



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



**ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS HIDRAÚLICOS EN
EL ACUÍFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO, SECTOR NORTE – C, POZO
Nº6. COORD. LAT:10°15'42.4"N; LONG: 67°57'47.7"O, PERIODO 2018-
2019**

Autor(es):

Cejas, Elieth CI. 24.715.232

Sánchez, Franck CI. 24.643.606

Tutor(a):

Phd. Msc. Ing. Adriana Márquez

Valencia, Junio de 2019.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO
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°6." COORD. LAT:10°15'42,4"N; LONG:67°57'47,70, PERIODO 2018-2019"; realizado por los bachilleres: Elieth Cejas y Franck Sánchez, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Presidente del Jurado
Prof. Adriana Márquez

Miembro del Jurado
Prof. Bettys Farias

Miembro del Jurado
Prof. Gerardo Huguet

DEDICATORIA

A Dios en primer lugar por estar siempre conmigo, por bendecirme cada día obrando de manera inesperada para darme la fuerza y las herramientas para lograr mis metas.

A mi madre Lida Esperanza por ser un apoyo incondicional durante toda mi vida, por animarme siempre a continuar y a no decaer en los momentos difíciles, dándome la confianza necesaria con su amor y comprensión en la toma de mis decisiones.

A mi tío Benito de Jesús por su dedicación y empeño a lo largo de mi vida para ayudarme a obtener todos mis logros, estando presente en todo momento para aconsejarme y brindarme su apoyo.

A mi tía Betty Araujo por todos sus aportes en mi vida para ayudarme a progresar en mis objetivos y metas, a mi primo José Noguera por creer y confiar en mí, demostrándome su apoyo y enseñándome con el ejemplo a crecer como persona, al resto de mi familia por transmitirme todo su amor y orgullo, dándome ánimos para continuar adelante.

A mis amistades Darielys, Claudia, Stephany, David y Maidin por siempre estar conmigo animándome, llenándome de alegría, y alentándome con sus palabras y acciones cuanto más lo necesitaba.

A mi compañera de tesis Elieth quien es una persona extraordinaria, la cual me ha ayudado durante mi carrera y que con su dedicación, inteligencia, apoyo y responsabilidad ha sido fundamental en la realización de esta investigación.

Franck R. Sánchez A.

DEDICATORIA

Las metas son sueños que nos trazamos en la vida, los cuales cumplimos aunque muchas veces existan obstáculos que hagan el camino más complejo, sin embargo para lograr todo en la vida hay que seguir adelante con empeño y dedicación. Por esta razón, al haber logrado uno de mis más anhelados sueños quiero dedicarle este triunfo:

A Dios, por darme la sabiduría y la fortaleza espiritual para continuar hasta el final en este recorrido.

A mi Madre Mirian Rojas, por su apoyo incondicional, por los valores y principios inculcados en mi, por siempre brindarme confianza en que si pude con esto, podre con cualquier cosa que me proponga, por tus palabras de aliento en los momentos que creía no poder seguir, para ti va mi satisfacción, gracias mami mi triunfo es tuyo.

A mis hermanos Mairy y Juan, por soportarme, por saber ser paciente conmigo, por su ayuda y guía en esta etapa de mi vida, finalmente gracias por estar siempre a mi lado durante estos largos 7 años, los Amo.

A mi compañero Franck Sánchez, otra de las personas tan importante en la realización de este trabajo y durante este trayecto de nuestras vidas, quien ha sabido cómo llevarme hasta el último día, a ti gracias por tu apoyo, por tu paciencia, tu dedicación y por tu amistad incondicional.

A mi papa Juan Cejas, mis tías, abuela y demás familiares, por darme todo su amor y su apoyo para seguir en este camino.

Elíeth J. Cejas R.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios quien ha hecho que esta investigación fuese posible, guiándonos y bendiciéndonos durante esta etapa.

A nuestra tutora la Ing. Adriana Márquez ya que nos abrió las puertas para la realización de esta investigación, por todo su apoyo y ayuda durante este proceso, al compartir sus conocimientos y darnos la asesoría necesaria para realizar nuestro trabajo de grado.

A nuestros profesores, por brindarnos los conocimientos necesarios para nuestra formación como ingenieros Civiles y que gracias a su vocación y dedicación nos ha sido posible avanzar en este camino.

A la Universidad de Carabobo, porque a pesar de las adversidades somos afortunados de cursar nuestra carrera en esta casa de estudio una de las más importantes en nuestro país que además cuenta con profesionales excepcionales como profesores.

A nuestros compañeros Eduardo, Manuel, Roxana y Oscar quienes nos han acompañado en este proceso y nos han dado su ayuda oportuna, colaborando durante la realización de esta investigación.

*Elieth J. Cejas R.
Franck R. Sánchez A.*



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



ANALISIS DE LA VARIACION DE LOS PARAMETROS HIDRAULICOS EN EL ACUIFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO, SECTOR NORTE – C, POZO N° 6, COORD. LAT: 10°15'42.4"N; LONG: 67°57'47.7"O, PERIODO 2018-2019

Autor(es):

Cejas, Elieth CI. 24.715.232
Sánchez, Franck CI. 24.643.606

Tutor(a):

Phd. Msc. Ing. Adriana Márquez

RESUMEN

El propósito de este trabajo de investigación es Analizar la variación de los parámetros hidráulicos en el pozo N°6 ubicado en la Urb. Monteserino, en el acuífero del municipio San Diego, Sector Norte-C. Para ello se realizó una investigación bajo la modalidad de un estudio descriptivo e investigación de campo, lo cual permitió la información necesaria según los objetivos propuestos. La población estuvo conformada por el acuífero de la zona Norte C del municipio San Diego del Estado Carabobo, el cual cuenta con 17 pozos de agua subterránea, de la cual se tomo como muestra un pozo de observación y un pozo de bombeo. Se utilizo para la recolección de datos la observación directa y la recolección de información bibliográfica como técnicas, utilizando como instrumentos Software de geolocalización Google Earth, una Sonda de medición, un recipiente graduado y un cronometro. Para el análisis de los datos se usó el método de Theis, el cual permite obtener un punto de ajuste y una función auxiliar a través de un gráfico patrón, con esto se pudo obtener los parámetros hidráulicos a partir de las ecuaciones $E_c(2)$ y $E_c(4)$, los resultados obtenidos evidenciaron que luego de realizar el ensayo de caudal variable en el pozo de bombeo, se pudo observar que éste no está siendo sobreexplotado, porque su capacidad de recarga está por encima del volumen de agua extraído ya que entre los meses de octubre y diciembre del 2018 se observó un aumento en el nivel estático y dinámico, de igual manera el gasto de la comunidad tampoco es considerado de gran importancia para decir que está siendo sobreexplotado.

Palabras Clave: Variación, Parámetros Hidráulicos, Acuífero.

INDICE

DEDICATORIA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN	V
INDICE	VI
INDICE DE FIGURAS	IX
INDICE DE TABLAS	XI
INTRODUCCIÓN	13
CAPITULO I	15
EL PROBLEMA	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
Objetivo General	17
Objetivo Específicos.....	17
JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
ALCANCE Y LIMITACIONES.....	20
CAPITULO II	21
MARCO TEORICO	21
ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
MARCO REFERENCIAL.....	23
BASES TEORICAS.....	23
Acuífero Confinado.....	24

Acuífero parcialmente confinado.....	25
Acuífero no confinado	25
Método de Theis.	26
Parámetros hidráulicos.....	30
Transmisividad (T).....	30
Coeficiente de almacenamiento (S).	32
Parámetros físico químico.....	32
Color:.....	33
Olor:	33
Sabor:.....	33
Turbidez:	33
Temperatura:.....	33
Conductividad:	33
Acidez:	34
pH:.....	34
Alcalinidad:.....	34
Sólidos disueltos:	34
Sólidos suspendidos:	34
Dureza total:.....	34
Dureza permanente.....	34
BASES LEGALES	35
DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	37
CAPITULO III	38
MARCO METODOLOGICO	38

NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	39
DISEÑO DE LA INVESTIGACION	39
POBLACION Y MUESTRA	40
INSTRUMENTOS DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	41
TÉCNICAS DE PROCESAMIENTOS Y ANÁLISIS DE DATOS..	43
FASES DE LA INVESTIGACIÓN	44
CAPITULO IV	49
ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	49
Resultados de la identificación de los pozos de agua subterráneas en el sector Norte C del municipio San Diego, Edo. Carabobo.	49
Resultados de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua proveniente del pozo de bombeo #6 de la Urb. El Tulipan, sector Norte C del municipio San Diego, Edo. Carabobo.....	50
Resultados de los parámetros hidráulicos del acuífero del sector Norte C del municipio San Diego, Edo. Carabobo.....	58
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	67
CAPITULO V	69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
CONCLUSIONES.....	69
RECOMENDACIONES	71
ANEXOS	72
BIBLIOGRAFÍA	77

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Tipos de acuíferos según la presión hidrostática.	26
FIGURA 2. Cono de descensos y superficies en un acuífero confinado (A) y no confinado (B)	27
FIGURA 3. Curva patrón de Theis.	29
FIGURA 4. Representación de ensayo de bombeo del acuífero en régimen permanente.	30
FIGURA 5. Software de geolocalización Google Earth.	42
FIGURA 6. Sonda de Medición.	42
FIGURA 7. Recipiente graduado.	43
FIGURA 8. Cronómetro.	43
FIGURA 9. Medición de nivel Estático y Dinámico.	45
FIGURA 10. Medición del Caudal con tobo graduado.	46
FIGURA 11. Envases suministrados por el laboratorio para la toma de muestras.	47
FIGURA 12. Localización de los pozos mediante Google Earh.	50
FIGURA 13. Comparación de los resultados del análisis de turbiedad y pH del pozo de bombeo #6 con los valores máximos de la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N°36.395 “Normas Sanitarias de la calidad del agua potable”	54
FIGURA 14. Comparación de los resultados del análisis de sólidos disueltos totales y dureza total del pozo de bombeo #6 con los valores máximos de la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N°36.395 “Normas Sanitarias de la calidad del agua potable”.	55
FIGURA 15. Comparación de los resultados del análisis de sólidos disueltos totales y dureza total del pozo de bombeo #6 con los valores máximos de la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N°36.395 “Normas Sanitarias de la calidad del agua potable”.	55

FIGURA 16. Comparación de los resultados del análisis de nitrato del pozo de bombeo #6 con el valor máximo de la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N°36.395 “Normas Sanitarias de la calidad del agua potable”.	56
FIGURA 17. Comparación de los resultados del análisis de nitrito del pozo de bombeo #6 con el valor máximo de la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N°36.395 “Normas Sanitarias de la calidad del agua potable”.	57
FIGURA 18. Resultados del nivel estático del pozo #6 (bombeo) coordenadas UTM 613.536,88E; 1.134.540,80N. Elevación 471 msnm. San Diego Edo. Carabobo.	59
FIGURA 19. Resultados del nivel dinámico del pozo #6 (bombeo) coordenadas UTM 613.536,88E; 1.134.540,80N. Elevación 471 msnm. San Diego Edo. Carabobo.	59
FIGURA 20. Resultados del nivel estático del pozo #2 (observación) Coordenadas UTM 613.688,40 E; 1.135.089,70 N. Elevación 473 msnm. San Diego, Edo. Carabobo.	60
FIGURA 21. Caudal vs Tiempo del pozo #6 (bombeo) coordenadas UTM 613.536,88E; 1.134.540,80N. Elevación 471 msnm. San Diego Edo. Carabobo.	63
FIGURA 22. Descenso vs Tiempo del pozo #6 (bombeo) coordenadas UTM 613.536,88E; 1.134.540,80N. Elevación 471 msnm. San Diego Edo. Carabobo.	63
FIGURA 23. Coincidencia de los puntos Descenso vs r^2/t con el gráfico patrón.	65

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. Valores de (W_u) para diferentes u.....	28
TABLA 2. Clasificación de la transmisividad.....	31
TABLA 3. Valores de permeabilidad representativos para varios tipos demateriales.	31
TABLA 4. Valores del Coeficiente de almacenamiento según la clasificación del acuífero.....	32
TABLA 5. Coordenadas de los pozos.....	41
TABLA 6. Identificación geográfica del pozo de bombeo y de observación de la zona Norte C, San Diego, Edo. Carabobo.	49
TABLA 7. Resultados del análisis de los parámetrosfísico-químico y bacteriológico del pozo de bombeo #6 de la Urb. El Tulipan sector Norte C del municipio San Diego. Edo. Carabobo.	51
TABLA 8. Componentes relativos a la calidad organolépticas del agua potable.	53
TABLA 9. Componentes inorgánicos.....	56
TABLA 10. Clasificación de las aguas según su dureza.	58
TABLA 11. Resultados de nivel estático, nivel dinámico y caudal del pozo #6 (bombeo) coordenadas UTM 613.536,88E; 1.134.540,80N. Elevación 471 msnm. San Diego Edo. Carabobo.	60
TABLA 12. Resultado del nivel estático del pozo #2 coordenadas UTM 613.688,40 E; 1.135.089,70 N. Elevación 473 msnm. San Diego, Edo. Carabobo.	61
TABLA 13. Resultados de las mediciones de tiempo, volumen y valores de caudal obtenido.....	61
TABLA 14. Valores de tiempo y descenso obtenidos mediante el ensayo de bombeo.	62
TABLA 15. Distancia entre los pozos y valores de descenso y coeficiente r^2/t en función del tiempo.	64

TABLA 16. Parámetros obtenidos a través de la superposición de graficas. 66

TABLA 17. Resultados de Transmisividad y Coeficiente de almacenamiento (parámetros hidráulicos) del pozo #6 (bombeo) coordenadas UTM 613.536,88E; 1.134.540,80N. Elevación 471 msnm. San Diego Edo. Carabobo. 66

INTRODUCCIÓN

El agua es parte de un conjunto de sistemas dinámicos y complejos que constituyen al ciclo hidrológico en la hidrosfera, tales como océanos, aguas subterráneas, lagos, glaciares y ríos; así como también forma parte de la atmósfera, litosfera y biosfera. En el caso particular de las aguas subterráneas, estas se han venido utilizando con más incremento debido al agotamiento de fuentes superficiales, por lo que se estima que gran parte de la población a nivel mundial depende de ellas como fuente de agua potable.

