



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS EN
EL ACUÍFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO, SECTOR NORTE – C, POZO
N° 2, COORD. LAT: 10°16'0.30"N; LONG: 67°57'42.68"O, PERIODO 2019.**

Autores:
Oscar Absalón
Roxana Bravo

Ing MSc PHD Adriana M. Márquez R.

Bárbula, 26 de noviembre de 2020



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS EN
EL ACUÍFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO, SECTOR NORTE – C, POZO
N° 2, COORD. LAT: 10°16'0.30"N; LONG: 67°57'42.68"O, PERIODO 2019.**

Trabajo Especial de Grado Presentado como requisito para Optar al
Título de Ingeniero Civil

Autores:
Oscar Absalón
Roxana Bravo
Ing MSc PHD Adriana M. Márquez R.

Bárbula, 26 de noviembre de 2020



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes, miembros del jurado designado para estudiar el Trabajo Especial de Grado titulado: **“ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS EN EL ACUÍFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO, SECTOR NORTE – C, POZO N° 2, COORD. LAT: 10°16'0.30"N; LONG: 67°57'42.68"O, PERIODO 2019”**, realizado por los bachilleres: Oscar Absalón, CI: 19.655.171 y Roxana Bravo, CI: 20.523.997, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Presidente del Jurado
Adriana Márquez
CI: 12.604.007

Miembro del Jurado
Alexander Cabrera
CI: 11.115.055

Miembro del Jurado
Gerardo Huguet
CI: 4.859.589

Bárbula, 18 de marzo de 2021



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes, miembros del jurado designado para estudiar el Trabajo Especial de Grado titulado: **“ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS EN EL ACUÍFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO, SECTOR NORTE – C, POZO N° 2, COORD. LAT: 10°16'0.30"N; LONG: 67°57'42.68"O, PERIODO 2019”**, realizado por los bachilleres: Oscar Absalón, CI: 19.655.171 y Roxana Bravo, CI: 20.523.997, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Presidente del Jurado
Adriana Márquez
CI:

Miembro del Jurado
Alexander Cabrera
CI:

Miembro del Jurado
Gerardo Huguet
CI:

Bárbula, 3 de diciembre de 2020

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por permitirme vivir cada día por su misericordia a través de su hijo Jesús Cristo, por la revelación y consolación que es consumada por medio de su Espíritu Santo. Ya que sin Él no sería posible seguir adelante en tan maravillosa formación y aprendizaje.

A mi madre Dalila Arias Reyna por ser paciente conmigo en todo mi crecimiento como su hijo y futuro profesional. Por ayudarme a entender que los días no son blancos ni negros. Sino que por medio de ellos podemos aprender a perfeccionarnos como mejores seres humanos. Por ser más que fiel e inquebrantable su voluntad al ofrecerme su amistad, cariño y grato amor.

A mi tía Liliana Arias, por apoyarme a seguir adelante en mi crecimiento profesional, que a pesar de las vicisitudes siempre me ha brindado su más incondicional apoyo y sabios consejos.

A mi abuela Paola Deogracia, por ser mi segunda madre y ofrecerme todo su cariño y su mano amiga, para seguir adelante sin titubear frente las dificultades.

A mi hermana Benilde Indriago, por ser un ángel enviado para enriquecer mi vida, el cual no cambiaría por nada. Gracias por haber llegado a mi vida por ser un aliciente ilimitado y ayudarme a ser un ejemplo para ti hoy y siempre.

A mi abuelo Nelson Arias, mi tía Lila Arias y mi tía Teresa Arias, por sus buenos consejos para forjarme como futuro profesional y no claudicar en tan extraordinaria etapa de mi vida.

Oscar Abalon.

DEDICATORIA

Doy las gracias a mi amado Dios por permitirme alcanzar este sueño ¡gracias padre, gracias hijo y gracias precioso espíritu santo de Dios!

A mi amada hija Miranda Alejandra y mi madre Eusebia Gerdert por ser mis ángeles terrenales y brindarme su amor incondicional ¡gracias por ser mi fuente de inspiración!

A mi padre Marcelino Bravo por apoyarme y aconsejarme a lo largo de mi carrera universitaria.

A mi hermana Marcelis Bravo por haberme permitido cursar mis estudios en la ciudad de Valencia e inspirarme constantemente en convertirme en profesional; siempre me has enseñado el lado positivo de las cosas a pesar de las adversidades ¡gracias por tu apoyo cada vez que lo necesite y por enseñarme a no rendirme!

A mi hermana Daniela Bravo por sus consejos, comprensión y amor incondicional; no me alcanzan las palabras para agradecerte todo lo que has hecho por mi ¡gracias por tu confianza!

A mi hermana Eusmar Bravo por tu apoyo, has sido una madre para mi hija en estos últimos semestres de mi carrera ¡sin tu ayuda no fuera sido posible!

A mis hermanos Gustavo, Mary y a mis sobrinos Francis, Emmanuel, Eduardo y Solangel por apoyarme; por estar allí cada vez que los necesite ¡este logro es gracias a ustedes!

A mi padrino Luis Miguel Lamuño Brito por apoyarme hasta el último instante de mi carrera, ¡gracias por su apoyo y sus sabios consejos!

Roxana Bravo

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por ser el autor de tan noble sueño, el cual siempre tendré como recordatorio y extensión de su eterno amor e incondicional amparo.

A la profesora Adriana Márquez por darme el honor de ser su tesista y proveernos de toda su erudición y las herramientas necesarias para realizar el presente trabajo de grado.

Le agradecemos al Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales de la Universidad de Carabobo (CIHAM UC) por suministrar recursos para realizar el siguiente trabajo de grado. Por su loable labor y por su diligencia a la hora de aportar la instrumentación de primera y sus pulidos conocimientos en el área de la ingeniería ambiental.

A mis amigos Manuel Chirinos, Carmen Mota, y Leandro Carrero por motivarme a ser mejor cada día y a no dudar de mi potencial como ser humano. Por su virtuosa y cálida amistad. La cual vi reflejada en sus valiosas exhortaciones y asistencia cuando necesitaba una mano amiga.

A mi amigo el Profesor José Valera, por instruirme en gran manera para adquirir los conocimientos básicos cuando empecé los primeros semestres de ingeniería. Por enseñarme que lo más importante aparte de tener los conocimientos; es saber utilizarlos como una herramienta certera para solventar los problemas cotidianos de manera rápida y sencilla.

Oscar Absalón.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por darme la alegría de culminar este sueño: ser ingeniero civil.

A mi tutora Adriana Márquez por su paciencia y aceptar el reto de guiarme en el presente trabajo de investigación.

Le agradecemos al Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales de la Universidad de Carabobo (CIHAM UC) por ser garante en la culminación de este extraordinario trabajo de grado. Aportando conocimientos e instrumentación idónea para obtener resultados veraces, a la vanguardia y dignos de admiración en el área de la ingeniería ambiental.

A mi primo Andy Ramos y su esposa María Fernanda Muñoz por abrirme las puertas de su casa y brindarme su apoyo.

A todos los amigos que siempre me ayudaron a lo largo de mi carrera universitaria: Ana Flores, Soniris Urdaneta, Valentina Barrios, Shaina Mitha, Elías Moudalial, Juan Flores y Eduardo García.

A un gran amigo que conocí en el primer semestre de ingeniería: Jesús Duran ¡gracias por tu sabios consejos y tu apoyo!

A mi amigo Eduardo Bravo por su enorme paciencia para enseñarme a redactar ¡gracias por ayudarme cada vez que lo necesite!

Roxana Bravo.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS EN
EL ACUÍFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO, SECTOR NORTE – C, POZO
N° 2, COORD. LAT: 10°16'0.30"N; LONG: 67°57'42.68"O, PERIODO 2019.**

Elaborado por:

Oscar Absalón

Roxana Bravo

Tutor:

Ing MSc PHD Adriana M. Márquez R.

Fecha: 3 de diciembre de 2020

RESUMEN

El agua subterránea se ha convertido en una gran alternativa para el abastecimiento de agua en aquellos lugares donde el suministro de agua potable es irregular. La presente investigación tiene como objetivo principal analizar la variación de los parámetros hidráulicos en el pozo número 2 ubicado en la comunidad Tulipán del municipio San Diego durante los meses de febrero, marzo y abril del año dos mil diecinueve (2019). La misma es una investigación de campo, de tipo descriptiva no experimental; la muestra está representada por el pozo número 2 utilizado como pozo de bombeo, y el pozo número 1 empleado como pozo de observación para medir el nivel estático del agua; estos pozos fueron identificados geográficamente mediante el software Google Earth. Como técnicas de recolección de datos se utilizaron los siguientes instrumentos: sonda para medir el nivel del agua, cronometro y un recipiente empleado en las mediciones realizadas y en la prueba del caudal variable; asimismo se requirió de envases esterilizados para tomar una muestra de agua en el pozo número 2 y realizar un análisis físico-químico y bacteriológico. Finalmente se concluyó que el agua no se encuentra en condiciones adecuadas para el consumo humano debido a la presencia de coliformes totales y coliformes fecales, por lo cual se recomienda realizar un proceso de desinfección usando hipoclorito de sodio; al obtenerse los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento, el acuífero del municipio San Diego resulto ser de tipo confinado y de baja transmisividad; es importante destacar que los niveles estáticos, dinámicos y el caudal no presentaron una variación importante por lo cual el acuífero no se encuentra sobreexplotado.

Palabras clave: Acuíferos, aguas subterráneas, ensayos de bombeo.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| Dedicatoria | iv |
| Agradecimientos | vi |
| Resumen | viii |
| Índice de tablas | xii |
| Índice de Gráficos..... | xvi |
| INTRODUCCIÓN..... | 18 |
| CAPÍTULO I | 20 |
| EL PROBLEMA | 20 |
| Planteamiento del Problema | 20 |
| Formulación del Problema..... | 23 |
| OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... | 23 |
| Objetivo General..... | 23 |
| Objetivos Específicos..... | 23 |
| Justificación de la Investigación..... | 23 |
| Alcances y Limitaciones de la Investigación..... | 25 |
| CAPÍTULO II | 27 |
| MARCO CONCEPTUAL | 27 |
| ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN..... | 27 |
| MARCO CONCEPTUAL | 29 |
| MARCO NORMATIVO LEGAL | 42 |
| CAPÍTULO III..... | 51 |
| MARCO METODOLÓGICO | 51 |
| Tipo de Investigación..... | 52 |

| | |
|--|----|
| Tipo de Estudio..... | 53 |
| Diseño de la Investigación | 53 |
| Población y Muestra | 53 |
| Técnicas e instrumentos de recolección de información | 55 |
| Fase I: Identificar geográficamente los pozos de agua subterránea. ... | 58 |
| Fase II: Registrar la variación del caudal, nivel de agua y toma de muestra de agua para el análisis físico-químico y bacteriológico..... | 65 |
| Fase III: Estimar los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento del acuífero del municipio San Diego..... | 69 |
| CAPÍTULO IV..... | 72 |
| RESULTADOS Y DISCUSION..... | 72 |
| Resultados de la Descripción de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos..... | 72 |
| Resultados de la descripción de los parámetros hidráulicos presentes en la zona de estudio..... | 84 |
| Resultados de la estimación de los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento del municipio San Diego, estado Carabobo. | 87 |
| Resultados del análisis comparativo del funcionamiento de los pozos surtidores de agua, en la comunidad Tulipán del municipio San Diego..... | 91 |
| CAPÍTULO V | 97 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 97 |
| Conclusiones | 97 |
| Recomendaciones..... | 98 |

| | |
|--------------------|-----|
| Bibliografía | 100 |
|--------------------|-----|

ÍNDICE DE TABLAS

| Nro. | Pág. |
|---|-------------|
| 1.- Valores del Coeficiente de Almacenamiento..... | 40 |
| 2.- Valores de Transmisividad..... | 41 |
| 3.- Clasificación de las Aguas Según su Dureza, Norma COVENIN 2771-91..... | 42 |
| 4.- Componentes Relativos a la Calidad Organolépticos del Agua Potable, Gaceta N° 36.395..... | 44 |
| 5.- Valor Máximo Aceptable de los Componentes del Agua Potable, Gaceta N° 36.395..... | 44 |
| 6.- Frecuencia Mínima de Muestreo Para el Análisis de Parámetros Bacteriológicos en el Sistema de Distribución del Agua Potable, Gaceta N° 36.395..... | 45 |
| 7.- Frecuencia Mínima de Muestreo Para el Análisis de los Parámetros Relacionados en las Características Organolépticas, Físicas y Químicas del Agua Potable, Gaceta N° 36.395..... | 46 |
| 8.- Límite Máximo de los Parámetros de las Aguas Sub-Tipo 1A, Gaceta N° 5.305..... | 48 |
| 9.- Límite Máximo de los Parámetros de las Aguas Sub-Tipo 1B, Gaceta N° 5.305..... | 49 |
| 10.- Límite Máximo de los Elementos, Compuestos y Biocidas de las Aguas Sub-Tipos 1A y 1B, Gaceta N° 5.305..... | 49 |
| 11.- Límite Máximo de las Aguas Sub-Tipos 1C, Gaceta N° 5.305... | 50 |
| 12.- Identificación Geográfica de los Pozos en Estudio..... | 55 |
| 13.- Programación de Mediciones del Pozo Número 2..... | 65 |
| 14.- Programación de Mediciones del Pozo Número 1..... | 66 |
| 15.- Resultados Obtenidos del Análisis Físico-químico y Bacteriológico..... | 73 |
| 16.- Resultados Obtenidos del Análisis Físico-Químico y | |

| | |
|---|----|
| Bacteriológico con los Valores Permitidos en la Gaceta N° 36.395..... | 74 |
| 17.- Clasificación del Agua de Acuerdo al Resultado Obtenido de Dureza Total y los Tipos de Aguas Establecidos en la Norma COVENIN 2771-91..... | 75 |
| 18.- Nivel Estático, Nivel Dinámico y Caudal Medio del Pozo Número 2..... | 84 |
| 19.- Promedio del Nivel Estático, Nivel Dinámico y Caudal Medio del Pozo Número 2..... | 85 |
| 20.- Niveles Estáticos Obtenidos en el Pozo de Observación..... | 87 |
| 21.- Descenso y Distancia Existente Entre los Pozos de Estudio..... | 88 |
| 22.- Valores Obtenidos de la Prueba de Caudal Variable en el Pozo Número 2..... | 88 |
| 23.- Coordenadas del Punto de Ajuste Mediante el Método de Theis. | 90 |
| 24.- Valores de Transmisividad y Coeficiente de Almacenamiento del Acuífero del Municipio San Diego..... | 91 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Nº de Figura | Pág. |
|---|-------------|
| 1.- Acuífero Confinado..... | 31 |
| 2.- Acuífero Libre..... | 32 |
| 3.- Acuífero Semiconfinado..... | 33 |
| 4.- Acuitardo..... | 34 |
| 5.-Curva de Theis..... | 37 |
| 6.-Coeficiente de Almacenamiento..... | 39 |
| 7.- Esquema General de la Investigación..... | 52 |
| 8.-Sonda para Medir Nivel, Marca PLM..... | 56 |
| 9.- Tobo Para Medir el Caudal, Capacidad 8 Litros..... | 57 |
| 10.- Cronometro..... | 57 |
| 11.- Envase Usado para Toma de Muestra de Agua en el Análisis Físico-Químico..... | 58 |
| 12.- Envase Usado para Toma de Muestra de Agua en el Análisis Bacteriológico..... | 58 |
| 13.- Entrada a la Ubicación Geográfica del Municipio San Diego.... | 59 |
| 14.- Ubicación del Conjunto Residencial el Tulipán..... | 60 |
| 15.- Ubicación del Pozo Número Dos (2).... | 61 |
| 16.- Ubicación de los Pozos de Estudio..... | 62 |
| 17.- Cambio de Configuración de Coordenadas Geográficas a UTM...63 | |
| 18.- Coordenadas UTM del pozo Número Dos (2)..... | 64 |
| 19.- Coordenadas UTM del Pozo Número uno (1)..... | 64 |
| 20.- Medición del Nivel Estático del Pozo Numero dos (2)..... | 67 |
| 21.- Prueba del Caudal Variable..... | 68 |
| 22.- Medición del Nivel Dinámico del Pozo Número dos (2). | 69 |
| 23.- Distancia Existente Entre Ambos Pozos..... | 70 |
| 24.- Superposición de graficas..... | 71 |

| | |
|---|-----|
| 25.- Mapa de Ubicación y Uso de los Pozos del Municipio San Diego, Estado Carabobo..... | 107 |
| 26.-Carta de Solicitud de Análisis Físico-químico y Bacteriológico al Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo, Dirección Carabobo. | 109 |
| 27.- Carta de Entrega del Análisis Físico-Químico y Bacteriológico..... | 110 |
| 28.-Análisis Físico-Químico y Bacteriológico en la Tubería de Aducción en la Cual Confluyen los Pozos Número dos (2) y Número seis (6)..... | 111 |
| 29.- Planillas de Medición de Fecha 17/2/2019..... | 113 |
| 30.- Planillas de Medición de Fecha 30/3/2019..... | 114 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| Nº de Gráfico | Pág. |
|--|-------------|
| 1.- Comparación del Resultado de Dureza Total con Respecto a lo Establecido en las Gacetas N° 5.305 Y 36.395..... | 76 |
| 2.- Comparación del Valor Obtenido de Turbiedad con Respecto a lo Establecido en las Gacetas N° 5.305 Y 36.395..... | 77 |
| 3.- Comparación del Valor de pH con Respecto a lo Establecido en las Gacetas N° 5.305 Y 36.395..... | 77 |
| 4.- Comparación del Valor Obtenido de Solidos Disueltos Totales con Respecto a lo Establecido en las Gacetas N° 5.305 Y 36.395.... | 78 |
| 5.- Comparación del Valor Obtenido de Cloruro con Respecto a lo Establecido en las Gacetas N° 5.305 Y 36.395..... | 79 |
| 6.- Comparación del Valor Obtenido de Sulfato con Respecto a lo Establecido en las Gacetas N° 5.305 Y 36.395..... | 79 |
| 7.- Comparación del Valor Obtenido de Nitrito y Nitrato con Respecto a lo Establecido en la Gaceta N° 5.305..... | 80 |
| 8.- Comparación del Valor Obtenido de Nitrito con Respecto a lo Establecido Gaceta N° 36.395..... | 81 |
| 9.-Comparación del Valor Obtenido de Nitrito y Nitrato con Respecto a lo Establecido en la Gaceta N° 5.305..... | 81 |
| 10.-Comparación del Valor Obtenido de Nitrito y Nitrato con Respecto a lo Establecido en la Gaceta N° 5.305..... | 82 |
| 11.- Variación del Nivel Estático en el Pozo Número dos (2)..... | 85 |
| 12.- Variación del Nivel Dinámico en el Pozo Número dos (2)..... | 86 |
| 13.- Variación del Caudal en el Pozo Número dos (2)..... | 86 |
| 14.- Variación del Nivel Estático en el Pozo Numero Uno (1)..... | 87 |
| 15.- Variación del Caudal en Función del Tiempo en el Pozo Número Dos (2)..... | 89 |
| 16.- Variación del Nivel Dinámico en Función del Tiempo en el | |

| | |
|---|----|
| Pozo Número dos (2)..... | 89 |
| 17.- Nivel Estático de los Pozos Número Dos (2) y Número Seis (6) | 92 |
| 18.- Nivel Dinámico de los Pozos Número Dos (2) y Número Seis (6)..... | 93 |
| 19.- Caudal Medio de los Pozos Número Dos (2) y Número Seis (6) | 93 |
| 20.- Transmisividad de los Pozos Número Dos (2) y Número Seis (6)..... | 94 |
| 21.- Coeficiente de Almacenamiento de los Pozos Número Dos (2) y Número Seis (6)..... | 94 |

INTRODUCCIÓN

El agua subterránea es uno de los recursos naturales limitados más preciados del planeta tierra. Los acuíferos son formaciones geológicas que almacenan el agua subterránea en sus poros o grietas; desde tiempos remotos, se han extraído volúmenes de agua mediante la construcción de pozos para poder tener acceso a este recurso.

La explotación de los acuíferos se ha venido incrementando debido al agotamiento y contaminación de las fuentes de aguas superficiales, alterando así el ciclo hidrológico y disminuyendo los caudales de ríos y manantiales. Cuando se extraen grandes volúmenes de aguas subterráneas, sin realizar un estudio hidrológico que determine las condiciones en las que se encuentran las características hidrológicas y la calidad del agua, se produce un descenso de los niveles del agua aumentando los costos de explotación al tener que bombear el agua de mayor profundidad y en algunos casos, tener que abandonar o sustituir algunos pozos; además, pueden ocurrir asentamientos en el terreno.

Es importante destacar que los acuíferos son vulnerables a las actividades realizadas por el ser humano las cuales pueden afectar la calidad del agua, entre estas se pueden mencionar: los vertidos industriales y urbanos, el empleo intensivo de fertilizantes y agroquímicos y la mala disposición de las aguas residuales.

El empleo cada vez más intenso de las aguas subterráneas ha generado la sobreexplotación de muchos acuíferos y es difícil evaluar de forma correcta el grado de sobreexplotación. Los pozos proporcionan información esencial para el estudio de las aguas subterráneas debido a que permiten medir los niveles del agua, tomar muestras del agua existente en ellos y realizar ensayos de bombeo.

El propósito del estudio consiste en determinar las condiciones en que se encuentra el acuífero del municipio San Diego del estado Carabobo; para ello, es necesario determinar los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento del pozo número 2 ubicado en la comunidad Tulipán y tomar una muestra de agua para determinar las propiedades químicas, físicas y bacteriológicas existente en el pozo de estudio.

El desarrollo de esta investigación está conformado por 5 capítulos que se describen a continuación, en el capítulo I se explicara el planteamiento del problema, la formulación del problema, el objetivo general y los objetivos específicos, el alcance y las limitaciones de la investigación.

En el capítulo II denominado marco teórico, se explicaran los antecedentes nacionales e internacionales que se investigaron para llevar a cabo el desarrollo de la presente investigación; así como también las bases teóricas relacionadas con el tema en investigación y el marco normativo legal.

En el capítulo III denominado marco metodológico, describe las fases llevadas a cabo para alcanzar los objetivos propuestos; así como también el tipo de estudio, tipo de investigación, diseño de la investigación, y la población y muestra seleccionada para desarrollar la presente investigación.

Dentro de este orden de ideas, en el capítulo IV se muestran el análisis de los resultados obtenidos; y en el capítulo V se describen las conclusiones y recomendaciones del tema investigado.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del Problema

Los recursos hídricos son afectados por el calentamiento global, las fuentes de aguas superficiales están disminuyendo debido el aumento de la temperatura de la corteza terrestre. Seguí et al. (2019) encontró que: “La escasez de agua afecta a más de 40% de las personas en todo el mundo, una cifra alarmante y que se prevé irá en aumento a causa del incremento de las temperaturas globales como resultado del cambio climático” (p. 8)

Rey (2014) señala que la escasez de agua se agravará con el cambio climático, el ciclo hidrológico será afectado previéndose sequías prolongadas, alternadas con lluvias intensas y variaciones en los períodos lluviosos y secos.

