



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



**ELABORACIÓN DE MAPAS DE PROPIEDADES HIDROGEOQUÍMICAS DEL
ACUÍFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO ESTADO CARABOBO DURANTE EL
AÑO 2015. CASO: SECTOR INDUSTRIAL**

Autor: Rivero Jesús
C.I. 19.604.950

Tutor: Ing. Adriana Márquez

Valencia, Mayo 2016



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



**ELABORACIÓN DE MAPAS DE PROPIEDADES HIDROGEOQUÍMICAS DEL
ACUIFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO ESTADO CARABOBO DURANTE EL
AÑO 2015. CASO: SECTOR INDUSTRIAL**

Trabajo Especial de Grado presentado ante la ilustre Universidad de Carabobo
para optar al Título de Ingeniero Civil.

Autor: Rivero Jesús
C.I. 19.604.950

Tutor: Ing. Adriana Márquez

Valencia, Mayo 2016



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: **“ELABORACIÓN DE MAPAS DE PROPIEDADES HIDROGEOQUÍMICAS DEL ACUÍFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO DEL ESTADO CARABOBO DURANTE EL AÑO 2015. CASO DE ESTUDIO: SECTOR INDUSTRIAL.”**; realizado por el Bachiller: Jesús Alberto Rivero Muñoz, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Presidente del Jurado

Miembro del Jurado

Miembro del Jurado

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios TODOPODEROSO, por ser siempre luz, guía e inspiración en cada uno de mis pasos.

A mi madre Yolanda Muñoz, por su apoyo, por sus consejos, por la motivación constante que me ha permitido ser un hombre de bien, pero más que nada, por su infinito amor.

A mi padre Gilberto Rivero, por todo el apoyo brindado, la fortaleza y los consejos dados.

A mi hermana Argelia, porque aun en la distancia siempre has estado presente, gracias por todo el cariño y apoyo.

A mi novia Sara Sousa por apoyarme en todo momento desde el primer día que nos conocimos, por ser incondicional, por los consejos y la motivación, gracias por tu infinito amor.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por protegerme durante todo el camino y darme las fuerzas necesarias para seguir siempre adelante.

A mis padres, por todo el amor y apoyo brindado.

A mi hermana por siempre estar allí para mí en todo momento.

A mi novia Sara Sousa por el apoyo brindado y por todo su amor.

A Víctor Artigas por todos los consejos dados, por brindarme todo el apoyo como un segundo padre.

A mi tío Roberto Muñoz, por todo el apoyo brindado a lo largo de mi carrera.

A toda mi familia, por siempre estar presente.

A la Ing. Adriana Márquez, el Ing. Víctor Carrillo y el Lic. Juan de Farías, por los conocimientos brindados.

A Yraima Farias y Mariangélica Vallejo por el apoyo y conocimientos brindados.

Y por último a todas aquellas personas que manera directa o indirecta aportaron un grano de arena para alcanzar esta meta.



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



**ELABORACIÓN DE MAPAS DE PROPIEDADES HIDROGEOQUÍMICAS DEL
ACUÍFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO DEL ESTADO CARABOBO
DURANTE EL AÑO 2015. CASO DE ESTUDIO: SECTOR INDUSTRIAL.**

Autor: Rivero Jesús
Tutor: Ing. Adriana Márquez

RESUMEN

La presente investigación, tuvo como objetivo principal la elaboración de mapas de propiedades hidrogeoquímicas del acuífero ubicado en el Municipio San Diego - Edo. Carabobo, sector industrial durante el año 2015, con la finalidad de crear una base de datos representados en mapas georreferenciados usando el Software ArcGIS 10.0. Se realizó una recolección de datos de los 13 pozos referente a su ubicación, uso, estado operacional, perfil litológico y estudio fisicoquímico. Dicha información fue proporcionada por entidades públicas y empresas privadas, así como también recopilada en estudios de campo. Se llevó a cabo una prueba de caudal variable donde se obtuvieron datos necesarios para la estimación de la Transmisividad y el Coeficiente de Almacenamiento a través del método de Theis. Con los antes mencionados parámetros en conjunto con la información litológica se pudo conocer que existe una formación hidrológica de un acuífero confinado. También se pudo conocer que el agua es potable en 8 de los 13 pozos existentes. Se realizaron medidas estáticas en 2 pozos cada 15 días con el fin de describir las variaciones de los niveles que experimenta el acuífero en un periodo de tiempo y poder elaborar los mapas piezométricos, donde se da a conocer la dirección de flujo de la zona, donde se pudo observar que el acuífero se recarga del río San Diego. Se presenta como una investigación tipo descriptiva, de campo y no experimental la cual pretende dar a conocer las características más importantes sobre el comportamiento de dicho acuífero, con la finalidad obtener un mejor aprovechamiento del recurso.

Descriptor: Acuífero, Mapas, Propiedades hidrogeoquímicas.

Fecha: Mayo del 2016.

ÍNDICE

ELABORACIÓN DE MAPAS DE PROPIEDADES HIDROGEOQUÍMICAS DEL ACUÍFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO ESTADO CARABOBO DURANTE EL AÑO 2015. CASO: SECTOR INDUSTRIAL	i
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
EL PROBLEMA	3
Planteamiento del Problema	3
Objetivos de la investigación.....	5
Justificación	6
Alcances y Limitaciones	7
CAPÍTULO II	8
MARCO TEÓRICO.....	8
Antecedentes de la Investigación.....	8
Bases teóricas	10
Acuíferos confinados, cautivos o a presión.....	10
Propiedades Hidrogeológicas de los Acuíferos	11
Método de Theis	11
Marco Normativo Legal	13
CAPÍTULO III	15
MARCO METODOLÓGICO	15
Tipo de Investigación	15
Diseño de Investigación	15
Población y Muestra.....	16
Población	16
Muestra.....	16

Fase I. Identificar la ubicación geográfica y propiedades geofísicas de los pozos subterráneos en el Municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Industrial.	16
Fase II. Describir la variación de los caudales y niveles en pozos del municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Industrial.	32
Fase III. Aplicar modelos matemáticos de estimación de los parámetros hidráulicos transmisividad y Coeficiente de almacenamiento del acuífero del municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Industrial.	33
Fase IV. Elaborar mapas piezométricos, composición química y de redes de flujo del acuífero del municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Industrial.	36
CAPÍTULO IV	42
ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	42
Discusión de Resultados.....	53
CAPÍTULO V	57
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES.....	58
BIBLIOGRAFÍAS	59
ANEXOS	61
ANEXO A. INSTRUMENTOS USADOS PARA EL LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	62
Anexo A.1. GPS GARMIN E TREX VENTURE HC.	63
Anexo A.2. Sonda nivel de pozo marca PLM EQUIPMENT.	64
ANEXO B. SECTORIZACIÓN Y UBICACIÓN DE POZOS	65
Anexo B.1. Sectorización del Municipio San Diego, Estado Carabobo.	66
Anexo B.2. Ubicación de los pozos Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.....	67
Anexo B.3. Mapa de ubicación de los pozos en el Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo	68
Anexo B.4. Mapa de ubicación de los pozos según su uso en el Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.	69
Anexo B.5. Mapa de ubicación de los pozos según su estado operacional en el Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.....	70

Anexo B.6. Mapa de ubicación de pozo de observación y pozo de bombeo en el Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.....	71
ANEXO C. MAPAS DE PROPIEDADES GOEFÍSICAS Y DOCUMENTOS.....	72
Anexo C.1. Mapa del perfil litológico del pozo N°4. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.	73
Anexo C.2. Mapa del perfil litológico del pozo N°13. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.	74
Anexo C.3. Informe litológico del pozo N°4 Colgate Palmolive C.A. Sector Industrial Castillito del Municipio San Diego, Estado Carabobo.	75
Anexo C.4. Informe litológico del pozo N°13 ProAgro. Sector Industrial Castillito del Municipio San Diego, Estado Carabobo.	76
ANEXO D. MAPAS DE CAUDAL VARIABLE	77
Anexo D.1. Mapa de ubicación de los pozos para la prueba de Caudal Variable. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.....	78
Anexo D.2. Mapa de Variación del Caudal en Prueba de Caudal Variable en el pozo N° 7. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.	79
Anexo D.3. Mapa de Variación del Nivel en Prueba de Caudal Variable en el pozo N° 7. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.	80
ANEXO E. MAPAS PIEZOMÉTRICOS	81
Anexo E.1. Mapa Piezométrico. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha 07/10/2015.	82
Anexo E.2. Mapa Piezométrico. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha 21/10/2015.	83
Anexo E.3. Mapa Piezométrico. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha 04/11/2015.	84
Anexo E.4. Mapa Piezométrico. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha 18/11/2015.	85
Anexo E.5. Mapa Piezométrico. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha 02/12/2015.	86
Anexo E.6. Mapa Piezométrico promedio. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.....	87
ANEXO F. MAPAS DE PROPIEDADES QUÍMICAS Y DOCUMENTOS	88
Anexo F.1. Mapa de Propiedades Fisicoquímica. Alcalinidad. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.	89

Anexo F.2. Mapa de Propiedades Fisicoquímica. Carbonatos. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.	90
Anexo F.3. Mapa de Propiedades Fisicoquímica. Cloruros. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.	91
Anexo F.4. Mapa de Propiedades Fisicoquímica. Dureza Total. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.	92
Anexo F.5. Mapa de Propiedades Fisicoquímica. pH. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.	93
Anexo F.6. Mapa de Propiedades Fisicoquímica. Sólidos Disueltos. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.	94
Anexo F.7. Mapa de Propiedades Fisicoquímica. Zinc. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.	95
Anexo F.8. Reporte de Análisis de la calidad del agua. Colgate Palmolive C.A. Sector Industrial Castillito del Municipio San Diego, Estado Carabobo.	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Curva de Theis. (BATU, 1998).....	13
Figura N° 2. Medición de Niveles en el pozo N°13 de ProAgro. Coordenadas UTM 614670E; 1126508N. Zona Industrial Castillito, Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha: 07/10/2015.....	17
Figura N° 3. Medición de Niveles en el pozo N°3 de Bigott. Coordenadas UTM 613760E; 1127977N. Zona Industrial Castillito, Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha: 07/10/2015.....	17
Figura N° 4. Medición de Niveles en el pozo N°3 de Bigott. Coordenadas UTM 613760E; 1127977N. Zona Industrial Castillito, Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha: 21/10/2015.....	18
Figura N° 5. Medición de Niveles en el pozo N°3 de Bigott en compañía del Analista de Ergonomía Higiene y Salud Horang Leo. Coordenadas UTM 613760E; 1127977N. Zona Industrial Castillito, Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha: 04/11/2015.	18
Figura N° 6. Medición de Niveles en el pozo N°13 de ProAgro. Coordenadas UTM 614670E; 1126508N. Zona Industrial Castillito, Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha: 18/11/2015.....	19
Figura N° 7. Medición de Niveles en el pozo N°13 de ProAgro en compañía del Gerente de Planta Fernando Rondón. Coordenadas UTM 614670E; 1126508N. Zona Industrial Castillito, Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha: 02/12/2015.	19
Figura N° 8. Ejecución de prueba de caudal variable en C.A. Venezolana de Pigmento. Coordenadas UTM 613723.86E; 1127425.32N. Zona Industrial Castillito, Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha 11/05/2016.....	20
Figura N° 9. Conexión de la carpeta de ArcCatalogo. ArcGis10.0.	22
Figura N° 10. Conexión de la carpeta TESIS y CAPAS en ArcCatalog. ArcGIS 10.0.	23
Figura N° 11. Tabla cargada en ArcCatalogo. ArcGIS 10.0.	23
Figura N° 12. Ventana Crear clase de función en ArcCatalog. ArcGIS 10.	24
Figura N° 13. Ventana propiedades de referencia espacial en ArcCatalog. ArcGIS 10.0.	25
Figura N° 14. Ventana navegar por el sistema de coordenadas en ArcCatalogo. ArcGIS 10.0.....	26
Figura N° 15. Ventana navegar por el sistema de coordenadas en ArcCatalogo. ArcGIS 10.0.....	27
Figura N° 16. Propiedades de referencia espacial en ArcCatalogo. ArcGIS 10.0.	28
Figura N° 17. Vista previa de ubicación de los pozos sin el mapa base en ArcCatalogo. ArcGIS 10.0.	29

Figura N° 18. Vista Ubicación de los pozos en el mapa base en ArcMap. ArcGIS 10.0.	30
Figura N° 19. Cuadro propiedades capa litología en ArcMap. ArcGis 10.0.	31
Figura N° 20. Tipo de presentación de los datos capa litología en ArcMap. ArcGIS 10.0.	31
Figura N° 21. Presentación de plano de datos de litología en ArcMap. ArcMap 10.0.	32
Figura N° 22. Grafica importada ArcMap. ArcGis 10.0.	33
Figura N° 23. Función del pozo N°7 en C.A Venezolana de Pigmento. Coordenadas UTM 613726E; 1127421,14N. Zona Industrial Castillito, Municipio San Diego, Estado Carabobo.	34
Figura N° 24. Obtención del punto de ajuste a partir de la superposición de la curva de Theis con la gráfica de la función, pozo N°7 en C.A Venezolana de Pigmento. Coordenadas UTM 613726E; 1127421,14N. Zona Industrial Castillito, Municipio San Diego, Estado Carabobo.	35
Figura N° 25. Muestra de la ventana para la creación del Spline en ArcMAP. ArcGIS 10.0.	37
Figura N° 26. Vista previa de la superficie Spline creada en ArcMap. ArcGis 10.0.	38
Figura N° 27. Ventana de valores de entrada para la creación de las curvas de nivel en ArcMAP. ArcGIS 10.0.	39
Figura N° 28. Vista previa de las curvas de nivel según las elevaciones de los puntos de agua subterránea en la zona Industrial del Municipio de San diego. Fecha: 07/10/2015. En ArcMap. ArcGIS 10.0.	40
Figura N° 29. Ventana capa de propiedades – Simbología en ArcMap. ArgGis 10.0.	41
Figura N° 30. Mapa de Propiedades Fisicoquímicas. pH en ArcMap. ArcGis 10.0.	41
Figura N° 31. Clasificación según Uso de pozos en el Sector Industrial en el Municipio San Diego del Estado Carabobo.	43
Figura N° 32. Clasificación de pozos según su estado operacional en el Sector Industrial en el Municipio San Diego del Estado Carabobo.	44
Figura N° 33. Caudal en función del Tiempo, análisis de prueba de caudal variable del pozo N°13.	48
Figura N° 34. Nivel en función del Tiempo, análisis de prueba de caudal variable del pozo N°13.	48
Figura N° 35. Nivel estático en función de los días de medición en Bigott, coordenadas UTM 1127977N; 613760E, Municipio San Diego del Estado Carabobo.	51

Figura N° 36. Nivel estático en función de los días de medición en ProAgro, coordenadas UTM 1126508N; 614670E, Municipio San Diego del Estado Carabobo..... 51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Valores de Transmisividad.	35
Tabla N° 2. Valores de Coeficiente de Almacenamiento.	36
Tabla N° 3. Clasificación según Uso de pozos en el Sector Industrial en el Municipio San Diego del Estado Carabobo.	42
Tabla N° 4. Clasificación de pozos según su estado operacional en el Sector Industrial en el Municipio San Diego del Estado Carabobo.	44
Tabla N° 5. Perfil Litológico del Pozo N° 4 de la Zona Industrial Castillito en el Municipio San Diego del Estado Carabobo.	45
Tabla N° 6. Perfil Litológico del Pozo N° 13 de la Zona Industrial Castillito en el Municipio San Diego del Estado Carabobo.	46
Tabla N° 7. Valores obtenidos al realizar la Prueba de Caudal Variable, Pozo N°13 Zona Industrial Castillito del Municipio San Diego, Estado Carabobo.	47
Tabla N° 8. Calculo del coeficiente $r2t$ a partir de los resultados de la prueba de caudal variable.	49
Tabla N° 9. Ubicación de los Pozos utilizados en la prueba de caudal variable zona industrial Castillito, Municipio San Diego, Estado Carabobo.	49
Tabla N° 10. Aplicación del método de Theis en Pozos utilizados en la prueba de caudal variable zona industrial Castillito, Municipio San Diego, Estado Carabobo.	50
Tabla N° 11. Resultados de Transmisividad (T) y Coeficiente de Almacenamiento (s) aplicando el método de Theis.	50
Tabla N° 12. Datos físico químicos de los pozos en estudio.	52
Tabla N° 13. Componentes relativos a la calidad organolépticos del agua potable. Fuente: Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 36.395 (1.998).	56

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los compuestos más importantes para la vida del planeta, esta cubre el 71% de la superficie de la corteza terrestre debido a precipitaciones que se extendieron en años y siglos. Aunque esta ocupe las tres cuartas parte de la corteza terrestre, el 97.5% es de agua salada localizada en los océanos, y solo el 2.5% es dulce ubicada en los glaciares, casquetes polares, los depósitos subterráneos, los permafrost (capas de suelo permanentemente congeladas), lagos, humedad del suelo, atmosfera, embalses, ríos y seres vivos. Se estima que la cantidad de agua dulce que se encuentra en la tierra correspondiente a los cursos subterráneos equivale a un 0,25%, el cual ofrece las posibilidades de ser extraída en ciertas zonas, en este caso se encuentra manifestadas como acuíferos.

Los acuíferos o depósitos explotables de agua subterránea representan en Venezuela una superficie total de 829.000 Km². En Venezuela se han encontrado hasta ahora la formación de distintos acuíferos importantes los cuales están presentes en varios estados del país, entre ellos se encuentra el Estado Carabobo. Estos son extraídos mediante pozos que son perforaciones o excavaciones cuasivertical o verticalmente, cortando la zona de agua freática.

Cada día los usuarios de este recurso son más numerosos y es por ello que a través de los esfuerzos del hombre por mejorar el medio ambiente en el que habita y elevar su calidad de vida, dependen entonces, de la disponibilidad de agua. Creando así un aumento importante en la utilización de las aguas subterráneas generando una sobreexplotación en los acuíferos y una notable disminución en la calidad de las aguas subterráneas. La crisis mundial del agua no trata de la escasez física, sino del hecho de que está arraigada en la pobreza y la desigualdad. Ese fue el mensaje que dejó el Informe sobre Desarrollo Humano 2006 "Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis

mundial del agua”. Miembros del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) han establecido que el mundo no se está quedando sin agua en un sentido total y absoluto, pero para millones de personas su acceso se ve amenazado.

El Plan Municipal de Desarrollo del municipio San Diego, Edo. Carabobo señala que la población ha aumentado un 15% desde el año 2008 hasta el año 2013, lo que se define como un crecimiento de población acelerado, esto conlleva a que se está efectuando una explotación de las aguas subterráneas para satisfacer las necesidades del ser humano, sin ningún sistema que permita la información necesaria para contribuir con la preservación del acuífero a través de mapas con propiedades hidrogeoquímicas que puedan dar a conocer los datos más importantes para lograr una explotación adecuada de las aguas subterráneas.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del Problema

Desde los comienzos el agua subterránea representa una fracción importante de la masa de agua presente en los continentes, la cual se aloja en los acuíferos bajo la superficie de la tierra.

Cabe destacar que el agua es un recurso vital para el ser vivo y que gracias a sus propiedades la vida pudo abrirse paso. Así mismo en algunas partes del mundo la ampliación de actividades que consumen agua se ha hecho a costa de acuíferos cuya recarga es lenta o casi nula, esto ha tenido algunas consecuencias negativas como el secado de manantiales y zonas húmedas o el hundimiento de terrenos por la sobreexplotación del mismo. Por otro lado, el incremento en la demanda de agua de las ciudades es cada vez más difícil de satisfacer y está generando serios problemas de sobreexplotación que se agravan en ocasiones por la ocurrencia de asentamientos diferenciales y agrietamiento del terreno, que a su vez provocan daños en la infraestructura urbana.

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura – UNESCO – (2010) Elaboro una conferencia cuyo tema principal era la importancia de los recursos hídricos subterráneos que representan aproximadamente el 96% de agua dulce del planeta. Se determinó que gobiernos y comunidades deben aumentar su compromiso con la gestión sustentable del agua dado que es importante para el desarrollo humano y un ambiente natural.

Asimismo, la Organización de Estados Americanos – OEA – (2009) se dio a resaltar en una conferencia que el gran problema es que es agua y todo

el mundo la necesita, y que muchas industrias dependen del agua como lo son el turismo, el sector de bebidas y la agricultura.

Actualmente el desarrollo a futuro de las regiones afectadas por la sobreexplotación de acuíferos es limitado y se agravará aún más de persistir la tendencia climática de los últimos años, caracterizada por condiciones extremas que incluyen sequías más severas, prolongadas y frecuentes, las cuales tendrán un impacto negativo sobre la disponibilidad de agua superficial y la recarga de los acuíferos.

En este sentido Murillo (2004) afirma en su investigación la importancia del desarrollo de modelos de fácil aplicación que sean capaces de proporcionar valores medios de la recarga de acuíferos y modular la misma a lo largo del tiempo.

El agua no es ilimitada es por ello que se debe evitar la sobreexplotación para no perder un acuífero aprovechable. Si bien hay fórmulas para preservar la calidad y cantidad del agua de los acuíferos, sus peculiares características hacen que resulte un trabajo bastante delicado, aunque necesario. En primer lugar, el ritmo de renovación del agua subterránea, que depende de las precipitaciones y la cantidad de agua arrastrada por los ríos, es muy lento. Asimismo, los problemas se perciben con bastante retraso por la lenta dinámica de las aguas que circulan en el subsuelo, por lo que los efectos de las medidas que se pueden adoptar para resolverlos son también muy lentos. Además, la variedad de situaciones es extensa y los datos de los que se dispone son insuficientes.

Por todo esto, la conservación de las aguas subterráneas debe regirse por el principio de prevención, evitando que se produzca su sobreexplotación, estableciendo los medios y normativas que limiten el vertido incontrolado y la instalación de actividades peligrosas sin las debidas medidas de seguridad.

Puesto que para que no se produzca una sobreexplotación, el bombeo medio anual de agua debe ser inferior a su recarga media anual, lo que permite además que nunca se agote.

Y es allí donde a partir de la disciplina que estudia las características químicas del agua superficial o subterránea en contacto con un medio geológico (Hidrogeoquímica) se logra determinar el tiempo y la fuente de recarga del agua subterránea, estimación del tiempo en que ha permanecido el agua en un acuífero, identificación de minerales y evaluación de procesos biogeoquímicos.

En consecuencia, se juzga necesario determinar las características hidrogeoquímicas que tiene el acuífero que se encuentra ubicado en San Diego – Edo. Carabobo, sector industrial. Es por ello que se plantea la siguiente interrogante a la cual se pretende responder con la investigación:

¿Existe la necesidad de elaborar mapas de propiedades hidrogeoquímicas del acuífero de San Diego, sector industrial el cual se encuentra ubicado en el Edo. Carabobo?

Objetivos de la investigación

Objetivo General

“ELABORAR MAPAS DE PROPIEDADES HIDROGEOQUÍMICAS DEL ACUIFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO DURANTE EL AÑO 2015. CASO: SECTOR INDUSTRIAL”.

Objetivos Específicos

1. Identificar la ubicación geográfica y propiedades geofísicas de los pozos subterráneos en el Municipio San Diego.

2. Describir la variación de los caudales y niveles en pozos del Municipio San Diego durante el año 2015.
3. Aplicar modelos matemáticos de estimación de los parámetros hidráulicos de Transmisividad y Coeficiente de almacenamiento del acuífero del Municipio San Diego.
4. Elaborar mapas piezométricos, composición química y de redes de flujo del acuífero del Municipio San Diego durante el año 2015, en el sector INDUSTRIAL.

Justificación

Desde siempre se ha tratado de conservar los recursos hídricos, ya que el agua es vital para el desarrollo de la vida. Una estrategia basada en la elaboración de mapas de propiedades hidrogeoquímicas contribuiría a la preservación de acuíferos, además de propiciar la importancia de los acuíferos ya que estos representan una parte importante de la masa de agua presente en los continentes.

Los mapas de propiedades hidrogeoquímicas dan a conocer las características más relevantes de un acuífero teniendo como objetivo, proporcionar los conocimientos para evitar una sobreexplotación.

Históricamente la utilización de aguas subterráneas ha sido un factor clave para el desarrollo de grandes ciudades ya que algunas se abastecen mayoritariamente con estas, es por esto que mediante la estrategia de la elaboración de dichos mapas antes mencionados se puede evitar una sobreexplotación garantizando un acuífero aprovechable, prolongando también su vida útil, satisfaciendo así las necesidades básicas del ser humano que aumentan cada día más con respecto al recurso hídrico.

Dada la importancia que, dentro del contexto, cobra el desarrollo de los mapas de propiedades hidrogeoquímicas como meta y finalidad proporcionar conocimientos que puedan ser de ayuda para futuras investigaciones relacionadas con el tema a tratar.

Alcances y Limitaciones

El proyecto en desarrollo tiene como alcance la elaboración de mapas de propiedades hidrogeoquímicas de los acuíferos del Sector Industrial del Municipio San Diego del Estado Carabobo durante el año 2015 específicamente entre octubre y diciembre, donde se estudiarán 2 pozos. Se contará con los datos de los pozos ubicados en dicha zona, suministrados por el Ministerio del poder Popular para Ecosocialismo y Aguas.

Los análisis físico-químicos del agua no se llevarán a cabo durante la ejecución de esta investigación, por tal razón sólo se describirán aquellos pozos cuyos registros sean entregados por los propietarios de los pozos y por el Ministerio del poder Popular para Ecosocialismo y Aguas. Algunos pozos no cuentan con puntos de exploración ni accesorios para realizar las pruebas de caudal y nivel.

En lo fundamental, debe hacerse notar como limitación del presente estudio, que el acuífero se circunscribe a el Estado Carabobo, Municipio San Diego; Sector Industrial, por lo tanto los resultados solamente se corresponden con esa realidad.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Antecedentes de la Investigación

En el ámbito internacional:

Contreras, Vargas y Badilla (2012), realizan una investigación que tiene por título "Propiedades Hidrogeoquímicas e isotópicas del agua subterránea en la parte media de la cuenca del río Tulian, Puerto Cortes, Honduras", presentada en la Universidad de Costa Rica, la metodología aplicada fue de campo ya que se realizó una campaña de toma de muestras de agua para hacer los análisis, obteniendo como resultado que de acuerdo con las características hidrogeoquímicas presentadas en los resultados se deduce que tiene características típicas de una zona de recarga pero también se determinó mediante la serie de Chevotareb que corresponden a aguas que tienen un corto tiempo de permanencia en el terreno

De igual manera Ramírez, Leal, Álvarez, Lozada y De León (2013) en su investigación "Comportamiento hidrogeoquímico de flujos subterráneos en acuíferos cársticos fracturados, aplicando modelación inversa: Caso Huasteca Potosina", elaborado en el IPICYT de México, con una metodología de campo basada en la recolección de muestras de manantiales, obtienen como resultado que la modelación hidrogeoquímica resultó una herramienta económica, útil y eficiente para evidenciar la conexión hidráulica entre cuencas y subcuencas hidrogeológicas e identificar los procesos naturales durante su evolución.

Por otra parte, un estudio realizado por Castillo y Hernández (2005), propuesto en CENAMENT, en La Habana, Cuba. Con el título de "HIDROGEOQUÍMICA", obteniendo como resultado principal ofrecer al lector

los fundamentos de la hidrogeoquímica, ciencia interdisciplinaria que se nutre de los conocimientos de la Química del Agua y de la Hidrogeología, basándose en una metodología cualitativa.

En el ámbito nacional:

En la Universidad Central de Venezuela, Montero, Yanes y Bolívar (2007), realizaron una investigación titulada "Hidrogeoquímica de las aguas subterráneas de la Región nor-central del Valle de Caracas, Distrito Capital, Venezuela", cuyo objetivo fue caracterizar geoquímicamente las aguas subterráneas de la región a fin de identificar las facies hidrogeoquímicas presentes y de conocer los procesos que controlan su composición química. A través de una metodología planificada en tres fases: pre-campo, campo y laboratorio, obtuvieron como resultado la presencia de 4 facies hidrogeoquímicas que permitieron proponer 4 zonas hidrogeoquímicas, a saber: zona propensa a la contaminación doméstica, zona expuesta a la contaminación urbana, zona de acumulación y zona propensa a la karstificación.

