CONSTRUCTO CO S.A.S

INFORME FINAL

Contrato de Consultoría No. 568 del 11 de diciembre de 2018

LA REALIZACIÓN DE LA FASE DOS DEL CENSO DE USUARIOS DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO EN EL MARCO DE LA FORMULACIÓN DEL PMA DEL ACUÍFERO DEL SUR Y DE LAS EVALUACIONES REGIONALES DEL AGUA

IBAGUÉ, JULIO DE 2019

Constructo

Constructo
Facilitamos decisiones

COMITÉ TÉCNICO

JORGE ENRIQUE CARDOZO RODRÍGUEZ
Director General

JUAN PABLO GARCÍA POVEDA
Subdirector de Planeación y Gestión Tecnológica

FERNANDO DÍAZ DÍAZ
Profesional Universitario – Subdirección de Planeación y Gestión Tecnológica de CORTOLIMA
Supervisor del Contrato

EQUIPO TÉCNICO

EDISSON AUGUSTO ESPARZA DÍAZ
Director del Proyecto

YULI CAROLINA VELANDIA RONCANCIO
Coordinador de Campo

DAVID ALONSO RUEDA RODRÍGUEZ
Profesional S.I.G.

ANZARY LIZETTE COBOS BAUTISTA
Profesional Social

ALEJANDRO GUTIERREZ GONZÁLEZ
Profesional Ambiental

CARLOS ENRIQUE SIERRA SILVA
Auxiliar de Oficina

Apoyo de Trabajo en Campo

JOSE EDGAR CORTÉS MASMELA
EDWIN ALBERTO RIVERA MORA
IVÁN CAMILO NAVARRO OLAYA
JUAN GABRIEL ACOSTA PORTELA
PEDRO ANTONIO VERGARA ROCHA
EDISON ALBERTO ENCISO YAIMA
JHON SEBASTIAN GOMEZ CERQUERA

CONSTRUCTO CO S.A.S.

INFORME FINAL

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 568 DEL 11 DE DICIEMBRE DE 2018

"REALIZACIÓN DE LA FASE DOS DEL CENSO DE USUARIOS DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO EN EL MARCO DE LA FORMULACIÓN DEL PMA DEL ACUÍFERO DEL SUR Y DE LAS EVALUACIONES REGIONALES DEL AGUA (ERA)"

PERIODO DEL 28 DE MAYO AL 30 DE JUNIO DE 2019

IBAGUÉ,
JULIO DE 2019

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 4

1. METODOLOGIA 5

2. PRE-ABORDAJE 6

2.1. Reuniones preoperativas y de avance del proyecto 6

2.2. Planeación - entrenamiento del equipo profesional (Definición de rutas, compilación y unificación de bases de datos, diseño, ajustes y definición de instrumentos de caracterización y marcación). 7

2.3. Visita de campo personal Constructo 10

2.4. Diseño y aprobación de mensajes del Proyecto, institucionales, presentaciones de campo. 13

2.5. Estrategia de información y aproximación con la ciudadanía 14

2.6. Diseño, aprobación y producción del Instrumento 21

2.7. Diseño, aprobación y producción de Sticker 25

2.8. Entrenamiento del equipo de campo 26

3. ABORDAJE 27

3.1. Aplicación de encuestas y operativo de campo 27

3.1.1. Cargue y verificación de información Georreferenciada. 27

3.1.1.1. Metodología de captura de información Geográfica en campo 27

3.2. Descripción de las Fases de campo Realizadas 30

3.2.1. Fase II 30

3.2.2. Fase III 33

4. ANALISIS Y VERIFICACION DE INFORMACION 38

4.1. Validación de Información Georreferenciada 39

4.2. Validación Parámetros de calidad de agua subterránea 42

4.2.1. Metodología de Validación 42

4.2.1.1. Descripción de los parámetros de calidad de agua 42

4.2.1.2. Prueba estadística de datos dudosos 43

4.2.1.3. Normatividad relacionada con calidad de agua 44

Decreto 1076 de 2015: Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible 44
Criterios de calidad de agua de la OMS: European Environmental Agency, 'Ground water quality and quantity in Europe', June 1999 45
Valores comunes de conductividad en otros países 45
Temperatura y calidad de agua 45
4.2.2. Localización y distribución de los puntos de agua muestreados 46
4.2.2.1. Fase II 46
4.2.2.2. Fase III 46
4.2.3. Análisis de los datos 47
4.2.3.1. Prueba estadística datos dudosos Fase II 47
PH 47
Conductividad 48
Temperatura 50
Criterios De Calidad De Agua Para Su Uso 51
4.2.3.2. Prueba estadística datos dudosos Fase III 54
PH 54
Conductividad 55
Temperatura 56
CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUA PARA SU USO 57
5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES 61
5.1. RESULTADOS 61
5.1.1. Usuarios de Puntos de agua Subterranea 64
5.1.2. Tipos de agua Subterránea 67
5.1.3. Condiciones de Punto de Agua Subterránea 70
5.2. CONCLUSIONES 73

INTRODUCCIÓN

El documento que a continuación presentamos contiene el informe final de las actividades realizadas a la fecha, por Constructo Co S.A.S. en el marco del Contrato de Consultoría No. 568 del 11 de diciembre de 2018 (en adelante el Contrato o Proyecto), suscrito con la Corporación Autónoma Regional del Tolima – CORTOLIMA, y cuyo objeto responde a "LA REALIZACIÓN DE LA FASE DOS DEL CENSO DE USUARIOS DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO EN EL MARCO DE LA FORMULACIÓN DEL PMA DEL ACUÍFERO DEL SUR Y DE LAS EVALUACIONES REGIONALES DEL AGUA.

En el presente informe estamos haciendo entrega del total general de puntos de agua subterráneas caracterizados en campo (archivo digital) por medio da la captura de información vectorial georreferenciada, recolección de datos por medio de la aplicación del instrumento Formato Único Nacional e Inventario de Aguas Subterráneas (FUNIAS) y los soportes de la realización de socializaciones en campo para la captura de información, las cuales fueron divididas en dos etapas generales, la primera correspondiente a la denomina Fase II de caracterización, en la cual se recolectaron, analizaron y validaron 2107 encuestas, y la segunda etapa conocida como la Fase III de caracterización, en donde el número de encuestas analizadas y validadas corresponde a 1081 registros, para un total de 3188 encuestas completadas.

ORIGINAL FIRMADO

Iván Malaver
Director

Edificio F25 Business Center
Ibagué - Colombia
Pbx: +57 8 264 1408
www.constructo.co

1. METODOLOGIA

El desarrollo del trabajo se dividió en cuatro fases principales, las cuales corresponden a (i) pre-abordaje o fase de planeación, (ii) abordaje o fase de campo, (iii) Análisis y verificación de información y (iv) Resultados y Conclusiones, Informe Final.

(i) Pre-abordaje, consiste en la planeación y entrenamiento del equipo profesional (Compilación y unificación de bases de datos, diseño, ajustes y definición de instrumentos de caracterización y marcación), definición del área de influencia del Proyecto (rutas de trabajo), visitas de reconocimiento en campo, definición del personal a contratar, contacto y acercamiento social en los municipios y veredas del área de influencia del proyecto, diseño, aprobación e impresión de los formatos de recolección de información, diseño, aprobación e impresión de los stickers utilizados como referencia de levantamiento de información en campo, entrenamiento del equipo de trabajo.

(ii) Abordaje, que radica en la realización de socializaciones en los municipios de AID, aplicación de encuestas y operativo de campo, cargue y verificación de la información georreferenciada, digitalización y construcción de expedientes por predio.

(iii) Análisis y verificación de Información, En esta etapa se compara la información registrada junto con los parámetros de calidad establecidos, en búsqueda de consistencia de estos con relación a: datos espaciales con grado de precisión aceptable, información catastral de los predios encuestados, parámetros de calidad de agua subterránea y correcta digitación en los formatos digitales establecidos. SE utilizan hojas de cálculo, SIG, análisis estadístico y demás herramientas que permitan establecer la correcta integridad de los datos.

(iv) Resultados, Conclusiones y Recomendaciones: Se presentan los datos finales verificados en los formatos establecidos, junto con las conclusiones de la aplicación de la metodología, y recomendaciones para el mejoramiento de futuros trabajos.

2. PRE-ABORDAJE

2.1. Reuniones preoperativas y de avance del proyecto

Lugar y Fecha de reunión	Ibagué, 17 de diciembre de 2018
Participantes	• Dr. Juan Pablo García, Subdirector de Planeación y Gestión Tecnológica – Cortolima. • Dr. Fernando Díaz Díaz, Supervisor del presente contrato, adscrito a la Subdirección de Planeación y Gestión Tecnológica – Cortolima. • Dr. Iván Alberto Malaver, Representante Legal de Constructo Co. S.A.S. • Geólogo, Edisson Augusto Esparza Díaz, Director de Proyecto del presente Contrato. • Ingeniero, Alejandro Gutiérrez González, Profesional Ambiental de Constructo Co. S.A.S.
Temas de discusión	1. Verificación de actividades del Contrato 2. Aprobación del cronograma y Hojas de Vida 3. Levantamiento de Acta de Inicio

Tabla 2.1-1 Reunión operativa 17 de diciembre de 2018

Lugar y Fecha de reunión	Ibagué, 26 de diciembre de 2018
Participantes	• Dr. Juan Pablo García, Subdirector de Planeación y Gestión Tecnológica – Cortolima. • Dr. Fernando Díaz Díaz, Supervisor del presente contrato, adscrito a la Subdirección de Planeación y Gestión Tecnológica – Cortolima. • Judy Lorena Alzate G, profesional adscrita a la Subdirección de Planeación y Gestión Tecnológica – Cortolima. • Aura Lucia Díaz, profesional adscrita a la Subdirección de Planeación y Gestión Tecnológica – Cortolima. • Dr. Iván Alberto Malaver, Representante Legal de Constructo Co. S.A.S. • Ingeniero, Alejandro Gutiérrez González, Profesional Ambiental de Constructo Co. S.A.S.

	• Politólogo, Carlos Enrique Sierra Silva, Profesional Social de Constructo Co. S.A.S.
Temas de discusión	1. Solicitud de información a la Corporación por parte del Contratista. 2. Entrega de información a Constructo Co. S.A.S., por parte del Supervisor del Contrato de Informe Final de la fase 1 del diagnóstico.

Tabla 2.1-2 Reunión avance, entrega documentación física y DVD – cd, 26 de diciembre de 2018

Lugar y Fecha de reunión	Ibagué, 17 de enero de 2018
Participantes	• Dr. Fernando Díaz Díaz, Supervisor del presente contrato, adscrito a la Subdirección de Planeación y Gestión Tecnológica – Cortolima. • Geólogo, Edisson Augusto Esparza Díaz, Director de Proyecto del presente Contrato. • Ingeniero, Alejandro Gutiérrez González, Profesional Ambiental de Constructo Co. S.A.S.
Temas de discusión	1. Área de fase uno (1), área de fase nueva 2. Formato para recolección de datos FUNIAS

Tabla 2.1-3 evaluación de información entregada, informe – 17 de enero de 2019

2.2. Planeación - entrenamiento del equipo profesional (Definición de rutas, compilación y unificación de bases de datos, diseño, ajustes y definición de instrumentos de caracterización y marcación).

Definición de Rutas,

- Se definieron rutas de acceso y crearon mapas utilizando la información cartográfica disponible suministra por la Corporación, complementando con información obtenida de las entidades públicas competentes, como lo son el instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, el Servicio Geológico Nacional, y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE.
- Se utilizó la Geodatabase suministrada por la Corporación para identificar los puntos y áreas ya visitados en la fase I ejecutada en el 2018. De esta manera se definió las nuevas áreas a estudiar.

- Los softwares utilizados para este fin fueron Quantum GIS y ArcGIS 10.6 versión demo.

2.2.1. Generación de Mapas, Bases Cartográficas, calibración y configuración de receptores GPS

Para una correcta ubicación geográfica en campo del personal, generando información de calidad y rápido acceso, se crearon mapas y bases cartográficas que pudieran ser cargados y visualizados en los receptores GPS de la marca Garmin modelo Etrex 20x

Fotografía 2.2-1 Detalle de Receptores GPS Garmin Etrex 20X

Se escogió este modelo de receptor GPS por su facilidad de uso, precisión adecuada para la escala trabajada, condiciones de trabajo de campo e interacción con los softwares de manejo GIS. El receptor GPS se configura para obtener coordenadas geográficas WGS84 y proyectadas en el sistema Magna Sirgas origen Bogotá, como se observa en la **Ilustración 2.2-1**

Ilustración 2.2-1. Detalle de pantalla de recepto GPS Garmin Etrex 20x, mostrando calibración y configuración de usuario para poder obtener coordenadas en sistema Magna Sirgas Origen Bogotá

Los mapas fueron creados utilizando el software Qgis versión 2.18.24 y posteriormente convertidos a formato .img y formatos .kml utilizando plugin para tal fin, de forma que pudieran ser visualizados en los receptores GPS. Los siguientes son los nombres de los archivos de mapa con sus principales características, cargados a los receptores GPS:

- Vias_gen.img: Mapa vectorial que contiene las principales vías presentes en el área del proyecto. Este archivo se carga a la carpeta GARMIN del receptor GPS
- Drenaje.img: Mapa vectorial que contiene los principales ríos y drenajes en el área del proyecto. Este archivo se carga a la carpeta GARMIN del receptor GPS
- My_CustomMap.kml: Mapa en imagen referenciado en fichero kml, el cual contiene información de los cascos urbanos, división de veredas, puntos levantados en la fase 1 del proyecto. Las veredas respetan el color asignado en los documentos trabajados, en verde para las veredas trabajadas en la fase 1, rosado para las veredas a estudiar, lo que facilita la ubicación del personal en campo. Este archivo se carga a la carpeta GARMIN>CustomMaps del receptor GPS

Se decidió crear la información de la división política de veredas y los datos registrados en la anterior fase del proyecto, en formato de imagen referenciado en fichero kml, debido a que la información de vectores poligonales es más difícil de visualizar en la pantalla del receptor GPS.

2.3. Visita de campo personal Constructo

Con la información de rutas y áreas definidas, se realizó visitas de avanzada por el personal profesional de Constructo, en donde se comprobó la exactitud de los mapas, facilidad de vías de acceso e identificación de autoridades de los diferentes municipios.

Fotografía 2.2-2 Pre-abordaje, reunión de análisis y avanzada en campo

Contratación y entrenamiento de personal

Basados en la información que reposa en los pliegos de condiciones definitivos del concurso de méritos abiertos No. 15 de 2018, específicamente en el inciso "2.5.1 EQUIPO DE TRABAJO", el área administrativa de Constructo realizó veinte (20) entrevistas de trabajo con personal de perfil técnico o tecnólogo, que tuviesen experiencia en manejo de equipos GPS, recopilación de información en campo y medio de transporte para movilizarse en las veredas del área de influencia del Proyecto.

Las mencionadas entrevistas tuvieron como resultado la información que a continuación se dispone:

NOMBRES Y APELLIDOS	IDENTIDAD	RESIDENCIA	ESTADO
JOSE EDGAR CORTES MASMELA	93205063	Purificación	Contrato N. 20
JOHN SEBASTIAN GOMEZ CERQUERA	1110263055	Suarez	Contrato N. 21
PEDRO ANTONIO VERGARA ROCHA	93206397	Purificación	Contrato N. 22
JUAN GABRIEL ACOSTA PORTELA	93154029	Saldaña	Contrato N. 23
EDWIN ALBERTO RIVERA MORA	93154753	Saldaña	Contrato N. 24
EDISSON ALBERTO ENCISO	1110470078	Ibagué	Contrato N. 25
IVAN CAMILO OLAYA NAVARRO	1105305662	Prado	Contrato N. 26
ORLANDO PORTILLO URUEÑA	5969901	Saldaña	No contratado
ANDREA PAOLA ROCHA PORTELA	1106392550	Saldaña	No contratado
VICTOR MANUEL CORTES URIBE	93204673	Saldaña	No contratado
JAIME ANDRES CORTES PADILLA	1106398392	Purificación	No contratado
LUISA FERNANDA CAICEDO	1109494203	Saldaña	No contratado
IVAN MONTAÑA CASTAÑEDA	93152039	Saldaña	No contratado
EDGAR ALFREDO CASTILLO BOLIVAR	1110541194	Ibagué	No contratado
CAMILO ANDRES RODRIGUEZ PACHON	13993780	Cajamarca	No contratado
CARLOS ALFREDO TORRES SIERRA	1105614660	Cajamarca	No contratado
DIEGO FERNANDO MOSQUERA BUITRAGO	1105614398	Cajamarca	No contratado
JAIRO ANDRES LOZANO GARCIA	1110467290	Purificación	No contratado
MICHAEL ANDRES CARDENAS CAMACHO	1110527647	Suarez	No contratado
LIZETH DANIELA REINOSO DIAZ	1105305865	Prado	No contratado

- ***Tabla 2.2-1 Personal entrevistado para el cargo de auxiliar de campo – (recolección de información, aplicación de instrumento)***

Se destaca que el personal contratado es de la zona de influencia del proyecto, su currículo fue solicitado directamente a las alcaldías municipales de Saldaña, Purificación, Suarez y Prado.

Fotografía 2.2-3 Personal de campo y entrenamiento en manejo de equipos de calidad de agua

Se capacitó a los encuestadores en el manejo de los GPS, lo que incluye navegación, lectura de mapas y toma de puntos (waypoints) en campo. Cada encuestador fue dotado con un GPS Etrex 20X, en el cual se cargó datos vectoriales y ráster con la información de las vías de acceso, cascos urbanos, división política de las veredas a visitar, y las encuestas previamente ejecutadas. Los encuestadores recibieron las instrucciones necesarias para registrar tanto las coordenadas de las encuestas (waypoints) como las rutas recorridas (tracks) que sirven en el proceso de verificación de datos vectoriales.