En este sentido Venezuela es considerado un país con abundantes recursos hídricos, que abarcan importantes reservas de aguas subterráneas, que hasta ahora no ha sido posible cuantificar su totalidad, pero que por el acelerado crecimiento demográfico, así como también agrícola, comercial e industrial, ha conllevado a un aumento importante en la explotación y consumo de dichas aguas, como es el caso de los acuíferos que son utilizados como una fuente de abastecimiento de agua, por lo que algunas instituciones han realizados estudios en cuanto a parámetros hidráulicos se refiere, con el fin de determinar su capacidad y así poder aprovecharlos.

En atención a lo anteriormente señalado, se ha realizado esta investigación, con el fin de Analizar la variación de los parámetros hidráulicos en el acuífero de San Diego, Sector Norte-C., Valencia edo. Carabobo, para conocer el estado en que se encuentran y así poder determinar si están aptos para cubrir la demanda de las comunidades de dicha zona, ya que se ve influenciada por industrias y nuevos urbanismos por lo que se considera necesario asegurar el suministro de agua.

Para abordar la investigación se estructuró en cinco etapas o momentos que son de vital importancia para alcanzar el objetivo propuesto.

En el capítulo I, se plantea el contexto que se relaciona con el tema elegido como objeto de estudio, así como también, los objetivos, la justificación de la investigación, su alcance y limitaciones.

En el capítulo II, se señalan todos los elementos que componen el marco teórico, tales como: los antecedentes de la investigación, así como también el marco referencial, las bases teóricas, bases legales, que juntamente con la definición de términos fundamentan la investigación.

En el capítulo III, se detalla todo lo relativo al Marco Metodológico, constituido por el nivel y el diseño de investigación, la población y muestra a investigar, los instrumentos de recolección de datos, las técnicas de procesamiento y análisis, así como también las fases de la investigación.

En el capítulo IV se determinan los resultados y discusión a través de la metodología aplicada.

Por último, en el Capítulo V se exponen las conclusiones y recomendaciones en base a las experiencias obtenidas con la mayor objetividad posible, garantizando una investigación de calidad.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El estudio de los parámetros hidráulicos permite determinar las características de los acuíferos, de esta manera, se puede conocer la capacidad que tienen para poder ser explotados de una forma sostenible, además se puede optimizar el recurso para evitar el agotamiento debido a la sobreexplotación del mismo.

Una de las fundaciones que realiza el estudio de las aguas subterráneas a nivel mundial es IGRAC (International Ground water Resources Assessment Center), la cual se encarga de producir los conocimientos necesarios a través del monitoreo periódico, tanto para conocer la calidad del agua como para su explotación.

La necesidad de realizar el estudio de los parámetros hidráulicos viene dada por el creciente uso de las fuentes de agua subterráneas en los últimos años, debido a que en algunos lugares no se cuentan con fuentes de aguas superficiales para el abastecimiento y en otros, estas fuentes son insuficientes para satisfacer la demanda de la población, la agricultura y la industria.

2,5 billones de personas en el mundo dependen exclusivamente de los recursos de agua subterránea para satisfacer sus necesidades diarias de agua y cientos de millones de agricultores dependen del agua subterránea para mantener sus medios de subsistencia y contribuir a la seguridad alimentaria de numerosas otras personas. ([1]UNESCO, 2012).[1]

“El estado actual del conocimiento de los volúmenes de las aguas subterráneas, no permite definir la mejor manera de aprovecharlas. Se desconocen las necesidades y posibilidades del potencial de los recursos hídricos subterráneos.” ([2]FAO, 2015).^[2]

En el caso de Venezuela, el ministerio del Poder Popular para Ecosocialismo y Aguas (MINEA) se encarga de realizar la inspección de los acuíferos para determinar tanto los parámetros físicos y químicos del agua como los parámetros hidráulicos, sin embargo, también se han llevado a cabo investigaciones lideradas por las universidades como es el caso de la Universidad Experimental Francisco de Miranda (Unefm), la Universidad Bolivariana de Venezuela (UBV) y el instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) quienes realizaron el estudio de los parámetros hidráulicos para la activación de pozos en la península de Paraguaná, estado Falcón.

Otro ente encargado del estudio de las aguas subterráneas es el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) el cual está adscrito a MINEA, y prestan apoyo técnico en la exploración de acuíferos para su aprovechamiento.

El sistema de abastecimiento en el municipio San Diego del estado Carabobo, corresponde al acueducto Regional del Centro, I etapa – Río la Cumaca y a pozos profundos, en cuanto al sector Norte – C, este cuenta con gran influencia industrial además del gran crecimiento demográfico debido a la construcción de nuevos urbanismos, tal es el caso de la urbanización “El Tulipán”, la cual cuenta con un sistema de abastecimiento proveniente de dos pozos profundos.

Los recursos hídricos superficiales no proveen los volúmenes de agua necesarios, esto ha generado la necesidad de utilizar fuentes subterráneas

convirtiendo la explotación de los acuíferos como la mejor alternativa, es por esto por lo que se debe realizar el análisis de los parámetros hidráulicos del pozo ubicado en la Urb Montaserino, para conocer el estado en que se encuentra y determinar si está apto para cubrir la demanda de la urbanización El Tulipán en la zona Norte-C del municipio San Diego, la cual es abastecida mediante esta fuente de almacenamiento subterránea.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Basándose en los planteamientos antes mencionados, se pretende realizar un análisis de la variación de los parámetros hidráulicos en el pozo #6, Urb. Montaserino, municipio San Diego, para ello se establecen las siguientes interrogantes como punto de referencia para el desarrollo de la investigación: ¿Cuál será la variación de los parámetros hidráulicos en el pozo #6, Urb. Montaserino, municipio San Diego? ¿Cómo se podrán seleccionar los pozos para el análisis de parámetros físico-químicos e hidráulicos? ¿Cuál será el resultado de los parámetros físico-químicos del agua proveniente del acuífero?

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General

Analizar la variación de los parámetros hidráulicos en el pozo #6, ubicado en la Urb. Montaserino, municipio San Diego, edo. Carabobo.

Objetivo Específicos

1. Identificar geográficamente el pozo #6, ubicado la urb. Montaserino, San Diego, Estado Carabobo.
2. Describir los parámetros físico-químicos del agua proveniente del pozo #6, ubicado en la Urb. Montaserino, municipio San Diego, edo. Carabobo.

3. Determinar los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento del acuífero perteneciente al pozo #6, ubicado en la Urb. Montaserino, municipio San Diego, edo. Carabobo, de acuerdo con los resultados obtenidos en los ensayos.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Por la parte técnica brindará información acerca de la calidad del agua proveniente del acuífero a través de los parámetros físico-químicos, de esta manera, se podrá determinar si cumple con los valores requeridos para su utilización como agua potable comparándolos con las “Normas sanitarias de calidad del agua potable (Gaceta N°36.395)”, o si debe realizarse un tratamiento previo a su utilización, por otra parte, los parámetros hidráulicos podrán servir de apoyo para que la explotación del acuífero se realice de una manera sostenible.

En cuanto a lo académico esta investigación aportará los conocimientos teóricos necesarios para determinar los parámetros físico-químicos en un acuífero mediante el análisis de muestras provenientes del mismo, así como también para obtener los parámetros hidráulicos a través ensayos de bombeo.

En lo social, debido a que la urbanización “El Tulipán” depende en su totalidad de las fuentes de aguas subterráneas, este estudio permitirá que el recurso hídrico pueda ser aprovechado por la población para el uso residencial, de manera prolongada, por lo que también será aprovechado por generaciones futuras a través de la explotación sostenible.

Esto resulta beneficioso para los habitantes de la urbanización “El Tulipán” ya que, se evitan enfermedades causadas por condiciones precarias de higiene debido a la falta de agua.

Por otra parte, se determinará la potabilidad del recurso mediante el análisis de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua proveniente del acuífero, con esto se garantiza que la población no sea perjudicada por enfermedades a corto o a largo plazo debido al consumo de agua con una

calidad que no cumpla con la normativa vigente establecida en la Gaceta N°36.395.

ALCANCE Y LIMITACIONES

El alcance de esta investigación comprende la estimación de dos (2) parámetros hidráulicos, los cuales son: transmisividad y coeficiente de almacenamiento, así como también la obtención de las propiedades físico-químicas del pozo perteneciente al acuífero del sector Norte-C del municipio San Diego, estado Carabobo.

Por otra parte, las limitaciones que se pudieron presentar fueron la trabazón de la sonda en el orificio del pozo, así como también la ausencia de energía eléctrica a causa de apagones ocurridos los días de las mediciones.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Vegas y Palma (2016), en su trabajo especial de grado titulado “Estimación de los parámetros hidráulicos del acuífero del municipio San Diego 2016 Zona Norte Estado Carabobo” Se propuso como objetivo estimar los parámetros hidráulicos del acuífero del municipio San Diego. Para cumplir con este objetivo se seleccionaron dos pozos de la población, uno ubicado en Villas de San Diego Country Club y el segundo en el sector del conjunto residencial “El Tulipán”. Se llevaron a cabo tres fases. En la Fase III se estimaron los parámetros hidráulicos específicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento haciendo uso de los mismos instrumentos de la fase II y adicionalmente para su debido calculo, utilizaron el método de Theis.

La investigación se tipifico como no experimental descriptiva. Obteniendo así con la metodología aplicada mediante estas tres fases antes mencionada valores de transmisividad clasificado como bajo y con respecto al coeficiente de almacenamiento se consideró que el acuífero es un acuífero no confinado. Esta investigación constituye un aporte de gran relevancia al trabajo de grado, dado que brindó los conocimientos para la estimación de la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento a través del método de Theis.

Torrealba, R (2016), en su trabajo especial de grado “Evaluación hidrogeoquímica y geofísica de las aguas subterráneas del acuífero licua, municipio Crespo, Edo. Lara.” Realiza la evaluación hidrogeoquímica y

geofísicas de las aguas subterráneas correspondiente al acuífero Licua, para ello realizo una toma de 9 muestras de pozos para determinar las concentraciones de las especies químicas que afectan la calidad del agua, de igual manera midió los parámetros de PH, conductividad y temperatura con la finalidad de determinar si cumplen con la normativa, por lo que el aporte de este trabajo de grado viene dado por los conocimientos teóricos para la evaluación de los parámetros fisicoquímicos del agua.

Por otro lado Aguirre, J (2018), con su investigación titulada “Caracterización hidrogeológica del acuífero de Camaná, Sector San Gregorio”, Perú; Se basa en informaciones o datos primarios, obtenidos directamente de la realidad identificando la investigación como un diseño de campo experimental, el estudio hace énfasis en el análisis geológico, geofísico, e hidrogeológico de la zona del valle de la ciudad de Camaná, distrito de San Gregorio, para el cual estableció una caracterización del modelo hidrogeológico, que comprende el comportamiento del acuífero, con ayuda de la prospección geofísica. En este mismo orden de ideas, se lograron identificar tres horizontes geo-eléctricos mediante método de sondajes eléctricos verticales, con información de la geología local y el área de estudio se corroboró la presencia de rocas sedimentarias, e ígneas clasificando la unidad estratigráfica perteneciente al acuífero de origen aluvial, compuesto por materiales depositados de grano fino. Esta investigación aportó orientaciones acerca de las pruebas de bombeo para la obtención de los parámetros hidráulicos obtenidos en campo como lo son: la transmisividad, la conductividad hidráulica horizontal y el coeficiente de almacenamiento.

Sánchez y Pérez (2018), en su trabajo de grado “Evaluación de transmisibilidad en acuíferos semiconfinados en el municipio de Tuluá Valle del Cauca” estimaron valores de transmisividad para los acuíferos con datos suministrados por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

(CVC) a través del método de Theis y el método de Jacob. En este sentido, la clasificación de los acuíferos varió en algunos casos según el método utilizado, sin embargo, los valores de transmisividad no variaron en gran medida y estuvieron entre media, alta y muy alta, finalmente, su investigación concluyo que el uso que se le puede dar a los pozos en estudio varía desde riego en época de sequía hasta el uso industrial y residencial.

Esta investigación fue de mucha utilidad debido a que aportó conocimientos para la obtención de la transmisividad a través del método de Theis en acuíferos confinados.

MARCO REFERENCIAL

El municipio San Diego está ubicado al Nor-Este de la ciudad de Valencia, y es uno de los 14 municipios que conforman al estado Carabobo, formando el área metropolitana de Valencia, sus límites son:

- Norte: Municipio Puerto Cabello.
- Sur: Municipio Los Guayos, Municipio Valencia.
- Este: Municipio Guacara.
- Oeste: Municipio Naguanagua, Municipio Valencia.

El desarrollo del municipio ha permitido el crecimiento poblacional y la creación de urbanismos entre los cuales se menciona la urbanización “El Tulipán”.

BASES TEORICAS

El cimiento teórico de esta investigación radica en el estudio de las aguas subterráneas la cual está representada por toda aquella porción de

agua que se encuentra por debajo de la superficie del suelo ejemplo de esta los acuíferos.

Según Guevara, Cartaya (2004:232) definen a los acuíferos como un estrato del suelo que contiene y conduce agua. Puede ser no confinado, o confinado por dos estratos impermeables. [3]

Por otro lado, Hispagua (Sistema español de información sobre el agua), sostiene que los acuíferos pueden clasificarse atendiendo a diversos criterios:

- Según las características litológicas: detríticos, carbonatados.
- Según el tipo de huecos: poroso, kárstico, fisurado.
- Según la presión hidrostática: libres, confinados y semiconfinados.

Esta investigación estuvo enfocada más a los acuíferos según la presión hidrostática que se definirán a continuación y además se estarán describiendo los aspectos más importantes para determinar las características y propiedades de los mismos.

Acuífero Confinado.

Un acuífero confinado, también llamado acuífero artesiano, está comprendido entre dos estratos impermeables del suelo, donde el flujo es horizontal. En este caso, el agua del acuífero está sometida a una presión de confinamiento la cual es la suma de la presión hidrostática más la presión litostática de la capa impermeable (y el resto del terreno suprayacente si lo hubiera) más la presión atmosférica. Aunque el acuífero permanezca confinado en gran parte de su extensión, es habitual que en alguna parte entre en contacto con la superficie, convirtiéndose en un acuífero libre, es en esta zona donde el acuífero obtiene la mayor parte de su recarga, generalmente por la infiltración de la lluvia.