Otros estudios realizados por King (2008), presentados en la Universidad de Los Andes, con el título "Evaluación de Aguas Subterráneas en los Sectores Monay (Municipio Pampán) - Agua Viva (Municipio Miranda) Estado Trujillo", cuyo objetivo fue evaluar las disponibilidades de agua en dichos sectores y también la calidad y la clasificación de las aguas de los acuíferos de la zona, aplicando una metodología de campo y laboratorio para obtener como resultado a través de los mapas de propiedades geoquímicas la clasificación de las aguas las cuales la mayoría resultó ser aguas de alta calidad, también por medio de mapas de distribución espacial se logró obtener una mejor visualización de la distribución del agua en el lugar de estudio y determinar el valor promedio anual de la recarga natural por precipitación que fue de 143231 m³/k²/año.

De igual forma, Guzmán y Pereira (2009), según su investigación realizada en la Universidad de Oriente, titulada "Estudio de gestión de las aguas subterráneas en Venezuela, caso especial: Acuífero de la mesa de Guanipa", señalan que Venezuela posee un extraordinario potencial hídrico subterráneo que debe ser adecuadamente conocido y gestionado, para garantizar su uso y renovabilidad, también que La gestión de las aguas subterráneas en Venezuela debe promoverse como una acción inmediata y con una visión preventiva sin esperar a que sean correctivas.

En conclusión, la relación de estas investigaciones con el estudio propuesto que se busca conocer las características hidrogeoquímicas del referido acuífero para lograr su conservación al igual que en estas investigaciones.

Bases teóricas

Acuíferos confinados, cautivos o a presión

Son aquéllos que, en su límite superior o techo, el agua está a una presión superior a la atmosférica.

Se comportan así los materiales permeables que están cubiertos por una capa confinante mucho menos permeable (por ejemplo, una capa arenosa bajo otra arcillosa). Durante la perforación de los pozos en acuíferos de este tipo, al atravesar el techo de los mismos se observa un ascenso rápido del nivel del agua hasta estabilizarse en una determinada posición. A este fenómeno se le solía llamar artesianismo, aunque el vocablo va cayendo en desuso. El pozo será surgente cuando el nivel piezométrico esté situado a cota superior a la de la boca del pozo. La recarga de un acuífero confinado procede

principalmente de la lluvia que se infiltra directamente a través de la zona en la que aflora la formación acuífera, es decir, donde el acuífero se comporta como libre, o bien donde se puede considerar como semiconfinado y las condiciones sean favorables.

Propiedades Hidrogeológicas de los Acuíferos

Transmisividad o transmisibilidad (T): se refiere a la cantidad de agua que puede ser transmitida horizontalmente por el espesor saturado del acuífero.

$$\text{Unidades: } \frac{\text{m}^2}{\text{día}}, \frac{\text{m}^2}{\text{seg.}}$$

Coefficiente de Almacenamiento (S): se refiere al volumen capaz de liberar un acuífero, al descender en una unidad el nivel piezométrico. Es adimensional.

Método de Theis

Theis ideó una ecuación que permitió, por primera vez, la determinación de las características hidráulicas de un acuífero antes que el pozo de bombeo alcance el estado estacionario. La importancia de esta capacidad se debe a que, bajo la mayoría de las condiciones, probablemente un pozo no desarrolle un estado estacionario, o que requiera muchos meses o años.

Theis asume en el desarrollo de la ecuación que:

- 1.- La transmisividad del acuífero requerido por el bombeo es constante durante el ensayo en los límites del cono de depresión.
- 2.- El agua extraída del acuífero es derivada enteramente desde el almacenamiento y es descargada instantáneamente con la disminución en la carga hidráulica.

3. El pozo de descarga penetra todo el espesor del acuífero, y su diámetro es pequeño en comparación con la velocidad de bombeo, de modo que el almacenamiento en el pozo es despreciable.

Estos supuestos son los más cercanos para un acuífero confinado estos alejados de las condiciones de borde.

El método de Theis utiliza las siguientes fórmulas para determinar la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento:

$$T = \frac{QW(u)}{4\pi s}$$

$$S = \frac{4Ttu}{r^2}$$

Donde:

T es la transmisividad

S es el coeficiente de almacenamiento

Q es la velocidad de bombeo

s es la disminución en el nivel del agua o abatimiento

t es el tiempo

r es la distancia del pozo de bombeo al pozo de observación

W(u) es la función de u, es igual a:

$$-0.577216 - \log_e u + u - \frac{u^2}{2 \times 2!} + \frac{u^3}{3 \times 3!} - \frac{u^4}{4 \times 4!} + \dots$$

Donde:

$$u = \frac{(r^2 S)}{(4Tt)}$$

La ecuación de Theis no puede solucionarse directamente. Para superar este problema, Theis ideó un método conveniente gráfico, la solución que implica el uso de la curva mostrada a continuación:

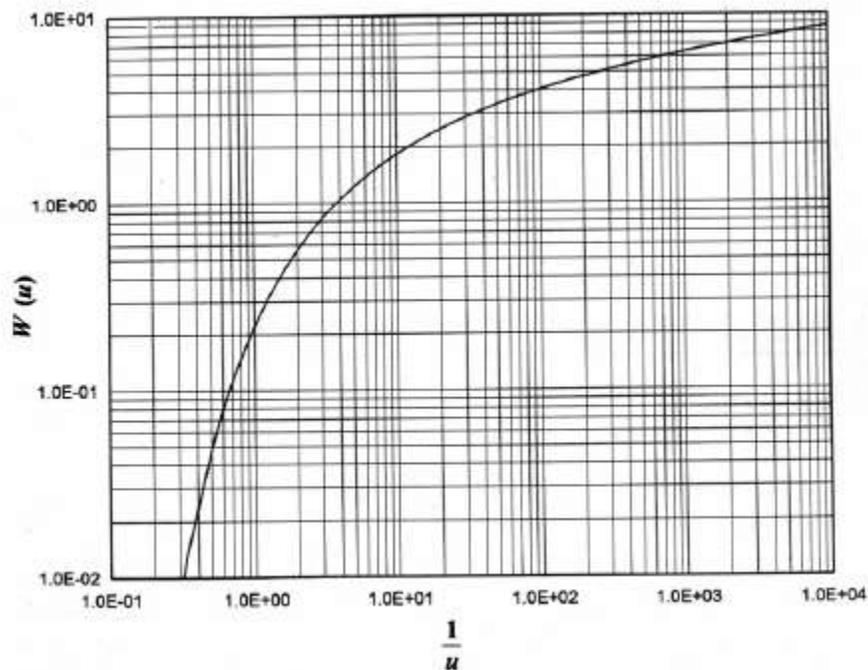


Figura N° 1. Curva de Theis. (BATU, 1998).

Marco Normativo Legal

- Decreto n° 2048 normas para la ubicación, construcción, protección, operación y mantenimiento de pozos perforados destinados al abastecimiento de agua potable, publicada en gaceta oficial de la República de Venezuela, en fecha 24/09/97, n° 36.298.

- COVENIN 2709:2002 “Aguas naturales, industriales y residuales. Guía para las técnicas de muestreo” (1era revisión)
- Ley orgánica para la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento. Publicada en Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela nº 5.568 Extraordinaria de fecha 31/12/2001.
- Normas Sanitaria de Calidad del agua Potable. Publicada en Gaceta Oficial de la República Bolivariana N° 36.395 fecha 13/02/1998.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Tipo de Investigación

El estudio se presenta como una investigación de diseño no experimental, tipo descriptiva, con modalidad de campo, pues la misma recopila información directamente de donde el fenómeno ocurre, así como también se orienta a la búsqueda de aspectos que se desean conocer.

En lo que concierne al estudio de campo, Arias (2006), señala que consiste "en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna".

En este sentido es de campo puesto que el investigador recolectara la información en el ámbito donde ocurren los hechos en el área del acuífero ubicado en el Edo. Carabobo, San Diego, Caso: Sector Industrial.

En el carácter descriptivo de la investigación, Arias (2006) destaca que "la investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento". De tal manera que en el presente estudio se describen los hechos y sus características más relevantes.

Diseño de Investigación

Se trata de un diseño no experimental, que según Hernández Sampieri y Otros (2010), "son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos".

Población y Muestra

Población

Para Arias (2006), la población es "un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio". Por lo antes expuesto se puede definir como población el Acuífero ubicado en el municipio de San Diego – sector industrial, Edo. Carabobo.

Muestra

Igualmente, para Arias (2006) la muestra es “un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”. La muestra en esta investigación comprende a los Pozos que succionan agua en el acuífero de San Diego – sector industrial, Edo. Carabobo.

Fase I. Identificar la ubicación geográfica y propiedades geofísicas de los pozos subterráneos en el Municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Industrial.

En esta fase se determinarán las coordenadas UTM de cada uno de los pozos del Municipio San Diego, durante el año 2015, caso sector industrial, con ayuda del Sistema de Posicionamiento Global GPS.

Los datos obtenidos se utilizarán para cargarlos en el programa ArcGIS 10.0 para así representar cada uno de los pozos del Municipio San Diego Sector Industrial. Se procedió a ir al lugar de cada uno de los pozos bajo estudio y con ayuda del GPS se tomaron datos como la localización y nivel freático de los puntos de agua subterránea.

También se representarán las propiedades geofísicas de los pozos del Municipio San Diego caso Sector industrial, durante el año 2015, mediante una visualización de símbolos y colores con su respectiva leyenda donde se pueda apreciar la variación de cada propiedad o variable estudiada.



Figura N° 2. Medición de Niveles en el pozo N°13 de ProAgro. Coordenadas UTM 614670E; 1126508N. Zona Industrial Castillito, Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha: 07/10/2015.



Figura N° 3. Medición de Niveles en el pozo N°3 de Bigott. Coordenadas UTM 613760E; 1127977N. Zona Industrial Castillito, Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha: 07/10/2015.



Figura N° 4. Medición de Niveles en el pozo N°3 de Bigott. Coordenadas UTM 613760E; 1127977N. Zona Industrial Castillito, Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha: 21/10/2015.



Figura N° 5. Medición de Niveles en el pozo N°3 de Bigott en compañía del Analista de Ergonomía Higiene y Salud Horang Leo. Coordenadas UTM 613760E; 1127977N. Zona Industrial Castillito, Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha: 04/11/2015.



Figura N° 6. Medición de Niveles en el pozo N°13 de ProAgro. Coordenadas UTM 614670E; 1126508N. Zona Industrial Castillito, Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha: 18/11/2015.



Figura N° 7. Medición de Niveles en el pozo N°13 de ProAgro en compañía del Gerente de Planta Fernando Rondón. Coordenadas UTM 614670E; 1126508N. Zona Industrial Castillito, Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha: 02/12/2015.



Figura N° 8. Medición de niveles para prueba de caudal variable en C.A. Venezolana de Pigmento en compañía de trabajadores de la empresa. Coordenadas UTM 613723.86E; 1127425.32N. Zona Industrial Castillito, Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha 11/05/2016



Figura N° 9. Ejecución de prueba de caudal variable en C.A. Venezolana de Pigmento. Coordenadas UTM 613723.86E; 1127425.32N. Zona Industrial Castillito, Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha 11/05/2016.

La recolección de datos del nivel freático de los pozos se realizó siguiendo el procedimiento descrito a continuación:

1. Introducir la sonda en el pozo, a través de la abertura destinada para dicha función.
2. Dejar que la sonda baje hasta que se encienda la luz ubicada en la base de la misma.
3. Leer y tomar las medidas necesarias de la profundidad del agua.

A través del Ministerio de Poder Popular de Ecosocialismo y Aguas se obtuvieron datos de pruebas realizadas a los pozos, así como el perfil litológico, uso, operatividad y sus respectivas características físicas. Información necesaria para realizar los mapas de propiedades hidrogeoquímicas.

Importar en ArcCatalogo los datos de ubicación de los pozos

Para Importar a ArcGIS las coordenadas de cada uno de los pozos, se importó la tabla en Excel con toda la información de los pozos siguiendo el procedimiento descrito a continuación:

Ingresar a ArcCatalogo → Folder Conections, hacer Clic derecho en Folder Conections (Ver Figura N° 10).

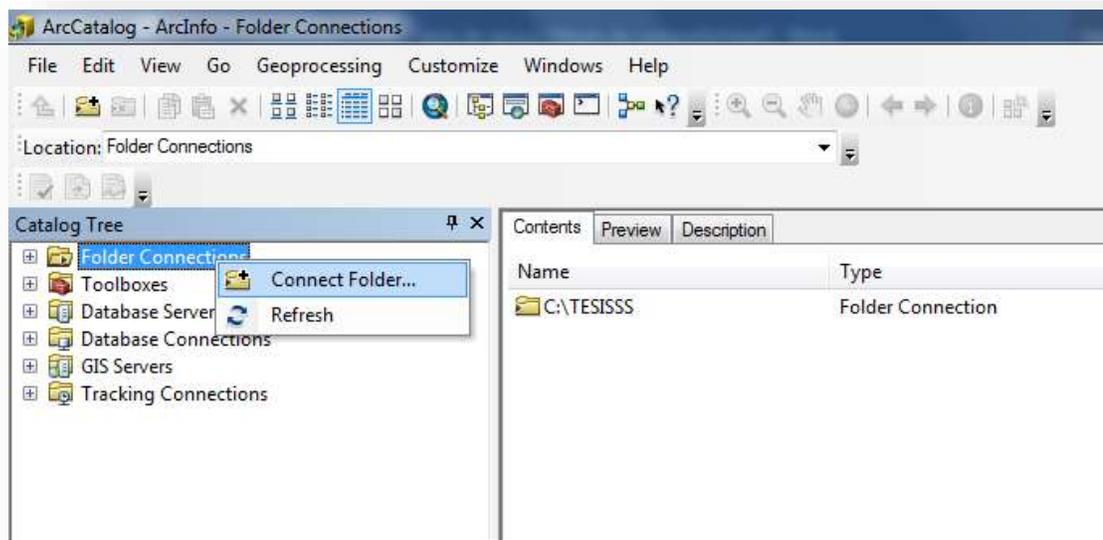


Figura N° 10. Conexión de la carpeta de ArcCatalogo. ArcGis10.0.

Luego se desplegará en pantalla una ventana donde se procederá a escoger la carpeta donde están los datos a conectar. Para este caso se conectarán las carpetas CAPAS y la carpeta Tesis. La carpeta CAPAS fue entregada por el Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales-UC (Ver Figura N° 11).

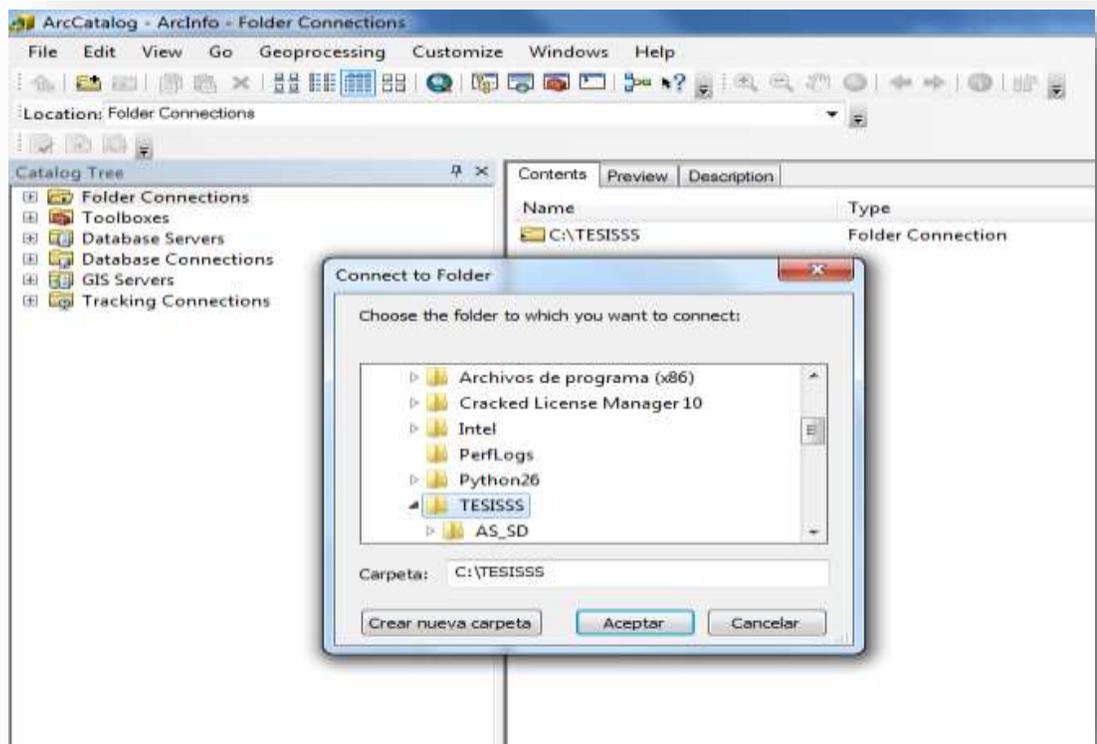


Figura N° 11. Conexión de la carpeta TESIS y CAPAS en ArcCatalog. ArcGIS 10.0.

De esta forma se cargarán las tablas de atributos, donde están todos los datos de cada uno de los pozos (Ver Figura N° 12).

#	NOMBRE	X	Y	E	M	Sector
1	81248	112078	112078	458	Región	Zona Industrial de Casapalca
2	81249	112079	112079	458	Región	Zona Industrial de Casapalca
3	81250	112080	112080	458	Región	Zona Industrial de Casapalca
4	81251	112081	112081	458	Región	Zona Industrial de Casapalca
5	81252	112082	112082	458	Región	Zona Industrial de Casapalca
6	81253	112083	112083	458	Región	Zona Industrial de Casapalca
7	81254	112084	112084	458	Región	Zona Industrial de Casapalca
8	81255	112085	112085	458	Región	Zona Industrial de Casapalca
9	81256	112086	112086	458	Región	Zona Industrial de Casapalca
10	81257	112087	112087	458	Región	Zona Industrial de Casapalca
11	81258	112088	112088	458	Región	Zona Industrial de Casapalca
12	81259	112089	112089	458	Región	Zona Industrial de Casapalca
13	81260	112090	112090	458	Región	Zona Industrial de Casapalca
14	81261	112091	112091	458	Región	Zona Industrial de Casapalca
15	81262	112092	112092	458	Región	Zona Industrial de Casapalca
16	81263	112093	112093	458	Región	Zona Industrial de Casapalca
17	81264	112094	112094	458	Región	Zona Industrial de Casapalca
18	81265	112095	112095	458	Región	Zona Industrial de Casapalca

Figura N° 12. Tabla cargada en ArcCatalogo. ArcGIS 10.0.

El siguiente procedimiento se le deberá aplicar a cada una de las tablas cargadas en ArcCatalog.

Seleccionar cada una de las tablas, dar clic derecho en Create Feature Class → From XY Table..., luego se abrirá la ventana Create Feature Class From XY Table (Ver Figura N° 13) donde se le dará clic en coordinate system of input coordinates y se desplegará una ventana donde, se debe hacer clic en select...(Ver Figura N° 14).

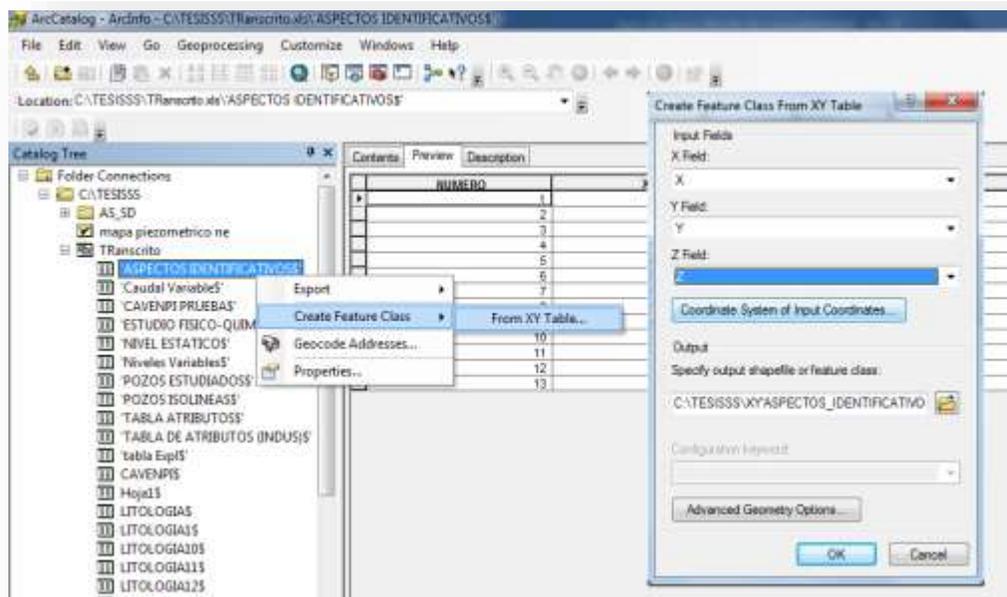


Figura N° 13. Ventana Crear clase de función en ArcCatalog. ArcGIS 10.

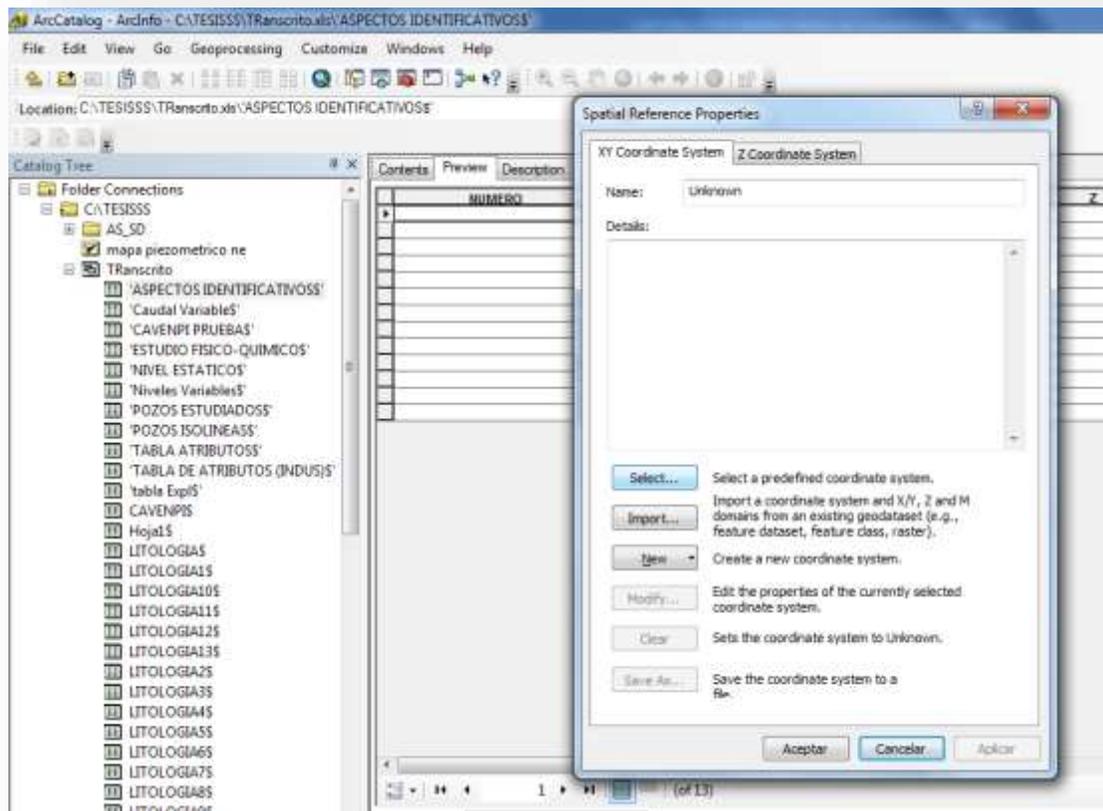


Figura N° 14. Ventana propiedades de referencia espacial en ArcCatalog. ArcGIS 10.0.

Se desplegará una ventana donde aparecen los distintos sistemas de coordenadas disponibles en ArcGIS. Se selecciona Projected Coordinate System → UTM (Ver Figura N° 15).

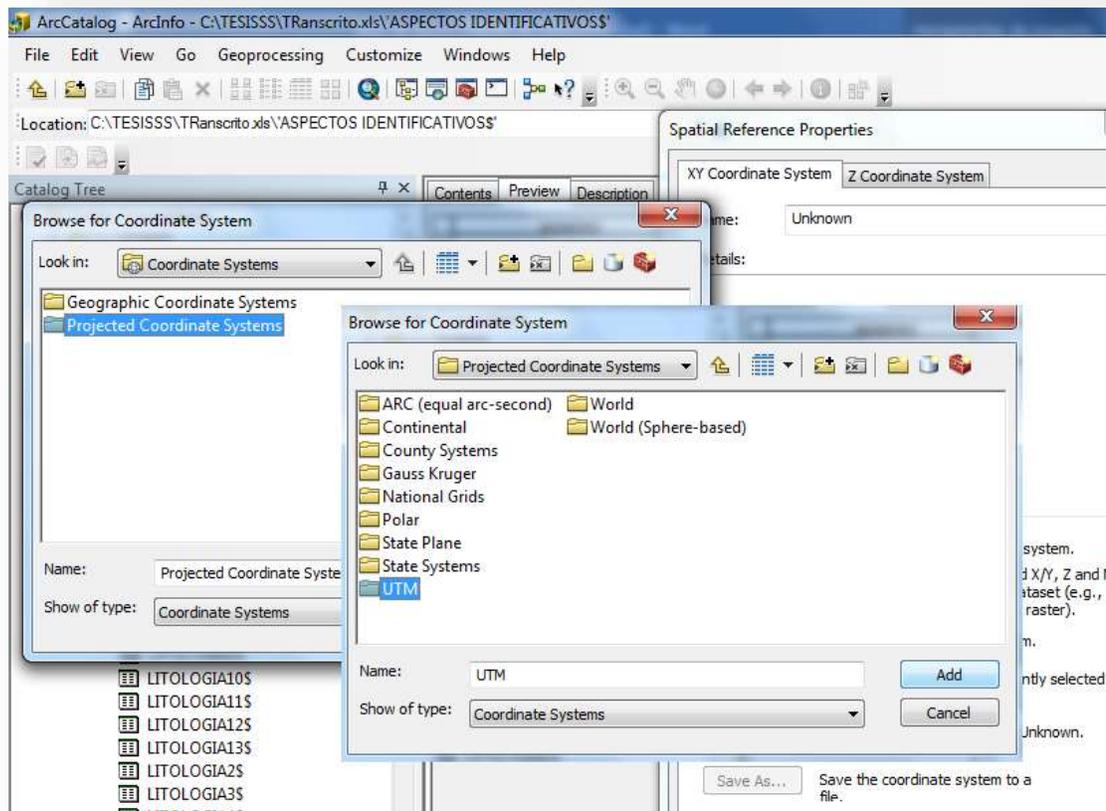


Figura N° 15. Ventana navegar por el sistema de coordenadas en ArcCatalogo. ArcGIS 10.0.

Luego se selecciona WGS1984 → Northern Hemisphere (Ver Figura N° 16).

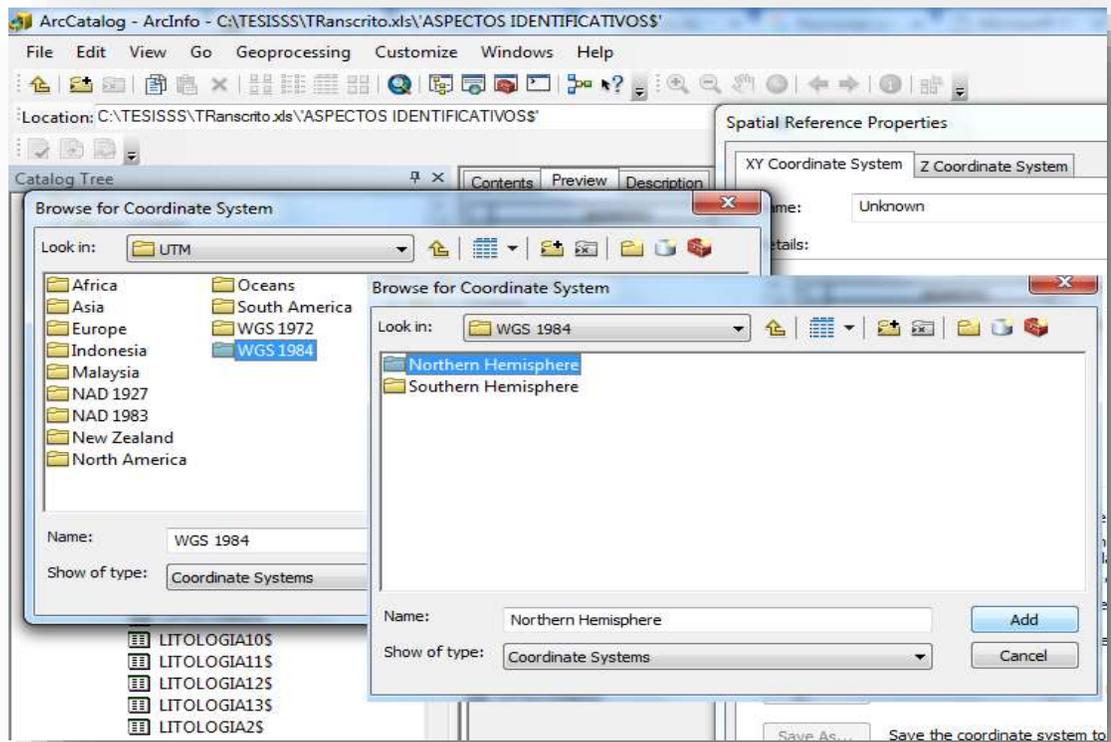


Figura N° 16. Ventana navegar por el sistema de coordenadas en ArcCatalogo. ArcGIS 10.0.