González y Elías (2019) afirman

En veintidós (22) países, especialmente en África y Asia, el estrés por escasez de agua, definido como la relación entre el agua dulce extraída y el total de los recursos renovables de agua dulce, se posicionan por encima del setenta por ciento (70%); en quince (15) de esos países, las extracciones excedían el cien por ciento (100%) de los recursos renovables de agua dulce del país. (p. 4)

La demanda de agua aumenta cada día debido al incremento de la población; cabe destacar, que la contaminación de las fuentes de aguas superficiales, la mala disposición de las aguas residuales y el deterioro de las infraestructuras hidráulicas favorecen la escasez de agua. Al respecto, Jiménez (2015) indica que la intensa urbanización, el crecimiento

demográfico el empleo intensivo de fertilizantes, está afectando directa o indirectamente la calidad del agua y, la estructura hidráulica urbana está envejeciendo en muchas ciudades, lo cual contribuye a la falta absoluta o parcial del servicio.

Venezuela es un país que posee una gran cantidad de recursos hídricos y la mayor parte de la población está concentrada en las ciudades; se observa, que muchas fuentes de aguas superficiales se encuentran contaminadas producto de las actividades domésticas, agrícolas, industriales y mineras. Es importante destacar que en nuestro país no se realiza el tratamiento correspondiente a las aguas residuales. La Red de Organizaciones Ambientalistas no Gubernamentales de Venezuela (ARA, 2011) sostiene que Venezuela es un país con grandes recursos hídricos, provenientes en su mayoría de la cuenca del río Orinoco; el ochenta por ciento (80%) de sus habitantes se encuentran ubicados al norte del país, y el ochenta y cinco por ciento (85%) del total de agua dulce se genera al sur del Orinoco.

Martínez (2011) afirma

En Venezuela, la distribución de la población asentada en gran proporción en donde hay mayor escasez de agua, sumado al deterioro de la calidad de los cuerpos de agua por el vertido sin tratamiento a las cuencas, el uso de agroquímicos, así como los posibles conflictos de uso de este recurso y las deficiencias en cuanto a un aprovechamiento racional, obligan a adjudicar especial atención a este sector. (p. 14)

Blanco et al. (2018) encontró que

En la región central de Venezuela, la calidad del agua varía como consecuencia de la alta densidad poblacional, las aguas residuales, domésticas e industriales reciben un tratamiento deficiente y se incorporan a cuerpos de agua que finalmente llegan a las fuentes de abastecimiento. (p. 645)

En el estado Carabobo, el embalse Pao-Cachinche y la cuenca del Lago de Valencia presentan un alto grado de contaminación y se han convertido en un sumidero doméstico, industrial y agrícola lo cual ha provocado que se

exploten las aguas subterráneas con el fin de satisfacer la demanda de agua de la población; es importante resaltar que el lago de Valencia ha sido uno de los lagos más estudiados. Blanco et al. (2018) sostiene que en el año dos mil cinco (2005) se desvió el río Cabriales hacia los afluentes del embalse Pao-Cachinche, esto revirtió los beneficios del proceso de aireación artificial de sus aguas.

Una de las vulnerabilidades del municipio San Diego del estado Carabobo, es el suministro irregular de agua potable, por lo cual muchos sectores tales como: (Tulipán, La Esmeralda, El Remanso, entre otros) han tenido que acudir a la perforación de pozos subterráneos para poder tener acceso al agua; asimismo, muchos de estos pozos no cuentan con el personal disponible para realizar un estudio previo y determinar las condiciones en que se encuentran los acuíferos.

Palacios y Escobar (2016) afirman

El primer problema que se tiene para combatir la sobreexplotación de los acuíferos, es la gran incertidumbre en la estimación de los valores de los componentes del balance hidrológico y las características geohidrológicas de los acuíferos, a partir de los cuales se calculan los flujos subterráneos de entrada y salida de agua. (p.13)

Ante esta situación que presentan los acuíferos del municipio San Diego, el objetivo de esta investigación es llevar a cabo la evaluación y estimación de los parámetros hidráulicos en el pozo número dos (2) ubicado en la comunidad Tulipán, cuyas coordenadas geográficas son: lat: 10°16'0.30"N; long: 67°57'42.68"O durante el período febrero, marzo y abril del año dos mil diecinueve (2019) con el propósito de evaluar las condiciones del acuífero, así como también realizar un análisis físico-químico y bacteriológico y determinar si el agua está en condiciones adecuadas para el consumo humano.

Formulación del Problema

¿Cuáles son los valores físico-químicos y bacteriológicos del pozo número dos (2) ubicado en la comunidad Tulipán?

¿Cuál es el valor de transmisividad y del coeficiente de almacenamiento del pozo número dos (2) ubicado en la comunidad Tulipán?

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General

Analizar la variación de los parámetros hidráulicos en el pozo número dos (2) ubicado en la comunidad Tulipán del municipio San Diego.

Objetivos Específicos

1. Identificar los pozos de aguas subterráneas ubicados en la comunidad Tulipán del municipio San Diego.
2. Describir los parámetros físico-químicos del agua proveniente del pozo número dos (2), ubicado en la comunidad Tulipán del municipio San Diego.
3. Estimar los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento del acuífero del municipio San Diego, de acuerdo con los resultados obtenidos en los ensayos.

Justificación de la Investigación

La explotación de las aguas subterráneas mediante la perforación de pozos se ha convertido en una de las principales fuentes de abastecimiento de agua del Municipio San Diego, determinar las condiciones del acuífero y

conocer si se está alterando su ciclo de recarga natural es el principal motivo por el cual se plantea el presente trabajo de investigación.

A nivel académico, el presente trabajo de investigación facilitara información sobre el comportamiento del acuífero del municipio San Diego en el pozo número dos (2) ubicado en la comunidad Tulipán durante el periodo febrero, marzo y abril del año 2019; y así servir de apoyo a estudiantes universitarios, profesionales en el área de ingeniería, al Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales de la Universidad de Carabobo (CIHAM-UC) y diferentes centros de investigación. Dentro de este orden de ideas, se busca resaltar la importancia de las aguas subterráneas, con el propósito de que se continúen efectuando este tipo de estudios y se desarrollen nuevas metodologías que determinen y permitan conocer el estado en que se encuentran las aguas subterráneas de nuestro país.

Ahora bien, desde el punto de vista técnico busca destacar la importancia del estudio y análisis de la variación de los parámetros hidráulicos en el acuífero del Municipio San Diego; esto permitirá a profesionales, centros de investigaciones y a las autoridades competentes desarrollar nuevas investigaciones y metodologías con el fin de mejorar y profundizar la información existente. Asimismo, servirá de ayuda para elaborar planes de gestión que permitan un adecuado aprovechamiento de las aguas subterráneas, satisfacer la demanda requerida y que la población actual y futura cuente con una base de datos confiables sobre el comportamiento de los acuíferos.

Desde el punto de vista social proporcionara información acerca de la calidad del agua y de la vulnerabilidad a la que se encuentra expuesto el acuífero con el fin de tomar medidas que eviten el deterioro de las aguas subterráneas.

Alcances y Limitaciones de la Investigación

Alcance de la investigación

El alcance de la presente investigación, es determinar los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento del acuífero del municipio San Diego. Para determinar dichos parámetros, se realizaron mediciones cada quince (15) días desde el tres de febrero hasta el tres de marzo del año dos mil diecinueve (3/2/2019-3/3/2019) en el pozo de bombeo donde se obtuvieron el nivel estático, nivel dinámico y el caudal medio; igualmente, se midió el nivel estático del agua en el pozo de observación. La prueba de bombeo se llevó a cabo el día veinticuatro de marzo del año dos mil diecinueve (24/3/2019)

El nueve de abril del año dos mil diecinueve (9/4/2019) se tomó una muestra de agua del pozo en estudio y se realizó un análisis físico-químico y bacteriológico, en el cual se determinó el contenido de: (conductividad eléctrica, dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica, alcalinidad, pH, sólidos totales disueltos, cloruro, sulfato, nitrito, nitrato, calcio, magnesio, coliformes totales y coliformes fecales).

La delimitación geográfica está ubicada en el municipio San Diego del estado Carabobo y la zona de estudio se encuentra en la comunidad Tulipán, específicamente en el pozo número dos (2) cuyas coordenadas geográficas son: lat: 10°16'0.30"N; long: 67°57'42.68"O.

Limitaciones de la investigación

1. Los laboratorios disponibles en la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Carabobo no cuentan con los reactivos necesarios para realizar las pruebas a la calidad del agua; el Laboratorio Ambiental de Aragua, Unidad Territorial Ecosocialismo-Aragua, fue el laboratorio más

cercano disponible para efectuar el análisis físico-químico y bacteriológico a la muestra de agua.

2. Debido a la ausencia de mantenimiento y mala construcción de los pozos de estudio, se obstaculizó la realización de los ensayos; al momento de utilizar los instrumentos de medición, estos se pusieron en peligro al quedar atascados con los cables del equipo de bombeo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

El marco teórico, está conformado por las bases teóricas y los antecedentes que se investigaron y analizaron para comprender y llevar a cabo el desarrollo del presente trabajo de investigación.

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Antecedentes Internacionales

Novoa y Rojas (2018) **“Evaluación de transmisibilidad en acuíferos semiconfinados en el Municipio de Tuluá Valle del Cauca”**, realizado en la Universidad Distrital Francisco José De Caldas. El objetivo principal, fue realizar el estudio de transmisibilidad en acuíferos semiconfinados analizando su capacidad de ceder y almacenar agua para identificar el uso posible que pueda brindar al desarrollo de la zona futura. La investigación fue calificada de tipo cuantitativa y teórico-práctica, donde se determinaron los valores de transmisibilidad a 18 pozos mediante el método de Theis y de Jacob. El antecedente señalado, sirvió de aporte para desarrollar el presente trabajo de investigación, debido a su contribución teórica sobre los acuíferos y a la obtención de los parámetros hidráulicos mediante el método de Theis.

Chávez (2017) **“Estudio hidrogeológico para sustentar la disponibilidad hídrica subterránea para pozo tubular de reemplazo-Monsanto Perú-Villacurí-Ica”**, elaborado en la Universidad Nacional Agraria La Molina. Se evaluó la disponibilidad hídrica llevando a cabo la ejecución de un estudio hidrogeológico con fines de explotación del agua

subterránea, mediante la construcción de un pozo tubular de reemplazo; asimismo, se recopiló información de la variación de los niveles de la capa freática, a través de un inventario de pozos ubicado en la zona de estudio y se realizó el muestreo del agua subterránea para la caracterización hidrogeoquímica. Por otra parte, se obtuvieron los parámetros hidráulicos del acuífero tras realizar pruebas de bombeo. En atención a lo expuesto anteriormente, este antecedente proporciona información concerniente sobre los ensayos y pruebas de bombeo al presente trabajo de investigación.

Pérez (2016) **“Clasificación de acuíferos mediante la determinación de parámetros hidráulicos en el abanico aluvial de Ibagué Tolima”**, acreditado por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. El objetivo principal fue identificar la mayor cantidad de pozos profundos en la zona de estudio, con el fin de realizarles pruebas de bombeo y de recuperación y así obtener información cuantitativa de las condiciones hidráulicas de cada sitio. Los datos obtenidos se procesaron haciendo uso del programa Aquifer test; posteriormente, se determinaron los valores de transmisividad, coeficiente de almacenamiento y de la capacidad específica para cada pozo que se evaluó. El antecedente mencionado, sirvió de provecho al presente trabajo de investigación, con respecto a la obtención de los parámetros mencionados anteriormente.

Antecedentes Nacionales

Álvarez y Martín (2018) **“Análisis de la variación de los parámetros hidráulicos en el acuífero del Municipio San Diego durante 2018.Caso: Sector Centro A”**, presentado en la Universidad de Carabobo. Se analizaron los parámetros hidráulicos del acuífero del municipio San Diego en el Sector Centro A seleccionando tres pozos: dos pozos de bombeo y uno de observación; de igual forma, se realizó un análisis físico-químico y

bacteriológico a una muestra de agua y se concluyó que el agua subterránea contenida en el pozo es apta para el consumo humano. Dicho antecedente facilitó información referida acerca de la obtención de los parámetros hidráulicos al presente trabajo de investigación.

Flores y Urdaneta (2018) **“Análisis de la variación de los parámetros hidráulicos en el acuífero del Municipio San Diego, sector centro-B periodo lluvioso 2018”** presentado en la Universidad de Carabobo. Tuvo como objetivo principal la estimación de los parámetros hidráulicos en el acuífero del municipio San Diego en el 2018 y se asignaron 2 pozos a evaluar: Morro I (pozo de bombeo) y Yuma (pozo de observación); las coordenadas UTM de dichos pozos se obtuvieron mediante el software Google Earth. Asimismo, se realizó un análisis físico-químico a una muestra de agua de cada pozo para determinar la calidad del agua. La investigación mencionada, proporcionó información referente a la determinación del caudal relativo mediante el método de Theis para así obtener los parámetros hidráulicos del acuífero.

Carrizales y Urdaneta (2017) **“Análisis de la variación de los parámetros hidráulicos del acuífero del Municipio San Diego durante 2017. Caso: sector Centro”**, acreditado por la Universidad de Carabobo. Se analizaron los parámetros hidráulicos del acuífero del municipio San Diego durante 2017; el pozo de estudio se encuentra ubicado en el complejo deportivo Iamdesandi de coordenadas UTM 613.796E; 1.130.970N. Por otro lado, se realizó un análisis físico-químico y bacteriológico a una muestra de agua y se realizaron ensayos de bombeo para estimar los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento. Dicho antecedente, proporcionó información referente a la prueba del caudal variable.

MARCO CONCEPTUAL

El marco conceptual se encuentra conformado por la teoría y los conceptos básicos los cuales son indispensables conocer para desarrollar el presente trabajo de investigación.

Acuíferos

Monsalve (1999) en uno de sus estudios afirmó: “un acuífero es la formación geológica que contiene agua que puede moverse en cantidades tales como para permitir un aprovechamiento económico” (p. 343). Al respecto Gámez (2009) sostiene que un manto acuífero puede ser una capa de grava, de arena, de calizas o una gran masa de roca no porosa pero fracturada; estos pueden tener una extensión limitada o hasta de cientos de kilómetros cuadrados, aunque casi siempre son de extensión limitada.

Los acuíferos, según la estructura geológica de los materiales que los forman y las condiciones hidráulicas del agua que contienen pueden ser:

1) Acuíferos confinados: Villón (2002) afirma que los acuíferos confinados son formaciones permeables completamente saturadas de agua y sus límites superior e inferior son capas impermeables; la presión del agua existente en ellos es generalmente mayor que la presión atmosférica. Al respecto Chereque (2003) sostiene que el flujo de este tipo de acuíferos está sometido a presión como en las tuberías, y en vez de un nivel freático se tiene ahora un nivel piezométrico; además, tienen la ventaja de conducir agua a grandes distancias y por encima del nivel del acuífero. En la figura 1 se muestra como está conformado un acuífero confinado.

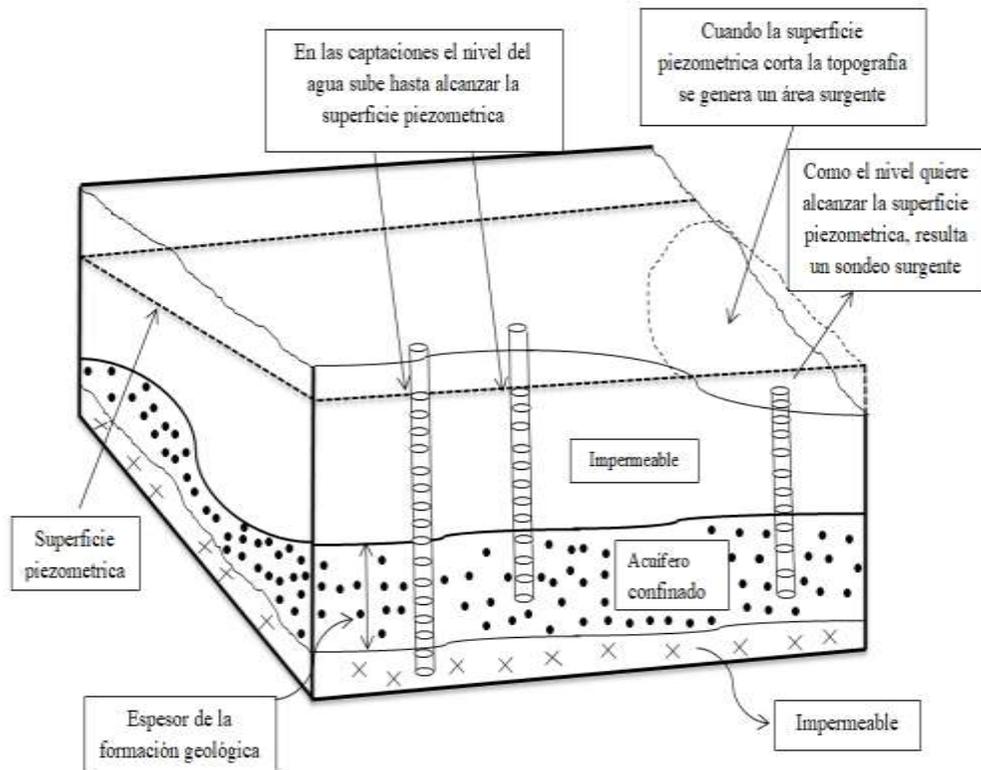


Figura 1. Acuífero Confinado. Fuente: Sánchez (2007)

2) Acuíferos libres: Ordoñez (2011) afirma que los acuíferos libres son aquellos en los cuales el nivel de agua se encuentra por debajo del techo de la formación permeable y el agua que ceden es la procedente del drenaje de sus poros. En la figura 2 se muestra un acuífero libre.

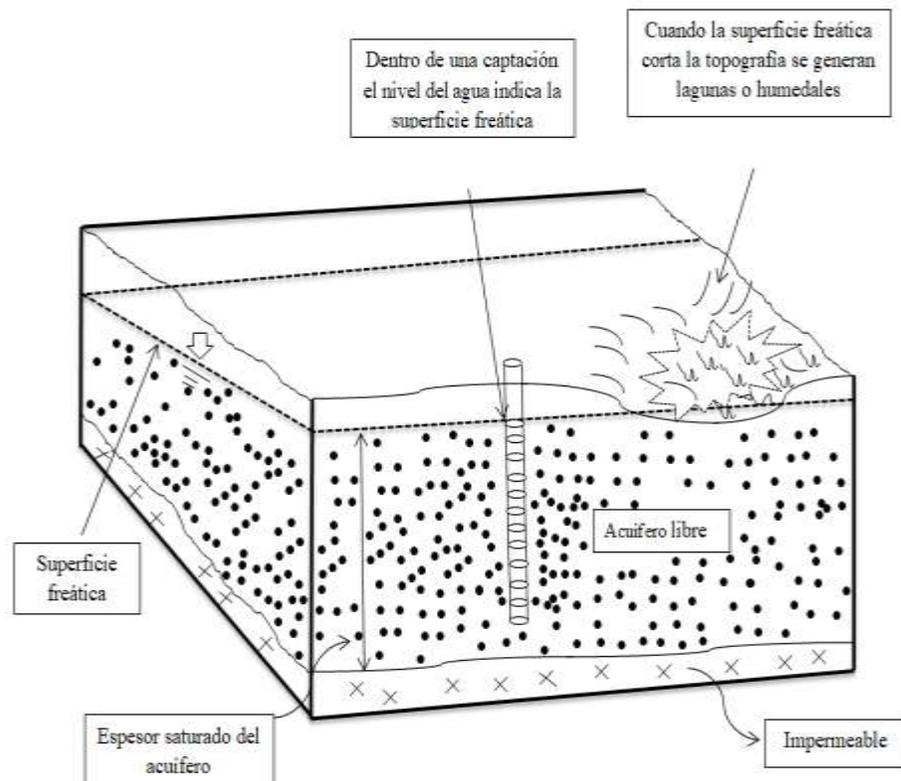


Figura 2. **Acuífero Libre.** Fuente: Sánchez (2007)

3) Acuíferos semiconfinados: Villón (2002) sostiene que un acuífero semiconfinado es una formación permeable saturada, cuyo límite superior está constituido por una capa semipermeable y el límite inferior puede ser una capa impermeable o semipermeable.

Gámez (2009) indica que si un acuífero está limitado por formaciones menos permeables y a través de los cuales puede recibir o ceder agua, se llama acuífero semiconfinado.

En la figura 3 se muestra como está conformado un acuífero semiconfinado.

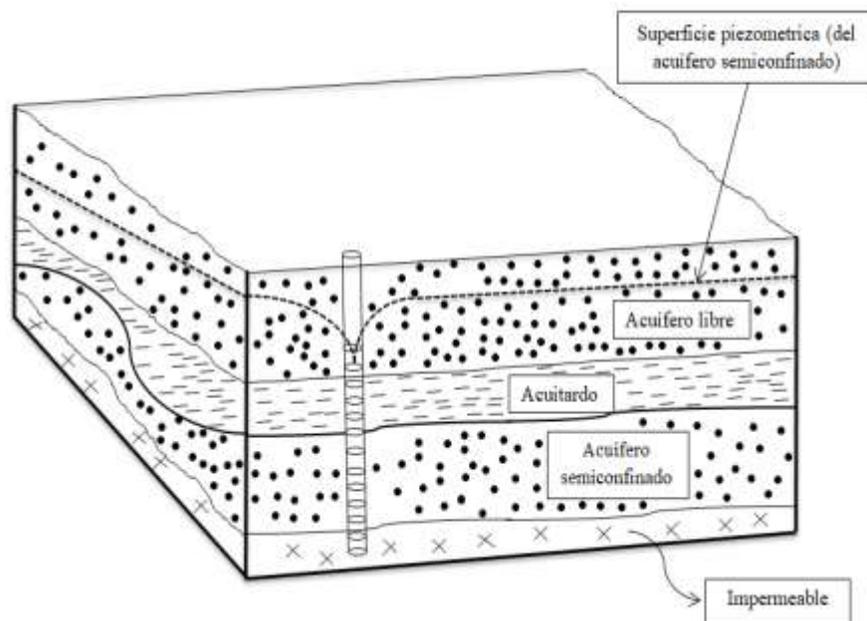


Figura 3. Acuífero Semiconfinado. Fuente: Sánchez (2007)

En el presente trabajo de investigación es indispensable conocer la teoría referente a los acuíferos y a su clasificación, puesto que con los cálculos obtenidos se determinara que clasificación pertenece el acuífero en estudio y entenderemos su comportamiento.

Acuífugos

“son formaciones impermeables que no almacenan ni transmiten agua”
(Vélez, 1999, p. 74)

Acuicluidos

“Son formaciones geológicas que almacenan agua, a veces en proporciones altas, pero que no la transmiten en cantidades apreciables”
(Vélez, 1999, p. 74)

Acuitardos

Vélez (1999) sostiene que son formaciones capaces de almacenar agua y solo permiten el flujo de la misma de forma muy lenta; en áreas relativamente

extensas pueden transmitir grandes cantidades de agua a pesar de la baja velocidad de flujo.



Figura 4. **Acuitardo.** Fuente: Ordoñez (2011)

Aguas subterráneas

Ordoñez (2011) afirmó: “Es aquella parte del agua existente bajo la superficie terrestre que puede ser colectada mediante perforaciones, túneles o galería de drenaje, o la que fluye naturalmente hacia la superficie a través de manantiales o filtraciones a los cursos fluviales” (p. 9)

En el presente trabajo de investigación se determinó la calidad del agua, por lo cual es imprescindible conocer la definición de los siguientes parámetros:

Turbiedad: Es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión; mientras más sólidos en suspensión existe en el agua, más sucia parecerá esta y más alta

será la turbidez. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua.

