



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



**ELABORACION DE MAPAS DE PROPIEDADES HIDROGEOQUIMICAS DEL  
ACUÍFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO DEL ESTADO CARABOBO  
DURANTE EL AÑO 2014, CASO SECTOR NORTE.**

**Autores:  
Br. Rafael García  
Br. Esteban Ramirez  
Tutor Académico:  
Prof. Adriana Márquez**

**Bárbula, Mayo 2015**



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



**ELABORACION DE MAPAS DE PROPIEDADES HIDROGEOQUIMICAS DEL  
ACUÍFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO DEL ESTADO CARABOBO  
DURANTE EL AÑO 2014,  
CASO DE ESTUDIO SECTOR NORTE.**

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

Autores:  
Br. Rafael García  
Br. Esteban Ramírez  
Tutor Académico:  
Prof. Adriana Márquez

Bárbula, Mayo del 2015



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



### CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes, Miembros del Jurado designado para estudiar el Trabajo Especial de Grado titulado: **“ELABORACION DE MAPAS DE PROPIEDADES HIDROGEOQUIMICAS DEL ACUÍFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO DEL ESTADO CARABOBO DURANTE EL AÑO 2014. CASO DE ESTUDIO: SECTOR NORTE.”**; realizado por los Bachilleres: Rafael García y Esteban Ramírez, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

\_\_\_\_\_  
Presidente del Jurado

\_\_\_\_\_  
Miembro del Jurado

\_\_\_\_\_  
Miembro del Jurado



## DEDICATORIA

La culminación de este Trabajo de Grado, marca el comienzo de una nueva etapa de mi vida, por ello está dedicada primeramente a Dios, por permitirme vivir día a día y me ha dado las fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis padres, Rafael García y Eneida de García, quienes con su amor y paciencia han demostrado apoyo incondicional en cada una de las metas que me he trazado.

A ti Katherine por apoyarme en todos los retos que me ha tocado cumplir, tú eres gran parte de este logro, gracias por siempre estar para mí.

“La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar y alguna cosa que esperar”. Thomas Chalmers

Rafael García



## DEDICATORIA

A DIOS TODOPODEROSO, por ser quien ilumina cada paso en mi vida, me ha colmado de bendiciones y protege siempre.

A mi papá Rafael y mi mamá María Victoria, por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles. Hoy soy quien soy gracias a ustedes.

A ti Virginia “Eres la persona que elegí para compartir mi vida, para darte mi amor, para enseñarte mi locura y regalarte mi afecto.” Gracias por tu apoyo en este proceso.

Tía, te dedico este trabajo a ti, porque, sin tu ayuda, no hubiese, llevado a término la carrera.

A ti Suegra, Diana López por ayudarme y apoyarme en el desarrollo de este trabajo

Esteban Ramírez



## **AGRADECIMIENTOS**

Todo esto nunca hubiera sido posible sin el amparo incondicional que nos otorgaron y el cariño que nos inspiraron nuestros padres, que de forma incondicional entendieron nuestras ausencias y malos momentos. Las palabras no alcanzarán para testimoniar el aprecio y agradecimiento

A nuestra tutora Adriana Márquez, por habernos confiado este trabajo, por su paciencia ante nuestra inconsistencia, y dirección para llegar a la conclusión del mismo

Al ing. Víctor Carrillo, por acompañarnos y proporcionarnos la información necesaria para poder llevar a cabo este trabajo.

Esteban y Rafael



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



**ELABORACION DE MAPAS DE PROPIEDADES HIDROGEOQUIMICAS DEL  
ACUÍFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO DEL ESTADO CARABOBO  
DURANTE EL AÑO 2014.  
CASO DE ESTUDIO: SECTOR NORTE.**

Autores: Rafael García  
Esteban Ramírez  
Tutor: Adriana Márquez

**RESUMEN**

En el presente trabajo de investigación se elaboraron mapas de propiedades hidrogeoquímicas del acuífero del Municipio San Diego del Estado Carabobo durante el año 2014, específicamente en el sector norte, a fin de crear una base de datos, representadas en mapas georreferenciados usando el Software ArcGIS 10.0. Para lograr esto se desarrollaron 4 fases. En la primera fase se recolectaron los datos de ubicación de los pozos, y revisión de la información litológica, en la segunda fase se revisaron los estudios fisicoquímicos de las aguas subterráneas, y se realizaron pruebas de caudal variable, en la fase 3 se aplicó el método de Theis para conocer la Transmisividad, y el coeficiente de almacenamiento y en la cuarta fase se realizaron los mapas piezométricos de los pozos estudiados. De los datos litológicos junto con el coeficiente de almacenamiento se dedujo que el acuífero estudiado es del tipo confinado, el valor de Transmisividad es muy bajo, además que la composición química de estas aguas es idónea para el consumo humano, y los mapas piezométricos indican que las líneas de flujo del acuífero en la zona de estudio, apuntan hacia el río Cupira, lo que indica que la relación entre el acuífero y el río mencionado es de recarga.

**Descriptores:** Aguas subterráneas, Acuíferos, propiedades físicas de acuíferos.

Fecha: 19 de mayo del 2015



## CONTENIDO

	Pág
ELABORACION DE MAPAS DE PROPIEDADES HIDROGEOQUIMICAS DEL ACUÍFERO DEL MUNICIPIO SAN DIEGO DEL ESTADO CARABOBO DURANTE EL AÑO 2014, CASO SECTOR NORTE.....	i
DEDICATORIA.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
RESUMEN.....	vii
CONTENIDO.....	viii
LISTA DE CUADROS.....	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
EL PROBLEMA.....	3
Planteamiento del Problema.....	3
Formulación del Problema.....	6
Objetivos de la investigación.....	7
Objetivo General.....	7
Objetivos específicos.....	7
Justificación.....	7
Alcance y Limitaciones.....	8
CAPITULO II.....	9
MARCO TEÓRICO.....	9
Antecedentes de la Investigación.....	9
Bases Teóricas.....	10
Acuíferos.....	10
Origen de las Aguas Subterráneas.....	11



Formaciones Hidrogeológicas .....	12
Zonas de un Acuífero. ....	13
Tipos de Acuíferos. ....	15
Acuífero libre: .....	15
Acuífero confinado .....	16
Acuífero semiconfinado.....	16
Acuífero colgado .....	17
Acuíferos Formados por Depósitos No Consolidados:.....	18
Acuíferos Formados por Rocas Consolidadas: .....	19
Propiedades Hidrogeológicas de los Acuíferos. ....	19
Conductividad hidráulica o permeabilidad (K ó P).....	20
Transmisividad o transmisividad (T).....	20
Coeficiente de almacenamiento (S) .....	20
Propiedades Físico- Químicas de las Aguas Subterráneas: .....	21
Temperatura.....	21
pH .....	21
Conductividad y Total de Sólidos Disueltos .....	22
Radiactividad:.....	23
Dureza.....	23
Turbidez y Transparencia:.....	23
Demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO) .....	24
Composición .....	24
Características Químicas de los Iones y Sustancias Disueltas más .....	25
Estudios de Localización de las Formaciones Acuíferas.....	31
Estudio hidrogeológico. ....	32
Obtención de datos básicos: .....	32
Inventario de pozos:.....	32
Síntesis hidrogeológica: .....	33
Sistemas de Información Geográfica (SIG O GIS) .....	34



Sistema de información geográfica ArcGIS .....	36
ArcGIS para escritorio .....	36
Representación de datos geográficos en ArcGIS.....	36
Uso de ArcCatalog .....	37
Marco normativo legal .....	38
CAPITULO III.....	41
MARCO METODOLOGICO.....	41
Tipo de Investigación.....	41
Diseño de la Investigación.....	41
Población y Muestra .....	42
Población .....	42
Muestra .....	43
Técnicas e Instrumento de Recolección de información.....	43
Validez y confiabilidad.....	45
Análisis de datos.....	45
Procedimiento de la investigación .....	46
Fase I. Identificar la ubicación geográfica y propiedades geofísicas de los pozos profundos que sirven para abastecimiento de agua potable en el Municipio San Diego sector Norte.....	46
Obtención de imágenes satelitales:.....	47
Importar en ArcCatalog los datos de ubicación de los pozos .....	48
Realizar Mapa de ubicación de los Pozos.....	54
Fase 2. Describir la variación de los caudales y composición química del agua en los pozos el Municipio San Diego sector Norte durante el año 2104. ....	62
Fase 3. Aplicar modelos matemáticos de estimación de los parámetros hidráulicos Transmisividad y coeficiente de almacenamiento del acuífero del Municipio San Diego.....	67
Fase 4. Elaborar mapas piezométricos y de redes de flujo del acuífero del Municipio San Diego durante el año 2014, en el sector Norte.....	70
CAPITULO IV .....	75



RESULTADOS .....	75
Fase I. Identificar la ubicación geográfica y propiedades geofísicas de las tomas de agua subterráneas en el Municipio San Diego sector Norte.....	75
Fase II. Describir la variación de los caudales y composición química del agua en los pozos del Municipio San Diego sector Norte durante el año 2104. ....	77
Fase III. Aplicar modelos matemáticos de estimación de los parámetros hidráulicos Transmisividad y coeficiente de almacenamiento del acuífero del Municipio San Diego.....	79
Coeficiente de almacenamiento .....	80
Fase IV. Elaborar mapas piezométricos y de redes de flujo del acuífero del Municipio San Diego durante el año 2014, en el sector Norte.....	80
Discusión de resultados.....	80
Ubicación de los Pozos.....	80
Datos litológicos.....	80
Pruebas de caudal y nivel .....	81
Datos fisicoquímicos .....	81
Transmisividad y Coeficientes de almacenamiento .....	83
CAPITULO V .....	84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
Conclusiones .....	84
Recomendaciones.....	85
BIBLIOGRAFIA.....	86
ANEXO A. INSTRUMENTOS USADOS PARA EL LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....	88
A.2 Equipos de Medición .....	91
ANEXO B.1 UBICACIÓN DE POZOS, .....	93
B.2 PLANOS DE LAS PROPIEDADES GEOFÍSICAS .....	94
ANEXO C. GRÁFICAS DE VARIACIÓN DE NIVELES Y CAUDALES .....	95
ANEXO D. MAPAS PROPIEDADES FISICO QUÍMICAS.....	96



ANEXO E. MAPAS PIEZOMÉTRICOS.....	100
ANEXO H. DATOS LITOLÓGICOS DE LOS POZOS EN LA ZONA TULIPAN.....	101
ANEXO G. CURVA DE APLICACIÓN Y CÁLCULO DE COEFICIENTES DE TRANSMISIVIDAD Y ALMACENAMIENTO. MÉTODO DE THEIS .....	103



## LISTA DE CUADROS

	Pag
Cuadro 1. Componentes relativos a la calidad organolépticos del agua potable.....	29
Cuadro 2. Componentes inorgánicos .....	29
Cuadro 3. Valores de componentes orgánicos aceptables .....	30
Cuadro 4. Instrumentos a utilizar para la recolección de datos .....	45
Cuadro 5. Sectores que comprende la Zona Norte del Municipio San Diego.....	58
Cuadro 6. Valores de coeficiente de almacenamiento, para definir el tipo de acuífero .....	70
Cuadro 7. Valores aceptables de los valores de estudios fisicoquímicos disponibles de los pozos. ....	82



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Datos físico químicos de los pozos en estudio .....	78
--	----



## LISTA DE FIGURAS

	Pag.
<b>Figura 1. Zonas de un acuífero. Fuente</b> <a href="https://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/alarchil/MASTER%20ECO/ACUIFEROS.pdf">https://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/alarchil/MASTER%20ECO/ACUIFEROS.pdf</a> .....	14
<b>Figura 2. Tipos de acuíferos. Fuente (Collazo, 2012) .....</b>	15
<b>Figura 3. Representación gráfica característica de los acuíferos.</b> <b>Fuente: Rojas y Serrano, 2007 .....</b>	17
<b>Figura 4. Situación de Circulación del Agua entre Poros y Fracturas.</b> <b>Fuente: (Sanchez, 2001) .....</b>	19
<b>Figura 5. Estudio Geofísico. Fuente:</b> <a href="http://www.agua.uji.es/pdf/peg02.pdf">http://www.agua.uji.es/pdf/peg02.pdf</a> .....	32
<b>Figura 6. Ejemplo de SIG. Fuente: Peña, 2009 .....</b>	35
<b>Figura 7. Proceso de recolección de datos, Pozo en Villa de San Diego Country Club .....</b>	46
<b>Figura 8. Descarga de imagen Satelital en ArcGIS 10.0. Fuente.</b> <b>ArcGIS 10.0.....</b>	48
<b>Figura 9. Conexión de la carpeta en ArcCatalog. ArcGIS 10.0 .....</b>	49
<b>Figura 10. Conexión de la carpeta TESIS y CAPAS en ArcCatalog.</b> <b>ArcGIS 10.0. Fuente: ArcGIS 10.0 .....</b>	49
<b>Figura 11. Muestra de tabla de en ArcCatalog. Fuente: ArcGIS 10.0</b>	50
<b>Figura 12. Muestra de ventana Create Feature Class en ArcCatalog.</b> <b>ArcGIS . Fuente: ArcGIS 10.0 .....</b>	51
<b>Figura 13. Propiedades del sistema de referencia- seleccionar el sistema de coordenadas. Fuente ArcGIS 10.0 .....</b>	51
<b>Figura 14. Seleccionar del sistema de coordenadas UTM. Fuente:</b> <b>ArcGIS 10.0 .....</b>	52
<b>Figura 15. Seleccionar del sistema de coordenadas UTM. Fuente</b> <b>ArcGIS 10.0 .....</b>	53



Figura 16.Sistema de coordenadas de referencia escogido. Fuente ArcGIS 10.0.....	53
Figura 17.Vista previa de ubicación de los pozos sin el mapa base. ArcGIS 10.0. Fuente ArcGIS .....	54
Figura 18.Vista previa de ubicación de los pozos sin el mapa base. ArcGIS 10.0. Fuente ArcGIS 10.0 .....	55
Figura 19.Vista Ubicación de los pozos en el mapa base. Fuente ArcGIS 10.0.....	55
Figura 20.Vista Ubicación de los pozos en el mapa base. Fuente: ArcGIS 10.0.....	56
Figura 21. Vista Ubicación de los pozos en el mapa base. Fuente ArcGIS 10.0.....	57
Figura 22.Capas a usar en la investigación. Fuente. Autor, ArcMap 10.0. (2015).....	57
Figura 23.Mapa de ubicación de los pozos. Fuente. Autor, ArcMap 10.0.....	59
Figura 24. Cuadro propiedades capa litología ArcMap 10.0. Fuente, ArcMap 10.0.....	60
Figura 25. Tipo de presentación de los datos capa litología ArcMap 10.0. Fuente, ArcMap 10.0. ....	61
Figura 26. Presentación de plano de datos de litología ArcMap 10.0. Fuente, ArcMap 10.0. ....	61
Figura 27. Cuadro insertar objeto ArcMap 10.0. Nota. Fuente, ArcMap 10.0.....	63
Figura 28. Insertar tabla ArcMap 10.0. Nota. Fuente ArcMap 10.0.....	63
Figura 29. Cuadro Seleccionar el tipo de gráfico. Fuente, ArcMap 10.0. ....	64
Figura 30. Grafica creada ArcMap 10.0. Fuente, ArcMap 10.0. ....	64
Figura 31. Vista del Mapa caudal variable, con la gráfica nivel tiempo en ArcMap 10.0. Fuente, ArcMap 10.0.....	65



<b>Figura 32. Cuadro seleccionar propiedades ArcMap 10.0. Nota.</b>	
<b>Fuente, ArcMap 10.0. ....</b>	<b>66</b>
<b>Figura 33. Cuadro grafica ArcMap 10.0. Fuente, ArcMap 10.0.....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 34. Mapa de propiedades químicas (pH) ArcMap 10.0. Fuente, ArcMap 10.0.....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 35. Grafica de medidas de campos. Fuente, <a href="http://hidrologia.usal.es">http://hidrologia.usal.es</a>. ....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 36. Gráfica de medidas de campos. Fuente, <a href="http://hidrologia.usal.es">http://hidrologia.usal.es</a>. Fuente, <a href="http://hidrologia.usal.es">http://hidrologia.usal.es</a>.....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 37. Cuadro de ArcToolBoxs ArcMap 10.0. Fuente, ArcMap 10.0.....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 38. Ventanas salida del TIN ArcMap 10.0.para escoger el sistema de coordenadas Fuente, ArcMap 10.0. ....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 39. Seleccionar Sistema de Coordenadas ArcMap 10.0. Fuente, ArcMap 10.0.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 40. Crear TIN ArcMap 10.0. Fuente, ArcMap 10.0. Fuente Arc Map 10.0.....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 41. Cuadro Mapa piezométrico ArcMap 10.0. Fuente, ArcMap 10.0.....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 42. Porcentaje de uso de Pozos en el Municipio San Diego, Sector Norte. ....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 43. Porcentaje de pozos activos, en el Municipio, San Diego Sector Norte. ....</b>	<b>76</b>
<b>Figura 44. Perfil litológico del sector Los Tulipanes, según la permeabilidad del material geológico de cada estrato. Fuente: Elaboración de los autores .....</b>	<b>77</b>
<b>Figura 45. Calificación del acuífero según su transmisividad hidráulica. Fuente. Collazo, 2010.....</b>	<b>83</b>



## INTRODUCCIÓN

El agua ocupa las tres cuartas partes de la superficie de la Tierra y se debe a lluvias que duraron muchos años o siglos. A consecuencia de esto, se formaron depósitos de agua dulce en la superficie las cuales se estiman en un 0,25%. Los lagos, ríos y pantanos contienen otras cantidades de agua dulce. En el aire, suelo, rocas y en canales subterráneo, la variable cantidades de agua suma otra cantidad difícil de precisar.

De esta cantidad de agua dulce que se encuentra en la Tierra el agua correspondiente a los cursos subterráneos ofrece la posibilidad en ciertas zonas de ser extraída de una manera económicamente explotable, en esta investigación las aguas subterráneas se encuentran manifestadas en forma de acuíferos.

Los depósitos explotables de aguas subterráneas o también llamados acuíferos representan en Venezuela una superficie total de 829.000 Km<sup>2</sup>, los cuales a través de estudios preliminares se han estimado en cinco millones de metros cúbico por año y en Venezuela se han encontrado hasta ahora la formación de acuíferos importantes entre los cuales está el de Valencia. La mejora de las técnicas de perforación de pozos y la introducción de las bombas sumergibles han originado un aumento importante de la utilización de las aguas subterráneas y la cantidad de pozos que en la actualidad extraen agua del subsuelo está desencadenando problemas de sobreexplotación de acuíferos y aunado a la disminución de calidad de las aguas subterráneas en la cuenca del lago de Valencia por intrusión de aguas contaminadas del lago, la falta de gestión hídrica, puede causar problemas a la población por consumo indiscriminado de estas aguas.(Alvarado, 1991)



Según Plan Municipal De Desarrollo San Diego 2014-2017, realizado por la alcaldía de San Diego, se estima que desde el año 2008 al 2013, la población se ha incrementado anualmente en un 15%, lo que significa un crecimiento acelerado de la población. Es por esta razón que en estos Municipios se pueden observar una gran cantidad de puntos de explotación de aguas subterráneas que se han construido sin ningún sistema de información que permita establecer la sostenibilidad del acuífero, la cantidad del agua y la ubicación de los mismos.

Este documento incluye el siguiente contenido en cada capítulo:

En el capítulo I se presenta el planteamiento del problema, la justificación de la investigación, el objetivo general, y objetivos específicos, las limitaciones, y alcance o delimitación de la presente investigación.

En el capítulo II se muestran las bases teóricas y legales que ayudaran a desarrollar el proyecto de investigación.

En el capítulo III se plasma la metodología seguida, diseñada en fases, para conseguir dar respuestas a los objetivos planteados.

En el capítulo IV se muestran los resultados, y su análisis.

En el V y último capítulo se muestran las conclusiones, y recomendaciones que fueron fruto de la investigación, así como la bibliografía consultada y algunos anexos que se consideraron de vital importancia.



## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **Planteamiento del Problema**

El agua, un recurso que antes era considerado infinito y/o renovable, ha cambiado, y aunque ésta se encuentra en el planeta en gran cantidad, lo cierto es que en su mayor parte no es apta para el consumo humano. En efecto, la mayor parte es agua salada y el agua dulce presenta una situación crítica, y hoy en día, y desde hace ya varios años, el mundo afronta su escasez debido, entre otras, a las siguientes causas: alta contaminación de las aguas dulces por diversos motivos, sobreexplotación del recurso, etc.

En el mismo orden de idea, a lo largo de la historia los seres humanos han conformado y establecido sus comunidades contando con la capacidad y cantidad de agua que le proporciona el paisaje geográfico, sin embargo el desarrollo de las grandes urbes y el acelerado crecimiento demográfico de pueblos y ciudades trajo consigo graves problemas, entre ellos el abastecimiento de agua potable a infinidad de comunidades a nivel mundial, y Venezuela está atravesando por la misma situación. Es por esta razón, que los centros poblados, tanto urbanos como rurales se abastecen de las aguas subterráneas estas se han aprovechado desde la antigüedad para abastecimiento de poblaciones, para riego y para fines industriales.

Los depósitos explotables de aguas subterráneas o también llamados acuíferos representan en Venezuela una superficie total de 829.000 Km<sup>2</sup>, los cuales a través de estudios preliminares se han estimado en cinco millones



de metros cúbico por año y se pueden clasificar de acuerdo a su potencialidad en: Acuíferos de gran potencialidad, potencial medio y en vías de agotamiento. En Venezuela se han encontrado hasta ahora la formación de acuíferos importantes entre los cuales está el de la Mesa de Guanipa (Estado Anzoátegui), al Sur de Monagas, Sistema del río Guarico, Llanos de Apure, Llanos de Barinas, Portuguesa y Valencia. La mejora de las técnicas de perforación de pozos y la introducción de las bombas sumergibles han originado un aumento importante de la utilización de las aguas subterráneas (Serrano, Rojas, 2007).

Alvarado (1991) asegura que la cantidad de pozos que en la actualidad extraen agua del subsuelo está desencadenando problemas de sobreexplotación de acuíferos en algunas regiones importantes como en el Valle de Quibor, sectores intermontanos de Carabobo, Yaracuy y planicies Falconianas. De particular gravedad es la disminución de calidad de las aguas subterráneas en la cuenca del lago de Valencia por intrusión de aguas contaminadas del lago, es importante señalar que durante mucho tiempo se ha tenido la convicción de que el agua subterránea es limpia de bacterias y muy higiénica, que no tiene color ni olor, sin embargo, esta afirmación no es del todo cierta. El agua subterránea posee pocos sólidos suspendidos y muchos disueltos, esto puede causar que se sature de componentes que la hacen no apta para determinados usos (Donado, 1999).

En estas regiones de Venezuela las aguas subterráneas constituyen un recurso natural renovable de gran valor. Existe un gran número de poblaciones urbanas cuyo abastecimiento depende total o parcialmente de aguas subterráneas. Entre estos grandes centros urbanísticos destacan Maracaibo, Valencia, Barquisimeto, Maracay, La Victoria, Carora, entre otros. Por otra parte se están utilizando miles de pozos de aguas subterráneas para incrementar el riego en medios rurales.

Uno de los Municipios del Estado Carabobo que está creciendo de una manera acelerada es San Diego, en él se han desarrollado en los últimos



años grandes proyectos urbanísticos lo que amerita de un mayor abastecimiento de agua potable. (F. Arocha, Comunicación personal, Septiembre 2014), afirma que el Municipio San Diego cuenta con tres sistemas de abastecimiento de agua, pero por las causas descritas se han hecho insuficientes; el sistema uno del acueducto regional del centro debería dotar 500 l/s, sin embargo solo llegan 250 l/s, el dique toma La Cumaca fue diseñado para abastecer el pueblo viejo de San Diego pero por la escases de lluvia y el crecimiento poblacional no está cumpliendo con la demanda requerida, ocasionando que para generar nuevos sistemas de dotaciones se haga uso de las aguas subterráneas mediante la perforación de pozos profundos.

(F. Arocha, Comunicación personal, Septiembre 2014), expone que la fuente principal de suministro de agua de San Diego no es suficiente para el abastecimiento de sus habitantes, por lo que se ha hecho necesaria la creación de pozos subterráneos. Estos pozos se han construido sin ningún sistema de información que permita establecer la sostenibilidad del acuífero, la cantidad del agua y la ubicación de los mismos.

Por otra parte, se puede acotar que las aguas subterráneas se pueden valorar, aprovechar y controlar como cualquier recurso natural y su conocimiento no presenta dificultades superiores a las de las superficiales, aunque son distintos los principios y las técnicas, y existen modelos de flujo subterráneo y transporte de contaminantes de libre disponibilidad que se utilizan rutinariamente para analizar el comportamiento de los acuíferos y sus relaciones con otros componentes del ciclo hidrológico, ríos, lagos, atmósfera y zona no saturada.

Además, el motor fundamental para el aumento del aprovechamiento de las aguas subterráneas es debido a que requieren inversiones sumamente pequeñas si se comparan con las de las aguas superficiales. Su coste es casi siempre mucho menor que el del agua proporcionada por presas y canales, que suele estar fuertemente subvencionada. Su coste reducido ha



inducido un aumento de las extracciones que en algunos casos han producido problemas de bajada de niveles, disminución de caudales de ríos, desecación de zonas húmedas y subsidencias del terreno, pero en general han producido beneficios importantes.

Sin embargo la administración hidráulica pública no ha dedicado a las aguas subterráneas la atención ni las inversiones que se precisa para estudiarlas y no dispone de personal necesario para controlar y proteger un recurso imprescindible. En el pasado sólo se consideraba el agua superficial, por eso muchos planificadores y gestores del agua tienen una formación limitada en los aspectos hidrogeológicos y no entienden los aspectos clave del funcionamiento de los acuíferos.

Sobre la base de las ideas expuestas y con el objeto de conocer el comportamiento del acuífero del Municipio San Diego Estado Carabobo se plantea la elaboración de mapas de propiedades hidrogeoquímicas del acuífero del Municipio San Diego sector Norte durante el año 2014.

### ***Formulación del Problema***

La presente investigación busca realizar una base de datos digitalizada que contenga datos importantes del acuífero de San Diego, con datos de estudios hidrogeoquímico de los pozos del sector Norte del Municipio San Diego. De las inquietudes planteadas surgen las interrogantes siguientes:

¿Qué características poseen cada uno de los pozos a estudiar?

¿De qué manera sería afectado el acuífero tanto físico y químicamente con el desarrollo urbano?

¿Cuál sería la variación del caudal que experimenta el pozo en un periodo determinado?