Acuífero parcialmente confinado.

Son más frecuentes que los acuíferos confinados, pudiendo afirmar que se trata de acuíferos a presión, pero en algunas de las capas confinantes son semipermeables, por lo tanto, es posible la infiltración vertical muy lenta a través de las capas semipermeables.

Si el acuífero semiconfinado tiene una gran extensión, la cantidad de agua proveniente de la infiltración de la capa semipermeable resulta en un volumen de agua no despreciable.

Acuífero no confinado.

También llamados acuíferos libres o freáticos, son aquellos en los que existe una superficie libre y real del agua almacenada que está en contacto con el aire y la presión atmosférica, a esta superficie se le conoce como superficie freática, cuando esta superficie es cortada por un pozo se habla de nivel freático en ese punto. Entre la superficie del terreno y el nivel freático se encuentra la zona no saturada.

La superficie freática no constituye el límite entre la zona totalmente saturada y la zona parcialmente saturada, por encima de la superficie freática se sitúa una porción de terreno en la cual los poros están ocupados en su totalidad de agua (saturados) sin embargo, están a una presión menor a la atmosférica, esta zona se le conoce como zona o franja capilar y no pertenece al acuífero libre.



FIGURA 1. Tipos de acuíferos según la presión hidrostática.

(*) Si la capa suprayacente es semipermeable, entonces el acuífero es semiconfinado.

Fuente: Spooner, A.M. Environmental Science: Groundwater.

Método de Theis.

Cuando se bombea un caudal constante desde un acuífero el nivel de agua que ocupaba un plano horizontal después del inicio del bombeo pasa a ser una superficie cónica en torno al pozo denominada cono de descenso. En un acuífero libre, es la superficie freática la que toma la forma de cono de descenso. En cambio, si lo que se bombea es un acuífero confinado o semiconfinado, al iniciar el bombeo es la superficie piezométrica la que forma el cono de descensos.

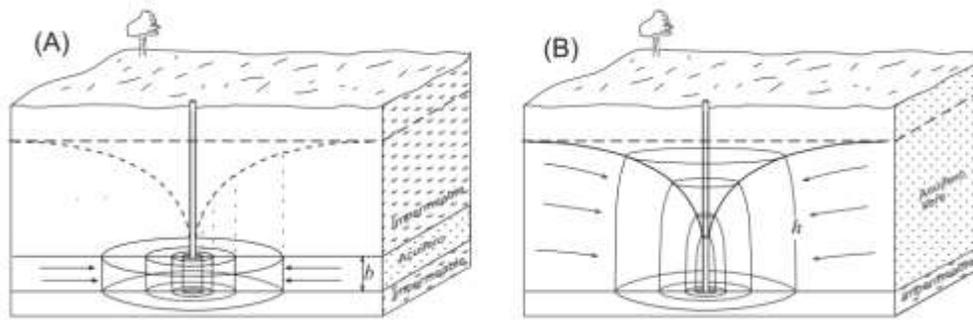


FIGURA 2. Cono de descensos y superficies en un acuífero confinado (A) y no confinado (B)

Fuente: Sánchez, F.J. Hidráulica de captaciones: Fundamentos.

En este sentido, La primera expresión matemática que refleja la forma del cono de descenso en régimen variable se debe a Theis, que en 1935 la elaboro a partir de la similitud entre el flujo del agua y el flujo de calor, estudiando el flujo radial del calor en una placa. La ecuación que describe el régimen variable formulada por Theis se expresa como sigue:

$$h_0 - h = \left(\frac{Q}{4\pi T} \right) W(u) \quad \text{Ec(1)}$$

Despejando T de la Ec(1)

$$T = \left[\frac{Q}{4\pi (h_0 - h)} \right] W(u) \quad \text{Ec(2)}$$

Donde:

$h_0 - h$: Abatimiento(m)

Q: Descarga (m^3/s)

T: Coeficiente de Transmisividad ($\text{m}^3/\text{día}/\text{m}$)

W(u): Función del pozo.

En la TABLA 1, se dan valores de W(u) para diferentes magnitudes de u, sin embargo, W(u) viene dada por la siguiente ecuación:

$$u = \left[\frac{S}{4T} \right] \frac{r^2}{t} \quad \text{Ec(3)}$$

Despejando S de la Ec(3)

$$S = \frac{4uTt}{r^2} \quad \text{Ec(4)}$$

Donde:

r: Distancia desde el pozo hasta el piezómetro de observación. (m)

t: Tiempo desde que se inicia el bombeo.(día)

S: Coeficiente de almacenamiento.

T: Transmisividad

TABLA 1. Valores de (Wu) para diferentes u.

u	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
X1	0,219	0,019	0,013	0,0038	0,0011	0,00036	0,00012	0,000038	0,00
X10 ⁻¹	1,82	1,22	0,91	0,70	0,56	0,45	0,37	0,31	0,20
X10 ⁻²	4,04	3,35	2,96	2,68	2,47	2,30	2,15	2,03	1,93
X10 ⁻³	6,33	5,64	5,23	4,95	4,73	4,54	4,39	4,26	4,14
X10 ⁻⁴	8,63	4,94	7,53	7,25	7,02	6,84	6,69	6,55	6,44
X10 ⁻⁵	10,94	10,24	10,84	9,55	9,33	9,14	8,99	8,86	8,74
X10 ⁻⁶	13,24	12,55	12,14	11,85	11,63	11,45	11,29	11,16	11,01
X10 ⁻⁷	15,54	14,85	14,44	14,15	13,93	13,75	13,60	13,46	13,44
X10 ⁻⁸	17,84	17,15	16,74	16,46	16,23	16,05	15,90	15,76	15,65
X10 ⁻⁹	19,15	19,45	19,05	18,76	18,54	18,35	18,20	18,07	17,95
X10 ⁻¹⁰	22,45	24,76	21,35	21,06	20,84	20,66	20,50	20,37	20,25
X10 ⁻¹¹	24,75	24,06	23,65	23,36	23,14	22,96	22,81	22,67	22,55
X10 ⁻¹²	27,05	26,36	25,96	25,67	25,44	25,26	25,11	24,97	24,83
X10 ⁻¹³	29,36	28,66	28,26	27,97	27,75	27,56	27,41	27,28	27,16
X10 ⁻¹⁴	31,66	30,97	30,56	30,27	30,05	29,87	29,71	29,58	29,43
X10 ⁻¹⁵	30,96	33,27	32,86	32,58	32,35	32,17	32,02	31,88	31,73

Fuente: Guevara y Cartaya (2004). Hidrología: Una introducción a la ciencia hidrológica aplicada.

Debido a que no es posible solucionar directamente la ecuación, Theis realizó un gráfico patrón para obtener los parámetros de r^2 , t y r^2/t . Luego se

hace coincidir la curva $\text{Log}[W(u)]$ vs $\text{Log}(l/u)$ con alguna de las siguientes curvas:

- Representación $\text{Log}(s)$ vs $\text{Log}(r^2/t)$.
- Representación $\text{Log}(s)$ vs $\text{Log}(t)$.
- Representación $\text{Log}(s)$ vs $\text{Log}(r^2)$.

Finalmente se obtiene los parámetros hidráulicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento a través de las ecuaciones: $E_c(2)$ y $E_c(4)$

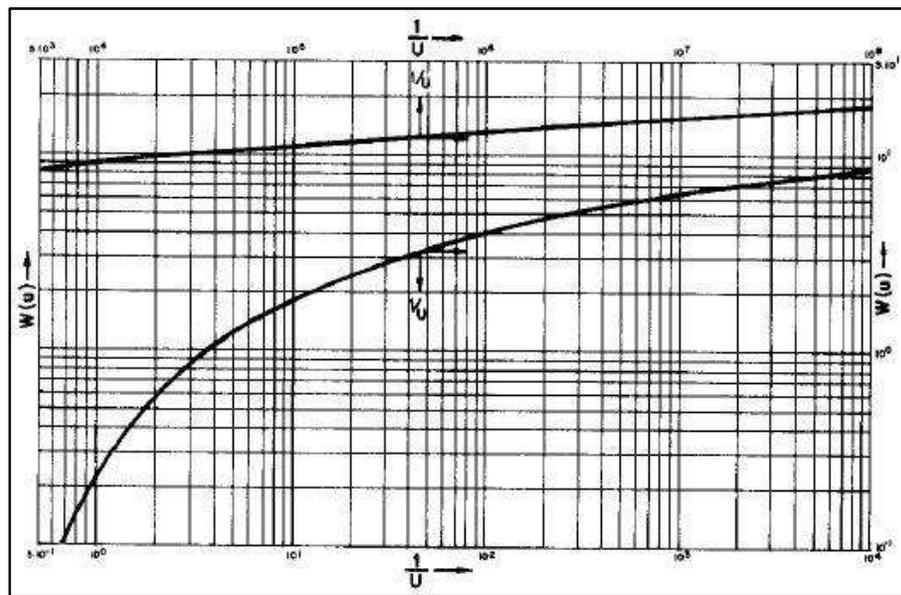


FIGURA 3. Curva patrón de Theis.

Fuente: Benítez (1963).

En general, un bombeo de ensayo es un bombeo realizado para medir los parámetros hidráulicos del acuífero, en el caso del régimen permanente solo la Transmisividad. En la FIGURA 4 se presenta un esquema que representa este caso de régimen permanente, donde al iniciar el bombeo la altura piezométrica conforma un plano horizontal al nivel h_0 y comienza a abatirse más rápidamente en las cercanías del pozo, y menos marcada a medida que se aleja del pozo.

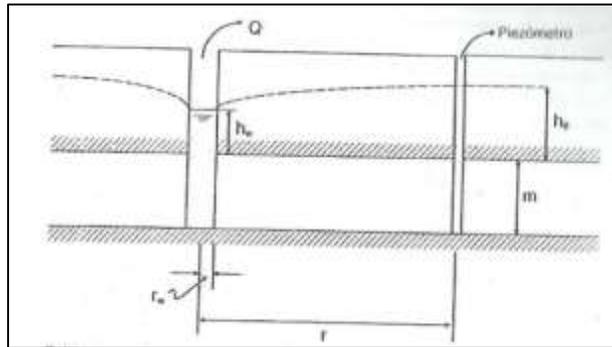


FIGURA 4. Representación de ensayo de bombeo del acuífero en régimen permanente.

Fuente: Guevara y Cartaya (2004). Hidrología: Una introducción a la ciencia hidrológica aplicada.

Parámetros hidráulicos.

Para poder conocer y cuantificar el movimiento del agua en el acuífero, se definen parámetros fundamentales siendo los más estudiados la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento, los cuales se obtendrán mediante el método de Theis antes ya descrito. Existen otros métodos como el de Jacob y Cooper que, no es más que la simplificación de la fórmula de Theis empleada para el cálculo de descensos en régimen variable.

Transmisividad (T).

A partir del método de Theis podemos definir el coeficiente de transmisividad como la representación de la capacidad del medio acuífero para transmitir agua a toda su altura, es decir el caudal que atraviesa una faja de base unitaria y altura del acuífero. En otras palabras, viene a ser el producto de la permeabilidad K y el espesor de acuífero h . Esta se puede clasificar según el valor obtenido como se muestra en la TABLA 2, en la TABLA 3 se muestran valores representativos de la permeabilidad K .

$$T = K * h \quad \text{Ec(5)}$$

Dónde:

T = Coeficiente de Transmisividad. (m²/día)

K = Permeabilidad. (m/día)

h = Espesor del acuífero. (m)

TABLA 2. Clasificación de la transmisividad

TRANSMISIVIDAD T	
T (M²/DÍA)	CLASIFICACIÓN ESTIMADA
T < 10	Muy Baja
10 < T < 100	Baja
100 < T < 500	Media
500 < T < 1000	Alta
T > 1000	Muy Alta

Fuente: Benítez (1992) Captación de Aguas Subterráneas.

TABLA 3. Valores de permeabilidad representativos para varios tipos demateriales.

TIPO DE MATERIAL	PERMEABILIDAD K m/s (x10⁻⁶)
Arcilla	0.00046 – 0.914
Arena	45.7 – 1432
Grava	457 – 7000
Grava y Arena	91.4 – 2438
Piedra Arenosa	0.046 – 24.4
Fosiles (Shale)	4.6x10 ⁻⁶ – 0.040

Fuente: Guevara y Cartaya (2004). Hidrología: Una introducción a la ciencia hidrológica aplicada.

Coeficiente de almacenamiento (S).

El coeficiente de almacenamiento es el volumen de agua descargada por un prisma vertical de base unitaria y altura del acuífero, cuando desciende una unidad de longitud de altura piezométrica. Dicho de otra manera, está relacionado con la compresibilidad del sistema y se puede considerar como el agua removida de una columna vertical de un metro cuadrado en el acuífero, cuando la altura de presión se hace descender en 1m.

$$S = \frac{V}{A} \quad \text{Ec(6)}$$

Dónde:

S = Coeficiente de almacenamiento.

V = Volumen de agua.

A = Base – Altura piezométrica.

TABLA 4. Valores del Coeficiente de almacenamiento según la clasificación del acuífero.

COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO (S)	
ACUÍFEROS LIBRES (POROSIDAD EFICAZ) 0,3 A 0 A 0,01 (3X10 ⁻¹ A 1X10 ⁻²)	El agua proviene del vaciado de los poros.
ACUÍFEROS SEMICONFINADOS (COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO = 10 ⁻³ A 10 ⁻⁴)	El agua proviene de la descompresión y de los rezumes de las capas confinantes.
ACUÍFEROS CONFINADOS (COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO = 10 ⁻⁴ A 10 ⁻⁵)	El agua proviene de la descompresión.

Fuente: Sánchez, F. J. (2007). Hidrogeología: Conceptos Fundamentales.

Parámetros físico químico.