Sólidos disueltos totales: López (2016) sostiene que los sólidos disueltos totales se refiere a las sustancias que se encuentran suspendidas o disueltas en el agua y puede afectar negativamente la calidad del agua.

pH: López (2016) afirma que el representa una medida de la concentración de iones de hidrógeno y es una de las características químicas que más condicionan las propiedades del agua. El pH se clasifica como: ácido si su valor es menor a 7, neutro si su valor es igual a 7 y básico si es mayor a siete 7. En aguas subterráneas varía de 6,5 a ocho coma cinco 8,5.

Ensayo de bombeo

López (2013) sustenta que los ensayos o pruebas de bombeo permiten obtener los valores representativo de las características hidráulicas de un acuífero; dicho ensayo consiste en bombear el agua a caudal constante (el caudal se mantiene fijo a lo largo de toda la prueba) o caudal variable (el caudal se mantiene constante un tiempo, para luego cambiar a otro caudal constante y así sucesivamente), siguiendo la evolución del nivel del agua producida por el bombeo, tanto en el mismo pozo como en los pozos cercanos existentes.

A través de los ensayos de bombeo realizados en el presente trabajo de investigación se conocieron las propiedades hidráulicas del acuífero en estudio.

Método de Theis

Villón (2002) sostiene en uno de sus estudios que el método de Theis es una fórmula usada en el caso de tener un flujo no permanente en un pozo; es importante destacar que este método toma en cuenta el tiempo y las características de almacenamiento del acuífero y su fórmula se muestra a continuación:

$$\text{Ecuación 1: } s = \frac{Q}{4.\pi.T} \int_U^\infty \frac{e^{-u} du}{u} = \frac{Q}{4.\pi.T} W(u)$$

Dónde:

s=depresión a una distancia r del pozo.

Q= caudal constante del pozo.

T=transmisividad del acuífero.

u= es una función auxiliar cuyo valor es:

$$\text{Ecuación 2: } u = \frac{r^2.S}{4.t.T}$$

S= coeficiente de almacenamiento del acuífero.

t= tiempo desde el comienzo del bombeo.

La integral exponencial se conoce como “función de pozo de Theis” y su solución es la siguiente serie convergente mostrada a continuación:

Ecuación 3:

$$W(u) = -0.577 - \ln(u) + u - \frac{u^2}{2.2!} + \frac{u^3}{3*3!} - \frac{u^4}{4*4!} + \frac{u^5}{5*5!} - \dots$$

Conociendo los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento del acuífero y el caudal del bombeo, se puede determinar el nivel piezométrico en un acuífero confinado a cualquier distancia (r) del pozo y en cualquier momento después de haber iniciado el bombeo. Haciendo uso de la ecuación 2 mostrada anteriormente se calcula la función auxiliar (u) y se busca el valor de la función del pozo de Theis (W(u)) a través de la serie convergente indicada en la ecuación 3 o buscando las tablas de dicha función en cualquier libro de hidrología.

De igual forma, siguiendo el camino inverso se pueden determinar los parámetros de la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento del acuífero. Debido a la presencia de dos incógnitas y la naturaleza de la

integral exponencial hacen imposible una solución explícita directa, por lo cual Theis diseñó un método de superposición de curvas; la curva patrón se puede observar en la figura 5; este método se basa en el hecho de que si se grafica en función de r^2/t o t y $W(u)$ en función de (u) del mismo papel doble logarítmico, las curvas resultantes (la de los datos medidos y la curva patrón, respectivamente) van a tener la misma forma, horizontalmente y verticalmente desplazadas.

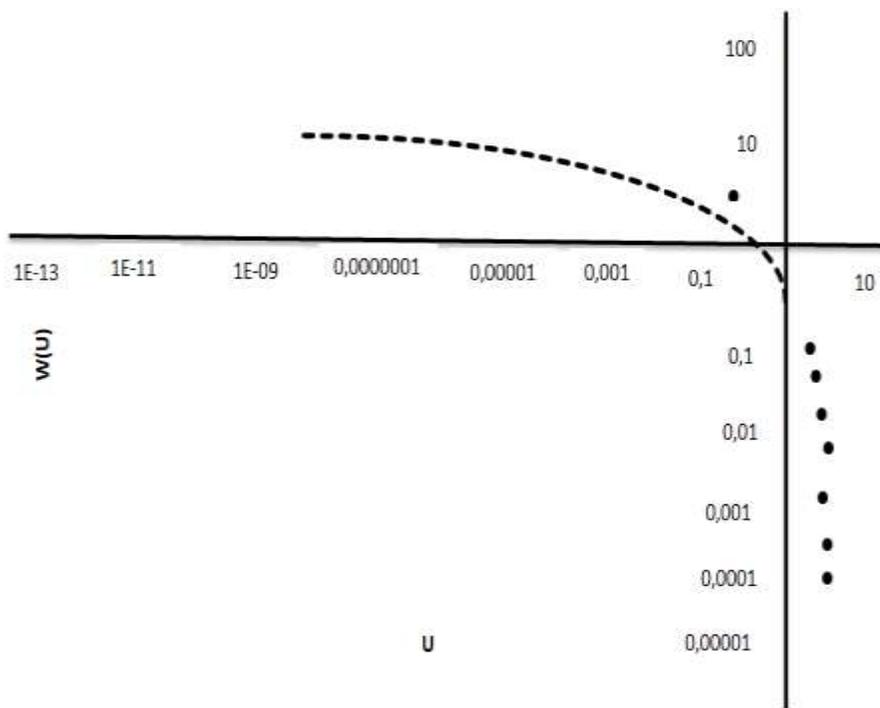


Figura 5. Curva de Theis. Fuente: Guevara y Cartaya (2004).

Nivel estático

Es el nivel del agua presente en la formación acuífera antes de comenzar el bombeo.

Nivel dinámico

También llamado nivel de bombeo, porque es producido cuando comienza la descarga del acuífero por el pozo. Este nivel depende del caudal de

bombeo, del tiempo de bombeo y de las características hidrogeológicas del acuífero.

Nivel piezométrico

Es el nivel al cual queda el agua subterránea en un sondeo.

Parámetros hidráulicos

La capacidad de los acuíferos para almacenar y liberar el agua es determinada o caracterizada por los siguientes parámetros:

Coefficiente de almacenamiento (S): Ordoñez (2011) en uno de sus estudios afirmó: “se define como el volumen de agua que puede ser liberado por un prisma vertical del acuífero, de sección igual a la unidad y altura la del espesor saturado, si se produce un descenso unidad del nivel piezométrico. ” (p.17). Al respecto, Vélez (1999) afirma que el coeficiente de almacenamiento es un número adimensional y es mucho mayor en los acuíferos libres que en los acuíferos confinados. En la figura 6 se puede observar cómo se realiza la extracción del volumen de agua para determinar el coeficiente de almacenamiento en un acuífero libre y en un acuífero confinado.

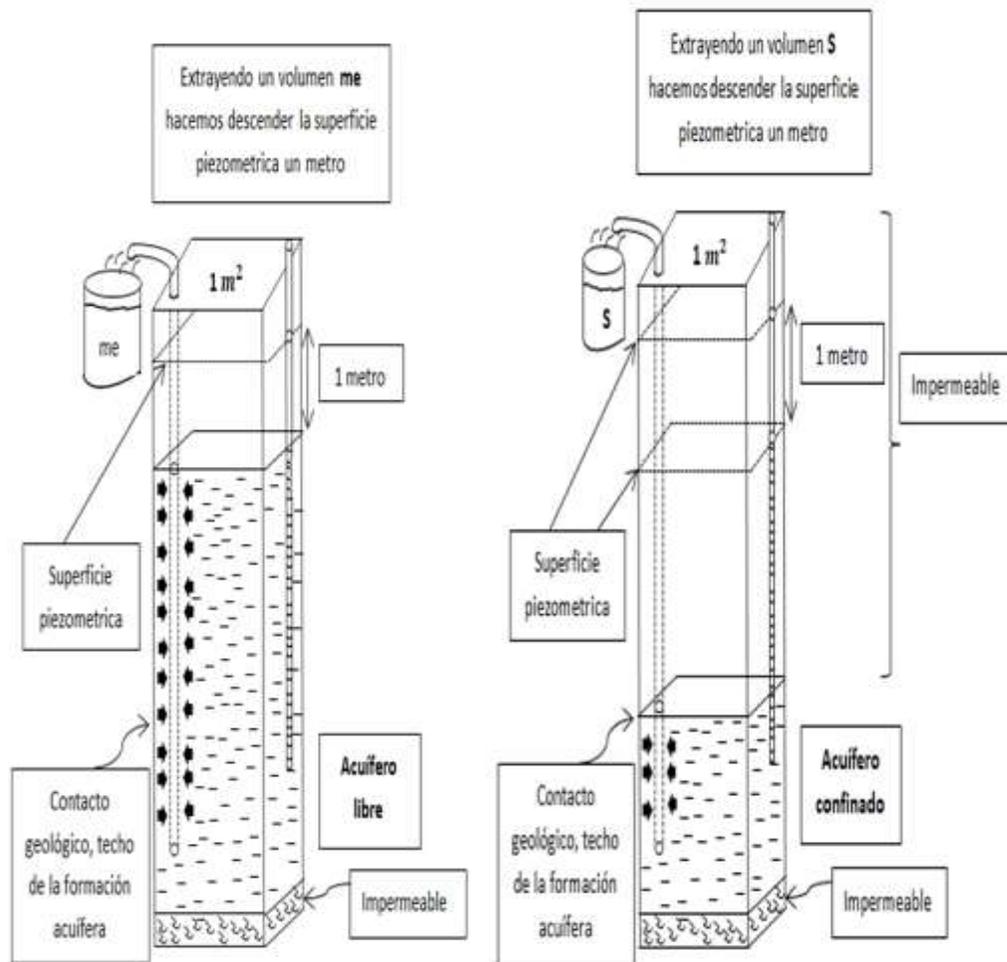


Figura 6. Coeficiente de Almacenamiento. Fuente: Sánchez (2007).

El coeficiente de almacenamiento, señala la cantidad de agua almacenada; en la tabla 1 se muestra los valores del coeficiente de almacenamiento para cada tipo de acuífero de acuerdo al tipo de material.

Tabla 1.

Valores del Coeficiente de Almacenamiento.

| Valores del Coeficiente de Almacenamiento | | |
|---|-------------------------------------|---|
| Tipo de Material Permeable | Tipo de acuífero | Valores de S (medio) |
| Kárstico: Caliza y dolomías jurásicas | Libre Semiconfinado Confinado | $2 * 10^{-2}$ $2 * 10^{-4}$ $5 * 10^{-5}$ |
| Caliza y dolomías cretácicas y terciarias | Libre Semiconfinado Confinado | $2 * 10^{-2}$ - $6 * 10^{-2}$ 10^{-3} - $5 * 10^{-4}$ 10^{-4} - $5 * 10^{-5}$ |
| Poroso intergranular: Gravas y arenas | Libre Semiconfinado Confinado | $5 * 10^{-2}$ - $15 * 10^{-2}$ 10^{-3} 10^{-4} |
| Kársticos y Porosos: Calcarenitas marinas terciarias | Libre | $15 * 10^{-2}$ - $18 * 10^{-2}$ |

Fuente: Iglesias y Villanueva (1984)

Transmisividad (T): Ordoñez (2011) afirma que la transmisividad es una medida de la capacidad de un acuífero para conducir o transmitir agua, definiéndose como el volumen de agua que pasa por unidad de tiempo a través de una franja vertical de acuífero de ancho unitario; y posee las dimensiones de longitud²/tiempo. Al respecto Vélez (1999) sostiene que: “Cuando se perfora un pozo en un acuífero, la transmisividad es un parámetro que da una idea de la productividad del acuífero, es decir de su capacidad del mismo para permitir la extracción del agua en el pozo” (p.77)

En la tabla 2 se especifican los valores de transmisividad y su clasificación.

Tabla 2.

Valores de Transmisividad.

| TRANSMISIVIDAD (T) | |
|-------------------------|------------------------|
| T (m ² /día) | Clasificación estimada |
| T<10 | Muy baja |
| 10<T<100 | Baja |
| 100<T<500 | Media |
| 500<T<1000 | Alta |
| T>1000 | Muy alta |

Fuente: Iglesias (2002)

La transmisividad es el producto de la conductividad hidráulica y el espesor saturado del acuífero, su ecuación se muestra a continuación:

$$\text{Ecuación 4: } \mathbf{T = b * k}$$

Dónde:

T= transmisividad (m²/día)

b= espesor saturado del acuífero

K=conductividad hidráulica (metros/día)

La conductividad hidráulica o coeficiente de permeabilidad (k): Ordoñez (2011) lo define como el volumen de agua que pasa por unidad de tiempo, a través de una sección de acuífero de área unitaria cuando el gradiente hidráulico es unitario; es la propiedad de las rocas de permitir o no el flujo del agua y dependerá del tamaño y forma de las partículas, gradación del material y la viscosidad del agua.

Es imprescindible entender los parámetros hidráulicos debido a que ellos permiten conocer el comportamiento del acuífero y conocer si se encuentra en óptimas condiciones para satisfacer la demanda de agua de la población.

Pozo

Ordoñez (2011) indica que un pozo es un agujero, excavación o túnel vertical que perfora el suelo, hasta una profundidad suficiente para alcanzar las reservas de aguas subterráneas.

Sobreexplotación de acuíferos

Custodio (2017) en uno de sus estudios afirmo que un acuífero se encuentra sobreexplotado cuando se ha modificado de forma significativa su funcionamiento natural y va acompañado de una disminución de las reservas de agua subterránea; el efecto más inmediato de la sobreexplotación es el descenso continuo de los niveles piezométricos, que se acompaña normalmente del agotamiento de las surgencias.

MARCO NORMATIVO LEGAL

El marco normativo legal comprende las normas utilizadas para sustentar el presente trabajo de investigación; en dicho trabajo se utilizaron 3 normas las cuales se muestran a continuación:

Norma Venezolana COVENIN 2771-91 de fecha 3 de abril de 1991, vigente denominada: aguas naturales, industriales y residuales. Determinación de dureza

Tabla 3.

Clasificación de las Aguas Según su Dureza, COVENIN 2771-91

| Tipo de agua | mg/l de dureza |
|---------------------|-----------------------|
| Suave | 0-75 |
| Moderadamente dura | 75-150 |
| Dura | 150-300 |
| Muy dura | >300 |

Fuente: Norma COVENIN 2771-91 (1991).

Los rangos establecidos de dureza en la tabla 3 servirán de base para clasificar el agua de acuerdo al contenido de dureza obtenido en el análisis realizado a la muestra de agua.

Gaceta oficial de la República de Venezuela N° 36.395 de fecha 13 de febrero de 1998, vigente, denominada: Normas sanitarias de Calidad de Agua Potable.

CAPÍTULO II DE LOS ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS

Artículo 8.- El ente responsable del sistema de abastecimiento de agua potable debe asegurar que esta no contenga microorganismos transmisores o causantes de enfermedades, ni bacterias coliformes termorresistentes (coliformes fecales), siguiendo como criterio de Evaluación de la Calidad Microbiológica la detección del grupo coliformes realizada sobre muestras representativas captadas, preservadas y analizadas según lo establecido en las presentes Normas.

Artículo 9.- Los resultados de los análisis bacteriológicos de agua potable deben cumplir los siguientes requisitos:

- a. Ninguna muestra de 100 ml, deberá indicar la presencia de organismos coliformes termorresistentes (coliformes fecales).
- b. El 95% de las muestras de 100ml, analizadas en la red de distribución no deberá indicar la presencia de organismos coliformes totales durante cualquier periodo de 12 meses consecutivos.
- c. En ningún caso deberá detectarse organismos coliformes totales en dos muestras consecutivas de 100 ml, provenientes del mismo sitio.

En el presente trabajo de investigación se realizó un análisis bacteriológico a una muestra de agua y así determinar su calidad, entre los parámetros que se

evaluaron se determinó si en la muestra analizada existía la presencia de coliformes totales y coliformes fecales; evidentemente los artículos 8 y 9 son de gran utilidad para sustentar los parámetros bacteriológicos analizados.

Artículo 14.- El agua potable deberá cumplir con los requisitos organolépticos, físicos y químicos establecidos a continuación:

Tabla 4.

Componentes Relativos a la Calidad Organolépticos del Agua Potable, Gaceta N° 36.395.

| COMPONENTES RELATIVOS A LA CALIDAD ORGANOLÉPTICOS DEL AGUA POTABLE | | | |
|---|-----------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| PARAMETROS | UNIDAD | VALOR DESEABLE MENOR A | VALOR MÁXIMO ACEPTABLE (a) |
| COLOR | UCV (b) | 5 | 15 (25) |
| TURBIEDAD | UNT (c) | 1 | 5 (10) |
| SOLIDOS DISUELTOS TOTALES | mg/l | 600 | 1000 |
| DUREZA TOTAL | mg/LcaCo ₃ | 250 | 500 |
| pH | - | 6.5-8.5 | 9.0 |
| CLORURO | mg/l | 250 | 300 |
| SULFATO | mg/l | 250 | 500 |

Fuente: Gaceta N° 36.395 de la Norma Sanitaria del Agua Potable (1998)

Tabla 5.

Valor Máximo Aceptable de los Componentes del Agua Potable, Gaceta N° 36.395.

| Componentes | Valor Máximo Aceptables (mg/l) |
|----------------------------|---------------------------------------|
| Nitrato (NO ₃) | 45.0 (b) |
| Nitrógeno (N) | 10 |
| Nitrito (NO ₂) | 0,03 (b) |
| Nitrógeno (N) | 0,01 |

Fuente: Gaceta N° 36.395 de la Norma Sanitaria del Agua Potable (1998)

b) La suma de las razones entre la concentración de cada uno y su respectivo valor máximo aceptable no debe ser mayor a la unidad.

Es importante destacar que es imprescindible conocer el valor aceptable fijado por esta norma de cada uno de los parámetros que se encuentran en las tablas 4 y 5 mostradas anteriormente, para compararlos con los resultados obtenidos en el análisis de la calidad del agua.

Artículo 17.- La frecuencia mínima para la captación de muestras y análisis bacteriológicos se presenta en el cuadro siguiente:

Tabla 6.

Frecuencia Mínima de Muestreo para el Análisis de Parámetros Bacteriológicos en el Sistema de Distribución del Agua Potable, Gaceta N° 36.395.

| Población abastecida | Frecuencia Mínima (a) |
|-----------------------------|--|
| Menor de 5.000 | Una (01) muestra mensual |
| 5.000 A 10.000 | Una (01) muestra mensual por cada 5.000 personas |
| Más de 10.000 | Una (01) muestra mensual por cada 10.000 personas, más 10 muestras adicionales |

Fuente: Gaceta N° 36.395 de la Norma Sanitaria del Agua Potable (1998)

(a) Cuando se produzcan epidemias, inundaciones u operaciones de emergencia después de las interrupciones del abastecimiento o reparaciones, la frecuencia del muestreo ha de aumentarse dependiendo de la situación en particular a juicio de la Autoridad Sanitaria Competente.

Artículo 18.- La frecuencia mínima para la captación de muestras y análisis microbiológicos, será de una muestra anual y se captarán muestras adicionales cuando se observen alteraciones o cuando lo elija la Autoridad Sanitaria Competente.

Artículo 19.- La frecuencia mínima para la captación de muestras y análisis de las características organolépticas, físicas y químicas se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 7.

Frecuencia Mínima de Muestreo para el Análisis de los Parámetros Relacionados en las Características Organolépticas, Físicas y Químicas del Agua Potable, Gaceta N°36.395.

| Componente o Característica | Frecuencia Mínima | |
|---|---|---|
| | Aguas superficiales | Aguas subterráneas |
| Color y turbiedad | .-Una (01) muestra quincenal en aguas no sometidas a tratamientos de clarificación. | .- Dos (2) muestras anuales en aguas no sometidas a tratamiento de clarificación. |
| Aluminio (a) | | |
| pH | .-Una (01) muestra diaria en aguas tratadas. | .-Una (01) muestra diaria en aguas tratadas. |
| Dureza | | |
| Olor | .-Una muestra diaria. | .- Una muestra diaria. |
| Sabor | | |
| Aspecto | | |
| Conductividad específica | | |
| Temperatura | | |
| Cloro Residual | | |
| Todos los parámetros incluidos en las tablas del artículo 14 de estas normas. | .- Una (01) muestra trimestral. | .-Una (01) muestra semestral. |

Fuente: Gaceta N° 36.395 de la Norma Sanitaria del Agua Potable (1998)

(a)Realizar el análisis de este elemento, con la frecuencia establecida sólo si se adiciona durante el tratamiento de clarificación.

Los artículos 17, 18 y 19 son de gran utilidad en el presente trabajo de investigación para realizar las conclusiones respectivas de acuerdo a los resultados obtenidos.

Gaceta oficial N° 5.305 de fecha 1 de febrero de 1999, Decreto N° 3.219 vigente, denominada: Normas para la Clasificación y el Control de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia.

CAPÍTULO II

DE LA CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS DE LA CUENCA DEL LAGO DE VALENCIA

Artículo 5.- A los efectos de este decreto, las aguas se clasifican en:

a) Tipo 1: aguas destinadas al uso doméstico e industrial que necesiten agua potable, siempre que esta forme parte de un producto o subproducto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él.

Las aguas del tipo 1 se desagregan en los sub-tipos siguientes:

Sub Tipo 1A: Aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con la sola adición de desinfectantes.

Sub Tipo 1B: Aguas que pueden ser acondicionadas por medio de procesos de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y coloración.

Sub Tipo 1C: Aguas que pueden ser acondicionadas por procesos de potabilización no convencionales.

b) Tipo 2: Aguas destinadas a usos agropecuarios

Las aguas del tipo 2 se desagregan en los sub-tipos siguientes:

Sub-Tipo 2A: Aguas para riego de vegetales destinados a ser consumidos en crudo.

Sub-Tipo 2B: Aguas para el riego de cualquier otro tipo de cultivo y para fines pecuarios.

c) **Tipo 4:** Aguas destinadas a balnearios y deportes acuáticos, pesca deportiva, comercial y de subsistencia.

Las aguas del tipo 4 se desagregan en los sub-tipos siguientes:

Sub-Tipo 4A: Aguas para el contacto humano total.

Sub-Tipo 4B: Aguas para el contacto humano parcial.

d) **Tipo 5:** Aguas destinadas para usos industriales que no necesiten agua potable.

e) **Tipo 6:** Aguas destinadas a la navegación y a la generación de energía.

El presente artículo es de gran utilidad para clasificar la muestra de agua analizada de acuerdo a los resultados obtenidos.

Artículo 8.- De conformidad con lo establecido en el decreto N° 883 del 11 de octubre de 1995, publicado en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5.021 Extraordinario de fecha 18 de diciembre de 1995, el cual contiene las Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos, las características de calidad de las aguas para cada tipo de uso asignado, son:

a) Aguas Sub-Tipo 1A, límites y rangos:

Tabla 8.

Límite Máximo de los Parámetros de las Aguas Sub-Tipo 1A, Gaceta N° 5.305

| Parámetro | Límite o rango máximo |
|-------------------------------|--|
| pH | Mínimo 6,0 y máximo 8,5 |
| Turbiedad | Menor de 25, UNT. |
| Organismos coliformes totales | Promedio mensual menor de 2000 NMP por cada 100ml. |

Fuente: Gaceta N° 5.305 (1999)

b) Aguas Sub-Tipo 1B, límites y rangos

Tabla 9.