Fotografía 2.2-4 Equipos utilizados para la recolección de información en campo

2.4. Diseño y aprobación de mensajes del Proyecto, institucionales, presentaciones de campo.

El mensaje institucional del Proyecto busca transmitir en primera medida la información oportuna a la ciudadanía que será objeto de intervención en el desarrollo del actual proceso, permitiendo a la comunidad materializar el respeto a su derecho a participar en la fase actual del levantamiento de información en campo.

Dicho mensaje se enfocó en el conocimiento actual y los posibles escenarios futuros en base a la demanda y la oferta hídrica de la región, siendo una estrategia que permitirá identificar y ordenar la información que le concederá a la autoridad ambiental disponer de información sistematizada para la toma de decisiones y al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM derivar dicha información y llevarla a los productos nacionales como el Estudio Nacional del Agua.

A continuación, se expone la presentación visual ejecutiva realizada en las diferentes socializaciones del Proyecto con la comunidad, validada mediante correo electrónico por la supervisión del Contrato.

Ilustración 2.4-1 Presentación ejecutiva – validada por la Supervisión de Contrato

2.5. Estrategia de información y aproximación con la ciudadanía

Conforme a la obligación del Contratista No. 1 que reposa en el Contrato de Consultoría No. 568 del 11 de diciembre de 2019, se realizaron en campo un total de cincuenta y un (51) reuniones de socialización del Proyecto con los diferentes actores como autoridades locales (Alcaldías municipales, Policía Nacional, Dignatarios de Juntas de Acción Comunal) y comunidad que habita en el área de influencia del Proyecto (Gráfico 2.5-1**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), lo anterior con el fin de mantener informada a la población del proceso censal que en su momento la Compañía adelantaría en la zona para la recolección de información. Los registros de asistencia reposan en el Anexo 8

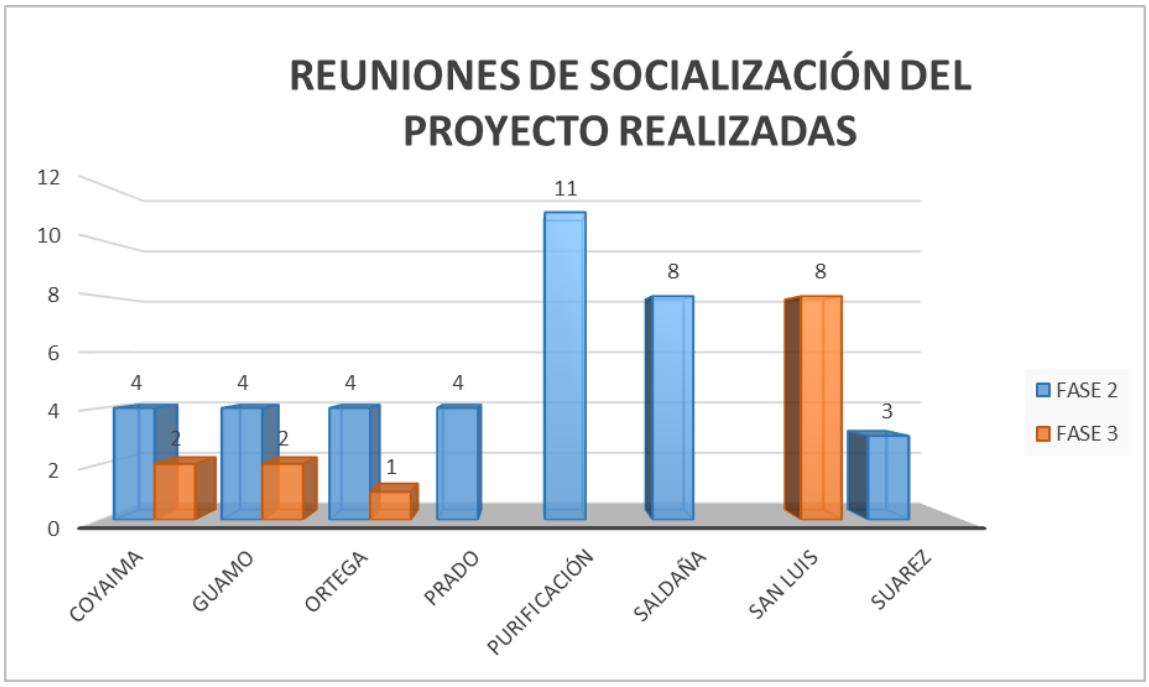


Gráfico 2.5-1 Reuniones de socialización del Proyecto realizadas

Fotografía 2.5-1 Socialización del Proyecto, comunidad de Luisa García – San Luis TOLIMA

Para el desarrollo de este proceso participativo fue necesario considerar el nivel de expectativa de las comunidades frente a rumores en algunos casos

desmesurados debido al desconocimiento de la ciudadanía sobre el proceso que desarrolló en su momento la Compañía.

Por lo anterior, Constructo habilitó un canal de interacción con criterio invasivo, de derecho o “jure”, que no convocó en un solo sitio a la comunidad para otorgarle la información, sino que, de manera dispersa, abordó las diferentes juntas y grupos sociales, de forma tal que fuera cubierta la totalidad del Área de Influencia (AI) del proyecto y que toda persona, sin importar sus condiciones y limitaciones, tuviese acceso a la información de manera amplia y suficiente sobre el proceso.

Hay que resaltar que a la Corporación en su momento se hizo la entrega oficial a de los soportes físicos recolectados (registros de asistencia) y digitales (registro fotográfico) de las respectivas jornadas de aproximación e información a la comunidad.

A continuación, se dispone la información concerniente al proceso de participación ciudadana para cada una de las fases del proyecto adelanta por Constructo durante la ejecución del Proyecto.

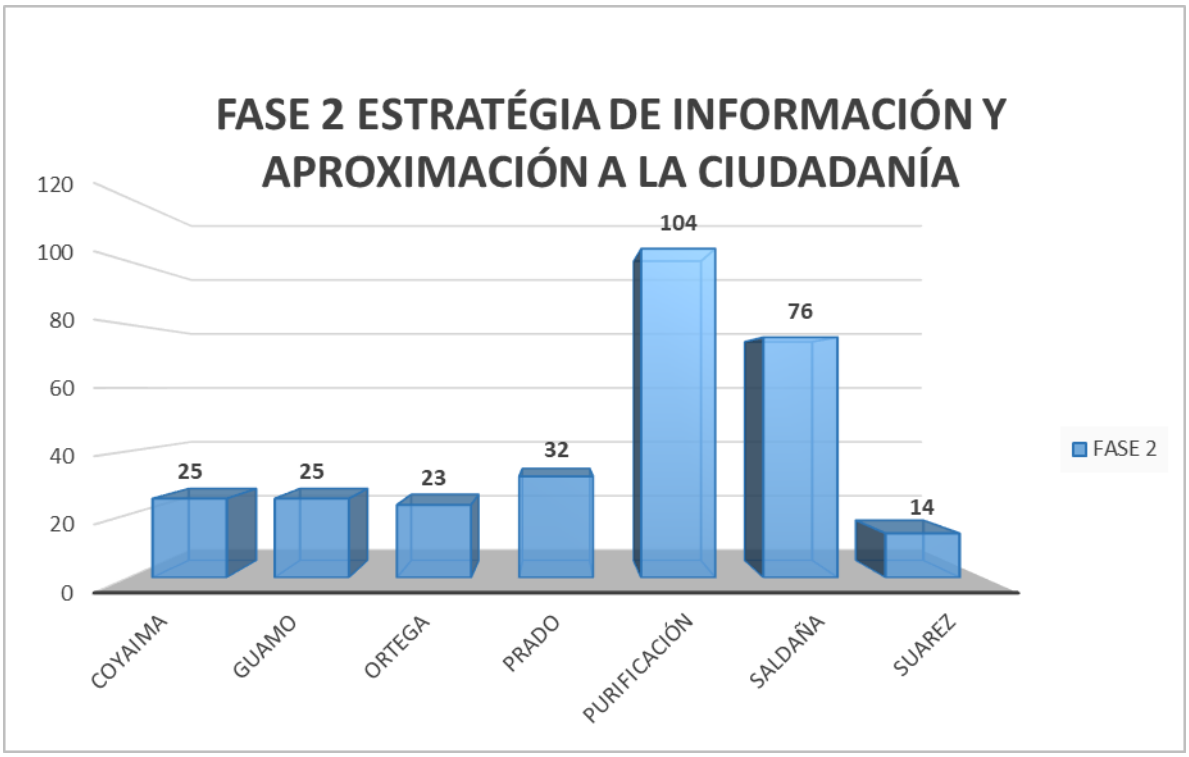


Gráfico 2.5-2 Estrategia de información y aproximación a la ciudadanía – asistencia a encuentros de socialización el Proyecto Fase 2

Como se observa en Gráfico 2.5-2, a los encuentros de socialización del proyecto asistieron para la Fase 2 un total de 299 personas, lo que representa un 14.1% si lo relacionamos con las 2107 encuestas recolectadas por el equipo profesional de Constructo. Vale la pena destacar que hubo mayor participación en el municipio de Purificación.

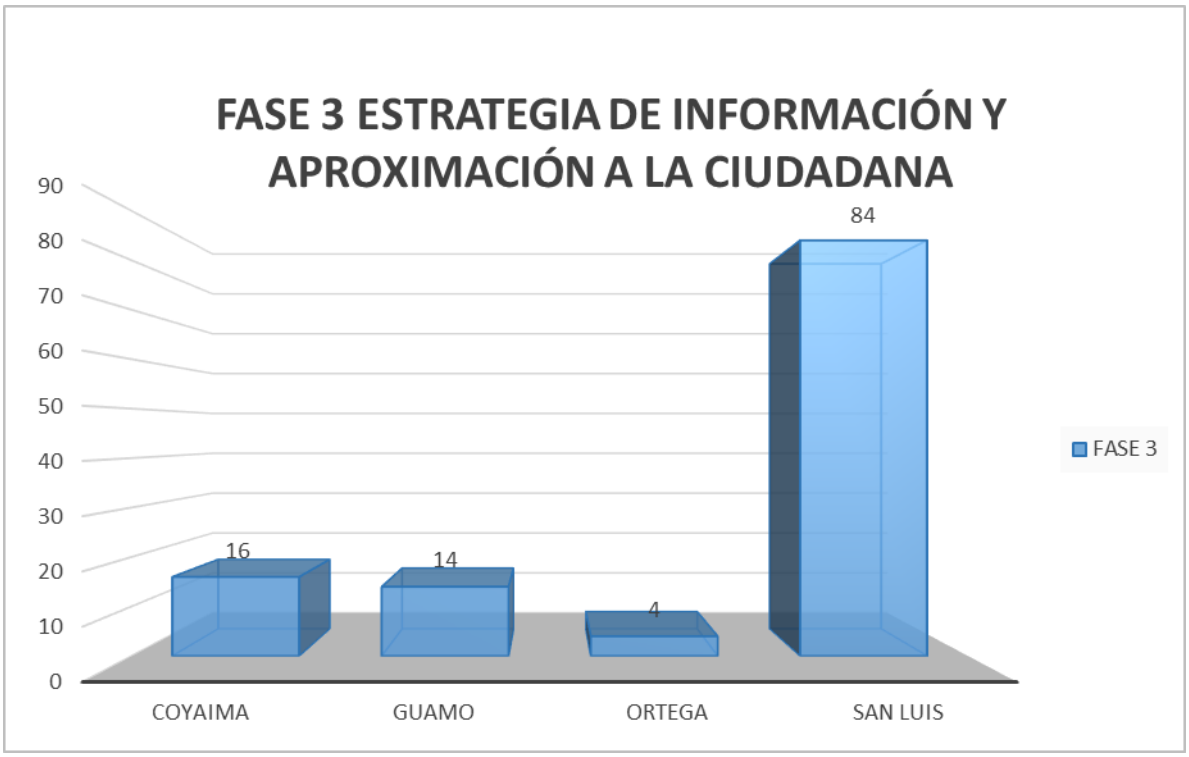


Gráfico 2.5-3 Estrategia de información y aproximación a la ciudadanía – asistencia a encuentros de socialización el Proyecto Fase 3

Con base en lo anterior, hay que destacar que para la Fase 3 hubo un porcentaje de participación del 10.91% de personas, si lo relacionamos con las 1081 encuestas aplicadas en campo. San Luis, representó en esta ocasión la mayoría de participación ciudadana.

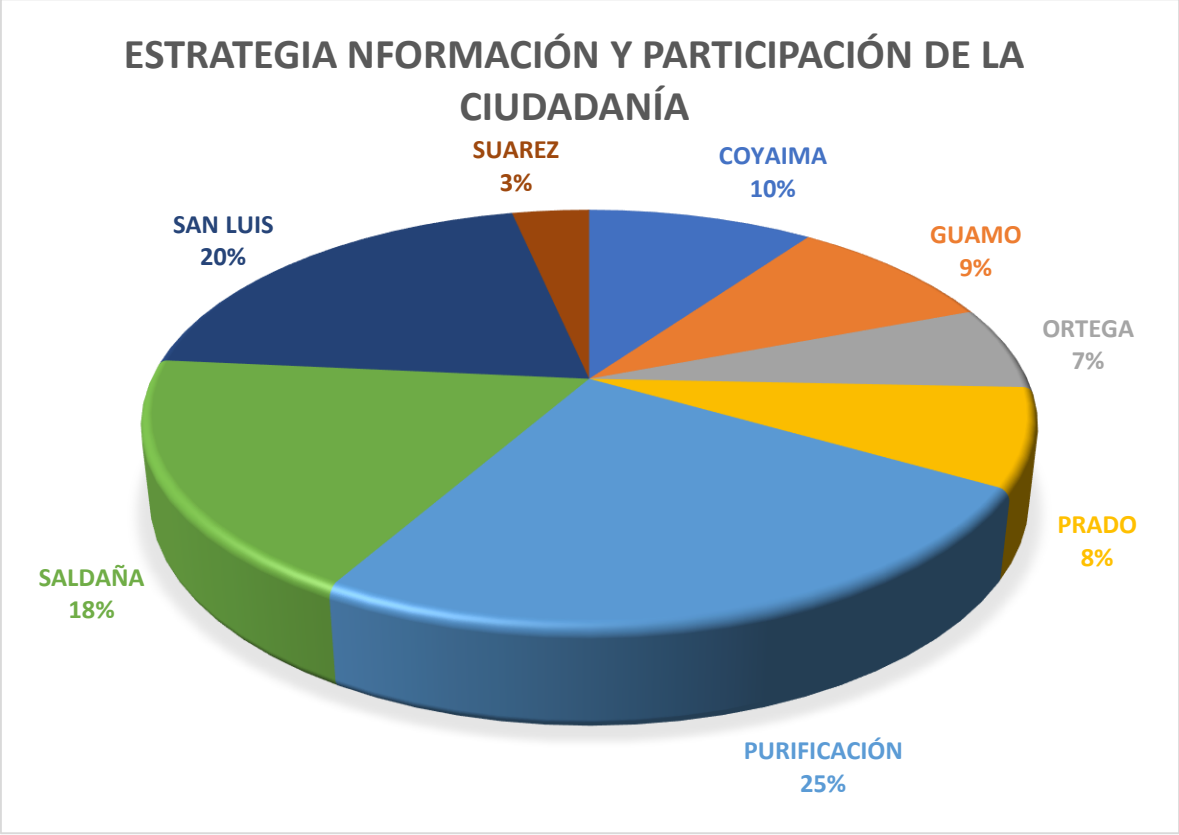


Gráfico 2.5-4 Estrategia de información y aproximación a la ciudadanía – asistencia a encuentros de socialización el Proyecto

	FASE	MUNICIPIO	LUGAR	ASISTENTES
1	FASE 2	COYAIMA	ALCALDÍA	4
2	FASE 2	COYAIMA	POLICIA NACIONAL	3
3	FASE 2	COYAIMA	CASTILLA	12
4	FASE 2	COYAIMA	ANGOSTURA	6
5	FASE 2	GUAMO	ALCALDÍA	5
6	FASE 2	GUAMO	POLICIA NACIONAL	3
7	FASE 2	GUAMO	VEREDA CHIPUELO CENTRO	9
8	FASE 2	GUAMO	VEREDA LEMAYA	8
9	FASE 2	ORTEGA	ALCALDÍA	3
10	FASE 2	ORTEGA	POLICIA NACIONAL	3

11	FASE 2	ORTEGA	PUENTE CUCUANA	9
12	FASE 2	ORTEGA	BOCAS DE CUCUANA	8
13	FASE 2	PRADO	ALCALDÍA	3
14	FASE 2	PRADO	POLICIA NACIONAL	3
15	FASE 2	PRADO	CASCO URBANO	21
16	FASE 2	PRADO	VEREDA PEÑONES ALTOS	5
17	FASE 2	PURIFICACIÓN	ALCALDÍA	4
18	FASE 2	PURIFICACIÓN	POLICIA NACIONAL	3
19	FASE 2	PURIFICACIÓN	VEREDA MADROÑO	6
20	FASE 2	PURIFICACIÓN	VEREDA CAIRO SOCORRO	13
21	FASE 2	PURIFICACIÓN	VEREDA LAS DAMAS	16
22	FASE 2	PURIFICACIÓN	VEREDA CHENCHE SOLEADO	11
23	FASE 2	PURIFICACIÓN	VEREDA VILLA COLOMBIA	11
24	FASE 2	PURIFICACIÓN	VEREDA LAS DAMAS	5
25	FASE 2	PURIFICACIÓN	VEREDA CHENCHE TRES	10
26	FASE 2	PURIFICACIÓN	VEREDA TRES ESQUINAS	15
27	FASE 2	PURIFICACIÓN	VEREDA SABANETA	10
28	FASE 2	SALDAÑA	ALCALDÍA	4
29	FASE 2	SALDAÑA	POLICIA NACIONAL	3
30	FASE 2	SALDAÑA	VEREDA JABALCON - CASCO URBANO	13
31	FASE 2	SALDAÑA	VEREDA CONCORDIA	9
32	FASE 2	SALDAÑA	VEREDA PAPAGALÁ	14
33	FASE 2	SALDAÑA	VEREDA CUCHARO	10
34	FASE 2	SALDAÑA	VEREDA CERRITOS	14
35	FASE 2	SALDAÑA	VEREDA JABALCON - RURAL	9
36	FASE 2	SUAREZ	ALCALDÍA	3
37	FASE 2	SUAREZ	CASCO URBANO	5
38	FASE 2	SUAREZ	BATATAS	6
1	FASE 3	COYAIMA	VEREDA GUAIPÁ	8
2	FASE 3	COYAIMA	VEREDA SAN CAYETANO	8
3	FASE 3	SAN LUIS	PALACIO MUNICIPAL	9
4	FASE 3	SAN LUIS	VEREDA LUISA GARCIA	23
5	FASE 3	ORTEGA	VEREDA GUATAVITA ORTEGA	4
6	FASE 3	SAN LUIS	VEREDA MAL NOMBRE 1	9
7	FASE 3	SAN LUIS	VEREDA LUISA GARCIA	11
8	FASE 3	SAN LUIS	VEREDA DINDAL	3

9	FASE 3	GUAMO	VEREDA LA ISLA 1	7
10	FASE 3	SAN LUIS	VEREDA MAL NOMBRE 2	16
11	FASE 3	SAN LUIS	ALCALDÍA	4
12	FASE 3	GUAMO	VEREDA LA ISLA 2	7
13	FASE 3	SAN LUIS	VEREDA LUISA GARCIA	9

Tabla 2.5-1 Relación de asistentes a jornadas de socialización del Proyecto

2.6. Diseño, aprobación y producción del Instrumento

Una correcta ejecución de operativos censales requiere de una planeación estratégica que permite con seguridad ejecutar una definición del instrumento, diseño, validación metodológica, prueba piloto, operativo y el método de recolección de este.