Luego aplicar las propiedades escogidas (Ver Figura N° 17).

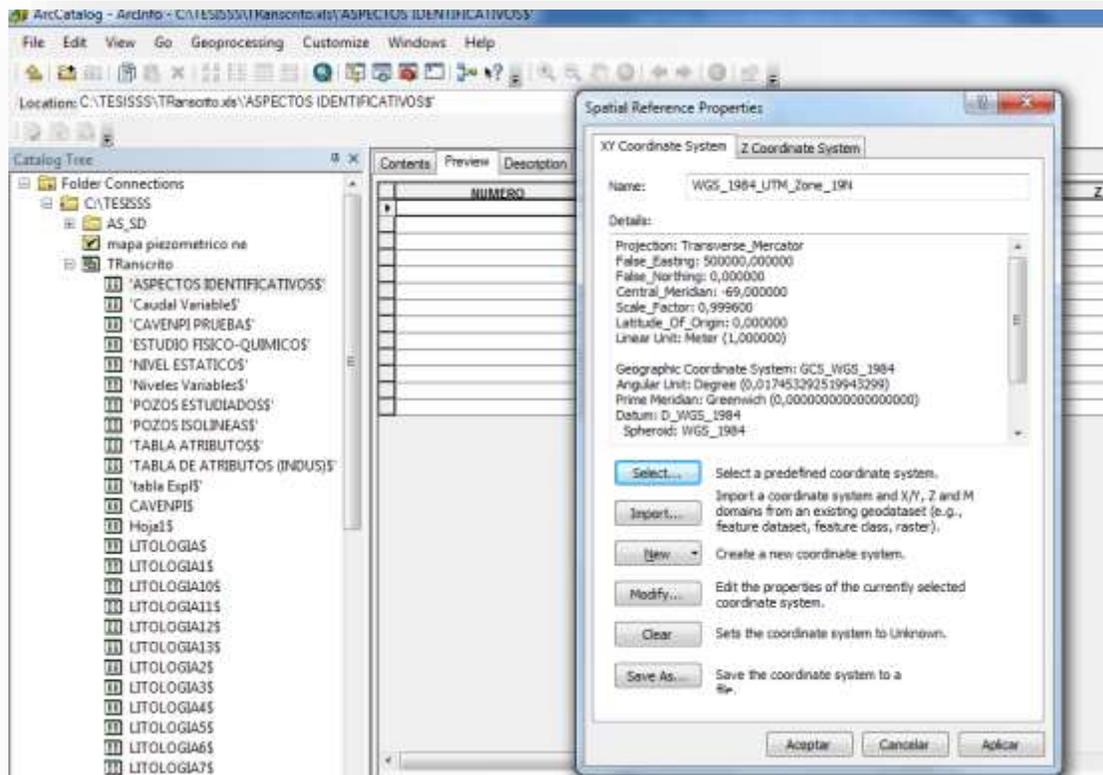


Figura N° 17. Propiedades de referencia espacial en ArcCatalogo. ArcGIS 10.0.

Luego se guardan los datos y se selecciona la ventana de vista previa (Ver Figura N° 18). Cerrar ArcCatalogo.

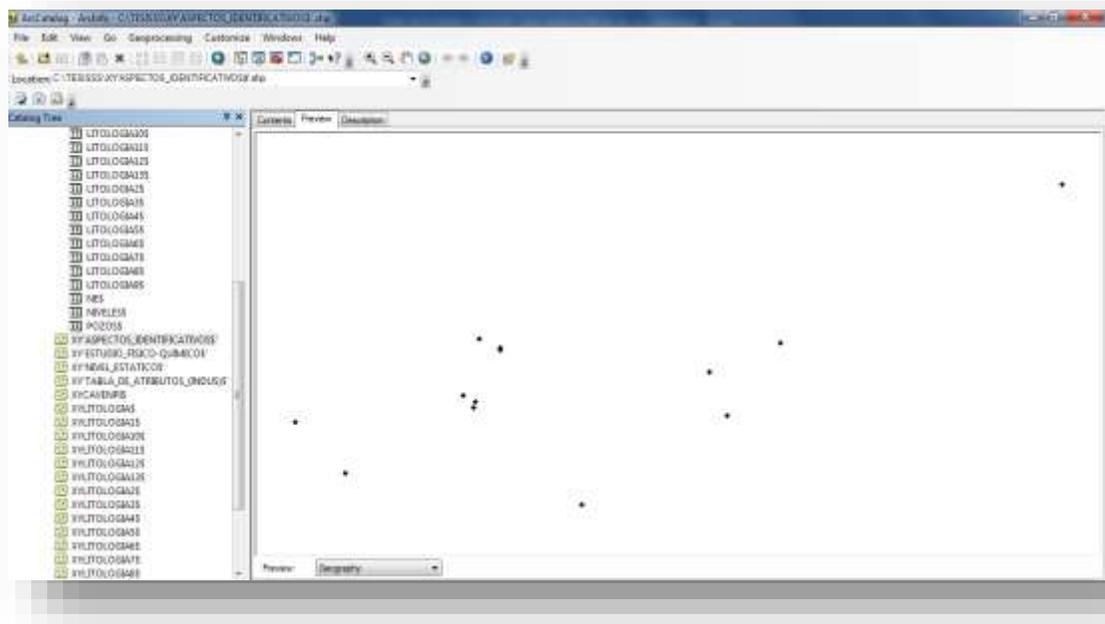


Figura N° 18. Vista previa de ubicación de los pozos sin el mapa base en ArcCatalogo. ArcGIS 10.0.

Elaboración de mapas de ubicación de los pozos

1. Se debe entrar en ArcMap.
2. Desplegar el botón Añadir datos y seleccionar Agregar Mapa Base.
3. Seleccionar Tabla de Atributos Industrial.
4. Dar clic en Zoom to Layer, el programa hará un acercamiento tal que se verán todos los pozos contenidos en la base de datos importada a ArcGIS.
5. Realizar el mismo procedimiento para adicionar las capas, y poder ver los ríos que muestra el Municipio San diego (Ver Figura N° 19).

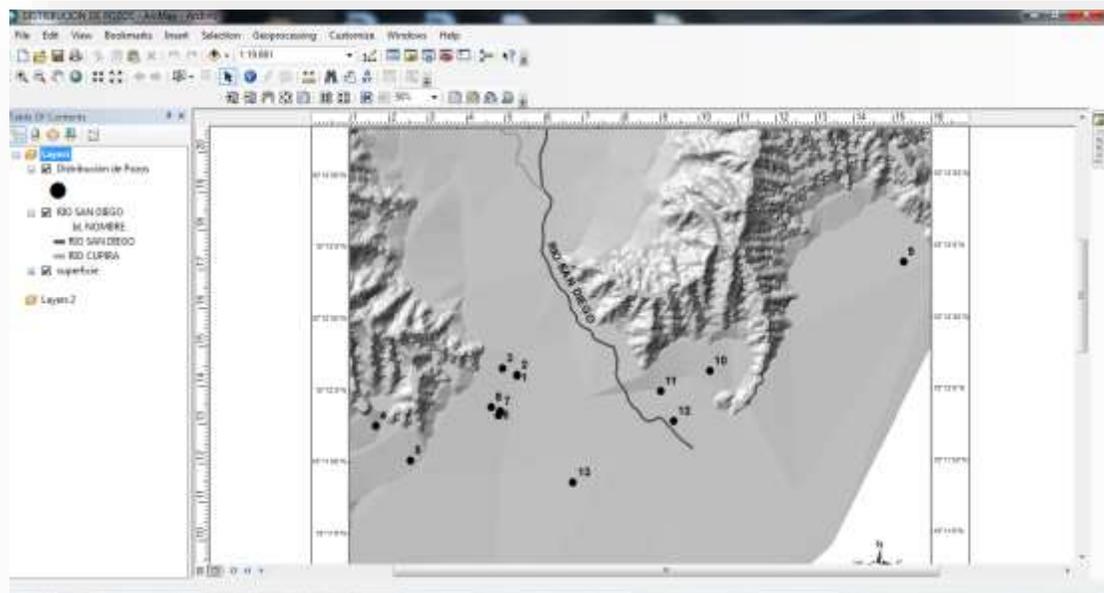


Figura N° 19. Vista Ubicación de los pozos en el mapa base en ArcMap. ArcGIS 10.0.

Elaboración de mapas con la litología

Para representar la litología, se escogió la presentación tipo barra, con el fin de que los datos se puedan apreciar de una manera más organizada. Para esto se siguieron los siguientes pasos:

1. En la capa litología hacer clic en propiedades (Ver Figura N° 20).

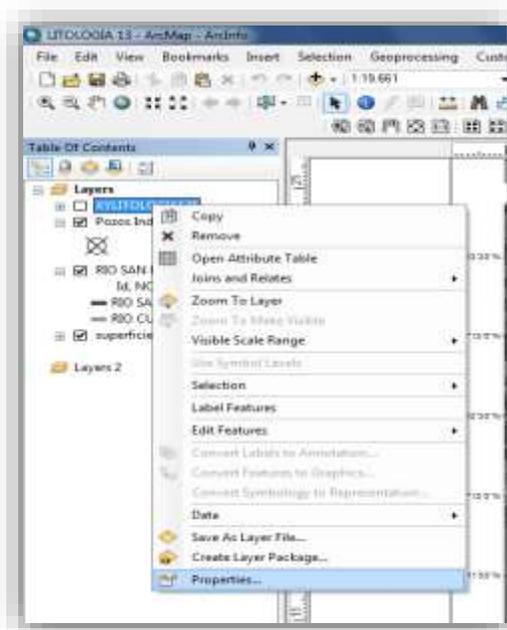


Figura N° 20. Cuadro propiedades capa litología en ArcMap. ArcGis 10.0.

En la pestaña simbología, se escoge el tipo de representación de la data y esquema de colores (Ver Figura N° 21).

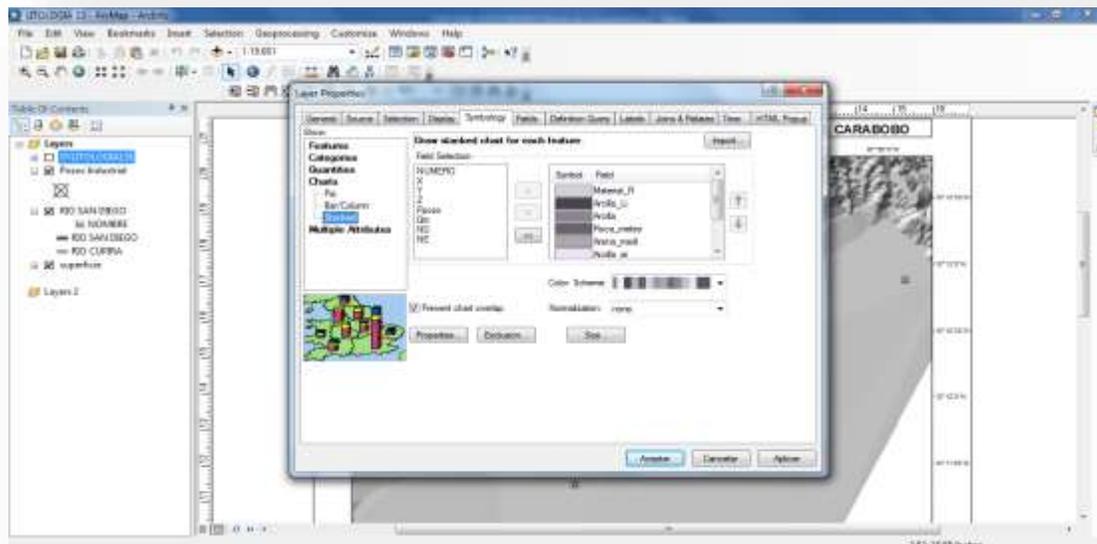


Figura N° 21. Tipo de presentación de los datos capa litología en ArcMap. ArcGis 10.0.

El resultado final se muestra en la Figura N° 22.

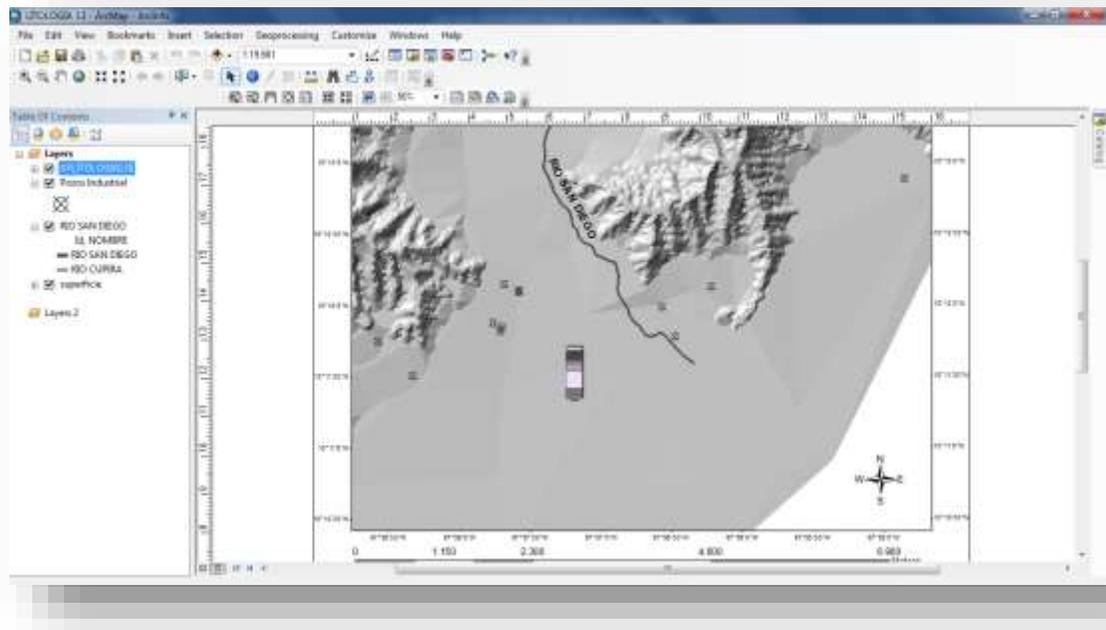


Figura N° 22. Presentación de plano de datos de litología en ArcMap. ArcMap 10.0.

Fase II. Describir la variación de los caudales y niveles en pozos del municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Industrial.

En esta fase se realizará la prueba de caudal variable en la cual se toman los niveles estáticos y dinámicos, utilizando la sonda de nivel freático. Para esto se debe medir el nivel del agua en un pozo de bombeo y en un pozo de observación ambos apagados. Luego se enciende el pozo de bombeo, y se varía el caudal, cada cierto tiempo a la vez que se toma el nivel estático del pozo de observación, a manera de observar su respuesta.

Elaboración de mapas de variaciones de caudal y nivel

Para crear los mapas de variaciones de caudal y nivel, se tabularán en Excel los datos de la prueba de caudal variable realizada con el fin de generar una gráfica de caudal-tiempo y otra grafica de nivel-tiempo. Dichas graficas se insertarán en los mapas de variaciones de caudal y nivel (Ver Figura N° 23).

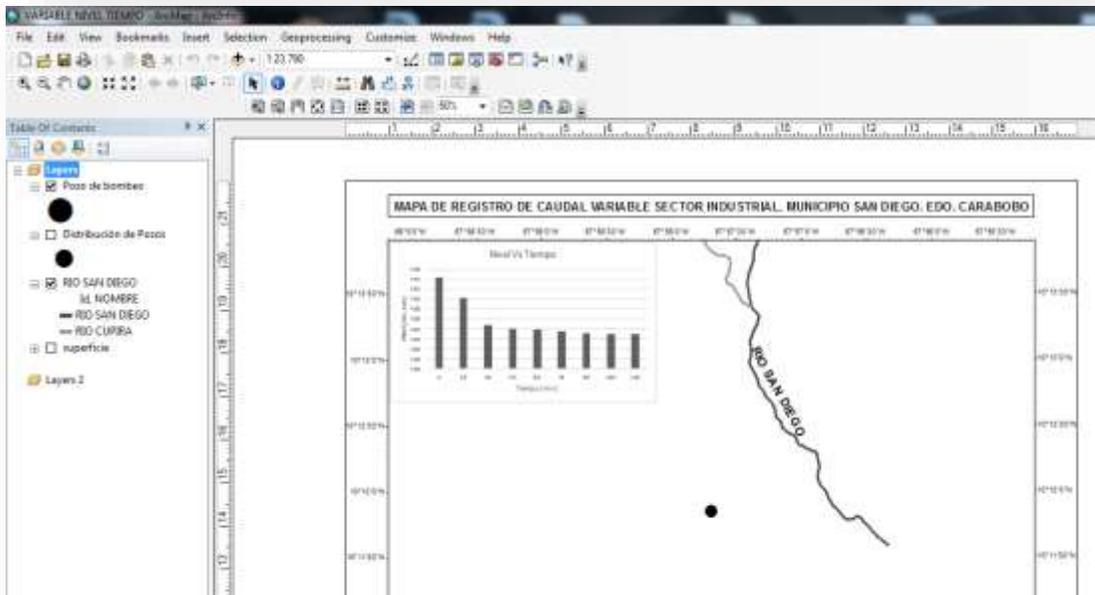


Figura N° 23. Grafica importada ArcMap. ArcGis 10.0.

Fase III. Aplicar modelos matemáticos de estimación de los parámetros hidráulicos de transmisividad y Coeficiente de almacenamiento del acuífero del municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Industrial.

Para estimar los parámetros hidráulicos de Transmisividad y el Coeficiente de Almacenamiento se aplicará el método gráfico de Theis. Para hacer esto se utilizarán los datos tabulados en la fase II. Con dichos datos se creará una tabla en Excel en donde se evidencien los descensos del nivel

dinámico en el pozo de estudio, los datos del ensayo, el intervalo de tiempo con que se ha realizado la prueba de caudal variable y la distancia entre el pozo de estudio y el pozo de observación. Con todos los datos mencionados anteriormente se determinara el coeficiente r^2/t para luego elaborar la gráfica de la función del pozo de estudio (Ver Figura N° 24).

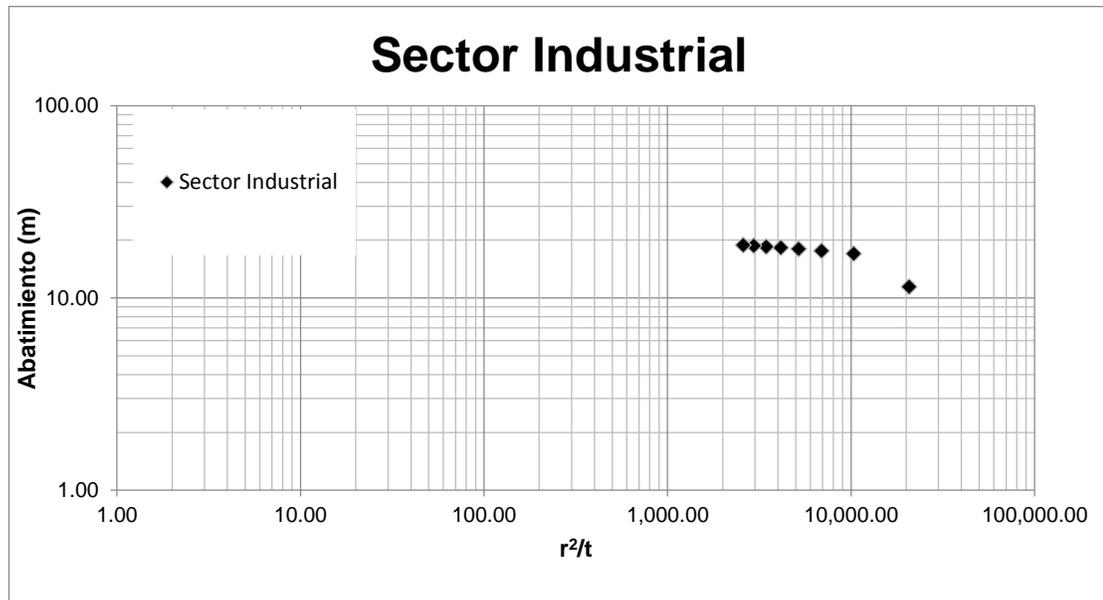


Figura N° 24. Función del pozo N°7 en C.A Venezolana de Pigmento. Coordenadas UTM 613726E; 1127421,14N. Zona Industrial Castillito, Municipio San Diego, Estado Carabobo.

Luego dicha grafica se debe superponer sobre la gráfica del método de Theis y buscar la coincidencia de los puntos de las medidas de campo sobre la curva del grafico de Theis obteniendo así el punto de ajuste $W(U)$ y la función auxiliar $1/U$ (Ver Figura N° 25).

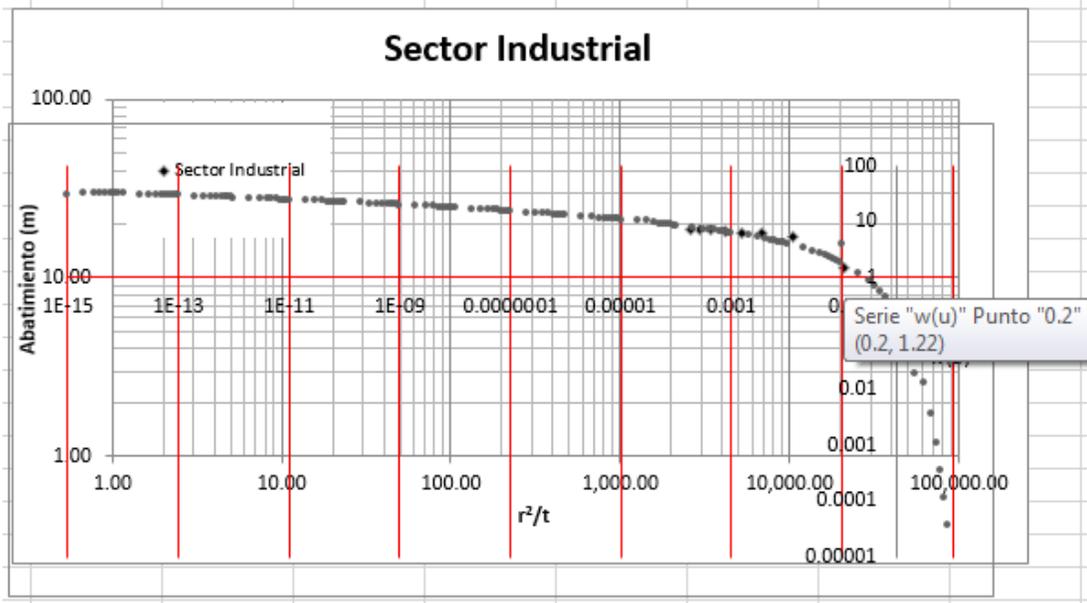


Figura N° 25. Obtención del punto de ajuste a partir de la superposición de la curva de Theis con la gráfica de la función, pozo N°7 en C.A Venezolana de Pigmento. Coordenadas UTM 613726E; 1127421,14N. Zona Industrial Castillito, Municipio San Diego, Estado Carabobo.

Con los datos obtenidos anteriormente se procede a calcular las Transmisividad (T) despejando la variable y haciendo uso de la ecuación de Theis mostrada a continuación:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} W(u)$$

Luego se procede a calcular el coeficiente de almacenamiento (s) despejándolo de la siguiente ecuación:

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

Con los valores de la Transmisividad y el Coeficiente de Almacenamiento es posible observar cual es el comportamiento del acuífero.

Tabla N° 1. Valores de Transmisividad.

$T \text{ (m}^2/\text{día)}$	Calificación estimada
$T < 10$	Muy baja
$10 < T < 100$	Baja
$100 < T < 500$	Media
$500 < T < 1000$	Alta
$T > 1000$	Muy alta

Tabla N° 2. Valores de Coeficiente de Almacenamiento.

Material Acuífero	Funcionamiento del acuífero	Valores de S
Acuíferos kársticos Calizas Dolomías	Libre	0.02 - 0.06
	Semiconfinado	$10^{-3} - 5 * 10^{-4}$
	Confinado	$10^{-4} - 5 * 10^{-5}$
Acuíferos porosos intergranulares Gravas Arenas	Libre	0.05 - 0.15
	Semiconfinado	10^{-3}
	Confinado	10^{-4}
Acuíferos kársticos y porosos	Libre	0.15 - 0.18

Fase IV. Elaborar mapas piezométricos, composición química y de redes de flujo del acuífero del municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Industrial.

En esta fase se elaborarán los mapas piezométricos de las redes de flujo del acuífero del Municipio San Diego, Caso: Sector Industrial. Estos serán representados considerando las elevaciones de los pozos en estudio.

También se elaborarán los mapas de composición química del acuífero del municipio San Diego, Caso: Sector Industrial.

Elaboración de mapas de redes de Flujo.

1. Añadir las capas correspondientes a los pozos estudiados, superficie y cuerpos de agua presentes a través del comando Add Data.
2. Hacer clic en ArcToolBoxes → 3D Analyst Tools → Raster Interpolation → Spline (Ver Figura N° 26).

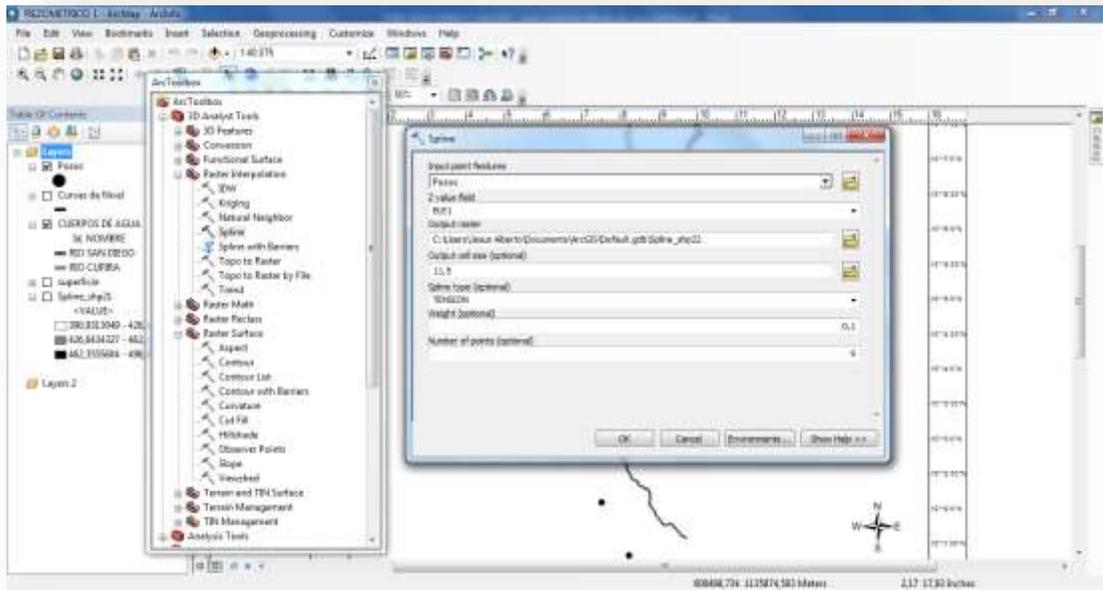


Figura N° 26. Muestra de la ventana para la creación del Spline en ArcMAP. ArcGIS 10.0.

3. Seleccionar el archivo donde se encuentra la información de las elevaciones de los pozos, en la opción de Z valuefield se busca la variable a estudiar en el mapa, en TypeSpline se seleccionará Tension y en number of points se coloca 9, ya que en este caso se están estudiando 9 pozos.

4. Dar aceptar, donde se creará la superficie con las curvas de nivel, generadas a partir de las elevaciones de los pozos (Ver Figura N° 27).