Límite Máximo de los Parámetros de las Aguas Sub-Tipo 1B, Gaceta N° 5.305.

| Parámetro | Límite o rango máximo |
|-------------------------------|---|
| pH | Mínimo 6,0 y máximo 8,5 |
| Color real | menor de 150, U Pt-Co. |
| Turbiedad | Menor de 250, UNT. |
| Organismos coliformes totales | Promedio mensual menor de 10000 NMP por cada 100ml. |

Fuente: Gaceta N° 5.305 (1999)

*Este valor también se podrá expresar como porcentaje de saturación, el cual debe ser mayor de 50%.

Las aguas de los sub-tipos 1A y 1B no deben exceder, además los siguientes límites:

Tabla 10.

Límite Máximo de los Elementos, Compuestos y Biocidas de las Aguas Sub-Tipos 1A y 1B, Gaceta N° 5.305.

| Elementos o compuestos | Limites |
|--|----------------|
| Dureza, expresada como CaCO ₃ | 500 mg/l |
| Nitritos+ Nitratos | 10,0 mg/l |
| Solidos disueltos totales | 1500 mg/l |

Fuente: Gaceta N° 5.305 (1999)

b) Las aguas de los sub-tipos 1C son aquellas cuyas características corresponden con los límites o rangos siguientes:

Tabla 11.

Límite Máximo de las Aguas Sub-Tipo 1C, Gaceta N° 5.305.

| Parámetro | Límite o rango máximo |
|------------------|------------------------------|
| pH | Entre 3,8 y 10,5 |

Fuente: Gaceta N° 5.305 (1999)

(*) Aplicable al lago de Valencia solamente.

Los valores establecidos en el presente artículo son de gran utilidad para comparar los resultados obtenidos en el análisis físico-químico y bacteriológico con los rangos establecidos por esta norma.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Introducción

El marco metodológico, describe cada uno de los pasos a seguir desde que se inicia hasta que culmina la investigación, con el propósito de alcanzar cada uno de los objetivos planteados. En la presente investigación, la metodología consta de 5 etapas bien definidas, las cuales se muestran en el esquema general de la investigación (ver figura 7).

Para alcanzar los objetivos definidos en el presente estudio, el procedimiento a seguir consta de 3 fases básicas: en la primera fase, se identificarán los pozos de agua subterránea donde se realizaran los ensayos correspondientes; en la segunda fase, se registraran la variación de caudales y niveles de los pozos seleccionados (pozo de estudio y pozo de observación) y se tomará una muestra de agua para realizar un análisis físico-químico y bacteriológico en el pozo de estudio; y por último, en la tercera fase, se estimarán los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento del acuífero del municipio San Diego.

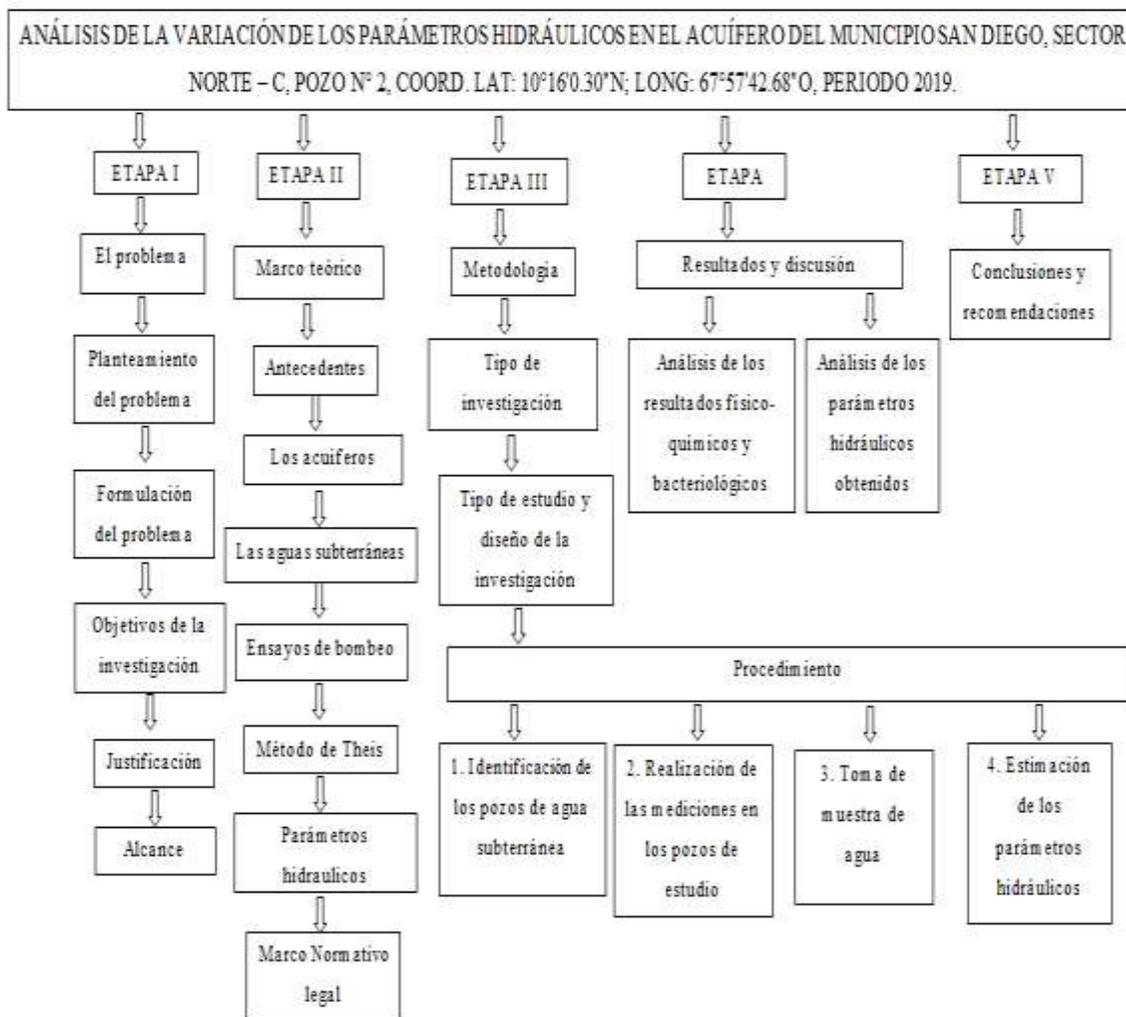


Figura 7. Esquema General de la Investigación. Fuente: Absalón y Bravo (2019).

Tipo de Investigación

El presente trabajo de grado se encuentra enmarcado dentro de la metodología de investigación de campo. En relación con los objetivos propuestos, y con la finalidad de cumplir con las metas establecidas, se recolectó la información necesaria directamente en su sitio natural, es decir, en el área del acuífero del municipio San Diego del estado Carabobo, específicamente en la comunidad Tulipán.

Tipo de Estudio

Al respecto Arias (2006) sostiene que las investigaciones descriptivas son aquellas que buscan caracterizar propiedades importantes del fenómeno sometido a análisis. En este sentido, la investigación es de tipo descriptiva, pues busca especificar o describir los parámetros hidráulicos del acuífero del municipio San Diego; así como también describir las propiedades físico-químicas de una muestra de agua del pozo en estudio.

Diseño de la Investigación

El diseño de la presente investigación es de tipo no experimental, debido a que se enfocará en estudiar y cuantificar los parámetros hidráulicos del municipio San Diego sin alterar en lo más mínimo el fenómeno estudiado y sin intervenir en su desarrollo.

Población y Muestra

La población es el conjunto de todos los elementos que se desean estudiar en una investigación, es el universo en estudio. Carrillo (2015) encontró que: “Existen 108 pozos en el Municipio San Diego, de los cuales 10 son de uso comercial, 9 de uso industrial, 7 de uso agrícola, 1 pertenece a la administración pública y el restante 81 son para abastecimiento a la población” (p. 54). Al respecto, Márquez et al. (2018) afirma que la población del acuífero del municipio San Diego está conformada por 107 pozos. La población de la presente investigación, está constituida por todos los pozos en explotación que se encuentran ubicados en el sector Norte-C del municipio San Diego.

La muestra es una parte representativa de la población seleccionada para desarrollar la investigación. En el presente trabajo de investigación la

muestra seleccionada se obtuvo mediante el muestreo por racimo; al respecto Sampieri et al. (2014) afirman

Muestrear por racimos implica diferenciar entre la unidad de análisis y la unidad muestral. La unidad de análisis indica quiénes van a ser medidos, es decir, los participantes o casos a quienes en última instancia vamos a aplicar el instrumento de medición. La unidad muestral (en este tipo de muestra) se refiere al racimo por medio del cual se logra el acceso a la unidad de análisis (p.183)

En el presente trabajo de investigación la unidad de análisis comprende los dos pozos elegidos para el estudio; y la unidad muestral corresponde a los pozos ubicados en el Sector Norte del municipio San Diego, al respecto Carillo (2015) afirma que en el Sector Norte existen un total de 76 pozos.

En este sentido, se realizó un recorrido por la comunidad Tulipán identificando los pozos que se encontraban en funcionamiento. Cabe destacar que en dicha comunidad se encontraban 3 pozos en funcionamiento de los cuales se seleccionaron 2 pozos, estos son:

Pozo de bombeo: pozo número 2, cuyas coordenadas UTM son: Norte 1.135.090,62; Este 613.688,47. Posee una elevación de cuatrocientos setenta y tres coma noventa y uno metros sobre el nivel del mar (473,91) m.s.n.m. y una profundidad de ciento cuarenta metros (140m).

Pozo de observación: pozo número 1, cuyas coordenadas UTM son: Norte 1.135.141,22; Este 613.942,79. Posee una elevación cuatrocientos setenta y seis coma tres metros sobre el nivel del mar (476,03) m.s.n.m. y una profundidad de ciento treinta metros (130) m.s.n.m.

En la tabla 12 se especifican la ubicación, uso y coordenadas de los pozos seleccionados.

Tabla 12.

Identificación de los Pozos de Estudio.

| Pozos | Ubicación | Coordenadas (m) | | | Uso |
|-------------|----------------------|-----------------|--------------|--------|----------------------------|
| | | X | Y | Z | |
| Bombeo | Comunidad el Tulipán | 613.688,47 | 1.135.090,62 | 473,91 | Abastecimiento Poblacional |
| Observación | Comunidad el Tulipán | 613.942,79 | 1.135.141,22 | 476,03 | Abastecimiento Poblacional |

Fuente: Absalón y Bravo (2019)

Técnicas e instrumentos de recolección de información

Son aquellas reglas o procedimientos que se incorporan a lo largo de todo el proceso de investigación, los cuales permitirán obtener los datos necesarios para alcanzar los objetivos propuestos. Para determinar los parámetros hidráulicos del acuífero en estudio es necesario realizar mediciones en los pozos seleccionados y se requieren de los siguientes instrumentos: sonda para medir nivel (ver figura 8), un tobo para medir el caudal (ver figura 9) y un cronometro (ver figura 10). También, para realizar el análisis físico-químico y bacteriológico, es indispensable la utilización de envases plásticos esterilizados para obtener la muestra de agua (ver figuras 11 y 12).



Figura 8. Sonda para Medir Nivel, marca PLM. Fuente: Absalón y Bravo (2019).



Figura 9. Recipiente para Medir el Caudal, Capacidad 8 Litros. Fuente: Absalón y Bravo (2019).

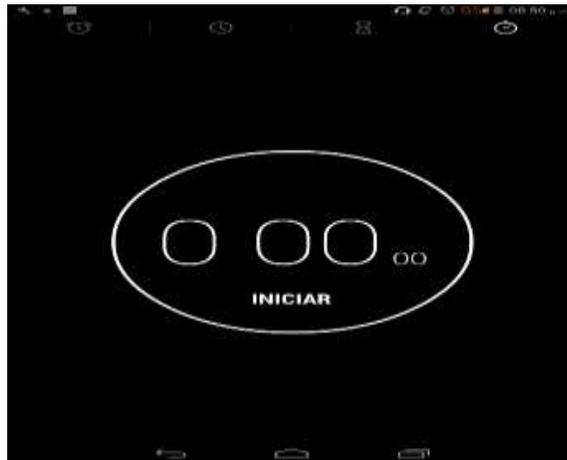


Figura 10. Cronometro. Fuente: Absalón y Bravo (2019).



Figura 11. Envase Usado para Toma de Muestra de Agua en el Análisis Físico-Químico. Fuente: Absalón y Bravo (2019).



Figura 12. Envase Usado para Toma de Muestra de Agua en el Análisis Bacteriológico. Fuente: Absalón y Bravo (2019).

Es importante señalar, que el volumen de agua del tobo es de 8 litros; el recipiente fue calibrado antes de realizar los ensayos de bombeo, con la finalidad de obtener dicho volumen.

FASES DE LA INVESTIGACIÓN

Fase I: Identificar geográficamente los pozos de agua subterránea.

En la identificación de los pozos de estudio de aguas subterráneas, se realizó un recorrido por tres pozos de la zona con el técnico designado por la

junta de condominio de la comunidad; se escogieron los pozos a estudiar tomando como criterio de selección los pozos que estaban en funcionamiento y se seleccionó como pozo de bombeo el pozo número 2 y como pozo de observación el pozo número 1. Debe señalarse que los pozos seleccionados poseen un sistema de bombeo, se puede introducir en ellos el sensor de la sonda para medir el nivel del agua y además son pozos que están siendo explotados, es decir cumplen con los requisitos técnicos para su selección.

Una vez seleccionados los pozos de estudio, se ubicaron las coordenadas UTM de ambos pozos mediante el software Google Earth, el procedimiento fue el siguiente:

- 1) Se accedió al programa Google Earth y se realizó la búsqueda geográfica del municipio San Diego estado Carabobo (ver figura 13); seguidamente, se localizó el Conjunto Residencial el Tulipán (Ver figura 14).



Figura 13. Entrada a la Ubicación Geográfica del Municipio San Diego.

Fuente: Datos tomados de Google Earth (2019).

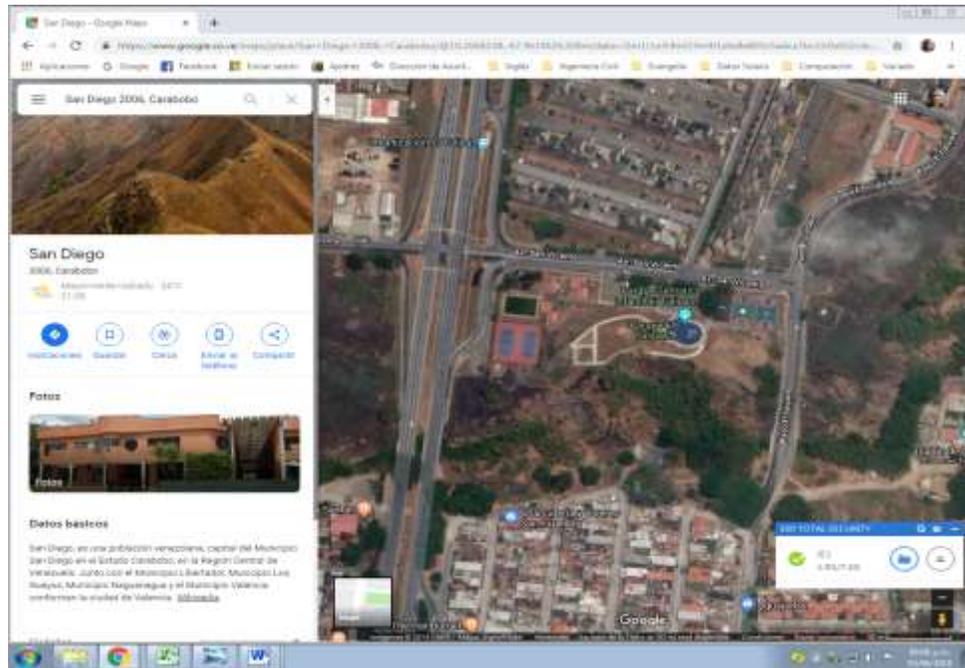


Figura 14. Ubicación del Conjunto Residencial el Tulipán. Fuente: Google Earth (2019)

2) Posteriormente, se ubicó la marca donde se encuentra ubicado el pozo numero dos (ver figura 15) y se determinaron sus coordenadas geográficas; respecto a la precisión del software utilizado este cuenta con una exactitud posicional planimetría intrínseca de 2.5 metros. Para realizar dicho procedimiento, se hizo clic en el icono amarillo que indica “añade marcador de posición”, de la barra de herramientas ubicada en la parte superior.

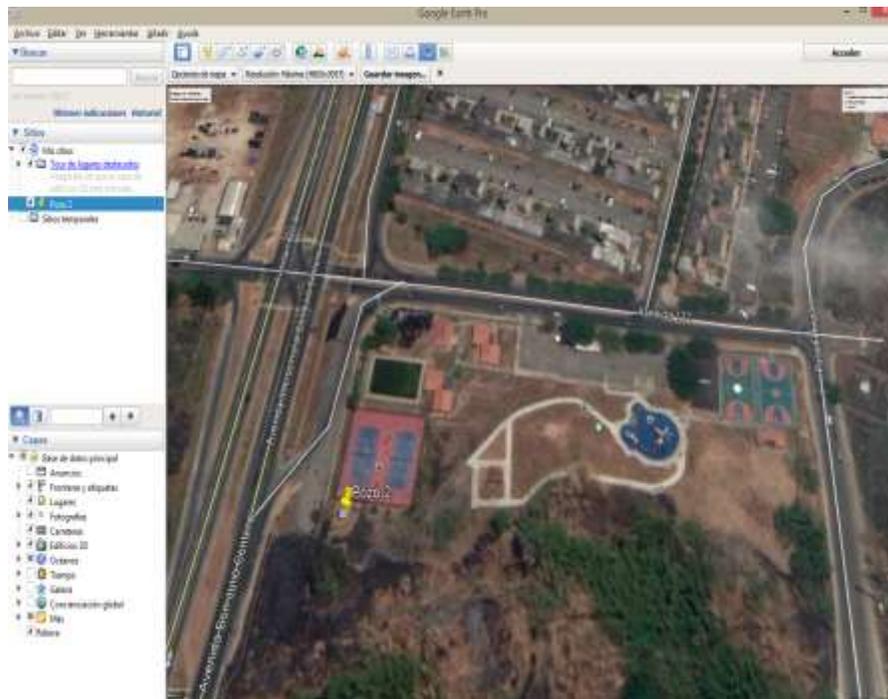


Figura 15. Ubicación del Pozo Número Dos (2). Fuente: Datos tomados de Google Earth (2019).

De la misma manera se localizó la ubicación del pozo número 1. A continuación, en la figura 16 se puede observar la ubicación de ambos pozos.

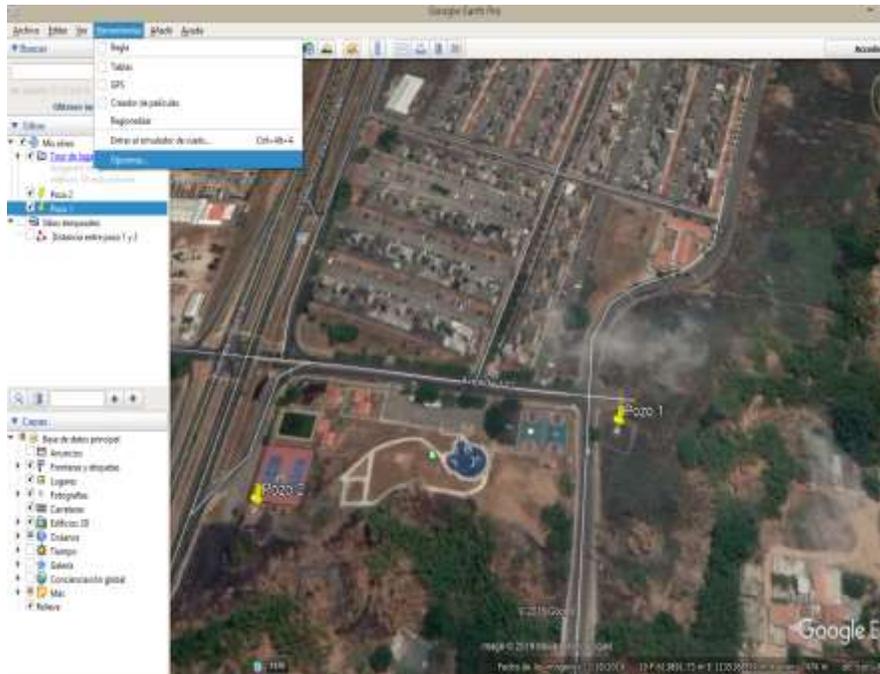


Figura 16. Ubicación de los Pozos de Estudio. Fuente: Datos tomados de Google Earth (2019).

4) El programa por defecto, arroja los resultados de las coordenadas en geográficas, es decir en grados, minutos y segundos; estas se convirtieron a coordenadas UTM haciendo clic en herramientas, luego opciones; posteriormente, se hizo clic en el grupo Lat. /long y se eligió la opción Universal Transversal Mercator, en aplicar y aceptar (ver figura 17). A continuación, en las figuras 18 y 19 se observan las coordenadas UTM de los pozos en estudio.

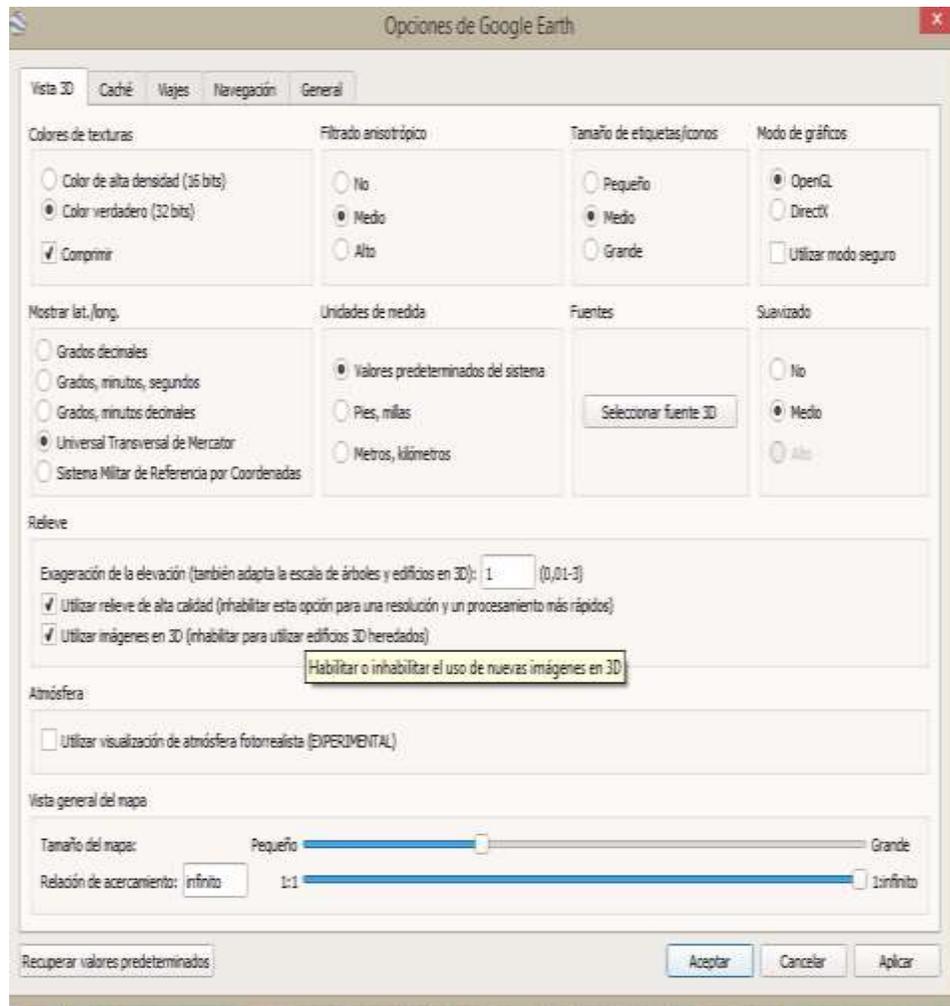


Figura 17. Cambio de Configuración de Coordenadas Geográficas a UTM. Fuente: Datos tomados de Google Earth (2019).