Las características físicas como químicas del agua vienen determinadas por factores del medio ambiente en el que se encuentre como por ejemplo: el clima, la estructura del suelo, vegetación, las actividades humanas entre otras. La importancia de conocer las variables del agua tanto física como químicas radican en el hecho de que tanto pueden alterar la calidad del agua es por esto que a continuación se definen conceptos de las principales características presentes del agua:

Color: Es la tonalidad del agua debido a la apariencia de las sustancias disueltas y suspendidas. Siempre que hay color la calidad es deficiente ya que el agua se considera incolora.

Olor: El olor puede ser un indicativo de contaminación de diversos tipos. El agua es inodora por lo tanto los olores del agua pueden ser por: productos químicos indeseables, materia orgánica en descomposición, bacterias etc.

Sabor: El agua potable debe tener un sabor débil y agradable. Las aguas muy puras son menos agradables, debido a que tienen menos minerales, los cloruros dan sabor salobre, el magnesio lo produce amargo, el aluminio sabor terroso, salvo el sabor debido a minerales que es fácilmente apreciable, el resto son indicadores de contaminación.

Turbidez: Es causada por el material suspendido en el agua (limos, arcillas, materia orgánica, etc.). Es una expresión de la propiedad óptica que causa la dispersión y absorción de la luz más que la transmisión en línea recta cuando pasa a través de la muestra.

Temperatura: Es una de la constante física que tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos fenómenos que se realizan en el seno del agua.

Conductividad: Es la habilidad de una solución para conducir electricidad. Pequeñas partículas cargadas eléctricamente, llamadas iones, pueden llevar una corriente eléctrica a través de soluciones de agua. Estos

iones provienen principalmente de los ácidos y sales de la solución de fuente. Entre más concentrado de solución de fuente sea añadido al agua, el número de iones se incrementa, junto con la conductividad.

Acidez: Es la capacidad cuantitativa de un agua para reaccionar con una base fuerte hasta un pH determinado.

pH: Es una unidad de medida de alcalinidad de iones de hidrogeno que contiene una solución determinada. El registro del pH en las aguas puede ser de tipo natural o artificial, puede variar entre 4.5 y 8.5 e incluye el valor de 5.6 del pH del agua de lluvia en equilibrio con el CO₂ atmosférico.

Alcalinidad: Es la capacidad que tiene el agua para neutralizar un acido fuerte. Se considera un indicativo de contenido de carbonato, bicarbonato e hidróxido en el agua.

Sólidos disueltos: Es la porción de sólidos más pequeña que no pueden ser removidos por un filtro tradicional, es básicamente la suma de todos los minerales, metales, y sales disueltos en el agua.

Sólidos suspendidos: Es la porción de sólidos que es retenida por un filtro tradicional. La presencia de sólidos en suspensión incrementa la turbidez del agua y la de los sólidos disueltos. Estos sólidos en suspensión producen el color aparente en las aguas y disminuyen el paso de radiación solar

Dureza total: Es la característica del agua impartida principalmente por sales de calcio y magnesio, donde ambas están expresadas como carbonatos de calcio.

Dureza temporal: Se produce por carbonatos y puede ser eliminada al hervir el agua o por la adición de cal (hidróxido de calcio)

Dureza permanente: Esta dureza no puede ser eliminada al hervir el agua, es usualmente causada por la presencia del sulfato de calcio y magnesio o cloruros en el agua, los cuales son más solubles mientras sube la temperatura. También es llamada “dureza de no carbonato”.

Según la clasificación de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se define como agua blanda la que presenta concentraciones inferiores a 60 mg/L de carbonato de calcio (CaCO₃), medianamente dura entre 61 y 120 mg/L, dura entre 121 y 180 mg/L y muy dura aquella con valores superiores a 180 mg/L. El calcio se disuelve prácticamente de todas las rocas, por lo tanto, se detecta en todas las aguas.

Toro et al. (2002). "El análisis global de los parámetros físico-químicos de los ríos estudiados permite una clasificación de los mismos en función de su variación espacial y temporal. Desde el punto de vista espacial se observa como la naturaleza del substrato de las cuencas determina marcadamente la composición química de las aguas y su reacción ante posibles alteraciones de las mismas. En general, hay una serie de parámetros como son el oxígeno disuelto, el amonio, los fosfatos y, en menor medida, la conductividad, que reflejan más fielmente las estaciones sometidas a impactos o alteraciones de la calidad del agua. Por el contrario, otras variables como el pH, alcalinidad, cloruros y sulfatos, y los nitratos, guardan una relación más directa con las condiciones naturales de las cuencas, viéndose menos alterados por los cambios en la calidad del agua".

[4]

BASES LEGALES

Las bases legales de esta investigación están representadas por la Ley de Aguas (2007) publicada en la Gaceta Oficial N° 35.595, donde en el artículo N°3 establece lo siguiente:

La gestión integral de las aguas comprende, entre otras, el conjunto de actividades de índole técnica, científica, económica, financiera, institucional, gerencial, jurídica y operativa, dirigidas a la conservación y aprovechamiento del agua en beneficio colectivo, considerando las aguas en todas sus formas y los, ecosistemas naturales asociados, las cuencas hidrográficas que las contienen, los actores e intereses de los usuarios o usuarias, los diferentes niveles territoriales de gobierno y la política ambiental, de ordenación del territorio y de desarrollo socioeconómico del país.

En el artículo anteriormente mencionado se establece la conexión de esta investigación con la gestión integral de las aguas ya que se realizará una actividad técnica con la finalidad del aprovechamiento colectivo del acuífero.

Por otra parte, las normativas legales de las actividades relacionadas con la inspección de pozos están expuestas en la Gaceta Oficial N°41.377.

Artículo 21. Los usuarios y usuarias de los aprovechamientos están en el deber de evitar cualquier tipo de contaminación en la etapa de operación o aprovechamiento de las aguas subterráneas. El Ministerio que ejerza la Autoridad Nacional de las Aguas podrá hacer observaciones y exigir cambios sobre las condiciones del aprovechamiento a los usuarios y usuarias, con la finalidad de evitar la contaminación de las aguas subterráneas.

Lo anterior confirma la responsabilidad que se debe tener en el uso de las aguas subterráneas para evitar la contaminación, por lo que es necesario determinar la calidad del agua obtenida del acuífero, lo cual es una de las actividades que se realizará en esta investigación.

En cuanto a los requisitos para que el agua sea considerada potable, se encuentran en la Gaceta Oficial N°36.395 “Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable”.

Artículo 16. El agua que se suministre como potable deberá someterse a mediciones sistemáticas para la evaluación de los parámetros microbiológicos, organolépticos, físicos, químicos y radiactivos en muestras representativas del sistema de abastecimiento con la frecuencia que establecen estas Normas.

En este artículo se destaca la responsabilidad de realizar mediciones acerca de los parámetros físico-químicos del agua para asegurar su potabilidad.

Adicionalmente, el Decreto N°3.219 “Normas para la Clasificación y el Control de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia” establece:

Artículo 1. Este Decreto establece la clasificación de las aguas de Lago de Valencia y sus tributarios las normas para el control de la calidad de los vertidos a ellos descargados.

En este artículo se destaca la necesidad de clasificar el agua para determinar su calidad y tener un control sobre el vertido de esta hacia el Lago de Valencia.

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

Bombeo: es el tipo de ensayo que se realiza para medir los descensos y calcular los parámetros del acuífero.

Caudal: cantidad de agua que lleva una corriente o que fluye de un manantial o fuente.

Nivel dinámico: cuando se inicia el bombeo el nivel del agua comienza a bajar según la rapidez de bombeo hasta que después de un tiempo el nivel se detiene, la rapidez de llenado del pozo se equilibra con la del bombeo y esta nueva profundidad o punto es el nivel dinámico.

Nivel estático: es el nivel en que se encuentra el agua cuando no se ha iniciado extracción de agua.

Nivel freático: lugar geométrico de puntos del suelo en los que la presión de agua es igual a la atmosférica. Corresponde además al lugar geométrico de los niveles que alcanza la superficie del agua en los pozos de observación en comunicación libre con los huecos del suelo.

Nivel piezométrico: es la altura que alcanza el agua en un tubo vertical o piezómetro en un punto determinado.

Parámetros hidráulicos: son las características que definen la posibilidad de explotación de los acuíferos.

Permeabilidad: es el flujo de agua que atraviesa una sección unitaria del acuífero.

Pozo: Hoyo profundo que se hace en tierra, especialmente para sacar agua procedente de manantiales subterráneos.

Zona de saturación: Es la zona donde todos los espacios libres del sedimento y la roca están completamente llenos de agua.

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

El marco metodológico permite describir de una manera detallada y concisa las actividades que se realizarán para cumplir con los objetivos generales y específicos. Al respecto Balestrini, M (2006) dice:

El marco metodológico es la instancia referida a los métodos, las diversas reglas, registros, técnicas, y protocolos con los cuales una Teoría y su método calculan magnitudes de lo real. De allí pues, que deberán plantear el conjunto de operaciones técnicas que se incorporan en el despliegue de la investigación en el proceso de la obtención de datos. (p. 126).^[5]

De esta manera y basado en los objetivos que se propone la presente investigación se proporcionara al lector una información detallada acerca de cómo se realizara la investigación.

NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

En cuanto al nivel de diseño de la presente investigación, el estudio corresponde a una investigación descriptiva, donde Grajales, T (2000) manifiesta: “Los estudios descriptivos buscan desarrollar una imagen o fiel representación (descripción) del fenómeno estudiado partir de sus características.” De esta manera, la descripción intenta narrar el fenómeno en estudio de manera que resulte lo más completa posible, reflejando la realidad de las formas más legítimas.

DISEÑO DE LA INVESTIGACION

Según, Balestrini (2006):

El diseño de campo permite establecer una interacción entre los objetivos y la realidad de la situación de campo; observar y recolectar los datos directamente de la realidad, en su situación natural... proporcionándole al investigador una lectura más rica en cuanto al conocimiento del objeto en estudio.(P. 132).^[6]

De acuerdo a los planteamientos realizados con antelación y en base al objetivo de la presente investigación, el diseño de la misma está orientado a una investigación de campo no experimental, ya que los datos fueron extraídos directamente del lugar donde se desarrolla la investigación, haciendo uso de los instrumentos necesarios, sin manipular las variables y tratándolas como se presentan.

POBLACION Y MUESTRA

Partiendo del concepto de población emitido por Balestrini, M (2006: 137) quien la define desde el punto de vista estadístico como: “Cualquier conjunto de elementos de los cuales pretendemos indagar y conocer sus características, o una de ellas, y para el cual serán válidas las conclusiones obtenidas en la investigación”.

La población que será objeto de estudio será de tipo finita, la cual es aquella que tiene un número de integrantes conocidos. Por lo tanto, la población de esta investigación estará conformada por el acuífero de la zona Norte C del municipio San Diego del Estado Carabobo, el cual cuenta con 17 pozos de agua subterránea.

De la misma manera la muestra se define como una parte o un subconjunto representativo de una población dada, ahora de acuerdo con esto, la muestra de la presente investigación está conformada por un pozo de

observación y un pozo de bombeo pertenecientes a la zona Norte C del municipio San Diego los cuales se ven reflejadas sus coordenadas en la tabla 5.

TABLA 5.Coordenadas de los pozos.

UBICACIÓN	MONTESERINO POZO #6	EL TULIPAN POZO #2
TIPO DE POZO	POZO DE BOMBEO	POZO DE OBSERVACION
COORDENADAS	613.536,88 E 1.134.540,80 N	613.688,40 E 1.135.089,70 N
ELEVACION	471m.s.n.m	473 m.s.n.m

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

INSTRUMENTOS DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS.

“En general los instrumentos constituyen la vía mediante la cual es posible aplicar una determinada técnica de recolección de información”.
Hurtado, J. (2000).^[7]

En esta investigación se emplearon los siguientes instrumentos para la recolección de datos:

- Software de geolocalización Google Earth: Se utiliza para determinar las distancias entre los pozos analizados.

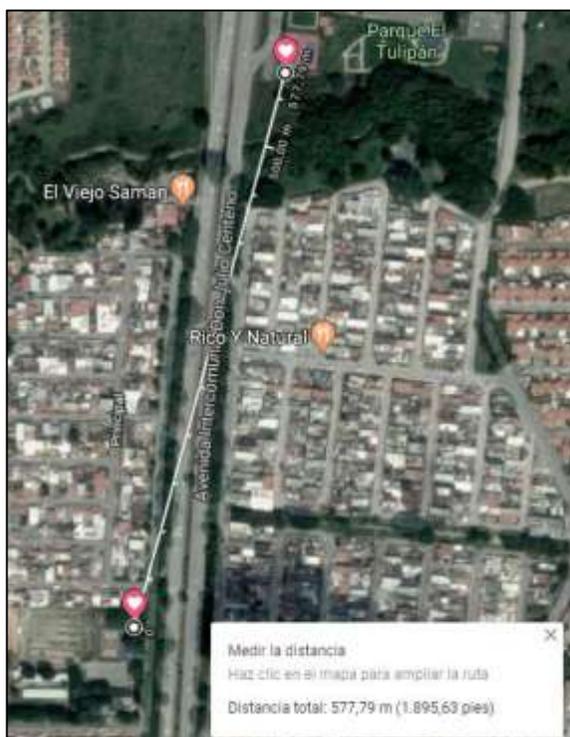


FIGURA 5. Software de geolocalización Google Earth.

Fuente: Google Earth.

- Sonda de medición: Se utiliza para medir el nivel estático y dinámico del pozo.



FIGURA 6. Sonda de Medición.

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

- Recipiente graduado: Se utiliza para medir el volumen de agua.



FIGURA 7. Recipiente graduado.

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

- Cronómetro: Se utiliza para tomar el tiempo que tarda en llenarse el recipiente graduado.



FIGURA 8. Cronómetro.

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

TÉCNICAS DE PROCESAMIENTOS Y ANÁLISIS DE DATOS.

Una de las técnicas utilizada es la observación directa, donde Farsi Giuliana (2007:99), dice: “El investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación”.

Dentro de este marco se realizó estudio visual, en el sitio, el cual aporó los primeros datos mediante tabulación, con esto, se organizaron y presentaron las mediciones hechas, tales como: Distancia entre los pozos, nivel estático del pozo, volumen del recipiente y tiempo empleado en llenarse.

Así como también se utilizó la técnica de recolección de información bibliográfica por medio de libros, vía digital, entre otros, dando así mayor confiabilidad y soporte teórico al estudio realizado.