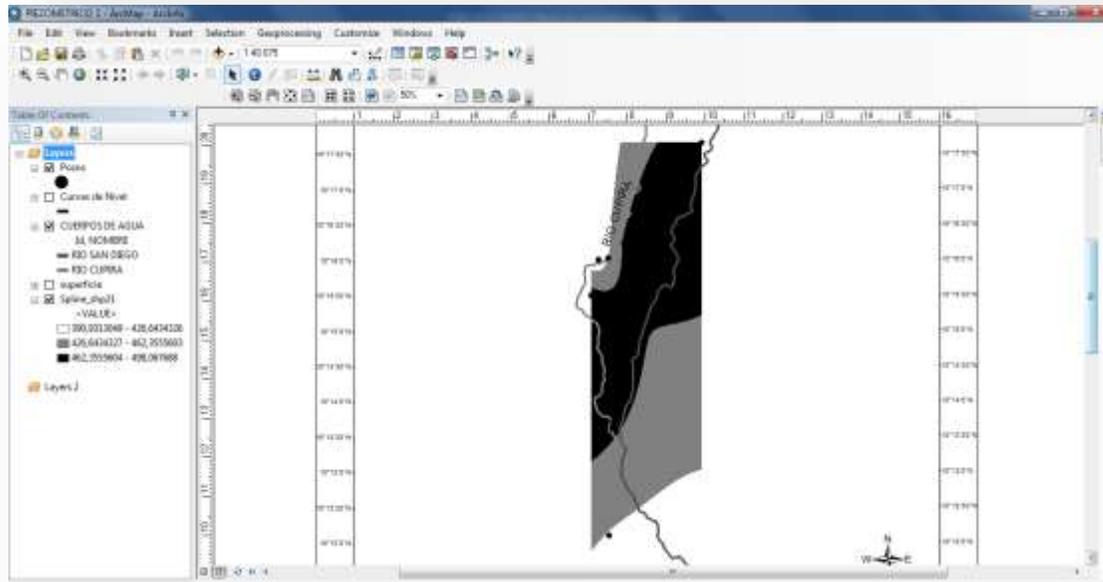


Figura N° 27. Vista previa de la superficie Spline creada en ArcMap. ArcGis 10.0.

5. Hacer clic en ArcToolBox → 3D Analyst Tools → Raster Interpolation → Contour (Ver Figura N° 28).

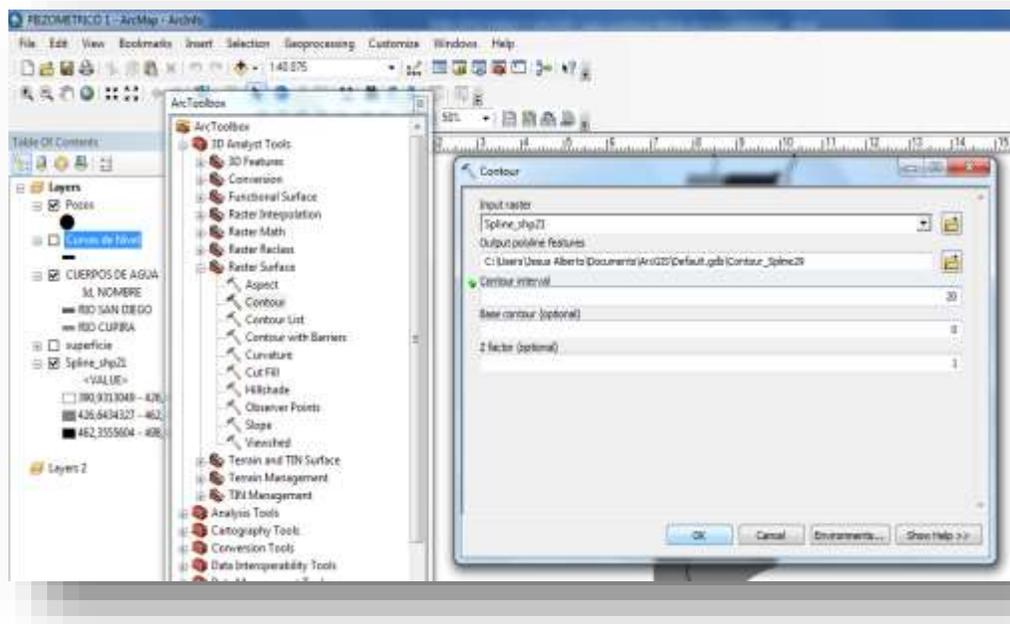


Figura N° 28. Ventana de valores de entrada para la creación de las curvas de nivel en ArcMAP. ArcGIS 10.0.

6. Seleccionar la superficie de entrada y el intervalo de las curvas de nivel que en este caso se escogerá un intervalo de 20.
7. Hacer clic en aceptar y se crearán las curvas de nivel de una superficie generada a partir de las elevaciones de los pozos estudiados, donde es posible observar la dirección del flujo en el acuífero presentado en el mapa (Ver Figura N° 29).

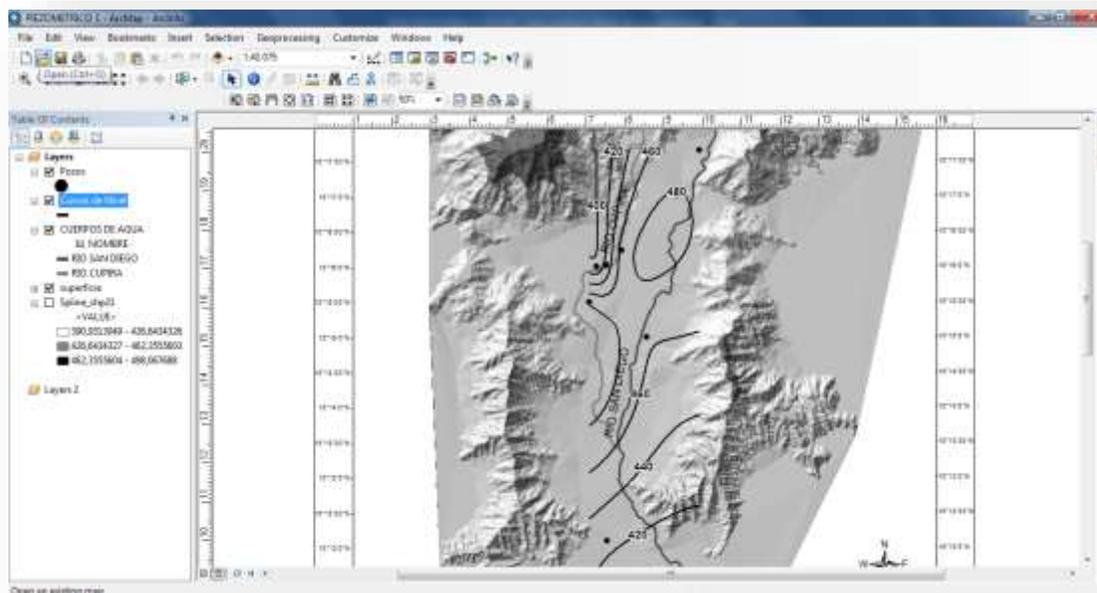


Figura N° 29. Vista previa de las curvas de nivel según las elevaciones de los puntos de agua subterránea en la zona Industrial del Municipio de San diego. Fecha: 07/10/2015. En ArcMap. ArcGIS 10.0.

Elaboración de mapas de composición química

Pala la elaboración de mapas de composición química se realizará la revisión de los registros entregados por el Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y Aguas para obtener los datos de la composición química de los pozos. Dichos datos una vez tabulados en Excel y cargados en ArcCatalogo se procederá a realizar los mapas de composición química mediante el procedimiento descrito a continuación:

1. Agregar la capa donde se encuentre los datos fisicoquímicos hacer clic en propiedades → Symbology → Quantities → Graduated colors seleccionar pH y clase 3.
2. Hacer clic en Graduated Symbols seleccionar pH y clase 3 (Ver Figura N° 30).

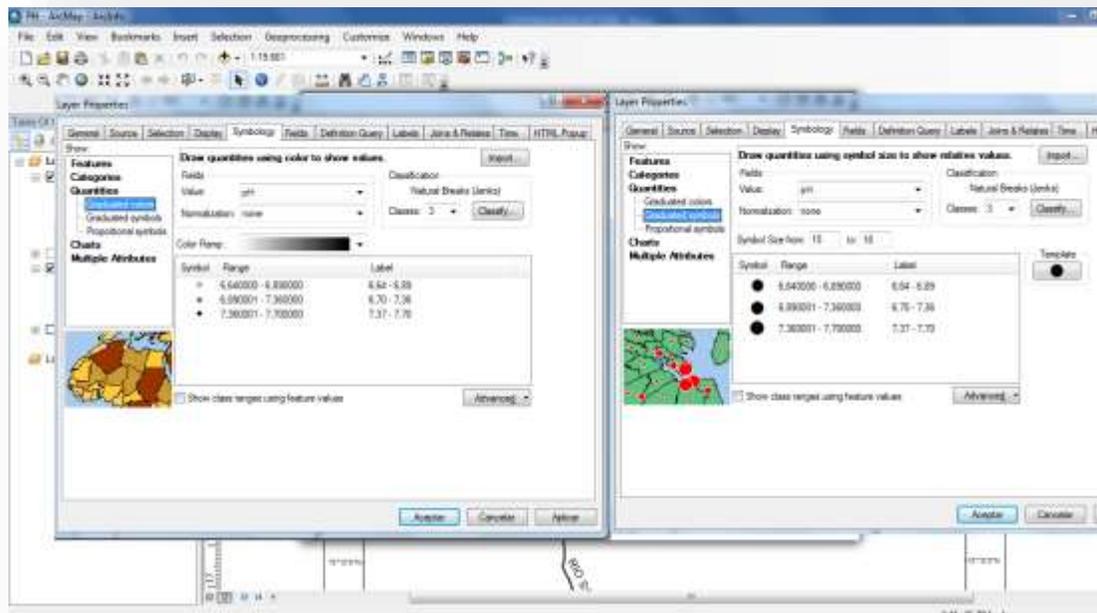


Figura N° 30. Ventana capa de propiedades – Simbología en ArcMap. ArgGis 10.0.

3. Hacer clic en aceptar (Ver Figura N° 31)

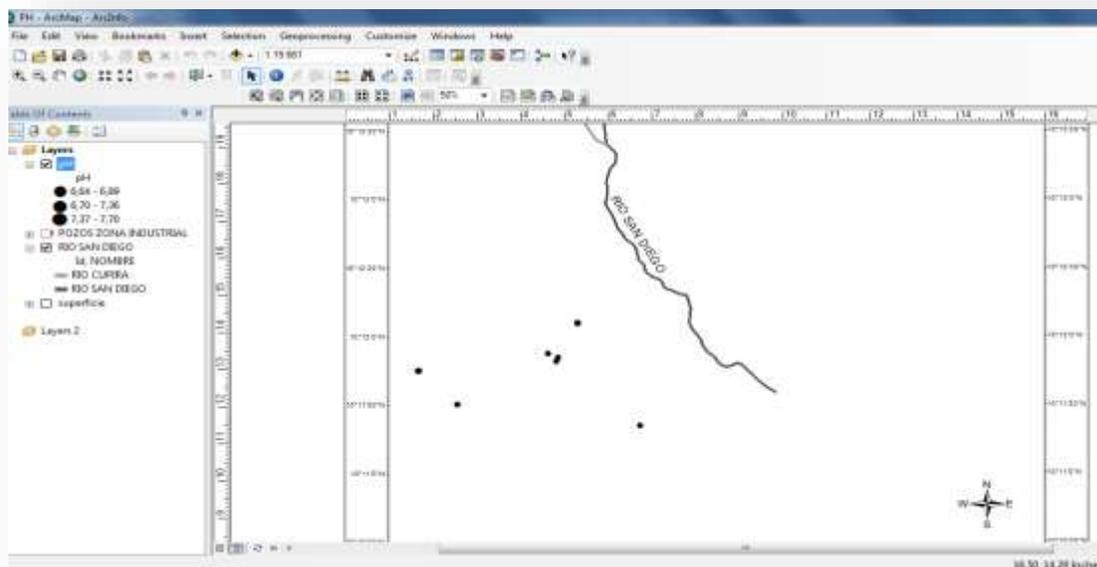


Figura N° 31. Mapa de Propiedades Físicoquímicas. pH en ArcMap. ArcGis 10.0.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y RESULTADOS

Resultados. Fase I. Identificar la ubicación geográfica y propiedades geofísicas de los pozos subterráneos en el Municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Industrial.

En el anexo B se presentan los resultados de la identificación de los pozos del sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo, suministrados por el Ministerio del Poder Popular de Ecosocialismo y Aguas, en donde se puede observar que existen 13 pozos.

En el Anexo B.2 se presenta el mapa de ubicación del sector Industrial de los pozos en ArcGIS 10.0.

Dichos pozos se clasifican de la siguiente forma:

1. Según su uso: de los 13 pozos existentes 7 son de uso industrial, 2 de uso comercial, 1 de uso para administración pública, 2 de uso agrícola y 1 de uso para abastecimiento.

Tabla N° 3. Clasificación según Uso de pozos en el Sector Industrial en el Municipio San Diego del Estado Carabobo.

Uso	n° de pozos
Industrial	7
Comercial	2
Administración Pública	1
Agrícola	2
Abastecimiento	1
Total n° de pozos	13

Uso de pozos

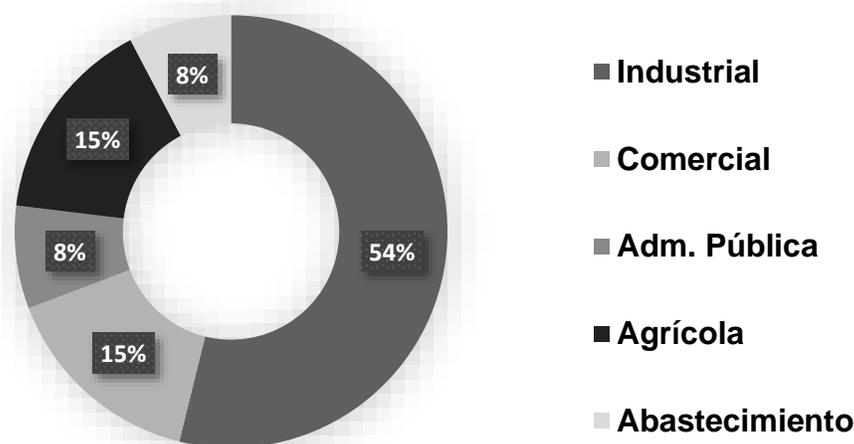


Figura N° 32. Clasificación según Uso de pozos en el Sector Industrial en el Municipio San Diego del Estado Carabobo.

En el grafico anterior (Figura N° 32) se presentan los porcentajes del uso de los pozos, por este se entiende que el 54% es de uso industrial, el 15% es de uso comercial igualmente otro 15% de uso agrícola, el 8% de uso para abastecimiento y finalizando también con 8% para uso de administración pública. En el Anexo B.4 se presenta el mapa de ubicación geográfica según el uso de dichos pozos en ArcGIS 10.0.

2. Según su estado operacional: de los 13 pozos existentes se observa que 12 están activos y solo un pozo está inactivo.

Tabla N° 4. Clasificación de pozos según su estado operacional en el Sector Industrial en el Municipio San Diego del Estado Carabobo.

Estado operacional	n° de pozos
Activo	12
Inactivo	1
Total n° de pozos	13

Estado operacional de pozos

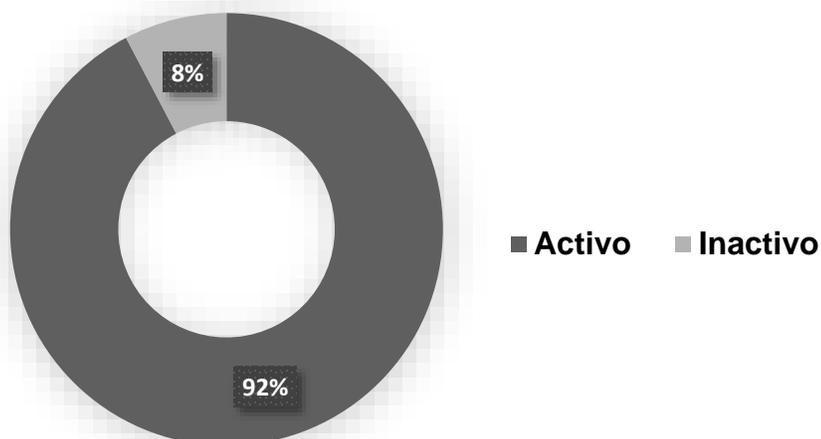


Figura N° 33. Clasificación de pozos según su estado operacional en el Sector Industrial en el Municipio San Diego del Estado Carabobo.

En el grafico anterior (Figura N° 33) se presentan los porcentajes del estado operacional de los pozos, por este se entiende que el 92% de los pozos se encuentran activos y que solo el 8% de los pozos está inactivo. En el Anexo B.5 se presenta el mapa de ubicación geográfica según el estado operacional de dichos pozos en ArcGIS 10.0.

En el anexo C se presentan los mapas de los perfiles litológicos de los 2 pozos ubicados en la zona industrial Castillito en el Municipio San Diego del Estado Carabobo, en donde se muestran las variaciones litológicas.

Se obtuvo del análisis de los perfiles litológicos suministrado por el Ministerio del Poder Popular de Ecosocialismo y Aguas realizado por la empresa Inversiones JPK, que en la Zona Industrial Castillito pozo N° 4 en el Municipio San Diego del Estado Carabobo, coordenadas UTM 1127239N; 612124E, presenta una composición litología con un espesor de 0,5 metros de material de relleno, 5,5 metros de arcilla limosa, 5 metros de arcilla, 3 metros de roca meteorizada, 2 metros de arcilla, 14 metros de roca meteorizada, 2 metros de arena media, 16 metros de interestratificación de arenas finas y medias, 2 metros de arena media y 20 metros de roca meteorizada. Se puede observar que en este pozo abunda por estrato roca meteorizada e interestratificación de arenas finas y medias (Ver Tabla N° 5).

Tabla N° 5. Perfil Litológico del Pozo N° 4 de la Zona Industrial Castillito en el Municipio San Diego del Estado Carabobo.

Ubicación		Zona Industrial Castillito
Pozo N°		4
Coordenadas UTM		1127239N ; 612124E
DESDE (m)	HASTA (m)	DESCRIPCIÓN
0	0,5	Material de relleno
0,5	6	Arcilla limosa
6	11	Arcilla
11	14	Roca meteorizada
14	16	Arcilla
16	30	Roca meteorizada
30	32	Arena media
32	48	Interestratificación de arenas finas y medias
48	50	Arena media
50	70	Roca meteorizada

Se obtuvo del análisis de los perfiles litológicos suministrado por el Ministerio del Poder Popular de Ecosocialismo y Aguas realizado por la empresa C.A. PARKO, que en la Zona Industrial Castillito pozo N° 13 en el Municipio San Diego del Estado Carabobo, coordenadas UTM 1126508N; 614670E, presenta una composición litología con un espesor de 0.5 metros de material de relleno, 16,5 metros de arcilla limosa, 3 metros de arcilla media, 32 metros de arcilla con lentes de arena, 13 metros de arena media con lentes de arcilla, 4 metros de arcilla, 19 metros de arena media con lentes de arcilla, 14 metros de arcilla con arena fina , 7 metros de arena media, 10 metros de arcilla intercalada con arena media, 17 metros de arena media con lentes de arcilla, 5 metros de arcilla y 19 metros de arena media intercalada con arcilla. Se puede observar que en este pozo abunda por estrato arcilla limosa, arcilla con lentes de arena, arena media con lentes de arcilla y arena media intercalada con arcilla (Ver Tabla N° 6).

Tabla N° 6. Perfil Litológico del Pozo N° 13 de la Zona Industrial Castillito en el Municipio San Diego del Estado Carabobo.

Ubicación		Zona Industrial Castillito
Pozo N°		13
Coordenadas UTM		1126508N ; 614670E
DESDE (m)	HASTA (m)	DESCRIPCIÓN
0	0,5	Material de relleno
0,5	17	Arcilla limosa
17	20	Arcilla media
20	52	Arcilla con lentes de arena
52	65	Arena media con lentes de arcilla
65	69	Arcilla
69	88	Arena media con lentes de arcilla
88	102	Arcilla con arena fina
102	109	Arena media
109	119	Arcilla intercalada con arena media
119	136	Arena media con lentes de arcilla
136	141	Arcilla
141	160	Arena media intercalada con arcilla

Resultados. Fase II. Describir la variación de los caudales y niveles en pozos del municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Industrial.

Los resultados obtenidos de la prueba de caudal variable realizada al pozo N°7 ubicado en la Zona Industrial Castillito, municipio San Diego, Estado Carabobo, Coordenadas UTM 1127421.14 N, 613726 E, son los siguientes:

Tabla N° 7. Valores obtenidos al realizar la Prueba de Caudal Variable, Pozo N°13 Zona Industrial Castillito del Municipio San Diego, Estado Carabobo.

t (min)	Q (lps)	Descenso (m)
0	0,00	0
15	9,71	11,46
30	11,09	16,98
45	13,17	17,60
60	13,57	17,99
75	13,64	18,26
90	14,10	18,51
105	14,10	18,70
120	14,14	18,87

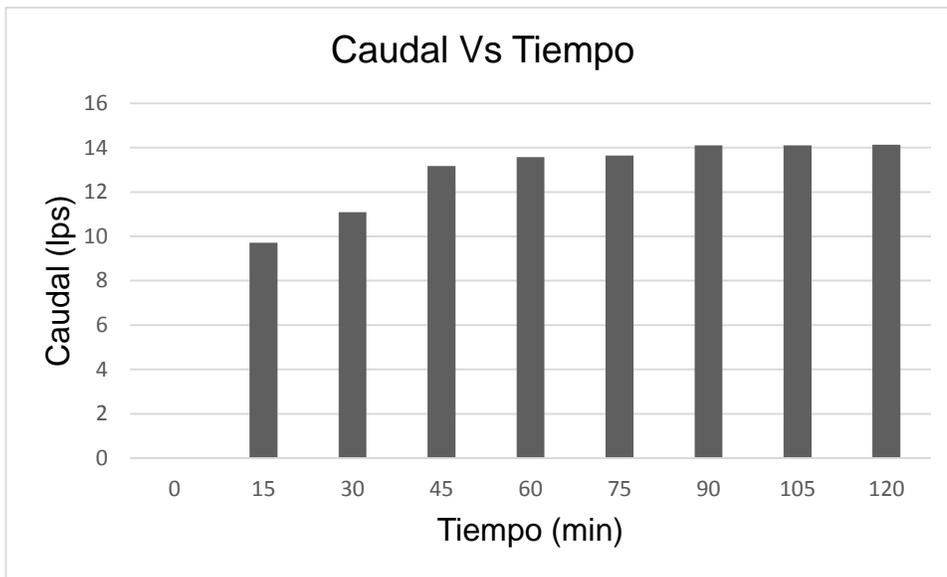


Figura N° 34. Caudal en función del Tiempo, análisis de prueba de caudal variable del pozo N°13.

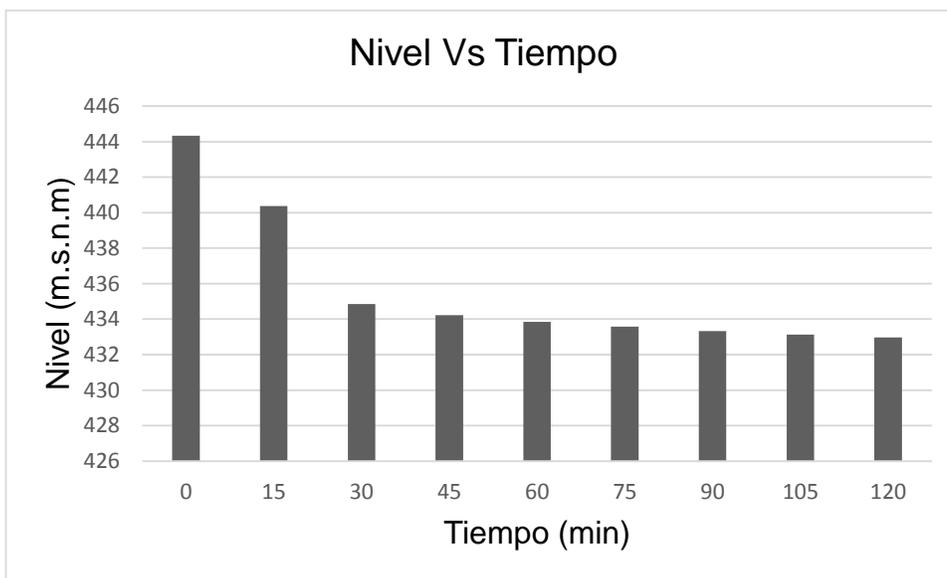


Figura N° 35. Nivel en función del Tiempo, análisis de prueba de caudal variable del pozo N°13.

En el Anexo D.1 se presenta el mapa de ubicación geográfica del pozo de bombeo y el pozo de observación en ArcGIS 10.0.

Resultados. Fase III. Aplicar modelos matemáticos de estimación de los parámetros hidráulicos Transmisividad y Coeficiente de almacenamiento del acuífero del municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Industrial.

Por medio de la prueba de caudal variable se obtuvo descenso progresivo y el coeficiente r^2/t como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 8. Calculo del coeficiente r^2/t a partir de los resultados de la prueba de caudal variable.

Descenso (m)	r^2/t
0	0
11,46	20.691,44
16,98	10.345,72
17,60	6.897,15
17,99	5.172,86
18,26	4.138,29
18,51	3.448,57
18,70	2.955,92
18,87	2.586,43

Tabla N° 9. Ubicación de los Pozos utilizados en la prueba de caudal variable zona industrial Castillito, Municipio San Diego, Estado Carabobo.

	Pozo de Observación	Pozo de Bombeo
Coordenadas UTM	1127977 N	1127421,14 N
	613760 E	613726 E
R (m)	557,11	

Por medio del método de Theis se obtuvieron los resultados mostrados a continuación:

Tabla N° 10. Aplicación del método de Theis en Pozos utilizados en la prueba de caudal variable zona industrial Castillito, Municipio San Diego, Estado Carabobo.

W(U)	1,22
1/U	5
ho-h (m)	11,46
r²/t (m²/min)	20.691,44

Finalmente se obtuvieron los resultados de Transmisividad (T) y Coeficiente de Almacenamiento (s).

Tabla N° 11. Resultados de Transmisividad (T) y Coeficiente de Almacenamiento (s) aplicando el método de Theis.

Transmisividad (T) (m²/día)	92,76
Coeficiente de Almacenamiento (s)	2,49E-06

Resultados. Fase IV. Elaborar mapas piezométricos, composición química y de redes de flujo del acuífero del municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Industrial.

De los 13 pozo del sector industrial se le realizó el estudio de los niveles estáticos a solo 2 pozos durante 3 meses, donde se pudo observar que no hubo un cambio significativo en cada una de las mediciones echas a los pozos, como se muestra a continuación en los siguientes gráficos:

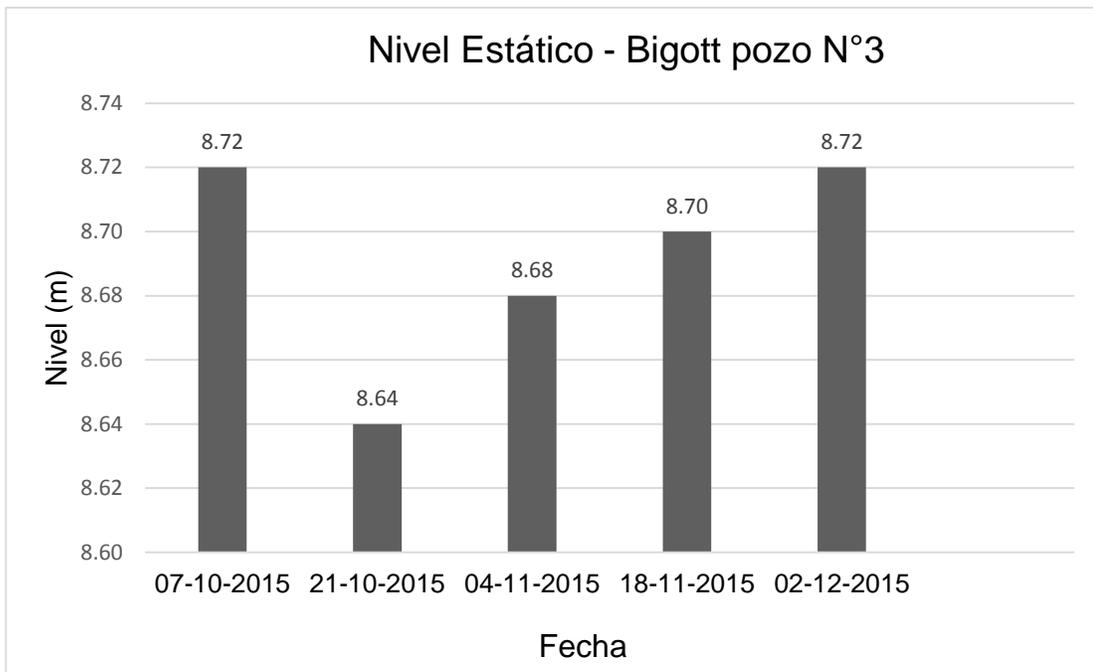


Figura N° 36. Nivel estático en función de los días de medición en Bigott, coordenadas UTM 1127977N; 613760E, Municipio San Diego del Estado Carabobo.

