo de la vida acuática. El pH de las aguas puede variar según los distintos tipos de vertidos que reciban las mismas.

El desarrollo de algas en un curso de agua consume CO₂ y eleva el pH. Un pH por encima de 9, favorece el desarrollo de cianobacterias que no solo afectan la coloración del agua, sino que también pueden generar toxinas como las microcistinas (hepatotoxinas), anatoxinas (neurotoxinas) y toxinas irritantes de piel y mucosas. (Ibídem).

Rehabilitación de pozos

En el manual de pozos profundos de agua, definen que para esta actividad y dependiendo de las circunstancias propias que se presenten en cada pozo, después de un análisis de ingeniería, se dispone el tipo de tratamiento que requiere el pozo. Es decir, cada pozo requiere un análisis completo para determinar que procedimiento deberá realizarse.

Del mismo modo, sigue explicando los diferentes tipos de mantenimientos son los siguientes: desazolve, cepillamiento o pistoneo, los cuales requieren un equipo de perforación o malacate, para una desincrustación, puede requerirse un sistema de explosivos sónicos o productos químicos. Para el arreglo de las tuberías, utilizamos la prensa electro hidráulica que “plancha” y rectifica, colocando una camisa, para evitar se siga deteriorando el pozo o ademe.

La rehabilitación mecánica también puede ser ejecutada con una máquina de perforación de tipo pulseta. La diferencia entre esta y el malacate eléctrico es el peso de la herramienta de perforación es mayor.

Rehabilitación química

Las rehabilitaciones se realizan comúnmente con agentes de polifosfatos, comúnmente conocidos como dispersores o dispersantes de arcillas, son agentes tensoactivos, similares a los detergentes, pero menos espumantes, que tienen la propiedad de separar los aglomerados de partículas, si se hace intervenir una fuerte agitación. El más usual es el hexametafósforo de sodio, aunque también se utilizan otros como las polifosfatos, el tetrapirofósforo sódico, el septafósforo sódico y el tripolifosfato sódico.

El cloro se deposita activo al agua del pozo, con objeto de que mate las bacterias y elimine el limo orgánico asociado. La acidificación también mata las

bacterias, pero no elimina el limo orgánico. El cloro se puede aplicar como gas disuelto previamente en el agua o directamente, pero el medio más fácil y seguro es su manejo como hipoclorito cálcico, en estado puro o disuelto en agua.

Se precisan concentraciones de cloro activo, en el pozo, de 100 a 200 P.P.M., y como máximo 500 P.P.M. Para el cálculo de las concentraciones se cubica el agua en el pozo. El hipoclorito cálcico tiene un 70 % de cloro activo. Bajo estas premisas, para preparar soluciones para un metro cúbico de agua se requieren las siguientes cantidades de hipoclorito cálcico:

Concentración de 100 P.P.M.: 143 gr

Concentración de 200 P.P.M.: 286 gr

Concentración de 300 P.P.M.: 429 gr

Concentración de 400 P.P.M.: 571 gr

Concentración de 500 P.P.M.: 715 gr

Si se desea que la Cloración sea efectiva, conviene repetir el tratamiento 3 o 4 veces.

Parámetros indicadores de la calidad del agua

La manera más sencilla y práctica de estimar la calidad del agua consiste en la definición de índices o relaciones de las medidas de determinados parámetros físicos, químicos o biológicos en la situación real y en otra situación que se considere admisible o deseable y que se encuentre definida por ciertos estándares o criterios. El cálculo de los límites permite llegar a diferentes clasificaciones de calidad de agua de acuerdo al uso específico al que se le destine. RWL Water Group (2014). Los parámetros más importantes son:

- Potencial Hidrógeno (pH)

Indica la acidez o alcalinidad del agua. Las aguas muy poco mineralizadas son por lo general ligeramente ácidas, el resto son alcalinas fundamentalmente por los bicarbonatos que tiene disueltos el agua.

El potencial de hidrogeno se define arbitrariamente y por comodidad como el logaritmo de base 10 del inverso de la concentración del ión hidrógeno, y se emplea para expresar la actividad de este ión. La escala de pH varía de uno a 14 grados. Un pH de 7° C en el agua indica neutralidad. Un pH comprendido entre el valor neutro y 14° indica alcalinidad.

Un pH comprendido entre uno y el valor neutro indica acidez. Significado sanitario: la importancia de la determinación de este parámetro radica en que la mayoría de las aguas naturales superficiales tienen valores de pH entre 5.5-8.6° C. La alteración excesiva fuera de estos límites puede indicar contaminación del abastecimiento de agua por algún desecho de tipo industrial.

- Turbidez

Es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión; mide la claridad del agua. Es un parámetro operacional y cuando es elevado, generalmente es por problemas en el tratamiento o posibles intrusiones en la red. El principal impacto es meramente estético, a nadie le gusta el aspecto del agua sucia, pero, además, es esencial eliminar la turbidez para desinfectar efectivamente el agua que será utilizada para ser bebida.

- Sodio

Incide claramente en el “sabor” del agua. Una fuente importante de sodio la constituyen los aportes de agua marina en regiones costeras, tanto por fenómenos de intrusión en acuíferos costeros como por infiltración del agua de lluvia a la que se incorpora desde el mar. Si bien es necesario para el organismo, el Sodio debe

ser vigilado por las personas con tensión alta o aquellas aquejadas de trastornos renales o cardíacos.

- Dureza total

Es una característica del agua que representa la concentración total de calcio y magnesio, expresada como carbonato de calcio (CaCO_3).

Significado sanitario: la presencia de dureza en el agua no afecta su calidad sanitaria; sin embargo, es importante considerarla, ya que en ciertos casos dificulta la cocción de algunos alimentos y provoca la formación de incrustaciones en los utensilios de cocina. Por otra parte, según el contenido de dureza total en el agua, ésta puede clasificarse de acuerdo con la siguiente tabla: Tabla 7. Clasificación del agua, según rango de dureza total.

Tabla 1. *Clasificación de las aguas según su dureza.*

(1991) Rango de dureza total (CaCO_3) mg/l	Clasificación del agua
0 a 75	Blanda
75 a 150	Moderadamente dura
150 a 300	Dura
>300	Muy dura

Fuente: Norma COVENIN 2771-91. Editada por los autores.

- Bacterias

Indicador general de contaminación bacteriana. En ausencia de *Escherichia coli*, esta contaminación puede provenir de una desinfección deficiente en el tratamiento o bajo nivel de Cloro en la red de distribución. La presencia de *Escherichia coli* es un indicador de contaminación fecal, generalmente por contacto con aguas residuales o heces.

Aunque es de suponerse que el objetivo de los exámenes que se practican habitualmente al agua sería el de aislar los organismos patógenos; existen ciertas razones por las cuales esto no es así y se pueden resumir de la siguiente manera:

- Lo más probable es que los gérmenes patógenos lleguen al agua esporádicamente y no sobreviven en ella durante largo tiempo; por eso, pueden no encontrarse en la muestra enviada al laboratorio.
- Si existen en muy pequeño número es fácil que escapen a las técnicas de investigación.

Además, es sabido que los microorganismos patógenos llegan a los cuerpos de agua, a través de las deyecciones intestinales, por lo que el examen que habitualmente se practica al agua consiste en la investigación de ciertas especies bacterianas, que se encuentran normalmente en el intestino grueso del hombre y de otros animales de sangre caliente.

Estas especies, que de por sí no son patógenas, se asocian a menudo con los organismos que sí lo son y son un buen índice del grado de seguridad bacteriológica de un cuerpo de agua. Por otra parte, estas especies bacterianas son más resistentes que las patógenas, por lo que se encuentran ausentes en el agua, entonces hay una indicación de que el agua es bacteriológicamente segura para el consumo humano. Asimismo, la presencia de estas especies es una indicación de que se pueden encontrar presentes organismos patógenos y que el agua para bebidas es insegura. Estas especies bacterianas tienen por denominación "el grupo coliforme".

- Grupo Coliforme

El Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (1998) indica que este grupo básicamente lo forman las bacterias *Escherichia coli* y *Enterobacter aerogenes*. El

grupo coliforme se divide a su vez en dos; si el grupo está formado por las bacterias anteriormente mencionadas, se denomina grupo coliforme total. Si el grupo está formado únicamente por la bacteria escherichia coli, se denomina grupo coliforme fecal. Entre las principales características del grupo coliforme tenemos:

- Bacilos aerobios a anaerobios facultativos.
- No esporulados.
- Gram-negativos.
- Fermentan la lactosa con producción de ácido y gas de 24 a 48 horas a las temperaturas siguientes:

35 +/- 0.2° C para el grupo coliforme total.

45 +/- 0.5° C para el grupo coliforme fecal.

La clasificación de la calidad de las aguas subterráneas de acuerdo a su uso se fundamenta en una serie de normas sobre el control de los cuerpos de agua y vertidos o afluentes líquidos publicados en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 36.395 del año 1998 considerando los componentes fisicoquímicos y bacteriológicos con sus límites de tolerancia aceptable y deseable.

En Venezuela, la norma sanitaria de calidad de agua potable es de aplicación obligatoria y de utilización corriente en el país, por los entes encargados de la captación, transporte suministro y potabilización de las aguas subterráneas en el país; por lo que principalmente en este objetivo, se realizó una revisión comentada de los distintos aspectos que esta abarca, la cual, está basada en los siguientes capitulos:

- Capítulo I: Disposiciones preliminares (Art 1 al 7)
- Capítulo II: De los aspectos microbiológicos (Art. 8 al 13)
- Capítulo III: De los aspectos organolépticos, físicos y químicos. (Art. 14)
- Capítulo IV: De los aspectos radiactivos (Art. 15)

- Capítulo V: De la frecuencia de muestreo y análisis del agua para suministro como potable (Art. 16 al 22)
- Capítulo VI: Disposiciones finales (Art. 23 al 26)

Bajo este contexto, solo se utilizará el capítulo II y capítulo III de la norma, relacionados con los parámetros bacteriológicos y físico-químicos planteados en la investigación. Donde, señala que, para aguas destinadas a consumo humano deben contener los siguientes parámetros:

- Los resultados de los análisis bacteriológicos de agua potable deben cumplir los siguientes requisitos:
 - Ninguna muestra de 100 mL, debe indicar la presencia de organismos coliformes termorresistentes (coliformes fecales).
 - El 95% de las muestras de 100mL, analizadas en la red de distribución no debe indicar la presencia de organismos coliformes totales durante cualquier periodo de 12 meses consecutivos.
- El agua potable no debe contener agentes patógenos: Virus, Bacterias, Hongos, Protozoarios, ni Helminetos.
- El agua potable no debe contener organismos heterótrofos aerobios en densidad mayor a 100 ufc/cmL.
- La cantidad total de plancton presente en el agua potable, en ningún caso debe exceder de 300 unidades estándar de área por mL (USA/mL).

Desde el punto de vista sanitario, las aguas destinadas al uso doméstico son aquellas que pueden ser acondicionadas con la sola adición de desinfectantes o por medio de tratamientos convencionales de potabilización como coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración. En la tabla 2 se indican los valores deseables y máximos aceptables relativos a los componentes inorgánicos y organolépticos del agua potable establecidos por las normas sanitarias.

Tabla 2. *Componentes relativos a la calidad del agua potable.*

Componente o característica Unidad	Valor Deseable menor a	Valor Máximo Aceptable
Color UCV	5	15 (25)
Turbiedad UNT	1	5 (10)
Olor o sabor	Aceptable para la mayoría de los consumidores	
Sólidos disueltos totales	600	1000
Dureza total mg/L CaCo ₃	250	500
PH	6.5 – 8.5	9.0
Aluminio mg/L	0.1	0.2
Cloruro mg/L	250	300
Cobre mg/L	1.0	(2.0)
Hierro Total mg/l	0.1	0.3 (1.0)
Manganeso Total mg/L	0.1	0.5
Sodio mg/L	200	200
Sulfato mg/L	250	500
Cinc mg/L	3.0	5.0

Fuente: Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable (1998).

De igual forma, en la tabla 3, se indican los valores máximos para las aguas destinadas a uso doméstico.

Tabla 3. Componentes inorgánicos.

Componentes	Valor máximo aceptable (mg/L)
Arsenio	0.01
Bario	0.7
Boro	0.3
Cobre	20
Cadmio	0.003
Cianuro	0.07
Crom total	0.05
Fluoruros	(c)
Mercurio total	0.001
Níquel	0.02
Nitrato (NO ₃)	45
Nitrito (NO ₂)	0.03
Molibdeno	0.07
Plomo	0.01

Selenio	0.01
Plata	0.05
Cloro residual	1.0 (3.0)

Fuente: Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable (1998).