El instrumento por utilizar presenta una adecuada estructura, longitud y secuencia en los módulos, que facilitan el diligenciamiento y minimizan el desgaste en la fuente, relevancia, exactitud y coherencia. Las preguntas son pertinentes frente al fenómeno de estudio y permiten su caracterización. En base en lo anterior, se ajustó el Formato Único Nacional de Aguas Subterráneas del IDEAM, incluyendo un encabezado que informa al ciudadano sobre el tratamiento de la información personal que el Proyecto obtiene durante la aplicación del instrumento, en cumplimento de la Ley 1581 de 2012 -Ley de "Habeas Data". (consentimiento informado por medio del cual se autoriza a Constructo para el manejo y tratamiento de la información personal).

A continuación, se dispone el encabezado que se realiza antes de tomar la encuesta:

"Atendiendo al contenido de los artículos 15° y 20° de la Constitución Política de Colombia, y a las normas que reglamentan la promoción y protección de los derechos, libertades y garantías consagrados en los mismos, Cortolima le comunica que:

La información y los datos personales que usted aporte para el efecto de la caracterización socioeconómica a realizar en el marco del Contrato de Consultoría No. 568 del 11 de diciembre de 2018 cuyo objeto corresponde a "LA REALIZACIÓN DE LA FASE 2 DEL CENSO DE USUARIOS DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO EN EL MARCO DE LA FORMULACIÓN DEL PMA DEL ACUÍFERO DEL SUR Y DE LAS EVALUACIONES REGIONALES ERA",

1. Será depositada en una base de datos cuyo procedimiento y gestión estará bajo la responsabilidad de Cortolima, quien asegurará su manejo confidencial y objetivo,

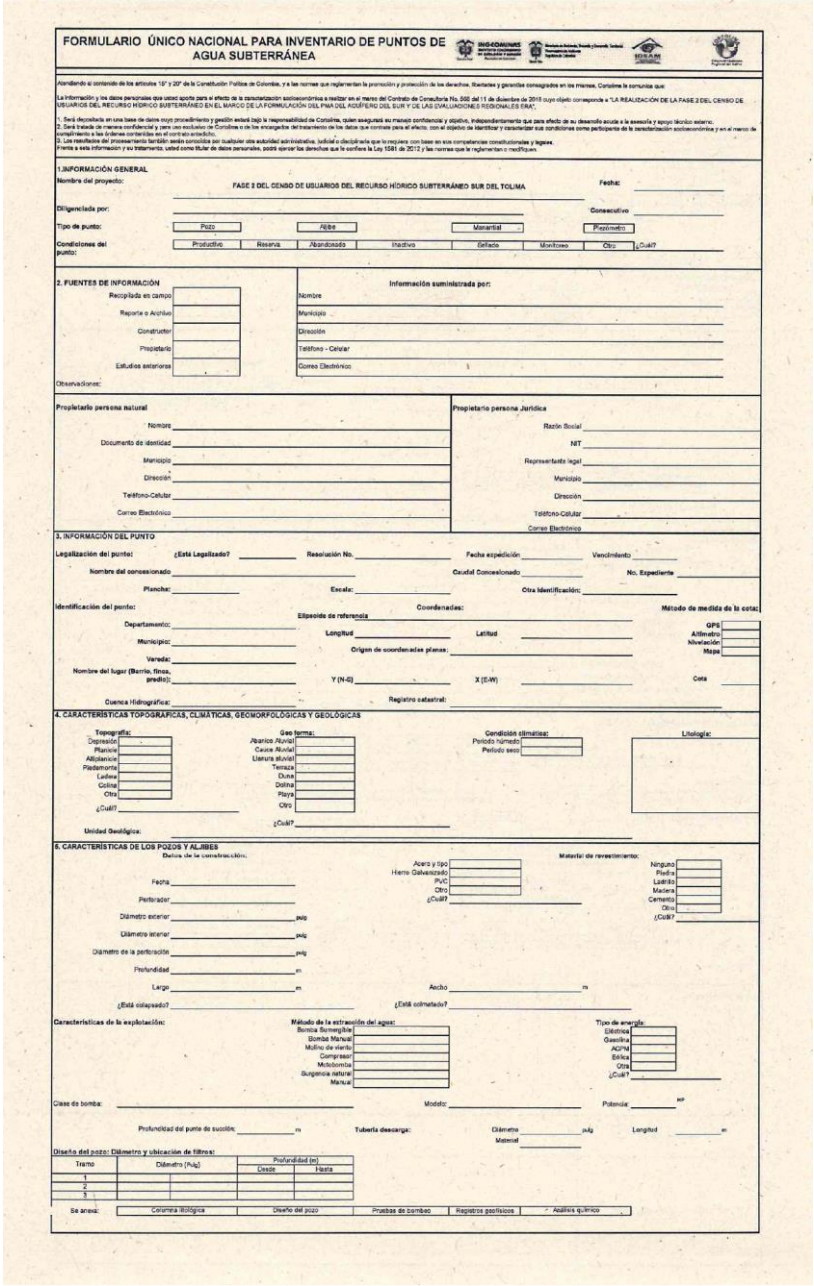
independientemente que para efecto de su desarrollo acuda a la asesoría y apoyo técnico externo.

2. Será tratada de manera confidencial y para uso exclusivo de Cortolima o de los encargados del tratamiento de los datos que contrate para el efecto, con el objetivo de identificar y caracterizar sus condiciones como participante de la caracterización socioeconómica y en el marco de cumplimiento a las órdenes contenidas en el contrato antedicho.

3. Los resultados del procesamiento también serán conocidos por cualquier otra autoridad administrativa, judicial o disciplinaria que lo requiera con base en sus competencias constitucionales y legales.

Frente a esta información y su tratamiento, usted como titular de datos personales, podrá ejercer los derechos que le confiere la Ley 1581 de 2012 y las normas que la reglamentan o modifiquen".

Posteriormente se procede al diligenciamiento del instrumento, a continuación, se dispone el instrumento que es utilizado en campo.



FORMULARIO ÚNICO NACIONAL PARA INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA

1.INFORMACIÓN GENERAL

Nombre del proyecto: FASE 2 DEL CENSO DE USUARIOS DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO SUR DEL TOLIMA

Fecha:

Diligenciada por:

Consecutivo

Tipo de punto: Pozo | Aljibe | Manantial | Piezómetro

Condiciones del punto: Productivo | Reserva | Abandonado | Inactivo | Sellado | Monitoreo | Otro ¿Cuál?

2. FUENTES DE INFORMACIÓN

Recopilada en campo
Reporte o Archivo
Constructor
Propietario
Estudios anteriores

Observaciones:

Información suministrada por:

Nombre
Municipio
Dirección
Teléfono - Celular
Correo Electrónico

Propietario persona natural

Nombre
Documento de identidad
Municipio
Dirección
Teléfono-Celular
Correo Electrónico

Propietario persona Jurídica

Razón Social
NIT
Representante legal
Municipio
Dirección
Teléfono-Celular
Correo Electrónico

3. INFORMACIÓN DEL PUNTO

Legalización del punto: ¿Está Legalizado? Resolución No. Fecha expedición Vencimiento

Nombre del concesionado Caudal Concesionado No. Expediente

Plancha: Escala: Otra identificación:

Identificación del punto: Coordenadas: Método de medida de la cota:

Elipsoide de referencia

Departamento: Longitud Latitud GPS Altímetro Nivelación Mapa

Municipio: Origen de coordenadas planas:

Vereda:

Nombre del lugar (Barrio, finca, predio): Y (N-S) X (E-W) Cota

Cuenca Hidrográfica: Registro catastral:

4. CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS, CLIMÁTICAS, GEOMORFOLÓGICAS Y GEOLÓGICAS

Topografía: Depresión | Planicie | Altiplanicie | Piedemonte | Ladera | Colina | Otra ¿Cuál?

Geo forma: Abanico Aluvial | Cauce Aluvial | Llanura aluvial | Terraza | Duna | Dolina | Playa | Otro ¿Cuál?

Condición climática: Período húmedo | Período seco

Litología:

Unidad Geológica:

6. CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS Y ALJIBES

Datos de la construcción:

Fecha
Perforador
Diámetro exterior pulg
Diámetro interior pulg
Diámetro de la perforación pulg
Profundidad m
Largo m
¿Está colapsado?

Material de revestimiento: Acero y tipo | Hierro Galvanizado | PVC | Otro ¿Cuál?

Ninguno | Piedra | Ladrillo | Madera | Cemento | Otro ¿Cuál?

Ancho m
¿Está colmatado?

Características de la explotación:

Método de la extracción del agua: Bomba Sumergible | Bomba Manual | Molino de viento | Compresor | Motobomba | Surgencia natural | Manual

Tipo de energía: Eléctrica | Gasolina | ACPM | Eólica | Otra ¿Cuál?

Clase de bomba: Modelo: Potencia: HP

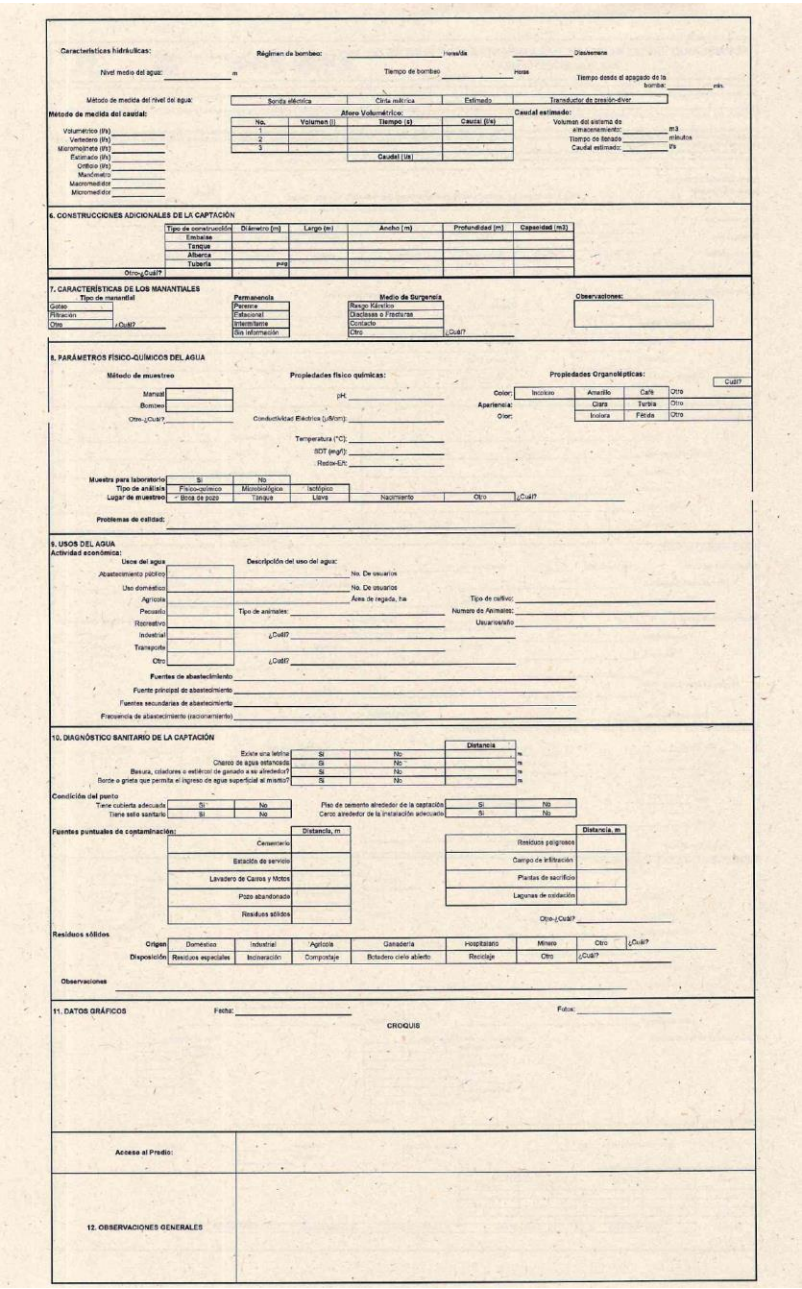
Profundidad del punto de succión: m Tubería descarga: Diámetro pulg Longitud m Material

Diseño del pozo: Diámetro y ubicación de filtros:

Tramo	Diámetro (Pulg)	Profundidad (m) Desde	Hasta
1			
2			
3			

Se anexa: Columna litológica | Diseño del pozo | Pruebas de bombeo | Registros geofísicos | Análisis químico

Ilustración 2.6-1 Página Principal, Instrumento de recolección de información



Características hidráulicas:
Régimen de bombeo: _____ Horas/día _____ Días/semana
Nivel medio del agua: _____ m
Tiempo de bombeo: _____ Horas
Tiempo desde el apagado de la bomba: _____ min.
Método de medida del nivel del agua: Sonda eléctrica | Cinta métrica | Estimado | Transductor de presión-diver
Método de medida del caudal:
Volumétrico (lts) _____
Vertedero (lts) _____
Manómetrico (lts) _____
Estimado (lts) _____
Crítico (lts) _____
Manómetro _____
Macromedidor _____
Micromedidor _____
Aforo Volumétrico:

No.	Volumen (l)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
1			
2			
3			
		Caudal (l/s)	

Caudal estimado:
Volumen del sistema de almacenamiento: _____ m3
Tiempo de llenado _____ minutos
Caudal estimado: _____ l/s

6. CONSTRUCCIONES ADICIONALES DE LA CAPTACIÓN

Tipo de construcción	Diámetro (m)	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Capacidad (m3)
Enbalse					
Tanque					
Alberca					
Tubería		pvg			

Otros ¿Cuál? _____

7. CARACTERÍSTICAS DE LOS MANANTIALES
Tipo de manantial: Gotas | Filtración | Otro ¿Cuál? _____
Permanencia: Perenne | Estacional | Intermitente | Sin información
Medio de Surgencia: Roca Kárstica | Diaclasas o Fracturas | Contacto | Otro ¿Cuál? _____
Observaciones: _____

8. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA
Método de muestreo: Manual | Bombeo | Otro ¿Cuál? _____
Propiedades físico químicas:
pH: _____
Conductividad Eléctrica (µS/cm): _____
Temperatura (°C): _____
SDT (mg/l): _____
Redox-Eh: _____
Propiedades Organolépticas: Cuál?
Color: Incoloro | Amarillo | Café | Otro
Apariencia: Clara | Turbia | Otro
Olor: Inodora | Fétida | Otro
Muestra para laboratorio: Si | No
Tipo de análisis: Físico-químico | Microbiológico | Ictiófago
Lugar de muestreo: Boca de pozo | Tanque | Llave | Nacimiento | Otro ¿Cuál? _____
Problemas de calidad: _____

9. USOS DEL AGUA
Actividad económica:
Uso del agua: Abastecimiento público | Uso doméstico | Agrícola | Pecuario | Recreativo | Industrial | Transporte | Otro
Descripción del uso del agua:
No. De usuarios _____
No. De usuarios _____
Área de regada, ha _____
Tipo de animales: _____
¿Cuál? _____
¿Cuál? _____
Tipo de cultivo: _____
Numero de Animales: _____
Usuarios/año _____
Fuentes de abastecimiento _____
Fuente principal de abastecimiento _____
Fuentes secundarias de abastecimiento _____
Frecuencia de abastecimiento (racionamiento) _____

10. DIAGNÓSTICO SANITARIO DE LA CAPTACIÓN

			Distancia
Existe una letrina	Si	No	m
Charco de agua estancada	Si	No	m
Basura, cobertizos o establos de ganado a su alrededor?	Si	No	m
Sorce o grieta que permita el ingreso de agua superficial al manto?	Si	No	m

Condición del punto
Tiene cubierta adecuada: Si | No
Tiene sello sanitario: Si | No
Piso de cemento alrededor de la captación: Si | No
Cerco alrededor de la instalación adecuado: Si | No

Fuentes puntuales de contaminación:

	Distancia, m		Distancia, m
Cementerio		Residuos peligrosos	
Estación de servicio		Campo de infiltración	
Lavadero de Carros y Motos		Plantas de sacrificio	
Pozo abandonado		Lagunas de oxidación	
Residuos sólidos			

Otro ¿Cuál? _____

Residuos sólidos
Origen: Doméstico | Industrial | Agrícola | Ganadería | Hospitalario | Minero | Otro ¿Cuál? _____
Disposición: Residuos especiales | Incineración | Compostaje | Botadero cielo abierto | Reciclaje | Otro ¿Cuál? _____
Observaciones _____

11. DATOS GRÁFICOS
Fecha: _____
Foto: _____
CROQUIS

Acceso al Predio:

12. OBSERVACIONES GENERALES

Ilustración 2.6-2 Revés, instrumento de recolección de información

2.7. Diseño, aprobación y producción de Stickers

De manera simultánea, durante esta etapa de pre-abordaje se ha realizado el diseño de las piezas comunicativas a emplear en el marco del Proyecto.