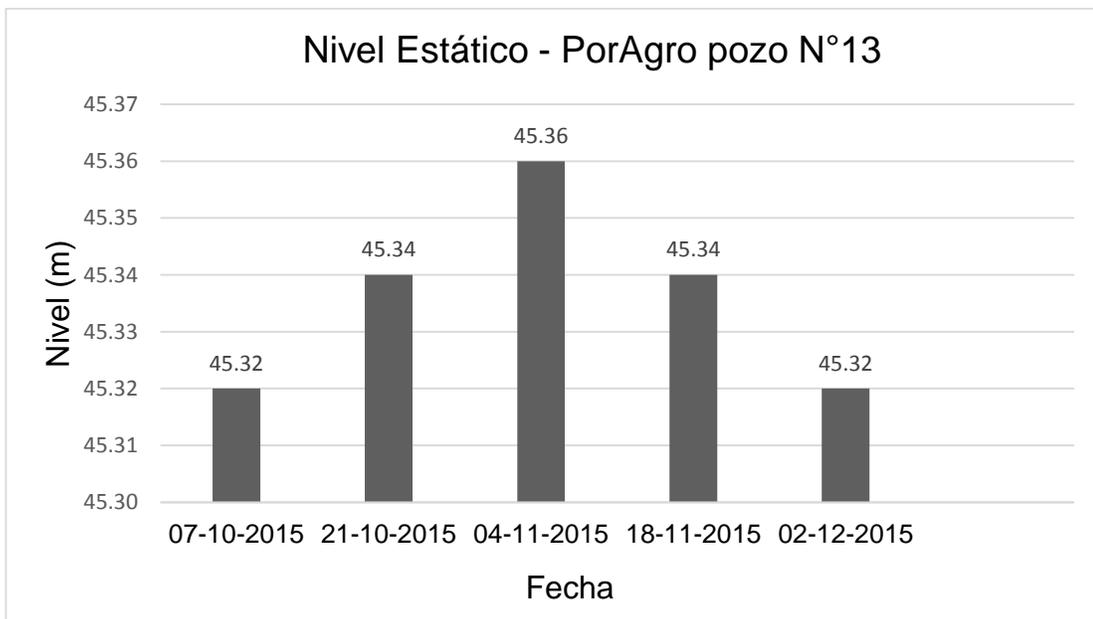


Figura N° 37. Nivel estático en función de los días de medición en ProAgro, coordenadas UTM 1126508N; 614670E, Municipio San Diego del Estado Carabobo.

En los mapas piezométricos se muestran los niveles estáticos, representados entre los distintos pozos, y se observa que el flujo del agua va en sentido Norte-Sur. En el anexo E se presentan los mapas piezométricos de la zona en estudio.

De los 13 pozos solo se revisaron los datos fisicoquímicos de 8 pozos, cuyas pruebas se habían realizado solo al momento de la perforación.

A continuación, en se presentan los datos fisicoquímicos disponible de los pozos:

Tabla N° 12. Datos físico químicos de los pozos en estudio.

U	Sector	pH	Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	Solidos disueltos (mg/l)	Dureza total (mg/l)	Cloruros (mg/l)	Carbonatos (mg/l)	Zinc (mg/l)
Bigott	Zona Industrial castillito	7.36	247.3	400	246.9	10.56	148.4	0.001
Bigott	Zona Industrial castillito	7.22	250	387	250	9	135	0.001
Colgate-Palmolive C.A	Zona Industrial castillito	7.7	143.81	618	380	19	0.67	-
Motel Escalibur	Zona Industrial castillito	7.3	165	255	248.8	10	16.5	0.03
C.A Venezolana de Pigmento	Zona Industrial castillito	6.89	298	313	331	12	298	0.001
C.A Venezolana de Pigmento	Zona Industrial castillito	6.75	151	323	338	9	152	0.006
C.A Venezolana de Pigmento	Zona Industrial castillito	6.64	316	363	373	16	316	0.005
ProAgro	Zona Industrial castillito	6.87	270	309	203	8.1	-	-

En el anexo F se presentan los mapas de Alcalinidad, Carbonatos, Cloruros, Dureza total, pH, Sólidos disueltos y Zinc donde se representa la variación de las propiedades en los pozos descritos en la Tabla N° 12.

Discusión de Resultados

Discusión de Resultados. Fase I. Identificar la ubicación geográfica y propiedades geofísicas de los pozos subterráneos en el Municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Industrial.

Analizando la base de datos suministrada por el Ministerio del Poder Popular de Ecosocialismo y Aguas se observó que en la zona industrial del Municipio San Diego solo se encuentran 13 pozos (Ver anexo B.2). Se pudo conocer que de los 13 pozos existentes solo uno está inactivo y que el uso principal de los pozos de ésta zona es con fines industriales.

Se puede observar en el perfil litológico del pozo N° 4 (Ver Tabla N° 5) ubicado en la Zona Industrial Castillito, Municipio San Diego, Estado Carabobo que el pozo posee una profundidad de 70 metros donde existen estratos de material con permeabilidad alta (Arena) encerrados entre estratos de material con permeabilidad baja (Arcilla), por lo que es posible confirmar que se está en presencia de un acuífero confinado.

En el perfil litológico del pozo N° 13 (Ver Tabla N° 6) ubicado en la Zona Industrial Castillito, Municipio San Diego, Estado Carabobo, se muestra una profundidad de 160 metros, posee estratos de material con poca permeabilidad (Arcilla) los cuales encierran a estratos con mediana permeabilidad (Arena media con lentes de arcilla, Arcilla intercalada con arena media), por lo que se puede decir que la circulación del agua a través de la

formación geología es media, clasificando así como un acuífero y también como un acuitardo.

Discusión de Resultados. Fase II. Describir la variación de los caudales y niveles en pozos del municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Industrial.

En el pozo N°7 en C.A Venezolana de Pigmento de la Zona Industrial Castillito se pudo observar que el caudal fue aumentando progresivamente para luego estabilizarse en 18,14 (lps). El nivel estático al inicio de la prueba fue de 444,33 (m.s.n.m.), luego disminuyó a 434,85 (m.s.n.m.), en la medida que transcurrió la prueba el nivel dinámico fue disminuyendo lentamente hasta estabilizarse en 432,96 (m.s.n.m.). Se puede apreciar de que el pozo cuenta con una buena capacidad de almacenamiento y no está sobreexplotado, ya que tiene 101 metros de profundidad y el nivel solo baja 20 metros.

Discusión de Resultados. Fase III. Aplicar modelos matemáticos de estimación de los parámetros hidráulicos Transmisividad y Coeficiente de almacenamiento del acuífero del municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Industrial.

De acuerdo a los valores obtenidos de los parámetros hidráulicos como lo son la Transmisividad (T) y el Coeficiente de Almacenamiento (s) se observa que el valor de la Transmisividad (T) es bajo por lo que el movimiento horizontal de las aguas es lento y el valor del Coeficiente de Almacenamiento (s) es bajo por lo que es posible la presencia de un acuífero confinado. Es importante destacar que la prueba de caudal variable solo se realizó una sola vez por lo que los resultados pueden estar sujetos a errores disminuyendo así su confiabilidad.

Discusión de Resultados. Fase IV. Elaborar mapas piezométricos, composición química y de redes de flujo del acuífero del municipio San Diego durante el año 2015. Caso: Sector Industrial.

En los mapas piezómetros se puede observar que las líneas de flujo indican que el Río San Diego se recarga de la cadena montañosa y se puede afirmar que el acuífero de la zona industrial Castillito se recarga del Río San Diego.

Revisando la data de los estudios de composición química del agua, se pudo observar que:

1. Todos los pozos tienen un nivel de pH comprendido en el rango de 6,5 - 8.5 por lo que están dentro de los parámetros aceptables.
2. Todos los pozos tienen una concentración de sólidos disueltos inferior al valor deseable de 600 (mg/l) a excepción del pozo N°4 pero sin embargo no supera el máximo valor aceptable de 1000 (mg/l).
3. Todos los pozos tienen una concentración de Dureza total inferior al valor deseable de 250 (mg/l) a excepción de los pozos N°2, N°4, N°6, N°7 y N°8 pero sin embargo no superan el máximo valor aceptable de 500 (mg/l).
4. Todos los pozos tienen una concentración de Cloruro inferior al valor deseable de 250 (mg/l).
5. Los carbonatos tienen valores menores a 350 y siendo el pH inferior a 8.3 se puede decir que es 0.
6. Todos los pozos tienen una concentración de Zinc inferior al valor deseable de 3 (mg/l).

Todos los valores químicos de los pozos estudiados están por debajo del rango permitido por la Gaceta Oficial N° 36.395 Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable por lo que el agua de todos los pozos es apta para el consumo humano.

Tabla N° 13. Componentes relativos a la calidad organolépticos del agua potable. Fuente: Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 36.395 (1.998).

Componente o característica	Unidad	Valor Deseable menor a	Valor Máximo Aceptable (a)
Color	UCV (b)	5	15 (25)
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
Aluminio	mg/L	0.1	0.2
Cloruro	mg/L	250	300
Cobre	mg/L	1.0	(2.0)
Hierro total	mg/L	0.1	0.3 (1.0)
Manganeso total	mg/L	0.1	0.5
Sodio	mg/L	200	200
Sulfato	mg/L	250	500
Cinc	mg/L	3.0	5.0

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Se genera una base de datos a partir de las zonas de captación del sector industrial del Municipio San Diego, donde se determina la existencia de 13 pozos en el área y se da conocer que solo el 92,31% se encuentra activo, estos con profundidades de mayores a 70m.
2. Cuando se realizó el proceso de bombeo en el pozo donde se llevó a cabo la prueba de caudal variable y nivel, se pudo observar que el pozo desciende menos de un 10% de la profundidad inicial por lo que se puede concluir que el acuífero no está sobreexplotado.
3. Se determinó que la Transmisividad del acuífero es baja por que la cantidad de agua que es transmitida horizontalmente también lo es. Del análisis echo a los estudios litológicos junto con el resultado del Coeficiente de almacenamiento se puede llegar a la conclusión que se está en presencia de un acuífero confinado por lo que el agua procede de la descompresión.
4. Los estudios químicos revisados arrojan que todos los valores de los pozos estudiados están por debajo del rango permitido por las Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable por lo que las aguas de los pozos son aptas para el consumo humano. De los mapas piezómetros se puede observar que el acuífero de la Zona Industrial Castillito se recarga del río San Diego.

RECOMENDACIONES

1. Realizar los estudios litológicos a todos los pozos del Sector Industrial del Municipio San Diego con el fin de que se pueda obtener con fidelidad el tipo de acuífero.
2. Realizar la prueba de caudal variable a todos los pozos ubicado en el Sector Industrial del Municipio San diego para así poder estimar con mayor confiabilidad la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento.
3. Realizar mediciones de nivel estático a todos los pozos ubicado en el Sector Industrial del Municipio San diego para generar con mayor fidelidad los mapas piezométricos de la zona de estudio.
4. Actualizar los estudios químicos realizados con el fin de obtener datos actualizados y de mayor confiabilidad de los 13 pozos del acuífero en estudio ubicado en el Sector Industrial del Municipio San Diego.

BIBLIOGRAFIAS

Murillo, J. M. (2004). Recarga de Acuíferos. Evaluación y análisis de condicionantes técnicos y económicos. Acuífero aluvial del bajo Guadalquivir. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.

Arias. F. G. (2006), El proyecto de investigación, Caracas –Venezuela, Editorial Episteme C.A.

Hernández, R.S, Fernández, F. y Baptista, P. (2010), Metodología de la Investigación, México D.F, Editorial Mc Graw Hill.

Contreras, T., Vargas, I., y Badilla, E. (2012), Propiedades hidrogeoquímicas e isotópicas del agua subterránea en la parte media de la cuenta del Río Tulián, Puerto Cortés, Honduras. Consultado en Julio de 2015 de: <http://www.redalyc.org/html/454/45437353006/>

Ramírez, J., Ramos, J., López, B., Carranco, S., y Santacruz, G. (2013), Comportamiento hidrogeoquímico de flujos subterráneos en acuíferos cársticos fracturados, aplicando modelación inversa: Caso Huasteca Potosina. Consultado en Julio de 2015 de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222013000100007

Castillo, J. y Hernández. P. (2005), Hidrogeoquímica. Consultado en Julio de 2015 en: <http://www.fagundojr.com/documentos/Hidrogeoquímica.pdf>

Montero, R., Yanes, C., y Bolívar, V. (2007), Hidrogeoquímica de las aguas subterráneas de la Región nor-central del Valle de Caracas, Distrito Capital, Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Caracas – Venezuela. Consultado en Julio de 2015 de:

<http://www.coordinv.ciens.ucv.ve/investigacion/genci/sitios/10/archivos/H9A-236.pdf>

King, M. (2008), Evaluación de Aguas Subterráneas en los Sectores Monay (Municipio Pampán) - Agua Viva (Municipio Miranda) Estado Trujillo, consultado en Julio de 2015 de: http://tesis.ula.ve/pregrado/tde_busca/archivo.php?codArchivo=4150

Guzmán, D. y Pereira, K. (2009), Estudio de gestión de las aguas subterráneas en Venezuela, caso especial: Acuífero de la mesa de Guanipa. Consultado en Julio de 2015 en: <http://ri.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/1014/1/Acu%C3%ADfero%20de%20la%20Mesa%20de%20Guanipa.pdf>

Manual de Aguas Subterráneas, primera edición, Proyecto Producción Responsable - M.G.A.P, Montevideo – Uruguay (2012).

López, J., Fornés, J., Ramos, G., y Villarroya, F. (2009), Las Aguas Subterráneas, Madrid – España. Consultado en Julio 2015 de: http://www.fundacionbotin.org/89dguuytdfr276ed_uploads/Observatorio%20Tendencias/FORMACION/educacion%20ambiental.pdf

Ensayo de Acuíferos (2012). Consultado en Julio de 2015 en: <http://es.slideshare.net/gidahatari/ensayo-de-acuiferos>

ANEXOS

ANEXO A. INSTRUMENTOS USADOS PARA EL LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Anexo A.1. GPS GARMIN E TREX VENTURE HC.

Características físicas y de rendimiento	
Dimensiones Físicas	10,7 x 5,6 x 3,0 cm
Tamaño de la pantalla (anchura x altura)	3,3 x 4,3 cm
Resolución de la pantalla (anchura x altura)	176 x 220 pixeles
Tipo de pantalla	TFT de 256 colores
Peso	156 g con baterías
Batería	2 baterías AA
Duración de la batería	14 horas
Clasificación de alta sensibilidad	IPX7
Receptor de alta sensibilidad	Sí
Interfaz del equipo	USB
Mapas y memoria	
Mapa base	Sí
Posibilidad de agregar mapas	Sí
Memoria interna	24 Mb
Waypoints	500
Rutas	50
Track log	10.000 puntos, 10 tracks guardados



Fuente: <https://buy.garmin.com/es-MX/MX/deportes-y-recreacion/descatalogados/etrex-venture-hc/prod8707.html#gallery-dialog>

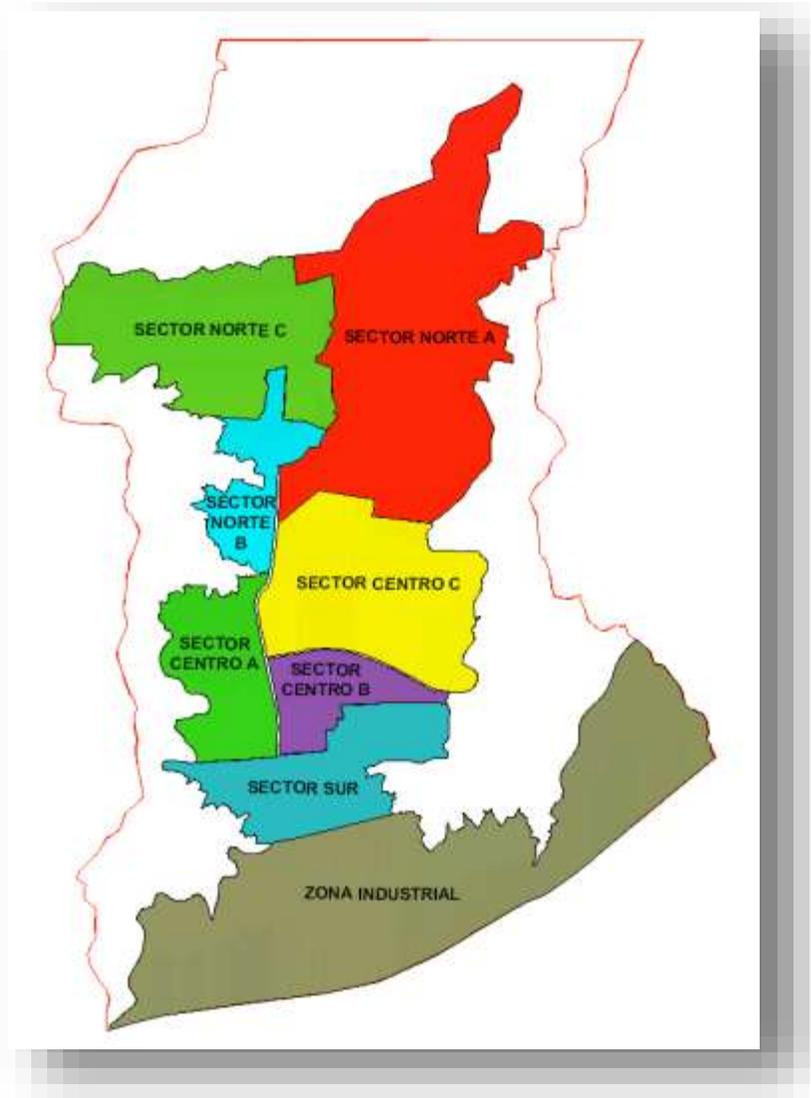
Anexo A.2. Sonda nivel de pozo marca PLM EQUIPMENT.

Especificaciones	
Graduación de la cinta	Intervalos de 1 m y 1 mm
Material de cinta	Polietileno
Sonda Diámetro:	5/8 " (16 mm)
Señal	timbre audible y la luz
Batería	batería de 9 V
Peso del producto	300 pies (100 metros) de la cinta: 9 libras (4 kg)



ANEXO B. SECTORIZACIÓN Y UBICACIÓN DE POZOS

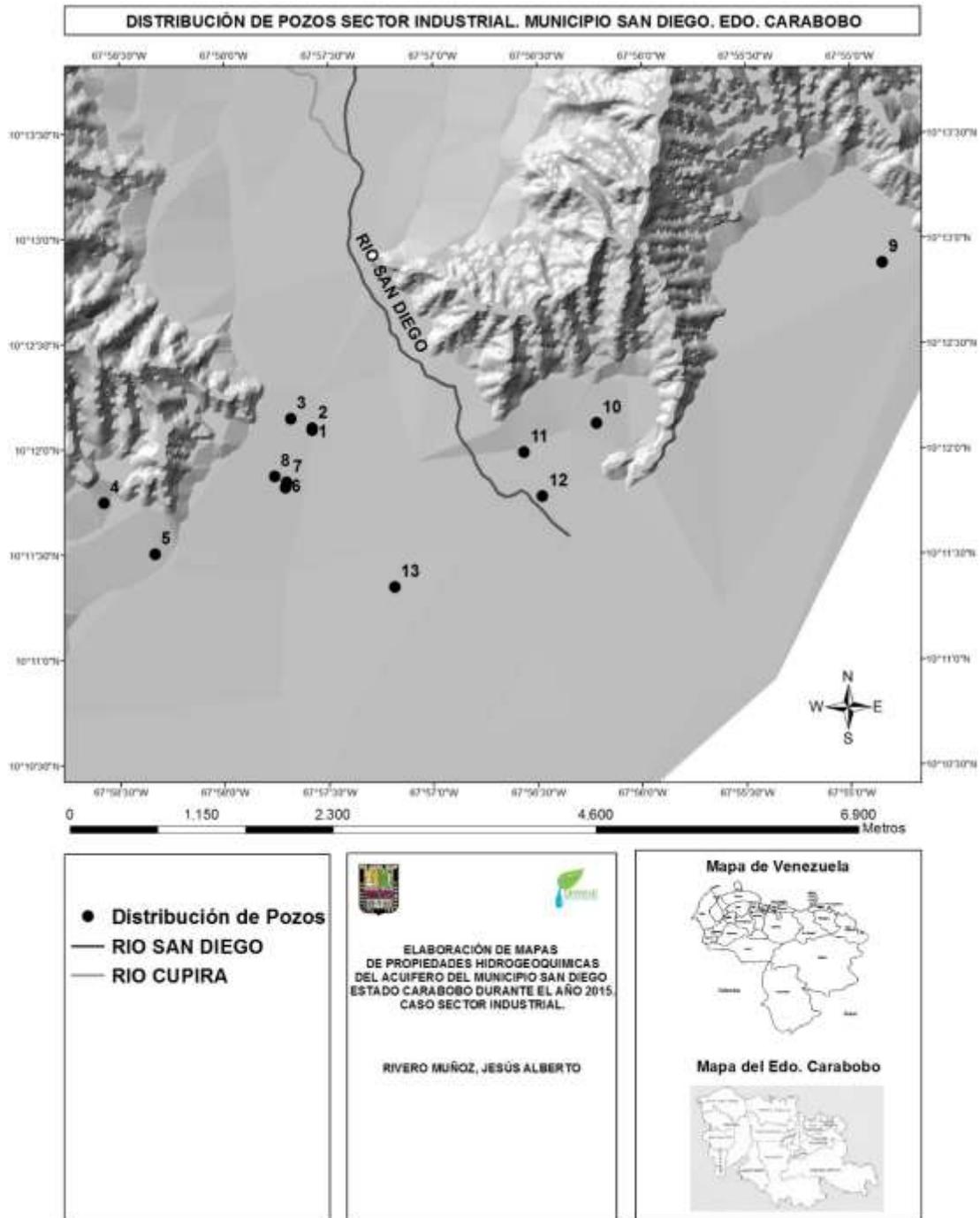
Anexo B.1. Sectorización del Municipio San Diego, Estado Carabobo.



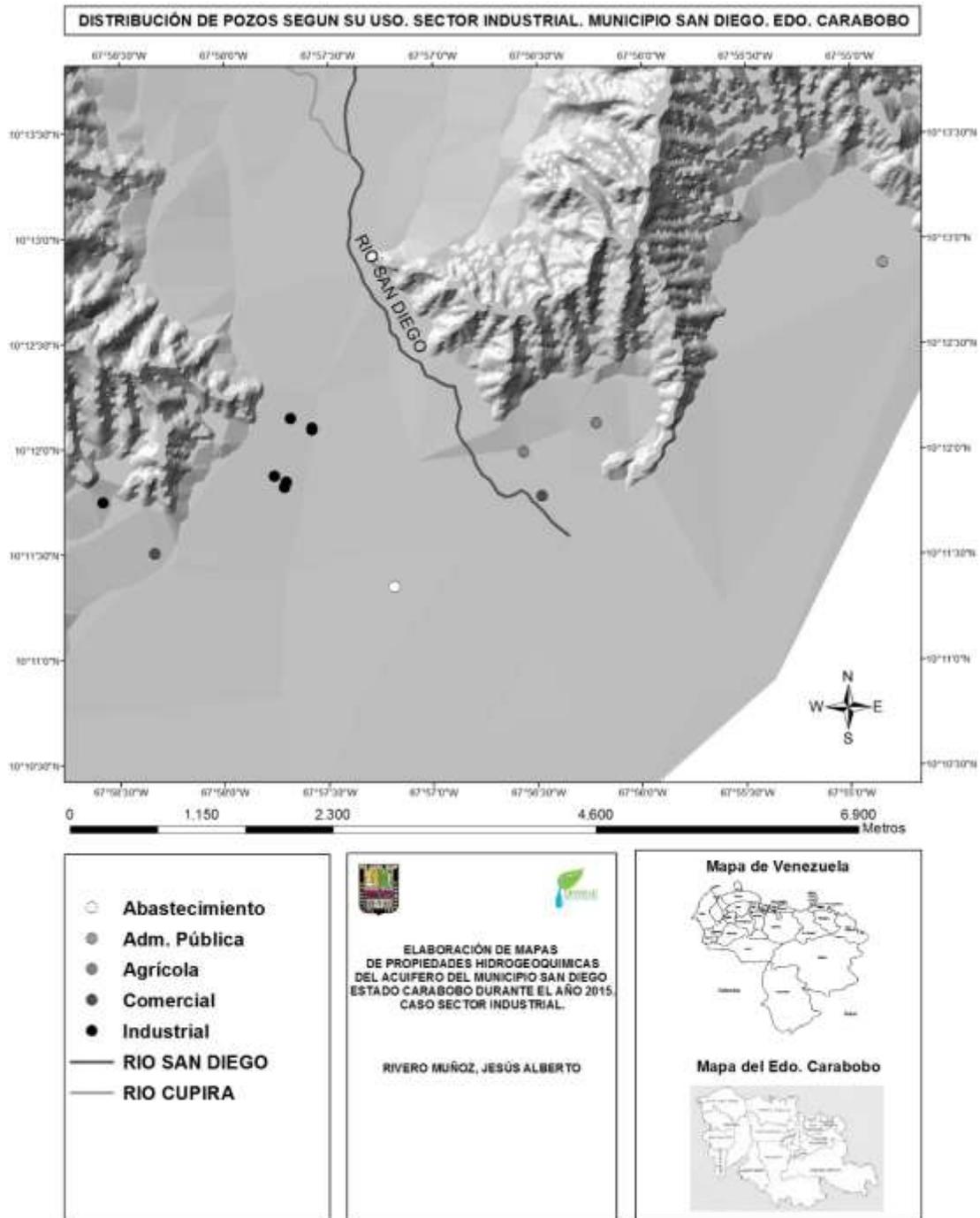
Fuente:http://www.alcaldiadesandiego.gob.ve/pdf/clpp_ibhm/SECTORIZACION%20DEL%20MUNICIPIO%20SAN%20DIEGO.pdf

Anexo B.2. Ubicación de los pozos Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.