## ***Objetivos de la investigación***

### ***Objetivo General***

Elaborar mapas de propiedades hidrogeoquímicas del acuífero del Municipio San Diego del estado Carabobo durante el año 2014, caso sector Norte.

### ***Objetivos específicos***

1. Identificar la ubicación geográfica y propiedades geofísicas de las tomas de agua subterráneas en el Municipio San Diego sector Norte.

2. Describir la variación de los caudales y composición química del agua en los pozos el Municipio San Diego sector Norte durante el año 2104

3. Aplicar modelos matemáticos para la estimación de los parámetros hidráulicos Transmisividad y coeficiente de almacenamiento del acuífero del Municipio san diego.

4. Elaborar mapas piezométricos y de redes de flujo del acuífero del Municipio San Diego durante el año 2014, en el sector Norte.

### ***Justificación***

Ante la situación planteada es necesario hacer una profunda reflexión que motive a los entes comprometidos a tomar conciencia con respecto a la importancia de la explotación de un recurso natural tan valioso como las aguas subterráneas. Este trabajo constituye una investigación que se propone describir las características actuales de los pozos profundos, sector Norte del Municipio San Diego con la finalidad de analizar esa información y elaborar mapas de propiedades geoquímicas que aporten datos acerca del origen y distribución del agua subterránea, además de la degradación y presencia de contaminantes.

En este sentido los datos que aporta son esenciales para restablecer la evolución del acuífero en el tiempo y espacio. Los resultados de la investigación podrán servir de apoyo a la comunidad del Municipio San Diego ya que con este trabajo se inicia una fuente de datos que proporciona



herramientas para el estudio, planificación, aprovechamiento y control de sus aguas subterráneas y contribuir, de esta manera, al ordenamiento municipal y despegue económico con su adecuada conservación.

La trascendencia de esta investigación y las discusiones que puedan derivarse de sus planteamientos, constituyen una pequeña contribución a la urgente necesidad de conocer y controlar adecuada y racionalmente el uso de las aguas subterráneas. En este sentido, se aspira a que los datos que aporta sean estímulo para el desarrollo de nuevas investigaciones que conduzcan a la creación de fuentes de datos que permitan evaluar la vulnerabilidad del acuífero, detectar afecciones y establecer las medidas correctoras.

### ***Alcance y Limitaciones***

El proyecto en desarrollo tiene como alcance la elaboración de mapas de propiedades hidrogeoquímicas de los acuíferos (76 pozos) del sector Norte del Municipio San Diego del Estado Carabobo durante el período 2014-2015 específicamente hasta abril del presente año. Se contará con los datos de los pozos en la zona suministrados por el Ministerio del poder Popular para el Ambiente.

En el proyecto en desarrollo 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.

Algunos pozos no cuentan con puntos de exploración ni accesorios para realizar las pruebas de caudal y nivel.



## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### Antecedentes de la Investigación

Rojas y Serrano (2014). Presentada como trabajo de grado ante la universidad de oriente como requisito parcial para optar al título de ingeniero civil: *“importancia del agua subterránea como Fuente de abastecimiento de agua potable en Venezuela”*, mostro que el acuífero de Valencia presente elevados valores del total de sólidos disueltos (TSD) con máximos superiores a 3000 ppm, e indican que la causa de esta elevada concentración puede deberse a la intrusión de aguas del lago de valencia en el acuífero. Así mismo el contenido de sulfatos en la zona es elevado. Estos datos indican la importancia de revisar los sólidos disueltos (TSD) y los sulfatos

Duran (2011).dijo en su artículo Políticas hídricas en Venezuela en la gestión de agua subterráneas. Revista Voces, 5, (1-2), que los acuíferos del Estado Carabobo tiene una profundidad media de 69 m, que el nivel medio del agua está a 12 m con un caudal medio de 13.5 l/s, lo que da una referencia de los valores a obtener al realizar el estudio, además indicó que en Venezuela no existe un verdadero plan de gestión de las aguas subterráneas, se ha tomado el tema de manera muy superficial a pesar de que se estima que el potencial de agua subterránea es significativo. No existe un inventario actualizado de recursos hídricos que suministre el conocimiento preliminar de las características hidrogeofísicas por zonas



proporcionando la base necesaria para una adecuada planificación de los trabajos de investigación a desarrollarse y con ello establecer su utilización y emprender su manejo sustentable. El aporte de esta investigación es certificar el hecho que no existe un registro actualizado de los números de pozos existentes en las aguas subterráneas de Venezuela.

Guevara, E. (2000). Diagnóstico de la situación ambiental y ecológica del Estado Carabobo. Periódico Tiempo Universitario, 4, (290) Afirma que las aguas subterráneas están siendo sobre explotadas debido a la existencias de numerosos pozos tanto para el abastecimiento industrial como con fines agrícolas, éstos no ha sido normado con especificidad en relación al uso racional del recurso del agua, solamente existe normativa en cuanto a la distancia entre pozos para evitar el abatimiento de los acuíferos. Según el estudio del IESA 1998, señala que anualmente quedan inhabilitados entre 30 y 50 pozos por disminución del nivel de los acuíferos. El aporte de esta investigación es entender la importancia de conocer la cantidad de pozos existentes en el Municipio de San Diego para evitar la sobre explotación y la disminución de nivel de los mismos.

## **Bases Teóricas**

### **Acuíferos**

Un acuífero es una formación saturada de agua, la cual puede ser bombeada o drenada. Una definición más formal sería, que es una Formación geológica que contiene agua en cantidad apreciable y que permite que circule a través de ella con facilidad. (Sánchez, 2001). Estos se pueden llamar también depósitos explotables de aguas subterráneas y cumplen un papel importante, y en numerosos casos vital, para el suministro de agua potable o riego.

Las aguas subterráneas se encuentran bajo la superficie del terreno o dentro de los poros o fracturas de las rocas, en zonas húmedas a metros de profundidad, en desiertos a cientos de metros y estas representa una



fracción importante de la masa de agua presente en cada momento en los continentes, con un volumen mucho más importante que la retenida en lagos o circulante, y aunque menor al de los mayores glaciares, las masas más extensas pueden alcanzar millones de Km. (como el acuífero Guaraní).

### ***Origen de las Aguas Subterráneas.***

Antiguamente se creía que las aguas subterráneas procedían del mar y habían perdido su salinidad al filtrarse entre las rocas. Hoy se sabe que es agua procedente de la lluvia. Es una creencia común que el agua subterránea llena cavidades y circula por galerías. Sin embargo, no siempre es así, pues puede encontrarse ocupando los intersticios (poros y grietas) del suelo, del sustrato rocoso o del sedimento sin consolidar, los cuales la contienen como una esponja. La única excepción significativa, la ofrecen las rocas solubles como las calizas y los yesos, susceptibles de sufrir el proceso llamado karstificación, en el que el agua excava simas, cavernas y otras vías de circulación, modelo que más se ajusta a la creencia popular.

En este orden de ideas, se puede decir que estas aguas forman grandes depósitos que en muchos lugares constituyen la única fuente de agua potable disponible. En algunos lugares regresan a la superficie, brotando de la Tierra en forma de fuentes o manantiales, en otros lugares, se deben recoger a distintas profundidades excavando pozos.

Las aguas subterráneas proceden de la precipitación y la condensación. Las aguas de precipitación debidas al ciclo del agua, se originan principalmente en la superficie de los mares que poseen 365 millones de km. cúbicos de agua y el 73% de la superficie de la Tierra. Por otro lado el aporte calorífico de la radiación solar permite convertir en vapor de dos a tres litros de agua por metro cuadrado y por día, por lo que el agua evaporada sobre la Tierra en un día alcanza a  $10^{12} \text{ m}^3$ .

Para muchos hidrólogos la condensación del vapor de agua en el interior del suelo desempeña una función poco importante en la formación de las



aguas subterráneas, incluso consideran que los rocíos internos no deben intervenir en los caudales, pero la participación de las aguas de condensación internas y externas presenta características diferentes e importantes según se trate de un terreno abundantemente permeable (calizas fisuradas, por ejemplo) o de un terreno de escasa permeabilidad (arenas) o compuesto de capas porosas impregnadas de arcilla coloidal cuya naturaleza permite la fijación de agua.

### ***Formaciones Hidrogeológicas***

Para que los acuíferos sean explotados dependerá de los materiales hidrogeológicos, que las conforman, es decir los materiales hidrogeológicos se pueden clasificar en función de su capacidad para ser explotados, lo que significa una medida de su capacidad de almacenamiento y su capacidad de transmisión.

Una clasificación de las formaciones geológicas según su comportamiento hidrogeológico se describe a continuación:

1. *Acuífero*: formación geológica que almacena volúmenes de agua que se mueven con facilidad a través de él (por ejemplo, arenas y gravas)
2. *Acuicludo*: formación geológica que almacena volúmenes agua que se mueve lenta e ineficientemente a través de ella (por ejemplo, limo, arcilla)
3. *Acuitardo*: formación geológica que almacena agua que prácticamente no se mueve (por ejemplo, rocas compactas)
4. *Acuifugo*: formación geológica que no es capaz de almacenar agua (por ejemplo, granito inalterado)

Una formación acuífera viene definida por una base o muro, y por un techo, que puede ser libre, semipermeable o impermeable; por lo que son los continentes de las masas de agua subterránea. Sólo a determinada profundidad, una roca puede estar permanentemente saturada de agua



formando así un manto acuífero, y es aquí en donde los pozos encuentran agua y donde se establece el nivel freático de la capa de filtración. El nivel freático puede encontrarse a muy diferentes profundidades, dependiendo de las circunstancias geológicas y climáticas, desde sólo unos centímetros hasta decenas de metros por debajo de la superficie.

En la mayoría de los casos la profundidad varía con las circunstancias meteorológicas de las que depende la recarga de los acuíferos. El nivel freático no es horizontal, a diferencia del nivel superior de los mares o lagos, sino que es irregular, con pendiente monótonamente decreciente desde el nivel fijo superior al nivel fijo inferior.

Por encima del nivel hidrostático o de la superficie piezométrica de esa capa freática, las aguas circulan sin cesar. Además, el agua es suplementada o eventualmente sale a la superficie por medios naturales y si se excava o perfora la Tierra para conectar con un acuífero, a través de pozos y/o galerías se puede explotar esta masa de agua para consumo humano, agrícola o industrial, usando bombas de extracción para extraer el agua, y el estudio de la distribución y movimiento de acuíferos se llama hidrogeología.

### ***Zonas de un Acuífero.***

Si admitimos que los acuíferos reciben agua de la precipitación (aunque puede recibirla por otras vías), se pueden definir tres zonas fundamentales: (a) zona de alimentación o recarga, (b) zona de circulación y (c) zona de descarga ( Ver figura 1).



**Figura 1. Zonas de un acuífero.** Fuente [https://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/alarchil/MASTER%20ECO/ACUIFEROS.pdf](https://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/alarchil/MASTER%20ECO/ACUIFEROS.pdf)

La zona de alimentación es aquella donde el agua de precipitación se infiltra. La renovación se produce lentamente cuando la comparamos con la de los depósitos superficiales, como los lagos, y los cursos de agua. El tiempo de residencia (el periodo necesario para renovar por completo un depósito a su tasa de renovación normal) es muy largo. En algunos casos la renovación está interrumpida, por la impermeabilidad de las formaciones geológicas superiores (acuitardos), o por circunstancias climáticas sobrevenidas de aridez.

La zona de descarga es la zona donde el agua sale del acuífero, como puede ser un manantial o la descarga al mar o a un río. El agua subterránea mana de forma natural en distintas clases de surgencias en las laderas (manantiales) y a veces en fondos del relieve, siempre allí donde el nivel freático intercepta la superficie. Cuando no hay surgencias naturales, al agua subterránea se puede acceder a través de pozos, perforaciones que llegan hasta el acuífero y se llenan parcialmente con el agua subterránea, siempre por debajo del nivel freático, en el que provoca además una depresión local.

La zona de circulación es la parte comprendida entre la zona de alimentación y la zona de descarga, en esta zona se produce el movimiento de las aguas subterráneas de una manera muy lenta.

### ***Tipos de Acuíferos.***

Las clasificaciones de los acuíferos pueden variar según el factor que se tome en cuenta para hacerlas. De este modo se pueden clasificar los acuíferos según los materiales litológicos que los constituyan (detríticos, fisurados, volcánicos, etc.) o, como en este caso se tomará el factor de la presión hidrostática del agua encerrada en los mismos, lo cual se traduce en unas circunstancias prácticas muy útiles al hablar de captaciones de ese agua.



**Figura 2. Tipos de acuíferos.** Fuente (Collazo, 2012)

#### ***Acuífero libre:***

También llamados no confinados o freáticos. En ellos existe una superficie libre y real del agua encerrada, que está en contacto con el aire y a



la presión atmosférica. Entre la superficie del terreno y el nivel freático se encuentra la zona no saturada. El nivel freático define el límite de saturación del acuífero libre y coincide con la superficie piezométrica. Su posición no es fija sino que varía en función de las épocas secas o lluviosas. Si perforamos total o parcialmente la formación acuífera, la superficie obtenida por los niveles de agua de cada pozo forman una superficie freática o piezométrica, que coinciden.

Para apreciar de una mejor manera las características de este tipo de acuífero se hace referencia a la constitución del mismo en la Figura 3.

### ***Acuífero confinado***

También llamados cautivos, artesianos a presión o en carga, son formaciones geológicas permeables, completamente saturadas de agua, confinadas entre dos capas o estratos impermeables o prácticamente impermeables (una inferior y otra superior). En estos acuíferos, el agua está sometida, en general, a una presión mayor que la atmosférica y al perforar un pozo en ellos, el agua se eleva por encima de la parte superior (techo) del acuífero hasta un nivel que se denomina nivel piezométrico. La superficie imaginaria que representa la carga piezométrica en los distintos puntos del acuífero se conoce como superficie piezométrica. En algunos casos, la superficie piezométrica puede estar por encima del nivel del terreno natural, por lo que un pozo perforado en el lugar se llamará surgente.

### ***Acuífero semiconfinado***

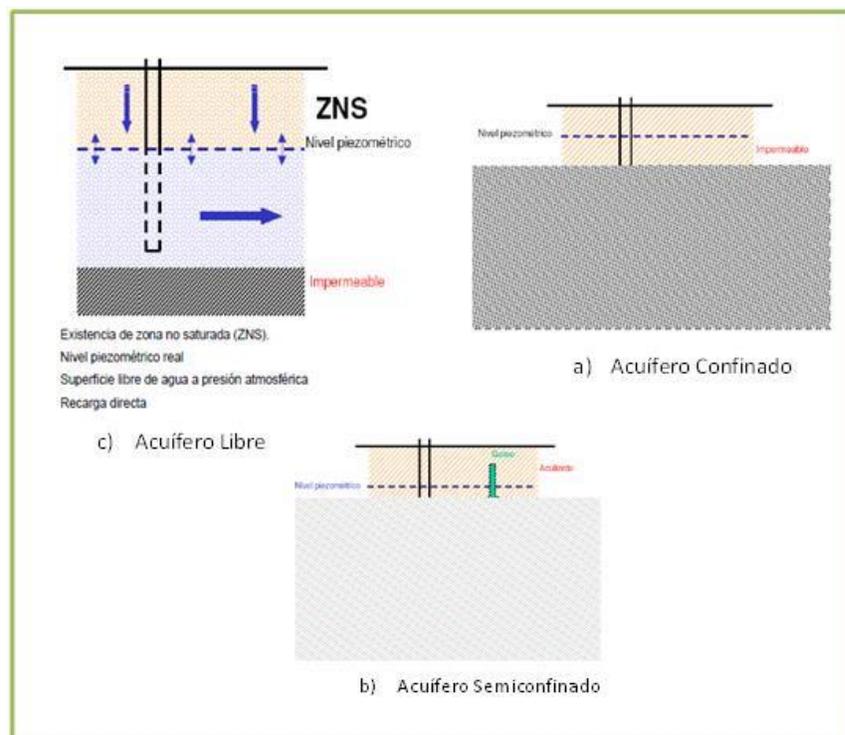
Constituyen una variedad de los confinados, y se caracterizan por tener el techo (parte superior) o/y el muro (parte inferior) sellado por materiales que no son totalmente impermeables, sino que constituyen un acuitardo, es decir, un material que permite una filtración vertical que alimenta muy lentamente al acuífero principal. En estos casos, habrá situaciones en los que la recarga podrá hacerse en ambos sentidos en función de la diferencia de potencial.

De esta manera en la Figura 3 se puede observar gráficamente con detalles las características de este tipo de acuífero.

### **Acuífero colgado**

Algunas veces se da una capa de material más o menos impermeable por encima del nivel freático. El agua que se infiltra queda atrapada en esta capa para formar un lentejón, que normalmente tiene una extensión limitada sobre la zona saturada más próxima. Los acuíferos colgados son más comunes de lo que se pueda suponer, aunque quizá sólo ocupan unos pocos centímetros de espesor, o sólo se alimenten después de una recarga muy excepcional. No suponen un recurso muy fiable, ya que a veces se puede perforar del todo y el pozo construido facilita el drenaje del agua contenida en el lentejón hacia la zona saturada. (Ver figura 3).

Los acuíferos también pueden ser clasificados según el material geológico constituyente, y así tenemos:



**Figura 3. Representación gráfica característica de los acuíferos. Fuente: Rojas y Serrano, 2007**



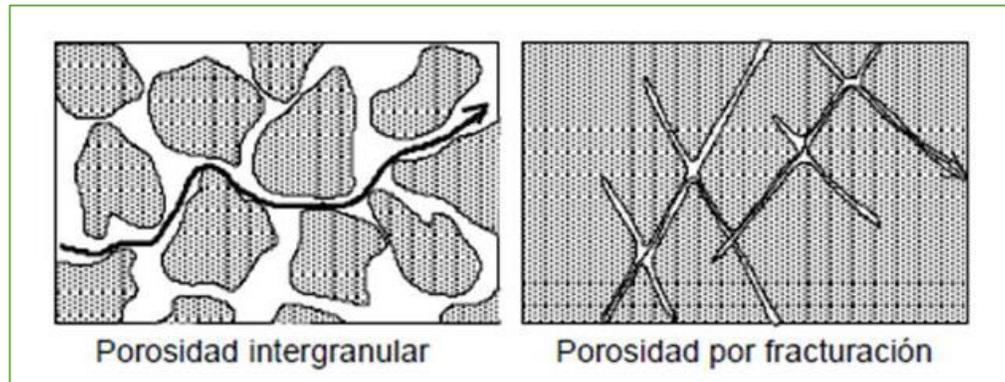
### ***Acuíferos Formados por Depósitos No Consolidados:***

*Acuíferos Porosos.* Se dan en rocas sedimentarias, sedimentos, y sectores descompuestos de rocas cristalinas. Constituyen los acuíferos más importantes, por el gran volumen de agua que pueden almacenar. Estos se dan en cuencas sedimentarias y en las zonas donde se acumularon sedimentos arenosos. Una particularidad de este tipo de acuíferos es su porosidad, casi siempre homogéneamente distribuida, permitiendo que el agua fluya hacia cualquier dirección, en función solamente de los diferenciales de presión hidrostática allí existente y esta propiedad es conocida como isotropía.

Los espacios huecos o intersticios que presentan las rocas que componen los acuíferos, pueden ser poros o vacíos intergranulares, como en el caso de rocas formadas por depósitos sedimentarios granulares (grava y arena) consolidados o no, o fracturas, fisuras y canales de disolución. Parece oportuno destacar aquí, que una porosidad alta puede ser una buena cualidad de un acuífero pero que la alta porosidad no significa, al mismo tiempo, la posibilidad de transmitir grandes cantidades de agua. (Las arcillas, como se dijo, son muy porosas pero a la vez poco permeables).

Los acuíferos formados por depósitos no consolidados, están constituidos por materiales sueltos, fundamentalmente, arenas, gravas o mezclas de ambas de origen geológico muy diverso. Según Todd el 90% de los acuíferos en explotación en el mundo, caen bajo esta categoría.

A continuación se presenta en la Figura 4 la manera como el agua circula a través del material acuífero.



**Figura 4. Situación de Circulación del Agua entre Poros y Fracturas.**  
**Fuente: (Sanchez, 2001)**

#### ***Acuíferos Formados por Rocas Consolidadas:***

***Acuíferos Fracturados o Fisurados.*** Este tipo de acuífero se presenta en rocas ígneas o metamórficas. La capacidad de estas rocas de acumular agua está relacionada a la cantidad de fracturas, a sus aberturas y a la intercomunicación que pueda llegar a existir entre ellas. Pozos perforados en estas rocas erogán en términos generales, caudales por debajo de los que producen los acuíferos sedimentarios.

***Acuíferos Cársticos:*** Son los acuíferos formados en rocas carbonáticas. Constituyen un tipo particular de acuíferos fracturados, donde las fracturas, debido a la disolución del carbonato por el agua, alcanzan aberturas muy grandes (cavernas), creando en este caso, verdaderos ríos subterráneos.

Dentro de esta descripción también entran, los Acuífugos, los Acuicludos y los Acuitardos que ya fueron definidos anteriormente

#### ***Propiedades Hidrogeológicas de los Acuíferos.***

En el comportamiento hidráulico de los acuíferos pueden distinguirse diversas propiedades que se describen a continuación y que se utilizan para caracterizar dicho comportamiento y establecer sus leyes.



### ***Conductividad hidráulica o permeabilidad (K ó P)***

La conductividad hidráulica representa la mayor o menor facilidad con que el medio deja pasar el agua a través de él por unidad de área transversal a la dirección del flujo. Tiene las dimensiones de una velocidad y modernamente se distinguen dos tipos: la conductividad hidráulica Darciana o lineal, y la conductividad hidráulica turbulenta.

La ley de Darcy dice que la velocidad del flujo del agua a través de una columna de suelo saturado, es directamente proporcional a la diferencia en carga hidráulica e inversamente proporcional a la longitud de la columna. Posee dimensiones de una velocidad (longitud/ tiempo), se usaran las unidades: m/día, cm/seg, m/hora, m/año.

### ***Transmisividad o transmisividad (T)***

Un concepto muy útil en la práctica habitual es la transmisividad o Transmisividad de un sistema acuífero, la que mide la cantidad de agua, por unidad de ancho, que puede ser transmitida horizontalmente a través del espesor saturado de un acuífero con un gradiente hidráulico igual a 1 (unitario). La transmisividad es el producto de la conductividad hidráulica y el espesor saturado del acuífero. Para un acuífero compuesto de muchos estratos esta propiedad es la suma de las transmisividades de cada estrato. Este puede ser expresado  $m^3/día \cdot m$ , es decir,  $m^2/día$ ,  $m^2/seg$ ,  $cm^2/seg$  ó  $l/día \cdot m$ .

### ***Coefficiente de almacenamiento (S)***

Si se produce un cambio en el nivel de agua en un acuífero saturado, o una unidad confinada, una cantidad de agua puede ser almacenada o liberada. El coeficiente de almacenamiento, S, es el volumen de agua, por unidad de área y cambio en altura de agua, que una unidad permeable absorberá o liberará desde el almacenamiento. De acuerdo a esta definición esta cantidad es adimensional.



### ***Propiedades Físico- Químicas de las Aguas Subterráneas:***

El agua subterránea natural como consecuencia de su composición química y de acciones naturales externas, presenta una serie de propiedades o características fisicoquímicas: temperatura, pH, conductividad, total de sólidos disueltos, radiactividad, dureza, turbidez, entre otras. Estas propiedades varían en el espacio y en el tiempo.

#### ***Temperatura***

Las aguas subterráneas gozan por lo general, de una constancia de temperatura que las aguas de circulación superficial no pueden poseer nunca, sometidas como están a evaporaciones, intercambios térmicos con el aire exterior y el terreno de superficie, radiación solar etc. En las aguas de capas (porosidad primaria) tienen temperaturas que varían mucho con la extensión y penetración de la capa en el suelo. En promedio por cada dos grados de latitud que nos alejemos del ecuador la temperatura disminuye 1 °C y por cada 150 m., en altitud, la variación de la temperatura es de 1 °C.

#### ***pH***

Este parámetro representa el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculado por el número de iones de hidrógeno presente. Es medido en una escala desde 0 a 14, en la cual significa que la sustancia es neutra. Valores de pH por debajo de 7 indica que la sustancia es ácida y valores por encima de 7 indican que la sustancia es básica. El pH aumenta con el aumento de temperatura hasta en un 8% por lo que debe referirse a la temperatura de medida in situ. Por regla general el pH de las aguas naturales se mantiene entre 6.5 y 8, aunque excepcionalmente puede variar entre 3 y 11.

El pH juega un papel importante en muchos procesos químicos y biológicos de las aguas subterráneas naturales (equilibrio carbonatado. procesos redox. etc.). Es fácilmente alterable por lo que su determinación debe hacerse en el momento de la toma de muestra.



### **Conductividad y Total de Sólidos Disueltos**

Como consecuencia de su contenido iónico el agua se hace conductora de la electricidad. La conductividad es variada según los intercambios químicos y aportes de agua exterior, e informa sobre su riqueza en electrolitos o sólidos disueltos. Igualmente permite reconocer la salinidad del agua diferenciando entre la salada, salobre o dulce. A medida que la concentración iónica aumenta, aumenta también hasta cierto límite la conductividad (C) o capacidad de un agua para conducir la corriente eléctrica. La unidad de medida de conductividad es el  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (microsiemens/cm) o  $\mu\text{mho}/\text{cm}$  (micromho/cm), ambas equivalentes. La variación de temperatura modifica notablemente la conductividad. Para disoluciones diluidas se estima que el aumento de temperatura en  $1^\circ\text{C}$  se traduce en un aumento de alrededor del 2% en la conductividad.

De acuerdo a su conductividad las aguas se clasifican en cuatro clases:

1. C1 = agua de baja salinidad.
2. C2 = agua de salinidad media. C3 = agua de salinidad alta.
3. C4 = agua de salinidad muy alta.

De acuerdo a la relación de adsorción de sodio (RAS) las aguas se clasifican en:

1. S1= agua de bajo contenido en sodio.
2. S2= agua de contenido medio en sodio.
3. S3= agua de contenido alto en sodio.
4. S4= agua de contenido muy alto en sodio.

De las combinaciones de ambos grupos C y S se conforman las diferentes categorías de agua para riego.