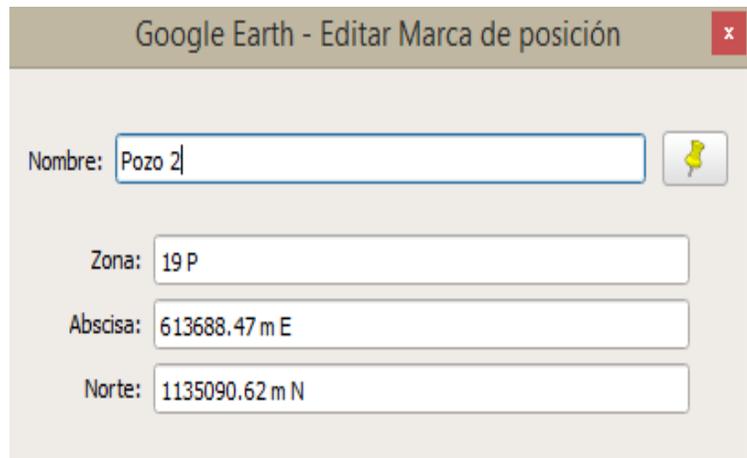


Figura 18. Coordenada UTM del Pozo Número 2. Fuente: Datos tomados de Google Earth (2019)

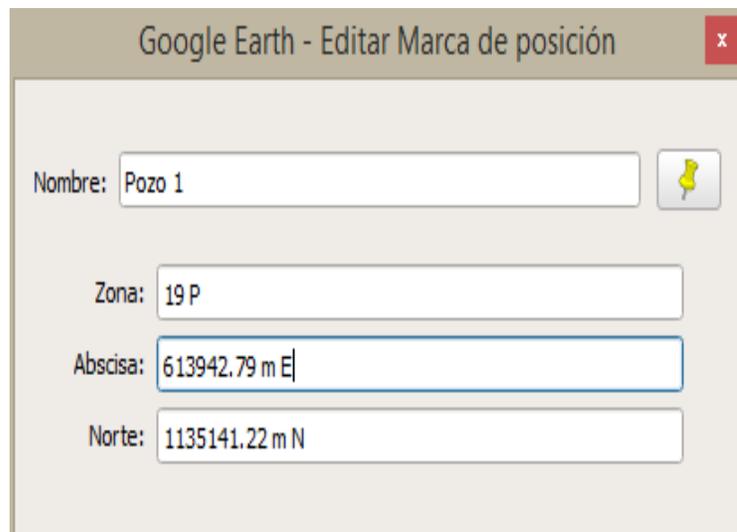


Figura 19. Coordenada UTM del Pozo Número 1. Fuente: Datos tomados de Google Earth (2019)

Fase II: Registrar la variación del caudal, nivel de agua y toma de muestra de agua para el análisis físico-químico y bacteriológico.

En esta fase, se midieron los niveles de agua de los pozos de estudio; asimismo, se realizó la prueba del caudal variable en el pozo de bombeo y se realizó la toma de la muestra de agua para llevar a cabo el análisis físico-químico y bacteriológico. Una vez seleccionados los pozos de estudio, se acordó con el técnico designado por la junta de condominio de la comunidad, una programación de visitas para realizar los ensayos correspondientes (ver tablas 13 y 14).

Tabla 13.

Planificación de Mediciones en el Pozo Número 2.

| | | |
|------------------------|-------------------|--------------|
| Coordenadas UTM | 1.135.090,62 N | 613.688,47 E |
| Elevación | 473,91 m. s. n. m | |
| Fecha | Hora | |
| 3/2/2019 | 10:00 a.m. | |
| 17/2/2019 | 10:30 a.m. | |
| 3/3/2019 | 11:00 a.m. | |

Fuente: Absalón y Bravo (2019)

Tabla 14.

Planificación de Mediciones en el Pozo Número 1.

| | | |
|------------------------|-----------------|-------------|
| Coordenadas UTM | 1.135.141,22 N | 613.942,79E |
| Elevación | 476,03 m.s.n.m. | |
| | Fecha | Hora |
| | 3/2/2019 | 11:00 a.m. |
| | 17/2/2019 | 11:30 a.m. |
| | 3/3/2019 | 12:00 a.m. |

Fuente: Absalón y Bravo (2019)

El día martes 9 de abril del año 2019, se tomó una muestra de agua para ser analizada en el Laboratorio Ambiental Aragua donde se llevó a cabo el análisis físico-químico y bacteriológico. La muestra de agua obtenida, proviene del pozo número 2.

Cabe destacar, que en cada visita que se realizó de acuerdo al programa de mediciones establecido, se midió el nivel estático en ambos pozos (pozo número 2 y pozo número 1), y se encendió el equipo de bombeo para medir el nivel dinámico en el pozo número 2. Una vez obtenidas los datos de las mediciones, se procedió a elaborar los gráficos de caudal en función del tiempo y nivel en función del tiempo, el procedimiento realizado en las visitas se muestra a continuación:

1. Haciendo el uso respectivo de la sonda, se llevó a cabo la medición del nivel estático en ambos pozos introduciendo el sensor de la sonda por el orificio del pozo destinado para medir el nivel freático (ver figura 20); la luz del sensor de la sonda se encendió cuando este se encontró en contacto con el agua. Cabe considerar, que para medir el nivel estático del pozo, el sistema de bombeo estuvo apagado 12 horas antes de realizar la medición.



Figura 20. Medición del Nivel Estático del Pozo Número 2. Fuente: Absalón y Bravo (2019).

2. Se registró la medida del nivel estático, tomando en cuenta que este debe ser tomado desde el nivel del suelo.
3. Se encendió el sistema de bombeo para realizar la prueba del caudal variable (ver figura 21) y obtener el nivel del pozo para distintas aberturas de llave.



Figura 21. Prueba del Caudal Variable. Fuente: Absalón y Bravo (2019).

4. Una vez encendido el sistema de bombeo, se abrió completamente la llave de paso y se esperó un periodo de 5 minutos hasta que el caudal se estabilizara; posteriormente, se calculó el valor del caudal aportado cronometrando el tiempo necesario para llenar el tobo de 8 litros previamente graduado y se registró el descenso del nivel en el pozo.
5. Se procedió a girar la llave de paso una vuelta con el fin de reducir el caudal. Se realizó el paso anterior y se registró el nuevo descenso del nivel en el pozo (ver figura 22).



Figura 22. Medición del Nivel Dinámico del Pozo Número 2. Fuente: Absalón y Bravo (2019).

6. Se realizaron los pasos anteriores con 5 aberturas de llaves diferentes. Es importante destacar, que para lograr una correcta medición y para que el pozo se estabilizara, se dejó pasar un periodo de 5 minutos entre cada variación del caudal.
7. Se tabularon los datos del nivel estático, nivel dinámico, caudal y tiempo, en una base de datos en Excel.

Fase III: Estimar los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento del acuífero del municipio San Diego.

En esta fase, se estimaron los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento mediante el método de Theis. Con los datos obtenidos en las fases anteriores se realizó una tabla mediante la herramienta Excel que indicó: el cambio de nivel debido a cada variación en la abertura de la llave, el intervalo de tiempo con el cual se realizó la prueba del caudal variable y la distancia existente entre ambos pozos. Seguidamente, se determinó el coeficiente r^2/t y se realizó la gráfica de la función del pozo de bombeo. El procedimiento realizado en esta fase se muestra a continuación:

- 1) Para aplicar el método de Theis, fue necesario determinar la distancia existente entre ambos pozos mediante el software Google Earth utilizando la herramienta “regla” la cual tiene una precisión del 99%; dicho programa muestra una ventana donde se seleccionaron la ubicación de los pozos y finalmente se mostró en pantalla la distancia existente entre estos (ver figura 23).

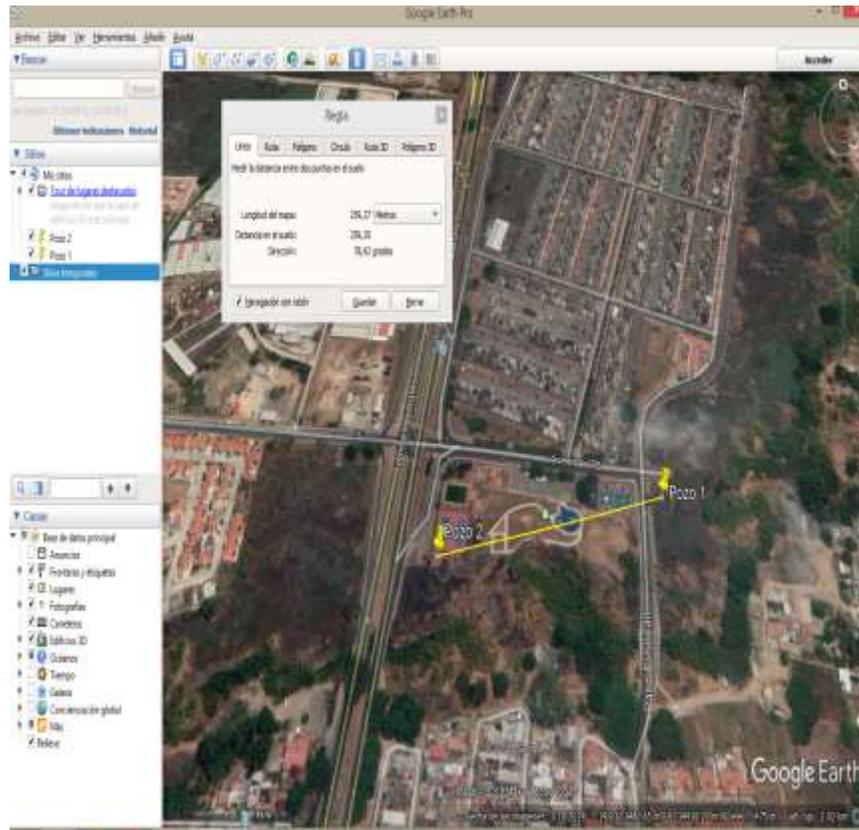


Figura 23. Distancia Existente Entre Ambos Pozos. Fuente: Google Earth (2019)

- 2) Con los valores obtenidos de descensos, tiempo y la distancia entre los pozos, se determinó el coeficiente r^2/t ; posteriormente se realizó la gráfica de la función del pozo.

3) Se realizó una superposición de graficas de la función del pozo con la gráfica del método de Theis, haciendo coincidir los puntos de la muestra de campo con la gráfica patrón (ver figura 24). Es importante destacar, que fue necesario mantener los ejes de ambas graficas en un mismo sentido y dirección.

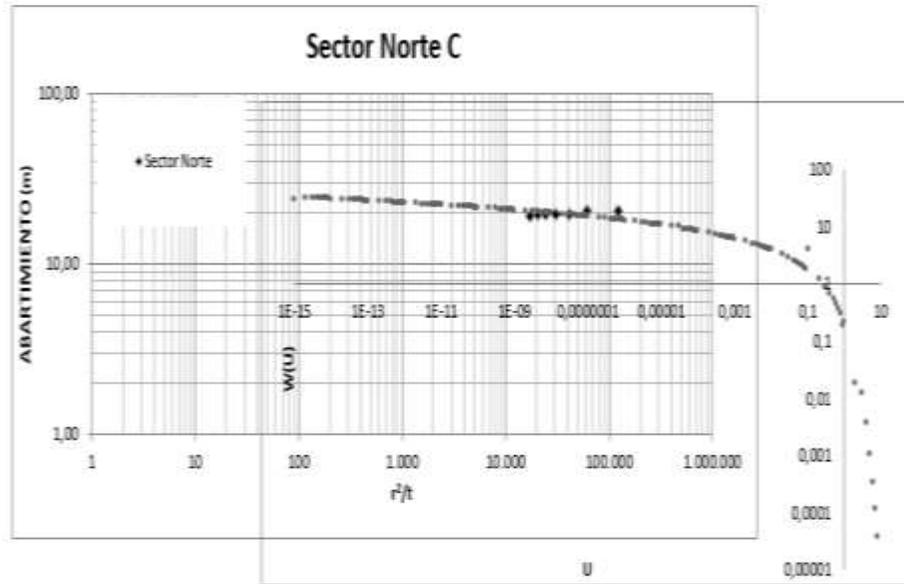


Figura 24. Superposición de Gráficas. Fuente: Absalón y Bravo (2019)

4) A partir de las gráficas superpuestas, se obtuvo $W(u)$ y la función auxiliar $1/U$; posteriormente, se despejó la transmisividad de la ecuación 1 del método de Theis.

$$\text{Ecuación 1: } s = \frac{Q}{4\pi T} W(u)$$

5) Una vez obtenido el valor de la transmisividad se estimó el coeficiente de almacenamiento mediante el despeje de la ecuación 2:

$$\text{Ecuación 2: } u = \frac{r^2 S}{4Tt}$$

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

Resultados de la Descripción de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos

Una vez conocidos los resultados del análisis físico-químico y bacteriológico de las aguas captadas del pozo profundo número 2 ubicado en la comunidad Tulipán del municipio San Diego estado Carabobo, se verifico que cumplieran con los límites establecidos por las siguientes normativas:

- Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable, Gaceta N° 36.395.
- Norma COVENIN 2771-91 Aguas Naturales, Industriales y Residuales. Determinación de dureza.
- Decreto N° 3.219, Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia, Gaceta N° 5.305.

Es importante destacar, que la muestra analizada, se realizó como colaboración y aporte al presente trabajo de grado por el Laboratorio Ambiental Aragua, Unidad Territorial Ecosocialista Aragua, tal como se muestran los resultados obtenidos en la tabla 15, donde se comparan con los límites establecidos en las Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia, Gaceta N° 5.305.

Tabla 15.*Resultados Obtenidos del Análisis Físico-Químico y Bacteriológico.*

| Código | Parámetro | Unidad | Resultados | Agua TIPO 1-TIPO 1A* | Observación |
|---------------|---------------------------|---------------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------|
| 2510-B | Conductividad eléctrica | µs/cm | 222 | N.A | - |
| 2130-B | Turbiedad | NTU | 0,69 | <25 | CUMPLE |
| 2340-C | Dureza total | mg/l CaCO ₃ | 69 | 500 | CUMPLE |
| 3500-D | Dureza cálcica | | 35 | N.A | - |
| 3500-Mg-E | Dureza magnésica | | 34 | N.A | - |
| 2320-B | Alcalinidad | | 103 | N.A | - |
| 4500HB | pH | | - | 7,21 | 6,0-8,5 |
| 2540-C | Sólidos disueltos totales | mg/L | 144 | 1.500 | CUMPLE |
| 4500-B | Cloruro | | 5 | 600 | CUMPLE |
| 4500-E | Sulfato | | 7,2 | 400 | CUMPLE |
| 4500-C | Nitrito (N) | | <0,01 | Suma nitrito y nitrato <10 | CUMPLE |
| 4500-C | Nitrato (N) | | 0,17 | | |
| 3500-D | Calcio | | 14 | N.A | - |
| 3500-E | Magnesio | | 8,4 | N.A | - |
| 9221-B | Coliformes Totales | | NMP/100 ml | 78 | <2.000 |
| 9221-C | Coliformes Fecales | 45 | | N.A | - |

Fuente: Laboratorio Ambiental Aragua (2019).

También se compararon los resultados obtenidos en el análisis físico-químico y bacteriológico con los límites permitidos en la Gaceta N° 36.395 de las Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable (ver tabla 16).

Tabla 16.

Resultados Obtenidos del Análisis Físico-Químico y Bacteriológico con los Valores Permitidos en la Gaceta N° 36.395

| Parámetro | Unidad | Resultados | Valor deseable menor a | Valor máximo aceptable | Observación |
|---------------------------|---------------------------|------------|---|---|-------------|
| Conductividad eléctrica | µs/cm | 222 | - | - | - |
| Turbiedad | NTU | 0,69 | 1 | 5 | Cumple |
| Dureza total | mg/l CaCO ₃ | 69 | 250 | 500 | Cumple |
| Dureza cálcica | | 35 | - | - | - |
| Dureza magnésica | | 34 | - | - | - |
| Alcalinidad | | 103 | - | - | - |
| pH | - | 7,21 | 6,5-8,5 | 9 | Cumple |
| Solidos disueltos totales | mg/L | 144 | 600 | 1000 | Cumple |
| Cloruro | | 5 | 250 | 300 | Cumple |
| Sulfato | | 7,2 | 250 | 500 | Cumple |
| Nitrito (N) | | <0,01 | Menor a 0,01 | 0,03 | Cumple |
| Nitrato (N) | | 0,17 | 0 | 45 | Cumple |
| Calcio | | 14 | - | - | - |
| Magnesio | | 8,4 | - | - | - |
| Coliformes Totales | | NMP/100 ml | 78 | No debe existir contenido de coliformes totales | |
| Coliformes Fecales | 45 | | No debe existir contenido de coliformes totales | | No cumple |

Fuente: Absalón y Bravo (2019)

Seguidamente, se muestran los resultados obtenidos de cada uno de los parámetros analizados y los valores que establecen las normas sanitarias para el control y calidad del agua.

1) Dureza total: su valor fue de sesenta y nueve miligramos por litro de carbonato de calcio (69 mg/l CaCO₃); el agua se clasifico como “suave” de acuerdo a lo establecido en la norma COVENIN 2771-91 (ver tabla 17). Además, se comparó dicho resultado con los valores establecidos por la Gaceta N° 36.395; y la Gaceta N° 5.305 (ver gráfico 1).

Tabla 17.

Clasificación del Agua de Acuerdo al Resultado Obtenido de Dureza Total y los Tipos de Aguas Establecidos en la Norma COVENIN 2771-91.

| Tipo de agua | mg/l de dureza | Resultado obtenido | Clasificación |
|--------------------|----------------|------------------------------|---------------|
| Suave | 0-75 | 69 mg/l de CaCO ₃ | Suave |
| Moderadamente dura | 75-150 | | |
| Dura | 150-300 | | |
| Muy dura | >300 | | |

Fuente: Absalón y Bravo (2019)

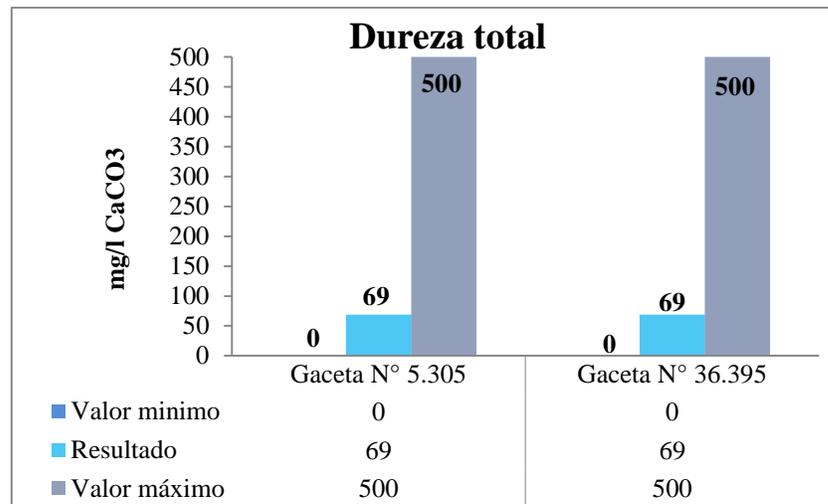


Gráfico 1. Comparación del Resultado de Dureza Total con Respecto a lo Establecido en las Gacetas N° 5.305 Y 36.395. Fuente: Absalón y Bravo (2019)

- 2) **Turbiedad:** la turbiedad fue de cero coma sesenta y nueve (0,69 NTU)).En el gráfico 2 se comprobó que este cumplieran con los límites permitidos en la Gaceta N° 36.395 y en el Decreto N° 3.219 de la Gaceta N° 5.305.

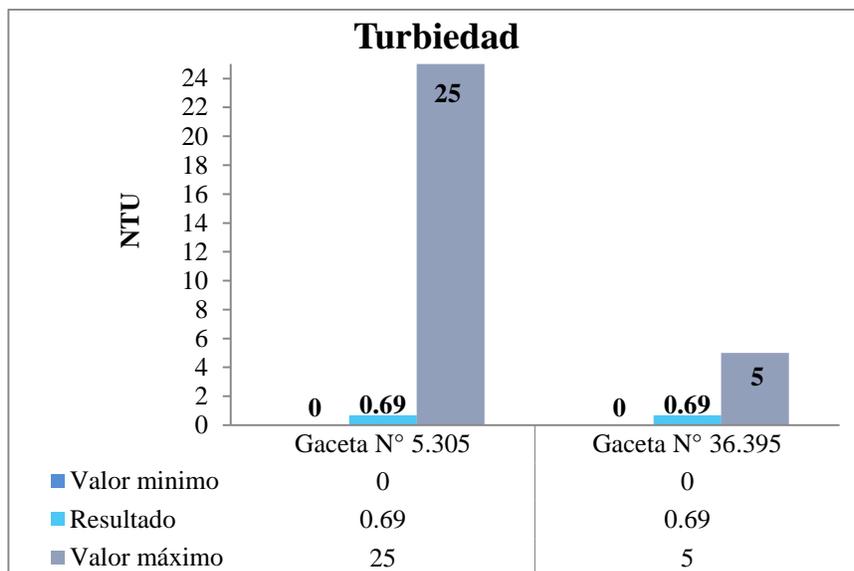


Gráfico 2. Comparación del Valor Obtenido de Turbiedad con Respecto a lo Establecido en las Gacetas N° 5.305 Y 36.395. Fuente: Absalón y Bravo (2019)

3) **pH:** el valor de pH obtenido en el análisis físico-químico arrojo un valor de siete coma veintiuno (7,21); en el gráfico 3 se comprobó que dicho valor cumplieran con los límites permitidos en la Gaceta N° 36.395 y en el Decreto N° 3.219 de la Gaceta N° 5.305.