El miércoles 23 de enero del año en curso, se remitió ante la supervisión del presente Contrato dos (2) muestras de Stickers de tamaño 10x10 Cms, con el objetivo de aprobar los diseños y realizar la impresión de estos.

Ilustración 2.7-1 Modelo de Sticker 01

Ilustración 2.7-2 Modelo de Sticker 02

Los dos (2) modelos fueron aprobados por la supervisión del contrato, sin embargo, la Compañía optó por hacer la impresión de 2200 Sticker del Modelo No. 1.

Fotografía 2.7-1 Ubicación del Sticker en Campo (1)

Fotografía 2.7-2 Ubicación del Sticker en Campo (2)

Fotografía 2.7-3 Ubicación del Sticker en Campo (3)

Fotografía 2.7-4 Ubicación del Sticker en Campo (4)

2.8. Entrenamiento del equipo de campo

Se realizó entrenamiento de campo con el personal los primeros días de febrero de 2019 en los cuales se hizo uso de los GPS tanto para orientación y búsqueda de sitios como para registro de coordenadas de las encuestas levantadas. Esta práctica se hizo con la totalidad del personal, inicialmente en la ciudad de Ibagué y luego en las veredas Baurá y Madroño del municipio de Purificación el día 7 de febrero.

Fotografía 2.7-5. Detalle de entrenamiento en campo realizado en la Vereda Baurá, Municipio de Purificación

3. ABORDAJE

3.1. Aplicación de encuestas y operativo de campo

Basados en la directriz de Cortolima (acta de reunión No. 03 del 17 de enero de 2019), la fase II de la caracterización del Acuífero Sur se centró en el área faltante delimitada antes del año 2018, y una vez completada la mencionada área, se procedió a levantar la información de interés en las áreas delimitadas en el año 2018, utilizando el formato FUNIAS (ver Ilustración 2.6-1 e Ilustración 2.6-2) establecido para tal fin

3.1.1. Cargue y verificación de información Georreferenciada.

Para la correcta localización de los puntos de usuarios de agua subterránea, adicional a la digitación de las coordenadas geográficas y proyectadas en el formato FUNIAS, se tomó el dato directamente en campo con la ayuda de un receptor de Sistema de Navegación Global por Satélite (Receptor GNNS). De esta forma se puede validar los datos geográficos comparando la información escrita en los formatos con los datos vectoriales obtenidos por el receptor. A continuación, se describe la metodología seguida:

3.1.1.1. Metodología de captura de información Geográfica en campo

La captura de los datos de coordenadas tanto en sistema geográfico WGS84, como el sistema de coordenadas proyectado Magna Sirgas origen Bogotá, se realiza con receptores GPS (Global Positioning System) de la marca Garmin, modelo Etrex 20X. Se escogió este modelo por su facilidad de uso, precisión adecuada para la escala trabajada, condiciones de trabajo de campo e interacción con los softwares de manejo GIS.

Fotografía 3.1.1.1-1. Detalle de GPS Garmin Etrex 20x

- El receptor GPS se configura para obtener coordenadas geográficas WGS84 y proyectadas en el sistema Magna Sirgas origen Bogotá.

Fotografía 3.1.1.1-2. Detalle de pantalla de recepto GPS Garmin Etrex 20x, mostrando configuración de usuario para poder obtener coordenadas en sistema Magna Sirgas Origen Bogotá

- Se espera a obtener enlace de satélite y que la precisión del equipo sea menor a 10 metros (ver Fotografía 3.1.1.1-3). A partir de este momento, se mantiene el GPS encendido para registrar los desplazamientos y tomar la ubicación de los puntos de captación de aguas subterráneas

Fotografía 3.1.1.1-3. Detalle de pantalla de GPS Garmin Etrex 20x. En la pantalla se observan a) coordenadas en sistema Magna Sirgas origen Bogotá, b) coordenadas geográficas, c) Altura elipsoidal, d) precisión del GPS en metros, debe ser menor a 10 m para poder empezar a navegar y registras puntos.

- Una vez capturada la información de coordenadas en los formatos FUNIAS, se toma el punto (waypoint) equivalente al sitio donde se hace el levantamiento de la información, nombrando el punto con el mismo consecutivo del formato.
- Los puntos y rutas se descargan de los GPS hacia el computador por interfaz USB, obteniendo archivos .gpx catalogados por días. Los puntos se encuentran en la carpeta Garmin/GPX del GPS, y las rutas en la carpeta Garmin/GPX/Archive. Estos son guardados en el PC en carpetas individuales por cada auxiliar.
- En el programa Quantum GIS se cargan los puntos utilizando el plugin “Batch GPS Importer”, el cual se ejecuta a partir de la carpeta matriz (que incluye todos los datos de los auxiliares), automáticamente uniendo los puntos de los archivos GPX en un único archivo .shp.
- En caso de requerirse, se cargan las rutas al programa QGIS utilizando la función Layer/Add Layer/Add Vector Layer, seleccionado en tipo de archivo (file) la opción desplegable GPS eXchange Format [GPX].
- Se crea un archivo .shp con los puntos de los formatos Funias

- Se calculan campos con la geometría de las coordenadas, utilizando la función Field calculator en la tabla de datos, tanto en coordenadas geográficas WGS84 como coordenadas proyectadas Magna Sirgas origen Bogotá.
- Se exporta el archivo .shp a formato Excel xlsx para su validación, comparando con la base datos unificada.
- Si se encuentra una diferencia mayor a 10 metros en las coordenadas proyectadas, o mayor a 0.001 grados en las coordenadas geográficas, se procede a corroborar los datos de entrada y de ser necesario, revisitar el punto del levantamiento de la encuesta.
- Si el resultado de la comparación es satisfactorio, se procede a validar las coordenadas del punto de captación de agua subterránea.
- Se validan las características del punto de agua subterránea, usos del agua, calidad de agua, posibles focos de contaminación. Se comparan los datos de nivel medio de agua y profundidad del aljibe, en caso de presentarse alguna inconsistencia se revisan los datos de entrada y si no se logra validar se procede a revisitar el punto.
- Se hace retroalimentación, validando los datos y generando el dato oficial.

3.2. Descripción de las Fases de campo Realizadas

3.2.1. Fase II

Esta fase II corresponde a puntos estratégicos de usuarios de agua subterránea ubicados en los municipios de Purificación, Saldaña, Coyaima, Prado, Guamo y Suarez, ampliándose hacia el final de la fase a puntos adicionales del municipio de Ortega. Basados en las directrices del contrato, se definió el levantamiento de 2075 encuestas a usuarios del recurso hídrico subterráneo (Aljibes, pozos, manantiales y piezómetros) legales como ilegales asentados en el área delimitada del acuífero sur. A continuación, se destacan los principales tópicos:

- El instrumento utilizado para la captura de información corresponde al Formato Único Nacional e Inventario de Aguas Subterráneas (FUNIAS) FUNIAS (ver Ilustración 2.6-1 e Ilustración 2.6-2), el cual sirve además

para la creación de la base de datos y su aplicación en el Formato de Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH)

- La información se entrega en formatos digitales escaneados (ver Anexo 1) y formatos físicos (ver Anexo 2), además en datos en los formatos Excel definidos por la Subdirección de Planeación y Gestión tecnológica de Cortolima (ver Anexo 3)
- El levantamiento de las encuestas fue ejecutado por personal idóneo, entrenado para tal fin, los cuales fueron escogidos de acuerdo con sus calidades técnicas y su disposición de trabajo en las diferentes áreas de estudio.
-
- Caracterización y análisis de la información recolectada, validando los datos en términos geográficos y en datos de calidad de agua.

Inicialmente en la fase II se levantaron 2114 encuestas, de las cuales se descartaron 6 al no poseer datos validos de GPS para su verificación quedando 2109 encuestas para validación vectorial. En total, en la fase II se revisaron vectorialmente 2109 encuestas, de las cuales 2107 fueron validadas, y dos fueron rechazadas al no poder conciliar los datos geográficos (error diferencial mayor al permitido aun después de revalidar el punto en campo). En la sección 4 se dan más detalle de este proceso.

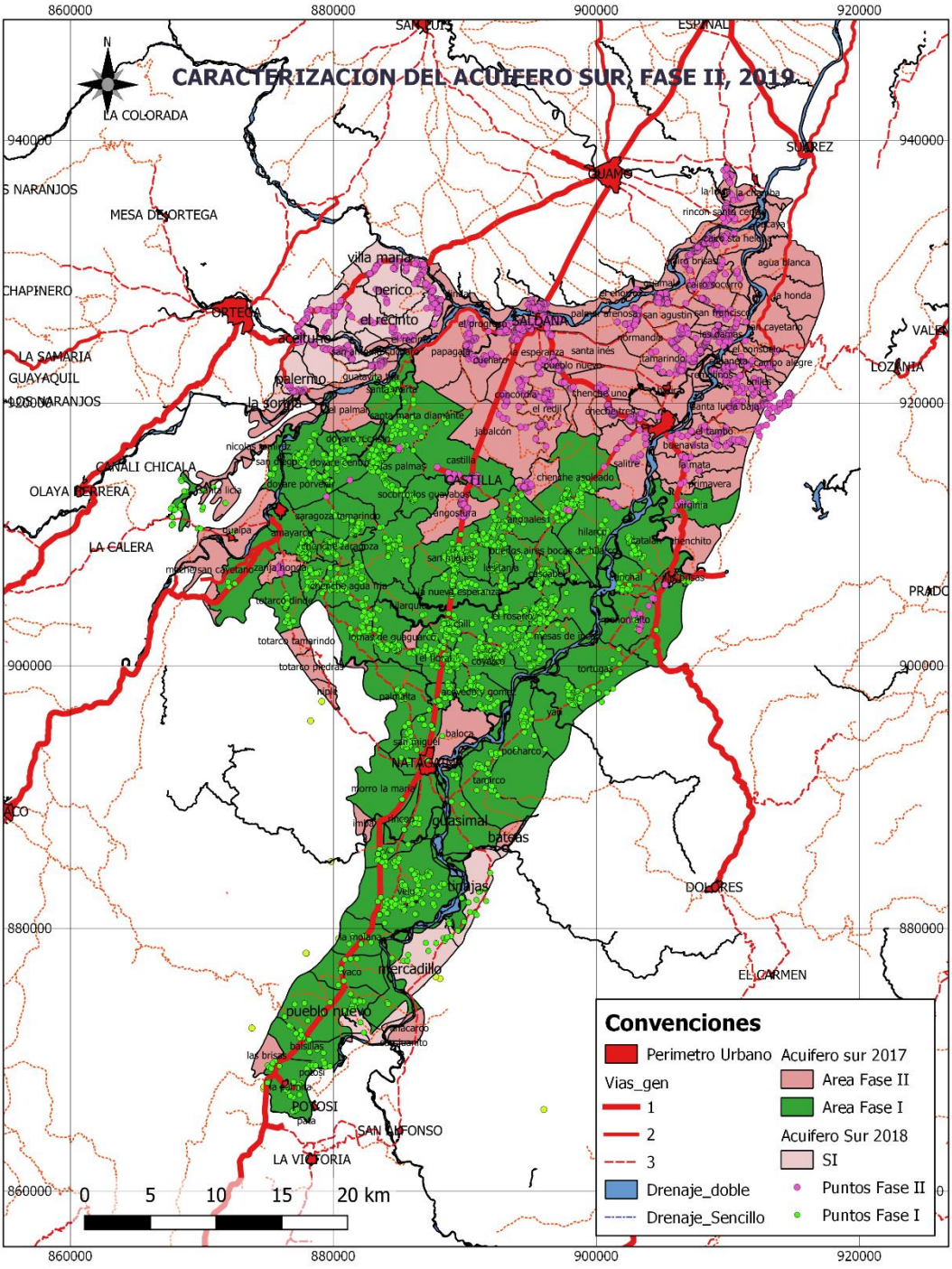


Ilustración 3.2.1-1 Mapa general mostrando distribución de encuestas realizadas en la Fase II, en total 2107 encuestas (puntos color fucsia). En la imagen además se pueden apreciar las encuestas realizadas en la fase II (puntos verdes)

3.2.2. Fase III

En el año 2018 se hizo una nueva limitación del Acuífero Sur, extendiendo sus límites especialmente hacia el norte y noroeste del área (Ilustración 3.2.2-1). Aprovechando la infraestructura, equipos y personal disponible, se propuso ampliar el área de estudio en aquellas zonas con características geológicas y geográficas similares a las vistas en las fases I y II de caracterización. Los puntos considerados más importantes:

- Delimitación de geoformas de llanura aluvial, abanico, formas topográficas de planicie y colinas
- Extensión del Grupo Honda y de depósitos coluvio-aluviales enmarcados en los principales rasgos topográficos del área
- Fronteras del acuífero, delimitadas por cuencas y subcuencas de los principales drenajes del área: Ríos Saldaña, Ortega y Cucuana en el sector oeste del área, y Río Magdalena y Saldaña en el sector Noreste.
- Vías de acceso y tiempos de traslado

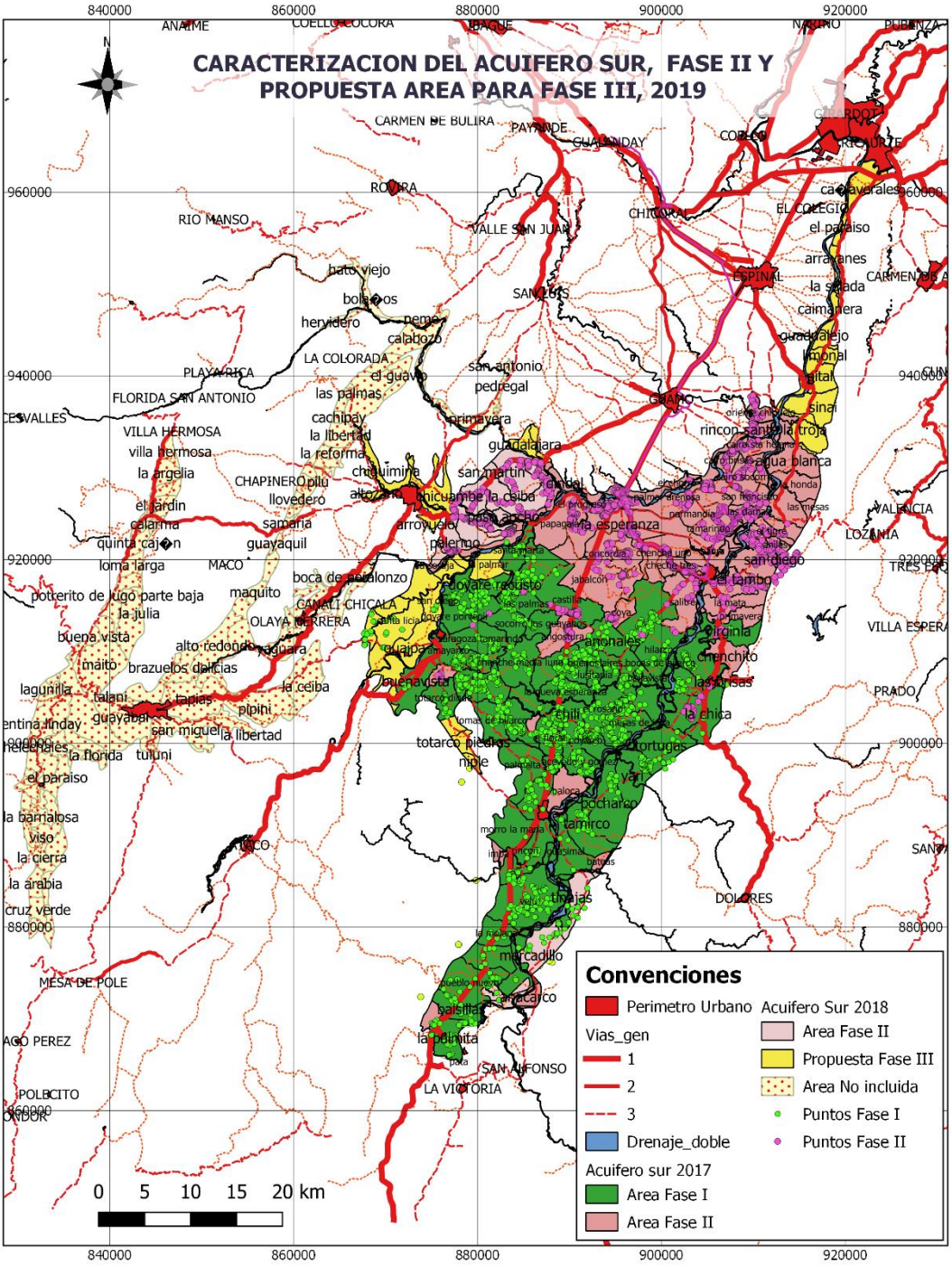


Ilustración 3.2.2-1. Mapa general de distribución de encuestas realizadas en la Fase I, y Fase II, mostrando además área propuesta para la realización de la Fase III de la caracterización del Acuífero Sur (color amarillo solido)

De la interacción en los puntos nombrados anteriormente en el área extendida del Acuífero Sur 2018, y que guardan relación homogénea con los trabajos ya realizados y la zona cubierta durante las Fases I (Proaguas) y Fase II (Constructo), se continuó la caracterización y toma de puntos de agua en los municipios de Ortega, Suarez, Coyaima y parte de San Luis.