Para el análisis de los datos se hizo uso del método de Theis, el cual permite obtener un punto de ajuste y una función auxiliar a través de un gráfico patrón, con esto se pueden obtener los parámetros hidráulicos a partir de las ecuaciones $E_c(2)$ y $E_c(4)$ mencionadas en el Capítulo II.

FASES DE LA INVESTIGACIÓN

Fase I. Identificación de los pozos de agua subterráneas en el sector Norte C del municipio San Diego.

En esta fase se procedió a la identificación de los pozos en la zona y la selección de la muestra, para esto se coordinó la visita con el personal encargado de los pozos en la Urb. El Tulipán de San Diego, una vez en el sitio se procedió a la localización de los pozos en estudio mediante el software Google Earth, obteniendo así las coordenadas de los mismos ya antes reflejadas en la Tabla 5.

Para la aplicación de la fórmula de Theis, es necesario encontrar la distancia “r” que va desde el pozo de observación hasta el pozo de bombeo, esto se hará con la ayuda del software Google Earth. La distancia obtenida fue de 577.79m.

Fase II. Toma de muestras, Mediciones y recolección de datos de los pozos en el sector Norte C del municipio San Diego.

En esta etapa, se le dio inicio a la medición de los niveles estático y dinámico de los pozos en estudio haciendo uso de la sonda de medición, de la cual se introducía el sensor por un orificio del pozo hasta tocar la superficie del agua y se tomaba nota del nivel dinámico ya que es con bombeo, para tomar el nivel estático se debía dejar de bombear el agua del pozo por un determinado tiempo y así tomar nota del nivel del agua de la misma manera ya antes descrita.



FIGURA 9.Medición de nivel Estático y Dinámico.

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

Por otro lado, se realizó la medición de caudal en el pozo de bombeo mediante el ensayo de caudal variable que se llevó acabo dando apertura a la llave de paso hasta llenar un tobo graduado de 8 litros, Para esto, se cerró con anticipación el paso del agua hacia el urbanismo para evitar una

sobrepresión en las tuberías que pudiera ocasionar obstrucción en el sistema y así medir el nivel estático, luego se tomó el tiempo en que el tobo tardaba en llenarse con la llave abierta a su máximo caudal y disminuyendo progresivamente la apertura de la llave, se tabuló una medición de tiempo cada vez que se cerraba la llave y luego calcular el caudal, esto se realizó cada 5 minutos y finalmente con esto obtener un promedio del caudal y de esta manera obtener un resultado más preciso y con menos margen de error.



FIGURA 10.Medición del Caudal con tobo graduado.

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

Finalmente, se tomaron las muestras para el análisis físico-químico y bacteriológico del agua. Para esto se abrió la llave de descarga siguiendo el mismo procedimiento anterior para evitar la obstrucción de las tuberías, así pues, se tomo la muestra del pozo de bombeo en un envase plástico y otro de vidrio que fueron suministrados por el laboratorio, los cuales se llevaron para el análisis.



FIGURA 11. Envases suministrados por el laboratorio para la toma de muestras.

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

Fase III. Determinación de los parámetros hidráulicos de Transmisividad y coeficiente de Almacenamiento de los pozos del sector Norte C del Municipio San Diego.

Ahora bien, para finalizar las etapas de la investigación se **determinan** los parámetros hidráulicos del acuífero los cuales forman parte del último objetivo y no menos importante de esta investigación. Cabe considerar que, para la obtención de estos, en esta fase se requieren los datos del pozo de observación y los datos del pozo de bombeo tales como: las coordenadas, niveles del agua, caudal, distancia entre los pozos, elevación y profundidad.

1. Con los datos tabulados y obtenidos en las fases anteriores, se plantea entonces el cálculo del coeficiente r^2/t , con los cuales se realizará la gráfica de la función del pozo.

2. Luego, con la gráfica del pozo y la gráfica del método de Theis se superponen a fin de hacer coincidir los puntos de las medidas en campo con la curva patrón, pudiendo desplazar las gráficas y además evitando ser rotadas para así conseguir el valor del punto de ajuste $W(U)$.
3. Después de superponer y conseguir el punto de ajuste $W(U)$ y la función auxiliar $1/U$, se procede al cálculo del coeficiente de transmisividad haciendo uso de la Ec(2).

$$T = \left[\frac{Q}{4\pi (h_0 - h)} \right] W(u) \quad \text{Ec(7)}$$

4. Una vez obtenido el coeficiente de transmisividad se calcula el coeficiente de almacenamiento mediante la Ec(4).

$$S = \frac{4uTt}{r^2} \quad \text{Ec(8)}$$

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y RESULTADOS

Resultados de la identificación de los pozos de agua subterráneas en el sector Norte C del municipio San Diego, Edo. Carabobo.

Luego de elegir el pozo que será utilizado para obtener los datos de caudal estático y dinámico mediante el bombeo y el pozo que será utilizado como observación del nivel estático, se obtuvieron las coordenadas geográficas UTM a través del software Google Earth, así como también la distancia entre los pozos la cual es de 577,79m como se observa en la TABLA 6.

TABLA 6. Identificación geográfica del pozo de bombeo y de observación de la zona Norte C, San Diego, Edo. Carabobo.

TIPO DE POZO	COORDENADAS					DISTANCIA (m)
	X	Y	Z	LATITUD	LONGITUD	
Bombeo (#6)	613536,88	1134540,80	471	10°15'42.4"N	67°57'47.7"O	577,79
Observación (#2)	613688,40	1135089,70	473	10°16'00.3"N	67°57'42.7"O	

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

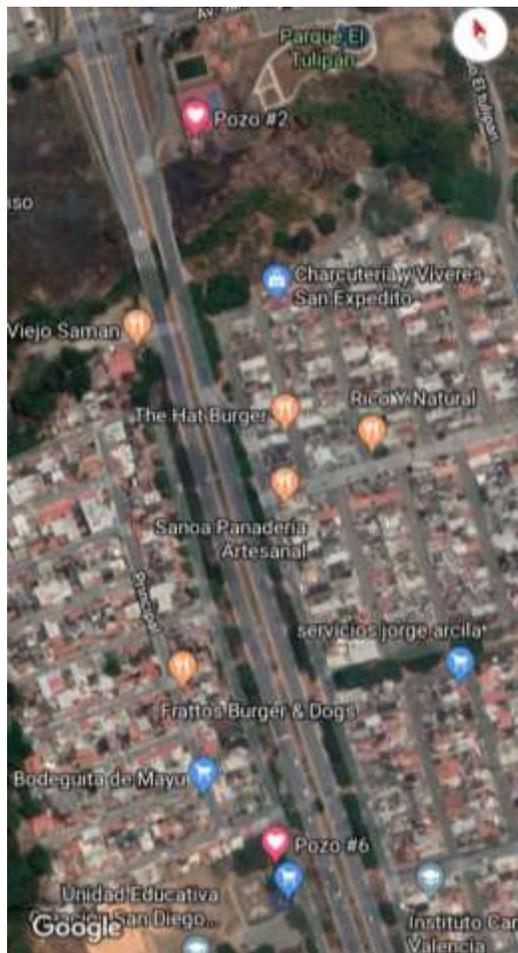


FIGURA 12. Localización de los pozos mediante Google Earth.

Resultados de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua proveniente del pozo de bombeo #6 de la Urb. El Tulipán, sector Norte C del municipio San Diego, Edo. Carabobo.

El análisis físico-químico y bacteriológico fue realizado por el Laboratorio Ambiental Aragua perteneciente a la Unidad Territorial Ecosocialista Aragua, los resultados obtenidos de cada parámetro se compararon con los rangos máximos que permite el artículo 8 del Decreto N°3.219 publicado en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N°5.305, el cual contiene las “Normas para la Clasificación y el Control de las Aguas de

la Cuenca del Lago de Valencia”. De este análisis se obtuvo que la muestra de agua representativa del pozo tiene una dureza total de 86 mg/l CaCO₃, un pH de 6,93 y la cantidad de sólidos disueltos totales es de 166 mg/l como se puede apreciar en la Tabla 7.

TABLA 7. Resultados del análisis de los parámetros físico-químico y bacteriológico del pozo de bombeo #6 de la Urb. El Tulipán sector Norte C del municipio San Diego. Edo. Carabobo.

CÓDIGO	PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS	AGUA TIPO 1A	OBSERVACIÓN
2510-B	Conductividad Eléctrica	µS/cm	255	N.A
2130-B	Turbiedad	NTU	0,69	< 25	Cumple
2340-C	Dureza Total	mg/l CaCO ₃	86	500	Cumple
3500-D	Dureza Cálcica	mg/l CaCO ₃	36	N.A
3500- mG-E	Dureza Magnésica	mg/l CaCO ₃	50	N.A
2320-B	Alcalinidad	mg/l CaCO ₃	101	N.A
4500HB	pH		6,93	6,0-8,5	Cumple
2540-C	Sólidos Totales Disueltos	mg/l	166	1.500	Cumple
4500-B	Cloruro	mg/l	8,0	600	Cumple
4500-E	Sulfato	mg/l	13	400	Cumple
4500-C	Nitrito (N)	mg/l	< 0,01		
4500-C	Nitrato (N)	mg/l	< 0,1	Suma nitrito y nitrato <10	Cumple
3500-D	Calcio	mg/l	14	N.A
3500-D	Magnesio	mg/l	12	N.A
9221-B	Coliformes Totales	NMP/100 ml	< 1,8	< 2.000	Cumple
9221-C	Coliformes Fecales	NMP/100 ml	< 1,8	N.A

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

Por otra parte, también se deben comparar los resultados con los valores máximos establecidos en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N°36.395 “Normas Sanitarias de la Calidad del Agua Potable” artículo N°14, para asegurar que los componentes o características del agua no representen un riesgo para la salud de la comunidad o inconvenientes para la preservación en los sistemas del almacenamiento, dicha norma toma en cuenta componentes organolépticos tales como la turbiedad, el olor o sabor, los sólidos disueltos totales la dureza, el pH y el cloruro como se muestra en la Tabla 8, así como también los nitritos y nitratos que constituyen los componentes inorgánicos mostrados en la Tabla 9.

TABLA 8. Componentes relativos a la calidad organolépticos del agua potable.

COMPONENTE O CARACTERÍSTICA	UNIDAD	VALOR DESEABLE MENOR A	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE (a)
Turbiedad	UNT (c)	1	5 (10)
Olor o Sabor	-	Aceptable para la mayoría de los consumidores	-
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	600	1000
Dureza Total	mg/l CaCO ₃	250	500
pH	-	6,5-8,5	9,0
Cloruro	mg/l	250	300

Fuente: Gaceta Oficial de la República de Venezuela N°36.395 “Normas Sanitarias de la Calidad del Agua Potable”

(a) Los valores entre paréntesis son aceptados provisionalmente en casos excepcionales, debidamente justificados a la autoridad sanitaria.

(c) UNT: Unidades Nefelométricas de Turbiedad.

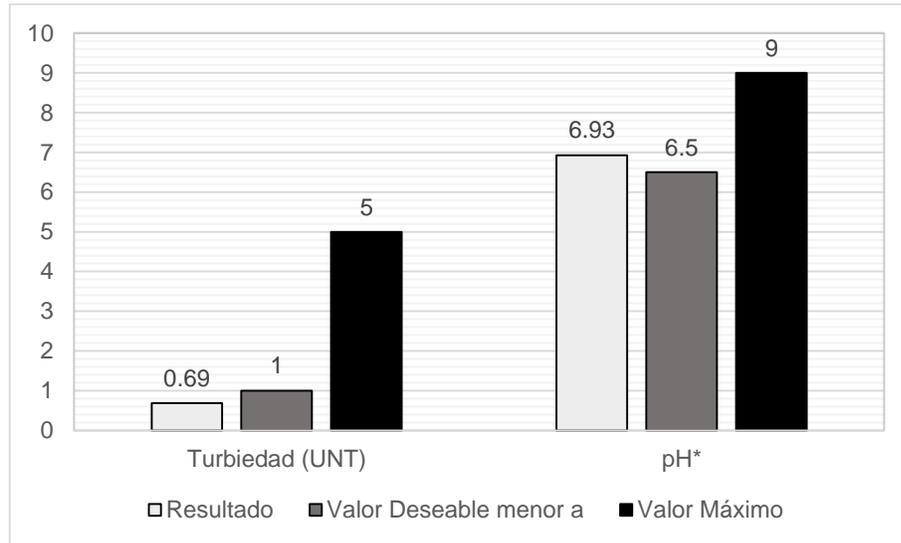


FIGURA 13. Comparación de los resultados del análisis de turbiedad y pH del pozo de bombeo #6 con los valores máximos de la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N°36.395 “Normas Sanitarias de la calidad del agua potable”.

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

* El rango de pH según el valor deseable es de 6,5 a 8,5.

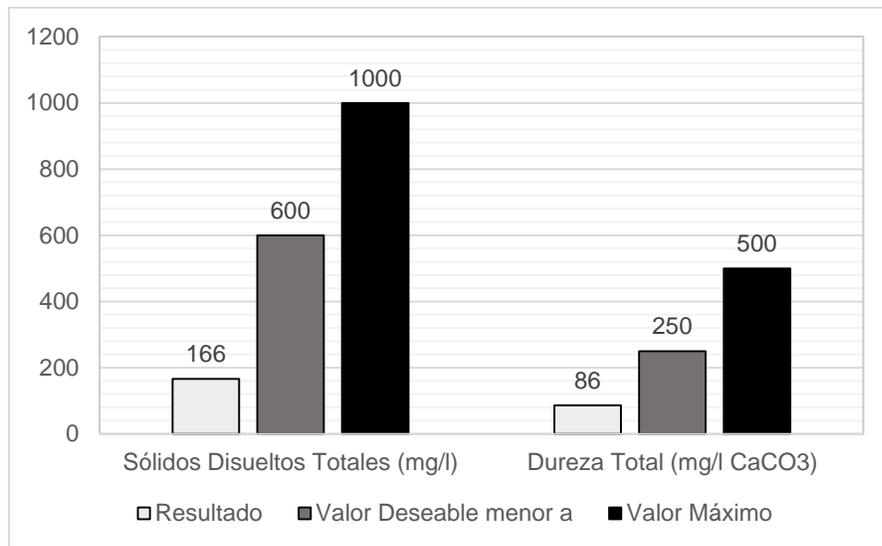


FIGURA 14. Comparación de los resultados del análisis de sólidos disueltos totales y dureza total del pozo de bombeo #6 con los valores máximos de la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N°36.395 “Normas Sanitarias de la calidad del agua potable”.