Contaminación de las aguas subterráneas

La contaminación es la alteración de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del agua por la acción de procesos naturales o artificiales que producen resultados indeseables. La contaminación puede ser natural o artificial y ésta última directa o inducida Romero (2002).

- Natural Es la producida por contacto con formaciones sedimentarias marinas y salinas o por yacimientos metalíferos, radioactivos y/o petrolíferos.
- Artificial Es la más común y se la puede clasificar de acuerdo al sitio donde se produce (urbana y rural) o a la actividad que la genera (doméstica, industrial, agropecuaria) 1.3.5.3 Artificial urbana Se genera por vertidos domésticos, pérdidas en redes cloacales, lixiviados de vertederos, lixiviados de la industria, etc.
- Artificial rural Se genera debido al empleo indiscriminado de agroquímicos, a causa de efluentes no tratados de tambos, corrales, etc.
- Artificial inducida Se genera por salinización de un acuífero, debido a una sobreexplotación de pozos en áreas costeras. La contaminación del agua subterránea es más difícil de detectar que la del agua superficial debido a que no está visible, provocando mayor duración del contaminante en el medio, una vez detectada es posible que haya afectado a una gran proporción del acuífero.

Una vez que se determina la contaminación del agua, se debe identificar la fuente de contaminación y por lo tanto el contaminante, su movilidad, su toxicidad y su persistencia.

CAPITULO III.

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de investigación

La investigación se ubicó en un tipo documental, el cual, F. (2012), explica que “es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales” (p.27), por consiguiente queda sustentado que estuvo fundamentada en la interpretación y comparación de datos y parámetros establecidos en normas ya existentes, como la Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable, publicadas en Gaceta Oficial N°36.395-1.998.

Del mismo modo, atendió a una investigación de campo, debido a que se necesitó ir directamente al sitio en estudio, para recolectar datos y muestras que no habían sido documentadas, es decir, se hizo una recopilación de datos de forma directa de la realidad de los pozos de agua del sector Ostra, del Municipio Simón Rodríguez del estado Anzoátegui. En donde, F. (2012), explica que “es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos”. (p.31).

3.2 Nivel de investigación

Según el nivel de la investigación se ubicó en el descriptivo, de acuerdo Arias, F. (2006), dice que: “La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (p. 24). Por lo que, quedó sustentado que se basó principalmente en caracterizar y analizar los aspectos que afectan la calidad de agua en el sector Ostra, ubicado en el municipio Simón Rodríguez del Edo. Anzoátegui, con el fin de comprobar si esta se encuentra apta o no para el

consumo humano, partiendo de las consideraciones técnicas correspondientes, contempladas en las normas utilizadas en la investigación.

3.3 Técnica a utilizar

Para lograr los objetivos planteados de este proyecto se utilizó diversas herramientas de estudio con la finalidad de poder recabar toda la información necesaria para llevar a cabo el trabajo de investigación.

- **Revisión documental o bibliográfica**

Según Arias (2012), “una revisión documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e investigación de los datos secundarios, es decir los datos obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales.” A través de esta técnica se examinó lo establecido por las normas venezolanas referente al área de sanitaria para determinar los parámetros de un agua de calidad para consumo humano, como lo son:

- Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable, publicadas en Gaceta Oficial N°36.395-1.998.
- Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos, Gaceta Oficial N°5.021 decreto N°883-1995.
- Organización Mundial de la Salud, Guías para la Calidad de Agua Potable.

- **Observación**

Esta técnica permitió obtener de forma ordenada y precisa, las condiciones en las que se encontraban los pozos productores, así como su operatividad, de igual manera permitió la recolección de las muestras, ya que se tuvo un contacto directo con los elementos o caracteres en los cuales se presentó el objetivo a investigar.

- **Recolección de muestras**

Esta técnica consistirá en obtener de los diversos pozos mediante el proceso de muestreo manual una porción representativa del agua para poder determinar a partir de ella su calidad microbiológica de interés sanitario.

- **Análisis de datos**

El procesamiento y análisis de los datos se realizó una vez que se hayan obtenido la información mediante las técnicas descritas anteriormente, es el precedente para la actividad de interpretación y se ejecutará en términos de los resultados de la investigación. El diagnóstico de las condiciones operacionales de los pozos encargados de suministrar agua a la red permitirá conocer el caudal producido en ellos y realizar un balance entre la oferta y la demanda del agua en el área de estudio a través del cálculo preliminar de dotaciones correspondiente. Las muestras representativas del agua extraída en cada pozo involucran la comparación de los resultados obtenidos con los parámetros de calidad estandarizados en las normas.

3.4 Instrumento

La aplicación de una técnica conduce a la obtención de información, la cual debe ser guardada en un medio material, de manera que los datos puedan ser recuperados, procesados, analizados e interpretados posteriormente, a dicho soporte se le denomina instrumento.

- **Materiales de oficina:** Empleados para obtener, registrar y almacenar aspectos relevantes de la investigación, recabados de las fuentes bibliográficas indagadas y de visitas al área en estudio.
- **Memoria USB (Pendrive):** Utilizado para el resguardo de la información, y así como la diferentes manuales y normas recopiladas.

- **Software:** Microsoft WORD, Permitted transcribing, saving, correcting and presenting in digital all the information collected.
- **Manómetro marca SAP de 350 PSI:** utilizado para medir la presión de los pozos de agua.

3.5 Metodología técnica de ingeniería

Para dar inicio a las actividades y alcance del presente trabajo se procedió realizar el levantamiento de la información en campo, por lo que debido a la ausencia de información sobre ubicación precisa de pozos, tanto comunitarios como públicos a tomar en consideración para monitorear en el área de estudio, conllevó a realizar las siguientes actividades:

- Fueron elaborados croquis generales, visualizando los caminos de acceso hasta las fincas con pozos profundos, como complemento un equipo GPS y aplicaciones como Google maps.
- Fueron tomadas las coordenadas geográficas de los pozos del sector, así como información referente sobre el estado de funcionamiento, usos, presión, muestras de agua, entre otras.
- Fueron agotados los recursos para obtener la mayor información posible en cuanto a pozos existentes, visualizando de esta manera el distanciamiento entre ellos.
- Se preseleccionó pozos candidatos a monitorear en función de su operatividad.
- En el caso de pozos privados, se informó al propietario de la finca sobre el objetivo del estudio, el posible monitoreo del pozo, las ventajas de conocer la calidad de su fuente de agua y entrega de los resultados analíticos.
- En el caso de los pozos comunitarios fueron contactadas las personas encargadas del mantenimiento de los pozos, a los fines de conocer estado de funcionamiento del mismo.

- La designación de los códigos de los pozos fue relacionada con el sector o con la finca.
- Se realizó a cada pozo operativo la recolección de muestras.

Para la toma de muestras de cada uno de los pozos, que fueron trasladadas al laboratorio de Hidrocaribe, para su respectivo análisis; al momento del muestreo se enjuagaron tres veces los envases y tapas con la misma agua de pozo a muestrear, se emplearon recipientes de 2 litros y envases de muestras de laboratorio de 125ml. Primero se tomaron las muestras para análisis bacteriológicos, asegurando su cerrado y asegurando su posición vertical en la cava con hielo, luego se tomaron las siguientes muestras para los siguientes análisis.

Las muestras fueron entregadas al laboratorio correctamente identificadas y con la respectiva hoja de registro con datos de fecha de recolección, sector y ubicación del pozo, y requerimiento de parámetros, así como con un tiempo de toma e ingreso al laboratorio menor a seis (06) horas, el cual, se le realizaron las pruebas de análisis físico-químicos correspondientes a:

- Alcalinidad (mg/l).
- Aluminio residual (mg/l).
- Calcio (mg/l).
- Cloro residual (mg/l).
- Cloruros (mg/l).
- Color aparente (mg/l).
- Conductividad específica (mg/l).
- Dióxido de carbono (mg/l).
- Dureza cálcica (mg/l).
- Dureza total (mg/l).
- Hierro total (mg/l).
- Índice de langelier
- Magnesio (mg/l).
- Manganeso total (mg/l).

- Sólidos totales (mg/l).
- Nitrito (NO₂)
- pH.
- Sílice (mg/l).
- Sulfato (mg/l).
- Turbiedad (N.T.U.)

Así como también, los análisis de parámetros bacteriológicos correspondientes a:

- Número de colonias (UFC/ML).
- Índice de coliformes totales NMP/100MP.
- Índice de coliformes fecales NMP/100MP.

CAPITULO IV.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Levantamiento de las facilidades de captación de agua en el sector Ostra

En el análisis referente a cuáles son las instituciones públicas, privadas y comunitarias que tienen injerencia en el manejo y uso de las aguas subterráneas en el sector Ostra, identificamos como único ente encargado de la dotación de agua a la empresa C.A. Hidrológica del Caribe, el cual, nos aportó información relevante a la ubicación, y el apoyo en cuanto al análisis de las muestras de agua de los pozos en estudio.

Para la obtención de la presión del pozo se realizó de manera directa mediante el uso de un manómetro de capacidad de 350 PSI, directamente en los puntos de toma de presión de los pozos. Del mismo modo, para la medición de la producción del pozo, fue calculada mediante el método volumétrico aplicando la ecuación 1.

4.1.1 Sistemas de pozos del sector el Ostra

Durante el proceso de levantamiento en campo se determinó cada una de las coordenadas UTM, en donde se lograron ubicar los 6 pozos de agua que surten el sector Ostra, a partir de un GPS, determinando así su posición exacta como lo muestra la tabla 4. En las figuras de la 4 a la 8 se muestran las ubicaciones en Google Maps, de los pozos productores del sector Ostra.

Tabla 4. *Coordenadas UTM de los pozos en el sector el Ostra.*

N° POZO	UTM
POZO 1	E626.290,50 m N976.248,50 m
POZO 2	E626.388,00 m N977.235,40 m
POZO 3	E623.850,40 m N977.536,90 m
POZO 4	E624.122,10 m N976.001,30 m
POZO 5	E625.955,20 m N975.989,10 m
POZO 6	E625.747,40 m N977.990,80 m

Fuente: Autores.



Figura 4. Ubicación Pozo Nro. 1 en Google Maps.
Fuente: Google Maps, editado por los autores.



**Figura 5. Ubicación Pozo Nro. 2 en Google Maps.
Fuente: Google Maps, editado por los autores.**



**Figura 6. Ubicación Figura. Pozo Nro. 3 en Google Maps.
Fuente: Google Maps, editado por los autores.**



Figura 7. Ubicación Pozo Nro. 4 en Google Maps.
Fuente: Google Maps, editado por los autores.

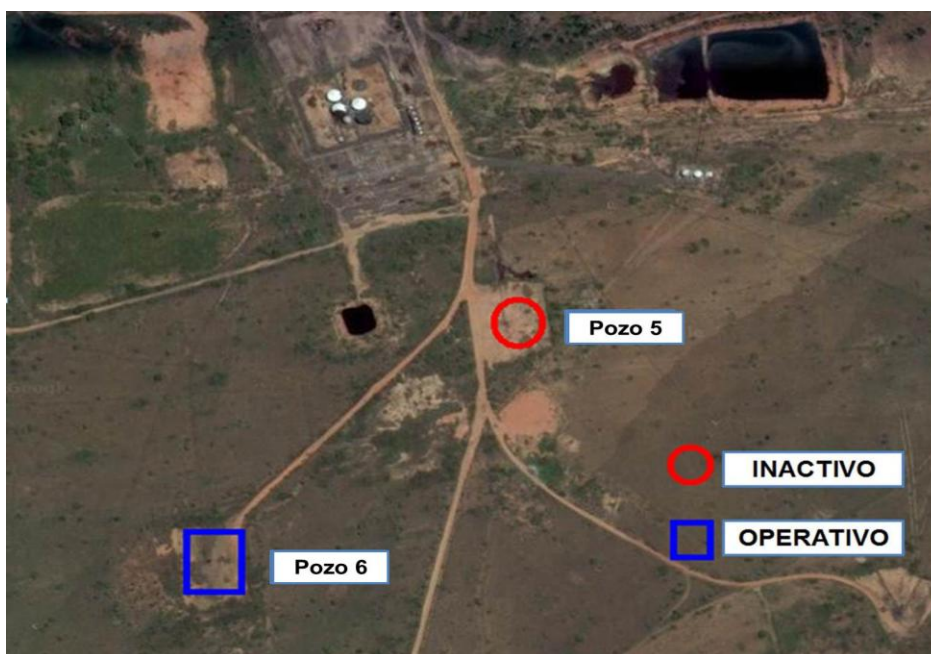


Figura 8. Ubicación Pozos Nro. 5 y 6 en Google Maps.
Fuente: Google Maps, editado por los autores.