- En Ortega, se continuó con las labores en el extremo noroccidental del acuífero, donde se avanzó parcialmente en la fase II; las veredas comprendidas entre el casco urbano y Puente Cucuana, barriendo las zonas a las cuales no se había ingresado, enmarcados entre los ríos Ortega, Cucuana y Saldaña.
- El municipio de Suarez se recorrió hacia el sur desde la vereda Bacayá, pasando por el casco urbano de Suárez y llegando al norte a la vereda Cañaverales; toda esta área se ubica sobre el flanco derecho del Río Magdalena. Cabe resaltar que en la zona sur se encontraron pocos puntos, esto debido a la presencia de acueductos comunitarios en las veredas estudiadas
- En el municipio de Coyaima las áreas correspondieron al casco urbano de Coyaima y sus veredas aledañas, incluyendo las veredas Guaipá, Meche San Cayetano y Totare, A su vez las áreas faltantes de las veredas El Palmar y Santa Marta.
- En el municipio de San Luis se desarrollaron actividades en las veredas aledañas al Río Cucuana, especialmente en las veredas Guadalajara, Luisa García y Malnombre.

En los municipios de Saldaña y Guamo también se realizaron registros, en aquellas zonas donde no se había accedido, así como para cubrir áreas en la nueva delimitación. Este es el caso de las veredas Papagalá en Saldaña, y la vereda La Chamba en el municipio del Guamo. La vereda La Chamba presenta un especial interés para la delimitación del acuífero, por su cercanía a las desembocaduras de los Ríos Saldaña y Luisa sobre el rio Magdalena.

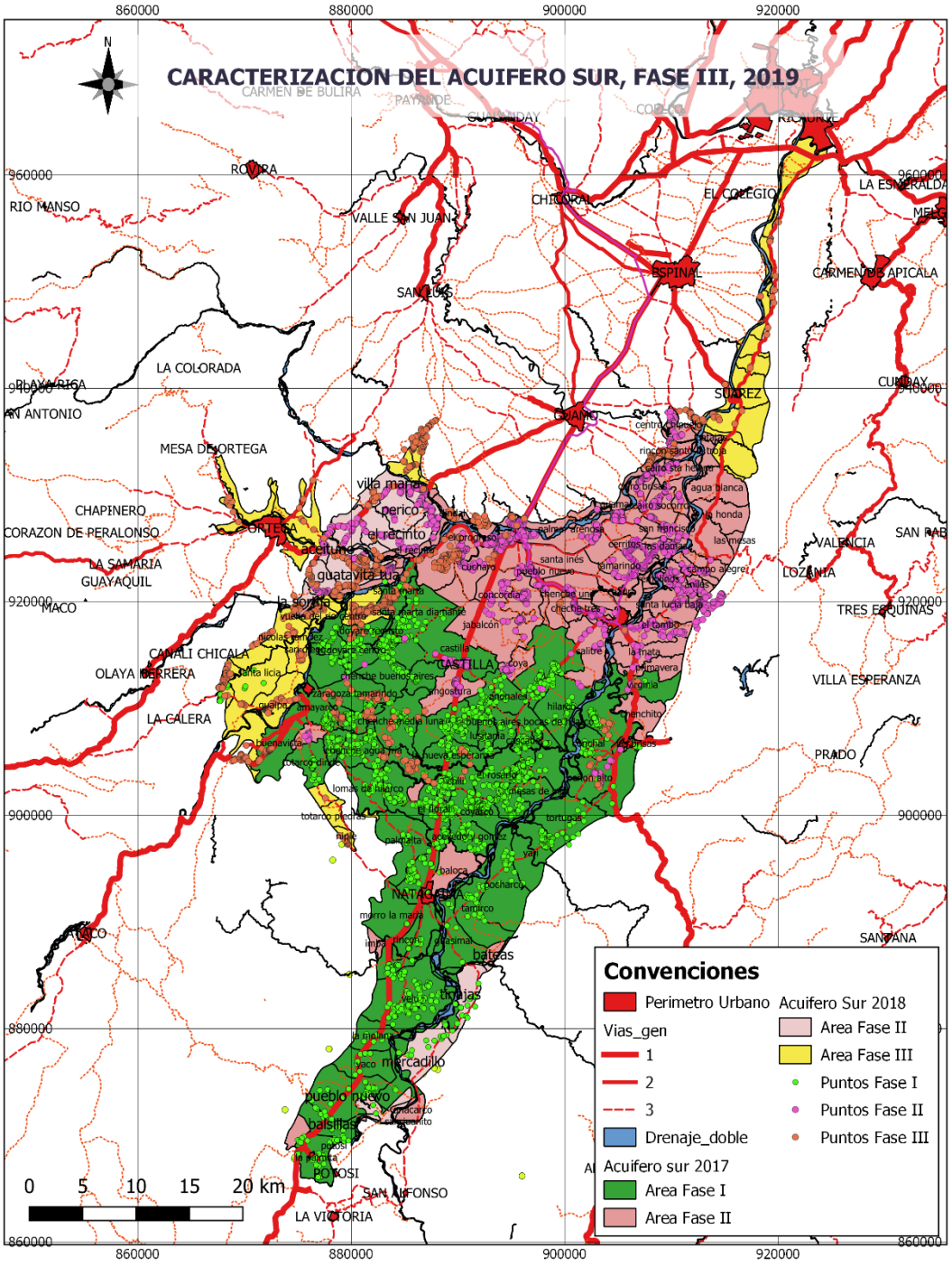


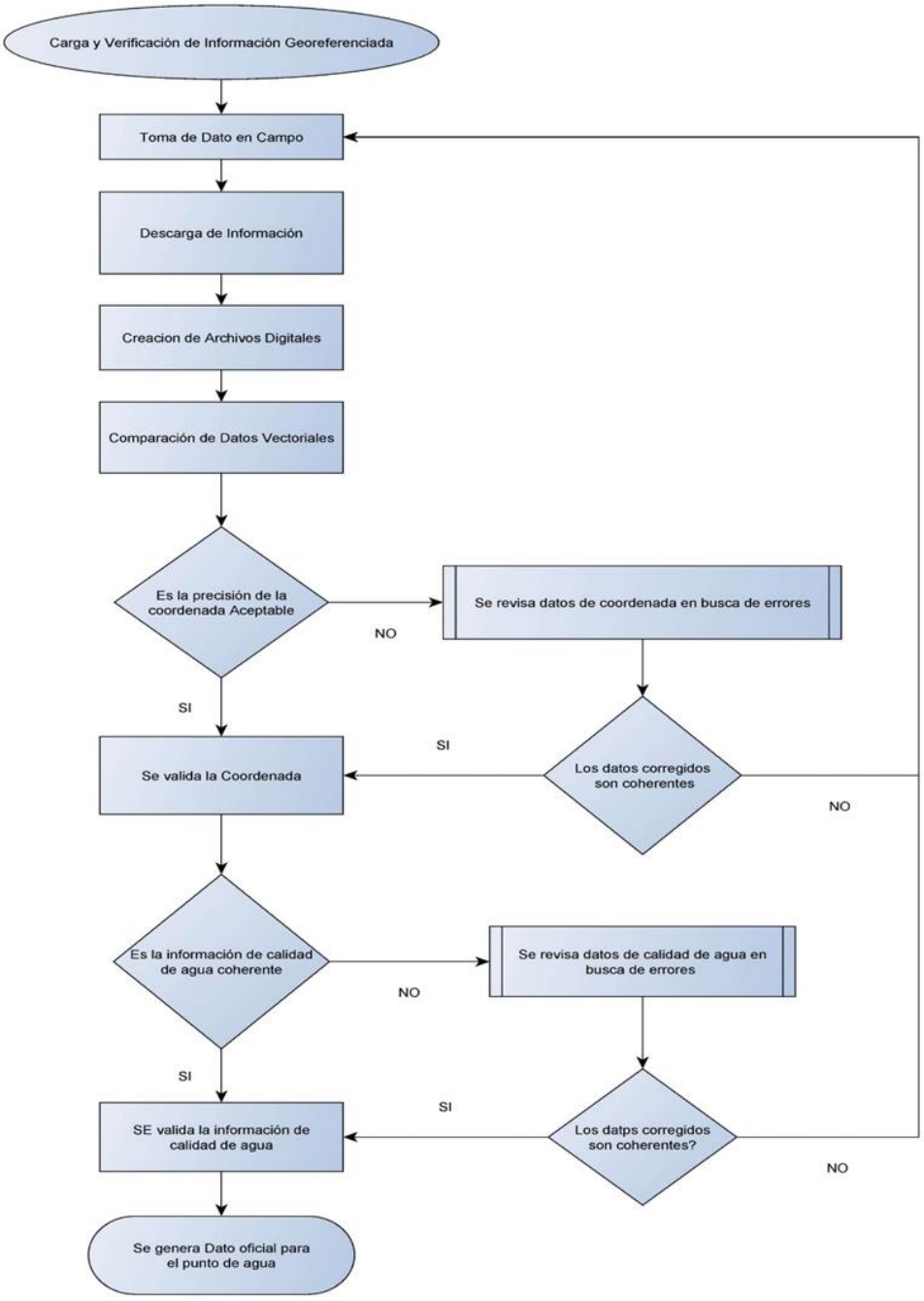
Ilustración 3.2.2-2. Mapa general de distribución de encuestas realizadas en la Fase II (puntos naranjas), mostrando además puntos y áreas de las Fase I y II

Edificio F25 Business Center
Ibagué - Colombia
Pbx: +57 8 264 1408
www.constructo.co

En total, en la fase III se realizaron 1082 encuestas, de las cuales 1081 fueron validadas, y una fue rechazada al no poder conciliar los datos geográficos. En la sección 4 se presentan más detalles de este proceso.

Acuifero Sur 2017	**139,754.00**	
Area Adicionada en el 2018	**85,122.00**	
Total Acuifero 2018	**224,876.00**	
Detalle	**Hectareas***	**Puntos Agua Subterranea**
Area Acuifero Sur 2017 Fase I	87,950.00	2,583
Area Acuifero sur 2017 fase II	51,804.00	1,836
Area adelantada Acuifero Sur 2018 Fase II	9,720.00	271
Total Fase I	87,950.00	2,583
Total Fase II	61,524.00	2,107
Total Fase I y II	149,474.00	4,690
Fase III	24,358.00	1,081
Total Fase I, II y III	**173,832.00**	**5,771**
* Nota: Las áreas calculadas han sido utilizando medición elipsoidal		

4. ANALISIS Y VERIFICACION DE INFORMACION



4.1. Validación de Información Georreferenciada

Para el desarrollo de las Fases II y II de la caracterización del Acuífero Sur, se realizó la carga de la información junto con la de la fase I anterior en el software Quantum Field versión 3.4.8.

Una vez los datos los datos de la fase II fueron validados según la metodología expuesta en la sección 3.1.1.1 , se procedió a revisar las áreas faltantes y las áreas de la nueva delimitación del acuífero sur realizada por la corporación en el año 2018.En las áreas nuevas se definieron puntos a visitar, dando prioridad a aquellas donde se considera una fuerte continuidad del acuífero en términos geológicos e hidrogeológicos, características geomorfológicas y topográficas, facilidad de acceso y distancias a recorrer.

Definidos los puntos, se hizo una planeación para cubrir el área faltante dentro de los tiempos estipulados por el contrato, para lo que se definió un plazo de dos meses contados a partir de la ampliación del contrato. Se destino un grupo de cuatro auxiliares de campo para el levantamiento de los formatos, con acompañamiento de un supervisor especializado y una profesional social.

Al igual que en la fase II, junto con los datos geográficos registrados en los formatos se tomaron datos con GPS Garmin Etrex 20x de las coordenadas de los puntos y el track de los recorridos de cada día

Los datos de las encuestas fueron digitados en las hojas Excel definidas. Los datos de las coordenadas fueron comparados con los datos de las coordenadas registradas por el GPS, validando aquellos datos que tuvieran errores menores a 10 metros, dato definido por la precisión que brinda el GPS. Los datos mayores a 10 metros se verificaban en búsqueda de posibles errores de digitación o truncamiento de datos. Si hecha esta revisión no se lograba el ajuste de precisión, se procedía a hacer una revisita a campo para corroborar el dato.

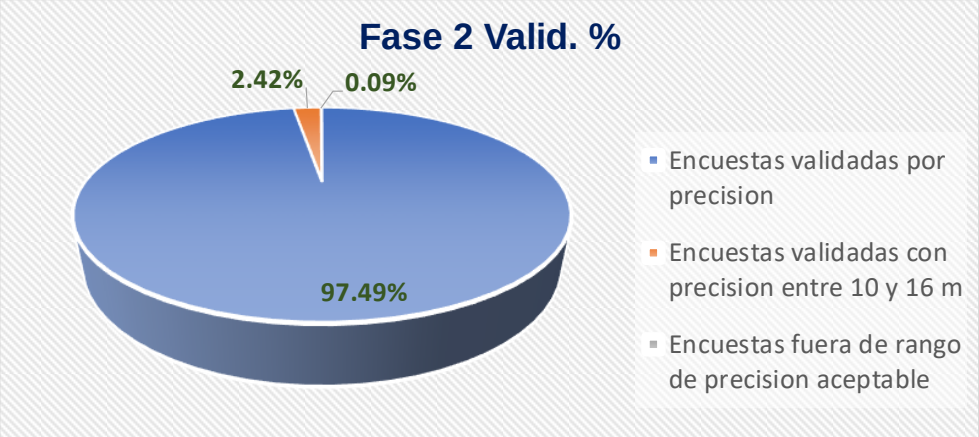
En casos excepcionales, y después de haber hecho la revalidación en campo, se aceptaron valores hasta de 16 metros, en lugares en donde por las condiciones de recepción (vegetación abundante, estructuras, poca visibilidad del cielo) no se logran precisiones mayores.

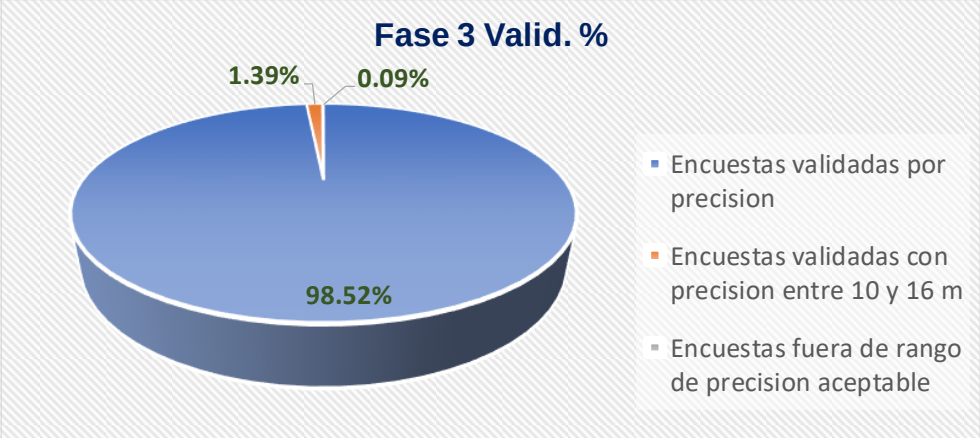
En la fase II se realizaron en total 2109 encuestas, de las cuales 2056 cumplieron el parámetro de precisión, 51 se encuentran con una precisión entre 10 y 16 metros, y se descartaron dos encuestas. 2107 encuestas validadas. Además, se realizaron 10 encuestas de validación de los datos anteriormente digitados en la fase I, lo cuales no se cobran dentro del reporte actual.