El total de sólidos disueltos (TSD) mide el peso de todas las sustancias disueltas en el agua sean o no volátiles. Diversos factores (tipo de ión, grado de disociación. movilidad iónica. etc.) determinan que no exista una relación estrecha entre conductividad y TSD. En todo caso, se han propuesto diferentes relaciones de proporcionalidad entre estos parámetros. Así  $\text{TSD} = C * A$  ó  $C = B * \text{RS}$ , en que A varía entre 0.54 y 0.96 y B entre 1.15 y 1.56;



TSD y RS se expresan en mg/l. Los valores de conductividad de las aguas subterráneas naturales varían considerablemente, Valores normales en aguas dulces oscilan entre 100 y 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ : en Salmueras pueden alcanzarse valores de 100000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

### ***Radiactividad:***

Otra característica es la radiactividad de las aguas subterráneas. Se agrega que no son tampoco las aguas de origen más profundo las que poseen siempre mayor radiactividad. Esta característica se debe a la presencia de muy pequeñas cantidades de átomos radioactivos diseminados en las formaciones. En la mayoría de los casos permite reconocer la cantidad de elementos finos que se encuentran presentes en una formación, ya que las arcillas, por ejemplo, poseen mayor radioactividad que la arena, caliza o areniscas.

### ***Dureza***

La dureza de un agua mide la capacidad de ésta para consumir jabón o producir incrustaciones. Aunque en la reacción con jabón para producir compuestos insolubles pueden intervenir Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Ba, Zn, etc. Actualmente la dureza se define en términos de contenido en Ca y Mg (dureza total). Menos utilizados son los términos dureza permanente y dureza temporal que representan la parte de la dureza asociada al  $\text{Cl}^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$  y la parte asociada a las especies carbónicas respectivamente. La dureza suele expresarse bien en mg/l de  $\text{CaCO}_3$ . La dureza de las aguas subterráneas naturales varía generalmente entre 10 y 300 mg/l de  $\text{CaCO}_3$  pudiendo llegar a 2000 o más. Las aguas duras son, por lo general, incrustantes en tanto que las blandas suelen ser agresivas.

### ***Turbidez y Transparencia:***

Estas propiedades de las aguas superficiales varían en muchas ocasiones con su caudal. Las aguas subterráneas, contrariamente permanecen transparentes casi siempre por la filtración del sistema. Si el



color es, por regla general, muy débil, salvo cuando están cargadas con sales de hierro, el sabor de las aguas depende de las sales y de los gases en suspensión o solución. Y el olor de las no termales, resulta, por lo general, inodoro cuando son potables o fétido, similar al del hidrógeno sulfurado, cuando proceden de charcas por la descomposición de material orgánico. Este parámetro se expresa en Unidades Nefelométricas de turbidez (UT).

### ***Demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO)***

La demanda química de oxígeno mide la capacidad de un agua para consumir oxidantes en procesos químicos (materia orgánica oxidable,  $Fe^+$ ,  $Mn^+$ ,  $NH_4^+$ , etc.). En aguas naturales el valor usual de DQO varía desde 1 a 15 mg / l. La demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno precisa para eliminar por procesos biológicos aerobios, la materia orgánica contenida en un agua. Suele referirse a un periodo de cinco días.

En aguas subterráneas por lo general la DBO, suele ser inferior a 1 mg/l de  $O_2$ .

### ***Composición***

Desde el punto de vista químico cada fuente tiene una composición que depende de la constitución de las zonas subterráneas atravesadas y que le cede o con las que ha intercambiado sustancias. Las sales alcalinas son muy frecuentes, el cloruro de sodio se encuentra casi siempre y en cantidad generalmente aceptable para la alimentación humana. Los sulfatos alcalinos son más raros. El carbonato de calcio, con el sulfato de calcio es el elemento mineral más importante de las aguas subterráneas. La dureza del agua se modifica en las diferentes regiones. El hierro existe a menudo en las aguas subterráneas pero es inestable bajo la forma de bicarbonato ferroso. El manganeso sigue de cerca al hierro, eliminándose con menor facilidad. El plomo y los nitratos o nitritos bastantes infrecuentes, indican habitualmente contaminación.



El agua subterránea se encuentra normalmente empapando materiales geológicos permeables que constituyen capas o formaciones a los que se les denominan acuíferos.

### ***Características Químicas de los Iones y Sustancias Disueltas más Importantes:***

#### *Aniones y sustancias aniónicas:*

##### *Ion Cloruro, Cl<sup>-</sup>*

*Características químicas.* Sales en general muy solubles. Muy estable en disolución y muy difícilmente precipitable. No se oxida ni reduce en aguas naturales.

*Concentraciones.* Entre 10 y 250 ppm en aguas dulces. El agua de mar tiene entre 18000 y 21000 ppm. Las salmueras naturales pueden llegar a tener 220000 ppm (saturación).

*Nocividad y toxicidad.* Más de 300 ppm comunican sabor salado al agua de bebida, pero no es perjudicial por lo menos hasta algunos miles de ppm. Es esencial para la vida. Contenidos elevados son perjudiciales para muchas plantas y comunican corrosividad al agua.

##### *Ion Sulfato, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>*

*Características químicas.* Sales moderadamente solubles a muy solubles, excepto las de Sr (60 ppm) y de Ba (2 ppm). Es difícilmente precipitable químicamente ya que las sales solubles de Sr y Ba son muy escasas en la naturaleza, pero puede separarse de la solución por concentración si existe una evaporación importante.

*Concentraciones.* Entre 2 y 150 ppm en aguas dulces pudiendo llegar a 5000 ppm en aguas salinas si existe Ca y hasta 200000 si está asociado a Mg y Na en ciertas salmueras. El agua del mar contiene alrededor de 3000 ppm.

*Nocividad y toxicidad.* Las aguas selenitosas (elevado contenido en sulfato) no quitan la sed y tienen sabor poco agradable y amargo. Por sí



mismo o si va asociado a Mg o Na en cantidades importantes puede comunicar propiedades laxantes. En cantidades elevadas puede ser perjudicial a las plantas. Más de algunos centenares de ppm perjudican a la resistencia del hormigón y cemento.

### Iones Bicarbonato y Carbonato, $\text{CO}_3 \text{H}^-$ y $\text{CO}_3^{--}$

Características químicas. Estos iones comunican alcalinidad al agua en el sentido que dan capacidad de consumo de ácido al producir una solución tampón. Se pueden precipitar con mucha facilidad como  $\text{CO}_3\text{Ca}$ .

Concentraciones. El ion bicarbonato varía entre 50 y 350 ppm en aguas dulces pudiendo llegar a veces hasta 800 ppm. El agua del mar tiene alrededor de 100 ppm. El ion carbonato está en concentraciones mucho menores que el ion bicarbonato y si el  $\text{pH} < 8.3$  se le considera cero. En aguas alcalinas con  $\text{pH} > 8.3$  puede haber cantidades importantes, hasta 50 ppm en algunas aguas naturales. El agua del mar tiene menos de 1 ppm.

Nocividad y toxicidad. No presenta problemas de toxicidad. Las aguas bicarbonatadas sódicas son malas para riego, debido a la fijación del Na en el terreno y creación de un medio alcalino.

### Ion Nitrato, $\text{NO}_3^-$

Características químicas. Sales muy solubles y por lo tanto es muy difícilmente precipitable.

Concentraciones. Normalmente entre 0.1 y 10 ppm pero en aguas polucionadas puede llegar a 200 ppm y en algún caso hasta 1000 ppm. El agua del mar tiene alrededor de 1 ppm o menos.

Nocividad y toxicidad. Concentraciones elevadas en agua de bebida puede producir cianosis en los niños y comunican corrosividad (oxidaciones) al agua y producen interferencias en fermentaciones.

### Silice, $\text{SiO}_2$

Características químicas. La hidroquímica del silicio no está del todo aclarada pero se cree que la mayoría de la silice está como  $\text{SiO}_4\text{H}_4$ , en parte



disuelta y en parte coloidal, y sólo una pequeña parte está ionizada ( $\text{SiO}_4\text{H}_3^-$ ) a pH normales.

Concentraciones. La mayoría de las aguas naturales tienen entre 1 y 40 ppm en  $\text{SiO}_2$  pudiendo llegar hasta 100, en especial en aguas bicarbonatadas sódicas. En aguas muy básicas se puede llegar a 1000 ppm.

Nocividad y toxicidad. El mayor inconveniente está relacionado con su incrustabilidad en calderas y calentadores.

#### Cationes y sustancias catiónicas:

##### Ion Sodio, $\text{Na}^+$

Características químicas. Solubilidad muy elevada y muy difícil de precipitar.

Concentraciones. Entre 1 y 150 ppm en aguas dulces, no siendo raro encontrar contenidos mucho mayores, hasta varios miles de ppm. El agua del mar tiene alrededor de 10000 ppm, las salmueras naturales pueden llegar a tener 100000 ppm, siendo un límite que rara vez se sobrepasa el de 500 meq/l (= 110000 ppm).

Nocividad y toxicidad. Las aguas con concentraciones elevadas en sodio son perjudiciales a las plantas al reducir la permeabilidad del suelo; son especialmente nocivas si las concentraciones de Ca y Mg son bajas.

##### Ion Potasio, $\text{K}^+$

Características químicas. Solubilidad muy elevada y difícil de precipitar.

Concentraciones. Entre 0.1 y 10 ppm en aguas dulces. Extraordinariamente se pueden tener algunos cientos de ppm y sólo muy raramente se pueden tener algunos cientos de ppm y sólo muy raramente se puede tener salmueras de hasta 100000 ppm. El agua del mar tiene alrededor de 400 ppm.

Nocividad y toxicidad. No presenta problemas especiales a las concentraciones habituales y es un elemento vital para las plantas.



### Ion Calcio, Ca<sup>++</sup>

Características químicas. Sales de moderadamente solubles a muy solubles. Es muy fácil de precipitar como  $\text{CO}_3\text{Ca}$ .

Concentraciones. Entre 10 y 250 ppm en aguas dulces, pudiendo llegar a 600 ppm en aguas selenitosas. El agua del mar contiene alrededor de 400 ppm. Excepcionalmente se puede tener 50000 ppm en salmueras de  $\text{Cl}_2\text{Ca}$ .

Nocividad y toxicidad. El mayor inconveniente va asociado al aporte de dureza y producción de incrustaciones.

### Ion Magnesio, Mg<sup>++</sup>

Características químicas. Propiedades similares a las del ion calcio pero más soluble y algo más difícil de precipitar.

Concentraciones. Entre 1 y 100 ppm en aguas dulces, pudiendo llegar a veces a algunos miles de ppm en aguas salinas o salmueras. El agua del mar contiene 1200 ppm.

Nocividad y toxicidad. Propiedades laxantes y da sabor amargo al agua de bebida si hay algunos centenares de ppm. Contribuye a la dureza del agua.

### Principales gases disueltos:

#### Anhidrido Carbonico, CO<sub>2</sub>

Características químicas. Es un gas relativamente soluble y que al hidrolizarse produce ácido carbónico parcialmente dissociado.

Concentraciones. Frecuentemente se sitúa entre 1 y 30 ppm, correspondiendo los valores más bajos a aguas en contacto fácil con la atmósfera.

Nocividad y toxicidad. Las aguas con un exceso de  $\text{CO}_2$  son agresivas y las que pierden  $\text{CO}_2$  pueden convertirse en incrustantes.

Aguas con más de 20 ppm de  $\text{CO}_2$  libre pueden ser agresivas para el hormigón.

En Venezuela la calidad del agua agua subterránea se rige por LAS NORMAS SANITARIAS DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE., y en ellas se



establecen los siguientes valores, con respecto a la calidad organoléptica, cantidad de componentes inorgánicos y orgánicos aceptables en el agua. En el Cuadro 1 se presenta un resumen de los compuestos presentes en las aguas subterráneas:

**Cuadro 1. Componentes relativos a la calidad organolépticos del agua potable**

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 <sub>3</sub>	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

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

(b) UCV: Unidades de Color Verdadero

(c) UNT: Unidades Nefelométricas de Turbiedad

**Cuadro 2. Componentes inorgánicos**

Arsénico	0,01
Bario	0,7
Boro	0,3
Cobre	20
Cadmio	0,003
Cianuro	0,07
Cromo Total	0,05
Fluoruros	(c)
Mercurio Total	0,001



Níquel	0,02
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	45,0
(N)	10
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	0,03
(N)	0,01
Molibdeno	0,07
Plomo	0,01
Selenio	0,01
Plata	0,05
Cloro Residual	1,0 (3,0) (a)

NO<sub>3</sub>= Nitrato N= Nitrógeno NO<sub>2</sub>= Nitrito

(a) El valor entre paréntesis es aceptado provisionalmente en casos extremadamente excepcionales, plenamente justificado ante la Autoridad Sanitaria Competente.

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

(c) El contenido de flúor como ión fluoruro F se fijará de acuerdo con el promedio anual de temperatura máxima del aire en °C, según el cuadro N° 3 siguiente:

Cuadro N° 3 Valores Límites recomendables para el contenido de Fluoruro en mg/L.

### **Cuadro 3. Valores de componentes orgánicos aceptables**

	Hg/L
Bromoformo	100
Cloroformo	200
Dibromoclorometano	100
Benceno	10
Tolueno	700
Xileno	500
Aldrín y Dieldrin	0,03
Clordano	0,2
DDT y sus metabolitos	2,0
2-4-D	30
Heptacloro	0,03
Heptacloro Expóxico	0,1
Hexaclorobenceno	1,0
Lindano	2,0
Metoxicloro	20
Archilamida	0,5
Benzopireno	0,7
1-2 Dicloroetano	30
1-1 Dicloroetano	30
Etilbenceno	300
Pentaclorofenol	9,0
2-4-6 Triclorofenol	200



### ***Estudios de Localización de las Formaciones Acuíferas.***

Consiste en un conjunto de estudios, trabajos y operaciones, llevados a cabo tanto por técnicas directas como indirectas, encaminados a la localización de acuíferos, para captación de aguas subterráneas, en cantidad y con calidad adecuada para el fin pretendido y definición de las condiciones óptimas de explotación.

Para la exploración de la zona de estudio de un acuífero se debe tener en cuenta lo siguiente:

1. Recopilación de la información: Economía de tiempos y costes de realización, acceso a datos históricos.

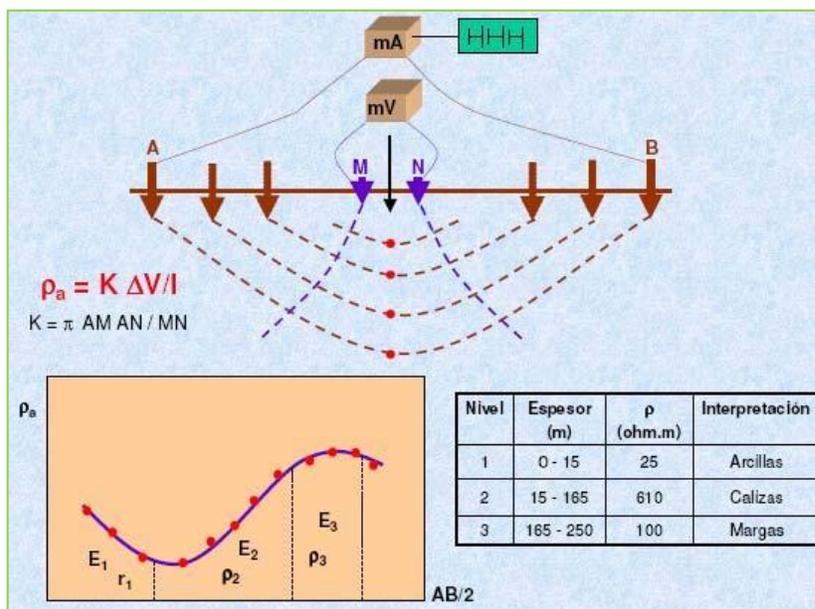
2. Estudio de la demanda de agua: Estimación de demandas actuales y futuras. Previsión de crecimiento demográfico permanente y estacional, industrial, agrícola, recreativo. Usos del agua: cantidad, calidad.

3. Estudio geológico: Reconocimiento preliminar (mapas topográficos, mapas geológicos, fotografías aéreas). Formulación de hipótesis sobre localización y movimiento de aguas subterráneas. Comprobación de hipótesis y establecimiento de otras nuevas en trabajos de campo: Series estratigráficas. Cartografía geológica. Cortes geológicos. Bloques diagrama. Correlaciones. Estructuras. Facies.

4. Estudio geofísico: Métodos eléctricos y electromagnéticos. Métodos sísmicos y gravimétricos. Resonancia magnética. En la figura # 8 se pueden observar los dispositivos colocados en terreno para el estudio geofísico.

5. Estudio climatológico: Precipitación. Evapotranspiración. Infiltración. Escorrentía.

6. Hidrología superficial: Ubicación y caudal de manantiales. Aforos periódicos (limnógrafos, limnímetros, molinete...). Para efectos de esta investigación, se llevara a cabo el estudio hidrológico.



**Figura 5. Estudio Geofísico.** Fuente: <http://www.agua.uji.es/pdf/peg02.pdf>

### Estudio hidrogeológico.

Para llevar a cabo el estudio Hidrológico se deben seguir los siguientes pasos.

#### **Obtención de datos básicos:**

La obtención de estos datos tienen que ver con las características y ubicación de los puntos de captación de aguas subterráneas. Fundamentalmente incluye el:

#### **Inventario de pozos:**

Consiste en la localización, identificación, toma de información y situación georeferenciada de los puntos acuíferos. Su finalidad e importancia radica en el reconocimiento del tipo de acuíferos; existencia o no de Manantiales, Zanjas de drenaje y galerías, Pozos de excavación, Sondeos.

La información que ofrece este inventario es: Naturaleza litológica de los acuíferos. Columnas estratigráficas. Geometría de los acuíferos. Piezometría



del área investigada. Determinación de la red de flujo. Caudales que aportan las captaciones. Parámetros hidráulicos (T, S, caudal específico). Características químicas de las aguas. Extracciones que se llevan a cabo en el acuífero, así como uso que de ellas se hace.

**Síntesis hidrogeológica:**

Recoge la información hidrogeológica obtenida a lo largo del estudio, referida a los siguientes aspectos:

**Características geológicas e hidrogeológicas de acuíferos:** Litología; estructura y límites; relaciones laterales y verticales; piezometría: parámetros hidráulicos; hidroquímica, funcionamiento hidrodinámico de los acuíferos: Direcciones de flujo, gradientes.

**Balance hídrico:** Entradas, salidas, recursos, reservas. Cartografía hidrogeológica (escala variable): Aspectos geológicos (Litologías, Tipos de contacto, Estructuras antiformes y sinformes, Dirección y buzamiento de los estratos).

**Aspectos hidrogeológicos** (Formaciones permeables e impermeables, Inventario de puntos acuíferos, Límites de acuíferos, Isolíneas de caudales específicos, Transmisividades, Coeficientes de almacenamiento);

Aspectos de hidrología de superficie (Cursos de agua principales, Embalses superficiales, Divisorias hidrológicas).

**Aspectos geomorfológicos;** Aspectos piezométricos (Líneas isopiezas, Isopropundidad de la zona saturada, Isoespesor de la zona saturada, Isovariaciones piezométricas).

**Aspectos hidrodinámicos** (Divisorias hidrogeológicas, Direcciones del flujo subterráneo, Relaciones río-acuífero); Aspectos hidroquímicos (Isolíneas de contenidos de diferentes aniones y cationes, Isolíneas de conductividad, Isolíneas de cloruros, Representación gráfica de parámetros químicos).



## **Sistemas de Información Geográfica (SIG O GIS)**

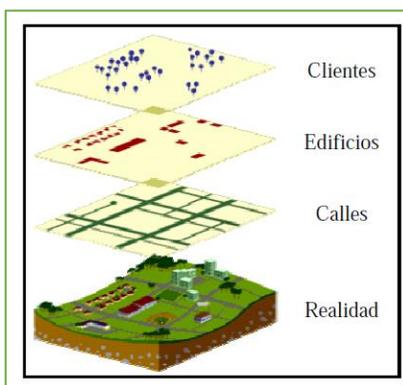
Para los sistemas de información geográfica se pueden encontrar varias definiciones, entre ellas: “Base de dato computarizada que contiene información espacial” (Cebrian y Mark 1986) o “Un conjunto de herramientas para reunir, introducir almacenar, recuperar, transformar, y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real para un conjunto particular de objetivos” (Burrough, 1988). Una definición actual y más completa con respecto a los SIG es que un Sistema de Información Geográfica particulariza un conjunto de procedimientos sobre una base de datos no gráfica o descriptiva de objetos del mundo real que tienen una representación gráfica y que son susceptibles de algún tipo de medición respecto a su tamaño y dimensión relativa a la superficie de la Tierra. Aparte de la especificación no gráfica el SIG cuenta también con una base de datos gráfica con información georreferenciada o de tipo espacial y de alguna forma ligada a la base de datos descriptiva (Comisión Económica Para América Latina y El Caribe CEPAL, 2002).

En un SIG se usan herramientas de gran capacidad de procesamiento gráfico y alfanumérico, estas herramientas van dotadas de procedimientos y aplicaciones para captura, almacenamiento, análisis y visualización de la información georreferenciada (Comisión Económica Para América Latina y El Caribe CEPAL, 2002). La mayor utilidad de un sistema de información geográfica está íntimamente relacionada con la capacidad que posee éste de construir modelos o representaciones del mundo real a partir de las bases de datos digitales. Esto se logra aplicando una serie de procedimientos específicos que generan aún más información para el análisis (Martínez, J et al., 2007). La construcción de modelos de simulación, se convierte en una valiosa herramienta para analizar fenómenos que tengan relación con tendencias y así poder lograr establecer los diferentes factores influyentes (Comisión Económica Para América Latina y El Caribe CEPAL, 2002).

A manera más simple un SIG es un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para soportar la captura, administración, manipulación, análisis, modelamiento y creación de gráficos de datos u objetos referenciados espacialmente, para resolver problemas complejos de planeación y administración (Fuentes, et al., 2005).

Como “Sistema de Información” se entiende la unión de la información y herramientas informáticas (programas o software) para su análisis con unos objetivos concretos. Por otra parte, al incluir el término “Geográfica” se asume que la información es espacialmente explícita, es decir, incluye la posición en el espacio.

La base de un S.I.G. es, por tanto, una serie de capas de información espacial en formato digital que representan diversas variables (formato ráster), o bien capas que representan objetos (formato vectorial) a los que corresponden varias entradas en una base de datos enlazada. Esta estructura permite combinar en un mismo sistema, información con orígenes y formatos muy diversos, incrementando la complejidad del sistema (ver figura 6).



**Figura 6. Ejemplo de SIG.** Fuente: Peña, 2009



## **Sistema de información geográfica ArcGIS**

. ArcGIS es un sistema para trabajar con mapas e información geográfica, es decir, modela la información geográfica como un conjunto lógico de capas o temas. Se utiliza para lo siguiente: Crear, utilizar y compartir mapas, además de compilar, compartir, detectar, administrar y analizar información geográfica.

### **ArcGIS para escritorio**

ArcGIS para escritorio es el producto principal que utilizan los profesionales SIG para compilar, usar y administrar la información geográfica. Incluye aplicaciones SIG profesionales y completas que admiten diversas tareas SIG, incluidas la representación cartográfica, la compilación de datos, el análisis, la administración de geodatabase y el uso compartido de información geográfica.

### ***Representación de datos geográficos en ArcGIS***

En el software ArcGIS los elementos mencionados se llaman entidades geográficas individuales se pueden representar como:

1. Clases de entidad (conjuntos de puntos, líneas y polígonos)

Imágenes y rásteres

Superficies continuas que se pueden representar mediante entidades (como contornos), rásteres (modelos digitales de elevación [DEM]) o redes irregulares de triángulos (TIN) mediante datasets de terreno

Tablas de atributos para datos descriptivos

Una clase de entidad es un conjunto de formas geográficas, todas del mismo tipo de geometría. Existen siete tipos de clases de entidad que se puede crear en ArcGIS para escritorio: punto, multipunto, línea, poligonal, anotación, dimensión o multiparce, por ejemplo, una clase de entidad de línea para representar las líneas de centro de carreteras



Las cuatro clases de entidad que se utilizan con mayor frecuencia en la geodatabase son:

**Puntos:** entidades que son demasiado pequeñas para representarse como líneas o polígonos así como también como ubicaciones de puntos (tales como las observaciones del GPS).

**Líneas:** representan la forma y la ubicación de objetos geográficos, tales como centros de línea de calle y arroyos, también, demasiado angostos para mostrarlos como áreas. Las líneas también se utilizan para representar las entidades que tienen longitud pero no área, tales como las líneas de curvas de nivel y los límites.

**Polígonos:** un conjunto de entidades de área de muchos lados que representa la forma y la ubicación de los tipos de entidades homogéneas tales como Estados, condados, parcelas, tipos de suelo y zonas de uso del suelo.

**Anotación:** texto de mapa que incluye las propiedades para la forma en que se representa el texto. Por ejemplo, además de la cadena de texto de cada anotación, se incluyen otras propiedades tales como los puntos de forma para colocar el texto, la fuente y el tamaño de punto y otras propiedades de visualización. La anotación también puede estar vinculada a la entidad y puede contener subclases.

**Tabla de atributos** Las tablas de atributos son la base de las entidades geográficas, y le permite visualizar, consultar y analizar los datos, las tablas están constituidas por filas y columnas, y todas las filas tienen las mismas columnas. En ArcGIS, las filas se denominan registros y las columnas campos. Cada campo puede almacenar un tipo de datos específico, como un número, una fecha o una fracción de texto. (Ver figura 11)

### ***Uso de ArcCatalog***

ArcCatalog se utiliza para:

1. Organizar el contenido SIG



2. Administrar esquemas de geodatabase
3. Buscar y agregar contenido a aplicaciones de ArcGIS
4. Documentar contenidos
5. Administrar servidores SIG
6. Administrar metadatos basados en estándares
7. Exploración de Datos
8. Exploración de Contenidos

El panel de contenido de ArcCatalog ayuda a organizar y administrar varios tipos de información geográfica de ArcGIS, en carpetas de archivos. Entre los tipos de información que se pueden organizar y administrar en ArcCatalog se incluyen:

1. Geodatabases
2. Archivos ráster
3. Documentos de mapa, documentos de globo, documentos de escena 3D y archivos de capa
4. Cajas de herramienta de geoprocésamiento, modelos y secuencias de comandos Python
5. Servicios SIG publicados usando ArcGIS Server
6. Metadatos basados en estándares para estos elementos de información SIG

El árbol de catálogo también es el panel en el que se realizan las conexiones a los servidores SIG, las geodatabases compartidas y otros servicios.

### **Marco normativo legal**

Durante la investigación se tomarán en cuenta las siguientes normas y leyes:

1. Decreto nº 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, nº 36.298



2. COVENIN 2709:2002 “Aguas natrales, industriales y residuales. Guía para las técnicas de muestreo” (1era revisión)

3. 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.