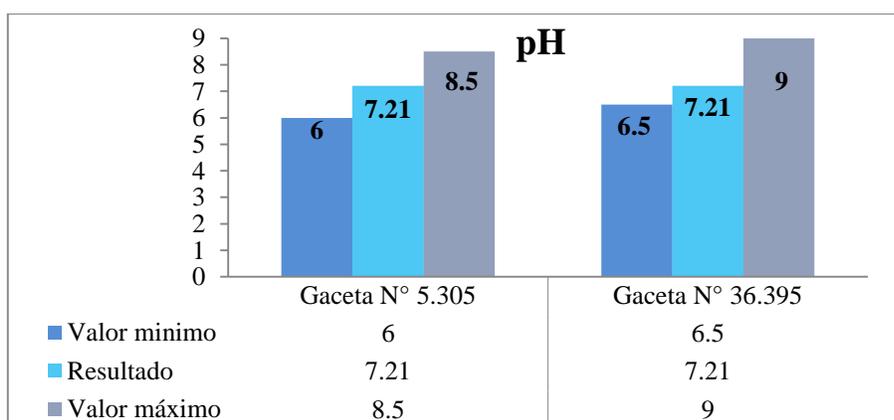


Gráfico 3. Comparación del Valor de pH con Respecto a lo Establecido en las Gacetas N° 5.305 Y 36.395. Fuente: Absalón y Bravo (2019)

4) **Sólidos disueltos totales:** El contenido de solidos disueltos totales fue de ciento cuarenta y cuatro miligramos por litro (144 mg/l); se comparó el valor obtenido con los límites establecidos en las normativas vigentes (ver gráfico 4).

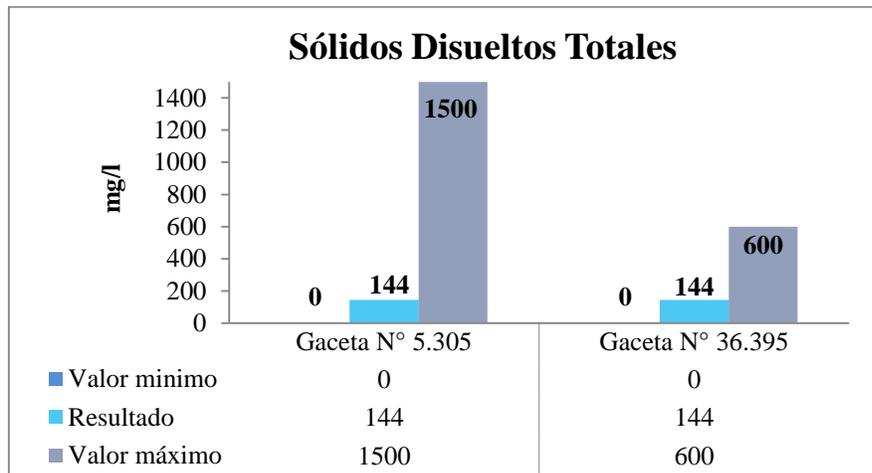


Gráfico 4. Comparación del Valor Obtenido de Solidos Disueltos Totales con Respecto a lo Establecido en las Gacetas N° 5.305 Y 36.395. Fuente: Absalón y Bravo (2019)

5) **Cloruro:** la muestra analizada presentó un valor de cloruro de cinco miligramos por litro (5 mg/l). Se realizó un análisis comparativo del valor obtenido con los límites establecidos en las normativas vigentes (ver gráfico 5).

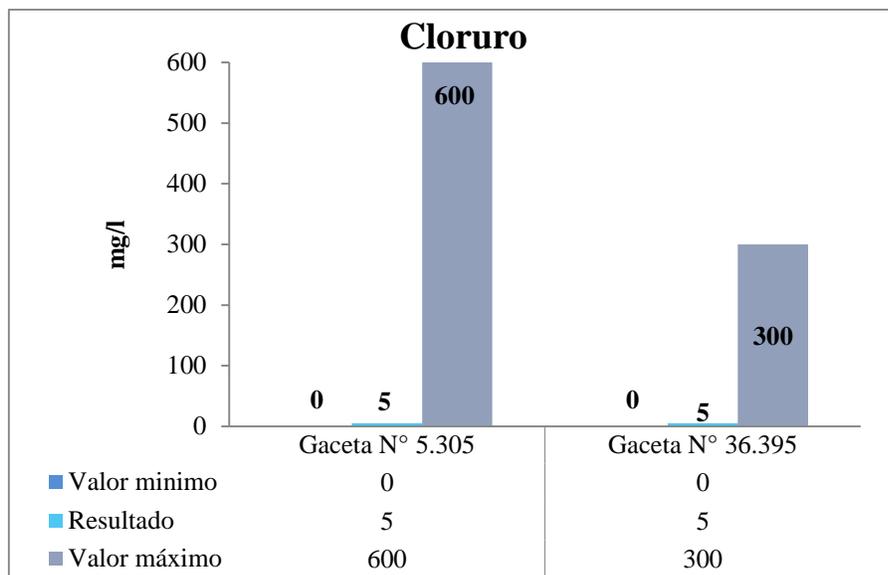


Gráfico 5. Comparación del Valor Obtenido de Cloruro con Respecto a lo Establecido en las Gacetas N° 5.305 Y 36.395. Fuente: Absalón y Bravo (2019)

6) **Sulfato:** la muestra analizada presentó un valor de siete coma dos miligramos por litro (7,2 mg/l) de sulfato; se realizó un análisis comparativo del valor obtenido con los límites establecidos en las normativas vigentes (ver gráfico 6).

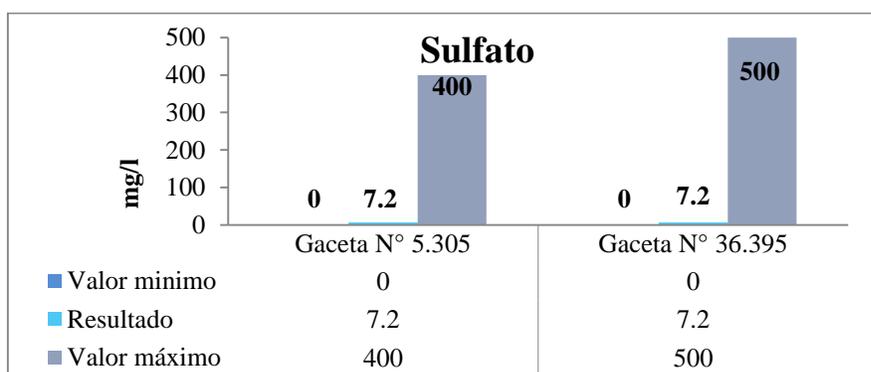


Gráfico 6. Comparación del Valor Obtenido de Sulfato con Respecto a lo Establecido en las Gacetas N° 5.305 Y 36.395. Fuente: Absalón y Bravo (2019)

7) **Nitrito y nitrato:** el valor obtenido de nitrito fue menor a cero coma cero uno miligramos por litro (0,01 mg/l) y el de nitrato de cero coma diecisiete miligramos por litro (0,17 mg/l); dichos valores se compararon con lo establecido en la Gaceta N° 5.305 que establece como límite permitido la sumatoria de nitrito y nitrato menor a diez (ver gráfico 7). Asimismo, se compararon los resultados obtenidos de nitrito y nitrato con la Gaceta N° 36.395, la cual establece como límite máximo de nitrito cero coma cero tres miligramos por litro (0,03 mg/l) y el de nitrato cuarenta y cinco miligramos por litro (45 mg/l), (ver gráfico número 8 y 9).

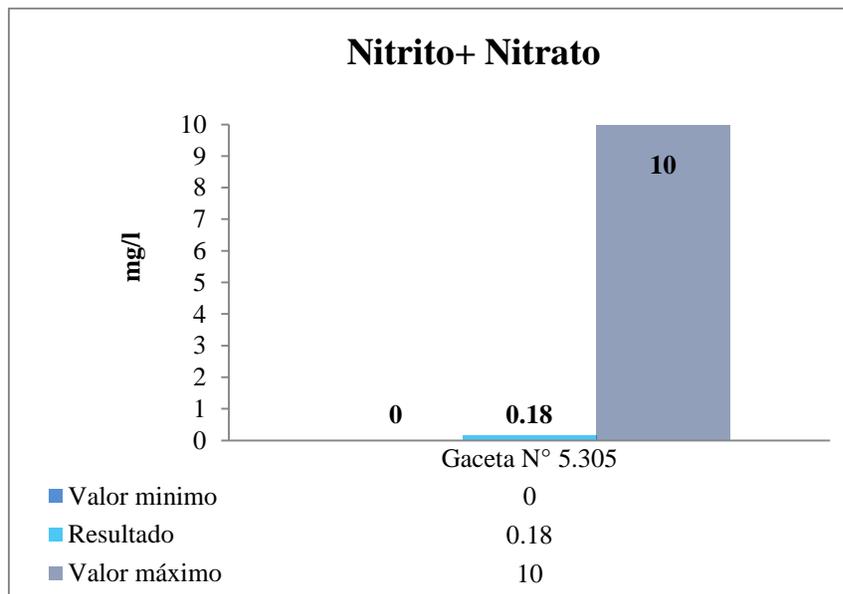


Gráfico 7. Comparación del Valor Obtenido de Nitrito y Nitrato con Respecto a lo Establecido en la Gaceta N° 5.305. Fuente: Absalón y Bravo (2019)

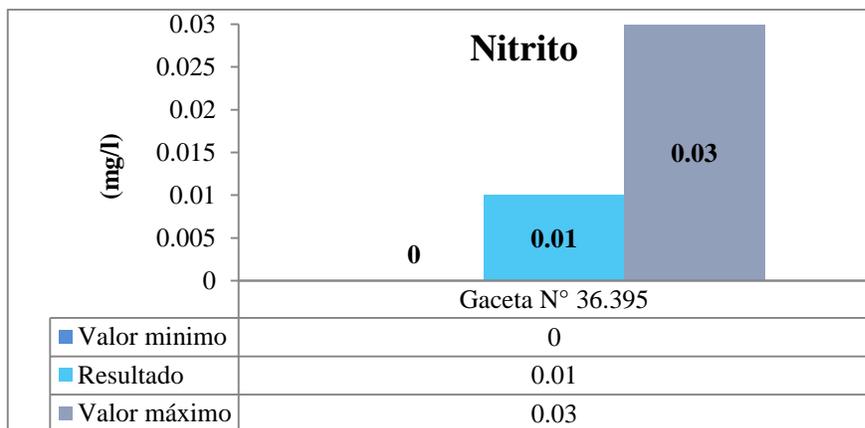


Gráfico 8. Comparación del Valor Obtenido de Nitrito con Respecto a lo Establecido Gaceta N° 36.395. Fuente: Absalón y Bravo (2019)

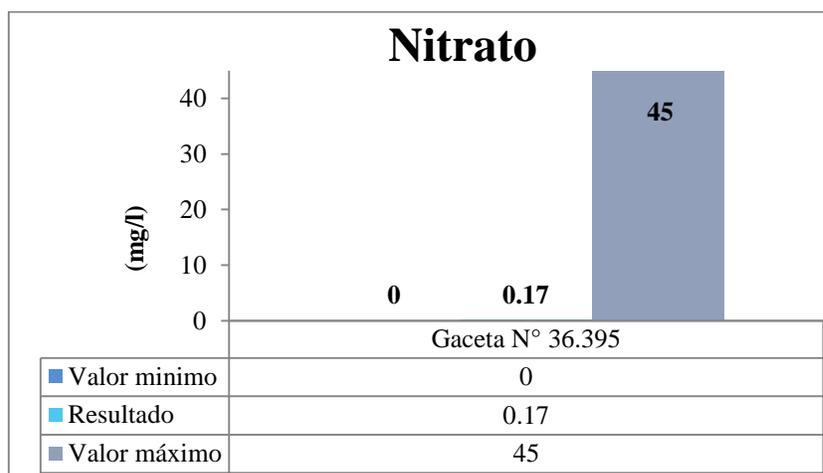


Grafico 9. Comparación del Valor Obtenido de Nitrato con Respecto a lo Establecido en la Gaceta N° 36.395. Fuente: Absalón y Bravo (2019)

8) Coliformes totales y coliformes fecales: en el análisis bacteriológico, el contenido de coliformes totales es de setenta y ocho (78 NMP/100 ml) y el de coliformes fecales de cuarenta y cinco (45 NMP/100 ml). Se realizó un análisis comparativo del resultado obtenido de coliformes totales con los límites permitidos en la Gaceta N° 5.305 (ver gráfico 10).

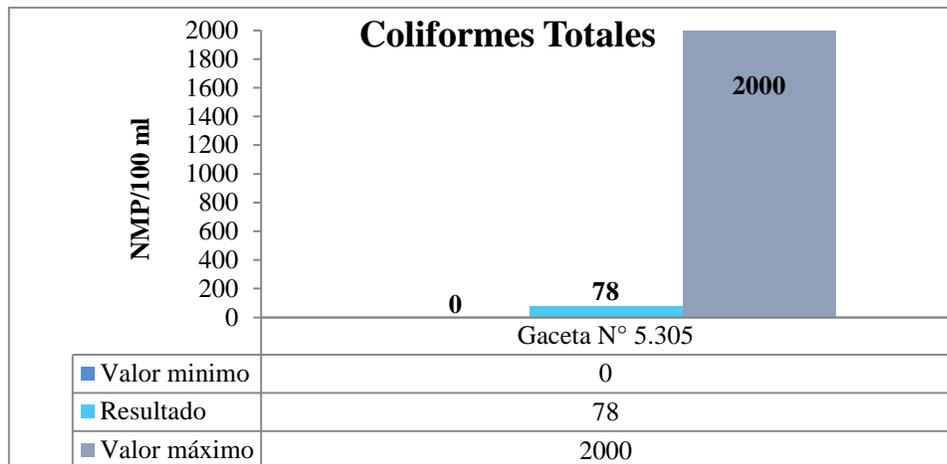


Grafico 10. Comparación del Valor Obtenido de Coliformes Totales con Respecto a lo Establecido en la Gaceta N° 5.305. Fuente: Absalón y Bravo (2019)

En función de los resultados obtenidos y suministrados por el Laboratorio Ambiental Aragua, Unidad Territorial Ecosocialista Aragua, se destaca lo siguiente:

- 1) El contenido de dureza total en el análisis físico-químico, arrojo un valor de sesenta y nueve miligramos por litro de carbonato de calcio (69 mg/l CaCO₃) clasificándose el agua como suave de acuerdo a lo establecido en la Norma COVENIN 2771-91 Aguas Naturales, Industriales y Residuales. Determinación de dureza.

- 2) El valor de pH obtenido en el agua del pozo en estudio fue de siete coma veintiuno (7,21); el valor registrado de turbiedad fue de cero coma sesenta y nueve (0,69) NTU; el contenido de solidos disueltos totales fue de ciento cuarenta y cuatro miligramos por litro (144 mg/l); el valor de cloruro fue de cinco miligramos por litro (5 mg/l) y el de sulfato de siete coma dos miligramos por litro (7,2 mg/l); el contenido de nitrito arrojo un valor menor a cero coma cero uno miligramos por litro (0,01 mg/l) y el de

nitrate fue de cero coma diecisiete miligramos por litro (0,17 mg/l), encontrándose todos estos resultados por debajo de los límites máximos establecidos en la Gaceta N° 5.305 de la Norma para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia y la Norma Sanitaria de Calidad de Agua Potable, Gaceta N° 36.395.

Es importante destacar, que de acuerdo a lo establecido en la Gaceta N° 5.305 la muestra analizada cumple con la clasificación de las aguas tipo 1, es decir “Aguas destinadas al uso doméstico y al uso industrial que requiera agua potable, siempre que esta forme parte de un producto o sub-producto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él”, en su desagregado Sub Tipo 1A: “Aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con la sola adición de desinfectantes”.

- 3) En el análisis bacteriológico, el contenido de coliformes totales fue de setenta y ocho (78 NMP/100 ml) y el contenido de coliformes fecales de cuarenta y cinco (45 NMP/100 ml).

Cabe destacar, que la Gaceta N° 5.305 establece como límite máximo de dos mil (2000 NMP/100 ml) el contenido de coliformes totales, por lo que se concluye que el resultado obtenido en el análisis bacteriológico cumple con lo establecido en la Norma para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia. Dicha gaceta, no establece ningún límite con respecto al contenido de coliformes fecales

Dentro de este orden de ideas, las Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable, Gaceta N° 36.395, determina en el artículo 9 del capítulo 2 que ninguna muestra de 100 ml deberá indicar la presencia de organismos coliformes termorresistentes (coliformes fecales); de igual manera,

establece que en ningún caso deberá detectarse organismos coliformes totales en dos muestras consecutivas de 100 ml, provenientes del mismo sitio. De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis físico-químico y bacteriológico, se concluyó que debido a la presencia de coliformes totales y fecales, la muestra de agua analizada no cumple con lo establecido en las Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable, gaceta N° 36.395.

En conclusión, el agua no se encuentra en condiciones adecuadas para el consumo humano.

Resultados de la descripción de los parámetros hidráulicos presentes en la zona de estudio.

Para realizar la descripción de los parámetros hidráulicos, se obtuvo el nivel estático, nivel dinámico y caudal medio en el pozo de bombeo (pozo número 2) en cada visita que se realizó (ver tabla 18); posteriormente se determinó el promedio a cada uno de ellos (ver tabla 19).

Tabla 18.

Nivel Estático, Nivel Dinámico y Caudal Medio del Pozo Número 2.

| Nivel estático, nivel dinámico y caudal medio del pozo 2:Pozo de bombeo | | | |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Fecha | Nivel estático (m) | Nivel dinámico (m) | Caudal medio (l/s) |
| 3/2/2019 | 451,45 | 429,56 | 3,43 |
| 17/2/2019 | 451,32 | 428,34 | 3,6 |
| 3/3/2019 | 451,26 | 429,15 | 3,44 |

Fuente: Absalón y Bravo (2019)

Tabla 19.

Promedio del Nivel Estático, Nivel Dinámico y Caudal Medio del Pozo 2.

| Pozo número 2: pozo de bombeo | |
|--------------------------------------|---------|
| Nivel estático promedio (m) | 451,343 |
| Nivel dinámico promedio (m) | 429,017 |
| Caudal promedio (l/seg) | 3,490 |

Fuente: Absalón y Bravo (2019)

La variación del nivel estático, nivel dinámico y caudal medio del pozo de bombeo se pueden observar en los gráficos 11, 12 y 13.

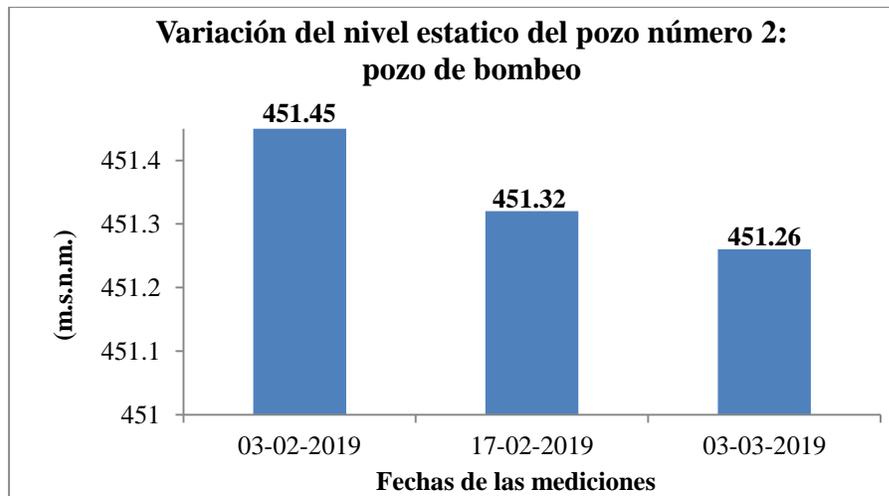


Grafico 11. Variación del Nivel Estático en el Pozo de Número 2. Fuente: Absalón y Bravo (2019)

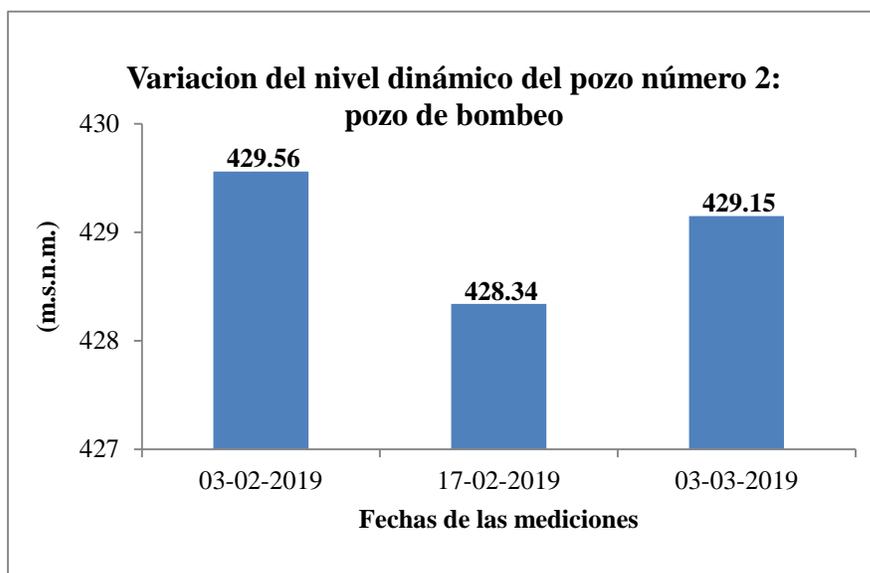


Grafico12. Variación del Nivel Dinámico en el Pozo Número 2. Fuente: Absalón y Bravo (2019).

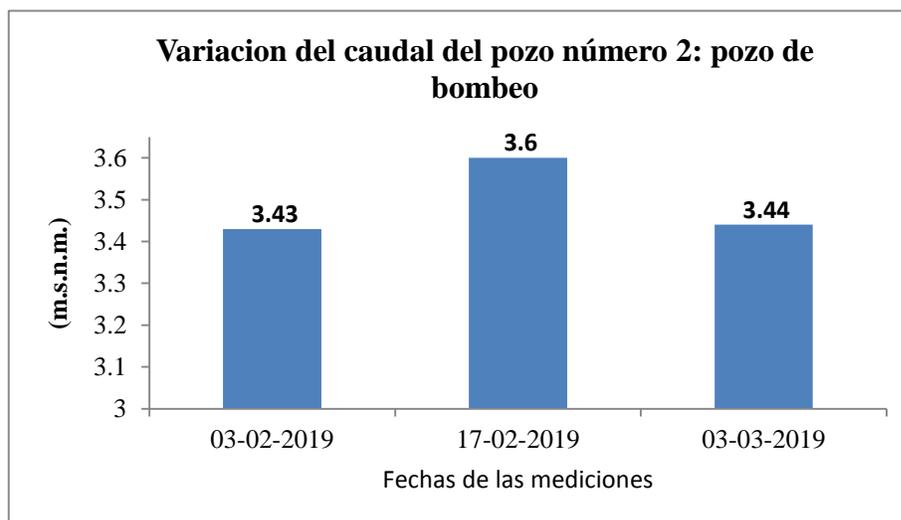


Grafico 13. Variación del Caudal en el Pozo Número 2. Fuente: Absalón y Bravo (2019).

De igual manera, se determinó el nivel estático del pozo número 1 en cada visita que se realizó (ver tabla 20); asimismo, en el gráfico 14 se puede apreciar la variación del nivel estático registrado.

Tabla 20.