En la fase III se levantaron 1082 encuestas, de las cuales 1067 cumplen el parámetro de precisión, 15 encuestas se encuentran con una precisión entre 10 y 16 metros debido a las condiciones de campo, y se descartó una encuesta al no poder obtener una mejor precisión, por ende 1081 encuestas validadas

Tabla 4.1-1. Tabla y grafico de distribución de encuestas validadas de las Fases II y III

Encuestas	Fase 2 Validación	Fase 2 Valid. %	Fase 3 Validación	Fase 3 Valid. %
Encuestas validadas por precision	2056	97.49%	1066	98.52%
Encuestas validadas con precision entre 10 y 16 m	51	2.42%	15	1.39%
Encuestas fuera de rango de precision aceptable	2	0.09%	1	0.09%
Total levantadas	2109	100.00%	1082	100.00%
Total validadas	2107	99.91%	1081	99.91%





Aunque la mayoría de la información fue procesada con el software Quantum GIS, la generación de la Geodatabase se realizó con el programa ArcGIS 10.6. El sistema de coordenadas de esta Geodatabase es el sistema proyectado Magna

Sirgas origen Bogotá, cuyos datos fueron migrados desde la hoja Excel destinada para tal fin, una vez fueron corroborados los datos. Más detalles de este proceso se encuentran en la sección 5.1.

4.2. Validación Parámetros de calidad de agua subterránea

A continuación, se describe el proceso general de la validación de los parámetros de agua subterránea. Datos más detallados se encuentran en el Anexo 3

4.2.1. Metodología de Validación

Como parte de la metodología de validación, se describen los parámetros de calidad de agua subterránea que fueron medidos en los diferentes puntos de agua, seguidamente se aplica una prueba estadística para establecer datos dudosos y finalmente se comparan los valores medidos con algunos valores típicos de estos parámetros para uso de aguas subterráneas, de acuerdo con diferentes fuentes bibliográficas, A continuación, se describe en detalle la metodología aplicada.

4.2.1.1. Descripción de los parámetros de calidad de agua

Conductividad (C): Es una propiedad de las soluciones acuosas de conducir la corriente eléctrica, relacionado con la salinidad, es decir que mide las sales disueltas, depende de la permeabilidad intrínseca del material, del grado de saturación, densidad y viscosidad del fluido. Por lo general los compuestos inorgánicos tienen mayor conductividad que los compuestos orgánicos, a su vez es directamente proporcional a la cantidad de solidados disueltos totales y con la temperatura. Su medición se realiza mediante un conductivímetro o conductímetro y la unidad de medida es mS/cm. En términos de calidad, el exceso de conductividad es evidente en la viscosidad del agua.

Potencial de Hidrógeno (PH): Es una medida de la acidez o alcalinidad. El agua se encuentra en el rango de 0 a 14, siendo PH=7 neutro, PH<7 aguas ácidas y PH>7 aguas alcalinas. El decreto 1076 de 2015 define criterios de calidad para los diferentes usos del agua, incluyendo al PH dentro de estos parámetros. Su medición se realiza mediante un PHmetro o potenciómetro. En términos de calidad, se considera que las muy aguas ácidas son propensas a corrosión, y las aguas muy alcalinas favorecen incrustaciones calcáreas.

Temperatura (T): Mide la energía cinética media de las moléculas de agua. Depende de la conductividad térmica o hidráulica del medio, del nivel freático, de la temperatura ambiente. Su medición se realiza mediante conductímetro o termómetro de alcohol. En términos de calidad, las temperaturas altas están relacionadas con la disminución en la concentración de oxígenos disuelto, lo cual a su vez se relaciona con la velocidad de la fotosíntesis y la sensibilidad de los organismos. En cuanto a la salud humana, puede relacionarse con enfermedades infecciosas. Incluyen en la temperatura del agua factores naturales como el sol, las afluencias de agua subterránea y superficial, y lo sedimentos suspendidos los cuales absorben el calor, también influyen factores humanos como la deforestación en las riberas de los ríos, lo cual favorece la erosión, el aumento en la turbidez, el vertimiento de aguas residuales domesticas e industriales.

4.2.1.2. Prueba estadística de datos dudosos

Se aplicó una prueba estadística a los valores de PH, Conductividad y Temperatura por municipio la cual asume que los datos tienen una distribución Normal, y estable un rango posible en el que los datos pueden ubicarse bajo esta distribución.

Los límites superiores (H) e inferior (L) del conjunto de datos se definen mediante las siguientes expresiones:

$$X_H = 10^{Y_H} \qquad X_L = 10^{Y_L}$$

$$y_H = \bar{y} + K_n S_y \qquad y_L = \bar{y} - K_n S_y$$

Donde,

X es el valor de la variable a evaluar

Y = Log X

$\bar{y}$ es el promedio de los diferentes valores de Y

Kn es el coeficiente de distribución normal que depende de n que es el número de datos de la muestra

Sy es la Desviación estándar y se define mediante la siguiente expresión:

$$S_y = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}$$

Cs es el Coeficiente Asimetría definido como:

$$C_s = \frac{n\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^3}{(n-1)(n-2)S_y{}^3}$$

4.2.1.3. Normatividad relacionada con calidad de agua

Si bien, no existen en Colombia valores o formulaciones específicas que permitan aceptar o rechazar valores de los parámetros relacionados con calidad de agua, una manera de establecer la validez de las mediciones realizadas es intentar clasificar los parámetros medidos dentro los rangos establecidos para uso. Valores por fuera de estos rangos de manera crítica, pueden considerarse como sospechosos.

Decreto 1076 de 2015: Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible

A continuación, se relacionan algunos apartes de este decreto en los que se mencionan valores admisibles de PH para el uso de agua.

Artículo	Uso	Parámetro	Unidad	valor
2.2.3.3.9.3.	Consumo humano y doméstico. Para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional.	Ph	Unidades	5.0 – 9.0

2.2.3.3.9.4	Consumo humano y doméstico. Para su potabilización se requiere sólo desinfección	Ph	Unidades	6.5 – 8.5
2.2.3.3.9.5	Uso agrícola	Ph	Unidades	4.5 - 9.0
2.2.3.3.9.8	Fines recreativos mediante contacto secundario	Ph	Unidades	5.0 – 9.0

Criterios de calidad de agua de la OMS: European Environmental Agency, 'Ground water quality and quantity in Europe', June 19991

A continuación, se extraen algunos valores para clasificación de aguas subterráneas de PH y Conductividad de acuerdo con la OMS.

Parámetro	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Valor Critico
Valor pH	£ 5.5	> 5.5 - 6.5	> 6.5 - 7.5	> 7.5 - 8.5	> 8.5	£ 5.5
Conductividad [mS/cm]	£ 200	> 200 - 500	> 500 - 1000	> 1000 -2000	> 2000	> 2000

Valores comunes de conductividad en otros países2

Tipo de agua	Parámetro	Unidad	valor
Agua destilada	Conductividad	mS/cm	0.5 – 3.0
Agua potable U.S.	Conductividad	mS/cm	30 – 1500
Agua de suministro de riego	Conductividad	mS/cm	< 750

Temperatura y calidad de agua

En línea con lo descrito en la definición de este parámetro, valores ostensiblemente mayores (+5°C) a la temperatura ambiente, pueden ser considerados como sospechosos.

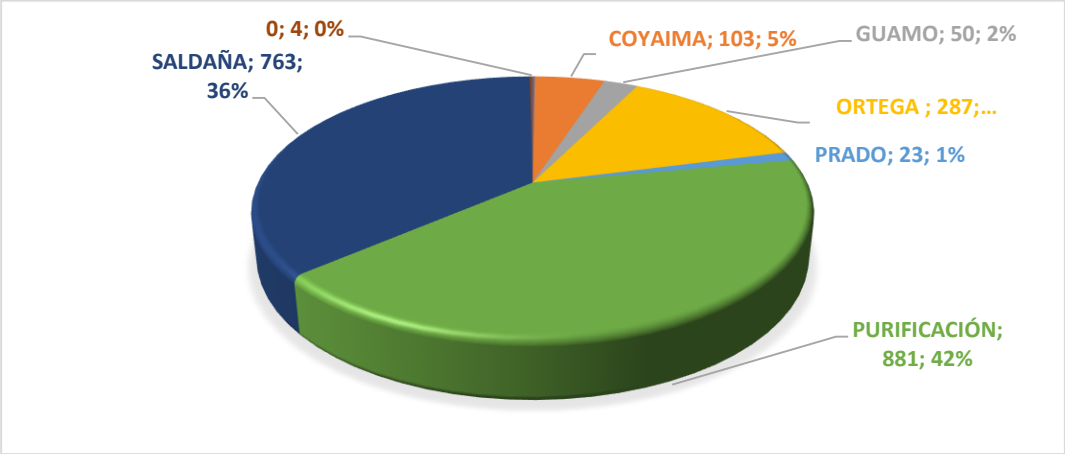
[1] Tomado de https://www.lenntech.es/agua-subterranea/calidad.htm#ixzz5kEaF6Ihm
[2] Consultado https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130sp.pdf

4.2.2. Localización y distribución de los puntos de agua muestreados

4.2.2.1. Fase II

A continuación, se muestra la localización de los puntos de agua muestreados, el total de puntos muestreados por municipio en la fase II. Se aprecia que la mayoría de los puntos muestreados se concentra en los municipios de Purificación 42% y Saldaña 36%, seguido de Ortega 14%, Coyaima 5% y Guamo 2%.

Figura 4.2.2.1-1 Distribución puntos de agua de la Fase II por municipio



Fuente: CONSTRUCTO, 2019

4.2.2.2. Fase III

A continuación, se muestra la localización de los puntos de agua muestreados, el total de puntos muestreados por municipio en la fase III. Se aprecia que la mayoría de los puntos muestreados se concentra en los municipios de Coyaima con 35% y Ortega con 31% de los puntos, seguido por Saldaña y San Luis con 11% cada uno y Guamo con 7%. Prado, Suarez tienen 2% cada uno y purificación 1%.

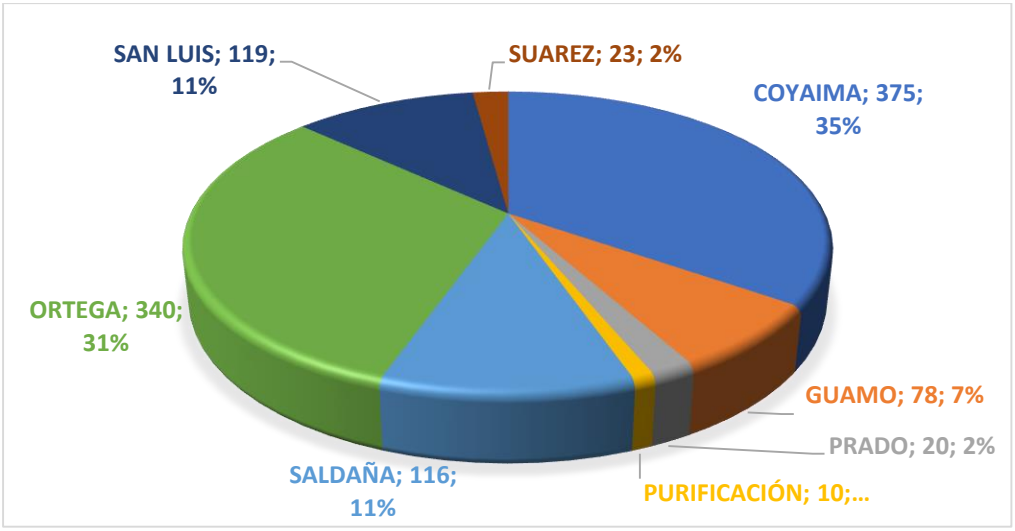
1. 

Gráfico 4.2.2.2-1 Distribución puntos de agua de la fase III por municipio. Fuente Constructo 2019

4.2.3. Análisis de los datos

4.2.3.1. Prueba estadística datos dudosos Fase II

PH

En la Tabla 4.2.3.1-1 se indica el rango estadístico para valores de PH por municipio, y en la Tabla 4.2.3.1-2 se indican cuales muestras se encuentran por fuera del rango estadístico para los puntos de agua de la Fase II en cada municipio, los cuales pueden ser considerados inicialmente como sospechosos. Como se observa, para el caso de Coyaima, todos los datos las mediciones se encuentran en el rango estadístico, en el caso del Guamo y Ortega se observa un dato por fuera del rango estadístico, en Saldaña y Purificación se observan varios datos por fuera del rango estadístico. Importante tener en cuenta en cuanto a PH que la OMS considera que aguas con PH por debajo de 5.5 como aguas muy ácidas, con riesgos para la salud humana.

Tabla 4.2.3.1-1 Rango estadístico para PH

Municipio	Límite superior	Límite inferior
Coyaima	8,05	6,39
Guamo	8,52	5,00
Ortega	8,40	6,01
Purificación	8,99	5,77
Saldaña	9,27	5,49

Fuente: CONSTRUCTO, 2019

Tabla 4.2.3.1-2 Datos PH fuera del rango estadístico

Municipio	Consecutivo	Variable	Valor
Guamo	SG0954	PH	15,20
Ortega	SG1112	PH	6,00
Purificación	PV1426	PH	9,04
Purificación	PV1489	PH	9,01
Purificación	PV1499	PH	4,73
Purificación	PV1535	PH	5,50
Purificación	PV1538	PH	5,10
Purificación	PV1545	PH	4,37
Purificación	PV1560	PH	5,34
Purificación	PV1565	PH	4,96
Purificación	PV1572	PH	4,92
Purificación	PV1574	PH	5,72
Purificación	PV1577	PH	5,76
Saldaña	ER0317	PH	3,19
Saldaña	ER0318	PH	3,97
Saldaña	IN0683	PH	5,40
Saldaña	JG1581	PH	3,90

Fuente: CONSTRUCTO, 2019

Conductividad

En la Tabla 4.2.3.1-3 se muestran los límites estadísticos superior e inferior de la variable Conductividad, por municipio y en la Tabla 4.2.3.2-4se indican cuales muestras son las que se encuentran por fuera del rango estadístico en cada municipio, los cuales pueden ser considerados inicialmente como sospechosos. Como se observa, para el caso de El Guamo todos lo datas las mediciones se encuentran en el rango estadístico, en el caso del Coyaima se observa un dato por encima del rango estadístico, en el caso de Ortega se observan 3 datos por fuera del rango y en Purificación y Saldaña, se observan varios datos, por fuera de los límites estadístico de la prueba. Importante tener en cuenta que valores muy bajos de conductividad están relacionados con poca presencia de sales en el agua (en

el agua destilada la conductividad es menor a 3 mS/cm), lo cual es inusual en aguas subterráneas, por otro lado, valores superiores a 2000 mS/cm, pueden tener relación con vertimientos de aguas residuales y/o industriales

Tabla 4.2.3.1-3 Rango estadístico para Conductividad fase II

Municipio	Límite superior	Límite inferior
Coyaima	2604,01	169,94
Guamo	1073,00	138,38
Ortega	1936,50	108,01
Purificación	1432,00	38,76
Saldaña	2057,00	19,38

Fuente: CONSTRUCTO, 2019

Tabla 4.2.3.1-4 Datos de Conductividad por fuera del rango estadístico fase II

Municipio	Consecutivo	Variable	Valor
Coyaima	ER0488	C	3205,00
Ortega	IN0868	C	2128,00
Ortega	IN0877	C	1941,00
Ortega	SG1143	C	29,30
Purificación	EE2031	C	4,98
Purificación	JE0008	C	20,00
Purificación	JE0027	C	4,90
Purificación	JE0078	C	35,00
Purificación	JE0093	C	13,00
Purificación	JE0102	C	5,50
Purificación	JE0128	C	17,00
Purificación	PV1266	C	7,79
Purificación	PV1508	C	29,00
Purificación	PV1514	C	22,00
Purificación	PV1525	C	26,00
Purificación	PV1538	C	21,00
Purificación	PV1545	C	10,00
Purificación	PV1561	C	26,00
Saldaña	EE1988	C	8,58
Saldaña	ER0321	C	6,14
Saldaña	ER0322	C	7,72
Saldaña	ER0323	C	8,99
Saldaña	ER0328	C	4,23
Saldaña	ER0331	C	6,18
Saldaña	ER0333	C	6,85
Saldaña	ER0356	C	6,24
Saldaña	ER0366	C	6,68
Saldaña	ER0399	C	7,34

Municipio	Consecutivo	Variable	Valor
Saldaña	ER0406	C	7,55
Saldaña	ER0413	C	5,88
Saldaña	ER0606	C	2188,00
Saldaña	ER0608	C	2,63

Temperatura

En la Tabla 4.2.3.2-5 se muestran los límites estadísticos superior e inferior de la variable Temperatura, por municipio y en la Tabla 4.2.3.2-6 se indican cuales muestras son las que se encuentran por fuera del rango en cada municipio, los cuales pueden ser considerados inicialmente como sospechosos.

Tabla 4.2.3.1-5 Rango estadístico para Temperatura, fase II

Municipio	Límite superior	Límite inferior
Coyaima	33,34	23,93
Guamo	33,55	25,18
Ortega	31,94	26,43
Purificación	33,79	24,12
Saldaña	35,23	24,25

Fuente: CONSTRUCTO, 2019

En el caso del Coyaima y Guamo se observan dos datos fuera del rango estadístico, en el caso del Ortega se observan 3 datos fuera del rango. En Purificación y Saldaña, se observan varios datos por fuera del límite estadístico de la prueba. En el caso de la temperatura, valores que estén 5°C por encima de la temperatura ambiente pueden estar relacionadas con vertimientos de aguas industriales. Para el caso de los municipios muestreados, la temperatura del agua se ha limitado a 38°C, considerándose además que valores superiores pueden estar relacionados con deficiencia de oxígenos disuelto en el agua.