4.1.2 Operatividad

Mediante la visita a campo de cada pozo, se pudo constatar el funcionamiento de todos los pozos, los activos e inactivos en el sector Ostra, del municipio Simón Rodríguez, al momento de realizar las visitas. En la tabla 5 se muestran la clasificación de los pozos en funcionamiento, con total operatividad y los que se encuentran inactivos, de igual manera la figura 8 muestra la referida distribución.

Tabla 5. *Operatividad de los pozos.*

Pozos	Pozos inactivos
Pozo 1	Inactivo
Pozo 2	Inactivo
Pozo 3	Activo
Pozo 4	Inactivo
Pozo 5	Inactivo
Pozo 6	Activo

Fuente: Los Autores

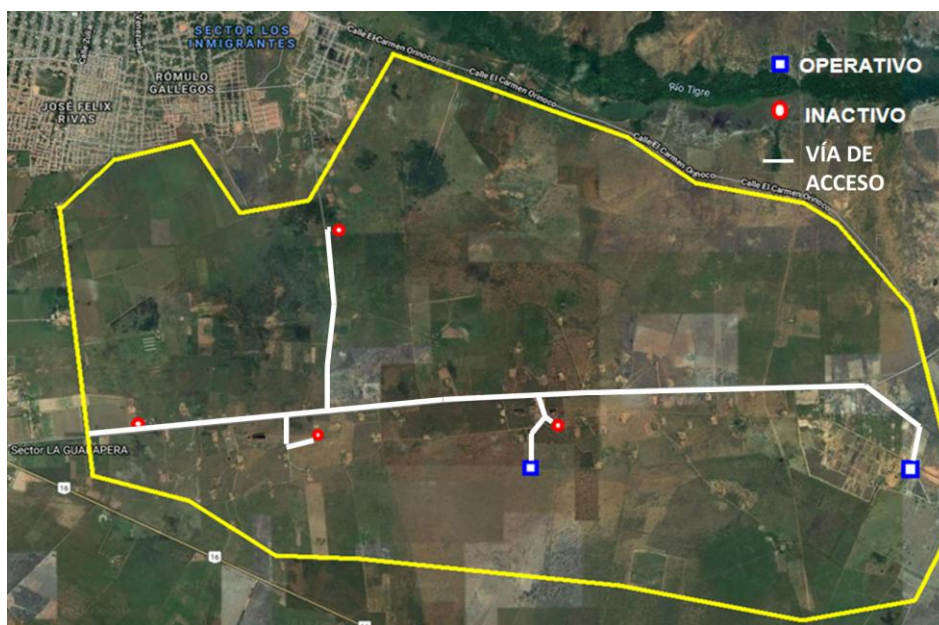


Figura 9. Distribución de los pozos en el sector el Ostra en Google Maps.
Fuente: Google Maps, editado por los autores.

4.1.3 Inventario de cada pozo

Mediante una inspección detallada a los pozos, se pudo completar la información de cada una de las fichas para la evaluación de las condiciones de calidad en los pozos productores del sector ostra. En las tablas 6 al 11, se puede observar de manera más específica las fichas con la información obtenida, el cual, dio como resultado:

Tabla 6. Ficha de evaluación de calidad del pozo N°1.

Evaluación de las condiciones de calidad de los pozos productores del sector ostra.			
Fecha	07/06/2019	Pozo	POZO 1
Construido/año	2006	Propietario	-
Sector	El Ostra	Finca	-
Equipo	No	Tubería de limpieza y Aforo	6" de diámetro
Operatividad	No	Caudal / Presión	-
Iluminación	No	Perímetro de protección	No
Puerta de acceso	No	Caseta de control	Si
Llave de ½" para captación de muestra	No	Coordenadas	08° 49' 47,89" N
			64° 08' 54,20" O

Observaciones: El pozo presenta daños graves a la estructura, con maleza en un 70% del terreno, no cuenta con muro perimetral ni entrada de acceso, teniendo solo un muro perimetral de concreto de la localidad vecina, por lo que el área de entrada se encuentra desprotegida; cuenta con caseta para tablero de control sin su unidad respectiva, la cual, presenta indicios de incendio; al igual, cuenta con un poste y dos transformadores sin el cableado hacia la caseta de control, que presentan del mismo modo indicios de incendio. Se encuentra totalmente inoperativo sin equipo de bombeo.



Fuente: Los autores.

Tabla 7. Ficha de evaluación de calidad del pozo N°2.

Evaluación de las condiciones de calidad de los pozos productores del sector ostra.			
Fecha	07/06/2019	Pozo	POZO 2
Construido/año	2004	Propietario	-
Sector	El Ostra	Finca	Fundo "Anima de Pica Pica"
Equipo	No	Tubería de limpieza y Aforo	6" con reducción en el extremo de salida a 4"
Operatividad	No	Caudal / Presión	-
Iluminación	No	Perímetro de protección	No
Puerta de acceso	No	Caseta de control	Si
Llave de ½" para captación de muestra	Si	Coordenadas	08° 50' 30,08" N
			64° 07' 34,46" O
<p>Observaciones: El pozo presenta condiciones actas para su operatividad, estructura y terreno con mantenimiento. En cuanto a las instalaciones mecánicas no se encontraron en el área, los entes encargados de Hidrocaribe nos notificaron el hurto de estas por parte de personas ajenas a la institución, no cuenta con cerco perimetral ni entrada de acceso, las mismas fueron igualmente robadas. Cuenta con caseta de control pero sin su respectiva unidad. Presenta un poste con transformadores sin iluminación ni cables hacia la caseta de control. Se encuentra inoperativo por falta de bomba.</p>			



Fuente: Los autores.

Tabla 8. Ficha de evaluación de calidad del pozo N°3.

Evaluación de las condiciones de calidad de los pozos productores del sector ostra.			
Fecha	07/06/2019	Pozo	POZO 3
Construido/año	2008	Propietario	-
Sector	El Ostra	Finca	-
Equipo	Bomba Modelo VIC	Tubería de limpieza y Aforo	6" con reducción en el extremo de salida a 4"
Operatividad	Si	Caudal / Presión	10,409 l/s 30 psi
Iluminación	No	Perímetro de protección	No
Puerta de acceso	No	Caseta de control	Si
Llave de ½" para captación de muestra	No	Coordenadas	08° 50' 20,01" N
			64° 08' 57,49" O

Observaciones: el pozo presenta falta de mantenimiento en las estructura y tuberías, ya que se evidencio una fuga en la parte principal de la tubería de descarga, presenta maleza en un 40% del perímetro, cuenta con el 50% de la cerca perimetral ya que fue despegada por personas ajenas, teniendo solo la parte posterior y la entrada cerca perimetral, sin contar con entrada o portón de acceso para la protección, cuenta con caseta de control y su respectivo equipo el cual se evidencia falta de mantenimiento. Posee poste con 2 transformadores sin iluminación de la zona. El pozo se encuentra en total operatividad, contando con una bomba modelo VIC de 1.770 R.P.M.



Fuente: Los autores.

Tabla 9. Ficha de evaluación de calidad del pozo N°4.

Evaluación de las condiciones de calidad de los pozos productores del sector ostra.			
Fecha	07/06/2019	Pozo	POZO 4
Construido/año	2002	Propietario	-
Sector	El Ostra	Finca	-
Equipo	No	Tubería de limpieza y Aforo	6" de diametro
Operatividad	No	Caudal / Presión	-
Iluminación	No	Perímetro de protección	No
Puerta de acceso	No	Caseta de control	Si
Llave de ½" para captación de muestra	No	Coordenadas	08° 49' 40,06" N
			64° 07' 43,20" O
<p>Observaciones: Se encuentra en condiciones de saqueo y robo de los equipos, no posee maleza el terreno, cuenta un muro de bloques perimetral a tres lados, y la parte frontal con cerca de alfajol, sin entrada de acceso. Posee una caseta de control, la cual se encuentra en muy mal estado y sin su respectivo equipo de control, al igual que posee un poste con un transformador que se evidencia sin cables y en muy malas condiciones, del mismo modo no cuenta con iluminación. El pozo se encuentra inoperativo por falta de equipo de bombeo y tablero de control.</p>			



Fuente: Los autores.

Tabla 10. Ficha de evaluación de calidad del pozo N°5.

Evaluación de las condiciones de calidad de los pozos productores del sector ostra.			
Fecha	07/06/2019	Pozo	Pozo 5
Construido/año	1997	Propietario	
Sector	El Ostra	Finca	-
Equipo	No	Tubería de limpieza y Aforo	No
Operatividad	No	Caudal / Presión	-
Iluminación	No	Perímetro de protección	Si
Puerta de acceso	Si	Caseta de control	Si
Llave de ½" para captación de muestra	No	Coordenadas	08° 50' 44,67" N
			64° 08' 36,60" O
<p>Observaciones: El pozo se encuentra inactivo, ya que se realizó un pozo nuevo en las adyacencias del mismo, aunque de igual forma con la infraestructura puede estar nuevamente operativo, posee cerca perimetral con caseta de control en buenas condiciones, con 15% de maleza en el terreno. Tiene poste con transformadores sin ningún daño aparente y sin iluminación. No se encontró bomba ni conexión del pozo hacia la red de distribución.</p>			



Fuente: Los autores.

Tabla 11. Ficha de evaluación de calidad del pozo N°6.

Evaluación de las condiciones de calidad de los pozos productores del sector ostra.			
Fecha	07/06/2019	Pozo	Pozo 6
Construido/año	2006	Propietario	
Sector	El Ostra	Finca	-
Equipo	Bomba Modelo VIC	Tubería de limpieza y Aforo	Si
Operatividad	Si	Caudal / Presión	9,715 l/s / 13 PSI
Iluminación	No	Perímetro de protección	No
Puerta de acceso	No	Caseta de control	Si
Llave de ½" para captación de muestra	Si	Coordenadas	08° 49' 39,48" N
			64° 49' 39,48" O
<p>Observaciones: el pozo se encuentra en buenas condiciones para su operatividad, no se evidencia exceso de maleza que indique abandono o falta de mantenimiento. No posee cerca perimetral o entrada de acceso, por lo que se encuentra expuesto. Posee una caseta de control en buenas condiciones con su respectiva unidad en funcionamiento; de igual forma se evidencia un poste con 2 transformadores sin iluminación. El pozo se encuentra en total operatividad, contando con una bomba modelo VIC de 1.770 R.P.M. Por estar a las cercanías de la planta separadora U.E.Y y</p>			

Liviano/O.E.D-18 de PDVSA, distrito San Tome, se puso evidenciar la presencia de lagunas de descargas de agua salada que pueden afectar de manera directa la calidad del agua del pozo.



Fuente: Los autores.

4.2 Calidad del agua de los pozos productores del sector Ostra considerando los aspectos microbiológicos y organolépticos

La evaluación de los aspectos físico-químicos y bacteriológicos a las muestras de agua cruda recolectadas el día 17 de junio del año 2019 en la salida del pozo 3 y el pozo 6, ambos ubicados en el sector El Ostra, del Municipio Simón Rodríguez, fueron entregadas en el laboratorio de aguas las mercedes, pertenecientes a la gerencia corporativa Anzoátegui Sur de C.A. Hidrológica del Caribe, dando como resultado el informe N° 07619-ASO (Ver anexo 1). Recibido el 08 de Julio del 2019 por los entes encargados de C.A. Hidrológica del Caribe.

Realizando dicho análisis bajo el “MÉTODO NORMALIZADO PARA EL ANÁLISIS DE AGUAS POTABLES Y RESIDUALES”, aceptados por el Ministerio

del Poder Popular para el Ambiente. Tomando como referencia para su evaluación, los límites establecidos en las Normas para “Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos” publicados en la gaceta oficial N°5.021 decreto N° 883 de Diciembre de 1995. En los anexos 2 y 3, se muestran los resultados obtenidos de los análisis físico-químicos.