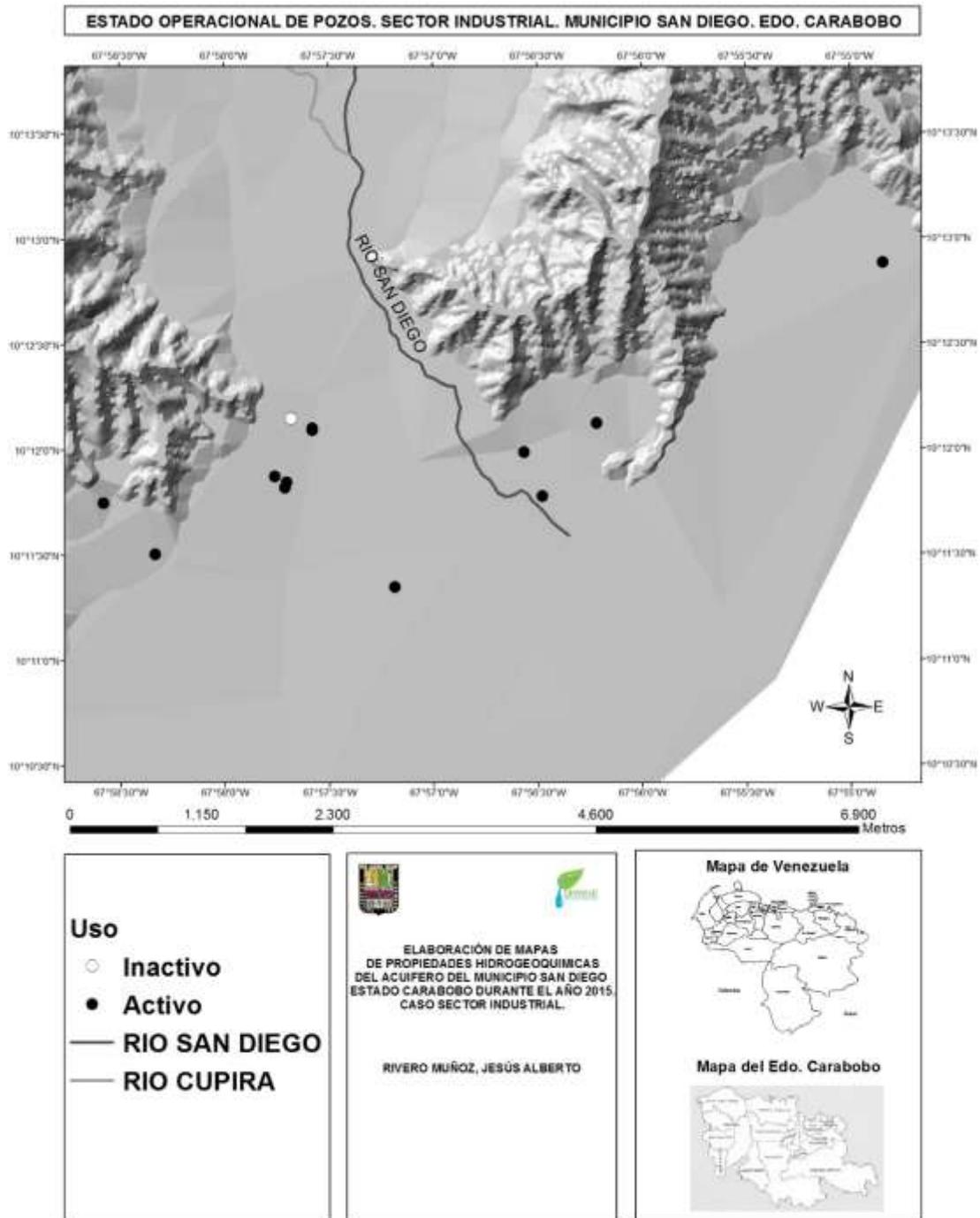
N°	X	Y	Z	Ppozo	U	Sector	Mcp
1	613948	1127879	436	-	Bigott	Zona Industrial castillito	San Diego
2	613949	1127897	434	-	Bigott	Zona Industrial castillito	San Diego
3	613760	1127977	458	-	Bigott	Zona Industrial castillito	San Diego
4	612124	1127239	457	70	Colgate-Palmolive C.A	Zona Industrial castillito	San Diego
5	612572	1126793	473	130	Motel Escalibur	Zona Industrial castillito	San Diego
6	613710.52	1127373.47	451	103	C.A Venezolana de Pigmento	Zona Industrial castillito	San Diego
7	613726	1127421.14	453	101	C.A Venezolana de Pigmento	Zona Industrial castillito	San Diego
8	613617.25	1127475.81	454	117.2	C.A Venezolana de Pigmento	Zona Industrial castillito	San Diego
9	618934	1129350	441	-	Instituto de Ferrocarriles del Estado	Zona Industrial castillito	San Diego
10	616432	1127941	456	-	Consejo Comunal NEIPE	Zona Industrial sector el Neipe	San Diego
11	615802	1127685	453	-	Consejo Comunal NEIPE	Zona Industrial sector el Neipe	San Diego
12	615962	1127302	448	-	María Pantoja	Zona Industrial sector el Neipe	San Diego
13	614670	1126508	451	160	ProAgro	Zona Industrial castillito	San Diego



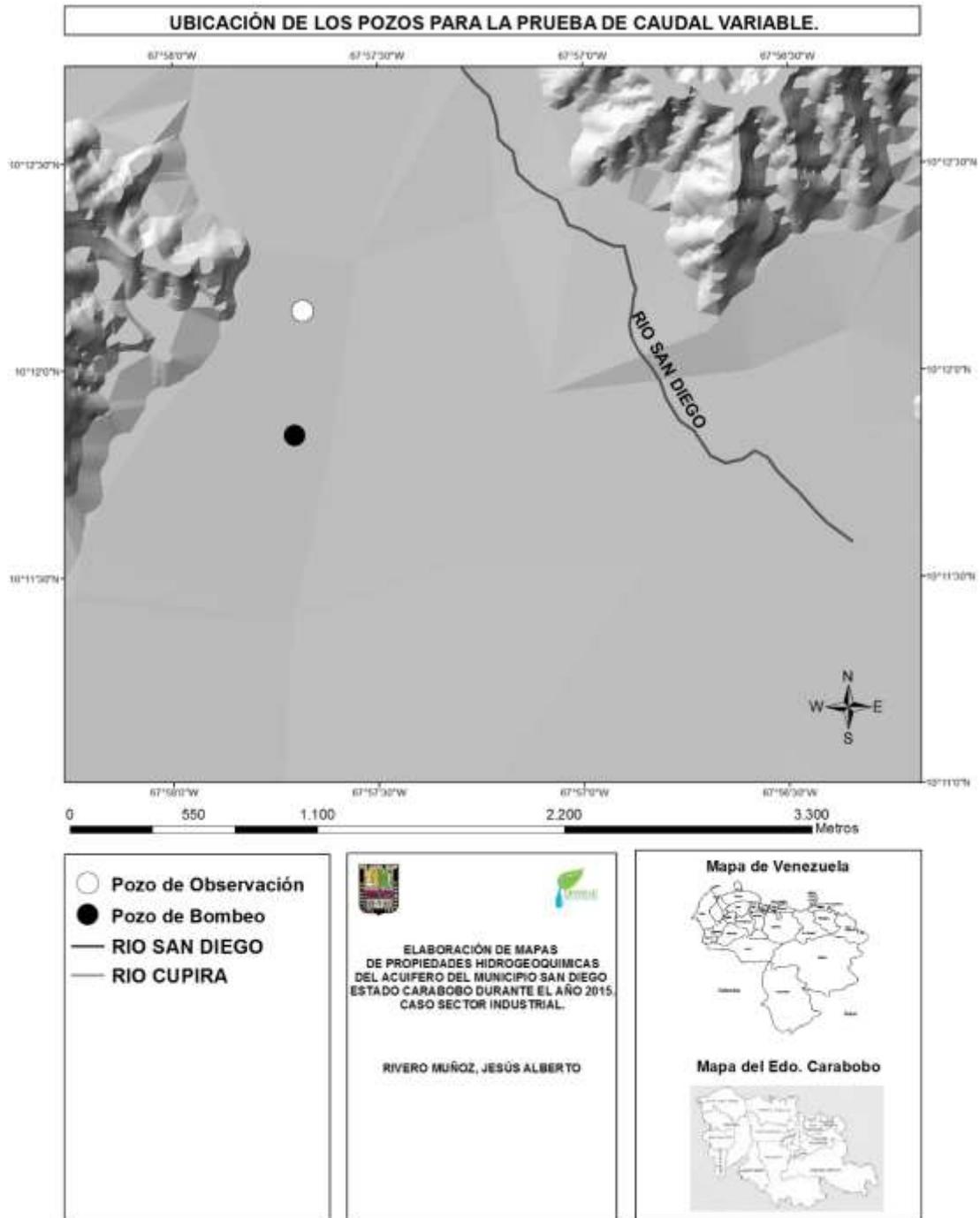
Anexo B.3. Mapa de ubicación de los pozos en el Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo



Anexo B.4. Mapa de ubicación de los pozos según su uso en el Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.

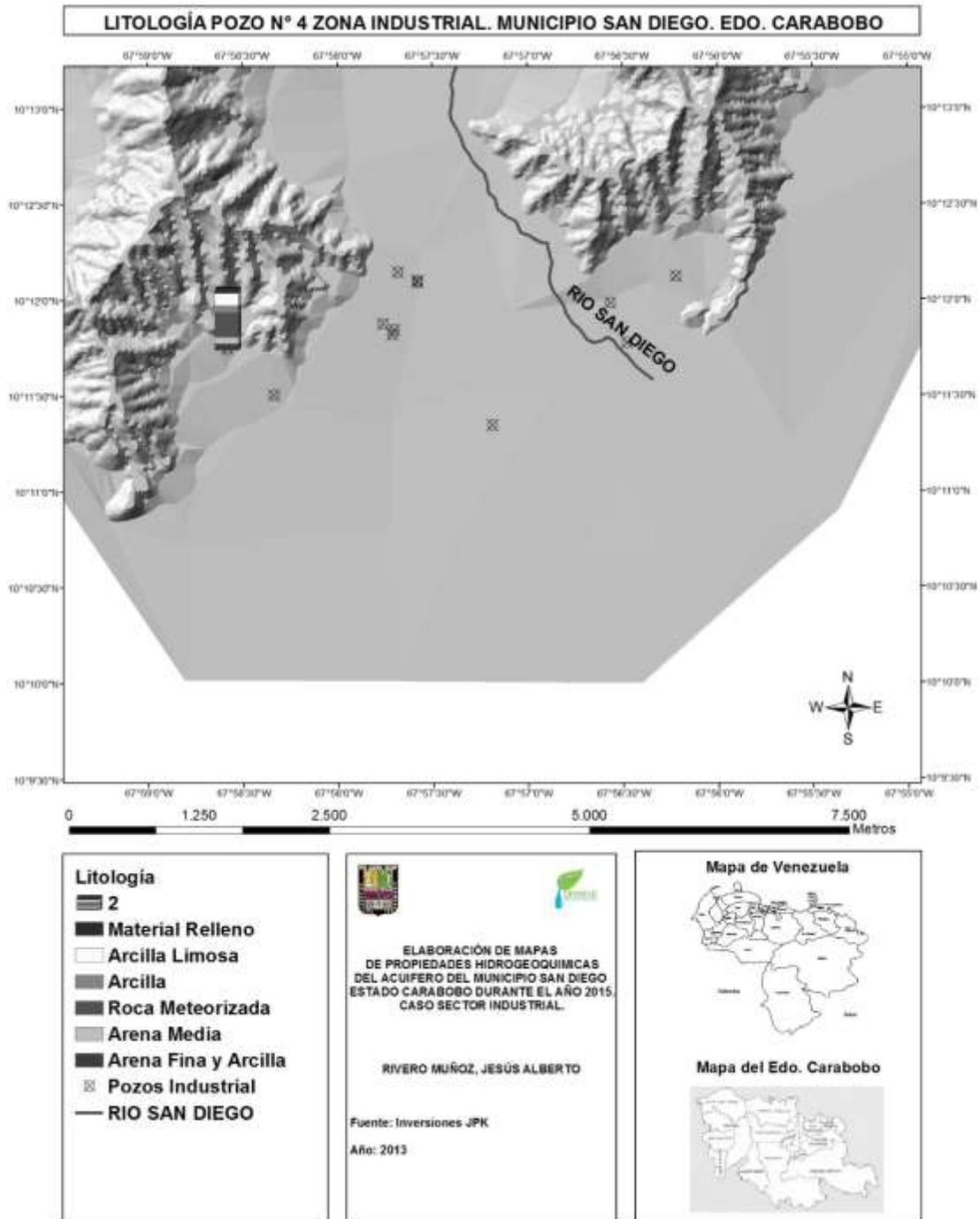


Anexo B.5. Mapa de ubicación de los pozos según su estado operacional en el Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.

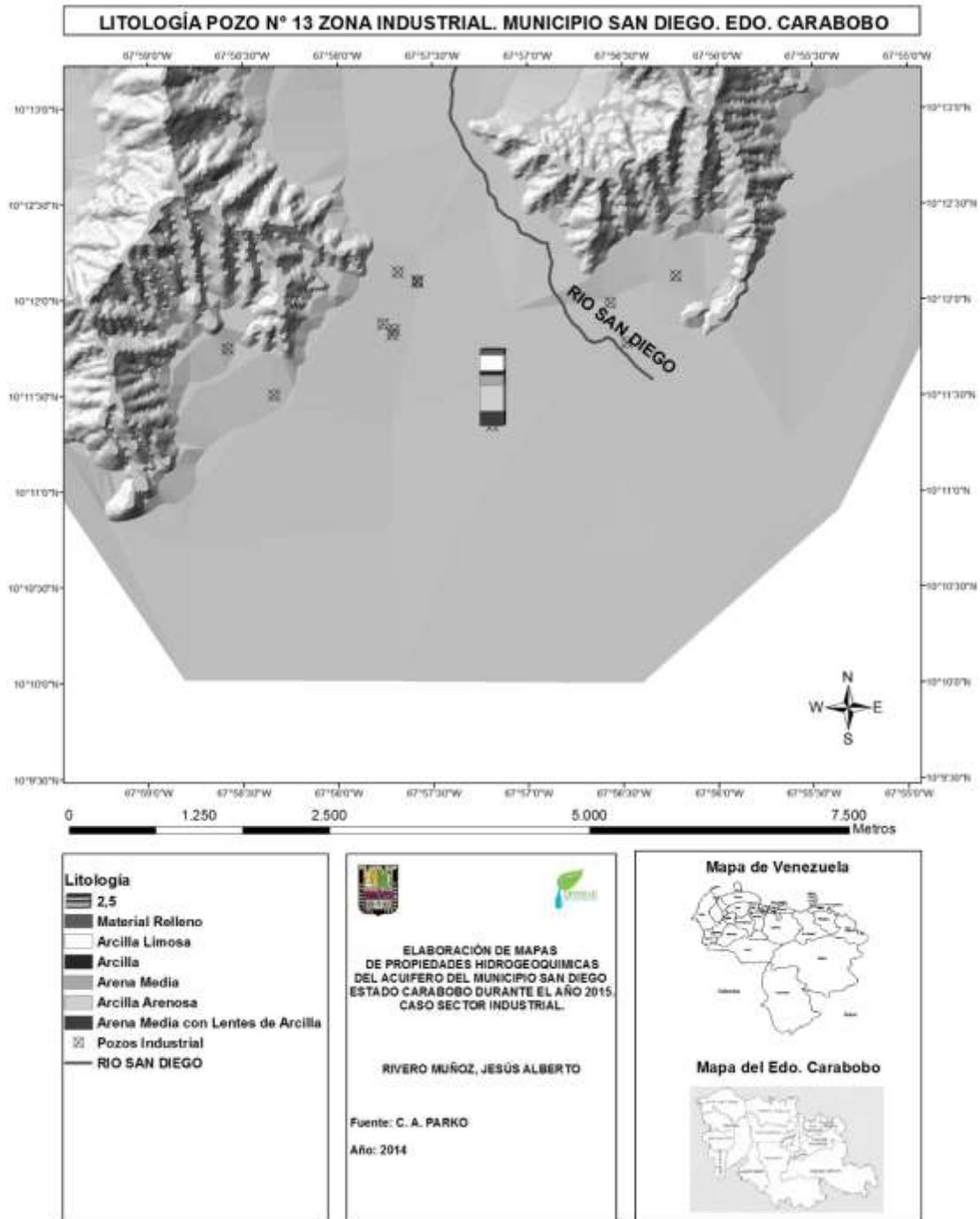


Anexo B.6. Mapa de ubicación de pozo de observación y pozo de bombeo en el Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.

ANEXO C. MAPAS DE PROPIEDADES GEOFÍSICAS Y DOCUMENTOS



Anexo C.1. Mapa del perfil litológico del pozo N°4. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.

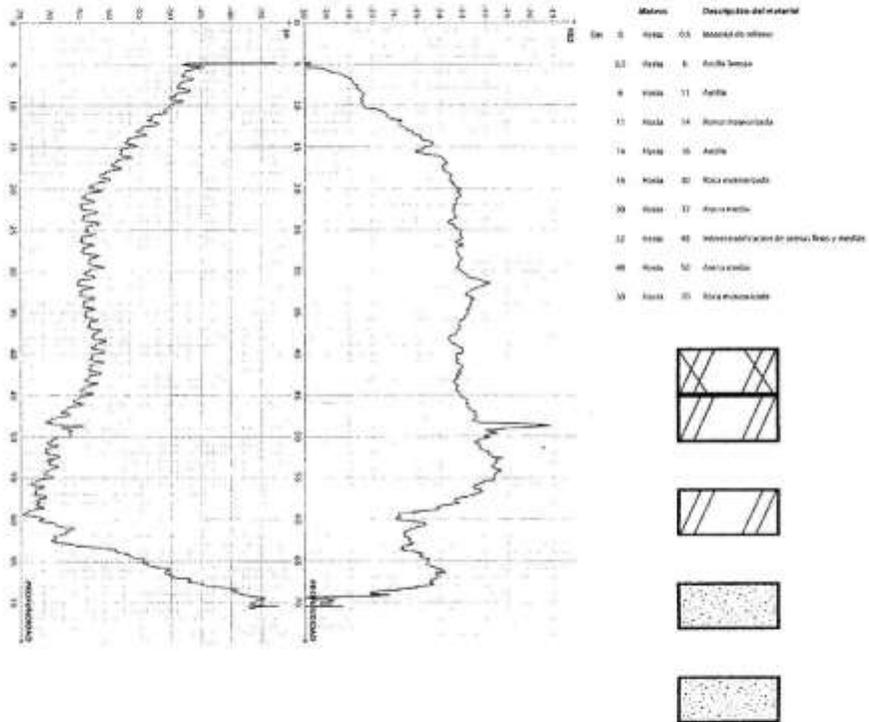


Anexo C.2. Mapa del perfil litológico del pozo N°13. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.



INGENIERIA DE POZOS

Registro eléctrico



Anexo C.3. Informe litológico del pozo N°4 Colgate Palmolive C.A. Sector Industrial Castillito del Municipio San Diego, Estado Carabobo.

Metros		Descripción del material
De: 0	Hasta: 0,5	Material de relleno
0,5	Hasta: 17	Arcilla limosa
17	Hasta: 20	Arena media
20	Hasta: 52	Arcilla con lentes de arena
52	Hasta: 65	Arena media con lentes de arcilla
65	Hasta: 69	Arcilla
69	Hasta: 88	Arena media con lentes de arcilla
88	Hasta: 102	Arcilla con arena fina
102	Hasta: 109	Arena media
109	Hasta: 119	Arcilla intercalada con arena media
119	Hasta: 136	Arena media con lentes de arcilla
136	Hasta: 141	Arcilla
141	Hasta: 160	Arena media intercalada con arcilla

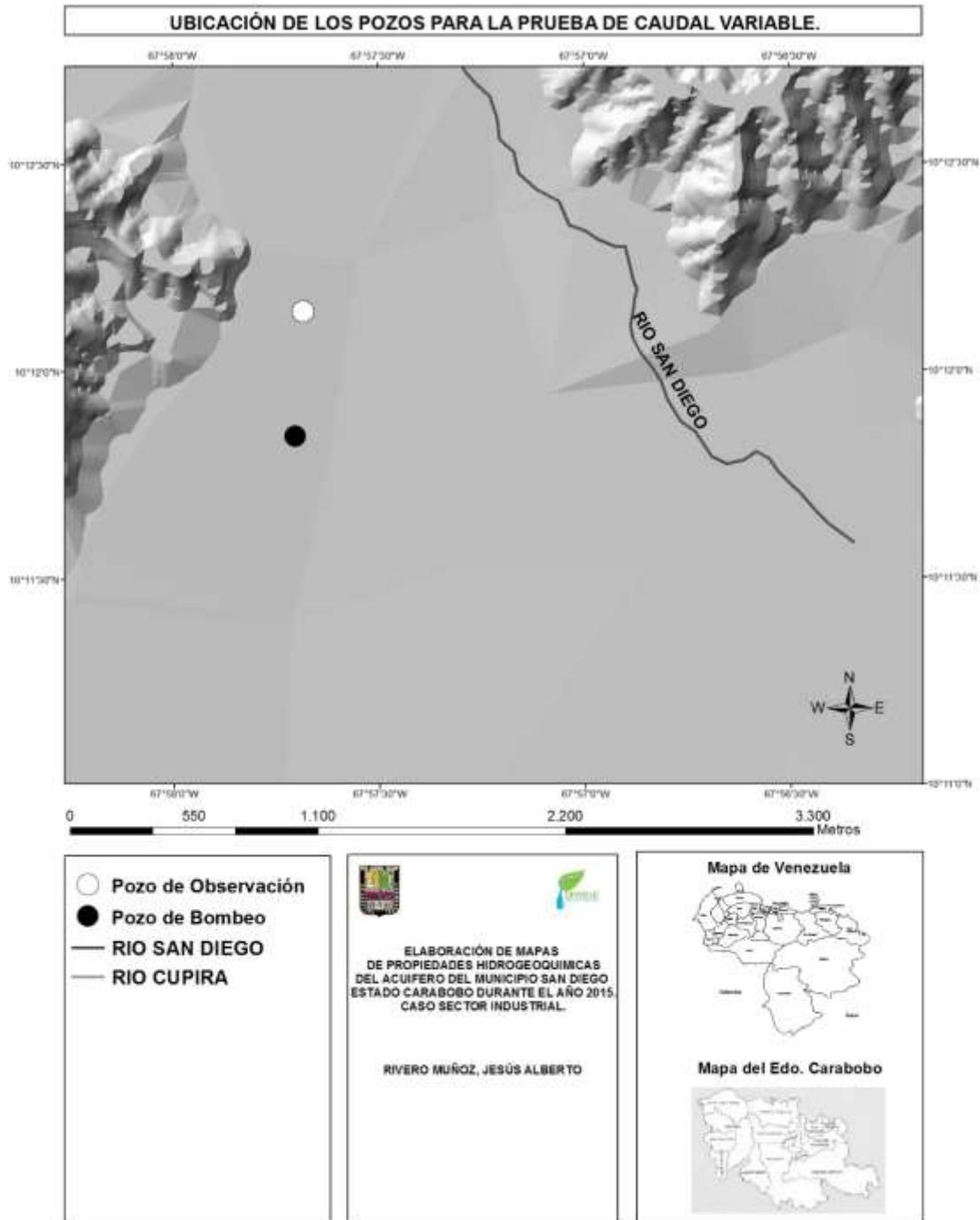


Observaciones:

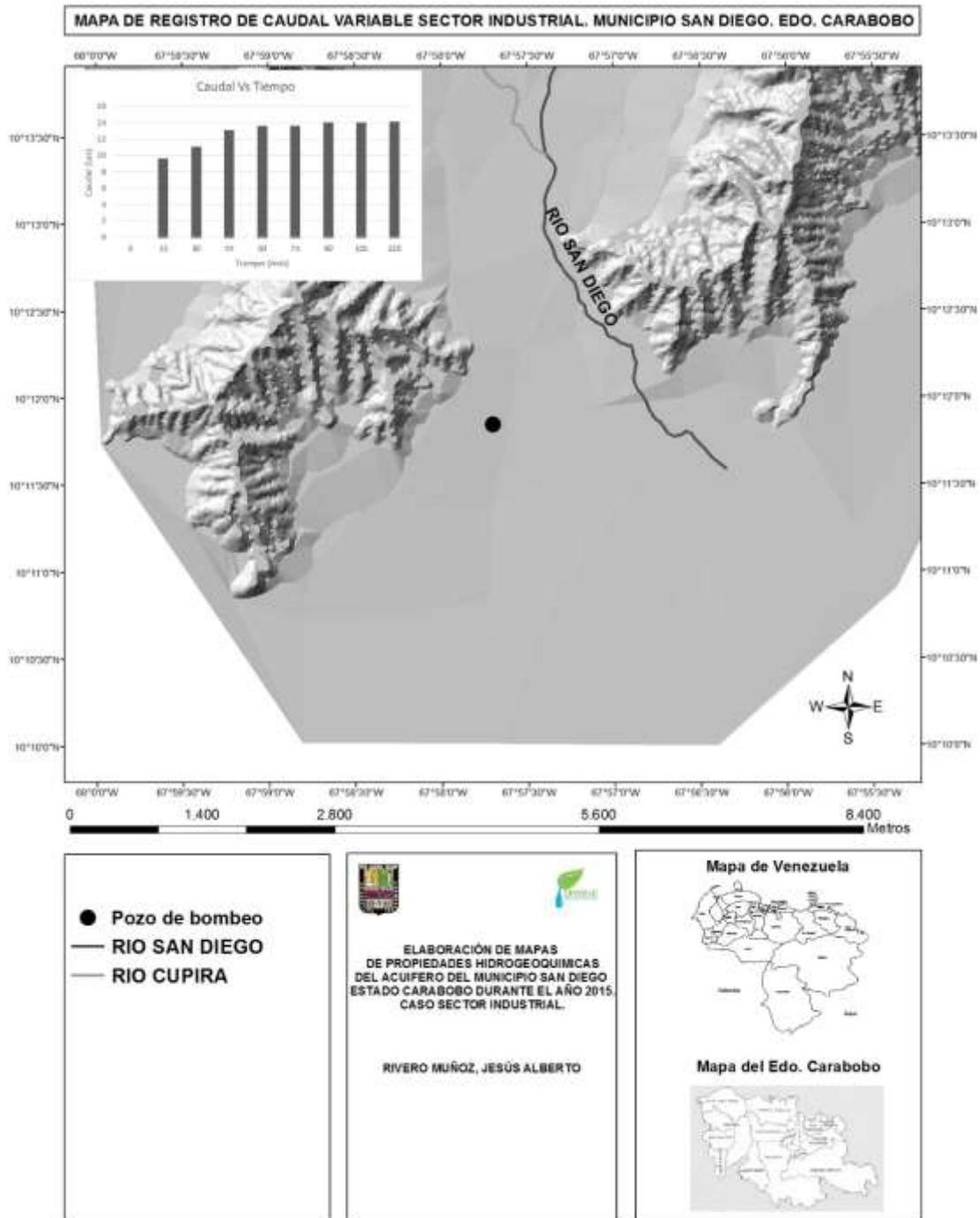
Tel: 0745-2683750 / 2682290 / 2680911
<http://www.agusparko.com/>
 RIF: J-00028247-1
 Manizcoy, Edo. Aragua - Venezuela

Las imágenes mostradas son solo referenciales, hacen alusión a los dibujos ilustrativos del perfil litológico del subsuelo indicados en la Gaceta Oficial No. 36.298 24-09-1997

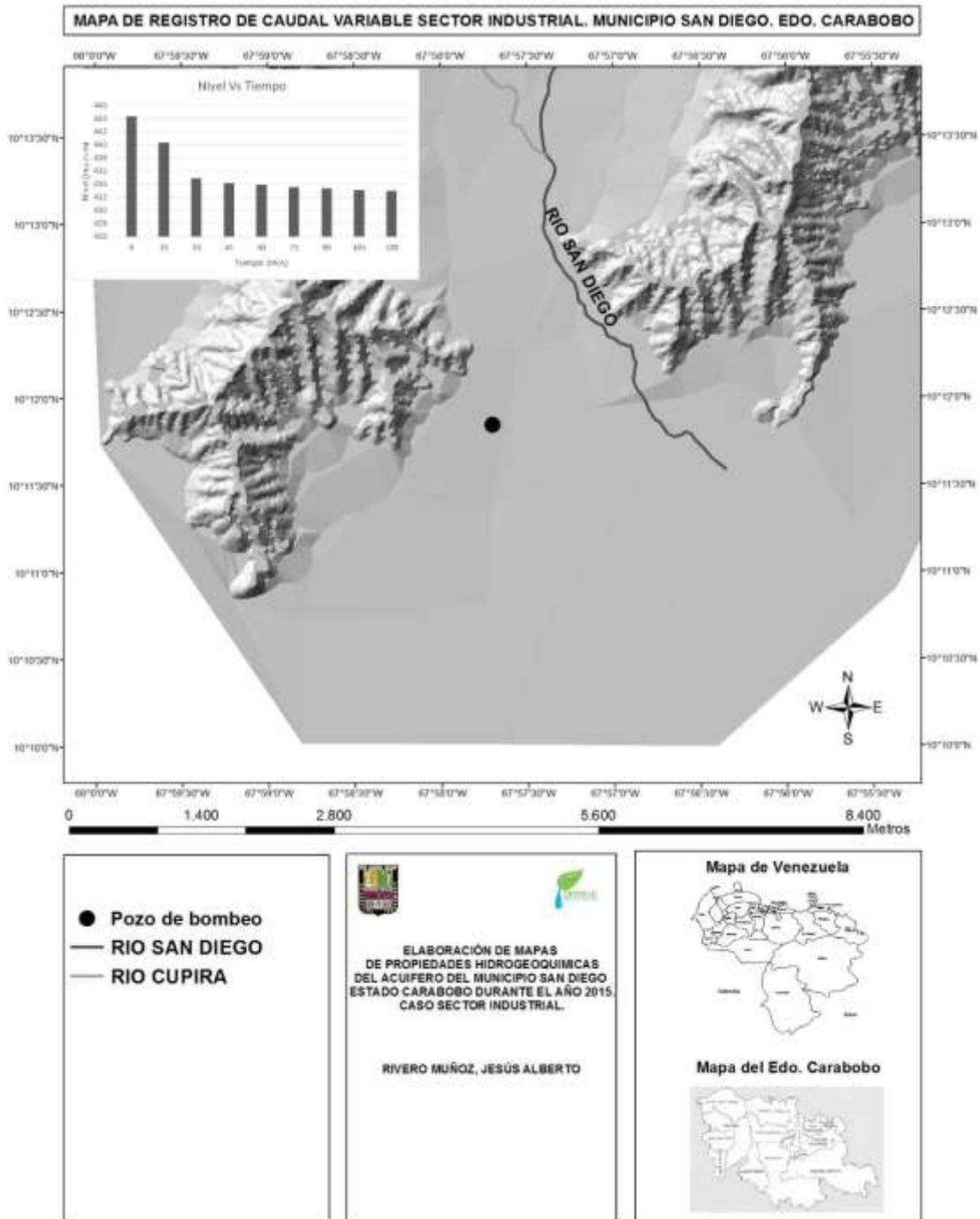
ANEXO D. MAPAS DE CAUDAL VARIABLE



Anexo D.1. Mapa de ubicación de los pozos para la prueba de Caudal Variable. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.