Tabla 4.2.3.1-6 Datos de Temperatura por fuera del rango estadístico, fase II

Municipio	Consecutivo	Variable	Valor
Coyaima	EE2088	T	20,70
Coyaima	JE0195	T	3,05
Guamo	EE1913	T	34,2
Guamo	SG0954	T	58,5
Ortega	IN0877	T	32
Ortega	IN0887	T	32,3
Ortega	SG1192	T	302
Purificación	IN0736	T	18,7

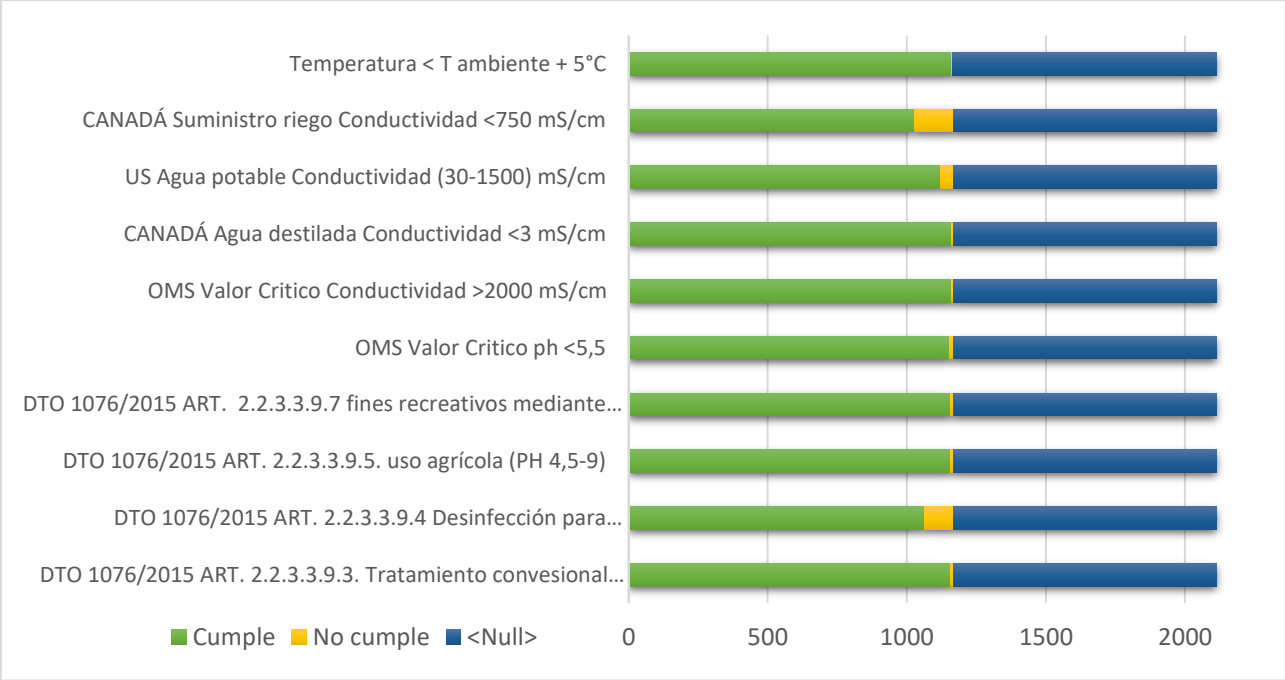
Purificación	IN0824	T	22,8
Purificación	JE0073	T	36,5
Purificación	JE0088	T	34,7
Purificación	JE0119	T	36,2
Purificación	PV1488	T	35,3
Purificación	PV1489	T	39,3
Purificación	PV1497	T	23,7
Purificación	PV1525	T	24,1
Purificación	PV1529	T	24
Purificación	PV1532	T	23,7
Purificación	PV1533	T	23,9
Purificación	PV1534	T	24
Purificación	PV1536	T	24
Purificación	PV1540	T	24
Saldaña	ER0435	T	39,2
Saldaña	ER0437	T	19,3
Saldaña	JG1688	T	35,7
Saldaña	SG1008	T	18,9
Saldaña	SG1020	T	20,1
Saldaña	SG1230	T	306

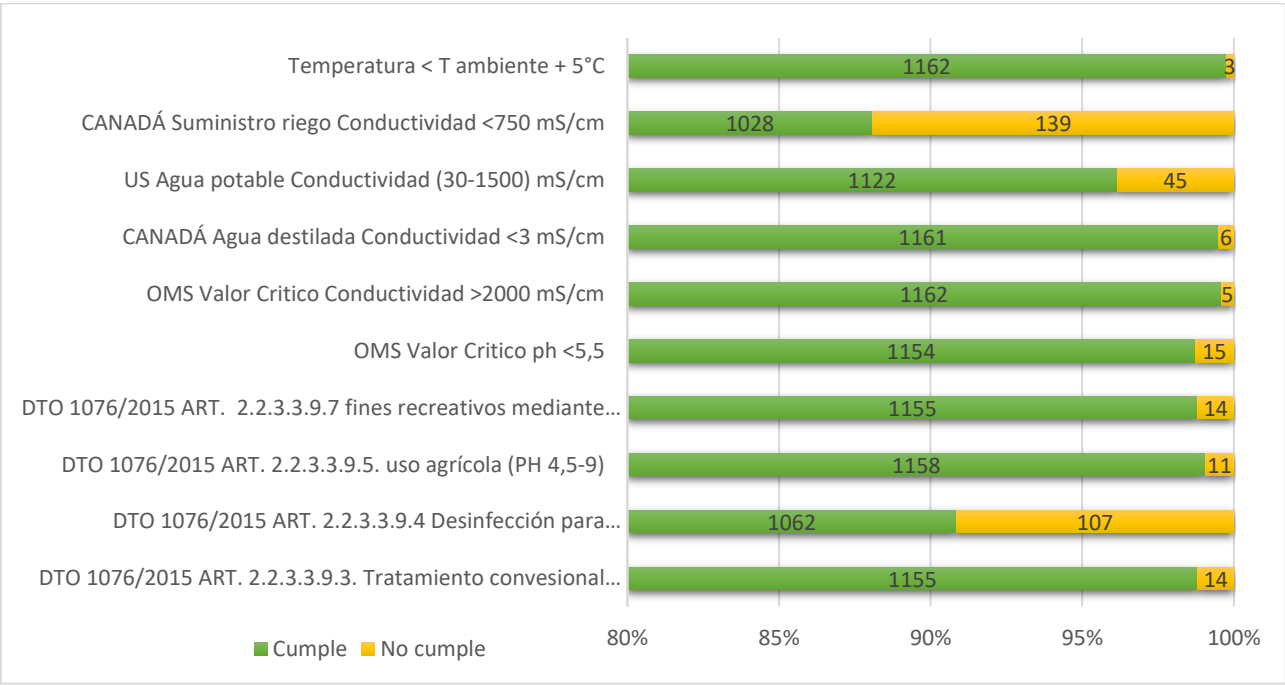
Fuente: CONSTRUCTO, 2019

Criterios De Calidad De Agua Para Su Uso

La Figura 4.2.3.2-1 muestra el resumen de los resultados obtenidos tras la aplicación de los criterios de cumplimiento de calidad para uso de agua descritos en el numeral 4.2.1.3. La primera parte muestra los resultados totales, incluyendo los vacíos, y la segunda parte muestra el porcentaje de cumplimiento, teniendo en cuenta únicamente los datos disponibles (sin los faltantes).

Figura 4.2.3.1-1 Cumplimiento de criterios de calidad para uso de agua fase II





Fuente: CONSTRUCTO, 2019

En términos generales se observa que la mayoría de los criterios se cumplen con un porcentaje superior al 95% de los puntos muestreados.

Los mayores porcentajes de no cumplimento corresponden a los criterios internacionales (Canadá) de Conductividad para riego, así como a lo indicado en el DTO 1076/2015 en cuanto a PH en agua para consumo humano con desinfección. Si bien estos dos criterios no pueden determinar el rechazo definitivo de un valor, si pueden constituir una alarma para los usuarios que estén haciendo uso de esta agua para consumo humano de manera directa.

En la Tabla 4.2.3.2-7 Se muestran los valores que están fuera del rango de cumplimiento de calidad para uso de agua. Es de resaltar que varios de estos valores además fueron detectados mediante la prueba de datos dudosos por estar fuera del rango estadístico, por lo que se han marcado en rojo y de no ser posible una nueva verificación en campo, se recomienda no tenerlos en cuenta.

Tabla 4.2.3.1-7 Muestreos por fuera del rango de cumplimento para uso fase II

CRITERIO	Municipio	Consecutivo	Variable	Valor
Temperatura < T ambiente + 5°C	SALDAÑA	ER0435	T	39,2
	PURIFICACIÓN	PV1489	T	39,3
DTO 1076/2015 ART. 2.2.3.3.9.3. Tratamiento convencional para consumo humano (PH 5-9). DTO 1076/2015 ART. 2.2.3.3.9.7 fines recreativos mediante contacto primario (PH 5-9).	SALDAÑA	ER0317	PH	3,19
	SALDAÑA	ER0318	PH	3,97
	SALDAÑA	JG1581	PH	3,9
	SALDAÑA	JG1688	PH	9,27
	PURIFICACIÓN	PV1426	PH	9,04
	PURIFICACIÓN	PV1489	PH	9,01
	PURIFICACIÓN	PV1499	PH	4,73
	PURIFICACIÓN	PV1545	PH	4,37
	PURIFICACIÓN	PV1565	PH	4,96
	PURIFICACIÓN	PV1572	PH	4,92
OMS Valor Critico (PH <5,5)	SALDAÑA	ER0317	PH	3,19
	SALDAÑA	ER0318	PH	3,97
	SALDAÑA	IN0683	PH	5,4
	SALDAÑA	JG1581	PH	3,9
	PURIFICACIÓN	PV1499	PH	4,73
	PURIFICACIÓN	PV1535	PH	5,5
	PURIFICACIÓN	PV1538	PH	5,1
	PURIFICACIÓN	PV1545	PH	4,37
	PURIFICACIÓN	PV1560	PH	5,34
	PURIFICACIÓN	PV1565	PH	4,96
	PURIFICACIÓN	PV1572	PH	4,92

OMS Valor Critico Conductividad >2000 mS/cm	COYAIMA	ER0488	C	3205
	COYAIMA	ER0489	C	2143
	SALDAÑA	ER0606	C	2188
	SALDAÑA	EE1981	C	2057
	ORTEGA	IN0868	C	2128
CANADÁ Agua destilada Conductividad <3 mS/cm	SALDAÑA	ER0608	C	2,63

Fuente: CONSTRUCTO, 2019

Importante tener en cuenta que valores muy bajos de conductividad están relacionados con poca presencia de sales en el agua (en el agua destilada la conductividad es menor a 3 mS/cm), lo cual es inusual en aguas subterráneas, por otro lado, valores superiores a 2000 mS/cm, pueden tener relación con vertimientos de aguas residuales y/o industriales.

En cuanto a PH, la OMS considera que aguas con PH por debajo de 5.5 como aguas muy ácidas, con riesgos para la salud humana.

En el caso de la temperatura, valores que estén 5°C por encima de la temperatura ambiente pueden estar relacionadas con vertimientos de aguas residuales industriales. Para el caso de los municipios muestreados, la temperatura del agua se ha limitado a 38°C, considerando además que valores superiores a 35°C pueden estar relacionados con deficiencia de oxígeno disuelto en el agua.

4.2.3.2. Prueba estadística datos dudosos Fase III

PH

En la Tabla 4.2.3.2-1 se indica el rango estadístico para valores de PH por municipio, y en la Tabla 4.2.3.2-2 se indican cuales muestras se encuentran por fuera del rango estadístico en cada municipio, los cuales pueden ser considerados inicialmente como sospechosos. Como se observa, en Coyaima hay cuatro mediciones fuera del rango estadístico, en el caso del Ortega tres datos por fuera del rango estadístico, en Saldaña dos datos por fuera del rango estadístico y en San Luis un dato por fuera del rango. En Guamo y Purificación todos los datos se encuentran dentro del rango. Importante tener en cuenta en cuanto a PH que la

OMS considera que aguas con PH por debajo de 5.5 como aguas muy ácidas, con riesgos para la salud humana; de acuerdo con la normatividad colombiana, valores de PH por encima de 9 no pueden considerarse para consumo humano, lo cual es el caso de los datos señalados en rojo en la Tabla 4.2.3.1-2 para los municipios de Ortega y Saldaña.

Tabla 4.2.3.2-1. Rango estadístico para PH, fase III

Municipio	Límite superior	Límite inferior
Coyaima	8,05	6,39
Guamo	8,52	5,00
Ortega	8,40	6,01
Purificación	8,99	5,77
Saldaña	9,27	5,49
San Luis	8,18	6,05

Fuente: CONSTRUCTO, 2019

Tabla 4.2.3.2-2 Datos PH fuera del rango estadístico, fase III

Municipio	Consecutivo	Valor	Variable
COYAIMA	JE2291	8,35	PH
COYAIMA	JE2326	8,78	PH
COYAIMA	JG3175	8,60	PH
COYAIMA	JG3204	8,06	PH
ORTEGA	JE2218	8,83	PH
ORTEGA	JE2246	8,98	PH
ORTEGA	JE2265	9,36	PH
SALDAÑA	JE2386	10,42	PH
SALDAÑA	JE2467	9,68	PH
SAN LUIS	IN3022	6,02	PH

Fuente: CONSTRUCTO, 2019

Fuente: CONSTRUCTO, 2019

Conductividad

En la Tabla 4.2.3.2-3Tabla 4.2.3.1-3 se muestran los límites estadísticos superior e inferior de la variable Conductividad, por municipio y en la Tabla 4.2.3.2-4se indican cuales muestras son las que se encuentran por fuera del rango estadístico en cada municipio, los cuales pueden ser considerados inicialmente como sospechosos. Como se observa, para el caso de Ortega, Purificación y Saldaña todas las mediciones se encuentran en el rango estadístico, en el caso del Coyaima se observan dos datos por debajo del rango estadístico, en San Luis dos datos por encima del rango y en el Guamo un dato por encima de los límites estadístico de

la prueba. Importante tener en cuenta que valores muy bajos de conductividad están relacionados con poca presencia de sales en el agua (en el agua destilada la conductividad es menor a 3 mS/cm), lo cual es inusual en aguas subterráneas, por otro lado, valores superiores a 2000 mS/cm, pueden tener relación con vertimientos de aguas residuales y/o industriales, lo cual es además el caso de los datos fuera de rango detectados en San Luis.

Tabla 4.2.3.2-3 Rango estadístico para Conductividad de puntos de agua fase III

Municipio	Límite superior	Límite inferior
Coyaima	2604,01	169,94
Guamo	1073,00	138,38
Ortega	1936,50	108,01
Purificación	1432,00	38,76
Saldaña	2057,00	19,38
San Luis	2054,30	85,00

Fuente: CONSTRUCTO, 2019

Tabla 4.2.3.2-4 Datos de Conductividad por fuera del rango estadístico para puntos de agua fase III

Municipio	Consecutivo	Valor	Variable
COYAIMA	JE2326	66,00	C
COYAIMA	JE2329	98,00	C
GUAMO	IN3016	1097,00	C
SAN LUIS	IN2970	2210,00	C
SAN LUIS	IN3030	3640,00	C

Fuente: CONSTRUCTO, 2019

Temperatura

En la Tabla 4.2.3.2-5 se muestran los límites estadísticos superior e inferior de la variable Temperatura, por municipio y en la Tabla 4.2.3.2-6 se indican cuales muestras son las que se encuentran por fuera del rango en cada municipio, los cuales pueden ser considerados inicialmente como sospechosos.

Tabla 4.2.3.2-5 Rango estadístico para Temperatura Fase III

Municipio	Límite superior	Límite inferior
Coyaima	33,34	23,93
Guamo	33,55	25,18
Ortega	31,94	26,43
Purificación	33,79	24,12
Saldaña	35,23	24,25
San Luis	32,22	25,76

Fuente: CONSTRUCTO, 2019

Como se observa, el municipio de Ortega es el único que registra valores por fuera de los límites estadísticos, en este caso por debajo. En los municipios de Coyaima, Guamo, Purificación, Saldaña y San Luis, todos los datos se encontraron dentro del rango. En el caso de la temperatura, valores que estén 5°C por encima de la temperatura ambiente pueden estar relacionadas con vertimientos de aguas industriales. Para el caso de los municipios muestreados, la temperatura del agua se ha limitado a 38°C, considerándose además que valores superiores pueden estar relacionados con deficiencia de oxígenos disuelto en el agua.