4. Normas Sanitaria de Calidad del agua Potable. Publicada en Gaceta Oficial de la República Bolivariana N° 36.395 fecha 13/02/1998.



## **CAPITULO III**

### **MARCO METODOLOGICO**

#### **Tipo de Investigación**

Según la definición de Tamayo y Tamayo (2006) esta investigación es aplicada, descriptiva e interactiva. En relación al objetivo que persigue el autor, la investigación es de forma aplicada, ya que, busca confrontar la teoría con la realidad; de tipo descriptiva por que interpreta la situación actual, y busca la obtención de datos seguros sobre las propiedades hidrogeoquímicas y ubicación geográfica del acuífero para elaborar mapas piezométricos, que contribuyan al procesamiento de datos para estudios futuros e interactiva, porque se usará, datos suministrados por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, e información de la zona en formato Arcgis suministrada por el Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales-UC, que se intervendrán a manera de unificar los criterios de zonificación y nomenclatura a fin de que cumpla con las normas nacionales e internacionales

#### **Diseño de la Investigación.**

Según Hernández, Fernández y Baptista (2006) un diseño no experimental es:

“La que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de investigación donde no hacemos variar intencionadamente las



variables independientes. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos”.

Adicionalmente los autores mencionados definen una investigación como transeccional descriptiva, cuando los datos se recolectan en un solo momento y su propósito es describir las variables.

Por consiguiente el diseño de esta investigación es no experimental, porque las variables de propiedades hidrogeoquímicas del acuífero San Diego sector norte y su ubicación, no se someten al control ni intervención de los autores, sino a su diagnóstico y evaluación.

Según Sabino (1992), en los diseños de campo los datos de interés se recogen en forma directa de la realidad, mediante el trabajo concreto del investigador y su equipo. Estos datos, obtenidos directamente de la experiencia empírica, son llamados primarios, denominación que alude al hecho de que son datos de primera mano, originales, producto de la investigación en curso sin intermediación de ninguna naturaleza.

La conjunción de los conceptos antes citados, tienen una relación directa con la presente investigación, porque proporcionaron un marco metodológico viable para su ejecución.

## **Población y Muestra**

### ***Población***

Tamayo, Tamayo, M (2004), define la población como lo siguiente: “Está determinada por sus características definitorias, por tanto, el conjunto de elementos que posea éstas características se denomina población o universo” (p.92). También define la Población como la totalidad de “un fenómeno de estudio, incluye la totalidad de unidades de análisis o entidades de población que integran dicho fenómeno y debe cuantificarse para un determinado estudio, integrando un conjunto N de entidades que participan de una determinada característica” (p. 176)



Por su parte, Balestrini (2007), expresa que la Población es: ...“un conjunto finito o infinito de personas, casos o elementos que presentan características comunes” (p.137). Por todo lo anterior mencionado se puede definir como población de esta investigación al acuífero del Municipio San Diego sector norte.

### ***Muestra***

En relación a la muestra, Sabino (2002) define la muestra como: “una parte del todo que llamamos universo y que sirve para representarlo”. (p. 83) Por su parte, Balestrini, (2007) expresa que: “la muestra corresponde al subconjunto extraído de la población, mediante técnicas de muestreo, cuyo estudio sirve para inferir características de toda la población”. (p.141) La muestra en esta investigación comprende a los Pozos que succióna agua en el acuífero de San Diego sector norte.

### **Técnicas e Instrumento de Recolección de información.**

Las técnicas de recolección de información se refiere a los procedimientos que originan información válida y confiable para ser utilizada como datos científicos; en el proceso de la investigación sobre elaboración de mapas de características hidrogeoquímicas del acuífero San Diego sector norte, se utilizó la técnica de observación estructurada ya que los autores construyeron un plan referente a las características a observar y a los datos que deben ser recolectados, aunado a la revisión documental, puesto que la información requerida para efectos de la investigación en algunos casos ya se encontraba registrada por propietarios de pozos y entes públicos, sin embargo ésta, no se encuentra sistematizada en una base de datos.

Rodríguez, Ochoa y Pineda (2012), acotan que en cada investigación existe un tipo particular de análisis para recabar la información requerida, pudiendo combinarse varias estrategias en cada paso de la misma. Actualmente, se acepta el criterio de que no hay métodos ni técnicas autosuficientes para la comprensión de la realidad de ningún aspecto u



objeto de estudio, por lo tanto se reconoce la necesidad de la complementariedad de métodos y técnicas.

Afirma Sabino (1992), que la observación es una técnica que consiste en el uso sistemático de nuestros sentidos orientados a la captación de la realidad que queremos estudiar. Por su parte, para Hurtado (2012), la técnica documental consiste en recopilar información contenida en textos escritos, ya sea porque la unidad de estudio es un texto, o documento, o porque ya fue recogida y asentada por otra persona.

Para Hernández y cols (2006), un instrumento de recolección de datos es, en principio, cualquier recurso de que se vale el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información.

Para fines de la investigación se empleó un instrumento elaborado previamente por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente del Estado Carabobo, el cual incluye la ficha de registro que está constituida por dos partes. La primera está conformada por cinco ítems a saber: identificación y ubicación del pozo, datos de su construcción, estado actual del pozo, uso y nivel del agua y ubicación de los filtros. La segunda parte está constituida en cuatro ítems que evalúa datos de la bomba, perfil litológico del pozo, análisis físico-químico del agua y actividad del pozo.

Para Sabino (1996), dentro de cada instrumento concreto pueden distinguirse dos aspectos diferentes: forma y contenido. La forma del instrumento se refiere al tipo de aproximación que establecemos con lo empírico, a las técnicas que utilizamos para esta tarea. En cuanto al contenido éste queda expresado en la especificación de los datos que necesitamos conseguir; se concreta, por lo tanto, en una serie de ítems que no son otra cosa que los mismos indicadores que permiten medir las variables, pero que asumen ahora la forma de preguntas, puntos a observar, elementos a registrar, etc.



#### **Cuadro 4. Instrumentos a utilizar para la recolección de datos**

Observación	Ficha de registro. GPS, sonda, tobo, cronometro, cámara. (Ver anexo A)
Revisión documental.	Ficha de registro.
Prueba de bombeo	Sonda Eléctrica, Equipo de Aforo, Cronómetros Papelería, Accesorios de control en la descarga

Fuente: Elaboración propia

#### **Validez y confiabilidad.**

Rodríguez, Ochoa y Pineda (2012), aseveran que la validez, es la capacidad que posee un instrumento para medir los resultados de lo que se pretende, con propiedad, entre los tipos de validez incluyen la de predicción la cual garantiza la ocurrencia de un evento en el futuro, es la validación por juicio de expertos. El tipo de validez del instrumento empleado para la recolección de datos, es de predicción, ya que se trata de un instrumento elaborado previamente por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente del Estado Carabobo.

La confiabilidad se evaluó a través del Test- Retest, ya que se aplicó el mismo instrumento a la misma muestra y no hubo variación en los resultados. Para Rodríguez y Cols (2012), la confiabilidad, es la capacidad del instrumento de registrar los mismos resultados en distintas ocasiones, bajo las mismas condiciones y sobre la misma selección muestral. El Test-Retest, consiste en que el mismo instrumento se aplica a la misma muestra en un lapso prudencial, para establecer la correlación.

#### **Análisis de datos.**

La información recogida a través de la observación y la revisión documental en las fichas de registro fueron procesada haciendo uso de una base de datos computarizada diseñada para ser cargada en el programa ARCGIS; se procedió a sistematizar la información en dicho programa y a

elaborar mapas piezométricos donde se encuentra registrada la ubicación y propiedades hidrogeoquímicas de los pozos estudiados.

### Procedimiento de la investigación

En esta parte se describirá las fases de la investigación que permitieron desarrollar de manera detallada los objetivos propuesto.

#### ***Fase I. Identificar la ubicación geográfica y propiedades geofísicas de los pozos profundos que sirven para abastecimiento de agua potable en el Municipio San Diego sector Norte.***

En esta fase se determinarán las coordenadas UTM de cada uno de los pozos en el sector norte del Municipio San Diego. Estos datos se usaran para cargarlos en el programa ArcGIS 10.0 y poder representar cada uno en los mapas del Municipio San Diego Sector Norte. Para conseguir estos datos, los autores se dirigieron a cada emplazamiento de cada uno de los pozos bajo estudio y con el GPS seleccionado, se procederán a tomar la localización (coordenadas y cotas) y nivel freático de los pozos o puntos de agua subterránea (ver figura 7).



***Figura 7. Proceso de recolección de datos, Pozo en Villa de San Diego Country Club***



Para realizar las pruebas de nivel freático se realizaron los siguientes pasos:

1. Se introduce la sonda al pozo, por la abertura donde van las instalaciones eléctricas hacia la bomba subterránea.

2. Se baja la sonda hasta que encienda la luz.

3. A continuación se anotará el valor medido, que representa la profundidad del agua. Este valor se tomara en dos momentos, uno cuando está el pozo operativo, ese valor se llamará nivel dinámico, y el segundo cuando el pozo tiene por los menos 12 h apagado, es decir se busca estabilizar el nivel del acuífero, este será el nivel estático.

Además por medio de la observación directa, entrevistas, y revisión de documentos de investigaciones previas y datos aportados por el Ministerio del Poder Popular del Ambiente (Datos legales de los pozos) y el Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales-UC se obtendrán datos, pruebas realizadas a los pozos para obtener los datos para crear el perfil litológico, demanda, uso y características físicas.

El procedimiento para cargar los datos en ArcGIS es como se indica a continuación:

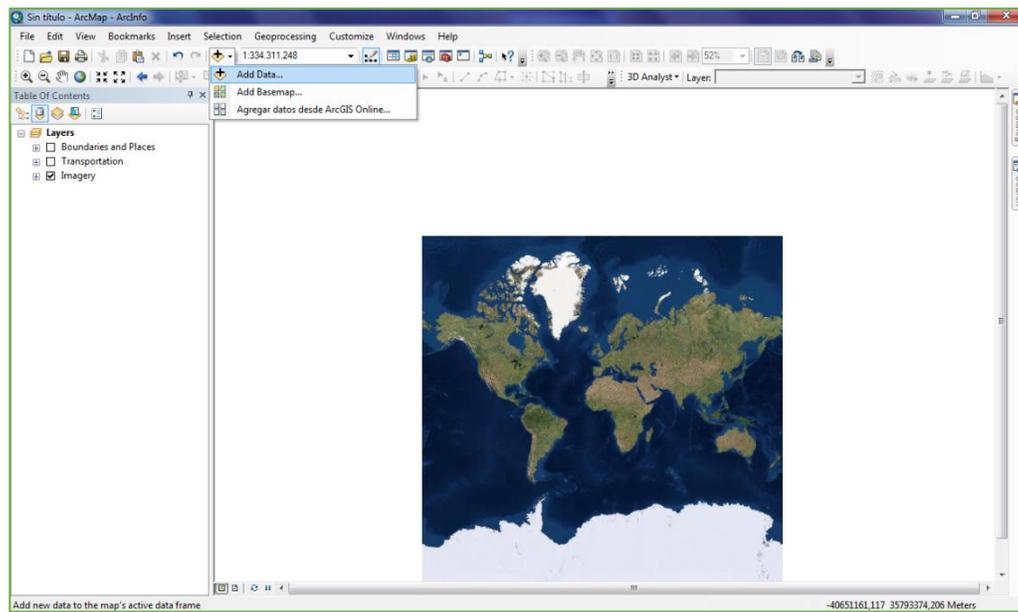
### ***Obtención de imágenes satelitales:***

Las imágenes satelitales serán obtenidas del portal de ESRI mediante el uso de comandos del programa ArcGIS versión 10; las cuales corresponden al Satélite SPOT.

El procedimiento para descargar imágenes con el software ArcGIS 10 es el siguiente:

1. Abrir ArcMap

2. Desplegar el botón Añadir datos  > Seleccionar Agregar Mapa Base. (ver Figura 8)

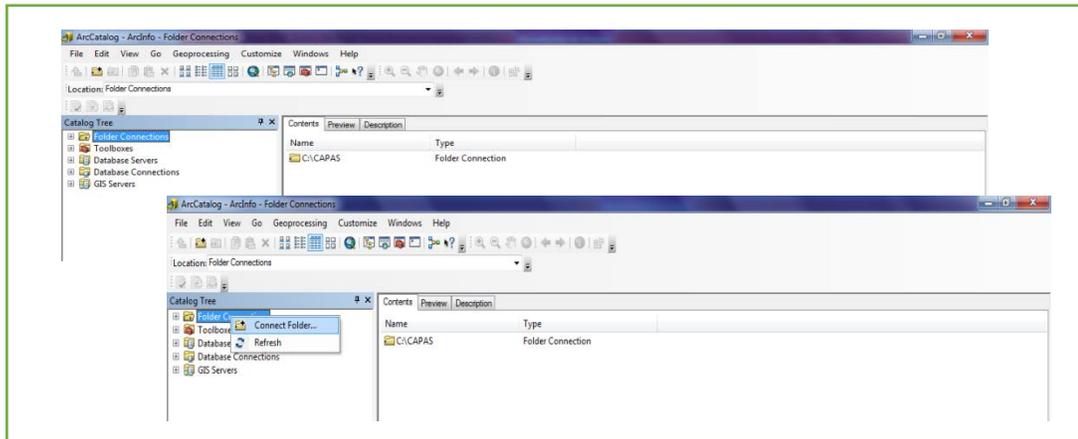


**Figura 8. Descarga de imagen Satelital en ArcGIS 10.0.** Fuente. ArcGIS 10.0

### ***Importar en ArcCatalog los datos de ubicación de los pozos***

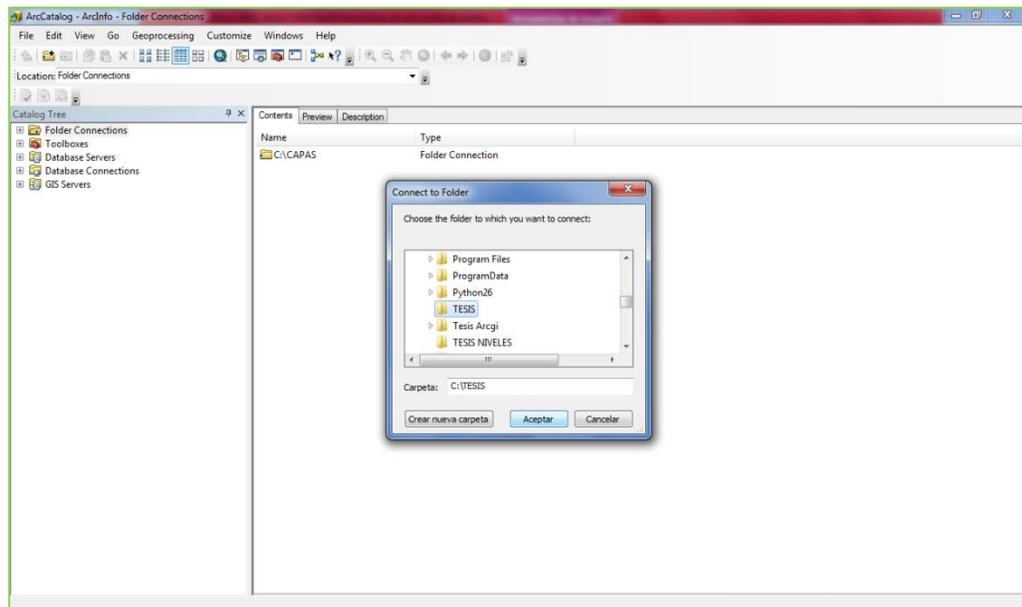
Para Importar a ArcGIS las coordenadas de cada uno de los pozos, importaremos la tabla en excel con toda la información de los pozos a manera de georeferenciarlas a un sistema de proyecciones planas Universal Transversal de Mercator (UTM) Elipsoide Internacional WGS84 uso 19 Zona Norte, hemisferio donde se encuentra ubicada Venezuela (norte). Para lograr esto se deben realizar los siguientes pasos:

1. Ingresar a ArcCatalog→ Folder Conections (ver figura 9)  
Hacer Clic derecho en Folder Conections



**Figura 9. Conexión de la carpeta en ArcCatalog. ArcGIS 10.0**

Luego se desplegará en pantalla un cuadro donde se escogerá 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 10)



**Figura 10. Conexión de la carpeta TESIS y CAPAS en ArcCatalog. ArcGIS 10.0. Fuente: ArcGIS 10.0**

De esta forma se cargaran las tablas de atributos, donde están todos los datos de cada uno de los pozos

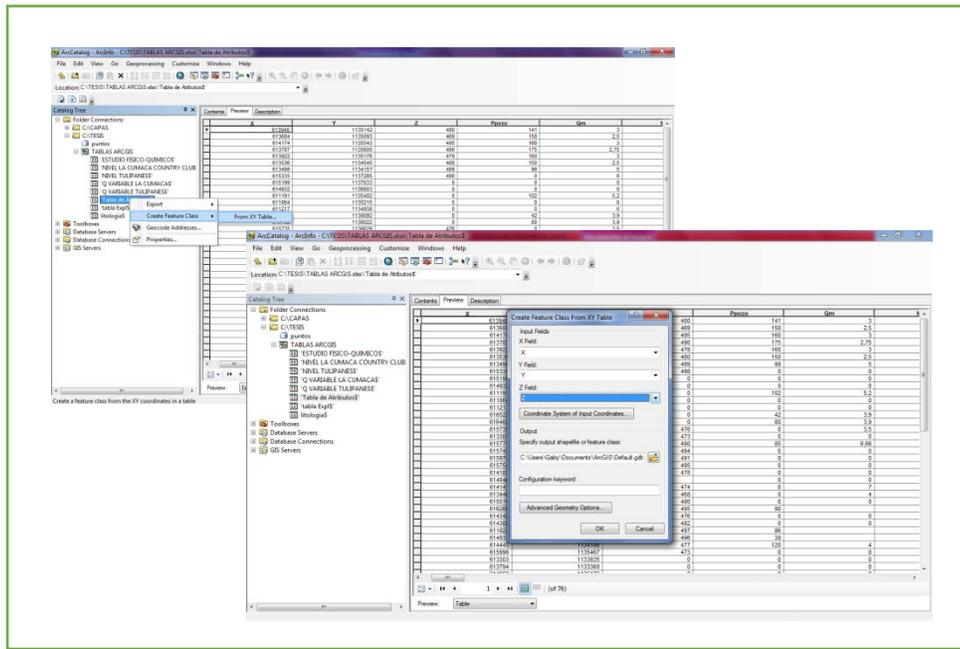
	X	Y	Z	Pozzo	Qm	
013065	1135142	480	141	3		
013064	1125093	489	150	2,5		
014174	1138543	495	160	3		
013787	1138600	480	178	2,75		
013002	1135176	476	160	3		
013536	1134540	480	150	2,5		
013486	1134187	489	98	5		
015235	1127205	480	0	0		
015199	1137033	0	0	0		
014902	1136802	0	0	0		
011191	1129402	0	102	5,2		
011084	1135216	0	0	0		
011217	1134938	0	0	0		
016523	1138000	0	42	3,9		
018463	1138022	0	80	3,9		
015735	1136629	476	0	3,5		
013307	1134229	473	0	0		
015714	1136849	490	85	6,66		
018743	1127411	494	0	0		
015874	1137480	491	0	0		
015794	1136830	496	0	0		
014187	1135097	478	0	0		
014046	1132810	0	0	0		
014147	1134495	474	0	7		
013448	1134925	480	0	4		
015510	1134884	480	0	0		
016200	1135686	495	90	0		
014342	1138517	478	0	0		
014382	1134352	482	0	0		
011823	1135841	497	86	0		
014813	1136450	496	38	0		
014445	1134186	477	120	4		
015990	1135487	473	0	0		
013303	1133835	0	0	0		
012784	1132200	0	0	0		

**Figura 11. Muestra de tabla de en ArcCatalog. Fuente: ArcGIS 10.0**

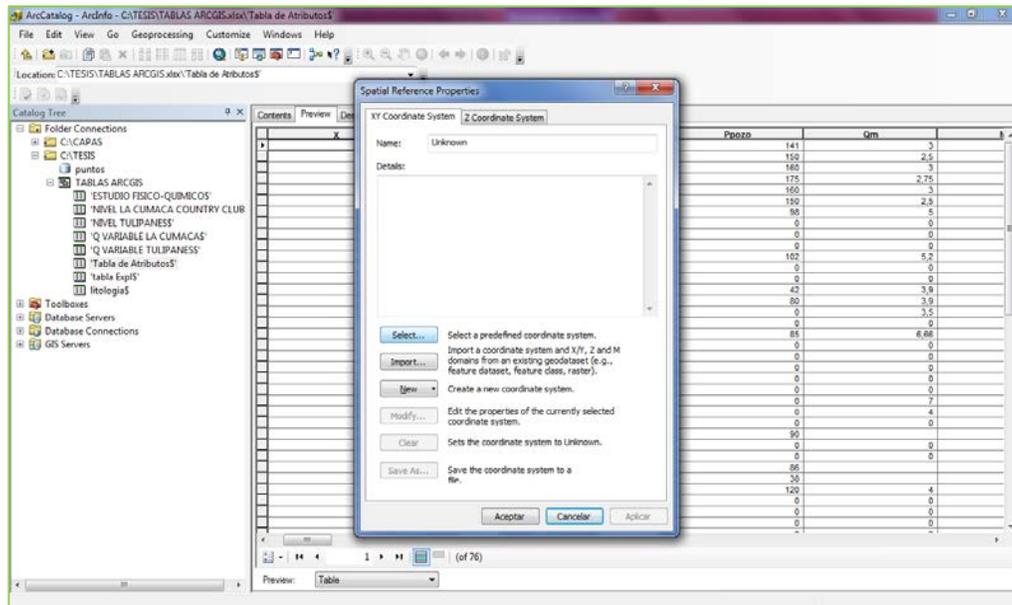
A continuación se selecciona cada una de las tablas, se da clic derecho en Create Feature Class→ From XY Table...

Luego se despliega la ventana Create Feature Class From XY Table (Ver figura 12)

Luego se da clic en coordinate system of input coordinates y se desplegará la ventana mostrada en la figura 6. Se debe hacer clic en select...(ver Figura 13)

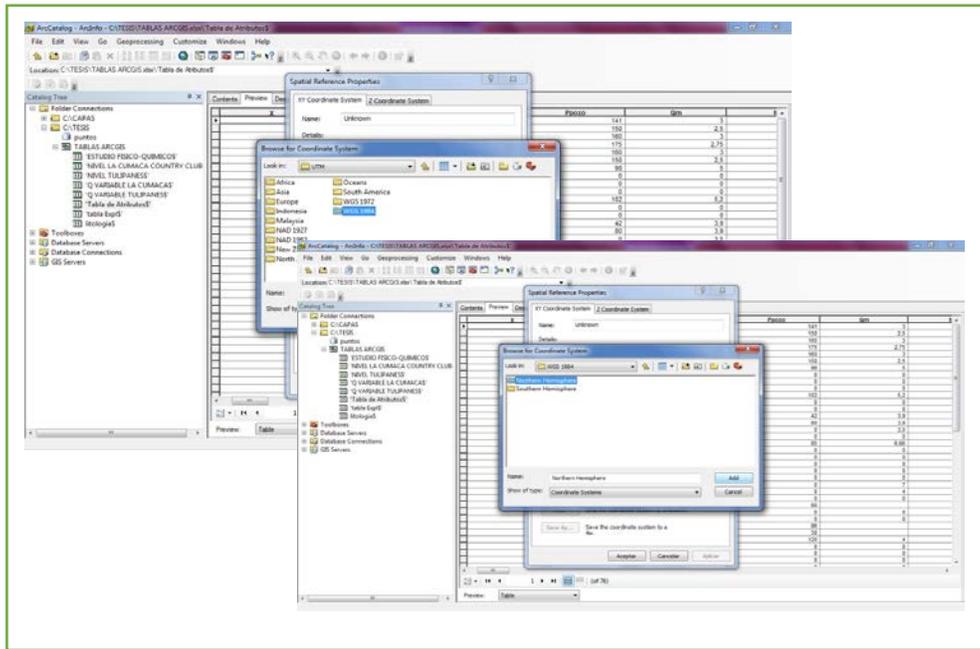


**Figura 12. Muestra de ventana Create Feature Class en ArcCatalog. ArcGIS . Fuente: ArcGIS 10.0**



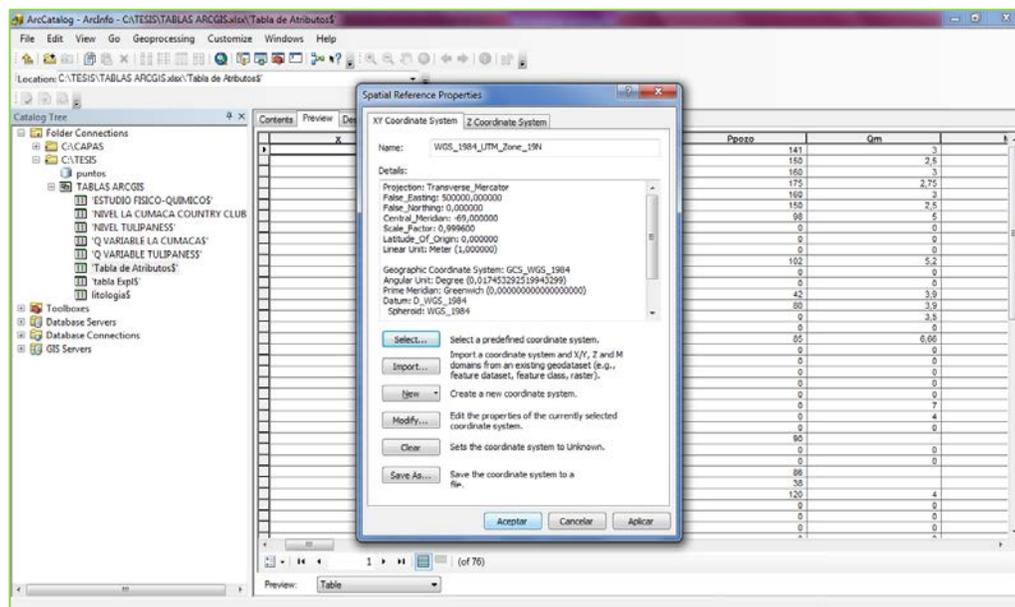
**Figura 13. Propiedades del sistema de referencia- seleccionar el sistema de coordenadas. Fuente ArcGIS 10.0**





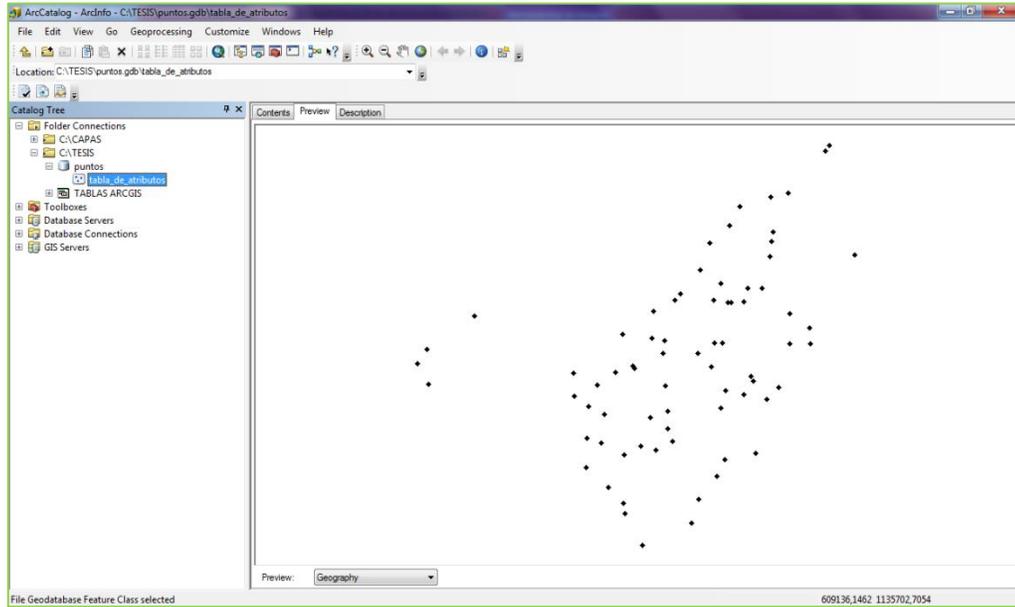
**Figura 15.** Seleccionar del sistema de coordenadas UTM. Fuente ArcGIS 10.0

Luego se debe aplicar las propiedades escogidas. Ver figura 16.