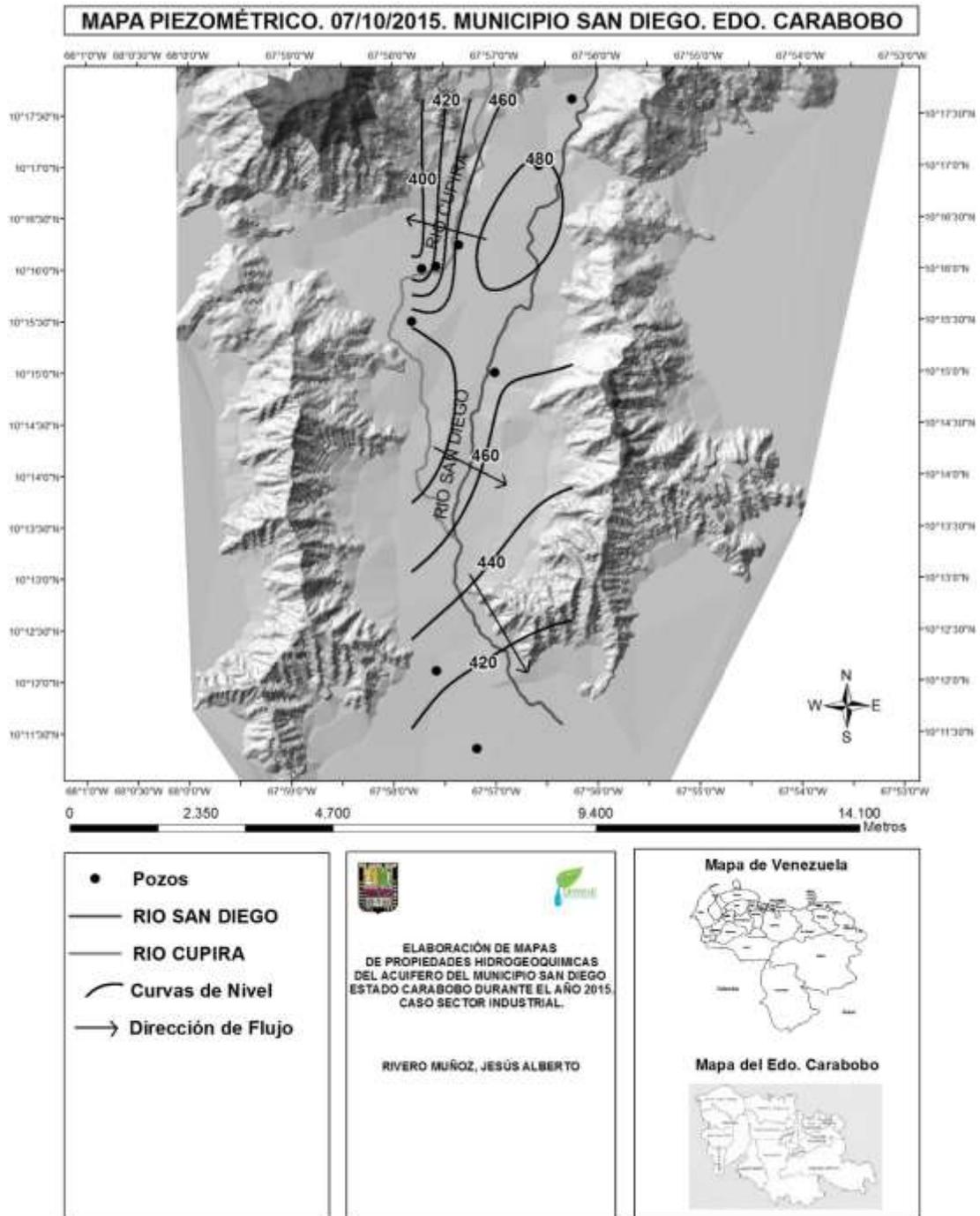


Anexo D.2. Mapa de Variación del Caudal en Prueba de Caudal Variable en el pozo N° 7. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.

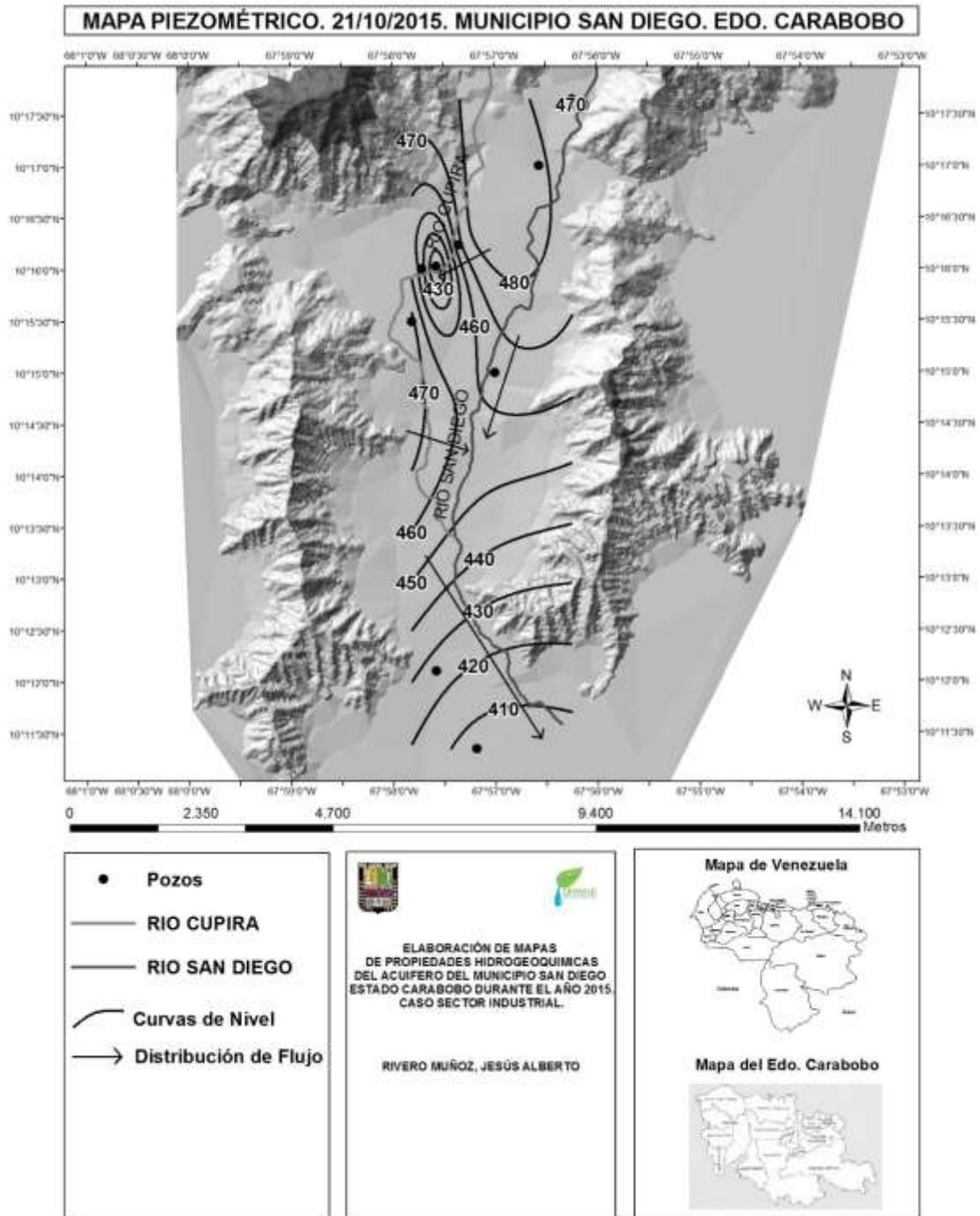


Anexo D.3. Mapa de Variación del Nivel en Prueba de Caudal Variable en el pozo N° 7. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.

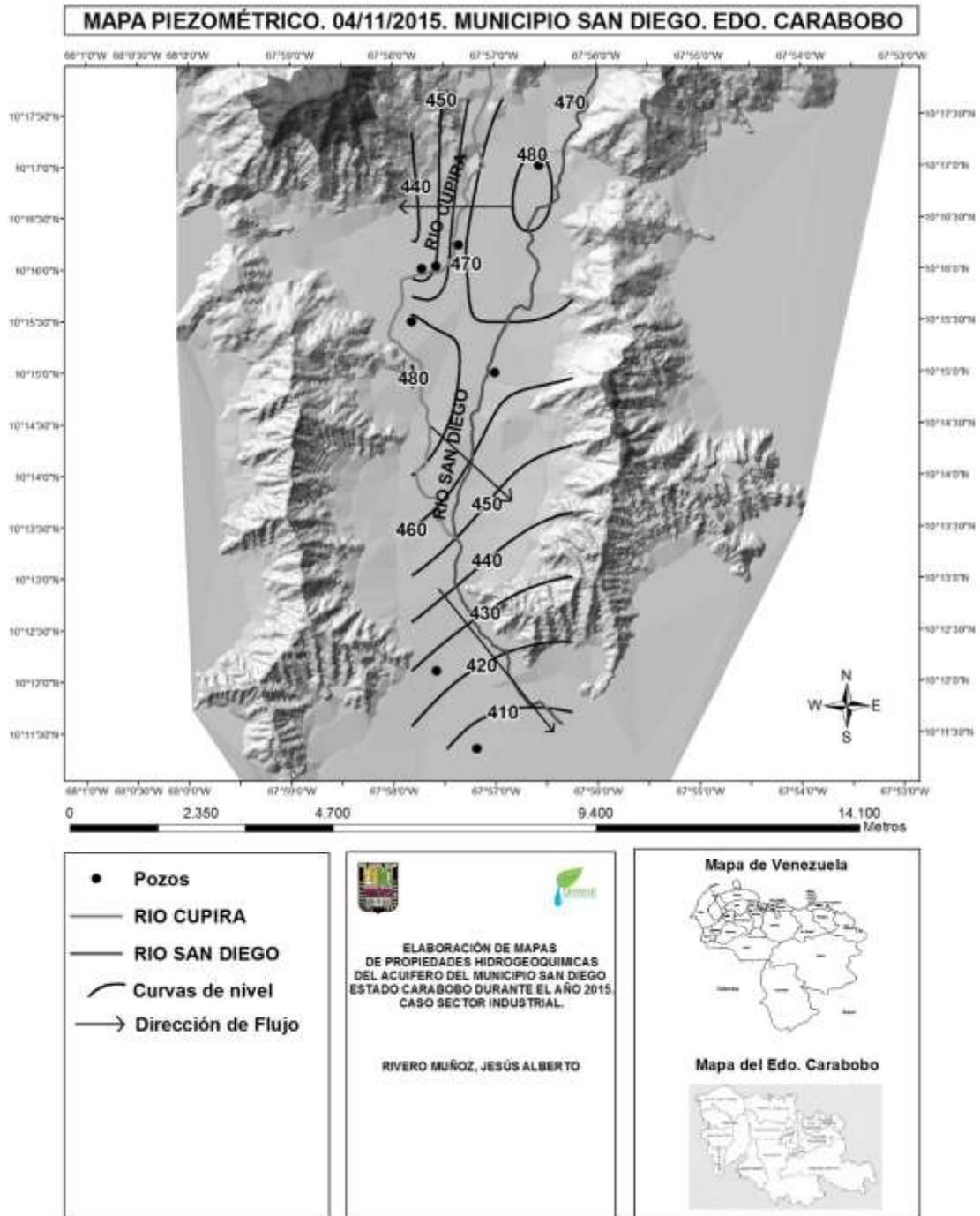
ANEXO E. MAPAS PIEZOMÉTRICOS



Anexo E.1. Mapa Piezométrico. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha 07/10/2015.

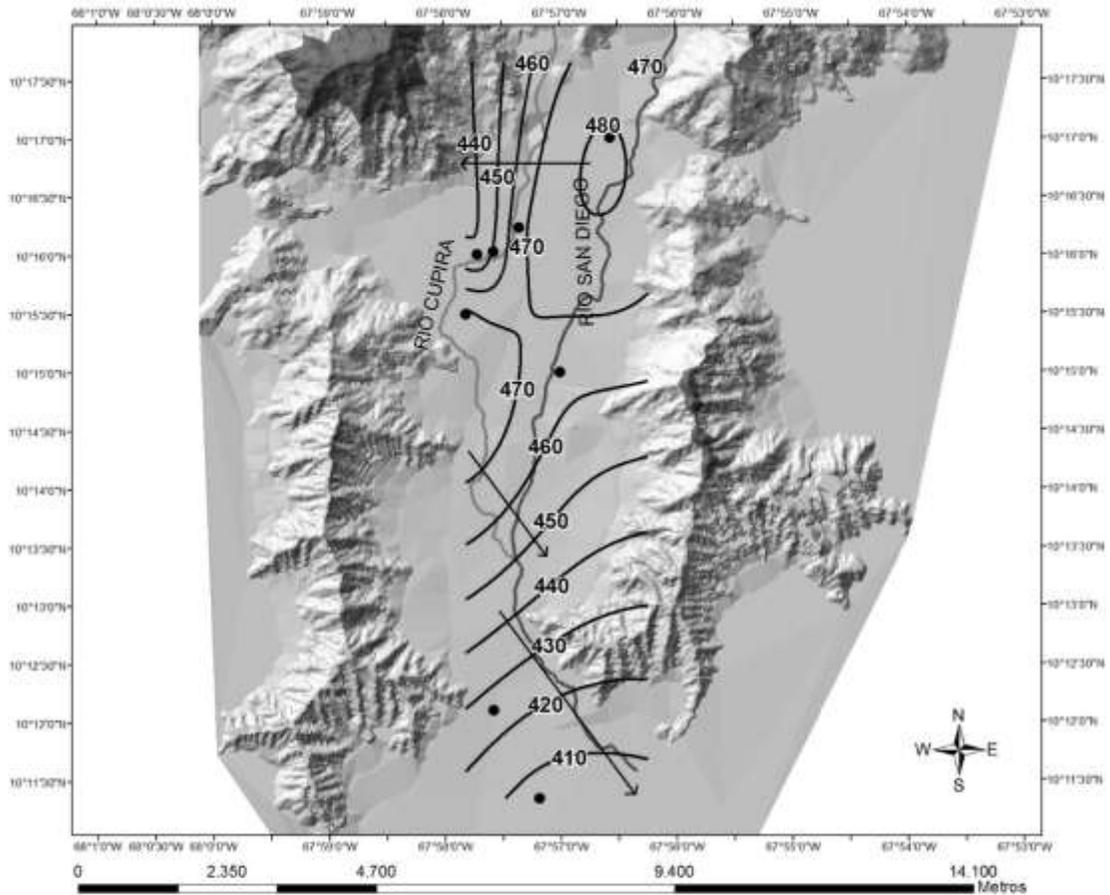


Anexo E.2. Mapa Piezométrico. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha 21/10/2015.



Anexo E.3. Mapa Piezométrico. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha 04/11/2015.

MAPA PIEZOMÉTRICO. 18/11/2015. MUNICIPIO SAN DIEGO. EDO. CARABOBO



- Pozos
- RIO CUPIRA
- RIO SAN DIEGO
- ~ Curvas de Nivel
- Dirección de Flujo



ELABORACIÓN DE MAPAS DE PROPIEDADES HIDROGEOQUÍMICAS DEL ACUÍFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO ESTADO CARABOBO DURANTE EL AÑO 2015. CASO SECTOR INDUSTRIAL.

RIVERO MUÑOZ, JESÚS ALBERTO

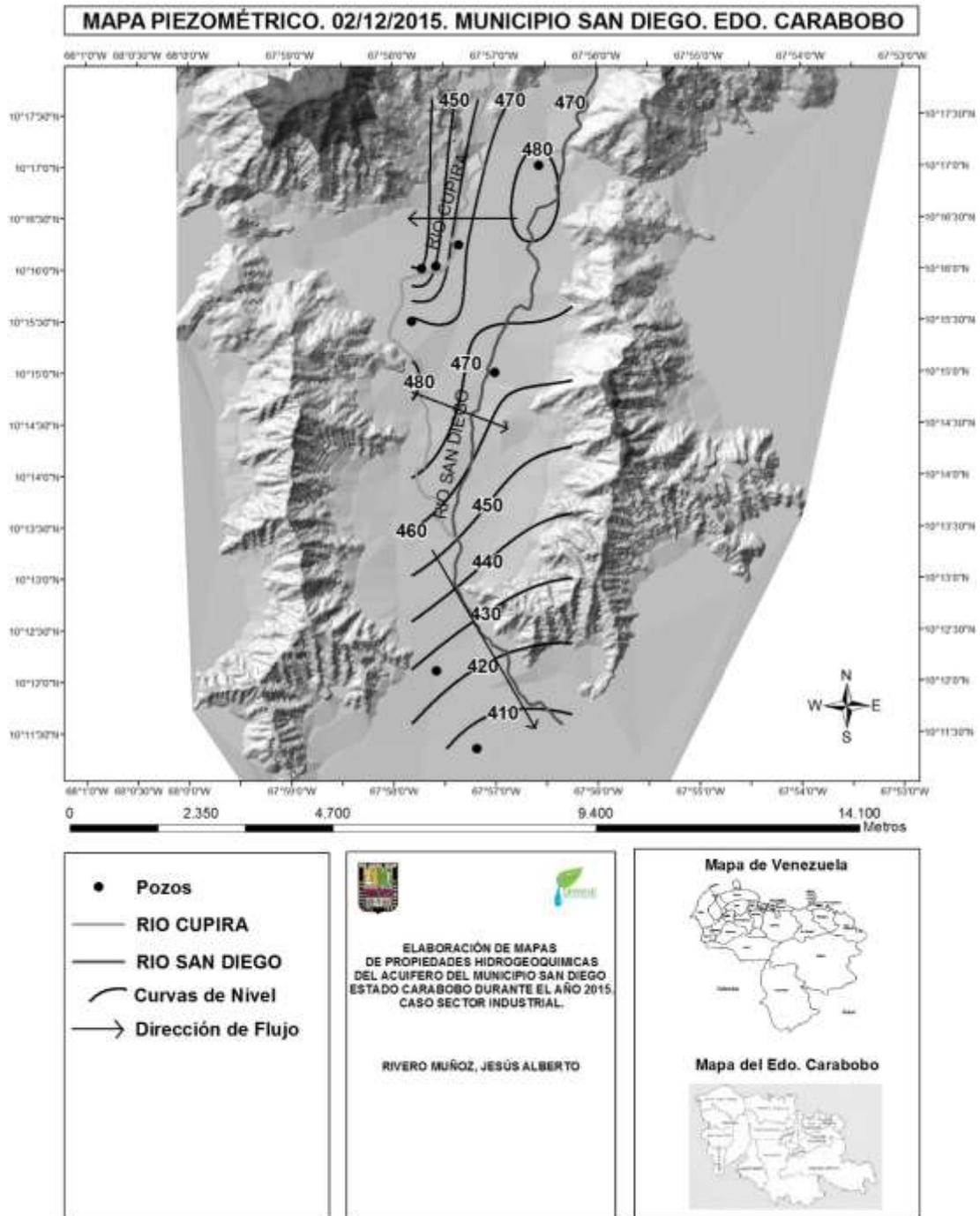
Mapa de Venezuela



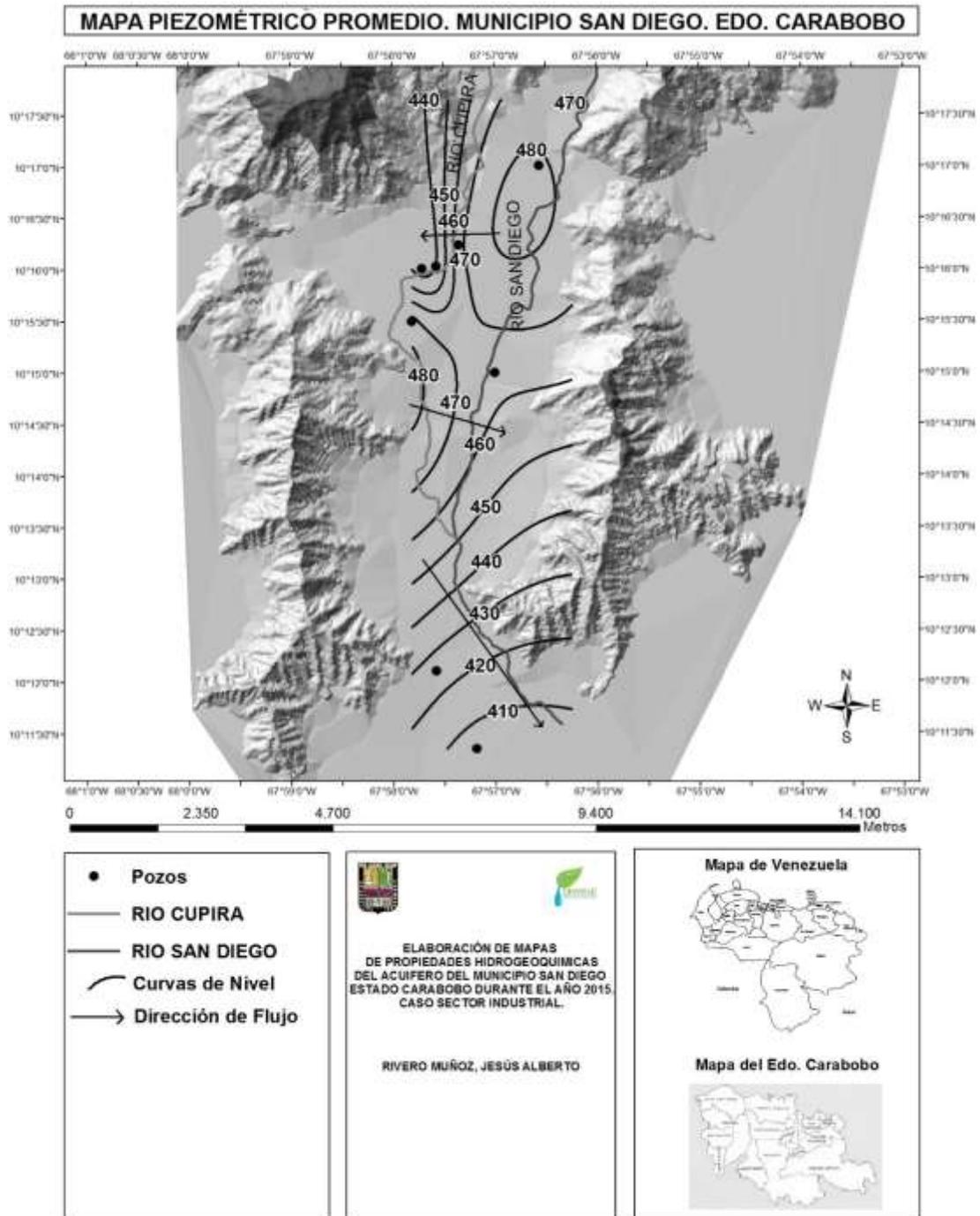
Mapa del Edo. Carabobo



Anexo E.4. Mapa Piezométrico. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha 18/11/2015.

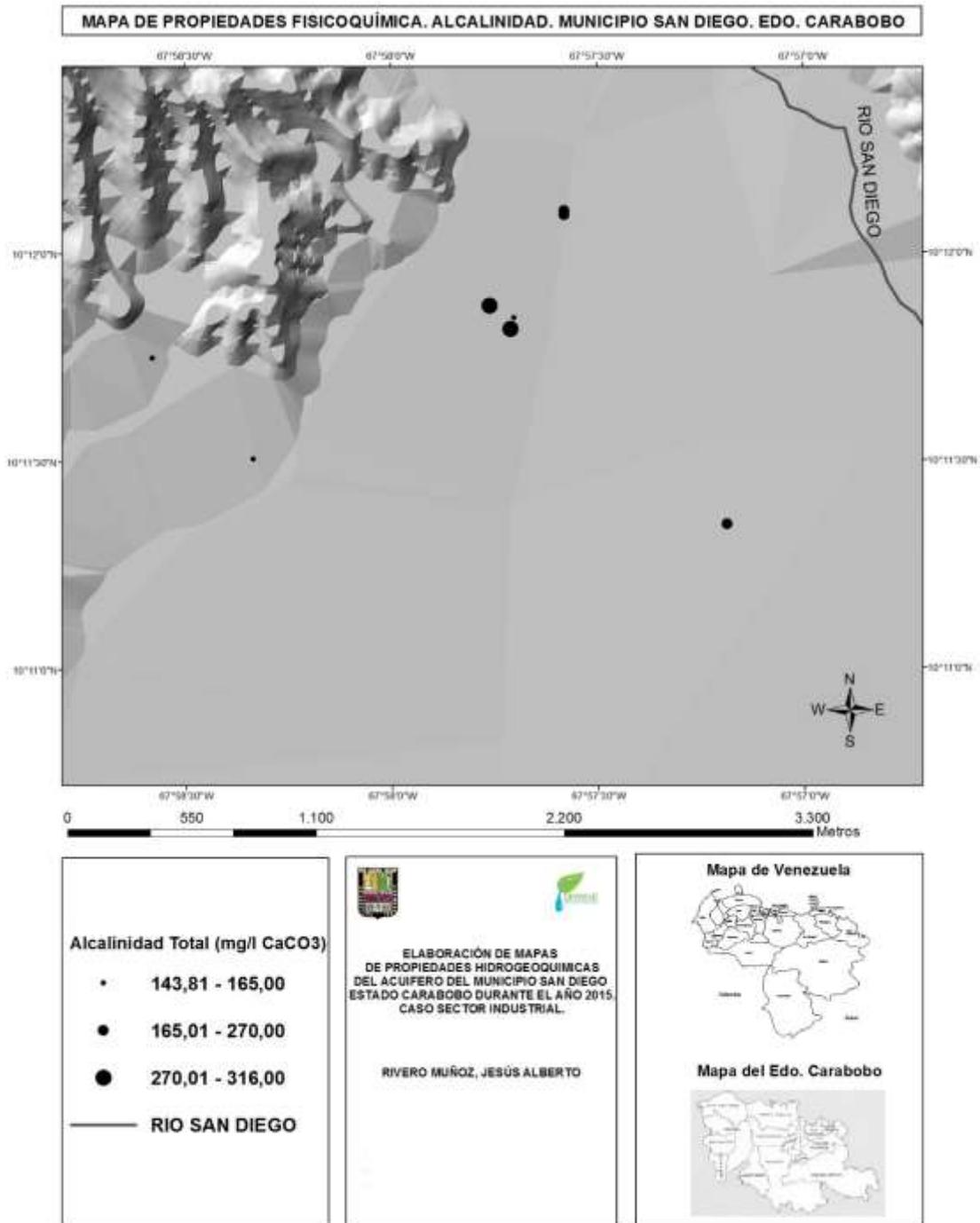


Anexo E.5. Mapa Piezométrico. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo. Fecha 02/12/2015.