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

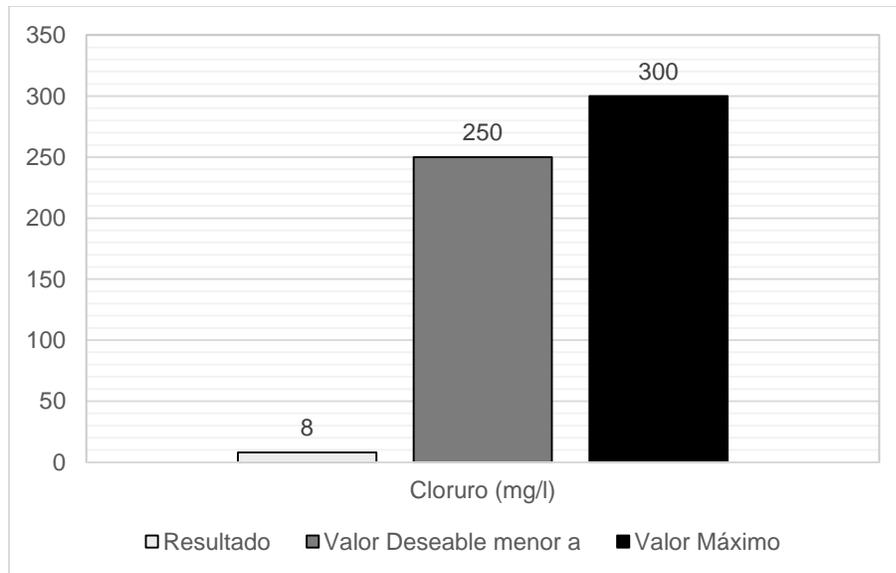


FIGURA 15. Comparación de los resultados del análisis de sólidos disueltos totales y dureza total del pozo de bombeo #6 con los valores máximos de la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N°36.395 “Normas Sanitarias de la calidad del agua potable”.

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

Al realizar la comparación de los componentes relativos a la calidad organoléptica del agua potable, se observa que todos los resultados están en el rango de los valores deseables que establece el artículo N°14 de la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N°36.395 “Normas Sanitarias de la Calidad del Agua Potable”

TABLA 9. Componentes inorgánicos.

COMPONENTES	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE (mg/l)
NITRATO (NO ₃)	45
NITRITO (NO ₂)	0,03

Fuente: Gaceta Oficial de la República de Venezuela N°36.395 “Normas Sanitarias de la Calidad del Agua Potable”

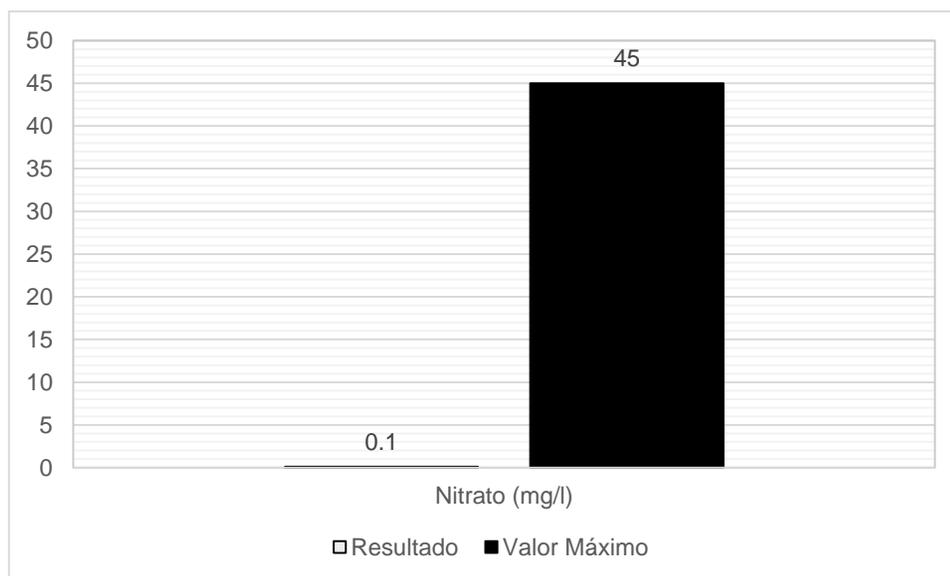


FIGURA 16. Comparación de los resultados del análisis de nitrato del pozo de bombeo #6 con el valor máximo de la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N°36.395 “Normas Sanitarias de la calidad del agua potable”.

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

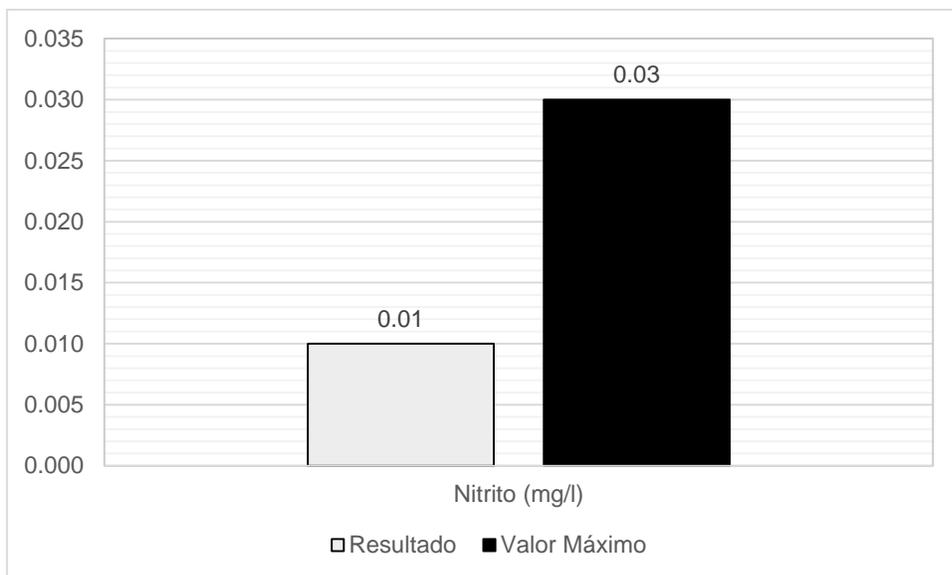


FIGURA 17. Comparación de los resultados del análisis de nitrito del pozo de bombeo #6 con el valor máximo de la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N°36.395 “Normas Sanitarias de la calidad del agua potable”.

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

Al realizar la comparación de los resultados del análisis de los componentes inorgánicos con los valores límites de la norma, se puede observar que estos están por debajo del valor máximo permitido, por lo que cumple con la normativa.

Adicionalmente, la norma COVENIN 2771-91 “Aguas Naturales Industriales y residuales. Determinación de dureza” permite clasificar el agua según su dureza, la cual tiene un rango desde suave a muy dura según los mg/l de dureza como se puede observar en la Tabla 10.

TABLA10. Clasificación de las aguas según su dureza.

TIPO DE AGUA	mg/l DE DUREZA
Suave	0-75
Moderadamente dura	75-150
Dura	150-300
Muy Dura	300

Fuente: Norma Venezolana COVENIN 2771-91 “Aguas Naturales Industriales y residuales. Determinación de dureza”.

El valor de dureza total obtenido fue de 86 mg/l de CaCO_3 por lo que el agua se puede clasificar como “Moderadamente dura”, es por ello que no se tiene un agua que pueda causar obstrucciones por incrustación en tuberías ni que disminuya el rendimiento de los detergentes.

Resultados de los parámetros hidráulicos del acuífero del sector Norte C del municipio San Diego, Edo. Carabobo.

Las medidas del nivel estático y dinámico se efectuaron entre octubre del 2018 y febrero del 2019, el ensayo de bombeo para obtener el caudal se realizó en el mes de octubre los resultados se muestran en la FIGURA 18, FIGURA 19 y FIGURA 20.

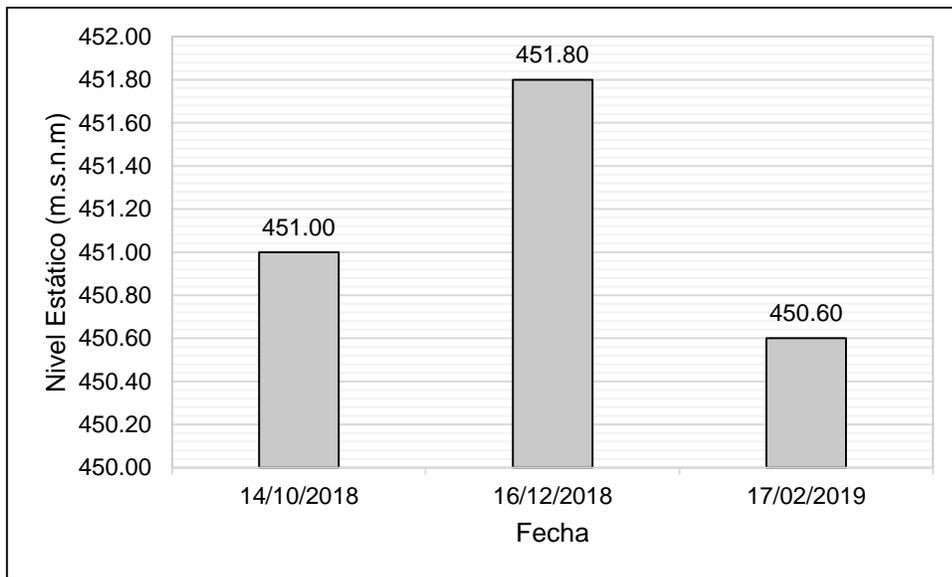


FIGURA 18. Resultados del nivel estático del pozo #6 (bombeo) coordenadas UTM 613.536,88E; 1.134.540,80N. Elevación 471 msnm. San Diego Edo. Carabobo.

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

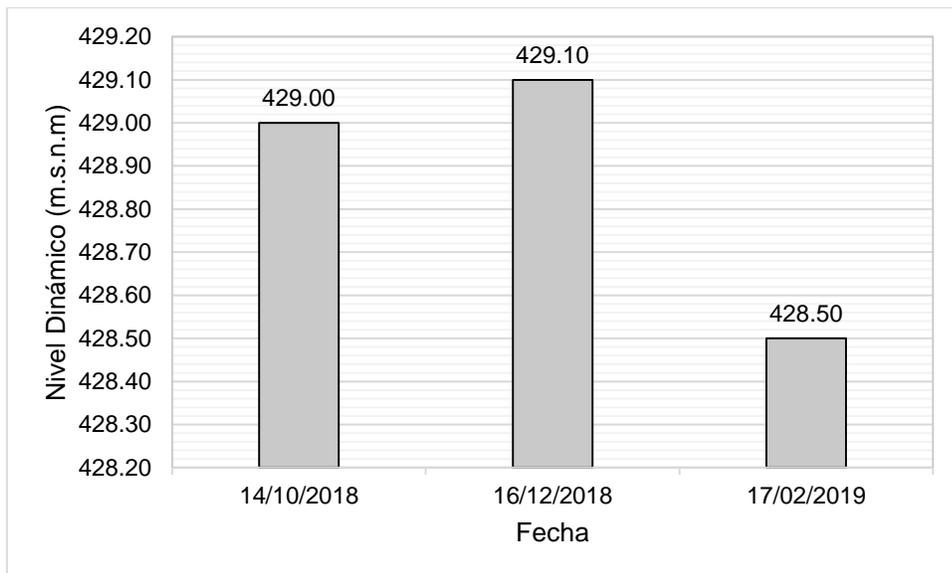


FIGURA 19. Resultados del nivel dinámico del pozo #6 (bombeo) coordenadas UTM 613.536,88E; 1.134.540,80N. Elevación 471 msnm. San Diego Edo. Carabobo.

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

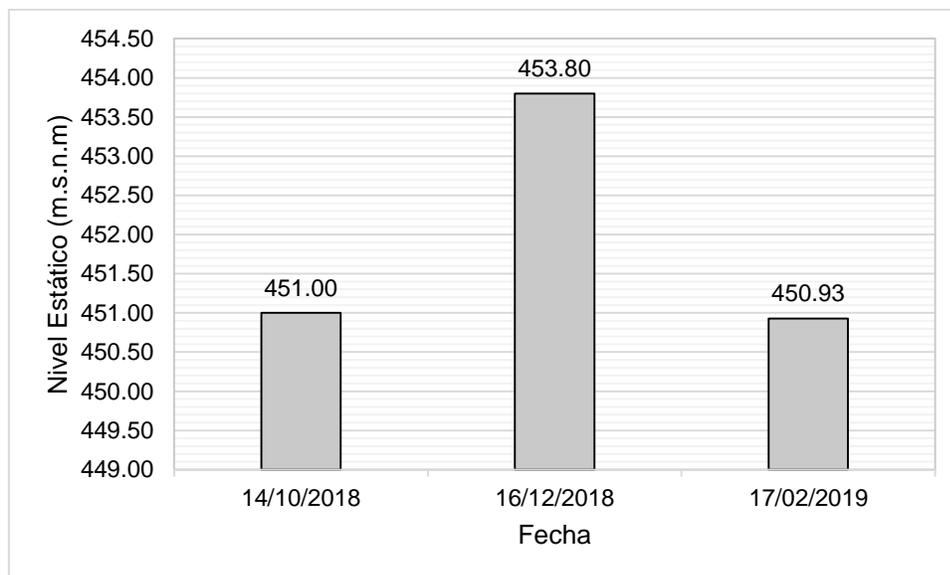


FIGURA 20. Resultados del nivel estático del pozo #2 (observación) Coordenadas UTM 613.688,40 E; 1.135.089,70 N. Elevación 473 msnm. San Diego, Edo. Carabobo.

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

La toma de medidas del nivel estático y dinámico realizadas al pozo #6 coordenadas UTM 613.536,88E; 1.134.540,80N. Elevación 471 msnm, permitieron obtener un valor promedio de 451,13msnm para el nivel estático y de 428,87msnm en el nivel dinámico como se aprecia en la Tabla 11.