Tabla 12. *Resultados de análisis fisicoquímicos Pozo N°3.*

ANÁLISIS	RESULTADO	LÍMITES PERMISIBLES	
		Menor a	Max
Alcalinidad mg/l	3,0		
Aluminio Residual mg/l	0,048		0,2
Calcio mg/l	1,2		
Cloro Residual mg/l	**		
Cloruros mg/l	15		600
Color Aparente (UND)Pt-Co	1		50
Conductividad Especifica	25,80		
Dióxido de Carbono Libre mg/l	0,38		
Dureza Calcica mg/l	3,0		
Dureza Total mg/l	5,0		500

Hierro Total mg/l	**		1,0
Indice de Langelier	-3,47		
Magnesio mg/l	0,48		
Manganeso Total mg/l	**		0,1
Solidos Totales mg/l	12,78		1500
Nitrito (NO ₂)	0		10,0
pH	7,27	6,0	8,5
Sílice mg/l	**		
Sulfato mg/l	5,6		400
Turbiedad (N.T.U.)	2		25

Fuente: HIDROCARIBE (2019), editado por los Autores.

Bajo el mismo razonamiento, en la tabla 12 se observa los resultados de análisis fisicoquímico realizados a al pozo N°3, el cual muestra un pH entre los límites exigidos para aguas destinadas al uso doméstico y al uso industrial que requiera agua potable, con bajos niveles de salinidad, según los valores obtenidos en los parámetros de cloruro y conductividad específica; llegándose a clasificar como agua suave debido a las bajas concentraciones de calcio, magnesio y dureza total. Desde el punto de vista organoléptico, los parámetros de color aparente y turbiedad se encuentran entre los límites exigidos, con la ausencia de bacterias nitrificantes.

Tabla 13. Resultados de análisis bacteriológicos Pozo N°3.

ANÁLISIS	RESULTADO	RANGO
Número de colonias (UFC/ML)	0	
Ind. Colif. Total (NMP/100 MP)	<2,2	<2000
Ind. Colif. Fecal (NMP/100 MP)	<2,2	

Fuente: HIDROCARIBE (2019), editado por los Autores.

En el mismo orden de ideas, como se señala en la tabla 13, en los resultados de los estudios y análisis de calidad de agua en las muestras realizadas en el pozo N° 3, no se detectó presencia de organismos heterótrofos aerobios en la

muestra, de igual forma, los microorganismos coliformes totales y fecales se encuentran ausentes.

Como se puede observar, la tabla 14, los resultados del análisis fisicoquímico del pozo N° 6, se muestra un pH elevado pero entre los límites exigidos, lo que la hace un agua básica o alcalina, de igual forma se presencian niveles de salinidad en el agua según los valores bajos obtenidos de cloruro y cloro residual, en conjunto con una conductividad específica un poco elevada pero aun dentro de los parámetros establecidos.

Se clasifica como agua medianamente dura, según las concentraciones de calcio, magnesio y dureza total presentes en la muestra. Desde el punto de vista organoléptico, los parámetros de color aparente y turbiedad se encuentran ligeramente alterados en relación con parámetros de agua potable, encontrándose aun entre los límites exigidos para aguas destinadas a uso doméstico y al uso industrial; no se encontró presencia de bacterias nitrificantes.

Tabla 14. Resultados de análisis fisicoquímicos Pozo N°6.

ANÁLISIS	RESULTADO	LÍMITES PERMISIBLES	
		Menor a	Max
Alcalinidad mg/l	3,0		
Aluminio Residual mg/l	0,015	0,1	0,2
Calcio mg/l	0,8		
Cloro Residual mg/l	**	1	
Cloruros mg/l	15,0	250	600
Color Aparente (UND)Pt-Co	9,0	5	50
Conductividad Especifica	236,10	50	1500
Dióxido de Carbono Libre mg/l	0,95		
Dureza Calcica mg/l	83,0		
Dureza Total mg/l	360,0	250	500

Hierro Total mg/l	0,05	0,1	1,0
Indice de Langelier	-4,09		
Magnesio mg/l	0,08		
Manganeso Total mg/l	0,15		0,1
Solidos Totales mg/l	395	600	1500
Nitrito (NO ₂)	0	0,01	10,0
pH	9	6,5	8,5
Sílice mg/l	**		
Sulfato mg/l	150,00	250	400
Turbiedad (N.T.U.)	8,00	1	25

Fuente: HIDROCARIBE (2019), editado por los Autores.

Por último, según los resultados establecidos en la tabla 14, no se detecta presencia de organismos heterótrofos aerobios en la muestra, de igual forma, los microorganismos coliformes totales y Fecales se encuentran ausentes, por lo que es posible afirmar que no existe contaminación por materiales orgánicos o bacteriológicos.

Tabla 15. Resultados de análisis bacteriológicos Pozo N°6.

ANÁLISIS	RESULTADO	RANGO
Número de colonias (UFC/ML)	0	
Ind. Colif. Total (NMP/100 MP)	<2,2	<2000
Ind. Colif. Fecal (NMP/100 MP)	<2,2	

Fuente: HIDROCARIBE (2019), editado por los Autores.

4.3 Comparación de los resultados obtenidos en el análisis de calidad de agua con las Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable, publicadas en Gaceta Oficial N° 36.395-1.998.

4.3.1 Comparación de los resultados del pozo N°3

En esta nueva etapa de la investigación se procedió a comprar los datos establecidos en la Gaceta Oficial N° 36.395-1.998, función los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico y bacteriológico de las muestras de agua obtenidas del pozo productor N°3, en donde se puede establecer los siguientes puntos:

- Aluminio residual: como se muestra en la figura 11, la muestra presenta el valor está muy por debajo del mínimo en más de un cincuenta y dos por cien al establecido en la norma, lo cual no representa algún efecto dañino en el organismo.

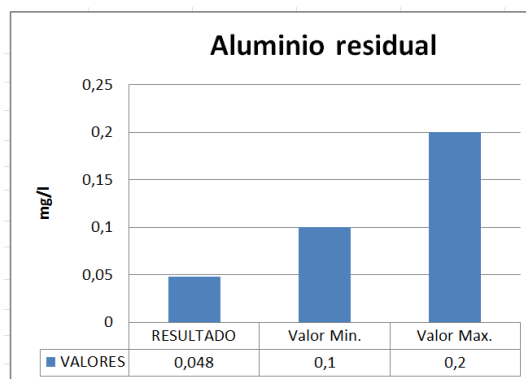
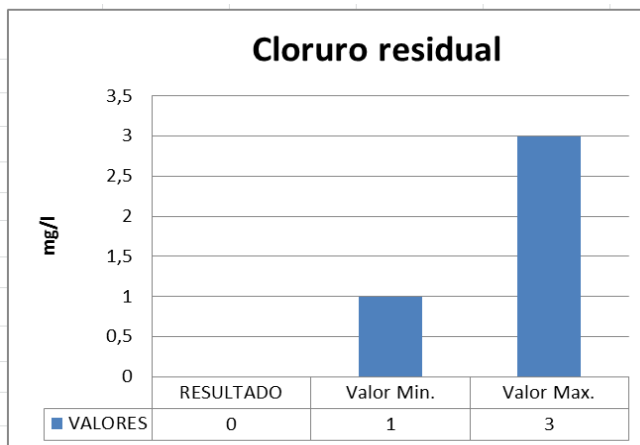


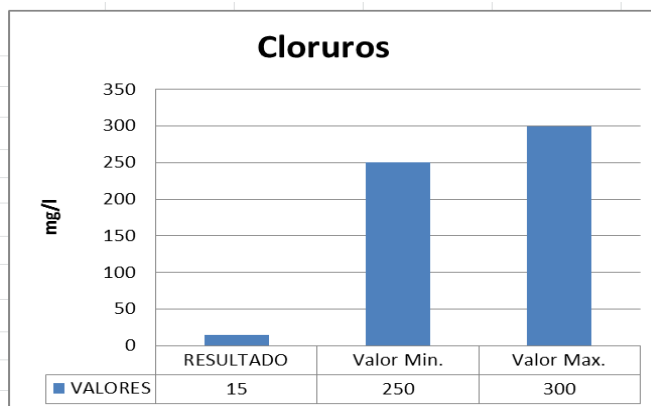
Figura 10. Comparación del aluminio residual, pozo N°3.
Fuente: Autores.

- Cloro residual: No se encuentran niveles de cloro residual en el análisis; como se muestra en la figura 12, no implica la presencia de contaminación microbiológica.



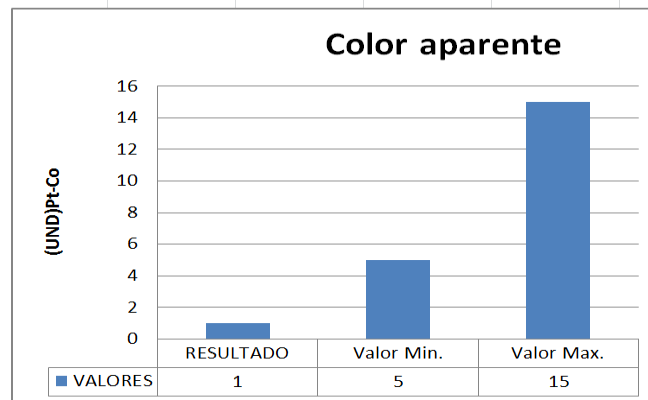
**Figura 11. Comparación del cloro residual, pozo N°3.
Fuente: Autores.**

- Cloruros: como se observa en la figura 13, se encuentra en un nivel por debajo en un noventa y cuatro por cien de los establecidos en la norma, no obstante, es un valor óptimo para pozos de agua perforados que van directamente a la red de distribución sin ningún tratamiento.



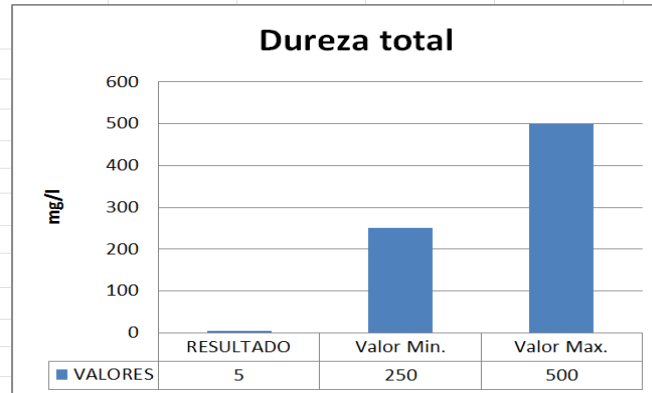
**Figura 12. Comparación de Cloruros, pozo N°3.
Fuente: Autores.**

- Color aparente: según la figura 14, el valor aparente de la muestra se encuentra por debajo en un ochenta por cien de los límites establecidos, es decir, no posee ningún color aparente que represente un problema visual a la hora del consumo.



**Figura 13. Comparación de color aparente, pozo N°3.
Fuente: Autores.**

- Dureza total: según los resultados establecidos en el análisis se puede observar en la figura 15, que el agua se clasifica como medianamente suave, debido las bajas concentraciones de Calcio y Magnesio presentes, por debajo de un noventa y ocho por cien del límite inferior.



**Figura 14. Comparación de la dureza total, pozo N°3.
Fuente: Autores.**

- Hierro total: en la figura 16, se puede observar que no se encontró presencia de hierro en el análisis de la muestra, por debajo del límite inferior normativo.

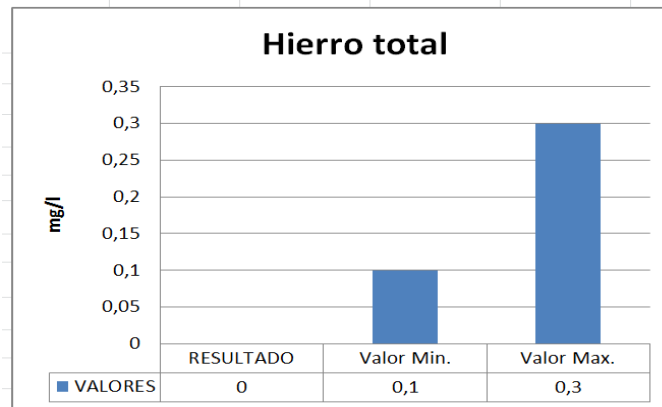


Figura 15. Comparación de hierro total, pozo N°3.
Fuente: Autores.

- Magnesio total: según los resultados obtenidos no se encontró presencia de magnesio en el análisis de la muestra, por debajo del límite inferior normativo (ver figura 17).