**Figura 16.** Sistema de coordenadas de referencia escogido. Fuente ArcGIS 10.0

Luego se guardan los datos y se selecciona la ventana de vista previa



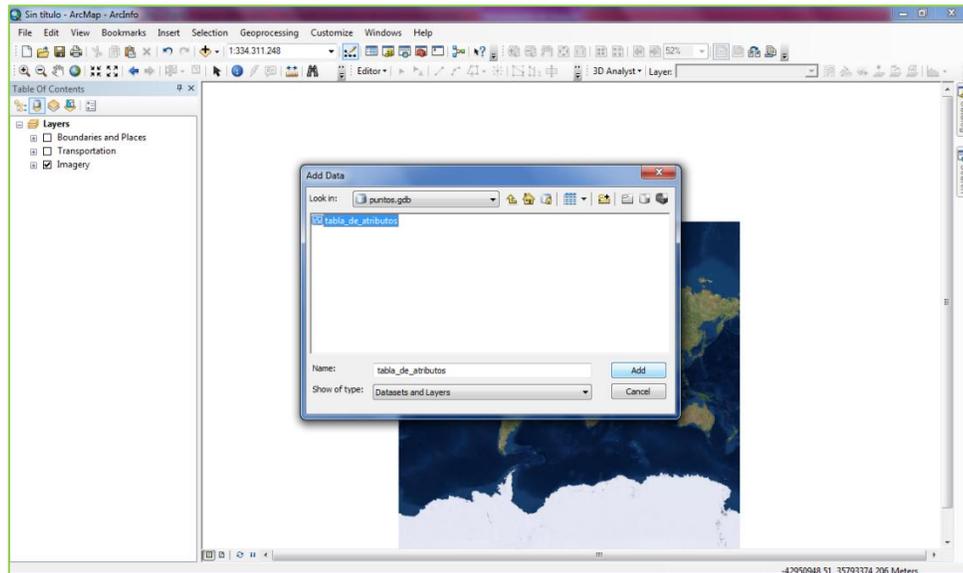
**Figura 17.** Vista previa de ubicación de los pozos sin el mapa base. ArcGIS 10.0. Fuente ArcGIS

Luego se da click en el comando Launch ArcMap, y se obtendrá la vista de la Figura 17. Cerrar ArcCatalog.

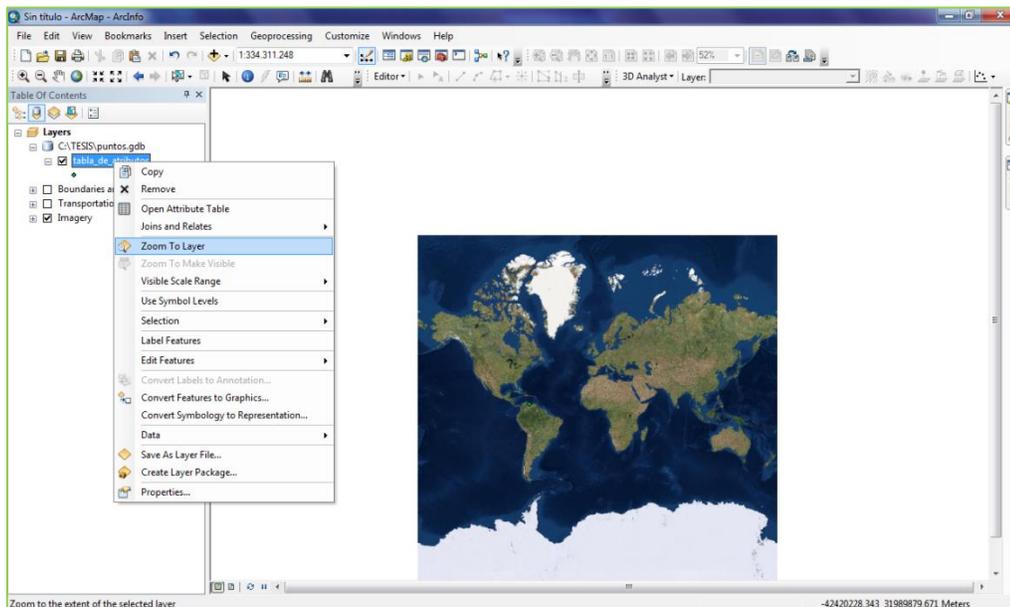
### ***Realizar Mapa de ubicación de los Pozos***

1. Se debe entrar en ArcMap
2. Desplegar el botón Añadir datos  > Seleccionar Agregar Mapa Base.
3. Seleccionar Tabla de Atributos (ver Figura 18)
4. Luego para que se vea en totalidad la zona en estudio se da click en Zoom to Layer, el programa hará un acercamiento tal que se ven todos los pozos contenidos en la base de datos importada a ArcGIS (Ver Figura 19 y 20).

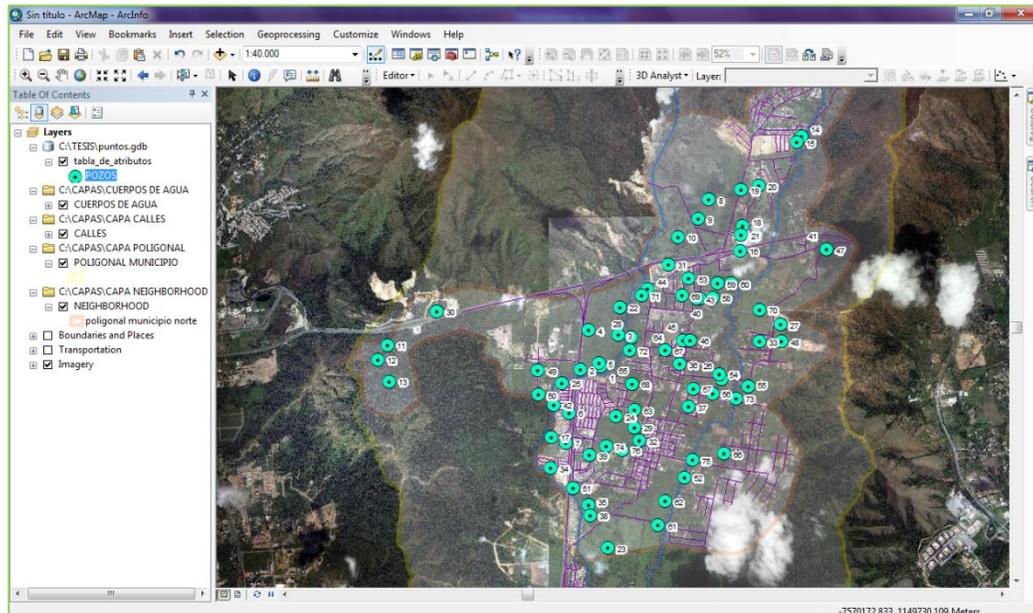
5. El mismo procedimiento se sigue para adicionar las capas, y poder ver el polígono que muestra el Municipio San diego en su totalidad (Ver Figura 12)



**Figura 18.**Vista previa de ubicación de los pozos sin el mapa base. ArcGIS 10.0. Fuente ArcGIS 10.0



**Figura 19.**Vista Ubicación de los pozos en el mapa base. Fuente ArcGIS 10.0

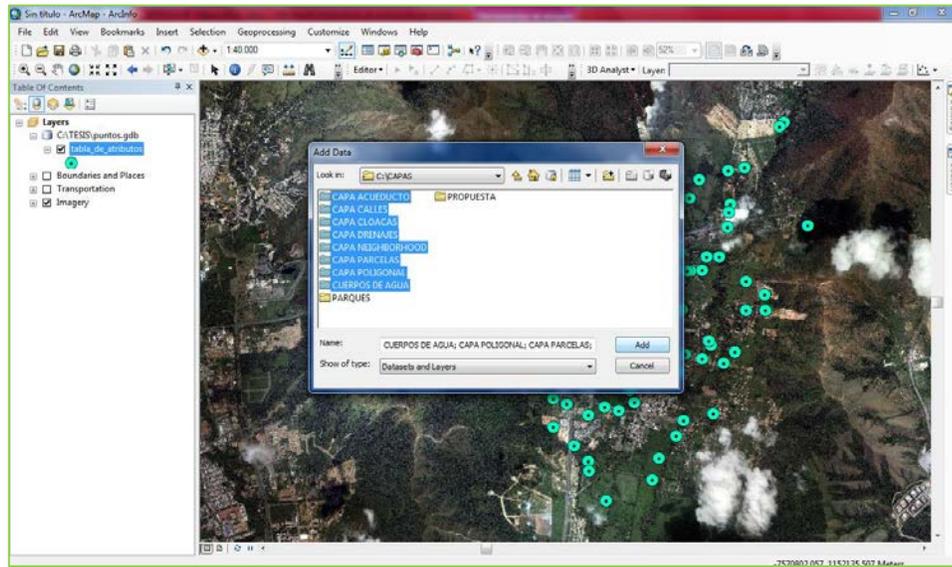


**Figura 20.** Vista Ubicación de los pozos en el mapa base. Fuente: ArcGIS 10.0

### ***Poligonal del área de estudio***

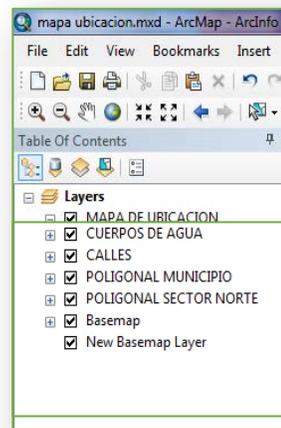
Una vez ubicada la zona de estudio, se procede a agregar las capas otorgada por el Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales-UC. Dichas capas, contienen la poligonal del Municipio, los sectores que comprenden el Municipio San diego, cuerpos de agua y las calles, cada una de ellas se agregaran de la siguiente manera.

1. Desplegar el botón Añadir datos  > Seleccionar Agregar datos (Ver Figura 18)



**Figura 21. Vista Ubicación de los pozos en el mapa base.** Fuente ArcGIS 10.0

2. Luego se seleccionan las capas a usar, para esta investigación se seleccionan las capas: MAPA DE UBICACIÓN, CUERPOS DE AGUA; CALLES Y LA POLIGONAL DEL MUNICIPIO que ya fueron georeferenciados en ArcCatalog (Ver Figura 21).



**Figura 22. Capas a usar en la investigación.** Fuente. Autor, ArcMap 10.0. (2015)



A efecto de trabajar solo en el Sector Norte del Municipio San Diego, se creó la poligonal sector norte, generando el polígono a partir de una existente y editando el polígono hasta ocupar el total de los sectores que comprenden la zona Norte del Municipio San Diego (Ver Cuadro 5)

**Cuadro 5.** Sectores que comprende la Zona Norte del Municipio San Diego.

Norte A	Josefina I, Josefina II, casco de San Diego, L A: Conformado por las vecindades de, Josefina I, Josefina II; Casco de San Diego, las Mercedes, Emmanuel I y II, Sabana del Medio, El Polvero, Hacienda San Antonio, Higueroate, Hacienda San Antonio, La Lopera, La Leonera, Los Tamarindos, El Manantial, La Ponderosa, Santa Eduviges, Mini Granja Colonial, Mini Granja San Diego, El Llanito, El Polvero, El Otro Lado, Las Morochas I, II, III, IV, Valle Fresco Norte, Hacienda La Caracara, El Mirador, Montecarmelo, San Francisco de Cúpira, Los Pinos, Pueblo Nuevo, Guarda Tinaja, Villa del Valle 2001-2002.
Norte B	Monteserino, Monteserino 12, Bosqueserino, Villa Maporal, Parqueserino, Villaserino Country Park, Santa Marta, Divino Niño, Portachuelo, Villas de San Diego, Parque Campestre La Cumaca, Rivera Country Club, Monterrey Suite, Villas Monterrey, Las Majaguas, Los Colores, Las Aves.
Norte C	El Remanso, Tulipán, San Antonio, La Haciendita. Senderos de san Diego

\*Continuación Cuadro 2

Nota: Elaboración Propia.

Para cambiar la forma del polígono en ArcGis se siguieron los siguientes pasos:

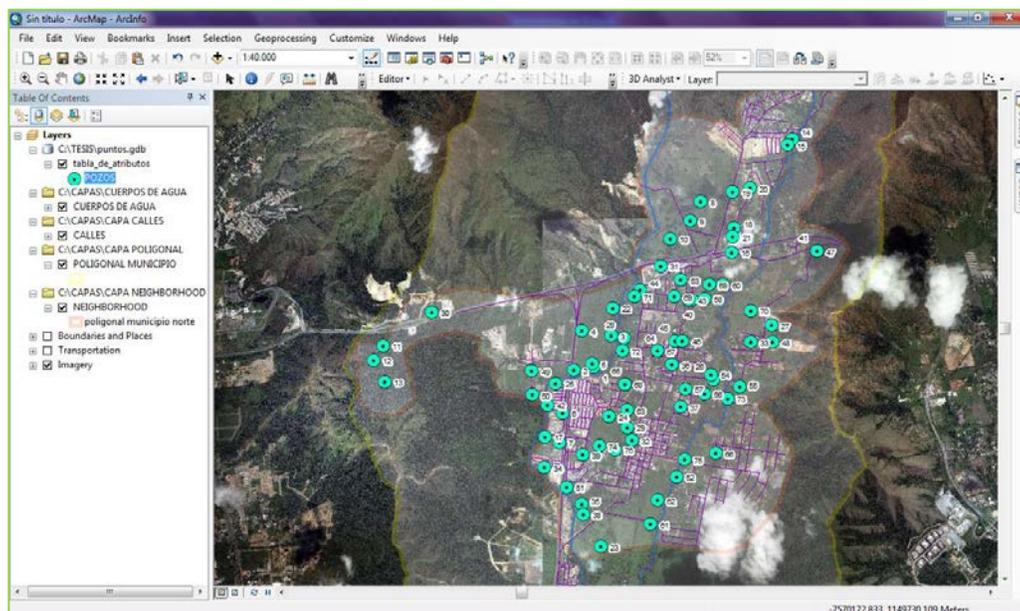
1. Hacer clic en la herramienta Editar  en la barra de herramientas Editor y luego clic en la entidad.

Hacer clic en Editar vértices  en la barra de herramientas Editor, o implemente se hace clic con el botón derecho del ratón en el borde con la herramienta de Edición. Cuando trabaja con los vértices de una entidad, aparece la barra de herramientas Editar vértices, brindando una forma fácil de seleccionar vértices, agregarlos y eliminarlos, y modificar segmentos.

Para agrandar el polígono, solo se deben agregar vértices e ir cambiándolos de lugar, para insertar un vértice se debe hacer clic en la herramienta Agregar vértice  en la barra de herramientas Editar vértices. También puede hacer clic con el botón derecho del ratón en un segmento, y a continuación, hacer clic en Insertar vértice, o mantener presionada la tecla A y hacer clic.

Para moverlo a un punto nuevo se mantiene presionada la tecla A y se hace clic y arrastra el vértice nuevo. Ese proceso se repite hasta extender el polígono de manera que encierre el área de estudio (Ver figura 23)

En la figura 23 se muestra la vista final, donde se pueden observar todos los pozos en el sector en estudio.

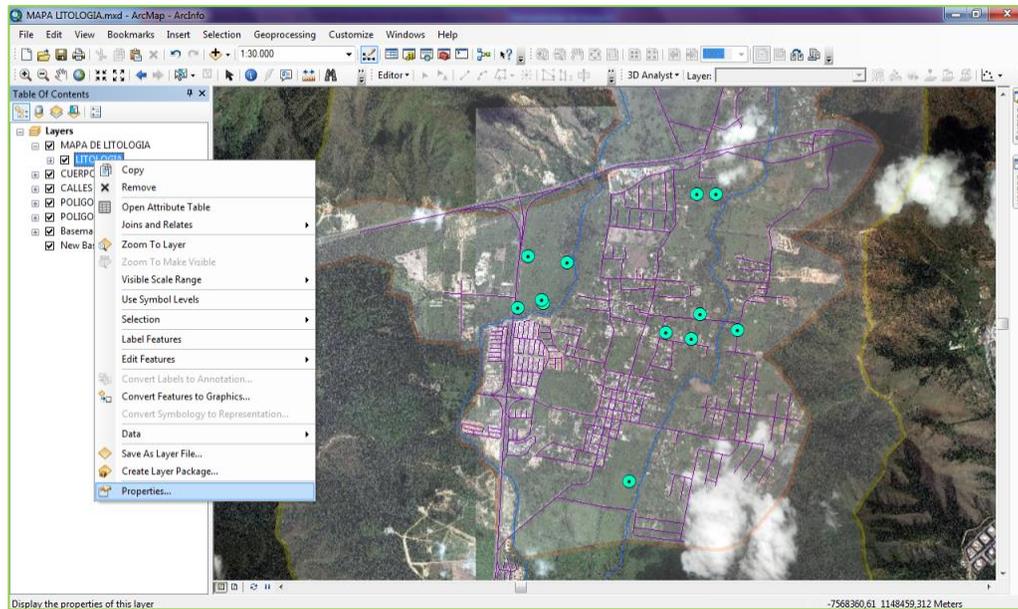


**Figura 23.** Mapa de ubicación de los pozos. Fuente. Autor, ArcMap 10.0.

## Elaboración de mapas con la Litología

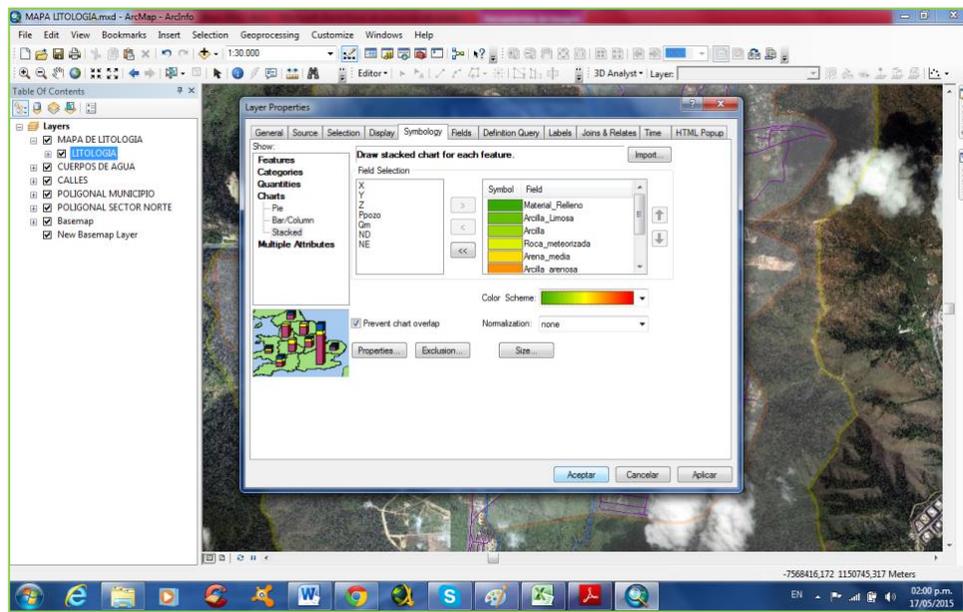
Para representar la litología, se escogió la presentación tipo barra, a manera de que se puedan apreciar los datos de una forma más organizada. Para esto se siguieron los siguientes pasos

1. En la capa litología se da clic en propiedades (Ver figura 24 )



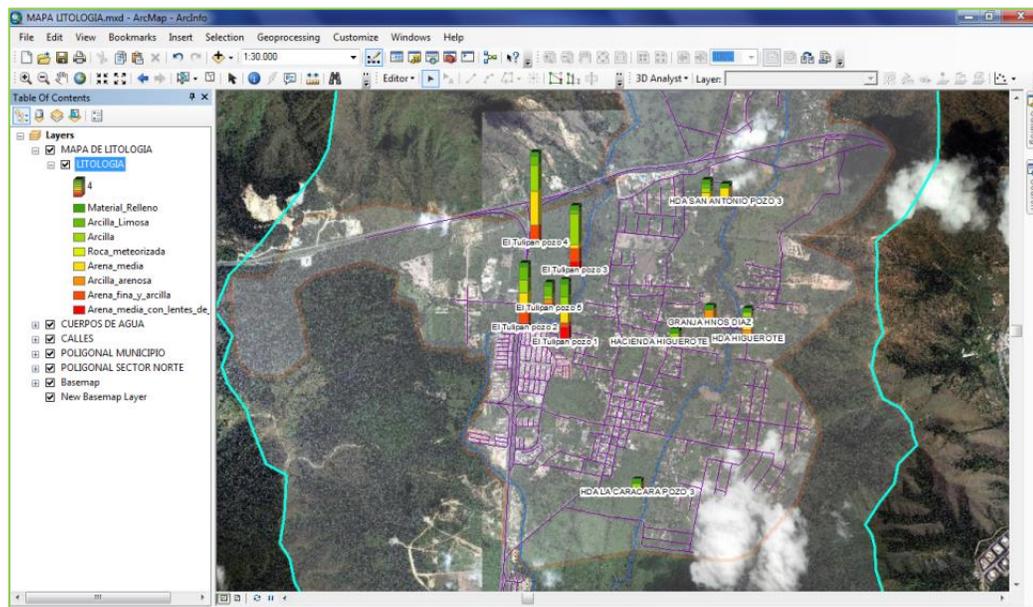
**Figura 24. Cuadro propiedades capa litología ArcMap 10.0.** Fuente, ArcMap 10.0.

En la pestaña simbología, se escoge el tipo de representación de la data y esquema de colores



**Figura 25.** Tipo de presentación de los datos capa litología ArcMap 10.0.  
Fuente, ArcMap 10.0.

**El resultado final se muestra en la Figura 36**



**Figura 26.** Presentación de plano de datos de litología ArcMap 10.0.  
Fuente, ArcMap 10.0.



***Fase 2. Describir la variación de los caudales y composición química del agua en los pozos el Municipio San Diego sector Norte durante el año 2104.***

Para esta fase, se realizará la prueba de caudal variable, y se realizará la revisión de los registros entregados por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente y encargados de los pozos para obtener los datos de la composición química de los pozos.

La prueba de caudal variable, se realiza la toma de 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.

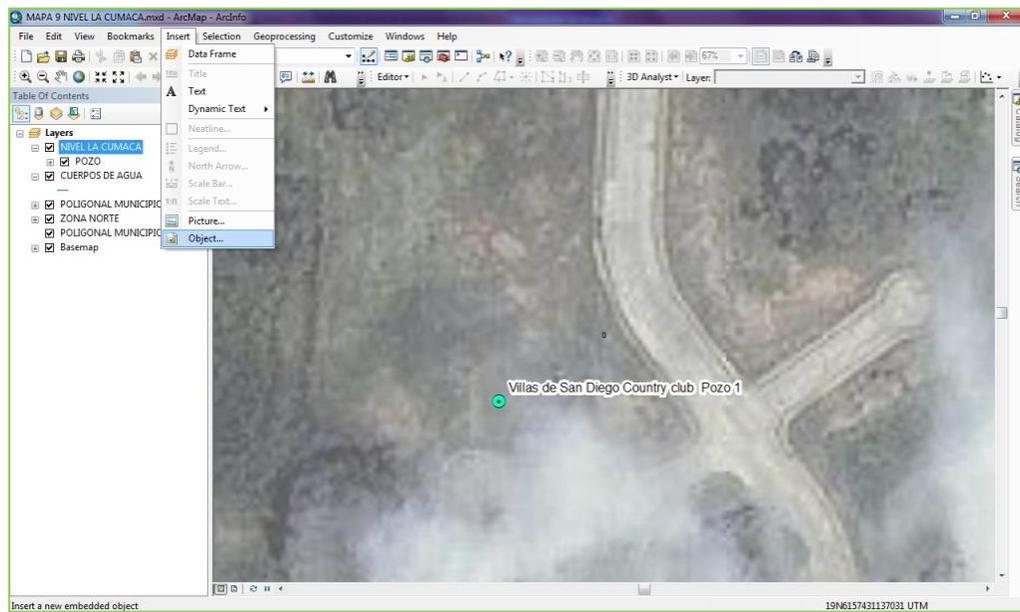
Es importante destacar que para cada uno de los mapas que representarán las propiedades hidrogeoquímicas de los pozos, se cargaron tablas de atributos distintas para cada capa, a fin de que sean representadas solo los pozos de los cuales se tiene la información de litología, caudal y nivel, y composición físico-química.

Así mismo, cada una de las tablas que se usaron para crear los mapas que se describen a continuación, debe ser conectada en ArcGIS a través de ArcCatalog.