TABLA 11. Resultados de nivel estático, nivel dinámico y caudal del pozo #6 (bombeo) coordenadas UTM 613.536,88E; 1.134.540,80N. Elevación 471 msnm. San Diego Edo. Carabobo.

PARÁMETROS	VALOR
Nivel estático (m)	451,13 msnm
Nivel dinámico (m)	428,87 msnm
Caudal (l/s)	2,40l/s

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

En cuanto al pozo #2 (observación) coordenadas UTM 613.688,40 E; 1.135.089,70 N. Elevación 473 msnm. San Diego, Edo. Carabobo, se obtuvo un valor de nivel estático promedio de 451,91 msnm como se muestra en la Tabla 12.

TABLA12. Resultado del nivel estático del pozo #2 coordenadas UTM 613.688,40 E; 1.135.089,70 N. Elevación 473 msnm. San Diego, Edo. Carabobo.

PARÁMETRO	VALOR
Nivel estático (m)	451,91 msnm

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

Con el ensayo de bombeo de caudal variable se obtuvo el descenso cada 5 minutos y el coeficiente r^2/t , estos valores permiten elaborar la gráfica de función del pozo para realizar el ajuste con el gráfico patrón y finalmente, determinar los parámetros hidráulicos de transmisividad y el coeficiente de almacenamiento.

El valor de cada caudal se obtuvo de forma indirecta, midiendo el tiempo que tardaba en llenarse el tobo graduado de 8litros. En la Tabla 13 se observa que el tiempo transcurrido del ensayo fue de 35 minutos y que el caudal promedio es de 2,40l/s.

TABLA 13. Resultados de las mediciones de tiempo, volumen y valores de caudal obtenido.

TIEMPO TRANSCURRIDO DEL ENSAYO (min)	TIEMPO DE LLNADO DEL TOBO GRADUADO (s)	VOLUMEN (l)	CAUDAL (l/s)
5	2,52		3,17
10	2,59		3,09
15	2,67		3,00
20	2,72	8	2,94
25	3,20		2,50
30	4,44		1,80
35	25,00		0,32
		PROMEDIO	2,40

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

Por otra parte, en la Tabla 14 se puede apreciar que el descenso del nivel de agua durante el ensayo de bombeo paso de 21,95m a 21,34m.

TABLA 14. Valores de tiempo y descenso obtenidos mediante el ensayo de bombeo.

TIEMPO (min)	DESCENSO (m)
5	21,95
10	21,85
15	21,82
20	21,59
25	21,51
30	21,44
35	21,34

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

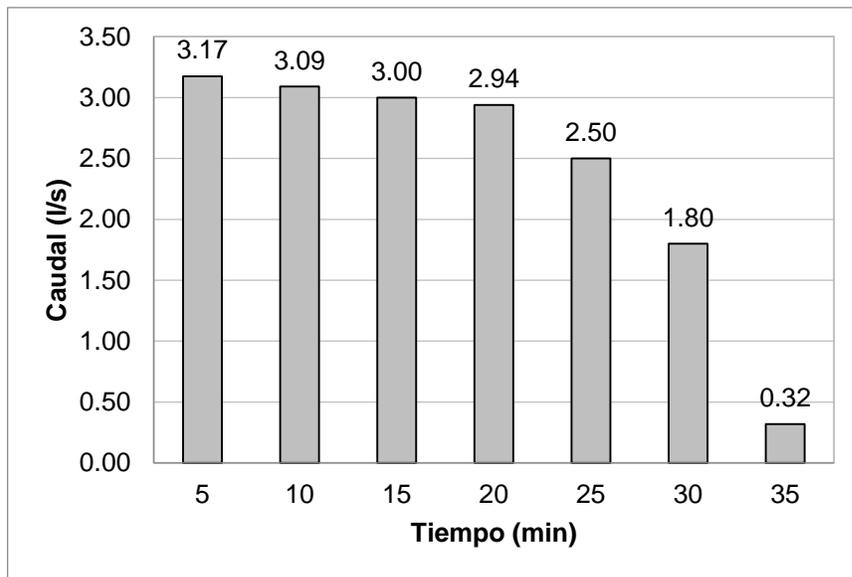


FIGURA 21. Caudal vs Tiempo del pozo #6 (bombeo) coordenadas UTM 613.536,88E; 1.134.540,80N. Elevación 471 msnm. San Diego Edo. Carabobo.

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

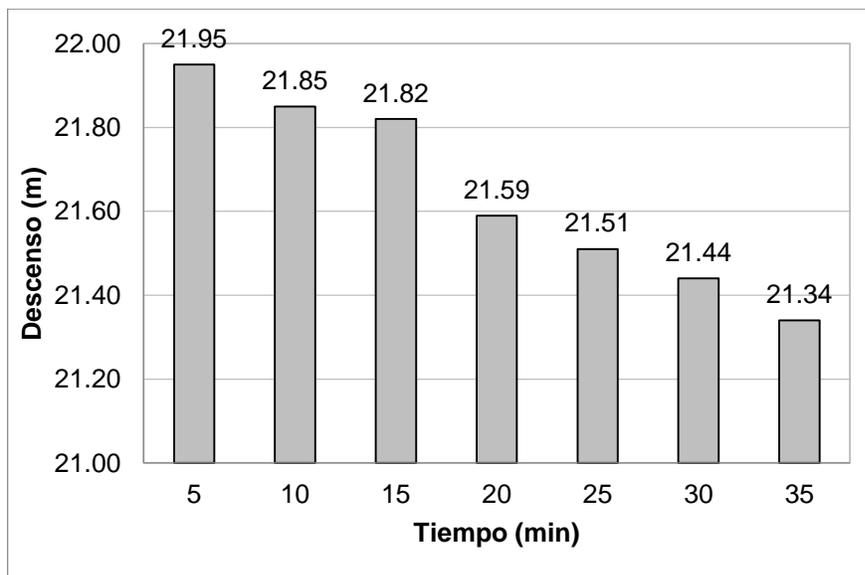


FIGURA 22. Descenso vs Tiempo del pozo #2 (observación) coordenadas UTM 613.688,40 E; 1.135.089,70 N. Elevación 473 msnm. San Diego, Edo. Carabobo.

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

A través del método de Theis se realizó el ajuste de la función del pozo con la curva patrón mediante la superposición de las gráficas, de esta manera, se pudo obtener el valor de $W(u)$ con el cual se calculó el valor de la transmisividad T y luego el coeficiente de almacenamiento S , a continuación, se presenta el procedimiento:

En primer lugar, se grafican los valores de descenso vs el coeficiente r^2/t y se superpone la gráfica patrón buscando la coincidencia de los puntos entre ambas gráficas, para elaborar este grafico se tomaron en cuenta 7 puntos con los valores de descenso desde los 5 hasta los 35 minutos del ensayo como se puede observar en la Tabla 15.

Una vez obtenida la coincidencia, se toma el punto que mejor se ajuste a la gráfica patrón y se leen las coordenadas de $W(u)$, u , $(h-h_0)$ y r^2/t en la gráfica que corresponda.

TABLA 15. Distancia entre los pozos y valores de descenso y coeficiente r^2/t en función del tiempo.

TIEMPO (min)	DISTANCIA r (m)	DESCENSO (m)	r^2/t (m ² /min)
5		21,95	66768,257
10		21,85	33384,128
15		21,82	22256,086
20	577,79	21,59	16692,064
25		21,51	13353,651
30		21,44	11128,043
35		21,34	9538,322

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

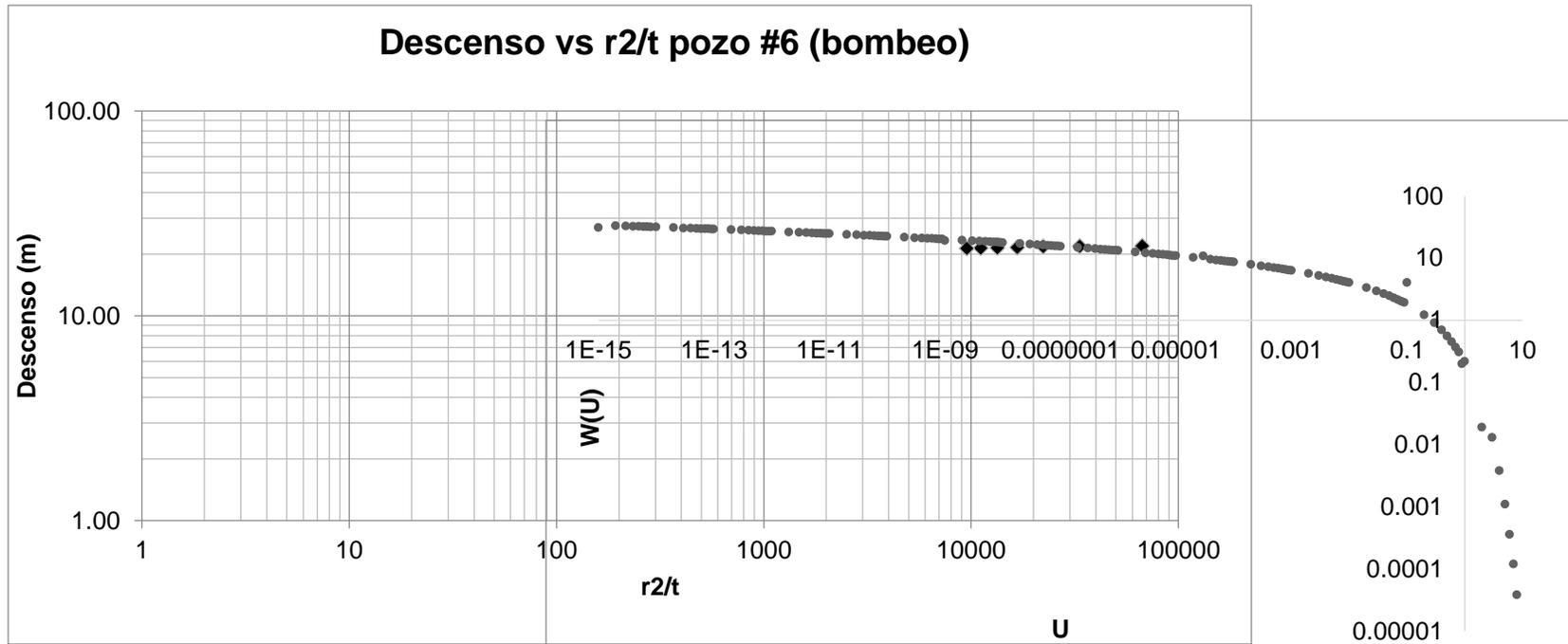


FIGURA 23. Coincidencia de los puntos Descenso vs r^2/t con el gráfico patrón.

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

El punto N°6 ($t = 30$ min), es el que mejor se ajusta al gráfico patrón, por tanto, de aquí se extraen los valores de descenso, r^2/t , $W(u)$ y u los cuales se muestran en la Tabla 16.

TABLA 16. Parámetros obtenidos a través de la superposición de graficas.

DESCENSO h-h ₀ (m)	r ² /t (m ² /min)	W(u)	u
21,44	11128,04	14,85	2x10 ⁻⁷

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

Obtenidos estos valores y con el caudal Q promedio, el cual resultó de 2,40l/s, se sustituyen en la Ec(2) y se calcula el valor de la transmisividad T.

$$T = \left[\frac{Q}{4\pi (h_0 - h)} \right] W(u) \quad \text{Ec(2)}$$

$$T = \frac{\left(2,40 \frac{\text{l}}{\text{s}} \times 86400 \frac{\text{s}}{\text{día}} \times 0,001 \frac{\text{m}^3}{\text{l}} \right)}{4 \times \pi \times 21,44\text{m}} \times 14,85 = 12,27 \frac{\text{m}^2}{\text{día}}$$

Calculado el valor de transmisividad T, se calcula el coeficiente de almacenamiento S a través de la Ec(4) como sigue:

$$S = \frac{4uTt}{r^2} \quad \text{Ec(4)}$$

$$S = \frac{4 \times (2 \times 10^{-7}) \times \left(12,27 \frac{\text{m}^2}{\text{día}} \times \frac{\text{día}}{1440 \text{ min}} \right)}{11128,04 \frac{\text{m}^2}{\text{min}}} = 6,13 \times 10^{-13}$$

TABLA 17. Resultados de Transmisividad y Coeficiente de almacenamiento (parámetros hidráulicos) del pozo #6 (bombeo) coordenadas UTM 613.536,88E; 1.134.540,80N. Elevación 471 msnm. San Diego Edo. Carabobo.

PARÁMETRO	VALOR
Transmisividad (T)	12,27 m ² /día
Coeficiente de almacenamiento (S)	6,13x10 ⁻¹³

Fuente: Cejas y Sánchez (2019).

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- La localización de los pozos se realizó primeramente con una visita guiada y luego, con la ayuda de la aplicación Google Maps y haciendo uso del GPS integrado en el teléfono celular, se logró determinar la ubicación exacta exportando las coordenadas obtenidas en el lugar al software Google Earth, de esta manera, también se obtuvo la distancia entre los pozos la cual fue de 577,79m, por otra parte, se logró conocer que el uso de estos pozos es habitacional.
- El análisis físico-químico y bacteriológico realizada a la muestra de agua del pozo #6 coordenadas UTM 613.536,88E; 1.134.540,80N. Elevación 471 msnm. San Diego Edo. Carabobo fue hecho por el Laboratorio Ambiental Aragua perteneciente a la Unidad Territorial Ecosocialista Aragua, este análisis dio como resultado valores aceptables según el Decreto N°3.219 “Normas para la Clasificación y el Control de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia” y la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N°36.395 “Normas Sanitarias de la Calidad del Agua Potable”, en cuanto a los valores de dureza total se pudo clasificar que es un agua moderadamente dura según la norma COVENIN 2771-91 “Aguas Naturales Industriales y residuales. Determinación de dureza”
- Las mediciones de nivel estático y dinámico de los pozos se realizaron entre octubre del 2018 y febrero del 2019, donde se obtuvo un máximo valor en los niveles en el mes de diciembre del año 2018, siendo de 451,80msnm para el nivel estático del pozo #6 y de 429,10msnm para el nivel dinámico, en cuanto al pozo #2, el valor máximo de nivel estático fue de 453,80msnm, el menor valor se obtuvo en el mes de febrero del año 2019 siendo de 450,60msnm y 428,50 msnm para el nivel estático y dinámico respectivamente del pozo #6, y de 450,93msnm para el pozo #2.