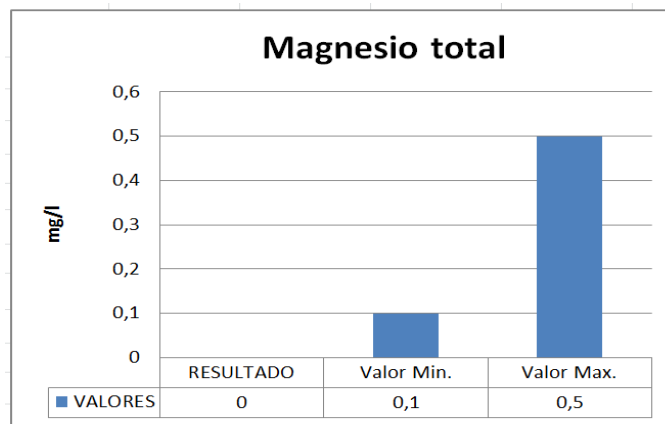


Figura 16. Comparación de magnesio total, pozo N°3.
Fuente: Autores.

- Sólidos totales: la figura 18, muestra que el valor resultante de los sólidos totales está por debajo del valor mínimo normativo, lo que indica que no hay presencia de materia orgánica o minerales en descomposición.

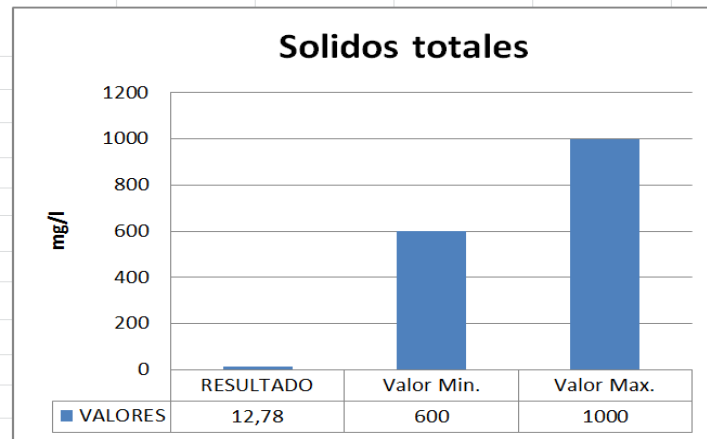


Figura 17. Comparación de solidos totales, pozo N°3.
Fuente: Autores.

- Nitrito: En la figura 19, en los análisis obtenidos, no se encontraron cantidades de nitrito presentes en la muestra, lo que representa que el pozo no se encuentra en contacto con zonas de descomposición de la materia orgánica o los fertilizantes utilizados.

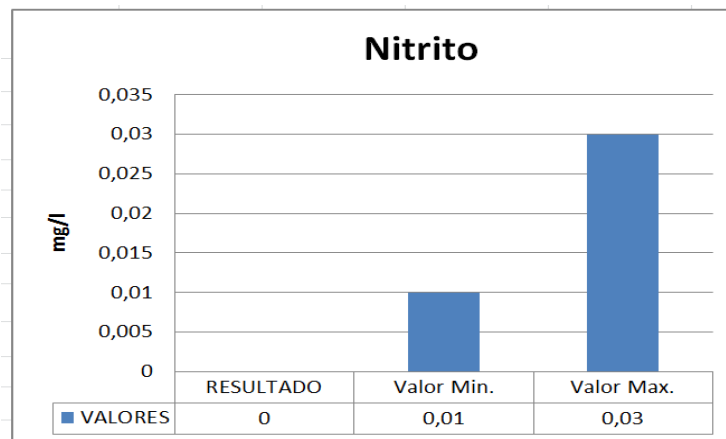


Figura 18. Comparación de nitritos, pozo N°3.
Fuente: Autores.

- pH: El pH ubicado 7,27 como se muestra en la figura 20, la convierte en un agua neutra, lo que desde el punto de vista sanitario genera un ambiente no apto para bacterias, y reacciones químicas del magnesio, calcio, nitrito y sulfato. De igual forma permite mantener el color,

dureza y turbiedad en valores mínimos. El valor se encuentra acotado entre los límites normativos establecidos, en un diecinueve por cien bajo su límite superior.

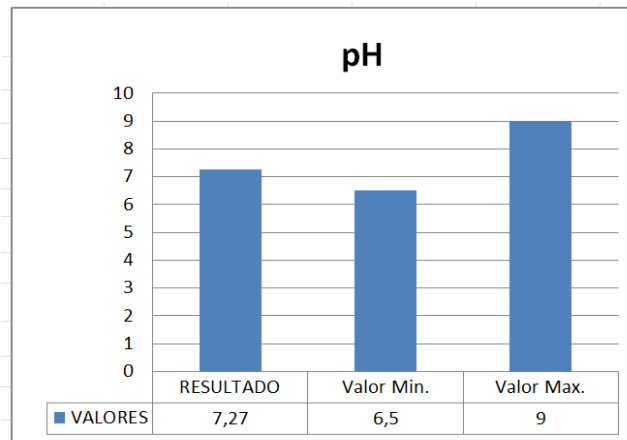


Figura 19. Comparación de pH, pozo N°3.
Fuente: Autores.

- Sílice: como se observa en la figura 21, no contiene presencia de sílice, lo cual representa que no se encuentran rocas en degradación en el lugar aportando dióxido de silicio.

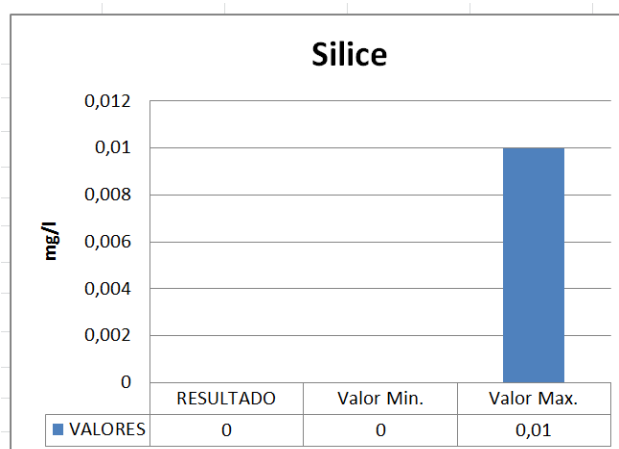


Figura 20. Comparación de sílice, pozo N°3.
Fuente: Autores.

- Sulfato: El contenido de sulfato presente en la muestra se encuentran por debajo de los límites máximos establecidos, en más de un noventa

y siete por cien, lo cual no representa ningún efecto dañino sobre el consumidor (ver figura 22).

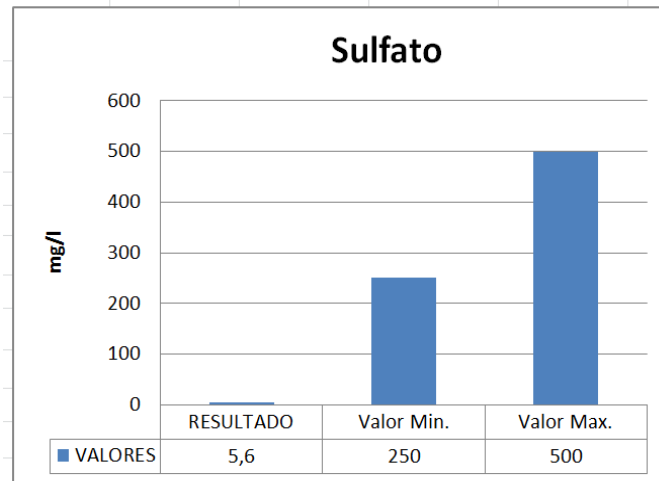


Figura 21. Comparación de sulfato, pozo N°3.
Fuente: Autores.

- Turbiedad: el valor resultante para la turbidez en la figura 23, se en cuenta en el valor mínimo establecido por la norma, esto debido a que no contiene presencia de dureza y solidos totales en el agua.

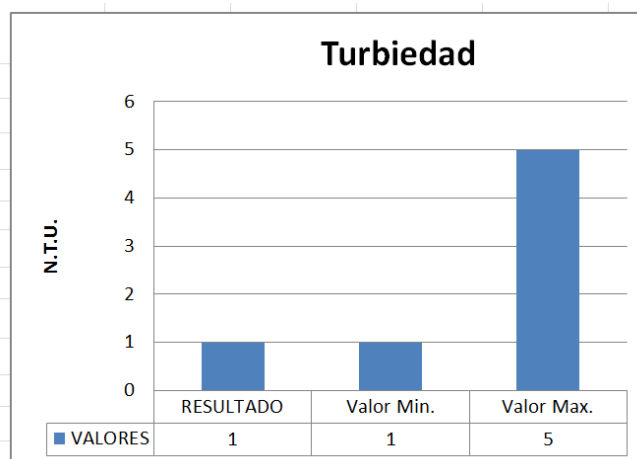


Figura 22. Comparación de turbiedad, pozo N°3.
Fuente: Autores.

4.3.2 Comparación de los resultados del pozo N°6

Prosigamos ahora, en esta etapa de proceso de comparación, en función los resultados obtenidos del estudio y análisis en el laboratorio, fisicoquímicos y bacteriológicos de las muestras recolectadas en el pozo productor N°6, se puede establecer los siguientes puntos, en resumen o síntesis de los patrones estudiados:

- Aluminio residual: como se muestra en la figura 24, la muestra presenta en valores por debajo del mínimo al establecido en la norma, en un ochenta y cinco por cien, lo cual no representa algún efecto dañino en el organismo.

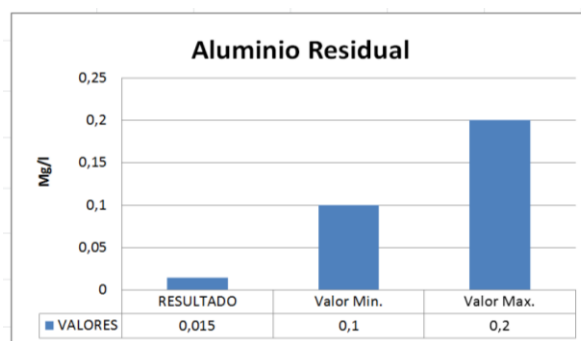


Figura 23. Comparación del aluminio residual, pozo N°6.
Fuente: Autores.

- Cloro residual: No se encuentran niveles de cloro residual en el análisis; pese a la ausencia de cloro libre residual en el pozo, en comparación con los valores establecidos por la gaceta como se muestra en la figura 25, no implica la presencia de contaminación microbiológica.

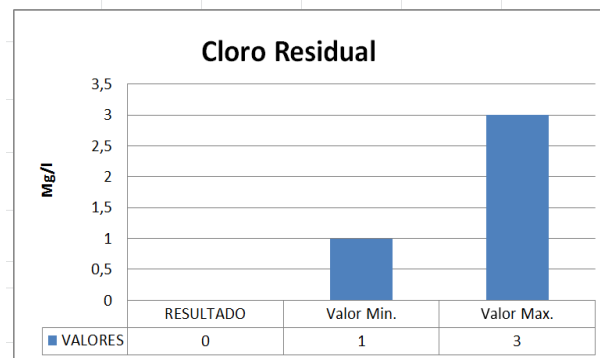


Figura 24. Comparación del cloro residual, pozo N°6.
Fuente: Autores.

- Cloruros: como se observa en la figura 26, se encuentra en un nivel por debajo de los establecidos en la norma, en un noventa y cuatro por cien, no obstante, de igual forma al cloro residual no se considera agua contaminada, ya que el agua potable tratada puede llegar a tener 40 mg/l; lo que significa que es menos propenso a eliminar bacterias o agentes patógenos presentes en el agua.

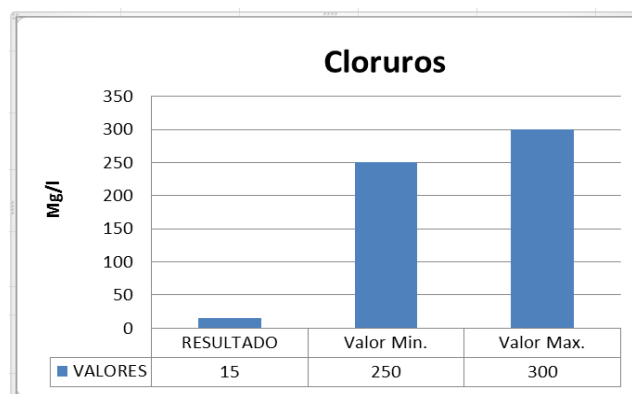


Figura 25. Comparación de Cloruros, pozo N°6.
Fuente: Autores.