***Elaboración de mapas de variaciones de caudal y nivel***

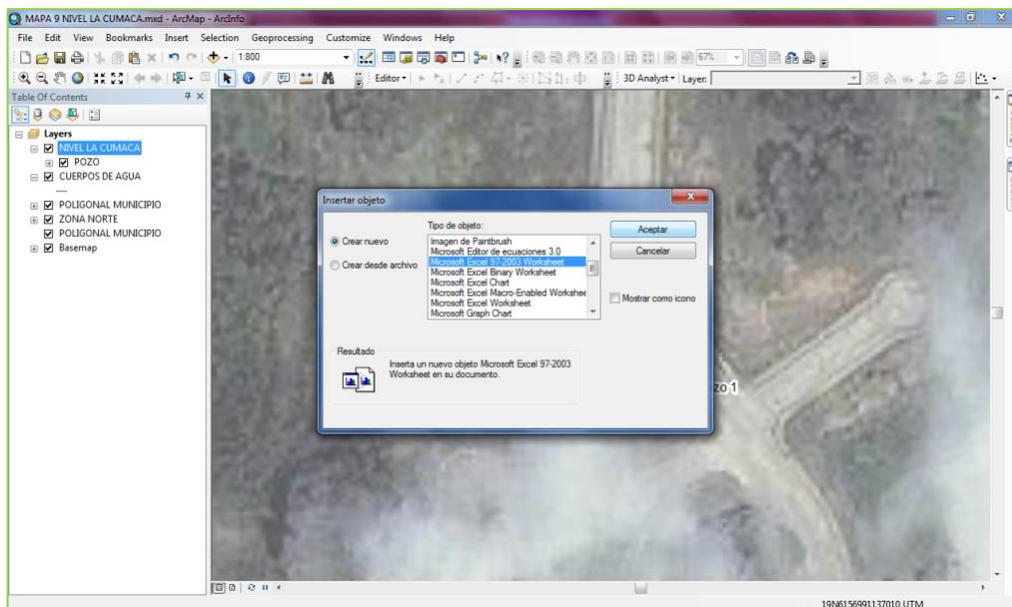
Para crear los Mapas de Variaciones de Caudal y Nivel, se usaran los datos de la prueba de caudal realizada en cada Pozo tabuladas en archivos en excel, y estos datos se agregaran en los mapas siguiendo los siguientes pasos:

1. Se señala la capa a intervenir; y en la ventana insertar dar clic en objeto.



**Figura 27. Cuadro insertar objeto ArcMap 10.0. Nota. Fuente, ArcMap 10.0.**

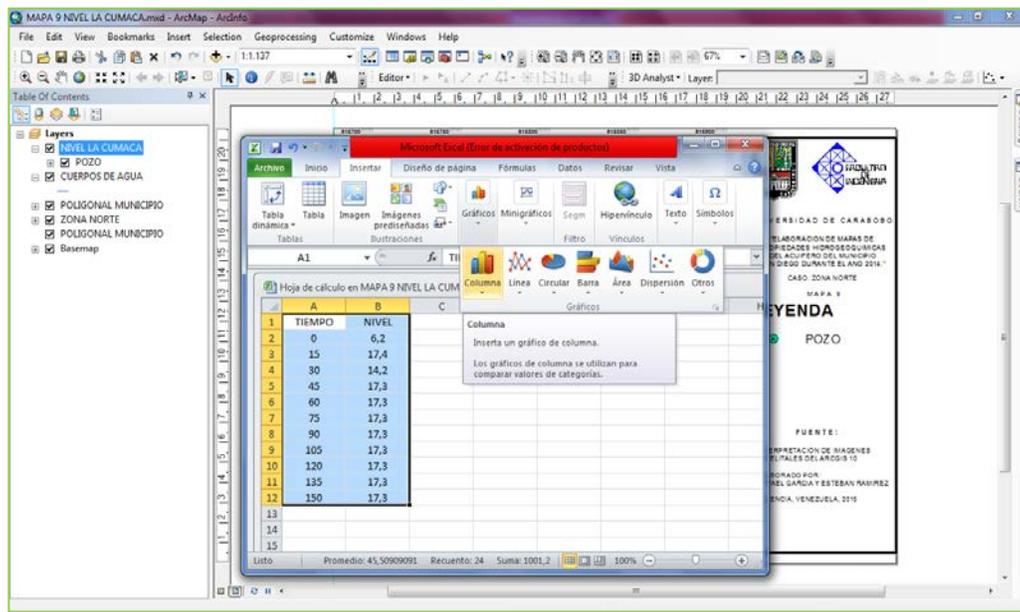
2. Seleccionar el tipo de objeto. (Ver figura 28)



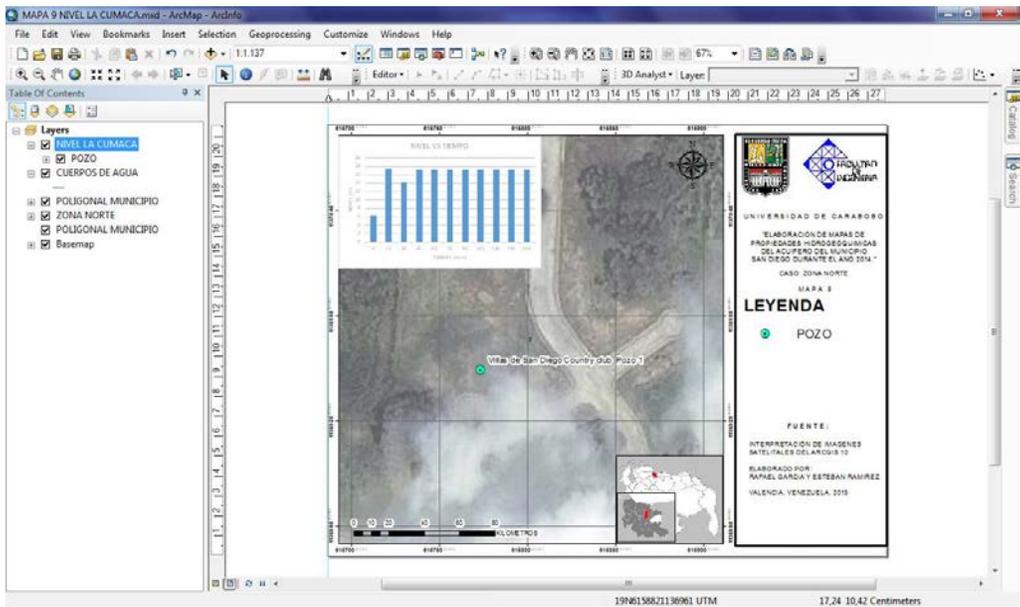
**Figura 28. Insertar tabla ArcMap 10.0. Nota. Fuente ArcMap 10.0.**

Para realizar una gráfica, donde se especifique la variación del caudal a través del tiempo.

3. Seleccionar en excel el tipo de gráfico (ver Figura 29)



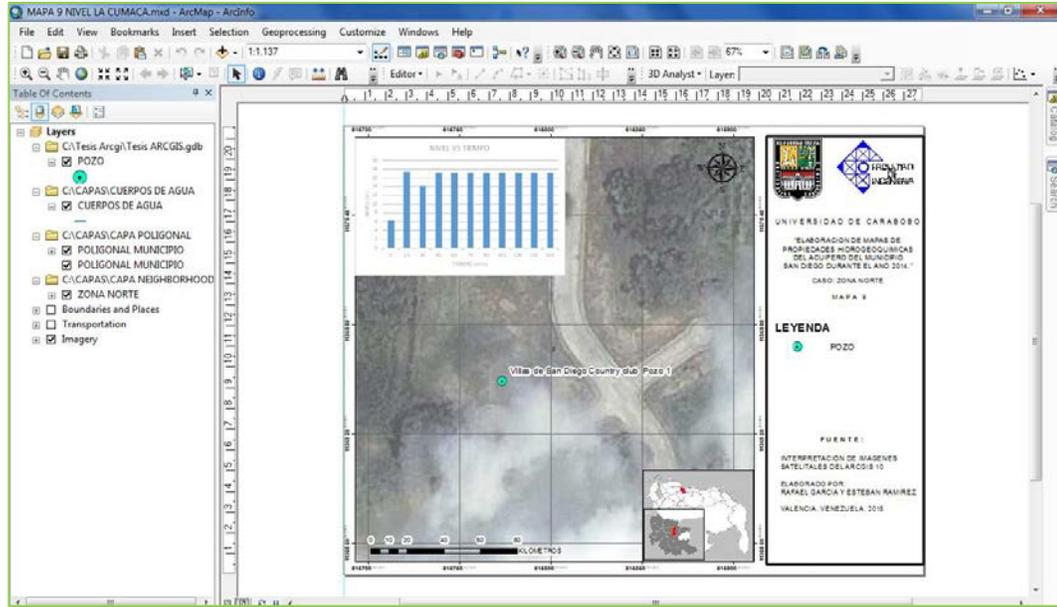
**Figura 29. Cuadro Seleccionar el tipo de gráfico. Fuente, ArcMap 10.0.**



**Figura 30. Grafica creada ArcMap 10.0. Fuente, ArcMap 10.0.**

4. Click en siguiente para agregar el título de la gráfica > Aceptar

5. Se procede a realizar una gráfica, donde se especifique la variación del caudal a través del tiempo. (Ver figura 31)



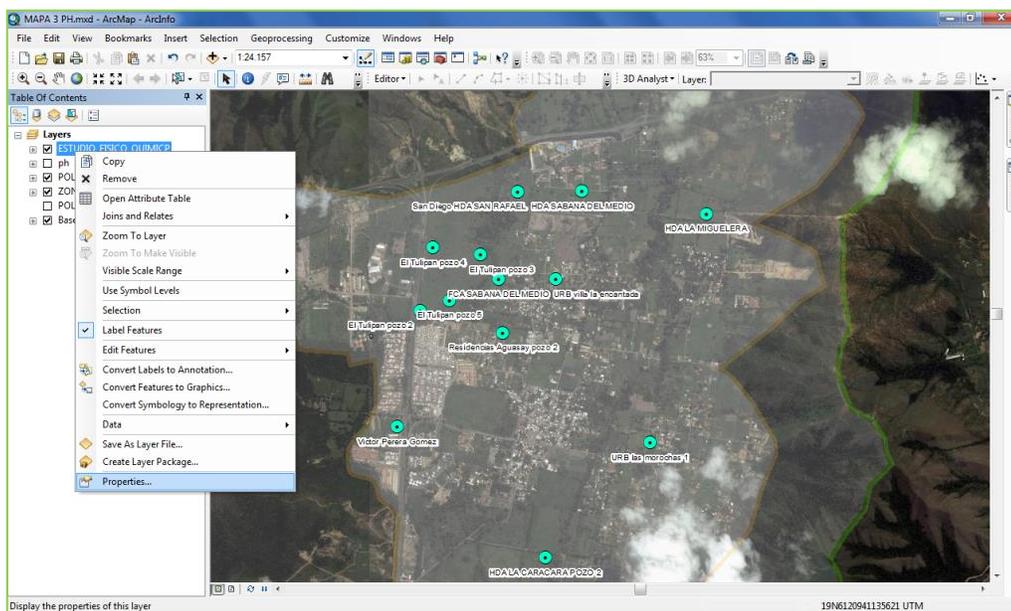
**Figura 31. Vista del Mapa caudal variable, con la gráfica nivel tiempo en ArcMap 10.0.** Fuente, ArcMap 10.0.

Usando el mismo procedimiento se procede a elaborar el mapa de variación de caudal con respecto al tiempo

### ***Elaboración de mapas de las características químicas***

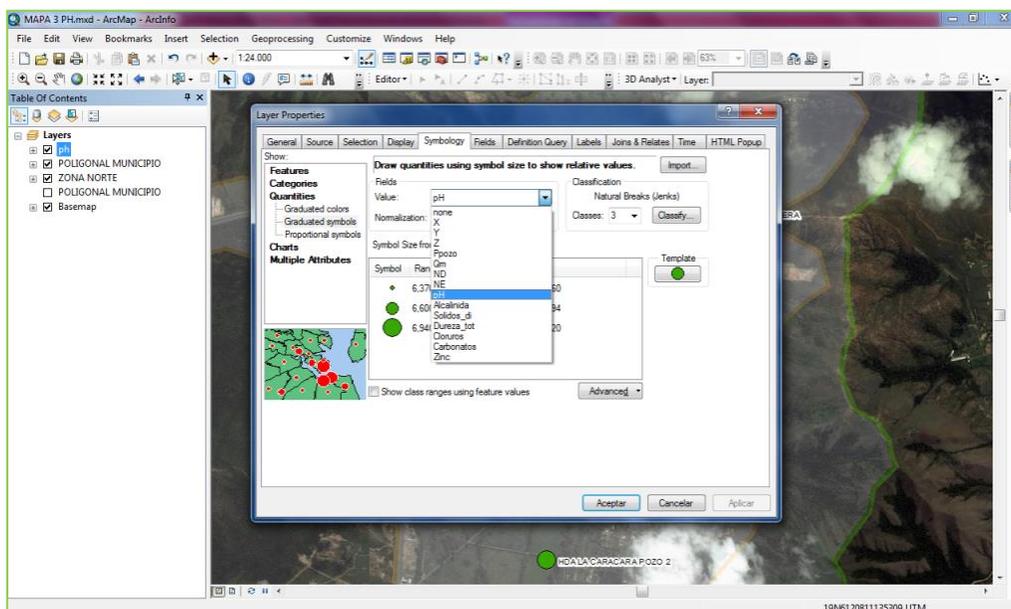
Se elaboran los mapas características químicas de los pozos, utilizando graficas del ArcMap con la finalidad de describir la concentración de compuestos químicos en el agua. Para esto se deben seguir los siguientes pasos

1. Desplegar botón de capa: seleccionar propiedades > Simbología.

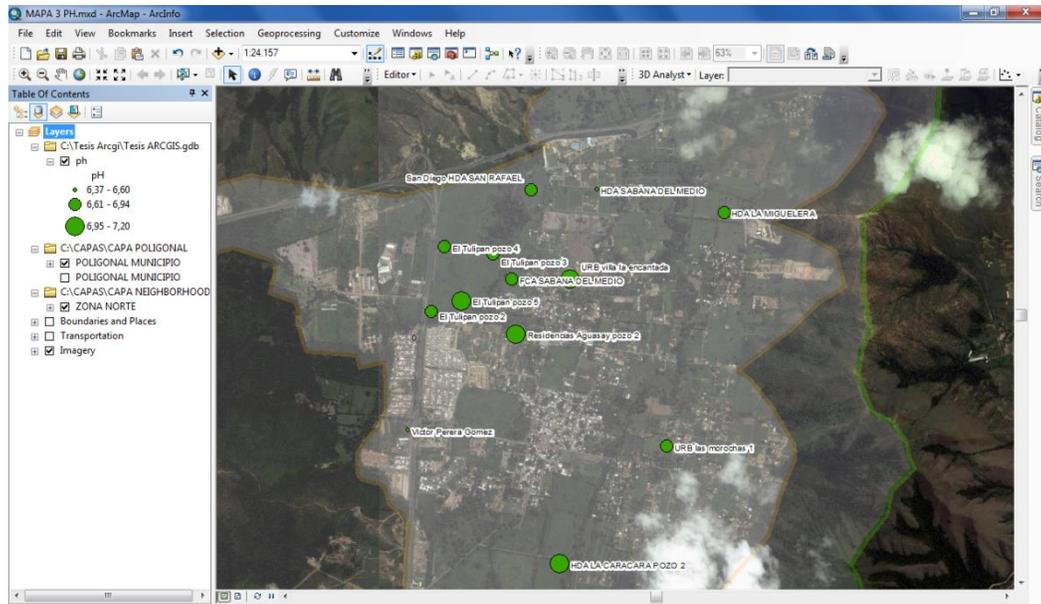


**Figura 32. Cuadro seleccionar propiedades ArcMap 10.0.** Nota. Fuente, ArcMap 10.0.

2. Seleccionar Cantidades > Graduated Symbols
3. Agregar los campos a ser graficados
4. Definir los rangos y las clases que serán tomadas para la gráfica



**Figura 33. Cuadro grafica ArcMap 10.0.** Fuente, ArcMap 10.0.



**Figura 34. Mapa de propiedades químicas (pH) ArcMap 10.0.** Fuente, ArcMap 10.0.

De la misma forma se procede a elaborar los mapas, con las demás propiedades físico - químicas obtenidas en el estudio de los pozos, que para esta investigación son: pH, Solidos disueltos, Dureza total, carbonatos; alcalinidad total, cloruros.

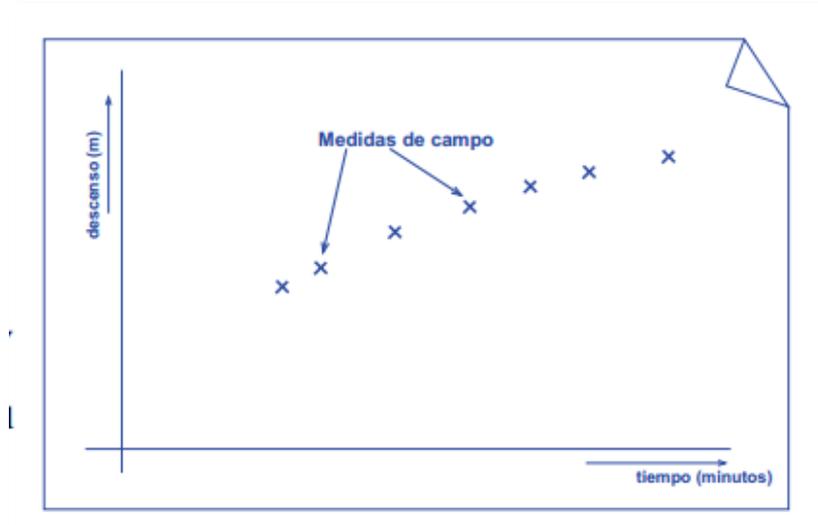
### ***Fase 3. Aplicar modelos matemáticos de estimación de los parámetros hidráulicos Transmisividad y coeficiente de almacenamiento del acuífero del Municipio San Diego***

Para estimar los parámetros hidráulicos de Transmisividad y el coeficiente de almacenamiento se aplicará el método gráfico de Theis:

Para hacer esto se usaran los datos tabulados en la fase 2, a partir de estos datos se creará una tabla cuyas columnas contendrán los intervalos de tiempos en los que se realizó el ensayo y el descenso del nivel dinámico para cada intervalo, las distancias entre pozo en estudio y el pozo de observación.

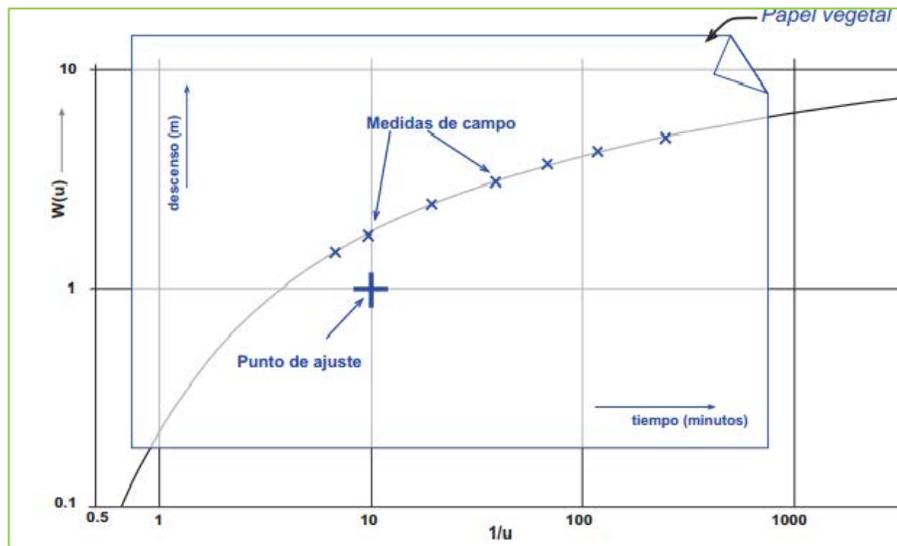
Después de organizar la información se deben seguir los siguientes pasos:

1. Se deben representar los datos descensos-tiempos en un papel doble logarítmico: tiempos (minutos) en el eje horizontal, descensos (metros) en el eje vertical.



**Figura 35. Grafica de medidas de campos.** Fuente, <http://hidrologia.usal.es>.

2. Luego se deberán calcar estos datos sobre un papel vegetal y superponer el papel vegetal sobre el gráfico patrón de Theis, buscando la coincidencia de los puntos de las medidas de campo sobre la línea del gráfico patrón. Se puede desplazar libremente el papel vegetal, pero sin rotarlo.



**Figura 36. Gráfica de medidas de campos.** Fuente, <http://hidrologia.usal.es>. Fuente, <http://hidrologia.usal.es>.

3. Conseguida la superposición, se marca sobre el papel vegetal un punto de ajuste, en este caso es elegido como punto de ajuste el punto de coordenadas  $W(u)=1$ ;  $1/u = 10$ .

4. Se vuelve a superponer el papel vegetal sobre el papel logarítmico en el que se dibujaron inicialmente los datos de campo, en la misma posición que cuando se calco los puntos. Se lee las coordenadas del punto de ajuste en el gráfico de campo.

5. Luego se despeja la transmisividad de la ecuación de theis.

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

6. Una vez obtenida la transmisividad se estima el coeficiente de almacenamiento despejando de la ecuación siguiente.

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

Con estos dos coeficientes, se podrá indicar el comportamiento del acuífero.



El coeficiente de almacenamiento es, como la porosidad eficaz, adimensional (volumen / volumen), y los valores que presenta son mucho más bajos en los confinados perfectos que en los semiconfinados. Los valores típicos serían éstos:

**Cuadro 6. Valores de coeficiente de almacenamiento, para definir el tipo de acuífero**

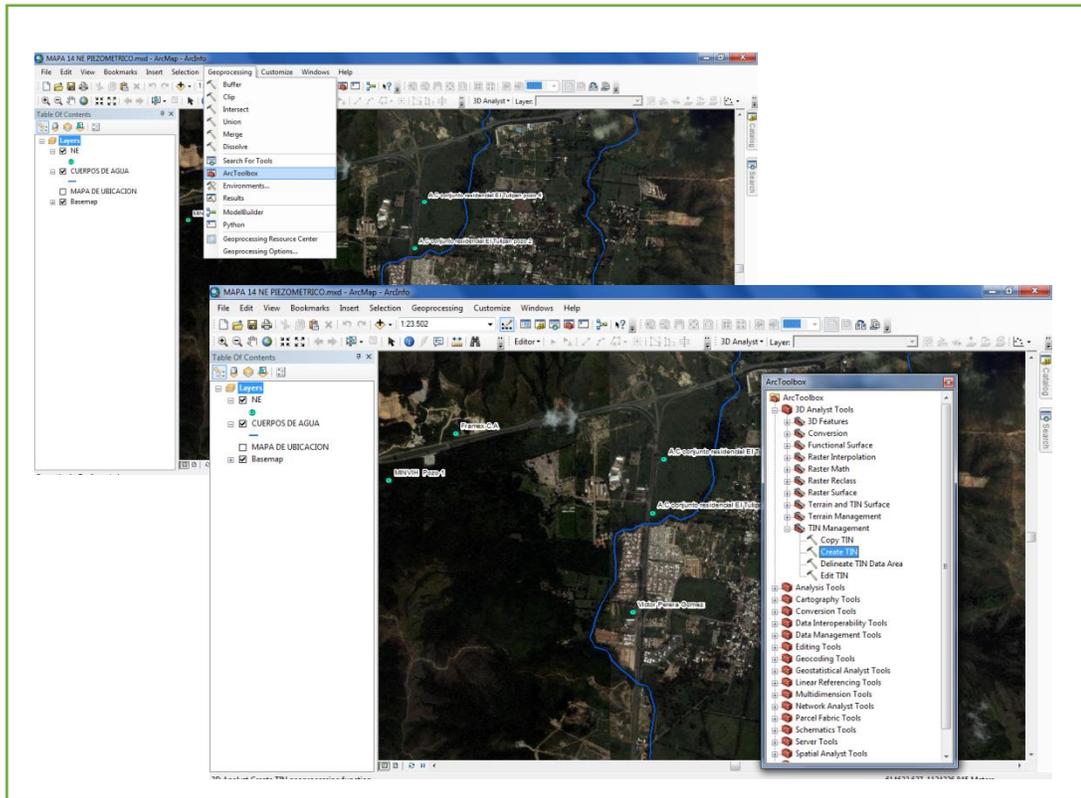
Acuíferos libres ( <i>porosidad eficaz</i> ): 0,3 a 0,01 ( $3 \cdot 10^{-1}$ a $10^{-2}$ )	El agua proviene del vaciado de los poros
Acuíferos semiconfinados ( <i>coef. de almacenamiento</i> ): $10^{-3}$ a $10^{-4}$	El agua proviene de descompresión y de los rezumes desde las capas confinantes
Acuíferos confinados ( <i>coef. de almacenamiento</i> ): $10^{-4}$ a $10^{-5}$	El agua proviene de descompresión

Nota: Tomado de Javier Sanchez, 2001

**Fase 4. Elaborar mapas piezométricos y de redes de flujo del acuífero del Municipio San Diego durante el año 2014, en el sector Norte.**

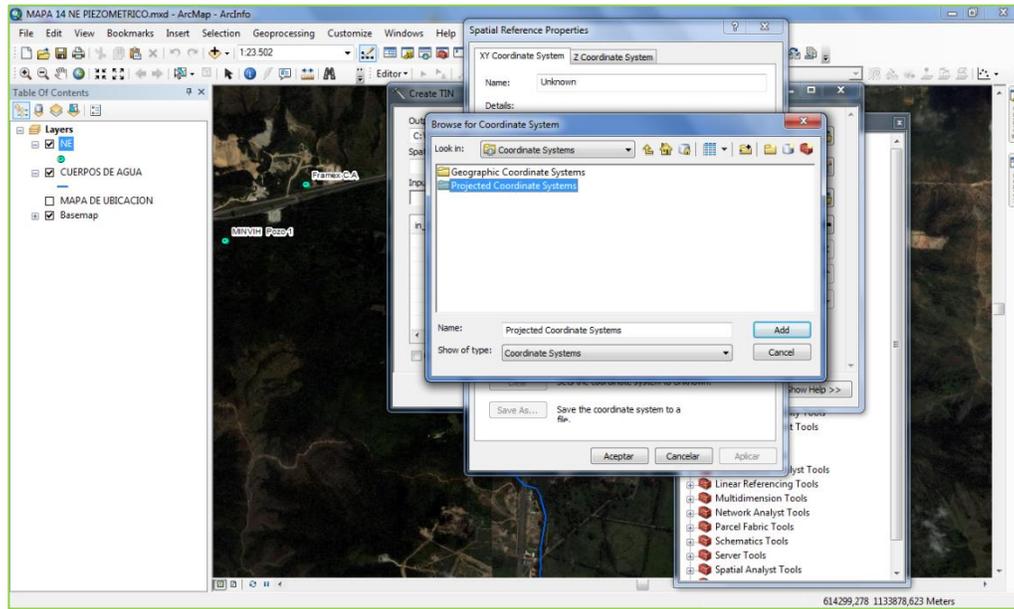
Con el mapa piezométrico se podrá verificar las zonas de recarga y descarga del acuífero, para ello cada pozo debe tener como atributo el nivel estático y para realizarlos se deben seguir los siguientes pasos:

1. Seleccionar ArcToolBox > desplegar DataManagement > TIN > Crear TIN

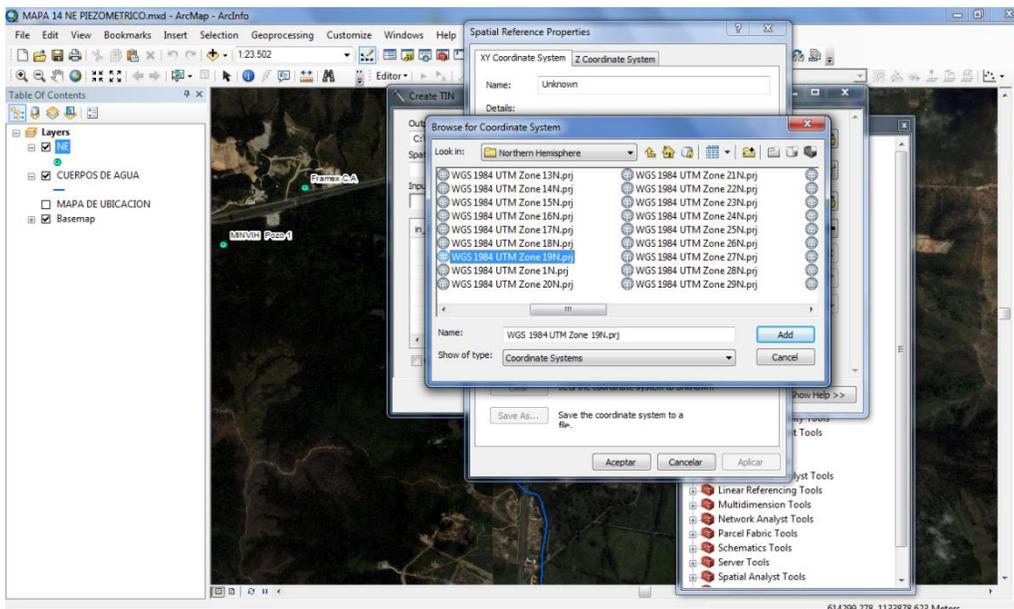


**Figura 37. Cuadro de ArcToolBoxes ArcMap 10.0. Fuente, ArcMap 10.0.**

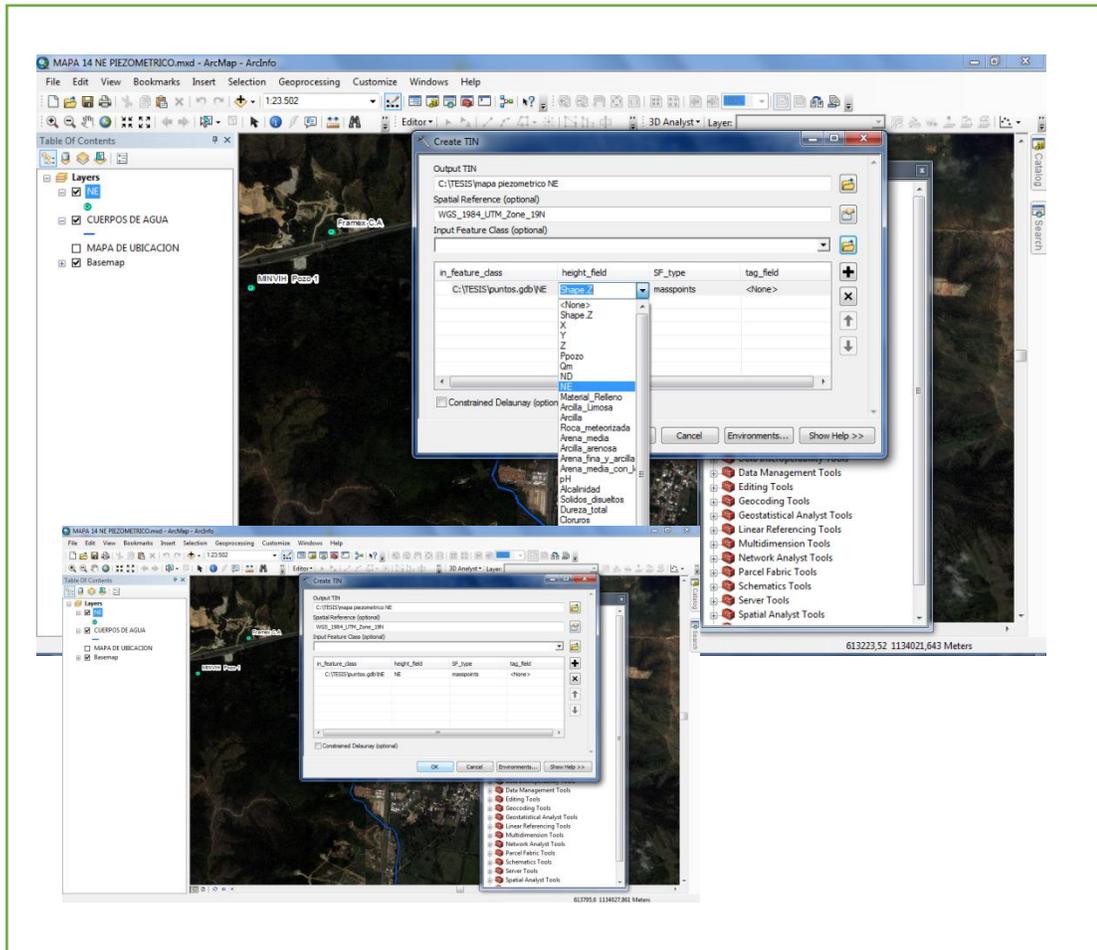
2. Seleccionar Carpeta de Salida >
3. Seleccionar el Sistema de coordenadas >
4. Ingresar la capa con los puntos a evaluar. (ver figuras 38, 39 y 40)



**Figura 38.** Ventanas salida del TIN ArcMap 10.0.para escoger el sistema de coordenadas Fuente, ArcMap 10.0.



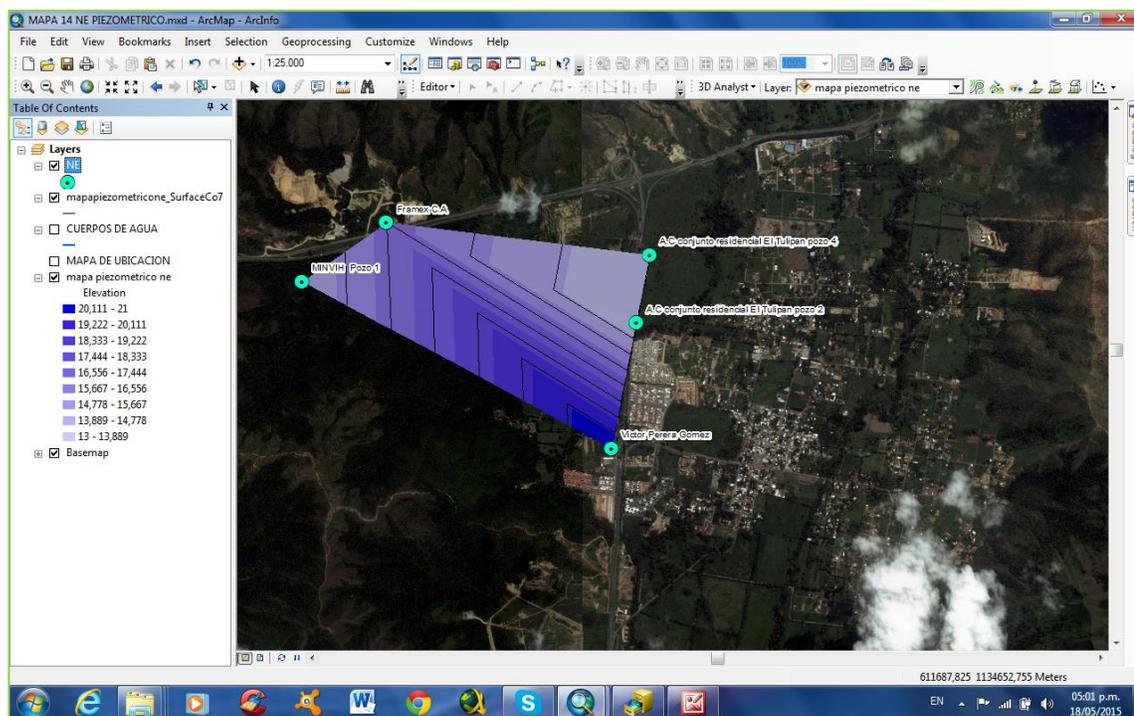
**Figura 39.** Seleccionar Sistema de Coordenadas ArcMap 10.0. Fuente, ArcMap 10.0.



**Figura 40. Crear TIN ArcMap 10.0. Fuente, ArcMap 10.0. Fuente Arc Map 10.0**

Para generar los mapas piezómetros se siguen los siguientes pasos

5. Seleccionar propiedades TIN >
6. Seleccionar Simbología >
7. Seleccionar Categoría >
8. Seleccionar Únicas variables >
9. Seleccionar Contorno.



**Figura 41. Cuadro Mapa piezométrico ArcMap 10.0. Fuente, ArcMap 10.0**

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

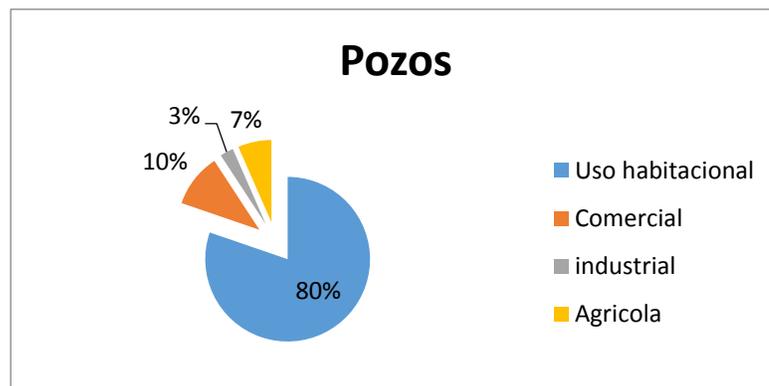
En el presente capítulo se presentarán los resultados obtenidos, para cada uno de los objetivos de la investigación.

***Fase I. Identificar la ubicación geográfica y propiedades geofísicas de las tomas de agua subterráneas en el Municipio San Diego sector Norte.***

En el anexo B.1 se presenta la información recolectada en cada uno de los pozos, que será la base de datos, o tabla de atributos, del Sector estudiado.

En esta tabla se puede observar que:

1. Existen 76 pozos en el Municipio San Diego, sector Norte de los cuales 8 son de uso comercial, 2 de uso industrial 5 de uso agrícola y el resto habitacional. Ver la Figura 42



**Figura 42. Porcentaje de uso de Pozos en el Municipio San Diego, Sector Norte.**

2. De los 76 pozos, 66 pozos están activos y 10 inactivos (Ver Figura 43).



**Figura 43. Porcentaje de pozos activos, en el Municipio, San Diego Sector Norte.**

3. Del levantamiento en Campo se pudo conocer que 15 pozos están tramitando el registro Nacional de Usuarios de la fuente de Agua (RENUFA).

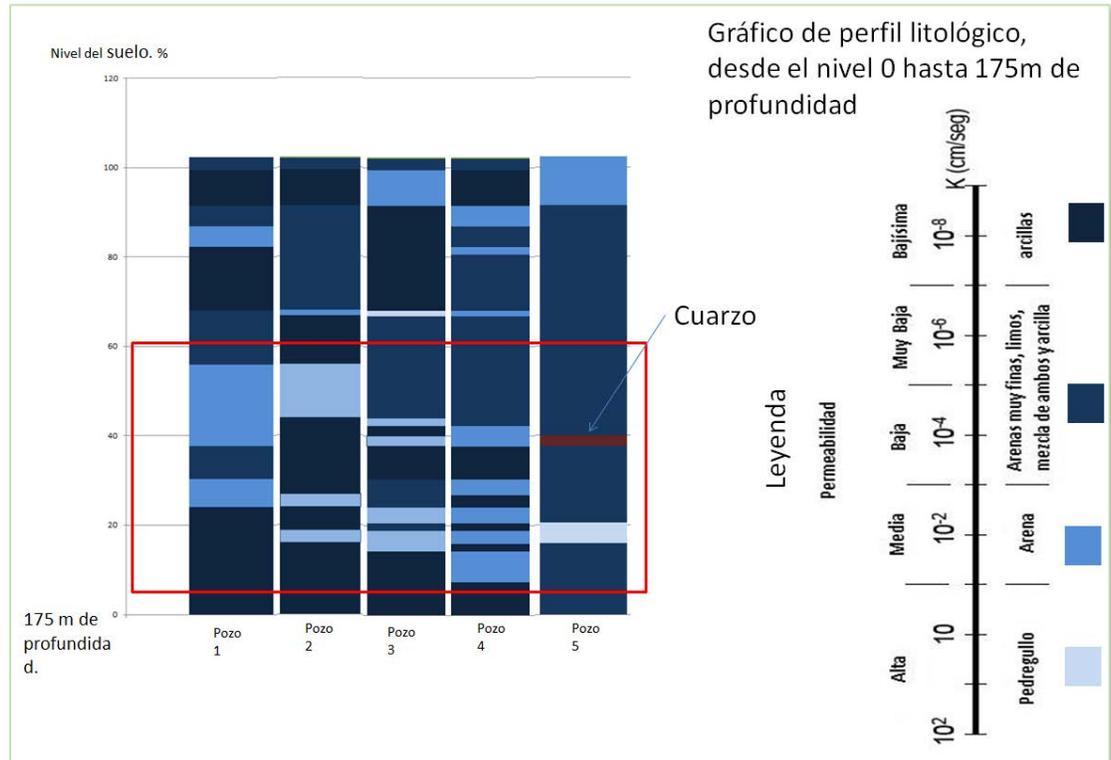
En el anexo B.2, se presenta el mapa de ubicación de los pozos en ArcGIS.

En el anexo B.3, se presentan los mapas de las propiedades geofísicas, realizada con los datos suministrado por el Ministerio del Poder Popular para el ambiente.

En el anexo H, se presenta los 5 pozos de los cuales se cuentan con la data de la litología tabulados. En esta tabla, se presenta para cada estrato, el tipo de material geológico presente en los 5 pozos.

De esta tabla se obtiene que los materiales geológicos que más abunda en los estratos del terreno son: Arena media con lentes de arcilla, arena fina

y arcilla, arcilla arenosa, Arena media, Arcilla, Arcilla limosa, sin embargo, existen estratos con grava y gravilla. En el gráfico 3 se muestra el perfil litológico para cada pozo, en función de la profundidad y permeabilidad del material geológico del estrato.



**Figura 44.** Perfil litológico del sector Los Tulipanes, según la permeabilidad del material geológico de cada estrato. Fuente: Elaboración de los autores

**Fase II. Describir la variación de los caudales y composición química del agua en los pozos del Municipio San Diego sector Norte durante el año 2104.**

En el anexo C se presentan los mapas con las gráficas de variación de caudal del pozo 2 perteneciente a la Asociación Civil del conjunto residencial el Tulipán, y del pozo 1 ubicado en Villas de San Diego Country Club.

Solo se presentan estas cuatro gráficas, ya que en el resto no se permitió realizar esta prueba, debido a que para obtener el nivel estático se requiere, que el pozo esté inoperativo por lo menos durante 12h. En su mayoría estos pozos significaban el único medio de abastecimiento de agua a las poblaciones en estudio.

En el Anexo D están las propiedades fisicoquímicas de cada uno de los pozos.

De los 76 pozos solo se revisaron los datos fisicoquímicos de 17 pozos, cuyas pruebas se habían realizado solo al momento de la perforación.

A continuación en la Tabla 1 se presentan los datos fisicoquímicos disponible de los pozos y su uso:

**Tabla 1. Datos físico químicos de los pozos en estudio**

U	Uso	Edo	pH	Alcalinidad	Solidos disueltos	Dureza total	Cloruros	Carbonatos
A.C conjunto residencial El Tulipan pozo 2	Abastecimiento Poblacional	Activo	6.89	129.16	0	0	3.98	17.6
A.C conjunto residencial El Tulipan pozo 3	Abastecimiento Poblacional	Activo	6.92	112.03	0	0	2.48	20.82
A.C conjunto residencial El Tulipan pozo 4	Abastecimiento Poblacional	Activo	6.94	145.32	0	0	4.25	18.02
A.C conjunto residencial El Tulipan	Abastecimiento Poblacional	Activo	7.2	96.24	0	0	17.76	13.38



U	Uso	Edo	pH	Alcalinidad	Solidos disueltos	Dureza total	Cloruros	Carbonatos
<b>pozo 5</b>								
<b>Victor Perera Gomez</b>	Abastecimiento Poblacional	Activo	6.37	97.37	0	0	4.72	12.8
<b>MINVIH Pozo 1</b>	Abastecimiento Poblacional	Activo	6.8	112.07	0	0	5.92	18.8
<b>A.C caja de ahorros cadafe Carabobo-Cojedes pozo 1</b>	Comercial	Activo	6.44	48	99	8	3	3.39
<b>A.C caja de ahorros cadafe Carabobo-Cojedes pozo 2</b>	Comercial	Activo	7.44	48	138	30	17	12.06
<b>HDA LA CARACARA POZO 2</b>	Agricola		7	146	0	178	40	9
<b>URB las morochas 1</b>	Abastecimiento Poblacional		6.8	94	130	70	3	7.2
<b>URB villa la encantada</b>	Abastecimiento Poblacional		7.1	61	98	48	3	6
<b>Residencias Aguasay pozo 2</b>	Abastecimiento Poblacional		7.1	63	91	38	3	4
<b>HDA SABANA DEL MEDIO</b>	Abastecimiento Poblacional		6.6	61	91	32	2	4.8
<b>HDA LA MIGUELERA</b>	Abastecimiento Poblacional		6.7	55	98	45	6	6.4
<b>San Diego HDA SAN RAFAEL</b>	Abastecimiento Poblacional		6.7	66	98	38	3	5.2
<b>FCA SABANA DEL MEDIO</b>	Abastecimiento Poblacional		6.8	65	91	36	2	4

***Fase III. Aplicar modelos matemáticos de estimación de los parámetros hidráulicos Transmisividad y coeficiente de almacenamiento del acuífero del Municipio San Diego.***

Aplicando el método de Theis, (ver anexo G)



**Transmisividad**

$$s = 4 \frac{m^2}{día}$$

**Coefficiente de  
almacenamiento**

$$u = 1.04 \times 10^{-5}$$

***Fase IV. Elaborar mapas piezométricos y de redes de flujo del acuífero del Municipio San Diego durante el año 2014, en el sector Norte.***

En el anexo E se presentan los planos piezométricos de la zona en estudio.

En el mapa piezométrico se muestran los niveles estáticos, representados entre los pozos Cooperativa del portal del agua pozo 1, Villas de San Diego Country club pozo 1; Hacienda San Antonio pozo 2, Hacienda Sabana del Medio, Club Madeirense y Caja de ahorros CADAFE pozo 1 ubicados en la zona de la Cumaca y se observa que el flujo del agua va en sentido sur-este.

### **Discusión de resultados**

#### ***Ubicación de los Pozos***

Los 76 pozos de la zona fueron ubicados satisfactoriamente, y de los resultado se obtiene que el uso principal de los pozos de ésta área es abastecimiento poblacional.

#### ***Datos litológicos***

Del gráfico 3 se puede observar que el acuífero se encuentra entre los 105 y 160m de profundidad que es donde se encuentra el material de alta



permeabilidad, este se encuentra entre 2 estratos de material de muy baja permeabilidad, como lo es la arcilla, por lo que se puede inferir que el acuífero es confinado. También en el pozo 5 se observó que presenta en un estrato cuarzo que es un material impermeable, y este está por encima de una material permeable tal como lo es la grava gruesa y esto se puede observar en el gráfico 3.

### ***Pruebas de caudal y nivel***

De las gráficas mostradas en el anexo C En el pozo 2 en la Asociación Civil del Conjunto Residencial el Tulipán se observa que el caudal aumenta, y luego disminuye para luego estabilizarse en 3.3 l/s. El nivel al inicio de la prueba disminuyó de 28m que era el nivel estático a 38.6 m, en la medida que paso el tiempo, la disminución del nivel fue más lenta y se estabilizó en 42.7 m, nivel que se mantuvo durante el resto de la prueba. Siendo este pozo de 150m de profundidad, el hecho de que el nivel baje solo hasta 43 m indica que, tiene una buena capacidad de almacenamiento, y no está sobreexplotado.

En el pozo 1 ubicado en Villas de San Diego Country Club se observa que el caudal aumenta, para luego estabilizarse en 6.49 l/s. En la prueba el nivel al inicio de la prueba disminuyó de 6m que era el nivel estático a 17.4 m, en la medida que paso el tiempo, la disminución del nivel fue más lenta y se estabilizó en 17.3 m, nivel que se mantuvo durante el resto de la prueba. Siendo este pozo de 85m de profundidad, el hecho de que el nivel baje solo hasta 17 m indica que, tiene una buena capacidad de almacenamiento, y no está sobreexplotado, además el nivel freático de la zona es mucho más alto que la zona de Tulipán.

### ***Datos fisicoquímicos***

Según las gaceta 36.395, Normas Sanitaria de Calidad del agua Potable, los valores aceptables para las variables disponibles de los pozos son:



**Cuadro 7. Valores aceptables de los valores de estudios fisicoquímicos disponibles de los pozos.**

pH	6,5-8,5 valor max. Aceptable de 9,0
Alcalinidad mg/l	hasta PH=4 .5 TAC = 100- 300 hasta PH = 8.3 TA = 0-10
Solidos disueltos mg/L	<600, máximo aceptable de 1000
Dureza total mg/L CaCo <sub>3</sub>	<250 máximo 500
Cloruros mg/l	20 y 60
Carbonatos ppm	50-350

**Cont. Cuadro 7**

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

1. Todos los pozos, tienen un nivel de  $6,5 < \text{pH} < 8,5$  por lo que esta dentro de los parámetros aceptable
2. Los cloruros están por debajo del mínimo permitido
3. Los carbonatos tienen valores menores a 50 y siendo el  $\text{pH} < 8,3$  se puede decir que es 0
4. La Dureza del agua para los Pozos a los que se le realizaron esas pruebas tienen valores menores a 48 mg/L CaCo<sub>3</sub>
5. La cantidad de los sólidos disueltos es menor de 130 ppm.

Todos los valores químicos de los pozos estudiados están por debajo del rango permitido por las normas, por lo que estas aguas son aptas para el consumo humano.

### **Transmisividad y Coeficientes de almacenamiento**

Según Sánchez (2014), el resultado del coeficiente de almacenamiento indica que el acuífero, es efectivamente confinado, y el agua proviene de la descompresión

De acuerdo a la figura 42, el coeficiente de transmisividad es muy bajo. Esto se debe a la gran cantidad de material de baja permeabilidad, lo que hace que el movimiento de las aguas sea extremadamente lento.

<b>T (m<sup>2</sup>/día)</b>	<b>Calificación estimada</b>
T < 10	Muy baja
10 < T < 100	Baja
100 < T < 500	Media
500 < T < 1000	Alta
T > 1000	Muy alta

**Figura 45. Calificación del acuífero según su transmisividad hidráulica.**

Fuente. Collazo, 2010

### **Mapa piezométrico**

En el mapa piezométrico, se puede observar que los pozos ubicados en la zona de la cumaca, están ubicados entre el río Cúpira y el río la Cumaca, y las líneas de flujo que según la bibliografía consultada reflejan la zona de carga y descarga del acuífero, se puede afirmar que el acuífero en la zona norte del San Diego, se recarga del río Cúpira, y le aporta al río la Cumaca.



## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

1. En el presente trabajo se creó una base de datos de los puntos de captación de la Zona Norte del Municipio San Diego, donde se pudo determinar que en el área hay 76 pozos con profundidades mayores de 80m de los cuales 87% están activos.
2. Los estudios químicos revisados arrojan que las aguas de los pozos bajo estudio, según la Normas Sanitarias de Calidad del agua Potable, el acuífero en la zona norte del Municipio San Diego es apta para el consumo humano. Cuando se da el proceso de bombeo, en los pozos a los que se realizaron las pruebas de caudal y nivel, los niveles del pozo descienden menos de un 10% de la profundidad inicial, por lo que se infiere que el acuífero no está sobreexplotado.
3. La Transmisividad del acuífero es baja por lo que la cantidad de agua que es transmitida horizontalmente es mínima, y de los datos Litológicos de los pozos, que fueron entregados por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente y los datos arrojados por el cálculo del coeficiente de almacenamiento, podemos concluir que el acuífero es confinado, y por ende el agua proviene de descompresión.
4. Tomando en cuenta que el nivel estático de los pozos comprenden profundidades que van desde 12- 24 m, y el agua proviene de descompresión entonces se puede concluir que el nivel freático en la zona está por debajo de los 12m de profundidad.



5. El acuífero en la zona norte del San Diego, se recarga del río Cúpira, y le aporta al río la Cumaca

### **Recomendaciones**

Es importante destacar que no fue posible obtener toda la información de la litología en todos los pozos. De los 76 pozos de la zona en estudio, solo 13 tenían estudio litológico, por lo que se recomienda recolectar el resto de la data, para que se pueda obtener con fidelidad el tipo de acuífero, y poder conocer con certeza las zonas de carga y recarga.

Las Pruebas químicas que fueron entregadas por los encargados de los pozos, en su mayoría fueron las realizadas en el momento inicial, se recomienda realizar las pruebas preventivas como se indican en las Normas Sanitarias de Calidad del agua Potable para garantizarle a la población la calidad del agua.