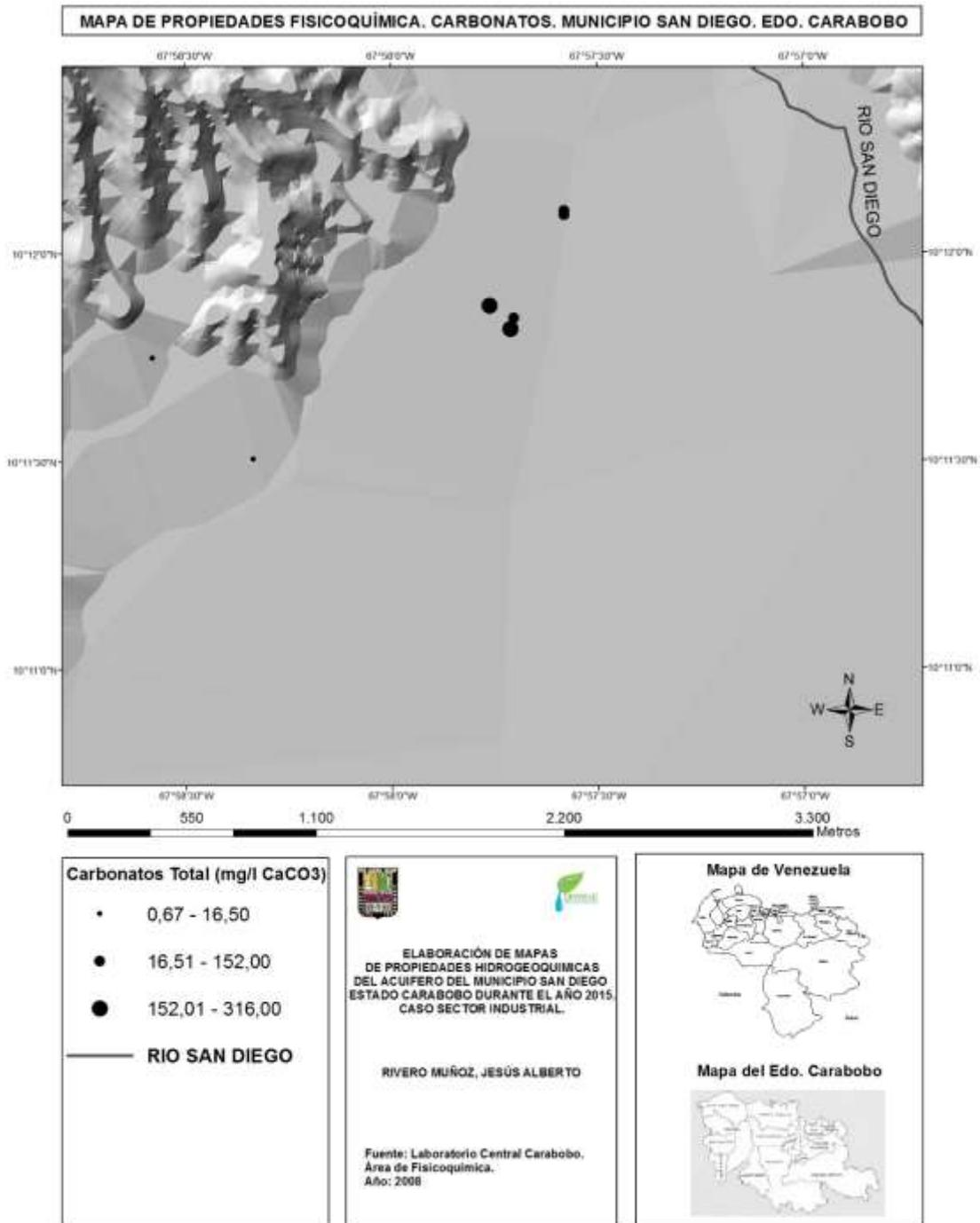


Anexo E.6. Mapa Piezométrico promedio. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.

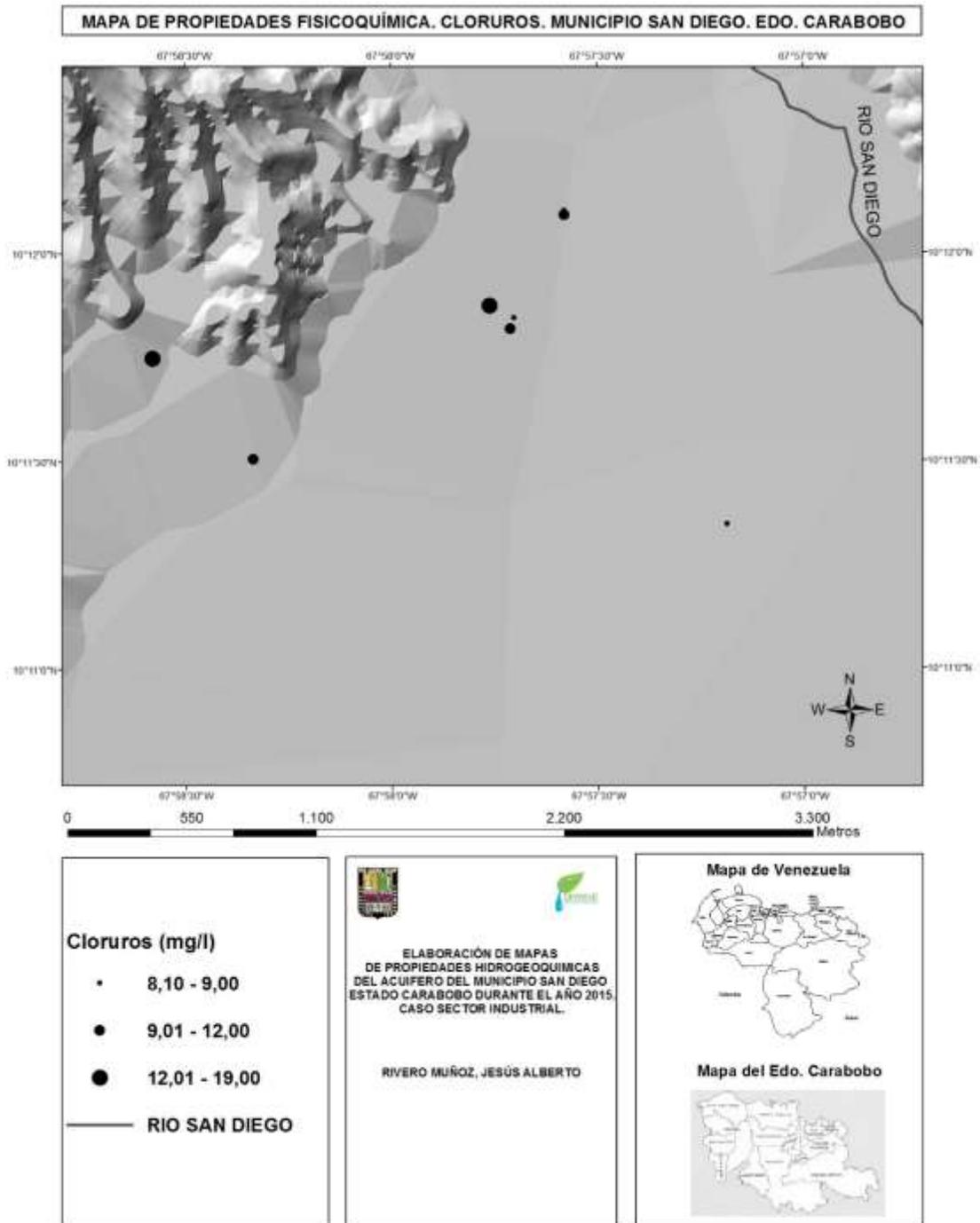
**ANEXO F. MAPAS DE PROPIEDADES
QUÍMICAS Y DOCUMENTOS**



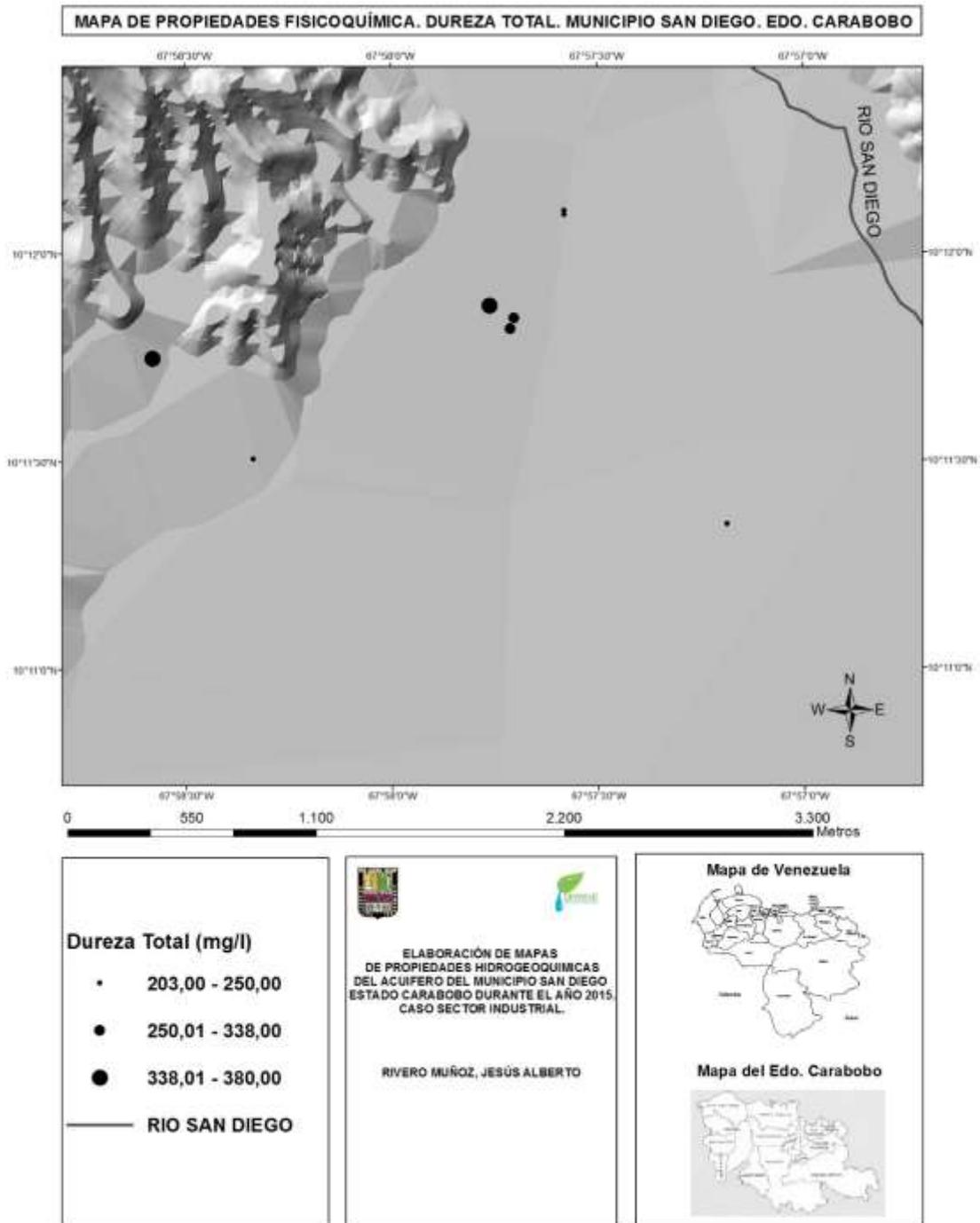
Anexo F.1. Mapa de Propiedades Físicoquímica. Alcalinidad. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.



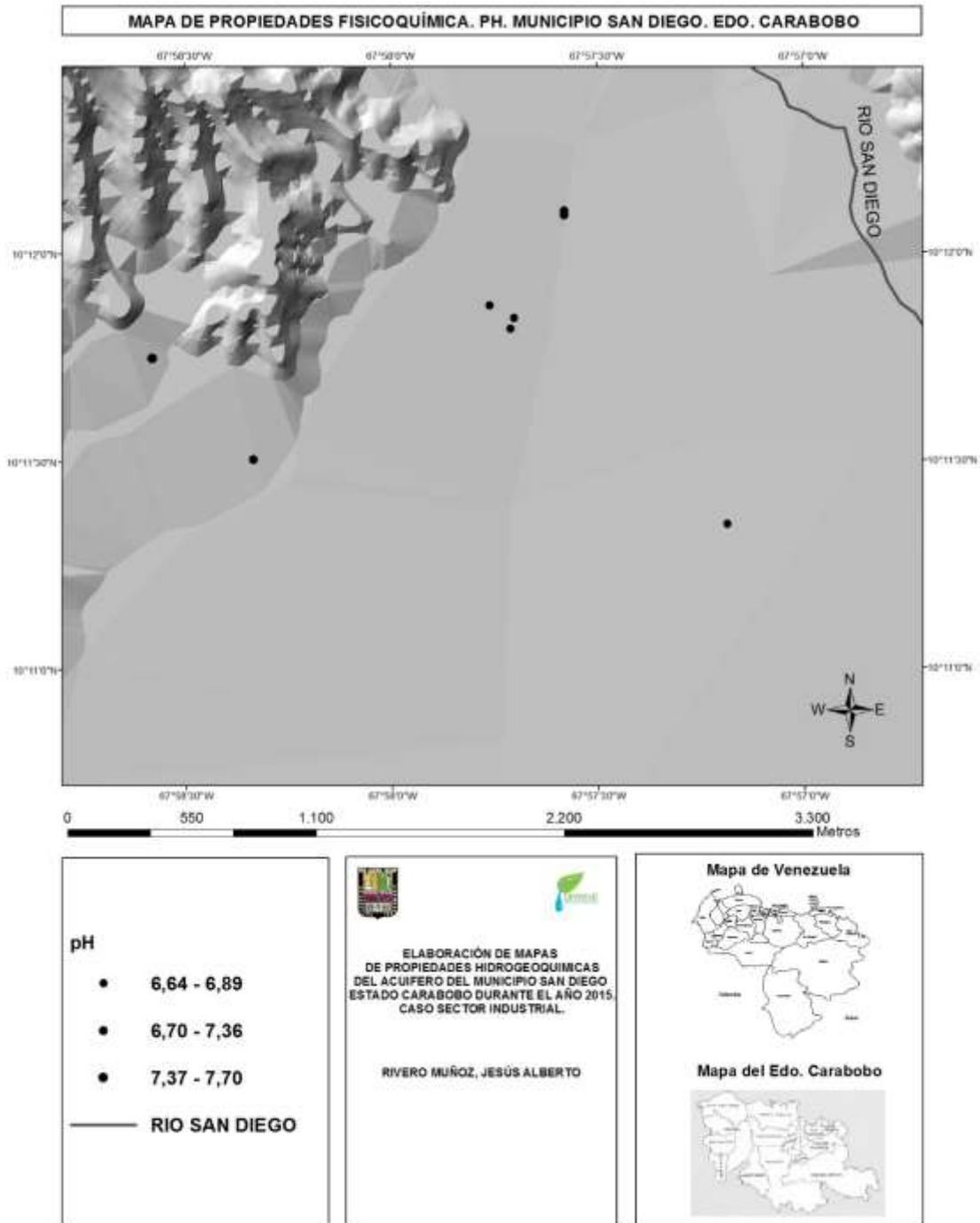
Anexo F.2. Mapa de Propiedades Físicoquímica. Carbonatos. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.



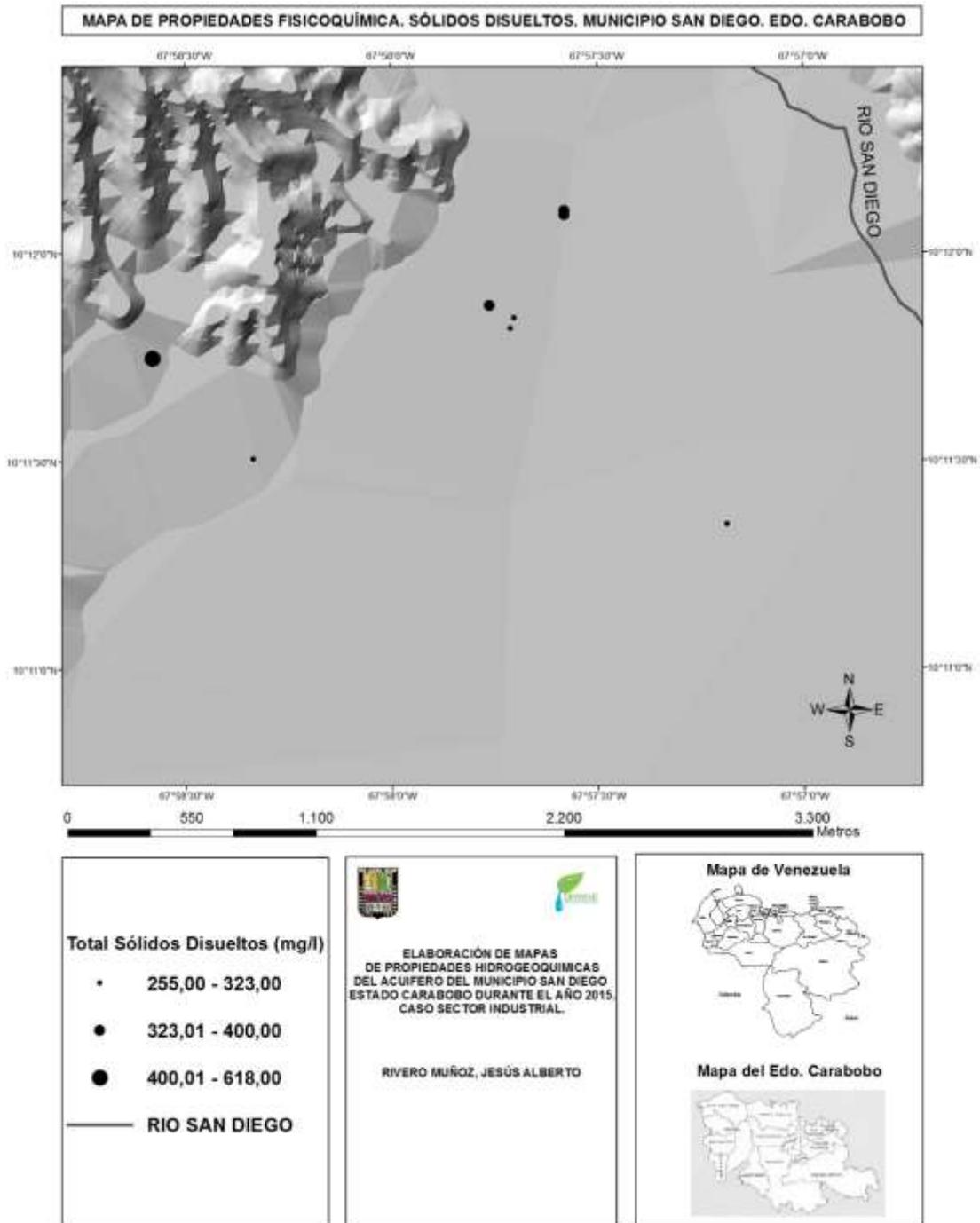
Anexo F.3. Mapa de Propiedades Físicoquímica. Cloruros. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.



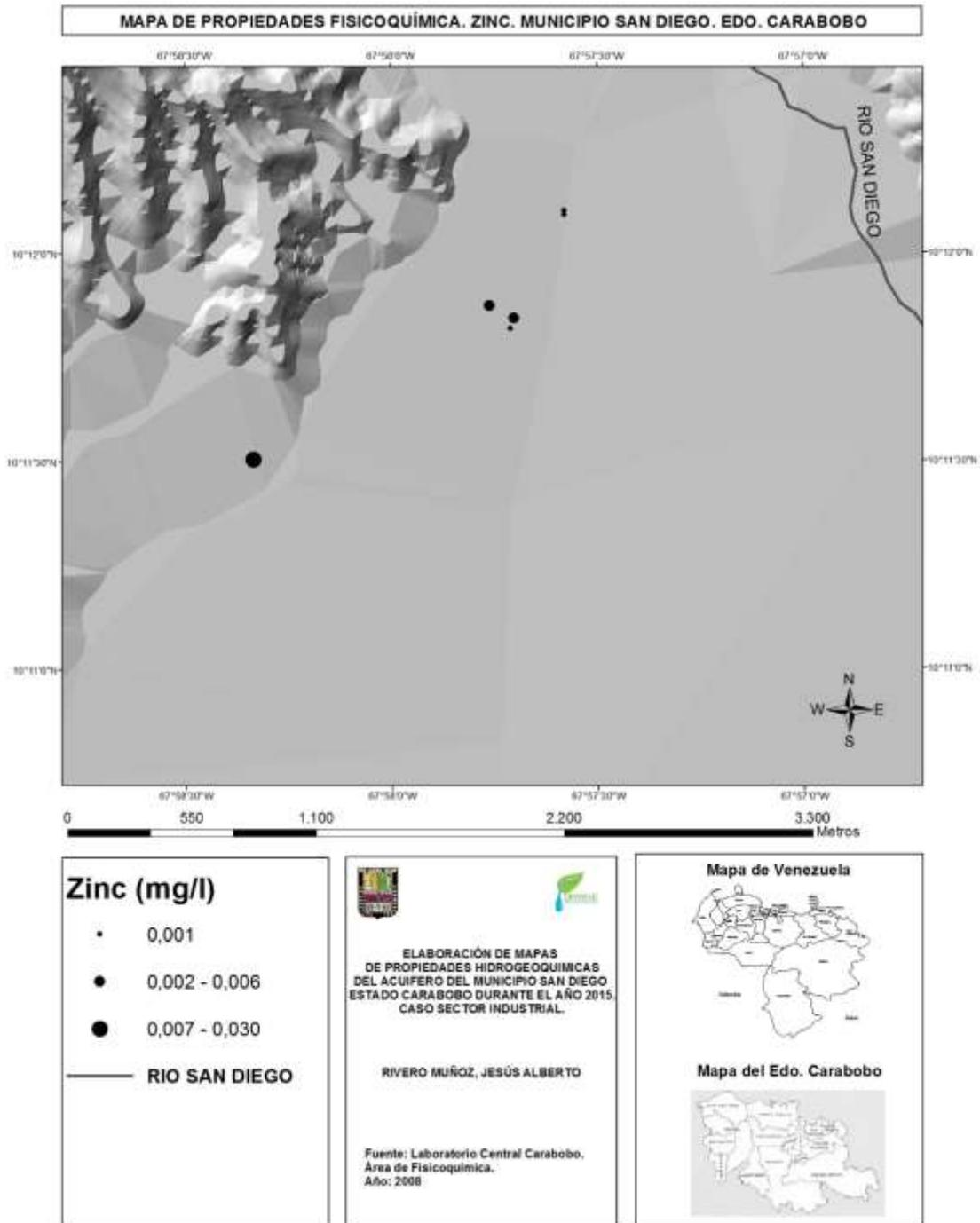
Anexo F.4. Mapa de Propiedades Físicoquímica. Dureza Total. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.



Anexo F.5. Mapa de Propiedades Físicoquímica. pH. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.



Anexo F.6. Mapa de Propiedades Físicoquímica. Sólidos Disueltos. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.

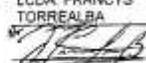
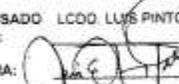
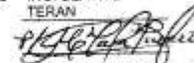


Anexo F.7. Mapa de Propiedades Físicoquímica. Zinc. Sector Industrial del Municipio San Diego, Estado Carabobo.

 FUNSEIN FUNDACIÓN TECNOLÓGICA DE SEGURIDAD INTEGRAL RIF: J-07526105-4	LABORATORIO DE AGUAS BLANCAS Registro Sanitario SIS N° 919-12	CODIGO: LP-531-14094-14 FECHA: 2014-09-03 PAGINA: 5 DE: 5
	EMPRESA: COLGATE PALMOLIVE, C.A (CENTRO DE DISTRIBUCION SAN DIEGO)	
	REPORTE DE ANÁLISIS	

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	VALOR MAXIMO PERMISIBLE GACETA OFICIAL 36.395 ART. 14	METODO
Dureza Total	mg/L	380	500	2340-C
Dureza Calcio	mg/L	230	N/R	2340-B
pH	Adimensional	7.70	8.5-8.5	4500-H-B
Cloruros	mg/L	19.0	300	4500-Cl-B
Sulfatos	mg/L	187.2	500	4500-SO ₄ -E
Fluoruros*	mg/L	2.13	1.0	4500-F-D
Nitratos	mg NO ₃ -N/L	1.89	45	4500-NO ₃ -B
Nitritos	mg NO ₂ -N/L	0.02	0.03	4500-NO ₂ -B
Temperatura	°C	32.8	N/R	2550-B
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	618	1000	2540-C
Conductividad	µS/cm	318	N/R	2510-B
Fosfatos	mg/L	8.79	N/R	4500-P-C
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	143.81	N/R	2320-B
Bicarbonatos	mg CaCO ₃ /L	143.11	N/R	4500-CO ₃ -D
Carbonatos	mg CaCO ₃ /L	0.87	N/R	4500-CO ₃ -D
Índice de Langelier	Adimensional	0.60	N/R	2330-B
RAS	Adimensional	0.35	N/R	-
Silice	mg SiO ₂ /L	318.55	N/R	4500-Si-D

APARIENCIA: LÍQUIDO INCOLORO
 BIBLIOGRAFÍA: APHA - AWWA - WPCF (Métodos Normalizados)
 OBSERVACIONES: N/R: No Reglamentado. *Parámetro fuera de especificación

REALIZADO POR:	LCDA. FRANCYS TORREALBA	REVISADO POR:	LCDO. LUIS PINTO	APROBADO POR:	ING. BEATRIZ TERAN
FIRMA:		FIRMA:		FIRMA:	
FECHA:	2014-09-03	FECHA:	2014-09-03	FECHA:	2014-09-03

LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SÓLO PODRÁ REALIZARSE PREVIAMENTE POR SOLICITUD ESCRITA DEL CLIENTE. LAS COPIAS EMITIDAS NO DEBERÁN TENER EL SELLO ORIGINAL DE FUNSEIN PARA CERTIFICAR SU AUTENTICIDAD. LA SOLICITUD DE COPIAS CERTIFICADAS DEBERÁ PRESENTARSE EN EL LAPSO DE UN AÑO A PARTIR DE LA FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME.

Anexo F.8. Reporte de Análisis de la calidad del agua. Colgate Palmolive C.A. Sector Industrial Castillito del Municipio San Diego, Estado Carabobo.

Valencia, 01 de Octubre de 2014

Señores:
AGROBIGOTT, C.A
Valencia, Edo. Carabobo

Atención: Ing. Jorge R. Sánchez
Coordinador de Medio Ambiente, Seguridad Industrial y Salud Ocupacional.

Estimados Señores:

A través del presente, hacemos entrega del reporte de resultados de análisis de la Evaluación de **Aguas Blancas, Salida del Pozo N° 1, Bebedero de Oficina, Comedor punto 1 y Tanque Elevado** realizadas en la empresa **AGROBIGOTT, C.A.**, captada el día 09/09/14 en las Instalaciones de la Empresa. Ubicada en la Zona Industrial Castillito, Valencia.

De la evaluación realizada, se muestra del Pozo N° 1 está en óptimas condiciones físico químico y bacteriológico y las demás muestras entran con los valores microbiológicos, cumpliendo con la normativa del M.P.P.A. para aguas potables. Resolución N° SG- 018.

Sin más a que hacer referencia, quedando a sus órdenes para cualquier aclaratoria, nos despedimos de Uds.,

Atentamente,


Ing. Marlene Sarcos
Directora General

Sarodca C.A.
RIF: J-29610005-9

Anexo F.9. Reporte de Análisis de la calidad del agua. Bigott pozo N°1 Sector Industrial Castillito del Municipio San Diego, Estado Carabobo.



4. RESULTADOS

Parámetro Evaluado.	POZO N° 1 AS-14-115	Norma valor Máximo aceptable
Apariencia	Clara	Clara
pH	7,36	6,5 - 8,5
Temperatura °C	27,0	-
Color Real (Unidades Pt - Co)	0,5	5
Color Aparente (Unidades Pt - Co)	0,5	NR
Turbiedad (Unidades NTU)	< 0,5	1
Alcalinidad total (CaCO ₃ , mg/l)	247,3	NR
Fluoruros (mg/l)	0,498	0,7
Calcio (mg/l)	69,88	NR
Aluminio (mg/l)	< 0,05	0,1
Boro (mg/l)	0,01	0,3
Bicarbonatos (mg/l) HCO ₃	150,8	NR
Carbonatos CO ₃ (mg/l)	148,4	NR
Cobre (mg/l)	< 0,05	1,0
Cloruros Total (mg/l)	10,56	250
Conductancia específica (25°C, µΩ/cm)	521	NR
Dureza Total (CaCO ₃ , mg/l)	246,9	250
Dureza magnésica (mg/l)	102,2	NR
Dureza cálcica (mg/l)	144,7	NR
Hierro Total (mg/l)	0,001	0,1
Magnesio (mg/l)	24,83	NR
Manganeso Total (mg/l)	0,010	0,1
Nitritos (NO ₂ - N, mg/l)	0,002	0,03
Nitratos (NO ₃ - N, mg/l)	0,61	45
Plomo Total (mg/l)	< 0,01	0,01
Silice (mg/l)	19,48	NR
Sodio + Potasio como Sodio (Na, mg/l)	1,02	200
Sólidos Disueltos Totales	400	600
Sulfatos (mg/l)	35,04	250
Zinc (mg/l)	0,001	3,0
Cloro residual (mg/l)	0,00	1,0

NR: no reglamentado

Anexo F.10. Reporte de Análisis de la calidad del agua. Bigott pozo N°1 Sector Industrial Castillito del Municipio San Diego, Estado Carabobo.