- Color aparente: el nivel del color aparente se ubica dentro de los valores recomendados, según la figura 27, para niveles de agua potable se encuentra por debajo de un cuarenta por cien del límite superior, ya que se atribuye a la presencia de hierro, magnesio y otros

compuestos metálicos, de igual forma se atribuye este valor a la turbidez aparente y el pH registrado en el análisis.

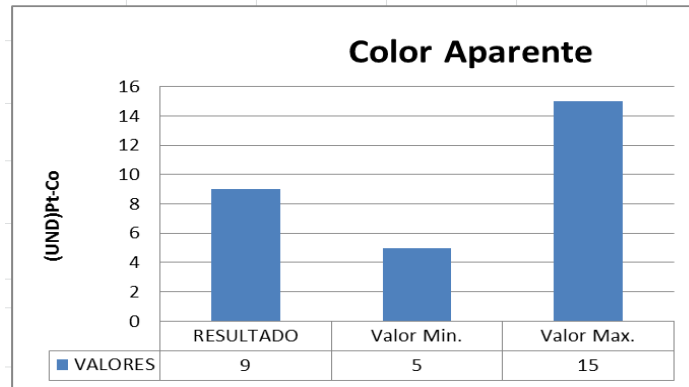


Figura 26. Comparación de color aparente, pozo N°6.
Fuente: Autores.

- Dureza total: según los resultados establecidos en el análisis se puede observar en la figura 28, que el agua se clasifica como medianamente dura, debido las concentraciones de Calcio y Magnesio presentes, acotadas entre los límites normativos, en un veintiocho por cien por debajo del límite superior.

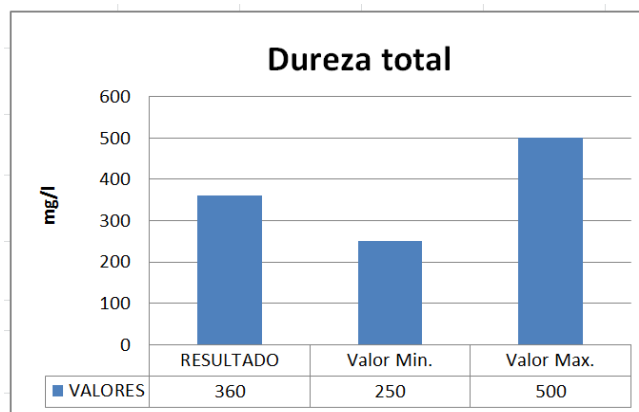


Figura 27. Comparación de la dureza total, pozo N°6.
Fuente: Autores.

- Hierro total: la cantidad de hierro presente en el pozo está por debajo de los límites establecidos en la norma, lo que significa que tiene bajo

contenido de hierro (ver figura 29), un cincuenta por cien por debajo del límite inferior.

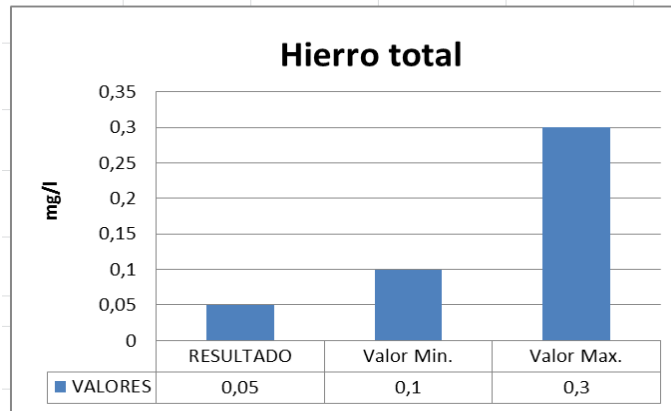


Figura 28. Comparación de hierro total, pozo N°6.
Fuente: Autores.

- Magnesio total: en la figura 30 el valor obtenido en el análisis se encuentra dentro de los valores establecidos, aun así, en comparación con los valores de agua potable, representa la presencia de sales minerales en cierta cantidad. Acotada entre los límites normativos, bajo un setenta por cien bajo el límite superior.

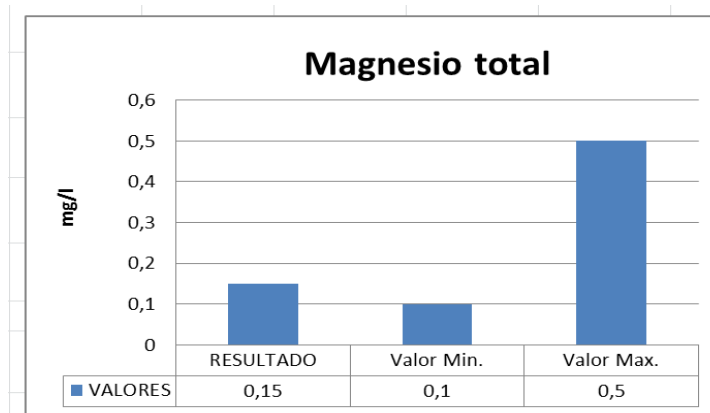


Figura 29. Comparación de magnesio total, pozo N°6.
Fuente: Autores.

- **Sólidos totales:** el valor obtenido de 395 mg/l, aun estando por debajo de los valores establecidos, representa la presencia de sólidos suspendidos constituidos por la materia suspendida, pudiendo ser de sales minerales como de materia orgánica. Como se muestra en la figura 31, por debajo del valor límite inferior, en un noventa y cuatro por cien, esta concentración de sólidos disminuyen la eficacia de agentes desinfectantes del agua potable, ya que provee a los microorganismos de un sitio protector frente la presencia de desinfectantes; en conjunto con la baja cantidad de cloruro y cloro residual, puede generar la presencia de bacterias o agentes patógenos en el transcurso del año si se mantiene este aumento progresivo de los valores.

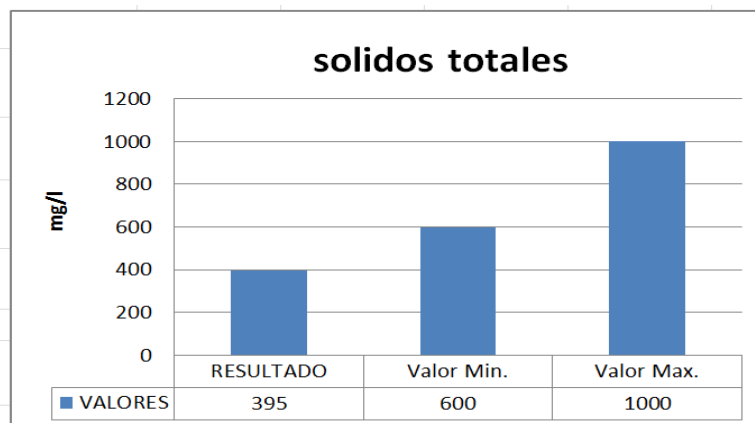


Figura 30. Comparación de sólidos totales, pozo N°6.
Fuente: Autores.

- **Nitrito:** según la figura 36, en los análisis obtenidos, no se encontraron cantidades de nitrito presentes en la muestra, lo que representa que el pozo no se encuentra en contacto con zonas de descomposición de la materia orgánica o los fertilizantes utilizados.

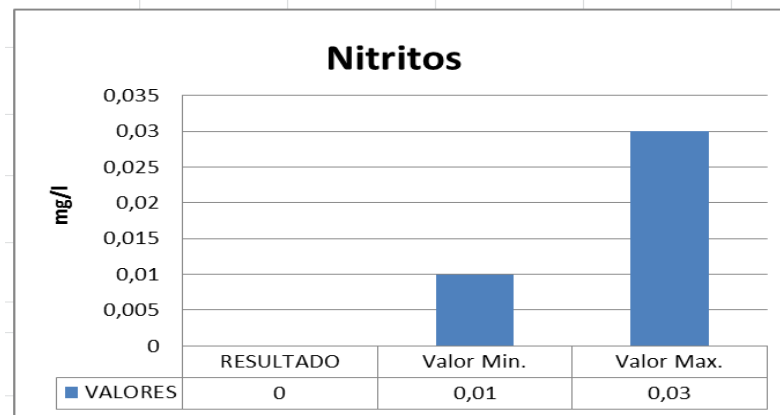


Figura 31. Comparación de nitritos, pozo N°6.
Fuente: Autores.

- pH: el valor del pH indica que el agua es básica o alcalina, lo que genera alteraciones en la dureza, aunque no representa un riesgo para la salud, puede causar problemas estéticos, la formación de sarro que precipita en tuberías y accesorios, y provocar un sabor salino al agua; el agua con un pH alto contiene una gran concentración de minerales disueltos. Así como también, problemas en la operatividad de los equipos y redes, por corrosión (ver figura 33).

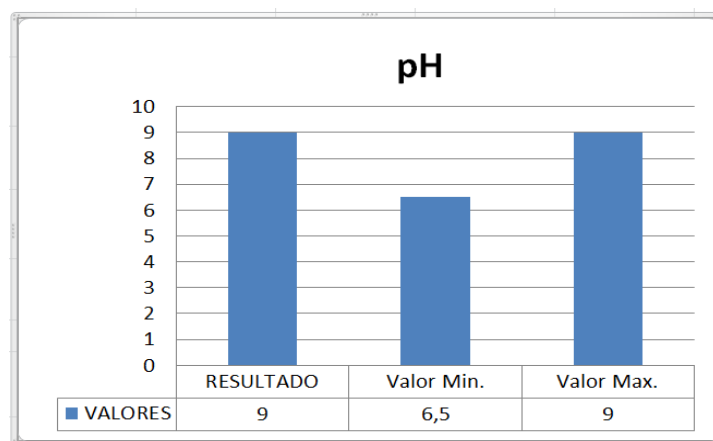


Figura 32. Comparación de pH, pozo N°6.
Fuente: Autores.

- Sílice: como se observa en la figura 34, no contiene presencia de sílice, lo cual representa que no se encuentran rocas en degradación en el lugar aportando dióxido de silicio.

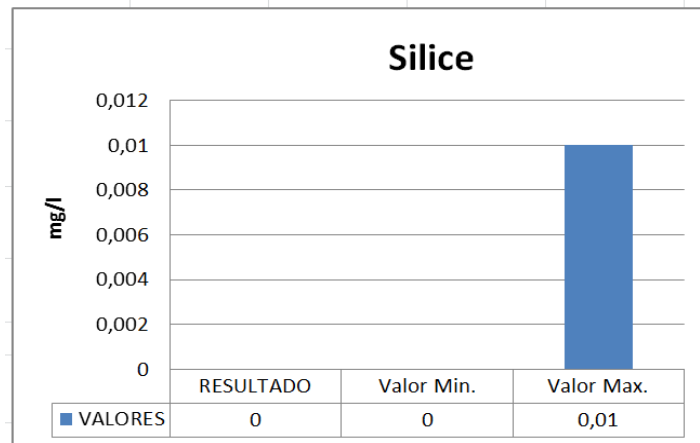


Figura 33. Comparación de sílice, pozo N°6.
Fuente: Autores.

- Sulfato: El contenido de 150 mg/l, ver figura 35, estando por debajo del valor establecido, en un cuarenta por cien, indica la presencia de sulfato, lo que en conjunto con la presencia de calcio y magnesio contribuye a la dureza del agua. Un alto contenido de sulfatos puede proporcionar sabor amargo al agua y podría tener un efecto laxante, sobre todo con la presencia del magnesio.

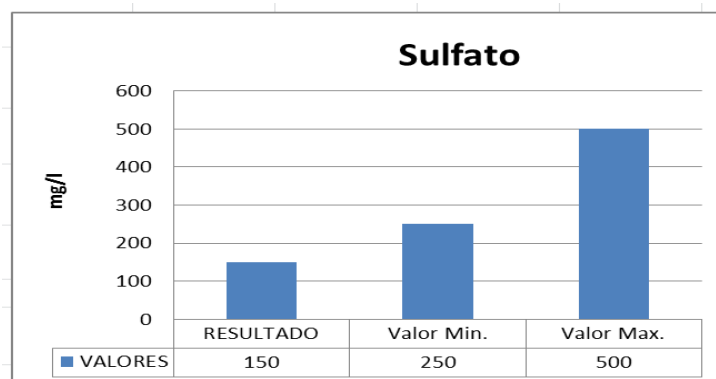


Figura 34. Comparación de sulfato, pozo N°6.
Fuente: Autores.