Niveles Estáticos obtenidos en el Pozo de Observación.

| Nivel estático del pozo número 1:Pozo de observación | |
|---|---------------------------|
| Fecha | Nivel Estático (m) |
| 3/2/2019 | 427,35 |
| 17/2/2019 | 421,89 |
| 3/3/2019 | 433,88 |

Fuente: Absalón y Bravo (2019)

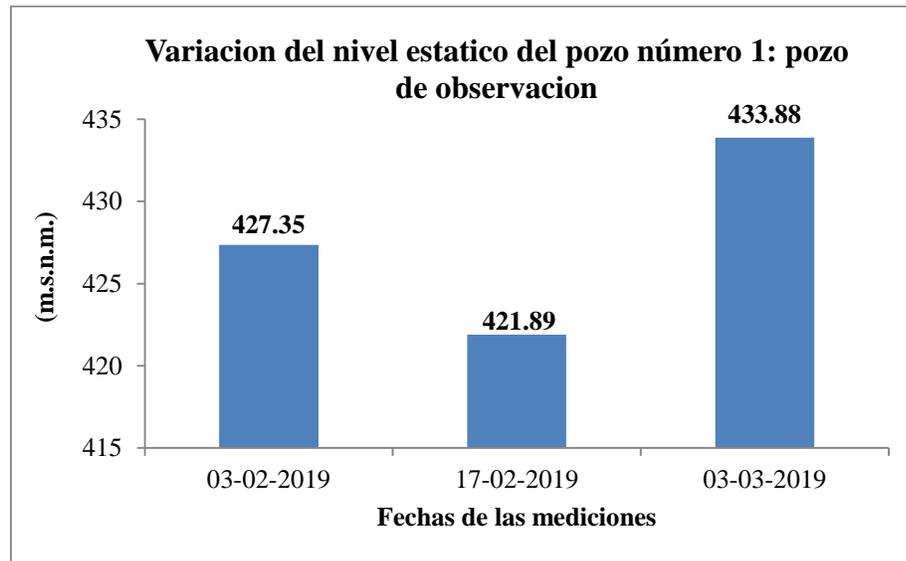


Grafico 14. Variación del Nivel Estático en el Pozo Número 1.

Fuente: Absalón y Bravo (2019)

Resultados de la estimación de los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento del municipio San Diego, estado Carabobo.

La prueba de caudal variable realizada para obtener los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento, se efectuó el

día veinticuatro de marzo del año dos mil diecinueve (24/3/2019). A continuación se muestran las coordenadas y elevación de ambos pozos, así como también la distancia y el descenso existente entre ellos (ver tabla 21).

Tabla 21.

Descenso y Distancia Existente Entre los Pozos de Estudio.

| Coordenadas UTM | Pozo de bombeo | Pozo de observación |
|---------------------|----------------|---------------------|
| | | 1135090,62N |
| | 613688,47E | 613.942,79 |
| Elevación (m.s.n.m) | 473,91 | 476,03 |
| Descenso (m) | 2,12 | |
| r (m) | 259,3 | |

Fuente: Absalón y Bravo (2019)

La prueba de caudal variable realizada en el pozo número 2, se efectuó con 5 aberturas de llaves diferentes, donde se registró el nivel y el caudal; seguidamente se obtuvo el caudal promedio (ver tabla 22).

Tabla 22.

Valores Obtenidos de la Prueba de Caudal Variable en el Pozo Número 2.

| TIEMPO (min) | NIVEL (m) | CAUDAL (L/S) |
|--------------|------------------------------|--------------|
| 0 | 48,1 | 3,54 |
| 5 | 47,57 | 3,26 |
| 10 | 47,13 | 2,98 |
| 15 | 46,6 | 2,86 |
| 20 | 45,92 | 2,72 |
| | Caudal promedio(l/s)= | 2,96 |

Fuente: Absalón y Bravo (2019)

Posteriormente, se realizó un gráfico del caudal en función del tiempo, donde se puede evidenciar el cambio del caudal a medida que se cierra la llave cada 3 minutos (ver gráfico 15).

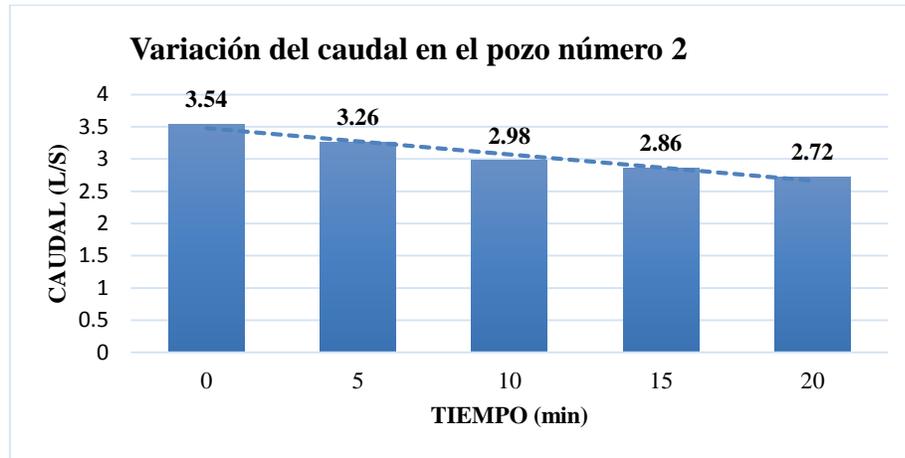


Grafico 15. Variacion del Caudal en Función del Tiempo en el Pozo Número 2. Fuente: Absalón y Bravo (2019)

A continuación, en el gráfico número 16 se puede observar la variación del nivel dinámico del pozo número 2 durante la prueba del caudal variable.

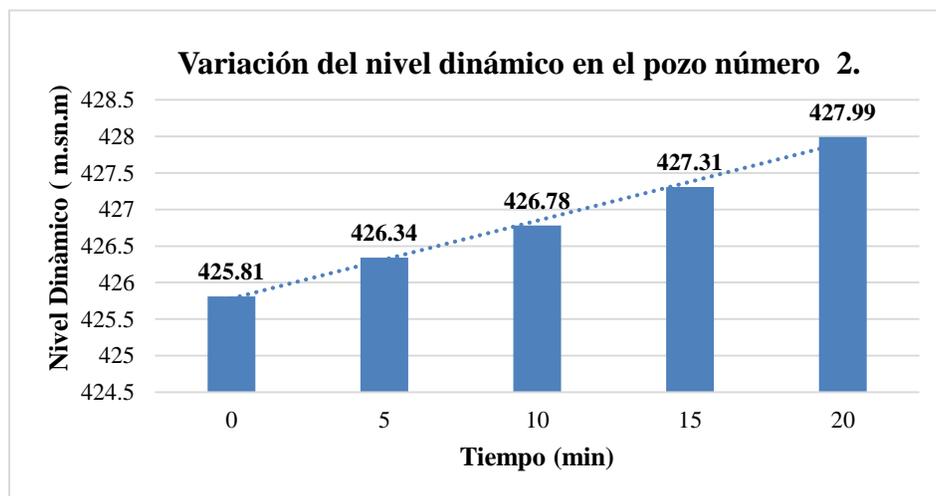


Grafico 16. Variacion del Nivel Dinámico en Función del Tiempo en el Pozo Número 2. Fuente: Absalón y Bravo (2019)

Mediante el método de Theis, se obtuvieron los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento del acuífero en estudio. Dicho método, consistió en realizar una superposición de graficas (colocar la gráfica de la curva patrón de Theis sobre la curva descenso vs r^2/t del pozo estudiado). Con este procedimiento se obtienen las coordenadas del punto de ajuste y sus equivalentes en la curva del pozo estudiado (ver tabla 23).

Tabla 23.

Coordenadas del Punto de Ajuste Mediante el Método de Theis.

| Coordenadas del punto de ajuste | | Abatimiento vs r^2/t | |
|---------------------------------|----------|------------------------------|----------|
| W(u) | 10,2 | Descenso (m) | 47,064 |
| U | 7,00E-06 | r^2/t (m^2/min) | 6.723,65 |

Fuente: Absalón y Bravo (2019)

El caudal promedio obtenido fue de (2,96 l/seg); es necesario convertirlo a $m^3/\text{día}$, recordando que: un metro cubico equivale a 1000 litros y un día equivale a 3600 segundos.

$$Q \left(\frac{m^3}{\text{día}} \right) = \frac{2,96 \frac{l}{s}}{\frac{1.000l}{m^3}} \times 3.600 \frac{s}{\text{hora}} \times \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ día}} = 255,744 \frac{m^3}{\text{día}}$$

Se obtuvo el valor de transmisividad a través de la siguiente ecuación, recordando que W(u) es la función auxiliar del pozo y d representa el descenso:

$$T = \frac{Q \left(\frac{m^3}{\text{día}} \right) \times W(U)}{4 \times \pi \times d} = \frac{255,744 \frac{m^3}{\text{día}} \times 10,2}{4 \times \pi \times 2,12m} = 97,92 \frac{m^2}{\text{día}}$$

De acuerdo al valor de U señalado en la tabla 22, se determinó el valor inverso (1/U):

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{7 \times 10^{-6}} = 142.857,143$$

Se realizó la conversión del valor de (r²/t) a (m²/día) :

$$\frac{r^2}{t} \left(\frac{m^2}{día} \right) = 6.723,65 \frac{m^2}{min} \times 60 \frac{min}{hora} \times 24 \frac{horas}{1\ día} = 9.682.056 \frac{m^2}{día}$$

Finalmente, se determinó el coeficiente de almacenamiento, mediante la siguiente ecuación:

$$S = \frac{4 \times 97,92 \frac{m^2}{día}}{142.857,143 \times 9.682.056 \frac{m^2}{día}} = 2,83 * 10^{-10}$$

En la tabla 24 se muestran los valores obtenidos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento.

Tabla 24.

Valores de Transmisividad y Coeficiente de Almacenamiento del Acuífero del Municipio San Diego.

| | | |
|--------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| Transmisividad | T(m ² /día) | 97,92 |
| Coeficiente de almacenamiento | S | 2,83 * 10 ⁻¹⁰ |

Fuente: Absalón y Bravo (2019)

Resultados del análisis comparativo del funcionamiento de los pozos surtidores de agua, en la comunidad Tulipán del municipio San Diego.

Se realizó un análisis comparativo del funcionamiento de los pozos surtidores de agua, donde se seleccionó el pozo de estudio (pozo número 2) y

el pozo número 6 de Coordenadas UTM 613.536,88E; 1.134.540,80N, elevación 480 m.s.n.m. ubicado en el Sector Norte-C, municipio San Diego, Estado Carabobo. Cabe destacar que la información referente al pozo número 6, se adquirió a través del trabajo de investigación realizado por: **Palma, M. y Vegas, D. (2016).**

A continuación, se puede observar la variación del nivel estático (ver gráfico número 17), la variación del nivel dinámico (ver gráfico 18), la variación del caudal medio (ver gráfico 19); así como también los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento de ambos pozos (ver gráficos 20 y 21).

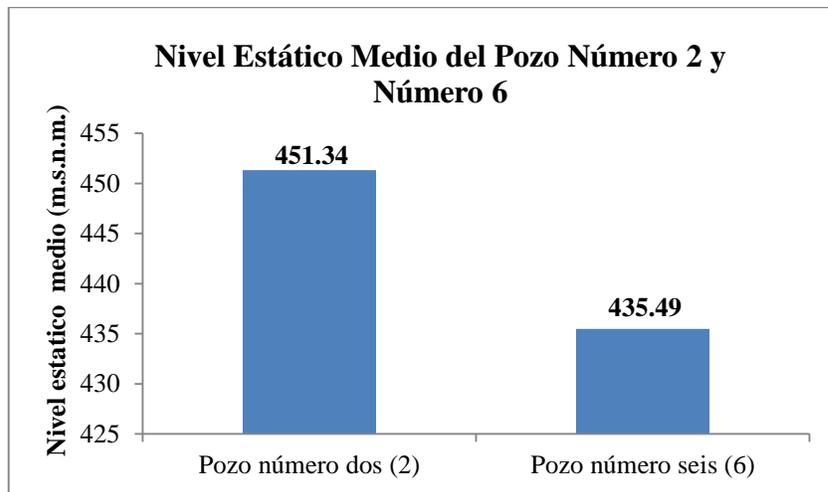


Grafico 17. Nivel Estático de los Pozos Número 2 y Número 6. Fuente: Absalón y Bravo (2019)

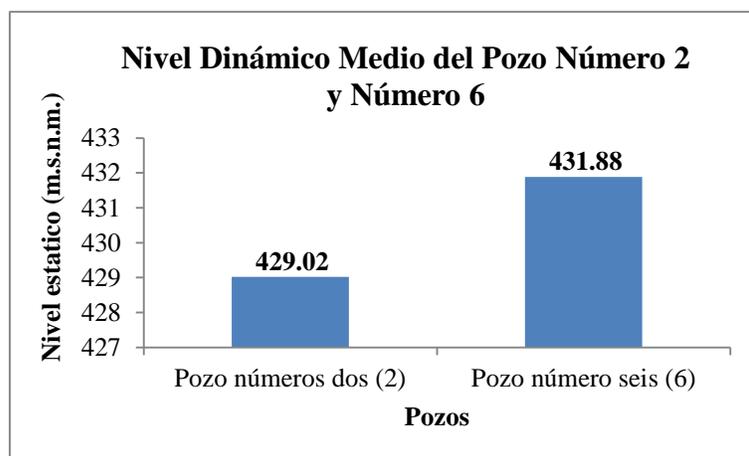


Grafico 18 .Nivel Dinámico de los Pozos Número 2 y Número 6. Fuente: Absalón y Bravo (2019)

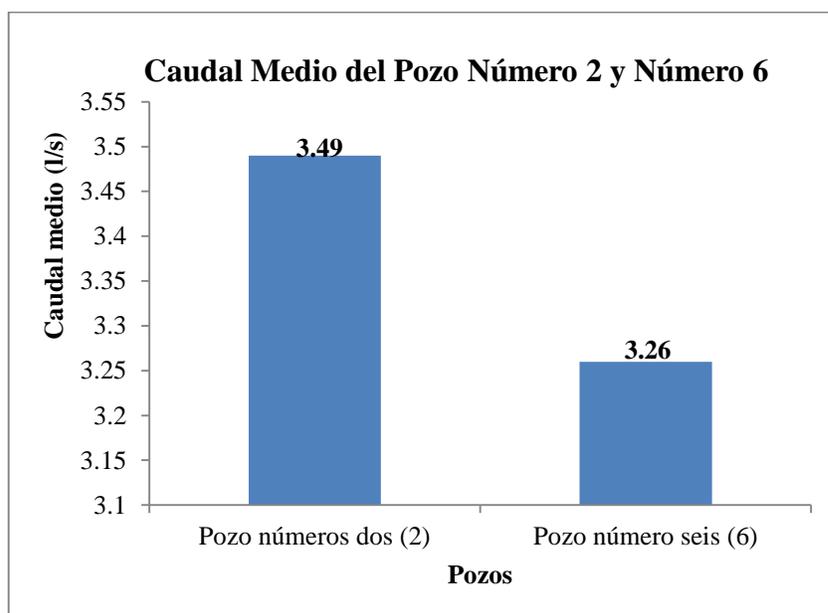


Grafico 19. Caudal Medio de los Pozos Número 2 y Número 6. Fuente: Absalón y Bravo s (2019)

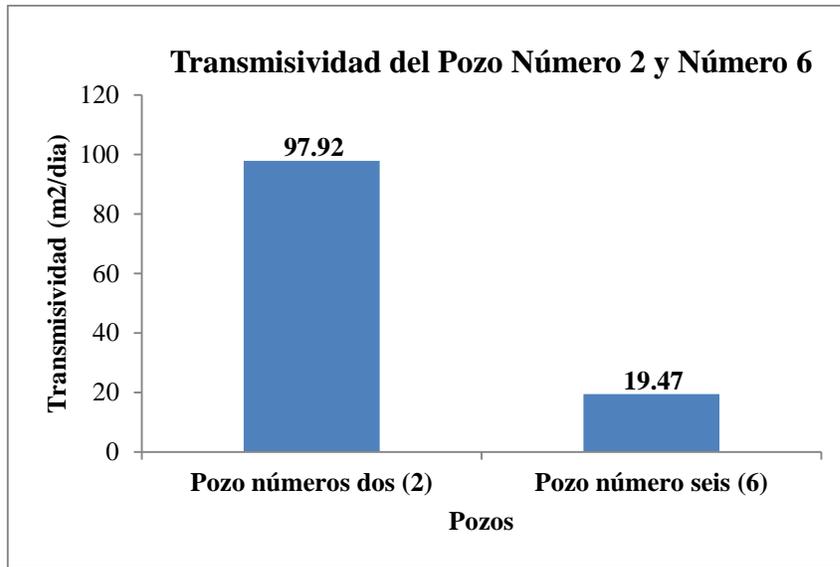


Grafico 20. Transmisividad de los Pozos Número 2 y Número 6. Fuente: Absalón y Bravo (2019)

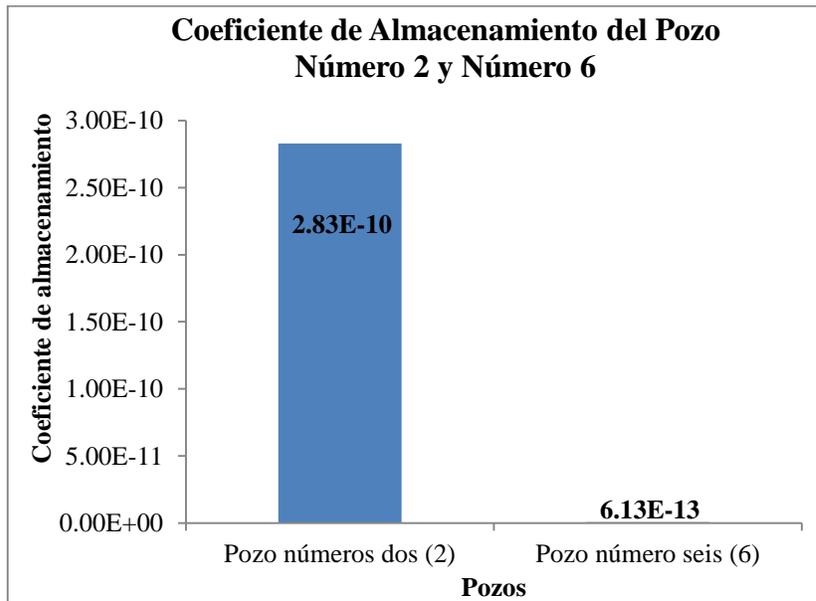


Grafico 21. Coeficiente de Almacenamiento de los Pozos Número 2 y Número 6. Fuente: Absalón y Bravo (2019)

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Se realizó un análisis físico- químico y bacteriológico de las aguas captadas del pozo número 2, ubicado en la comunidad tulipán, sector norte-c, municipio san diego, estado Carabobo, el cual dio como resultado que el agua no se encuentra en condiciones adecuadas para el consumo humano debido a la presencia de coliformes totales y coliformes fecales, de acuerdo a lo establecido la norma sanitaria de calidad del agua potable, gaceta n°36.395.
- Los resultados de los parámetros hidráulicos del pozo número 2 de coordenadas UTM 1.135.090,62N ; 613.688,47E, y elevación 473,91 m.s.n.m., reflejaron un nivel estático promedio de cuatrocientos cincuenta y uno coma trescientos cuarenta y tres metros (451,343m), un nivel dinámico promedio de cuatrocientos veintinueve coma cero diecisiete metros (429,017 m) y un caudal promedio de tres coma cuatrocientos noventa litros por segundo (3,490 l/seg) durante un periodo de 2 meses ejecutando las tomas de muestras cada 2 semanas.
- La prueba de caudal variable se realizó el día veinticuatro de marzo del año dos mil diecinueve (24/03/2019) en el pozo número 2 de coordenadas UTM 1.135.090,62N; 613.688,47E, y elevación 473,91 m.s.n.m. y se usó como pozo de observación el pozo número 1 de coordenadas UTM 1.135.141,22 N; 613.942,79E y elevación 476,03 m.s.n.m. Ambos pozos se encuentran ubicados en el Sector Norte-C del municipio San Diego, Edo. Carabobo y separados a una distancia de doscientos cincuenta y nueve coma tres metros (259,3 m), además, el descenso respecto a sus elevaciones es de dos coma doce metros (2,12).
- El valor obtenido del coeficiente de almacenamiento en la prueba de caudal variable fue de $2,83 \times 10^{-10}$ y de acuerdo a la tabla 1 de los valores del coeficiente de almacenamiento según Iglesias (1984),

dependiendo del tipo de material permeable, se clasifica como un Acuífero Confinado. Por otra parte, el valor de transmisividad dio como resultado noventa y siete coma noventa y dos metros cuadrados por día ($97,92 \text{ m}^2/\text{día}$) que al comparar dicho valor con la tabla número dos de transmisividad según Iglesias (2002) se clasifica como un acuífero de baja transmisividad.

5) Los resultados del análisis comparativo entre los parámetros hidráulicos de los pozos número 2 y número 6 ubicados en la comunidad Tulipán, sector Norte-C, municipio San Diego, Edo. Carabobo, reflejaron valores muy cercanos en los niveles estáticos y dinámicos, debido a la cercanía geográfica de los pozos y por ende una elevación cercana en metros sobre el nivel del mar; asimismo, se obtuvieron valores similares en el caudal. En función del análisis comparativo se puede concluir con mayor confiabilidad que el acuífero en estudio es confinado de baja transmisividad.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- 1) Se determinó la ubicación geográfica de los pozos en estudio (pozo de bombeo y pozo de observación) a través del software Google Earth, resultando el pozo de bombeo (pozo número 2) de coordenadas UTM: 1.135.090,62N; 613.688,47E y elevación 473,91 m.s.n.m; y el pozo de observación (pozo número 1) de coordenadas UTM: 1.135.141,22 N; 613.942,79E y elevación 476,03 m.s.n.m. Estos pozos se encuentran ubicados en el sector Norte-C de la comunidad Tulipán del municipio San Diego y son utilizados para el abastecimiento de agua a dicha comunidad.
- 2) El estudio físico-químico y bacteriológico realizado por el Laboratorio Ambiental de Aragua, Unidad Territorial Ecosocialista Aragua, a la muestra de agua proveniente del pozo número 2 reveló la existencia de coliformes totales y coliformes fecales por lo cual el agua no se encuentra en condiciones adecuadas para el consumo humano debido a la presencia de coliformes termo-resistentes de acuerdo a lo establecido en la Gaceta N° 36.395 de las Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable.
- 3) La transmisividad se encuentra dentro del rango de clasificación baja, lo que indica que la cantidad de agua que se filtra a través del suelo es considerablemente poca debido a la composición geológica del mismo. Por otra parte el valor obtenido del coeficiente de almacenamiento fue de $2,83 \times 10^{-10}$; y se encuentra dentro del rango de clasificación de acuífero confinado, lo cual indica que el agua subterránea se encuentra rodeada en

la parte superior e inferior por capas impermeables las cuales no permiten la liberación del agua a la superficie con facilidad.

- 4) La variación del nivel estático, nivel dinámico y caudal medio del pozo número 2 se mantuvo en rangos aceptables a lo largo de toda la prueba sin variaciones considerables, por lo cual se puede concluir que el acuífero no se encuentra sobreexplotado.
- 5) El análisis comparativo entre los pozos número 2 y número 6 ubicados en el sector Norte-C de la comunidad Tulipán, revelaron valores similares con respecto al nivel, estático, nivel dinámico, caudal medio, transmisividad y coeficiente de almacenamiento; por lo cual se puede concluir con mayor certeza que el acuífero es confinado de baja transmisividad; además no se encuentra sobreexplotado.