- El ensayo de bombeo se realizó el día 14 de octubre del año 2018, mediante este ensayo se tomó el tiempo en que tardaba en llenarse un tubo graduado de 8lts en el cual se obtuvo un tiempo promedio de 2,31s, luego se calculó el caudal, dando como resultado 2,40lts/s.
- El valor de los parámetros hidráulicos obtenidos mediante el método de Theis fue de $12,27\text{m}^2/\text{día}$ para la Transmisividad, clasificándose como “baja” según la tabla 2, y de $6,13 \cdot 10^{-13}$ para el coeficiente de almacenamiento clasificándose como un “acuífero confinado” según la tabla 4.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. En la presente investigación se pudo determinar con relación a la ubicación geográfica, y tomando como referencia para el objeto de estudio el conjunto residencial El Tulipán del municipio San Diego, de acuerdo al GPS de Google Earth, utilizado como instrumento, arrojó las siguientes coordenadas de los pozos que allí se encuentran para el suministro de agua a dicho conjunto:
 - Pozo #6 (Bombeo): Av. Intercomunal Don Julio Centeno, Urb. Monteserino, frente a la U.E. Creación San Diego Norte municipio San Diego, Edo. Carabobo. Coordenadas UTM 613.536,88E; 1.134.540,80N. Elevación 471 msnm.
 - Pozo #2 (Observación): Av. San Vicente, Parque el Tulipán municipio San Diego, Edo. Carabobo. Coordenadas UTM 613.688,40 E; 1.135.089,70 N. Elevación 473 msnm.
2. Por otro lado, en cuanto a los parámetros físico- químico del agua proveniente de los pozos, se realizaron análisis físico-químico y bacteriológicos en el laboratorio Ambiental Aragua según las “Normas Sanitarias de la Calidad del Agua Potable” el cual pudo determinar que el pozo es apto para el consumo humano, ya que cumple con los valores limites y/o rangos máximos establecidos. Asimismo, las “Normas para la Clasificación y el Control de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia”, ubica el agua subterránea del pozo que está al frente a la U.E. Creación San Diego Norte municipio San Diego, Edo. Carabobo. en la columna

“AGUA TIPO 1A”, entendiéndose como 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 entre en contacto con él” disgregándose como un Sub Tipo 1A “Aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con la sola adición de desinfectantes”, que de acuerdo a la Norma Venezolana COVENIN 2771-91, clasifica el agua de este pozo como Moderadamente Dura.

3. En cuanto al hallazgo de los parámetros hidráulicos del acuífero, el valor obtenido para la Transmisividad fue de $12,27\text{m}^2/\text{día}$, el cual se encuentra en el rango de Transmisividad baja lo que quiere decir que la capacidad que tiene de transmitir el agua horizontalmente es lenta, asimismo el coeficiente de almacenamiento dio como resultado un valor de $6,13 \times 10^{-13}$ lo que nos indica que es un acuífero confinado donde el agua proviene por la descompresión del propio acuífero. Por otro lado, se observó que éste no está siendo sobreexplotado, porque su capacidad de recarga está por encima del volumen de agua extraído ya que entre los meses de octubre y diciembre del 2018 se observó un aumento en el nivel estático y dinámico, de igual manera el gasto de la comunidad tampoco es considerado de gran importancia para decir que está siendo sobreexplotado.

RECOMENDACIONES

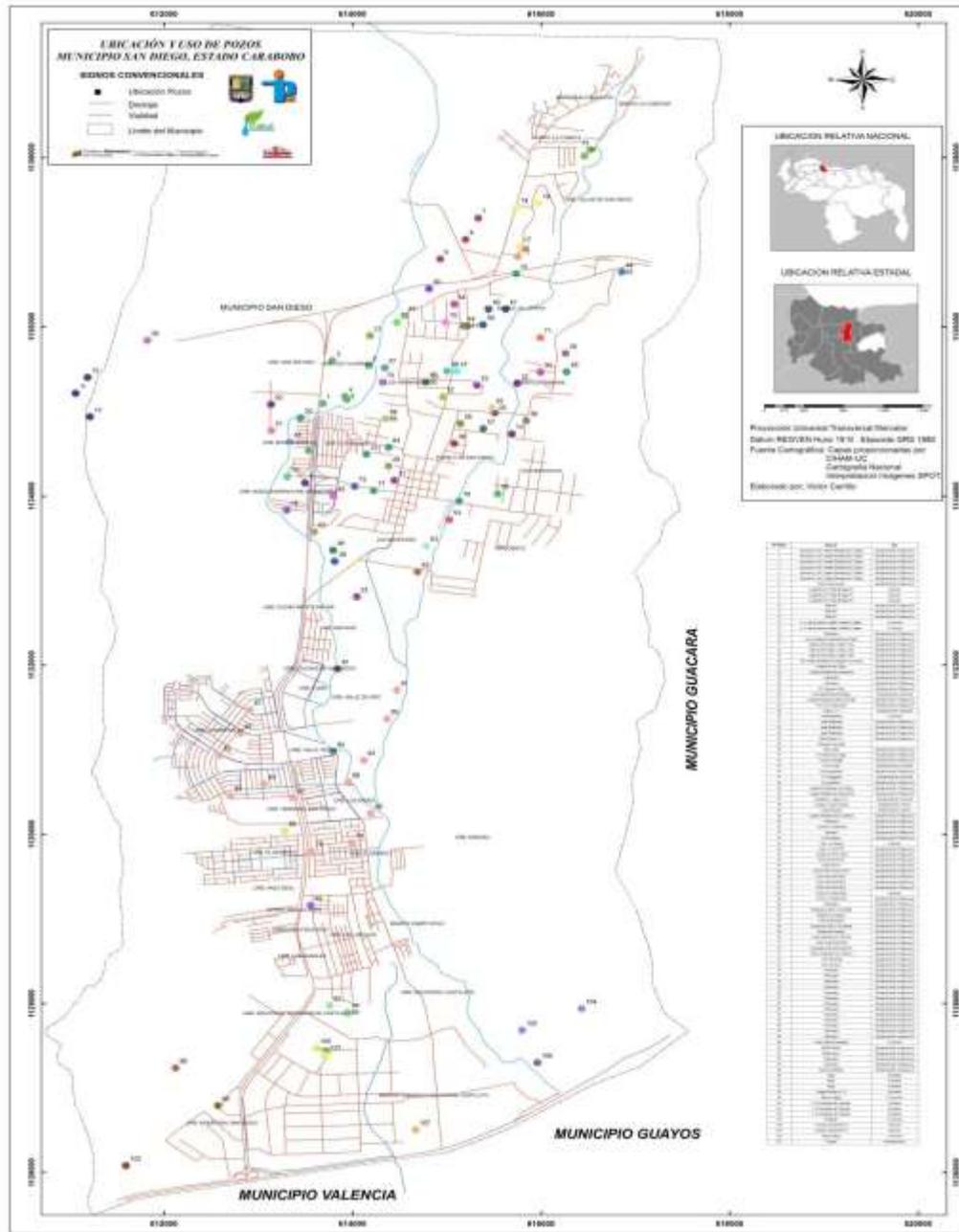
En base a los resultados y apreciaciones expuestas, se hace necesario señalar algunas recomendaciones; a fin de contribuir al aprovechamiento del acuífero es necesario:

En primer lugar, realizar constantemente los estudios de los parámetros hidráulicos de los pozos para obtener una información actualizada de su capacidad para transmitir y almacenar el agua de los mismos.

De la misma manera llevar a cabo las pruebas para la calidad del agua en cuanto a los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos que se indican en la Gaceta Oficial N°36.395 “Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable”, entre ellos se encuentran la evaluación de los parámetros microbiológicos, organolépticos, físicos, químicos, etc.

Finalmente se hace necesario la abertura de un orificio en las adyacencias del pozo que a la hora de realizar la exploración y medición de niveles se facilite el acceso de la sonda de nivel y esta no se atasque en el proceso, siendo estos cambios permitidos y sugeridos por la Gaceta Oficial N°41.377, la cual nos indica en su artículo 21 que el Ministerio que ejerza la Autoridad Nacional de las Aguas podrá exigir cambios sobre las condiciones del aprovechamiento a los usuarios y usuarias.

ANEXOS



ANEXO A. Mapa de ubicación geográfica y uso de los pozos en el Municipio San Diego del Estado Carabobo.

RESULTADOS

SOLICITADO POR: ADRIANA MÁRQUEZ (COORDINADORA DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES HIDROLÓGICAS Y AMBIENTALES- UNIVERSIDAD DE CARABOBO)
LUGAR DE CAPTACION: POZO PROFUNDO (POZO 8)
MOTIVO ANALISIS: CALIDAD DE AGUA
APARENCIA DE LAS MUESTRAS: AGUA CRISTALINA
TIPO DE MUESTRA: SIMPLE
FECHA DE CAPTACION: 09/04/2019
DIRECCION: URB. MONTESERINO, MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO.
OBSERVACIONES: AGUA INCOLORA E INODORA. MUESTRAS CAPTADAS POR LOS INTERESADOS PREVIA INDUCCIÓN POR PERSONAL DEL LABORATORIO.
COORDENADAS GEOGRAFICAS: N. 10° 15' 42,17" O. 67° 57' 47,87"

CODIGO	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADOS	AGUA TIPO 1. SUB-TIPO 1A*	OBSERVACION
2510-B	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	µS/cm	259	NA	-----
2130-E	TURBIEDAD	NTU	0,69	< 25	CUMPLE
2340-C	DUREZA TOTAL	mg/l CaCO ₃	86	500	CUMPLE
3950-D	DUREZA CALCOCA	mg/l CaCO ₃	36	NA	-----
3610-MgE	DUREZA MAGNESICA	mg/l CaCO ₃	50	NA	-----
2330-B	ALCALINIDAD	mg/l CaCO ₃	101	NA	-----
4500H-B	pH		6,50	6,0 - 8,5	CUMPLE
2540-C	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	155	1.500	CUMPLE
4500-B	CLORURO	mg/L	8,0	500	CUMPLE
4500-E	SULFATO	mg/L	13	400	CUMPLE
4500-C	NITRITO (N)	mg/L	< 0,01	Suma Nitrito y Nitato < 10	CUMPLE
4500-C	NITRATO (N)	mg/L	< 0,1		
3530-D	CALDO	mg/L	14	NA	-----
3530E	MAGNESIO	mg/L	12	NA	-----
9221-B	COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	< 1,8	< 2.000	CUMPLE
9221-C	COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	< 1,8	NA	-----

* 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 Nº 5.305 Extraordinario de fecha 01/02/1999.

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

Conclusion

La evaluación realizada a las aguas captadas en el pozo profundo localizado en la Urb. Monteseirino, municipio San Diego, estado Carabobo, indican que las mismas cumplen con los rangos máximos establecidos en el Artículo 8 del Decreto Nº 3.219 de fecha 13/01/1999, publicado en Gaceta Oficial de la República de Venezuela Nº 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 recomendaciones establecidas en el oficio de entrega.

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

Analistas:

Lic. Alejandro Vales


M.C. Luisa Durán

ANEXO B. Resultados de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos del pozo N^o6.



ANEXO C. Medición de nivel con sonda.



ANEXO D. Medición de caudal con recipiente graduado.



ANEXO E. Toma de muestra para el análisis físico-químico.



ANEXO F. Toma de muestra para el análisis bacteriológico.

BIBLIOGRAFÍA

[1]UNESCO. (31 de Mayo de 2012). *UNESCO*. Recuperado el 2 de Junio de 2018, de http://www.unesco.org/new/en/social-and-human-sciences/themes/anti-doping/sv15/news/los_recursos_de_agua_subterranea_del_mundo_estan_su_friendo/

[2]FAO. (2015). *FAO*. Recuperado el 6 de Junio de 2018, de http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/VEN/indexesp.stm

[3]Guevara, & Cartaya. (2004). *Hidrología ambiental*. Valencia: Universidad de Carabobo.

[4]Toro et al. (2002). *Calidad de las aguas de los ríos mediterráneos del proyecto GUADALMED. Características físico-químicas*. Madrid.

[5]Balestrini, M. (2006). *Como se elabora un proyecto de investigación*. Caracas.

Aguirre Ramos, J. G. (2018). *Caracterización hidrogeológica del acuífero de Camaná, sector San Gregorio*. Perú.

Fondonorma. (1991). *Aguas naturales, industriales y residuales, determinación de dureza*. Fondonorma.

Gaceta Oficial de la República de Venezuela. (13 de Enero de 1999). Normas para la Clasificación y el Control de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia. N°5305 . Caracas, Venezuela.

Gaceta Oficial de la República de Venezuela. (13 de Febrero de 1998). Normas sanitarias de calidad del agua potable. N° 36395 . Caracas, Venezuela.

Hispagua. (28 de Junio de 2019). *Hispagua*. Obtenido de <http://hispagua.cedex.es/datos/hidrogeologia>

Norma Venezolana COVENIN 2634:2002. Aguas naturales, industriales y residuales (Definiciones). (2002). Caracas: FONDONORMA.

Palma, M., & Vegas, D. (2006). *Estimación de los Parámetros hidráulicos del acuífero del municipio San Diego 2016 Zona Norte Estado Carabobo*. Valencia, Venezuela.

Rojas Perez, F. L. (2018). *Evaluación de transmisividad en acuíferos semiconfinados en el municipio de Tuluá Valle del Cauca*. Valle del Cauca, Colombia.

Sánchez, F. J. (21 de Junio de 2018). *Hidrología, Universidad de Salamanca*. Obtenido de http://hidrologia.usal.es/temas/Hidraulica_captaciones.pdf

Sigler, W. A., & Bauder, J. (24 de Junio de 2018). *Colorado State University*. Obtenido de http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf

Torrealba, R. (2017). *Evaluación hidrogeoquímica y geofísica de las aguas subterráneas del acuífero de Licua, municipio Crespo, Edo Lara*. Venezuela.