- **Turbiedad:** el valor resultante para la turbidez en la figura 36, refleja la presencia de sólidos en suspensión, por debajo de veinte seis por cien por debajo del límite superior, este patrón representa las sales minerales presentes en el muestreo. Aunque no se conocen sus efectos directos sobre la salud, esta afecta la calidad estética del agua, lo que muchas veces ocasiona el rechazo de los consumidores.

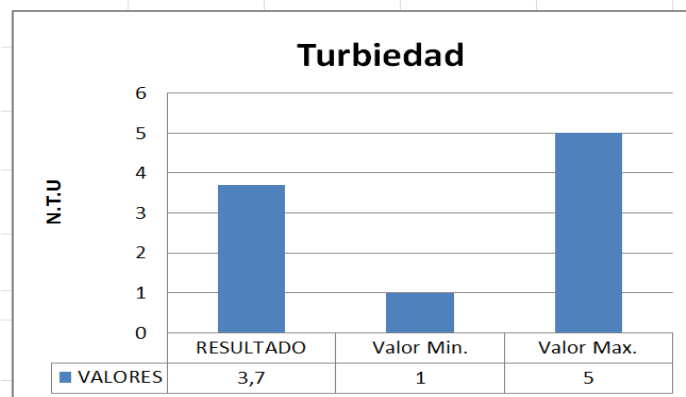


Figura 35. Comparación de turbiedad, pozo N°6.

Fuente: Autores.

En resumen, con los resultados obtenidos y analizados, se muestra en la tabla 16. La comparación con los valores mínimos y máximos de la Gaceta Oficial N° 36.395-1.998.

Tabla 16. Comparación de resultados del pozo N°3 y N°6 con la Gaceta Oficial N° 36.395-1.998.

PRUEBA	RESULTADO	RESULTADO	LÍMITES ESTABLECIDOS	
	Pozo N°3	Pozo N°6	Menor a	Max
Aluminio Residual mg/l	0,048	0,015	0,1	0,2
Cloro Residual mg/l	**	**	1	3,0
Cloruros mg/l	15	15,0	250	300
Color Aparente (UND)Pt-Co	1	9,0	5	15
Dureza Total mg/l	5,0	360,0	250	500
Hierro Total mg/l	**	0,05	0,1	0,3
Manganeso Total mg/l	**	0,15	0,1	0,5
Solidos Totales mg/l	12,78	395	600	1000
Nitrito (NO ₂)	0	0	0,01	0,03
pH	7,27	9	6,5	9
Sílice mg/l	**	**		0,01
Sulfato mg/l	5,6	150	250	500
Turbiedad (N.T.U.)	1	3,7	1	5

Fuente: Los Autores.

De acuerdo a las características de las muestras de aguas captadas en la salida del pozo N°3, se puede establecer que es un agua apta para el uso doméstico y uso industrial que requiera de agua potable; debido a que los valores resultantes están por debajo del valor mínimo establecido, lo que no representa contaminación o falta de minerales. Del mismo modo, los resultados del pozo N°6 se interpretan con un exceso general de sales en el agua y los valores de metales y solidos correspondientes al muestreo, hasta los momentos, no acarrear graves consecuencias para un consumidor sano normal. No obstante la presencia de ciertas sales minerales, a partir de determinadas concentraciones genera inconvenientes de sabor salado al agua, al igual que el magnesio y sulfuro, cuando aparece en concentraciones de varios centenares de mg/l, podrá generar efectos laxantes.

Por lo que el agua del pozo, entra en la categoría de: desinfección para uso de agua potable y sin restricción para otros usos (riego, cría y recreación), previniendo y manteniendo un control de las amenazas de contaminación, ya que el peligro de contaminación podría incrementarse en los niveles de agua subterránea.

4.4 Mejoras a los sistemas de captación de aguas subterráneas del sector Ostra, en el municipio Simón Rodríguez, estado Anzoátegui.

Actualmente los habitantes del sector ostra, se abastecen de pozos perforados mecánicamente, en el área no existe una fuente de captación de aguas comunes, por lo que se surte directamente el agua de los pozos perforados a las líneas de abastecimiento del sector, teniendo el inconveniente que por ser agua proveniente de acuíferos subterráneos, la mayoría se sustenta de agua superficial de lluvia que se filtra, trayendo consigo contaminantes y bacterias de la superficie.

Por lo que, en función a los resultados obtenidos, en comparación a los parámetros establecidos en la Norma Sanitaria de Calidad de Agua Potable Gaceta Oficial N° 36.395-1.998, se puede establecer los siguientes puntos, para la mejora de la calidad del agua del sector:

a) Mejoras al sistema de captación en el Pozo N°3

De acuerdo al análisis de la muestra de agua captada en el pozo N°3 del sector el Ostra, se clasifica como agua apta para el uso doméstico y uso industrial que requiera de agua potable, por lo que, se deben establecer medidas de prevención generales en relación a las actividades que se pueden realizar en las cercanías de la zona, ya que primeramente hay que poner especial énfasis en que no llegue a producirse una contaminación.

En función a las actividades que se pueden realizar, las observaciones para mejora del sistema de captación son las siguientes:

- Basureros o escombreras: Se debe buscar lugares impermeables, o recoger los efluentes con sondeos o drenes.
- Aguas residuales urbanas: La depuración previa a los vertidos debe tener una correcta construcción y vigilancia de las líneas de conducciones y fosas sépticas.
- Fertilizantes y plaguicidas: Evitar la utilización racional y medida de estas sustancias en áreas cercanas al pozo.
- En actividades industriales de todo tipo: Un estudio hidrogeológico previo de las permeabilidades y del sistema regional del flujo subterráneo; en especial se debe tener precaución en actividades de almacenamiento bajo tierra de residuos peligrosos.

Del mismo modo, debe existir un control periódico de calidad del agua subterránea, con especial atención a las áreas con captaciones para abastecimiento. Como se muestra en la figura 37, se debe establecer cerca de los pozos de captación perímetros de seguridad:

- Perímetro inmediato: Ubicado en terrenos de la misma propiedad de la captación, con vigilancia absoluta.
- Perímetro cercano (del orden de cientos de metros): en el que se deben reglamentar las actividades que puedan afectar a la calidad de las aguas subterráneas.
- Perímetro lejano que englobe las áreas de recarga del flujo subterráneo captado: Ubicado en ocasiones a varios kilómetros, y si no es posible, la prohibición de ciertas actividades con extremar la vigilancia y control.

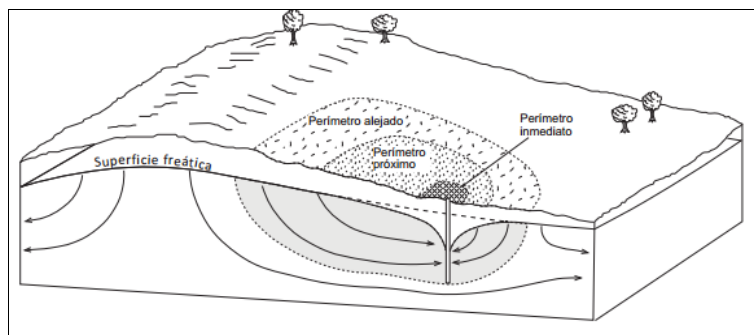


Figura 36. Perímetros de protección alrededor de una captación.
Fuente: Arellano (2008), editado por el autor.

b) Mejoras al sistema de captación en el Pozo N°6

En función de la información recopilada, las visitas a las áreas de estudio, inventario y las características de los análisis obtenidos, dieron como resultados que el pozo N°6, cuenta con una potencial fuente de contaminación; donde, la posible fuente contaminante en el área, está relacionada con la actividad petrolera.

Dichas actividades que se desarrollan corresponden a la Estación de Descarga 18 (O.E.D.-18) y a la Unidad de Extracción de Yacimiento Liviano (U.E.Y. Liviano) del Distrito San Tome; donde se realiza el tratamiento del crudo que viene de las áreas o campos de explotación, para luego separar a las presiones óptimas los fluidos del pozo en sus tres componentes básicos: petróleo, gas y agua salada. La estación cuenta con tanques de almacenamiento para cada uno de los componentes separados del petróleo, al igual que cuenta, con fosas de producción, las cuales, son excavaciones realizadas en el suelo utilizadas para almacenar temporalmente efluentes y desechos generados por las actividades de exploración, producción y refinación de petróleo, durante alguna reparación o mantenimiento a la estación o líneas de producción.

Las Fosas de Producción tienen una estructura similar a la ilustrada en la figura 38, donde se almacena agua salada procedente de los procesos de deshidratación de crudo; esta se encuentra constituida principalmente por una capa superficial de hidrocarburos, seguida de una capa de agua con un alto contenido de sales e hidrocarburos solubles y por último una capa de sedimentos e hidrocarburos.

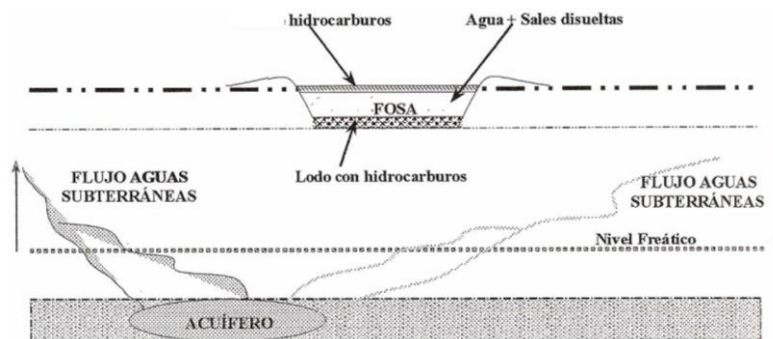


Figura 37. Estructura de una fosa de producción.
Fuente: Arellano (2008), editado por el autor.

Bajo este contexto y con los análisis físico-químicos y organolépticos obtenidos en las muestras del pozo N°6, se puede constatar, que el agente contaminante es proveniente de las fosas de almacenamiento de agua salada, debido a que los análisis muestran un contenido de sales, así como la presencia de metales, dureza y un pH elevado. Tomándose en consideración este foco de contaminación, ya que la sal de agua de producción, está compuesta de cloruro de sodio (NaCl) e hidrocarburos solubles.

Por otra parte, los mecanismos por los que un agente contaminante puede alcanzar el acuífero y propagarse en él, afectando a zonas que en principio podrían considerarse alejadas de su influencia, son múltiples; sin embargo, los componentes del agua de producción son altamente móvil en el perfil del suelo, puede migrar hacia la superficie durante los períodos secos y concentrarse en capas discretas durante los períodos húmedos; También puede resultar de la

filtración de sales dentro del subsuelo, a medida que la sal se diluye por el agua de lluvia, los contaminantes se moverán de manera lateral gradiente abajo.

Es importante resaltar que actualmente la política de PDVSA está regulada principalmente por los Decretos N° 2.635, que se refiere a las “Normas para el control de la Recuperación de materiales Peligroso y el Manejo de los Desechos Peligrosos”, donde se prohíbe la construcción de fosas de producción, que no cumplan con las condiciones establecidas en el artículo 16 del decreto, de igual forma, en sus artículos 49-53 del capítulo III “Manejo de los desechos peligrosos de actividades de exploración y producción de petróleo y de exploración y explotación de minerales”, donde se considera el almacenamiento de desechos peligrosos generados en las actividades de exploración y producción de petróleo. El artículo establece que:

- La superficie donde se va a colocar el material peligroso debe estar protegida con un material impermeable para evitar filtración de los desechos en el suelo.
- El material debe estar protegido de la intemperie, para que no sea factible su arrastre por el viento, ni el lavado con lluvia.
- Debe contar con sistemas de drenaje que conduzca a un tanque de almacenamiento de vertido y con sistemas de tratamiento correspondiente.

Como se puede observar en la figura 39, las fosas de producción no cumplen con los parámetros establecidos en los Decretos N° 2.635, por lo que no está alejado de la realidad, decir que la fuente de contaminación radica en las fosas de producción de agua salada.



Figura 38. Fosas de producción cercana al pozo N° 6.
Fuente: Autores

CAPITULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El municipio Simón Rodríguez del estado Anzoátegui, se ubica el sector Ostra, el cual, se surte de agua potable mediante pozos perforados mecánicamente; el levantamiento dio como resultado 6 pozos, ubicados con sus coordenadas UTM, estando en funcionamiento solo 2 (pozo N°3 y el pozo N°6), estableciéndose sus caudales de 10,409 l/s y 9,715 l/s respectivamente, en conjunto con la toma de muestras para su posterior análisis; de igual forma se constató que ninguno de los pozos cuenta con iluminación, seguridad o cerca perimetral para limitar la entrada y salida de personas ajenas.