## BIBLIOGRAFIA

### “Acuíferos”.

Tomado el 5 de mayo del sitio web:

<http://www.hondurassilvestre.com/Reportajes/Acuifero.htm>

### “Agua Subterránea”.

Tomado el 20 de abril del 20015 del sitio web:

[http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_subterr%C3%A1nea](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_subterr%C3%A1nea)

### “Aguas Subterráneas, Acuíferos, Pozos y Manantiales”.

Tomado el 5 de mayo del sitio web:

<http://www.astromia.com/Tierraluna/aguasubterraneas.htm>

ALVARADO, R.J.MADRID (1991) ***SOBRE-EXPLOTACIÓN DE ACUÍFEROS EN VENEZUELA***. XXIII Congreso Internacional Sobreexplotación de Acuíferos. Islas Canarias, España. Actas. Ponencias, Comunicaciones y Resúmenes De Posters

BARREDO, C. J. I. “*SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y EVALUACIÓN MULTICRITERIO EN LA ORDENACIÓN TERRITORIAL*”. Editorial RAMA, Madrid, España, 1996.

BOSQUE, S. J. “*SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA*”. Ediciones Rialp S.A., Segunda edición corregida, Madrid, España, 1997.

### **CIVILES”. CAP. 18: AGUAS SUBTERRÁNEAS.**

Tomado el 2 de mayo del 20015 del sitio web:

[http://www.geocities.com/manualgeo\\_18/](http://www.geocities.com/manualgeo_18/)

CHUVIECO, E. “***FUNDAMENTOS DE TELEDETECCIÓN ESPACIAL***». Ediciones Rialp, Madrid, España, 1990.

DONADO Leonardo (1999) “***HIDROGEOQUÍMICA***” **CAPITULO 3**. Extraído el 27/05/2015 disponible en:  
[http://www.h2ogeo.upc.es/ldonado/Publications/Donado\\_1999a.pdf](http://www.h2ogeo.upc.es/ldonado/Publications/Donado_1999a.pdf).

DUQUE E, Gonzalo. “**MANUAL DE GEOLOGÍA PARA INGENIEROS**”



DURAN, Liliana; (2011) **LAS POLÍTICAS HÍDRICAS EN VENEZUELA EN LA GESTIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA**. Revista Voces: Tecnología y pensamiento. Volumen 5, Nº 1 - 2. Enero - Diciembre 2011, UTPMérida ISSN: 1856-867X.

**“El Futuro del Agua en Venezuela”.**

Tomado el 20 de abril del sitio web:

[http://www.eraecologica.org/revista\\_04/era\\_ecologica\\_4.htm?futuro\\_del\\_agua.htm~mainFrame](http://www.eraecologica.org/revista_04/era_ecologica_4.htm?futuro_del_agua.htm~mainFrame)

ESRI. «MANUAL ARC VIEW GIS». Environmental Systems Research Institute, Redlands, California 92373-8100, USA, 1996.

ESPINOZA, C (2004). **“PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA Y ACUÍFEROS II”**. Hidráulica de Aguas Subterráneas y Su Aprovechamiento. Universidad de Chile.

GEOGRÁFICA, PRÁCTICAS CON ARC/VIEW 3.2». Ediciones UPC, Editorial Alfaomega. Cantabria, España, 2005.

GUEVARA, E. (2000). **DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL Y ECOLÓGICA DEL ESTADO CARABOBO**. Periódico Tiempo Universitario, 4, (290).

MARTÍNEZ, F. “MANUAL DE EPANET 2.0 EN ESPAÑOL”. [Acceso 01 de diciembre del 2014]. Disponible en :  
<<http://www.instagua.upv.es/epanet/descargas/ManualEPANETv2E.pdf>>.

PEÑA, J, (2009): **“SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA APLICADOS A LA GESTIÓN DEL TERRITORIO”** Editorial Grupo Universitario. [Acceso 01 de diciembre del 2014]. Disponible en  
<<http://www.editorial-club-universitario.es/pdf/557.pdf>>

SANCHEZ, F (2014) “CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE HIDROGEOLOGÍA” Universidad de Salamanca. España.

SERRANO, A y Emilia Rojas (2007); **IMPORTANCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA COMO FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN VENEZUELA**. Trabajo de grado no publicado. Universidad de Oriente. Puerta la cruz



## **ANEXO A. INSTRUMENTOS USADOS PARA EL LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**



# Anexo A

## A.1 Instrumento de recolección de datos

IDENTIFICACION	FECHA DE INVENTARIO	COORDENADAS		
		U.T.M	N:	E:
Pozo 1		Elevación		
ESTADO: Carabobo		MUNICIPIO: San Diego		
PROPIETARIO: Cigarrera Bigott		LUGAR O SITIO: Zona Industrial		

Información	NIVELES			FECHA
	ESTÁTICO	DINámico	CAUDAL (LPS)	
CAMPO				
VERBAL				

**CROQUIS DE UBICACIÓN**

Fecha Const:	
Compañía:	
Dirección:	
Teléfono	
N° Original	
N° Modificado	
Fecha	
Profundidad Pozo:	
Perforada:	D:
Entubada:	D:

ESTADO ACTUAL DEL POZO

ACTIVO: \_\_\_\_\_

NO ACTIVO:   X  

TIEMPO SIN FUNCIONAR \_\_\_\_\_

MOTIVO:   Derrumbe  

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

USO DEL AGUA: \_\_\_\_\_





## Anexo A

### A.2 Equipos de Medición

#### GARMIN eTrexLegend

##### Specification

Case: Fully-gasketed, high-impact plastic alloy, waterproof to IPX7 standards (waterproof to one meter for 30 minutes)

Size: 4.4"H x 2"W x 1.2"D

Weight: Approx. 5.3 ounces (150 g) w/batteries

Temperature Range: 5° to 158°F (-15° to 70°C) (operating)

##### Performance

Receiver: Differential-ready, 12 parallel channel

Acquisition time: Approx. 15 seconds (warm start)

Approx. 45 seconds (EZinit/cold start) Approx. 5 minutes (First Time/AutoLocate™)

Update Rate: 1/second, continuous

GPS Accuracy: <15 meters (49 ft) RMS, 95% typical

DGPS (USGC) Accuracy: 3-5 meters (10-16 ft), 95% typical with DGPS corrections

DGPS (WAAS) Accuracy: < 3 meters (10 ft), 95% typical with DGPS corrections

Velocity Accuracy: 0.05 meter/sec steady state

Dynamics: Performs to specifications to 6 g's

Interfaces: NMEA 0183, RTCM 104 (for DGPS corrections) and RS-232 for PC interface

Antenna: Built-In patch

##### Power

Input: Two 1.5-volt AA batteries

Power Consumption: 0.5 watts max.

Battery Life: Up to 18 hours of typical use in 'Battery Saver' mode





## Anexo A

---

### SONDA NIVEL DE POZO, MARCA PLM EQUIPMENT

---

#### Water Well Level Sounder Specifications

---

***Tape Graduation:*** 1 ft and 0.01 ft intervals or 1m and 1mm intervals

***Tape Material:*** Polyethylene

***Probe Diameter:*** 5/8" (16mm)

***Signal:*** Audible buzzer and light

***Battery:*** 9 V battery

***Shipping Weight:*** 300 ft (100m) tape: 9 lbs (4 kg)

***Shipping Size:*** 12x14.5x8.5 inches (31 x 37 x 22 cm)

---





## **ANEXO B.1 UBICACIÓN DE POZOS,**



## **B.2 PLANOS DE LAS PROPIEDADES GEOFÍSICAS**



## **ANEXO C. GRÁFICAS DE VARIACIÓN DE NIVELES Y CAUDALES**



## **ANEXO D. MAPAS PROPIEDADES FISICO QUÍMICAS**



**Tabla. Anexo D de composición química de los Pozos**

Ppozo	U	Mcp	Uso	Edo	pH	Alcalinidad	Solidos disueltos	Dureza total	Cloruros	Carbonatos
150	<b>A.C conjunto residencial El Tulipan pozo 2</b>	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	6.89	129.16	0	0	3.98	17.6
160	<b>A.C conjunto residencial El Tulipan pozo 3</b>	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	6.92	112.03	0	0	2.48	20.82
175	<b>A.C conjunto residencial El Tulipan pozo 4</b>	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	6.94	145.32	0	0	4.25	18.02
160	<b>A.C conjunto residencial El Tulipan pozo 5</b>	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	7.2	96.24	0	0	17.76	13.38
98	<b>Victor Perera Gomez</b>	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	6.37	97.37	0	0	4.72	12.8



Ppozo	U	Mcp	Uso	Edo	pH	Alcalinidad	Solidos disueltos	Dureza total	Cloruros	Carbonatos
102	<b>MINVIH Pozo 1</b>	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	6.8	112.07	0	0	5.92	18.8
42	<b>A.C caja de ahorros cadafe Carabobo- Cojedes pozo 1</b>	San Diego	Comercial	Activo	6.44	48	99	8	3	3.39
80	<b>A.C caja de ahorros cadafe Carabobo- Cojedes pozo 2</b>	San Diego	Comercial	Activo	7.44	48	138	30	17	12.06
0	<b>HDA LA CARACARA POZO 2</b>	San Diego	Agricola		7	146	0	178	40	9
0	<b>URB las morochas 1</b>	San Diego	Abastecimiento Poblacional		6.8	94	130	70	3	7.2
60	<b>URB villa la encantada</b>	San Diego	Abastecimiento Poblacional		7.1	61	98	48	3	6



Ppozo	U	Mcp	Uso	Edo	pH	Alcalinidad	Solidos disueltos	Dureza total	Cloruros	Carbonatos
60	<b>Residencias Aguasay pozo 2</b>	San Diego	Abastecimiento Poblacional		7.1	63	91	38	3	4
52	<b>HDA SABANA DEL MEDIO</b>	San Diego	Abastecimiento Poblacional		6.6	61	91	32	2	4.8
56	<b>HDA LA MIGUELERA</b>	San Diego	Abastecimiento Poblacional		6.7	55	98	45	6	6.4
81	<b>San Diego HDA SAN RAFAEL</b>	San Diego	Abastecimiento Poblacional		6.7	66	98	38	3	5.2
80	<b>FCA SABANA DEL MEDIO</b>	San Diego	Abastecimiento Poblacional		6.8	65	91	36	2	4



## **ANEXO E. MAPAS PIEZOMÉTRICOS**



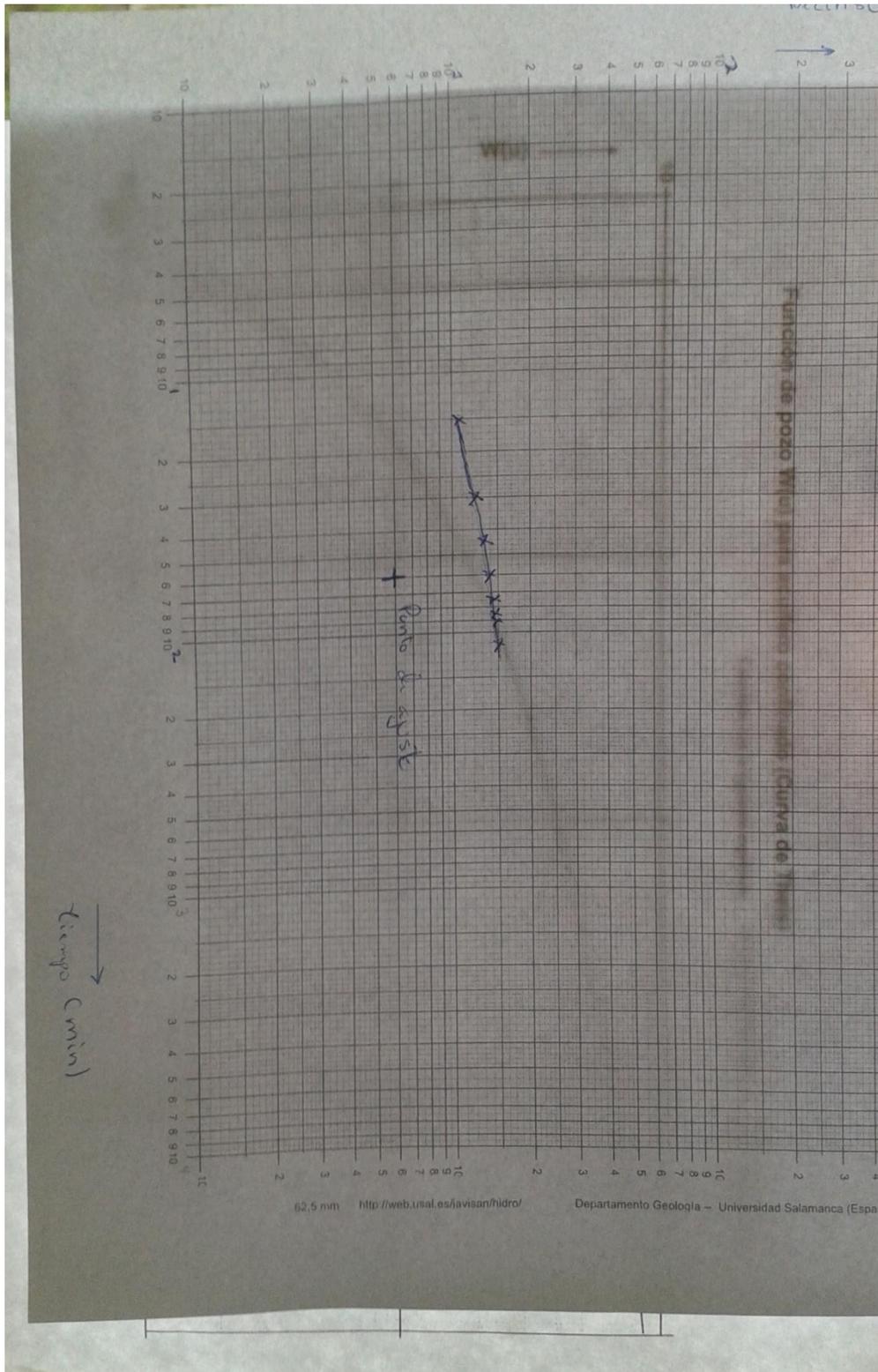
## **ANEXO H. DATOS LITOLÓGICOS DE LOS POZOS EN LA ZONA TULIPAN**

### Tabla de composición litológica de pozos

Pozo	U	P0-0,5	P0-5-5	P5-19	P19-23	P23-31	P31-34	P34-56	P56-58	P68-73	P73-77	P77-98	P98-101	P101-105	P105-109	P109-122	P122-128	P128-133	P133-139	P139-142	P142-147	P147-150	P150-162	P162-170	P170-173	P173-175		
141	A.C conjunto residencial El Tulipan pozo 1	Arena con arcilla	Arena con arcilla	Arcilla	Arena Fina	Arena media	Arcilloso	Arcilloso	Arcilla media	Arcilla media	Arcilla Limsosa	Arena media	Arena media	Arena media	Arena media	Arcilla Limsosa	Arena media	Arena media	Arcilla	Arcilla								
150	A.C conjunto residencial El Tulipan pozo 2	Material de relleno	Arena fina	Arcilla	Arena Fina	Limo Arcilloso	Limo Arcilloso	Limo Arcilloso	Arena fina	Arcilla	Arcilla	Arena media	Arcilla Limsosa	Arcilla Limsosa	Arcilla Limsosa	Arena Arcilloso	Arena Arcilloso	Arena media	Arcilla limosa	Arcilla Limsosa	Arena media	Arcilla						
160	A.C conjunto residencial El Tulipan pozo 3	Material de relleno	Arena fina	Arena media	Arcilla	Arcilla Fina	Arcilla Fina	Arcilla Fina	Arena Gruesa	Arena Fina	Arena fina	Arena fina	Grava fina	Arcilla	Grava fina	Arcilla	Arcilla Limsosa	Arcilla Limsosa	Grava Fina	Arcilla	Grava Fina	Grava Fina	Grava fina cuarzon	Arcilla				
175	A.C conjunto residencial El Tulipan pozo 4	Material de relleno	Arena fina	Arcilla	Arena media	Arcilla limosa	Arena media	Arcilla limosa	Arena media	Arcilla Limsosa	Arena Fina	Arcilla con arena fina	Arena fina	Arcilla con arena fina	Arena media fina	Arcilla Limsosa	Arena media	Arcilla	Arena media fina	Arcilla	Arena media fina	Arcilla	Arena media fina	Arcilla	Arena media fina	Arcilla	Arena media fina	
160	A.C conjunto residencial El Tulipan pozo 5	Limo Arenosa	Limo Arenosa	Limo Arenoso	Arena y Arcilla	Grava y Arcilla	Grava y Arcilla	Arcilla	Arcilla	Arcilla	Cuarzo	Limo arcilloso	Limo arcilloso	Arena fina	Arena fina	Arena gruesa	Arena gruesa	Arcilla limosa	Arcilla limosa									



## **ANEXO G. CURVA DE APLICACIÓN Y CÁLCULO DE COEFICIENTES DE TRANSMISIVIDAD Y ALMACENAMIENTO. MÉTODO DE THEIS**



Superposición de gráficas. Método de Theis.





ANEXO B

B.1 Levantamiento de datos de Pozos en la zona en estudio

Nº POZO	X (Este)	Y (Norte)	Z (Elevación)	Pozo (Profundidad)	Qm Caudal medio	ND Nivel dinámico	NE Nivel Estático	U Propietario	RF RIF	Const Constructura	Fp Fecha de perforación	Sector	Mcp Municipio	Uso	Edo	Material Relleno	Arcilla Limosa	Arcilla	Roca meteorizada	Arena media	Arcilla arenosa	Arena fina y arcilla	Arena media con lentes de arcilla	pH	Alcalinidad	Sólidos disueltos	Dureza total	Cloruros	Carbonatos	Resp Responsable del pozo	Tlfo telefono	Rnf (RENUFA)	Lic.	
1	613940	1135142	480	141	3	65	29	A.C conjunto residencial El Tulipan pozo 1	J-40268525-4	C.A PARKO	12/01/2006	Tulipan	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	1	3	3	0	3	0	1	3	0	0	0	0	0	0	Eduardo Rodriguez C.I 13.304.763	0424-4623269	En tramite	En tramite	
2	613684	1135093	469	150	2.5	110	13	A.C conjunto residencial El Tulipan pozo 2	J-40268525-4	C.A PARKO	14/11/2006	Tulipan	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	1	3	3	0	3	1	3	1	6.89	129.16	0	0	3.98	17.6	Eduardo Rodriguez C.I 13.304.763	0424-4623269	En tramite	En tramite	
3	614174	1135543	495	160	3	120	13	A.C conjunto residencial El Tulipan pozo 3	J-40268525-4	C.A PARKO	30/12/2006	Tulipan	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	1	1	7	0	1	0	3	2	6.92	112.03	0	0	2.48	20.82	Eduardo Rodriguez C.I 13.304.763	0424-4623269	En tramite	En tramite	
4	613787	1135600	490	175	2.75	120	13	A.C conjunto residencial El Tulipan pozo 4	J-40268525-4	C.A PARKO	27/11/2006	Tulipan	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	1	2	6	0	8	0	4	0	6.94	145.32	0	0	4.25	18.02	Eduardo Rodriguez C.I 13.304.763	0424-4623269	En tramite	En tramite	
5	613922	1135176	478	160	3	58	12	A.C conjunto residencial El Tulipan pozo 5	J-40268525-4	Inversiones Hidro, C.A	20/12/2006	Tulipan	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	1	2	1	0	0	1	1	0	7.2	96.24	0	0	17.76	13.38	Eduardo Rodriguez C.I 13.304.763	0424-4623269	En tramite	En tramite	
6	613536	1134540	480	150	2.5	0	17.3	A.C conjunto residencial El Tulipan pozo 6	J-40268525-4	C.A PARKO		Monteserino	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Eduardo Rodriguez C.I 13.304.763	0424-4623269	En tramite	En tramite	
7	613498	1134157	489	98	5	40	21	Victor Perera Gomez	6.915.459			Monteserino	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	0	0	0	0	0	0	0	0	6.37	97.37	0	0	4.72	12.8	Victor Perera Gomez C.I 6.915.459	0414-0173939	En tramite	En tramite	
8	615335	1137285	498	0	0	0	20	Cooperativa El Portal del agua R.L Pozo 1	J-29881488-8			La Josefina 1	San Diego	Agricola	Activo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Jose Bordones C.I 13.381.718	0416-3481044	En tramite	En tramite
9	615199	1137033	0	0	0	0	0	Cooperativa El Portal del agua R.L Pozo 2	J-29881488-8			La Josefina 1	San Diego	Agricola	Inactivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Jose Bordones C.I 13.381.718	0416-3481044	En tramite	En tramite
10	614932	1136803	0	0	0	0	0	Cooperativa El Portal del agua R.L Pozo 3	J-29881488-8			La Josefina 1	San Diego	Agricola	Inactivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Jose Bordones C.I 13.381.718	0416-3481044	En tramite	En tramite
11	611191	1135402	0	102	5.2	62	14	MINVIH Pozo 1	G-20009652-7			Lomas de la hacienda	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	0	0	0	0	0	0	0	0	6.8	112.07	0	0	5.92	18.8	Ricardo Ramos	0414-8734998	En tramite	En tramite	
12	611064	1135215	0	0	0	0	0	MINVIH Pozo 2	G-20009652-7			Lomas de la hacienda	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Ricardo Ramos	0414-8734998	En tramite	En tramite
13	611217	1134938	0	0	0	0	0	MINVIH Pozo 3	G-20009652-7	C.A PARKO		Lomas de la hacienda	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Ricardo Ramos	0414-8734998	En tramite	En tramite
14	616523	1138092	0	42	3.9	20	6	A.C caja de ahorros cadafe Carabobo-Cojedes pozo 1	J-07504745-1			La Cumaca	San Diego	Comercial	Activo	0	0	0	0	0	0	0	0	6.44	48	99	8	3	3.39	Greciana Marinelli C.I 15.721.881	0241-8314151	En tramite	En tramite	
15	616462	1138022	0	80	3.9	28	6	A.C caja de ahorros cadafe Carabobo-Cojedes pozo 2	J-07504745-1			La Cumaca	San Diego	Comercial	Activo	0	0	0	0	0	0	0	0	7.44	48	138	30	17	12.06	Greciana Marinelli C.I 15.721.881	0241-8314151	En tramite	En tramite	
16	615735	1136629	476	0	3.5	0	0	Hidrocentro "La Josefina"				La Cumaca	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Hidrocentro		NO	NO
17	613307	1134229	473	0	0	0	13.3	Conj. Residencial Villa Bahía San Diego				Bosqueserino	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			NO	NO
18	615774	1136949	490	85	6.66	16.9	5.3	Villas de San Diego Country club Pozo 1	J-31624545-4			La Cumaca	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Jean Rodriguez C.I 20.314.617	0241-8915057	NO	NO	
19	615743	1137411	494	0	0	0	0	Villas de San Diego Country club Pozo 2	J-31624545-4			La Cumaca	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Inactivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Jean Rodriguez C.I 20.314.617	0241-8915057	NO	NO	
20	615974	1137460	491	0	0	0	0	Villas de San Diego Country club Pozo 3	J-31624545-4			La Cumaca	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Inactivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Jean Rodriguez C.I 20.314.617	0241-8915057	NO	NO	





ANEXO B

Nº POZO	X (Este)	Y (Norte)	Z (Elevación)	Pozo (Profundidad)	Qm Caudal medio	ND Nivel dinámico	NE Nivel Estático	U Propietario	RF RIF	Const Constructora	Fp Fecha de perforación	Sector	Mcp Municipio	Uso	Edo	Material Relleno	Arcilla Limosa	Arcilla	Roca meteorizada	Arena media	Arcilla arenosa	Arena fina y arcilla	Arena media con lentes de arcilla	pH	Alcalinidad	Sólidos disueltos	Dureza total	Cloruros	Carbonatos	Resp Responsable del pozo	Tfno telefono	Rnf (RENUFA)	Lic.						
42	613336	1134643	0	0	0	0	0	Conjunto Residencial Las Palmas				Monteserino	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Ing. Guillermo Castellano		NO	NO			
43	615179	1136013	0	0	0	0	0	Conjunto Residencial Tiziana Villas				Sector Tamarindos los	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Inactivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Mariana Barroso CI 8.702.607		NO	NO			
44	614548	1136134	598	0	0	0	0	Inmuebles y valores C.A				Sector Tamarindos los	San Diego	Abastecimiento comercial	Activo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		NO	NO				
45	615004	1135478	0	0	0	0	0	Consejo Comunal Tamaco				Sector Tamarindos los	San Diego	Abastecimiento Urbano	Inactivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		NO	NO				
46	615102	1135478	475	0	0	0	0	Fundo la leonera				La Cumaca	San Diego	Abastecimiento Urbano	Activo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Francisco Tirrito		NO	NO			
47	616857	1136650	0	0	0	0	0	Conjunto Residencial las Josefinas				Las Josefinas	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		NO	NO				
48	616272	1135469	481	0	2	0	0	Hidrocentro "El Polvero"				El Polvero	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Hidrocentro		NO	NO			
49	613136	1135083	484	0	0	0	0	Lomas de La hacienda				Lomas de la Hacienda	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Inactivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		NO	NO				
50	613140	1134775	481	0	0	35.4	0	Seminario					San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		NO	NO				
51	613595	1133578	468	0	0	0	0	Los Bomberos				Monteserino	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Inactivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Baby Velasio	4125121221	NO	NO			
52	615027	1133720	467	102	0	0	12	Hda. La Caracara pozo 1					San Diego	Agricola	Activo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	DOMINGO JIMENEZ				
53	615079	1136270	0	0	0	0	0	Hda. LA LOPERA				La Cumaca	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	MATTIOLE HNOS					
54	615479	1135042	0	62	0	0	0	GRANJA HNOS DIAZ					San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HNOS DIAZ				
55	615844	1134890	0	86	0	0	12	HDA HIGUEROTE					San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	1	0	1	0	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HNOS MORENO R			
56	615388	1134796	0	85	0	0	0	SAN DIEGO					San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	1	1	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HNOS MORENO R			
57	615145	1134857	0	78	0	0	0	HACIENDA HIGUEROTE					San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HNOS MORENO R			
58	615384	1136025	0	80	0	0	0	HDA SAN ANTONIO POZO 1				La Cumaca	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	IGNANCIO ORIA			
59	615444	1136209	0	70	0	0	3	HDA SAN ANTONIO POZO 2				La Cumaca	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	1	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	VENANCIO ORIA			
60	615626	1136210	0	90	0	0	0	HDA SAN ANTONIO POZO 3				La Cumaca	San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	VENANCIO ORIA			
61	614693	1133104	0	0	0	0	0	HDA LA CARACARA POZO 2					San Diego	Agricola	Activo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	146	1	178	40	9	0	0	0	0	UPC Jorge Rodriguez				
62	614784	1133412	0	0	0	0	0	HDA LA CARACARA POZO 3					San Diego	Abastecimiento Poblacional	Activo	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	UPC Jorge Rodriguez			