Recomendaciones

- 1) Realizar la estimación de los parámetros hidráulicos en los pozos de estudios con mayor frecuencia, se recomienda realizarlos cada seis meses para así conocer con mayor exactitud el comportamiento de los mismos.
- 2) Realizar la prueba del caudal variable a todos los pozos de agua subterránea ubicados en el municipio San Diego para tener una mejor estimación de los parámetros hidráulicos del acuífero; obteniendo además una base de datos completa que permita conocer el estado en que se encuentra el acuífero del municipio San Diego.
- 3) Realizar el mismo estudio a nivel regional y en otros municipios del estado Carabobo en los cuales su principal fuente de abastecimiento sea la explotación de aguas subterráneas.

- 4) Debido a la presencia de coliformes totales y coliformes fecales los cuales pueden ocasionar a las personas virus, diarreas, crecimientos de parásitos en los intestinos y daños a la salud en corto plazo; se recomienda realizar la cloración del agua mediante el uso de Hipoclorito de sodio en concentraciones comerciales que oscilen entre 6ppm y 10ppm. Se debe realizar a razón de por cada 20 litros de agua agregar 8 gotas de Hipoclorito.

Una vez empezado el tratamiento de cloración se debe realizar el seguimiento de resultados lo cual consiste en realizar pruebas mensuales de análisis microbiológicos al agua y validar los resultados. En caso de ser positivos extender el periodo de la realización de los siguientes análisis a un lapso mayor al mes.

Es importante destacar que la efectividad de usar hipoclorito como tratamiento para la desinfección del agua se encuentra en que las células bacterianas dosificadas con cloro liberan ácidos nucleicos, proteínas y potasio; la cloración causa alteraciones físicas, químicas y bioquímicas en la pared de toda célula, de esta manera se destruye la barrera protectora de toda célula dejándola indefensa, disminuyendo sus funciones vitales hasta llevarla a la muerte. Como conclusión el cloro no permite que la bacteria crezca, se reproduzca o cause ninguna enfermedad. Adicionalmente a ello el cloro posee un efecto germicida potente ya que reduce el nivel de microorganismos patógenos en el agua. El cloro le otorga al agua atributos inodoros.

- 5) Realizar análisis físico-químico y bacteriológico a muestras de agua provenientes de los pozos de agua subterránea ubicados en el municipio San Diego.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez Y. y Martin P. (2018). *Análisis de los parámetros hidráulicos del acuífero del municipio san diego durante 2018. Caso: sector centro A*. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.

Arias, F. (2006). *El Proyecto de Investigación Introducción a la metodología científica*. Caracas, Venezuela. Editorial EPISTEME

Blanco, H., González, E., Buroz, E., Lairret, R., Najul, M., Sánchez, R.,...García, M. *Calidad del agua en las américas riesgos y oportunidades*. (2018). Mexico: The Inter American Network of Academies of Sciences. Disponible: <http://www.ianas.org/index.php/books>.

Carrillo Flores, V. E. (2015). Hydrogeological vulnerability of the aquifer of the San Diego municipality, Carabobo state (Master's thesis). <http://www.riuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/123456789/2420/1/vcarrillo.pdf>

Carrillo (2015). *Ubicación y Uso de los Pozos del Municipio San Diego, Estado Carabobo* (mapa). Disponible en: <http://www.riuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/123456789/2420/1/vcarrillo.pdf>

Carrizales A. y Urdaneta L. (2017). *Análisis de los parámetros hidráulicos del Municipio San Diego durante 2017. Caso: Sector Centro*. Trabajo especial de grado. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.

Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales de la Universidad de Carabobo (2018). *Carta de Solicitud de Análisis Físico-Químico y Bacteriológico al Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo, Dirección Carabobo* (figura).

Chávez Fernando (2017). *Estudio hidrogeológico para sustentar la disponibilidad hídrica subterránea para pozo tubular de reemplazo - Monsanto Perú - villacuri – ica*. Trabajo especial de grado. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.

Chereque, W. (2003). *HIDROLOGIA para estudiantes de ingeniería civil*. Lima, Perú. Editorial Concytec.

Custodio, E. (2017). *ASPECTOS HIDROLÓGICOS, AMBIENTALES, ECONÓMICOS SOCIALES Y ÉTICOS DEL CONSUMO DE RESERVAS DE AGUA SUBTERRÁNEAS EN ESPAÑA; MINERÍA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN ESPAÑA*. Barcelona, España. Editorial Iniciativa Digital Politécnica, Oficina de Publicacions Acadèmiques Digitals de la UPC. Disponible: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/111272>

Decreto N° 3.219 (1999, 13 de enero). *Normas para la Calificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia*. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N°5.305.

Flores A. y Urdaneta S. (2018). *Análisis de la variación de los parámetros hidráulicos en el acuífero del municipio san diego, sector centro-B. Período 2018*. Universidad de Carabobo. Valencia. Venezuela.

Gámez, W. (2009). *Texto básico de hidrología*. Managua, Nicaragua. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/2464/1/np10g192.pdf>

González, J., Elías, G. (2019). *Gobernanza del agua y de los bosques en el ámbito climático mundial a partir de París 2015*. Disponible:

https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/60859353/a2019medamb_ArticulosGonzalezElias20191010-103176-1hislvx.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DGobernanza_del_agua_y_de_los_bosques_en.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-

[Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20191202%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20191202T045345Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=4726fa7eec03c23fa0b0222773c96d593a7e04dba539aa1cdac0e0dd186f9776](https://www.researchgate.net/publication/312475322_Seguridad_Hidrica_Retos_y_respuestas_Fase_VIII_del_Programa_Hidrologico_Internacional)

Guevara, E. y Cartaya, H. (2004). *Hidrología Ambiental*. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.

Google Earth (2019). *Ubicación de las Coordenadas de los pozos en Estudio*. San Diego, Carabobo.

Iglesias, A. y Villanueva, M. (1984). *Pozos Y Acuíferos. Técnicas De Evaluación Mediante Ensayos De Bombeo*. Madrid: IGME.

Iglesias, A. (2002). *Hidrogeología. Capítulo 5 De Ingeniería Geológica*, Editorial Madrid: Prentice May.

Jiménez, B. (2015). *Seguridad hídrica: retos y propuestas, la fase VIII del programa hidrológico internacional de la UNESCO (2014-2021)*. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/312475322_Seguridad_Hidrica_Retos_y_respuestas_Fase_VIII_del_Programa_Hidrologico_Internacional

Laboratorio Ambiental de Aragua (2019). *Resultados del Análisis Físico-Químico y Bacteriológico en la Confluencia de los Pozos Profundos en la Urbanización Tulipán*. San Diego, Carabobo.

López, P. (2013). *Interpretación de ensayos de bombeo en el Instituto Geológico Minero (IGME) en Granada*. Disponible en: <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/3317/Trabajo.pdf?sequence=1>

López, D. (2016). *MANUAL DE PRÁCTICAS PARA EL LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL*. Facultad de Ingeniería. Universidad de Carabobo. Publicaciones.

Márquez, A. M., Guevara, E., & Rey, D. (2018). Spatio-temporal Geostatistical Modeling of Hydrogeochemical Parameters in the San Diego Aquifer, Venezuela. *Journal of Remote Sensing GIS & Technology*, Volume 4 Issue 3. <http://matjournals.in/index.php/JORSGT/article/view/2799>

Martínez, Z. (2011). *Situación de los recursos hídricos en Venezuela*. Caracas: Asociación Venezolana para el Agua. Disponible: <http://files.aveagua1.webnode.com/200000315-b7fa0b8ee8/Situaci%C3%B3n%20de%20los%20Recursos%20H%C3%ADricos%20en%20Venezuela.pdf>

Monsalve, G. (1999). *Hidrología en la ingeniería*. Colombia. Grupo editor alfaomega.

Normas Sanitarias De Calidad Del Agua Potable. Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 36.395. Febrero 13, 1998. Disponible: <http://www.safeintl.com/descargas/NORMAS-SANITARIAS-DE-CALIDAD-DEL-AGUA-POTABLE.pdf>

Norma Venezolana COVENIN 2771-91, Aguas Naturales, Industriales y Residuales. Determinación de Dureza. Caracas, Venezuela. Disponible: <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/2771-91.pdf>

Novoa, R. y Rojas, F. (2018). *Evaluación de transmisibilidad en acuíferos semiconfinados en el municipio de Tuluá valle del cauca*. Trabajo especial de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.

Ordoñez, J. (2011). *Aguas Subterráneas- Acuíferos*. Lima, Perú. Sociedad Geográfica de Lima. Disponible en: https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/aguas_subterranas.pdf

Palma, M. y Vegas, D. (2016). *Estimación de parámetros hidráulicos del acuífero del municipio San Diego 2016: Zona Norte*. Estado Carabobo, Trabajo especial de grado, Universidad de Carabobo, Valencia.

Palacios, O., Escobar, B. (2016). *La sustentabilidad de la agricultura de riego ante la sobreexplotación de acuíferos*. Mexico: Tecnología y Ciencias del Agua. Disponible: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v7n2/2007-2422-tca-7-02-00005.pdf>

Pérez, W (2016). *Clasificación de acuíferos mediante la determinación de parámetros hidráulicos en el abanico aluvial de Ibagué Tolima*. Trabajo especial de grado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Sogamoso, Colombia.

Red de Organizaciones Ambientalistas no Gubernamentales de Venezuela (ARA). (2011). *Aportes para un diagnóstico de la problemática ambiental de Venezuela*. Disponible: <http://www.ciens.ucv.ve:8080/generador/sites/Ecologia%20II/archivos/AportesDiagnosticoAmbientaVenezuelaRedARA2011.pdf>

Rey, O. (2014). *El agua en un mundo de crisis*. La Habana: Centro de Investigaciones de Política Internacional. Disponible en: <http://biblioteca.clacso.edu.ar/Cuba/cipi/20180227122239/Art5.pdf>

Sanchez F. (2007). *Hidráulica de captaciones: Fundamentos*. Universidad de Salamanca. Disponible en: <http://hidrologia.usal.es/temas.html>

Seguí, L., Rodríguez, M., Urrea, M., Guerrero, H. (2019). *Wáter Stress. Gestión del agua, huella hídrica y economía circular*. Madrid: Business school. Disponible:

https://www.researchgate.net/profile/Michelle_Urrea_Vivas/publication/335001667_Water_Stress_Gestion_del_agua_huella_hidrica_y_economia_circular/links/5d49a428a6fdcc370a80c298/Water-Stress-Gestion-del-agua-huella-hidrica-y-economia-circular.pdf

Vélez, M. (1999). *Hidráulica de aguas subterráneas*. Medellín, Colombia. Disponible en:

https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/8387/Capitulos_1-5.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Villón, M. (2002). *Hidrología*. Cartago, Costa Rica. Editorial Maxsoft

ANEXO A

Mapa de Ubicación y Uso de los Pozos del Municipio San Diego, Edo.
Carabobo.

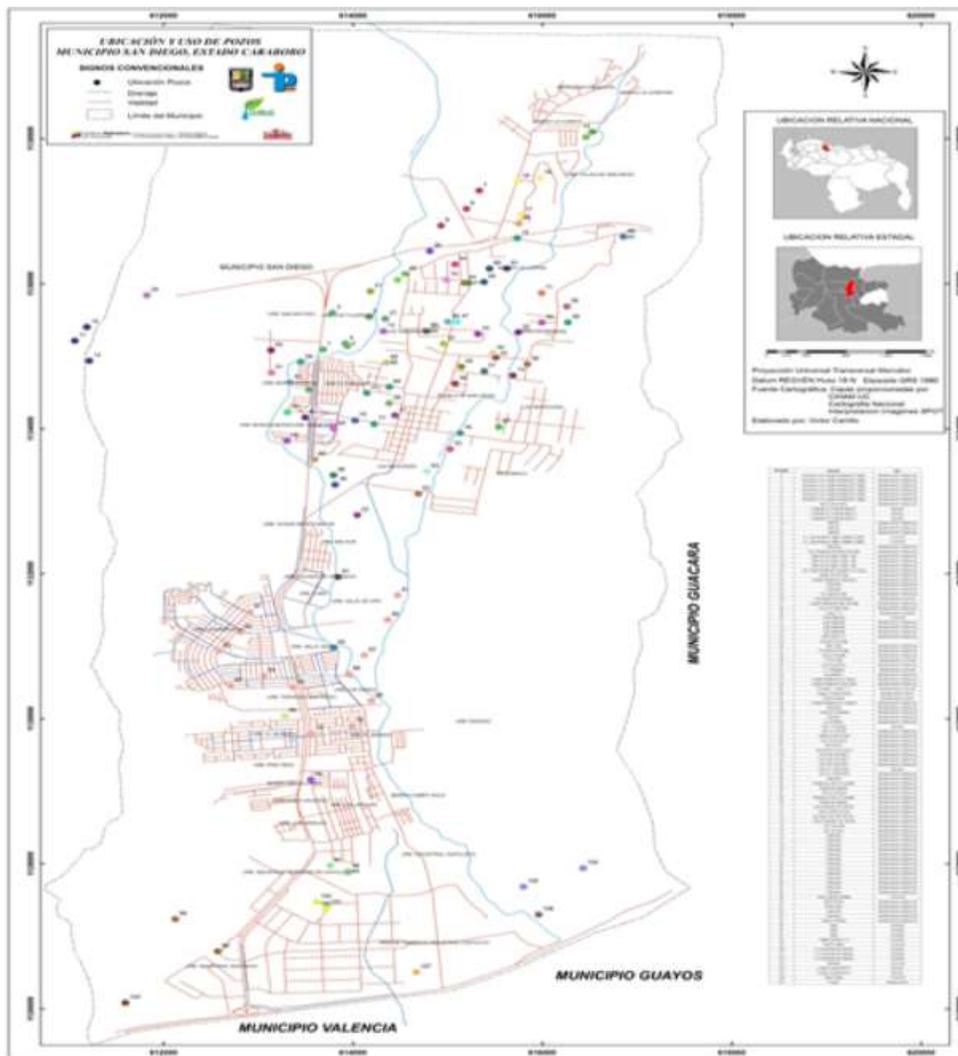


Figura 25. Mapa de Ubicación y Uso de los Pozos del Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fuente. Datos tomados de Carrillo (2015)

ANEXO B

Cartas Dirigidas al Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y Resultados de Análisis Físico-químicos y Bacteriológicos del Pozo Número dos (2), Coordenadas UTM: 613.688,47 E; 1.135.090,62N. Elevación: 473,91 m.s.n.m., Sector Norte-C, municipio San Diego, Edo. Carabobo y de su Tanque de Almacenamiento.

REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA EL ECOSOCIALISMO
CENTRO DE INVESTIGACIONES HIDROLÓGICAS Y AMBIENTALES (CIHAM UC)
UNIVERSIDAD CARABOBO

Barquisimeto, 22 de noviembre de 2018

CIHAM-UC-204-18

Ciudadano
Lic. Rosa María GB
Directora UTEC
Estado Carabobo
Presente.

Reciba un cordial saludo, mediante la presente me dirijo a usted para solicitar de su buen oficio el apoyo para la realización del trabajo especial de grado que desarrollaran los Dr. Eduardo García, C.I. 25.374.636, Manuel Cardenas, C.I. 25.785.918, Elio Cajas, C.I. 24.715.233, Frank Sanchez, C.I. 24.643.606, Eivara Brown, C.I. 20.523.997, Oscar Alvarado, C.I. 19.855.671 condecorado a título de Ingeniero Civil otorgado por la Universidad de Carabobo, siendo asesorados por la Dra. Adriana Márquez, como tutor académica. El Trabajo Especial de Grado se titula:

"ESTIMACION DE LOS PARAMETROS HIDRAULICOS EN EL ACUIFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO, SECTOR NORTE, PERIODO 2018-2019."

Así mismo, queremos expresar que deseamos trabajar en equipo con el personal del Ministerio de Ecosocialismo. En este sentido, solicitamos que se otorgue autorización en el apuro institucional para la realización de análisis físico-químicos y bacteriológicos de tres pozos del acuífero San Diego ubicados en el conjunto residencial Los Talleros. Estos pozos son administrados por la empresa pública HIDROCENTRO. Cabe destacar que el CIHAM UC contribuirá con un equipo para medir los niveles de los pozos, al menos una vez por semana durante el tiempo que se desarrolle el estudio. Se estima que el estudio abarque un periodo de dos meses. Una vez la información de calidad de agua con la derivada de variables hidráulicas será posible realizar el transporte y la transformación de los constituyentes en el acuífero, lo que permitirá proponer alternativas para regulación y uso sostenible del acuífero del Sector Norte, Municipio San Diego, Estado Carabobo.

Finalmente, una vez concluido el estudio me comprometo a suministrar el documento en texto y presentación en formato digital, correspondiendo al desarrollo del país en el área ecosocialista.

Agradeciéndole la atención y apoyo brindado, los saluda

Atentamente,






Adriana Márquez, Ing. MSc. Ph.D.
C.I. 12.604.067
Profesora de Ingeniería Civil y Ambiental
Jefe de Departamento de Ingeniería Ambiental
Coordinadora del Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales (CIHAM UC)
Universidad de Carabobo
Valencia, Venezuela
Tel: 58-241-8672829/8427929
Móvil: 58-414 4167856
E-mail: am Marquez@univcarabobo.edu.ve am Marquez@univcarabobo.edu.ve am Marquez@univcarabobo.edu.ve
Dirección Web: <http://www.univcarabobo.edu.ve>

Figura 26. Carta de Solicitud de Análisis Físico-Químico y Bacteriológico al Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo, Dirección Carabobo. Fuente . Datos tomados de CIHAM-UC.



Figura 27. Carta de Entrega de Análisis Físico-Químico y Bacteriológico.

Fuente. Datos tomados de MINEC.

RESULTADOS

SOLICITADO POR: ADRIANA MARQUEZ (COORDINADORA DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES HIDROLOGICAS Y AMBIENTALES- UNIVERSIDAD DE CARABOBO)
LUGAR DE CAPTACION: CONFLUENCIA DE POZOS PROFUNDOS (ANTES DE ENTRADA AL TANQUE)
MOTIVO ANALISIS: CALIDAD DEL AGUA
APARIENCIA DE LAS MUESTRAS: AGUA CRISTALINA
TIPO DE MUESTRA: SIMPLE
FECHA DE CAPTACION: 09/04/2019
DIRECCION: URB. EL TULIPAN, MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO.
OBSERVACIONES: AGUA INCOLORA E INODORA. MUESTRAS CAPTADAS POR LOS INTERESADOS PREVIA INDUCCION POR PERSONAL DEL LABORATORIO.

| CÓDIGO | PARAMETRO | UNIDAD | RESULTADOS | AGUA TIPO 1, SUB-TIPO 1A* | OBSERVACIÓN |
|-----------|---------------------------|------------------------|------------|-----------------------------|-------------|
| 2510-B | CONDUCTIVIDAD ELECTRICA | µS/cm | 222 | N.A | |
| 2130-B | TURBIEDAD | NTU | 0,69 | < 25 | CUMPLE |
| 2340-C | DUREZA TOTAL | mg/l CaCO ₃ | 69 | 500 | CUMPLE |
| 3500-D | DUREZA CALCICA | mg/l CaCO ₃ | 35 | N.A | |
| 3500-Mg-E | DUREZA MAGNESICA | mg/l CaCO ₃ | 34 | N.A | |
| 2320-B | ALCALINIDAD | mg/l CaCO ₃ | 103 | N.A | |
| 4500HB | pH | | 7,21 | 6,0 - 8,5 | CUMPLE |
| 2540-C | SOLIDOS TOTALES DISUELTOS | mg/L | 144 | 1.500 | CUMPLE |
| 4505-B | CLORURO | mg/L | 5,0 | 600 | CUMPLE |
| 4500-E | SULFATO | mg/L | 7,2 | 400 | CUMPLE |
| 4800-C | NITRITO (N) | mg/L | < 0,01 | | |
| 4500-C | NITRATO (N) | mg/L | 0,17 | Suma nitrato y nitrato = 10 | CUMPLE |
| 3500-D | CALCIO | mg/L | 14 | N.A | |
| 3500-E | MAGNESIO | mg/L | 8,4 | N.A | |
| 9221-B | COLIFORMES TOTALES | NMP/100 ml | 70 | < 2.000 | CUMPLE |
| 9221-C | COLIFORMES FECALES | NMP/100 ml | 45 | N.A | |

* Artículo 8. Decreto 3.219 de fecha 13/01/1999. Capítulo II. De la clasificación de las aguas. "Normas para la clasificación y el control de la calidad de las aguas de la cuenca del lago de Valencia", publicado en Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5.305 Extraordinario de fecha 01/02/1999.

N.A: No Aplica un valor en las normas.

Conclusión

La evaluación físico-química y bacteriológica realizada a las aguas captadas en la confluencia de los pozos profundos antes de la entrada al tanque en la parcela 31, localizada en la urbanización El Tulipán, municipio San Diego, estado Carabobo, indican que las mismas cumplen con los rangos máximos establecidos en el Artículo 8 del Decreto N° 3.219 de fecha 13/01/1999, publicado en Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5.305 Extraordinario de fecha 01/02/1999 el cual contiene las "Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia".

Los resultados aquí descritos, están sujetos a la discusión y recomendarlos en el momento en el oficina de entrega.

El laboratorio no realiza el muestreo, por lo tanto no certifica el origen de los datos de las muestras consignadas. Se prohíbe la reproducción parcial o total de los resultados aquí expuestos.

Analista:
Alfonso Vales
Luis Alajandro Vales

MCS Luisa Durán
MCS Luisa Durán



Figura 28. Análisis Físico-Químicos y Bacteriológicos, en la Tubería de Aducción en la Cual Confluyen los Pozos Número Dos (2) y Número Seis (6). Fuente. Datos tomados de MINEC.

ANEXO C

Planillas de Medición Definitivas



PLANILLA DE CONTROL DE MEDICIONES



17/2/2019

Pozo Número dos (2)

Ubicación: Comunidad Tulipán

Nivel estático (m.s.n.m): 451.32

| Estación | Tiempo (minutos) | Nivel Dinámico (m.s.n.m) | Caudal (litros/segundo) |
|---------------------|------------------|--------------------------|-------------------------|
| Full | 0 | 428.34 | 3,60 |
| 1 | 5 | - | |
| 2 | 10 | - | |
| 3 | 15 | - | |
| 4 | 20 | - | |
| Caudal medio | | | 3,60 |

Pozo de observación: Pozo número uno (1)

Ubicación: Comunidad Tulipán

Nivel estático (m.s.n.m): 421.89

Figura 29. Planillas de Medición de Fecha 17/2/2019. Fuente. Absalon y Bravo (2019)



PLANILLA DE CONTROL DE MEDICIONES



03/3/2019

Pozo Número dos (2)

Ubicación: Comunidad Tulipán

Nivel estático (m.s.n.m): 451.26

| Estación | Tiempo (minutos) | Nivel Dinámico (m.s.n.m) | Caudal (litros/segundo) |
|---------------------|------------------|--------------------------|-------------------------|
| Full | 0 | 429.15 | 3,69 |
| 1 | 5 | - | 3,62 |
| 2 | 10 | - | 3,36 |
| 3 | 15 | - | 3,32 |
| 4 | 20 | - | 3,21 |
| Caudal medio | | | 3,44 |

Pozo de observación: Pozo número uno (1)

Ubicación: Comunidad Tulipán

Nivel estático (m.s.n.m): 433,88

Figura 30. Planillas de Medición de Fecha 03/03/2019. Fuente. Absalón y Bravo (2019)