Al momento del muestreo se emplearon recipientes de 2 litros y envases de muestras de laboratorio de 125ml. Primero se tomaron las muestras para análisis bacteriológicos, asegurando su cerrado y asegurando su posición vertical en la cava con hielo, luego se tomaron las siguientes muestras para los análisis fisicoquímicos y organolépticos, que fueron entregadas en el laboratorio de aguas las Mercedes, pertenecientes a la gerencia corporativa Anzoátegui Sur de C.A. Hidrológica del Caribe, dando como resultado el informe N° 07619-ASO, realizando dicho análisis bajo el "MÉTODO NORMALIZADO PARA EL ANÁLISIS DE AGUAS POTABLES Y RESIDUALES". En ninguna de las muestras se detectó presencia de organismos heterótrofos aerobios en la muestra, de igual forma, los microorganismos coliformes totales y fecales se encuentran ausentes.

Las comparaciones de los resultados con la norma establecieron que el pozo el pozo N°3 se encuentra entre los límites exigidos para aguas destinadas al uso doméstico y al uso industrial que requiera agua potable. El pozo N°6 mostró un pH elevado, pero entre los límites exigidos, de igual forma se presencian niveles de

salinidad, en conjunto con una conductividad específica un poco elevada pero aun dentro de los parámetros establecidos. Desde el punto de vista organoléptico, los parámetros de color aparente y turbiedad se encuentran ligeramente alterados, encontrándose aun entre los límites exigidos, pero de igual forma, representan una alteración de los valores estándares del agua potable, lo que genera una vulnerabilidad del acuífero que exige la toma de medidas de protección del mismo.

Las mejoras de los sistemas de captación se establecieron en base a los resultados de análisis obtenidos e inventario realizado, concluyendo que el pozo N°3 se deben establecer medidas de prevención generales en relación a las actividades que se puedan realizar en las cercanías de la zona que son agricultura y ganadería; en el pozo N°6 se determinó que la fuente contaminante está relacionada con la actividad petrolera en las cercanías; se realizó el diagnostico que permitió constatar que el contaminante es producto de las fosas de producción que almacenan agua salada, las cuales no cumplen con el reglamento establecido en los Decretos N° 2.635, donde se le debe realizar un saneamiento total a la zona y realizar nuevas fosas de producción que cumplan con lo establecido en dicho decreto.

5.2 RECOMENDACIÓN

Se recomienda crear campañas de concientización por parte de los entes encargados del suministro de agua potable, es decir, mejorar, facilitar y promover la interacción entre instituciones, organizaciones, asociaciones y programas que trabajen en temas de la gestión integral de los recursos naturales, educación ambiental y participación ciudadana.

Las muestras de agua subterránea tomadas durante muestreo en el pozo N°6, presentan valores de sales minerales, metales, pH, dureza, turbiedad y color aparente sin superar los valores de la norma; por lo que se recomienda que este parámetro sea monitoreado periódicamente, ya que constituye un indicador que

contempla la eventual contaminación proveniente de las actividades petroleras cercanas a la zona.

Con la finalidad de realizar un seguimiento de la calidad del agua, se recomienda que el estado solicite a las empresas petroleras que están operando en el sector, realicen un monitoreo de la calidad de cursos de agua adyacentes de sus trabajos, donde se incluya el análisis de TPH (hidrocarburos totales de petrolero) o PAHs (hidrocarburos poliaromáticos).

De igual forma, se recomienda el saneamiento de las fosas de producción presentes, ya que son la fuente de contaminación del pozo N°6, y posteriormente la construcción de una nueva, siguiendo los parámetros establecidos en el Decreto N° 2.635, que se refiere a las “Normas para el control de la Recuperación de materiales Peligroso y el Manejo de los Desechos Peligrosos”. En el caso del pozo N°3, por estar en buenas condiciones.

de Las perforaciones se encuentran cercadas con poco acceso restringido ya que solo funcionan como cerca perimetral. Si bien esto constituye una protección para dichos pozos,

Se recomienda calcular las áreas de los perímetros de protección en términos hidrogeológicos, y en base a ello establecer las restricciones necesarias para el uso del territorio y los controles más adecuados, ya que, solo el pozo N°5 cuenta con cerca perimetral, los demás pozos no se encuentran cercados, ni cuentan con acceso restringido;

Teniendo en cuenta que actualmente se dispone de importantes normativas legales y administrativas, que permiten intensificar la protección del recurso, es necesaria la toma de decisiones técnicas y fundamentalmente políticas con respecto a la planificación de los usos del suelo y gestión del territorio, aunque muchas veces los planes y demás estrategias planteadas desde las

administraciones tienen un carácter principalmente económico, no siempre contemplan adecuadamente la dimensión ambiental de los recursos hídricos.

Actualizar la norma sanitaria de agua potable, así como también, evaluar la calidad del agua potable en los sistemas de abastecimiento prioritarios y desarrollar planes de seguridad del agua en cada sistema de abastecimiento.

BIBLIOGRAFÍA.

- ARELLANO, T. (2008). *Manejo integral de fosas de hidrocarburos generadas por la actividad petrolera venezolana*. Trabajo de grado para optar al título de postgrado maestría en gerencia ambiental. Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Nacional. Caracas, Venezuela.
- ARIAS, F. (2006). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología*. Científica. (5ª.e.d). Caracas, Venezuela: EPISTEME.
- AROCHA, S. (1989). *Abastecimientos de agua*. Teoría y diseño. Ediciones Vega. Caracas, Venezuela.
- CUSTODIO, E y LLAMAS, R. (1976). *Hidrología subterránea*. Tomos I y II. Barcelona: Omega.
- CHEREQUE, W. (1989). *Hidrología: para estudiantes de Ingeniería Civil*. 2ª Edición. Lima: CONCYTEC.
- CONSULTORES EN INGENIERÍA SANITARIA (1981). *Recomendaciones generales sobre calidad de aguas subterráneas*. 1ª Edición. Buenos Aires. Autor.
- FERNANDEZ. (2014). *Calidad de Agua en Sectores Rurales*. Periódico *El Tiempo*. [Documento en Línea] Disponible en: <http://eltiempo.com.ve/locales/zonasur/comunidad/calidad-del-agua-desector-rural-los-loros-genera-diatriba-vecinal/122802>.
- GOMEZ, C. (2016). *Evaluación Funcional de los Sistemas de Captación de Aguas Subterráneas del Acueducto de Cantaura, Municipio Pedro María Freites, estado Anzoátegui*. Trabajo Final de pregrado no

publicado. Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui Extensión Cantaura, Venezuela.

GONZALES, O. (2015). *Sistema de aguas potable y perforación de pozos mecánicos*. Trabajo final de grado. Universidad San Carlos de Guatemala. Facultad de arquitectura. Guatemala.

GUTIERRES, J. (2013). *Calidad de agua subterránea del sector centro occidental del Municipio miranda del estado Zulia*. Trabajo de Grado para optar al Grado Académico de Magíster en ingeniería ambiental. Universidad Del Zulia. Maracaibo, Venezuela.

GUZMÁN, D. Y PEREIRA, K. (2009). *Estudio de gestión de las aguas subterráneas en Venezuela, caso especial: acuífero de la mesa de Guanipa*. Trabajo Final de pregrado no publicado. Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui. Anzoátegui, Venezuela.

ILLARRAMENDI, M. (2008). *Calidad de agua en la cuenca del rio Guare*. Trabajo final de grado. Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela.

MARTINEZ, J. (2009). *Diagnóstico de la Calidad de Agua en Pozos. Excavados de Tres Comunidades del Valle del Yeguaré, Honduras*. Trabajo final de pregrado no publicado. Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. Valle del Yeguaré.

MINISTERIO DE SANIDAD Y ASISTENCIA SOCIAL. (1998). *Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable*. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 35.395. Caracas.

- O.M.S, (2010). *Guías para la Calidad de Agua Potable*. [Documento en Línea] Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_1.pdf [Consultada: 2018, enero 18].
- ORDOÑEZ, J. (2011). *Aguas Subterráneas – Acuíferos*. Cartilla Técnica. Sociedad Grafica de Lima, Perú.
- LOPEZ, S. (2016). *Calidad del Agua para Usos Recreativos Desde Las Perspectivas de la Seguridad e Higiene Laboral y La Salud Pública*. Escuela Superior Técnica, Facultad de Ingeniería del Ejército, Universidad de la Defensa Nacional. Palermo, Argentina.
- RIVAS, G. (1983). *Abastecimientos de Aguas y Alcantarillados*. 3ª Edición. Caracas: Ediciones Vega S.R.L.
- ROMERO, J. (2002), *Calidad del agua*. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá, Colombia.

HOJAS DE METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	“Evaluación de la calidad del agua de los pozos productores del Sector Ostra, del municipio Simón Rodríguez del estado Anzoátegui.”
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Belisario Aviles, Diana Katherine	CVLAC	25.015.095
	e-mail	Belisariodiana4@gmail.com
	e-mail	
Moreno Guevara, Stephany Suheil de Jesus	CVLAC	24.983.232
	e-mail	Stephanymorenog@gmail.com
	e-mail	

Palabras o frases claves:

análisis físico-químico
organoléptico
parámetros
Pozo de agua
agua potable
norma sanitaria
mantenimiento
acuífero

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ingeniería y ciencias aplicadas	Ingeniería Civil

Resumen (abstract):

Resumen

El agua es la esencia de la vida y en torno a ella se han desarrollado todas las civilizaciones de la tierra, siendo este recurso el más importante para la supervivencia del resto de los seres vivos; Tal es el caso de las familias del sector Ostra en el Municipio Simón Rodríguez, del estado Anzoátegui, los cuales se surten de 6 pozos perforados mecánicamente, donde solo están en funcionamiento solo 2; estudios realizados por Hidrocaribe en el año 2014, contienen alteraciones de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos, ocasionando problemas en la calidad de agua y la vida de los habitantes. Por lo que se estableció la realización de inventario, operatividad, estudio de la zona y recolección de muestras, para su posterior análisis físico-químico y bacteriológico, con la finalidad de evaluar la calidad de los pozos productores del sector ostra. Se demostró que el pozo N°3 se encuentra en condiciones óptimas catalogada como agua potable para consumo humano, caso contrario a los pozos cercanos al U.E.Y y Liviano/O.E.D-18, que presenta alteración en el contenido de sales minerales, presencia de metales, pH, dureza, turbiedad y color aparente, que al encontrarse dentro de los valores estándares, representan una vulnerabilidad y creciente contaminación del acuífero, de esta manera se recomendó una serie de procesos de protección, para mitigar la infiltración de los efluentes de la U.E.Y y Liviano/O.E.D-18.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail										
Martinez, Jhonatan	ROL	CA		AS		TU	X	JU			
	CVLAC	15.376.400									
	e-mail	jhonatanmartinez@udo.edu.ve									
	e-mail										
Rojas, Laurimar	ROL	CA		AS		TU		JU	X		
	CVLAC	15.563.371									
	e-mail	Laurimarrojad@hotmail.com									
	e-mail										
Rodríguez, Andreina	ROL	CA		AS		TU		JU	X		
	CVLAC	13.177.077									
	e-mail	Andreinarodriguez1403									
	e-mail										

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2019	12	13

Lenguaje: SPA

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
TESIS DIANA Y STEPHANY	Application/word

Alcance:

Espacial: UNIVERSAL

Temporal: INTEMPORAL

Título o Grado asociado con el trabajo:

Ingeniería Civil

Nivel Asociado con el Trabajo:

Pregrado

Área de Estudio:

Departamento de Ingeniería Civil

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad De Oriente / Núcleo Anzoátegui/ Extensión Cantaura

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho


Estimado Profesor Martínez:


Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

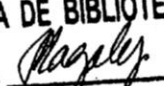
Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,


JUAN A. BOLAÑOS CUNELE
Secretario



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR 
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009): “Los trabajos de grados son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y solo podrá ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Concejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Concejo Universitario, para su autorización”.

Belisario Aviles, Diana Katherine.

AUTOR

Moreno Guevara, Stephany Suheil

AUTOR

Prof. Martínez, Jhonatan

TUTOR