Tabla 4.2.3.2-6 Datos de Temperatura por fuera del rango estadístico, fase III

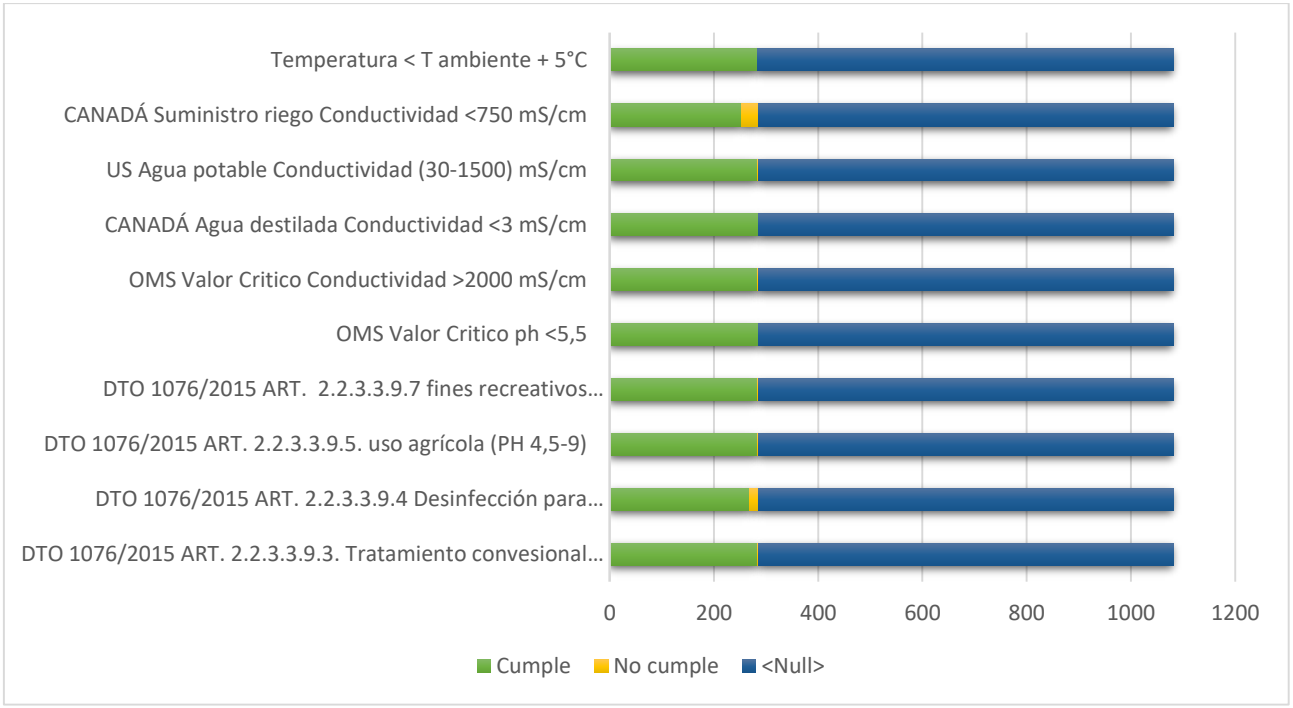
Municipio	Consecutivo	Valor	Variable
ORTEGA	IN2815	26,30	T
ORTEGA	IN2851	26,20	T
ORTEGA	JE2218	25,50	T

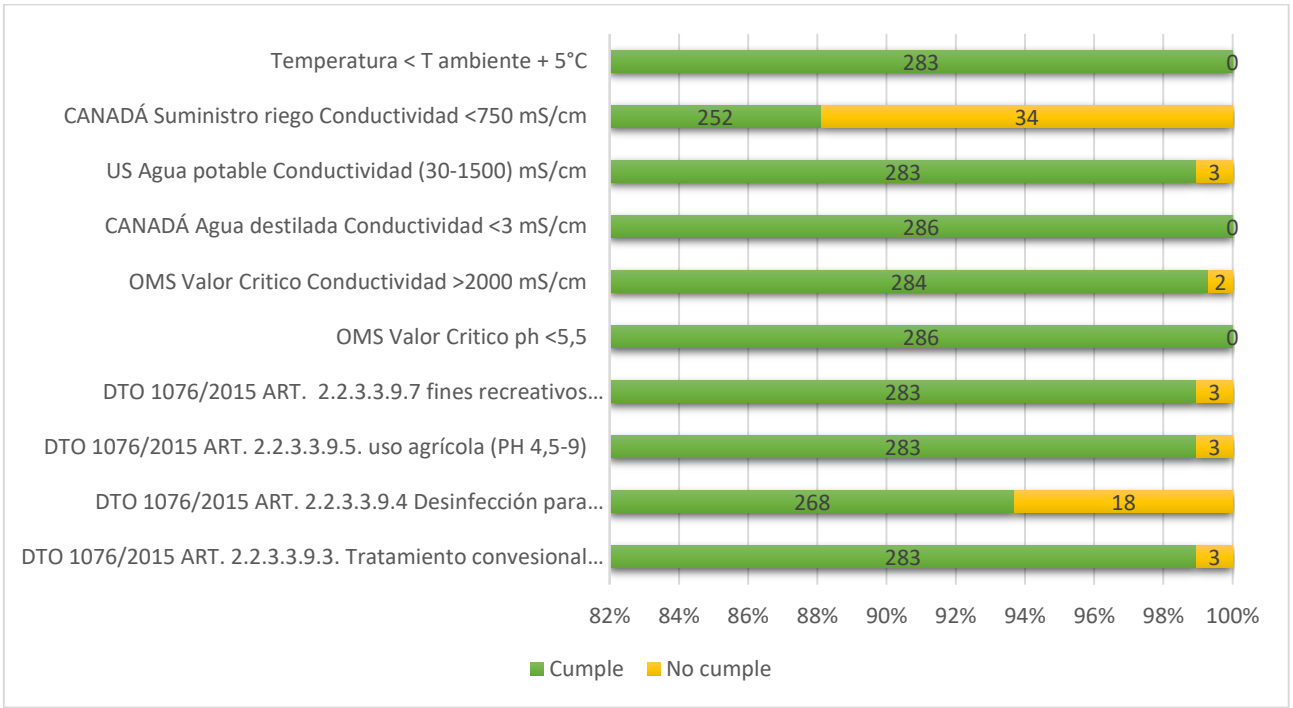
Fuente: CONSTRUCTO, 2019

CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUA PARA SU USO

La Figura 4.2.3.2-1 muestra el resumen de los resultados obtenidos tras la aplicación de los criterios de cumplimiento de calidad para uso de agua descritos en el numeral 4.2.1.3 La primera parte muestra los resultados totales, incluyendo los vacíos, y la segunda parte muestra el porcentaje de cumplimiento, teniendo en cuenta únicamente los datos disponibles (sin los faltantes).

Figura 4.2.3.2-1 Cumplimiento de criterios de calidad para uso de agua





Fuente: CONSTRUCTO, 2019

En términos generales se observa que la mayoría de los criterios se cumplen con un porcentaje superior al 98% de los puntos muestreados.

Los mayores porcentajes de no cumplimento corresponden a los criterios internacionales (Canadá) de Conductividad para riego, así como a lo indicado en el DTO 1076/2015 en cuanto a PH en agua para consumo humano con desinfección. Si bien estos dos criterios no pueden determinar el rechazo definitivo de un valor, si pueden constituir una alarma para los usuarios que estén haciendo uso de esta agua para consumo humano de manera directa.

En la Tabla 4.2.3.2-7 Se muestran los valores que están fuera del rango de cumplimiento de calidad para uso de agua. Es de resaltar todos estos valores además fueron detectados mediante la prueba de datos dudosos por estar fuera del rango estadístico,

Tabla 4.2.3.2-7 Muestreos por fuera del rango de cumplimento para uso

CRITERIO	Municipio	Consecutivo	Valor	Variable
DTO 1076/2015 ART. 2.2.3.3.9.3. Tratamiento convencional para consumo humano (PH 5-9). DTO 1076/2015 ART. 2.2.3.3.9.7 fines recreativos mediante contacto primario (PH 5-9).	ORTEGA	JE2265	9,36	PH
	SALDAÑA	JE2386	10,42	PH
	SALDAÑA	JE2467	9,68	PH
OMS Valor Critico Conductividad >2000 mS/cm	SAN LUIS	IN2970	2210	C
	SAN LUIS	IN3030	3640	C

Fuente: CONSTRUCTO, 2019

Importante tener en cuenta que valores muy bajos de conductividad están relacionados con poca presencia de sales en el agua (en el agua destilada la conductividad es menor a 3 mS/cm), lo cual es inusual en aguas subterráneas, por otro lado, valores superiores a 2000 mS/cm, pueden tener relación con vertimientos de aguas residuales y/o industriales, lo cual es el caso de los dos datos detectados en San Luis.

En cuanto a PH, la OMS considera que aguas con PH por debajo de 5.5 como aguas muy ácidas, con riesgos para la salud humana. La normatividad colombiana

señala que valores de PH por encima de 9 constituyen aguas no aptas para consumo humano como es el caso de los tres datos detectados en Ortega y Saldaña.

En el caso de la temperatura, valores que estén 5°C por encima de la temperatura ambiente pueden estar relacionadas con vertimientos de aguas residuales industriales. Para el caso de los municipios muestreados, la temperatura del agua se ha limitado a 38°C, considerándose además que valores superiores a 35°C pueden estar relacionados con deficiencia de oxígenos disuelto en el agua. En ningunos de los puntos muestreados se detectaron temperaturas por fuera de estos límites.

5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

5.1. RESULTADOS

Después de validar los formatos, se procedió a la creación de la base de datos final tanto en hojas de Excel como en Geodatabase. Los datos entregados fueron revisados con una rutina creada en Phyton para validar los datos disponibles, encontrando algunas alteraciones en los dominios relacionadas con espacios al final de las cadenas de texto previamente ajustadas. Se ajustaron los respectivos valores. El detalle del proceso de validación y carga en la Geodatabase se encuentra en el Anexo 5

Posteriormente, se hizo la transformación de los datos a los dominios utilizando las tablas de paso creadas para tal fin. El procedimiento de transformación de campos se realizó en programa para manejo de hojas de cálculo utilizando condicionales, y una vez transformados todos los datos se copiaron y guardaron valores para que todos los datos disponibles fueran leídos en el manejador de datos geográficos.

En esta actividad se utilizaron las siguientes herramientas informáticas:

- Excel 365
- LibreOffice Calc
- QGIS 2.18.23
- ArcGIS Desktop 10.6 (versión de prueba)
- Phyton Jupyter notebooks.

La base de datos total en Excel se encuentra en el Anexo 3. En total corresponde a una base de datos con 136 variables y 5771 registros, de los cuales 2583 corresponden a la Fase I inventariada por la empresa Proaguas, 2107 a la fase II y 1081 a la fase III

De igual forma la Geodatabase se encuentra en la carpeta GDB_ACUISUR_201905.gdb, (ver Anexo 6). La estructura de esta Geodatabase fue tomada de la misma hecha por la empresa Proaguas en la fase I.

En la Ilustración 5.1-1 se puede observar el mapa general de los puntos levantados en las diferentes fases y su distribución de área. Este mapa con más detalle se encuentra en el Anexo 7

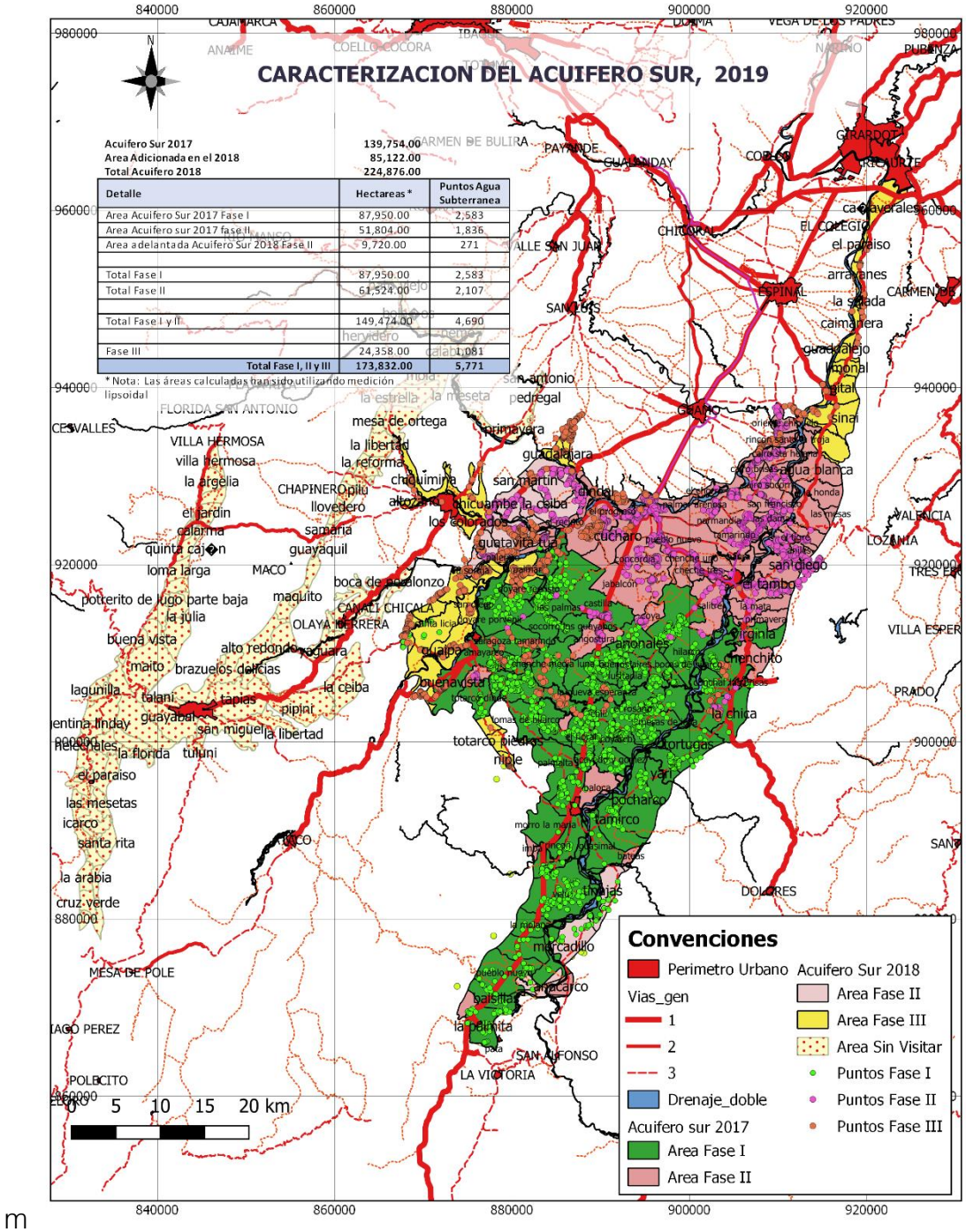


Ilustración 5.1-1. Mapa general con la ubicación de puntos de agua de las Fases I (Proaguas), II y III

Del análisis de estas bases datos se construyen las siguientes tablas de resultados:

5.1.1. Usuarios de Puntos de agua Subterránea

En la Tabla 2.1-1se encuentra el resumen de los tipos de usuarios encontrados durante el desarrollo de las tres fases del proyecto

Tabla 5.1.1-1Tabla Resumen de tipos de usuarios por fases.

	USUARIOS					
Fase	**Sin dato**	**Persona Jurídica Privada**	**Persona Jurídica Publica**	**Persona Natural**	**Total Usuarios**	**Total Puntos de Agua Diligenciados**
Fase I	2	30		2375	**2407**	**2,583**
Fase II	107.00	3	40	1751	**1901**	**2,107**
Fase III	8	5	30	989	**1032**	**1,081**
Total	**117**	**38**	**70**	**5115**	**5340**	**5771**

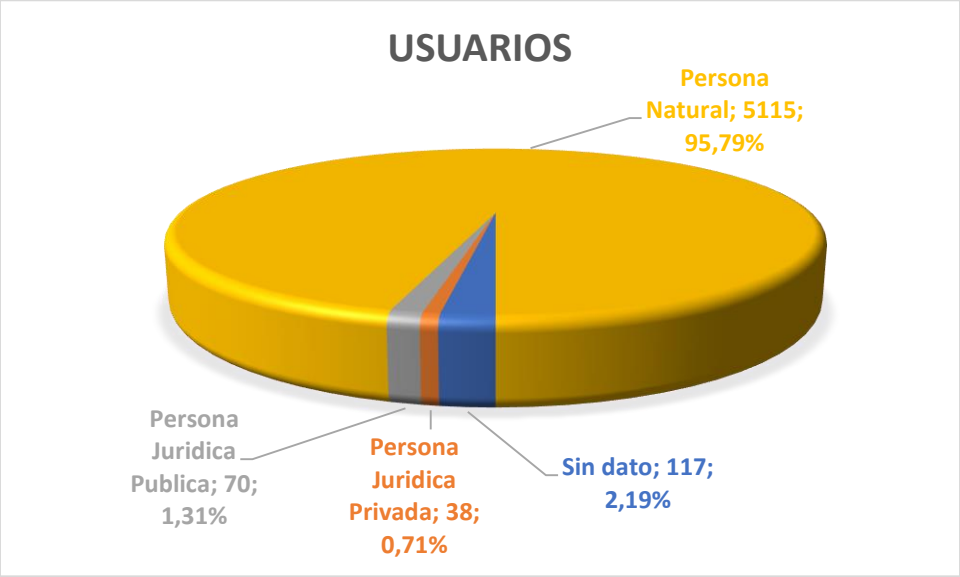


Gráfico 5.1.1-1. Gráfico resumen de tipos de Usuario de las tres Fases

Como se observa en el Gráfico 5.1.1-1, en total, en las tres Fases se identificaron 5340 usuarios para 5771 puntos de agua caracterizados, esto debido a que algunos usuarios utilizan más de un punto de agua. El tipo de usuario predominante es la personal natural (5125, 95.79%), lo cual es concordante con los datos de tipo de agua Aljibe, siendo su principal uso doméstico.

Cabe mencionar que el número de encuestas sin dato de usuario (117, 2.19%) se debe a que en ocasiones el entrevistado no brindaba información acerca del usuario del punto, ya sea por desconocimiento o por no divulgar información del usuario al no estar presente. Estos datos incluyen los espacios dejados en blanco, así como los reportados “sin información,” en este campo durante el diligenciamiento de la encuesta.

Las personas Jurídicas Públicas y Privadas presentaron porcentajes bajos del 1.31 y 0.71% respectivamente. Las personas Jurídicas Publicas normalmente corresponden a Instituciones Educativas, Comunidades de las Veredas y Alcaldías, y en menor proporción Puestos de Salud y Acueductos Veredales.

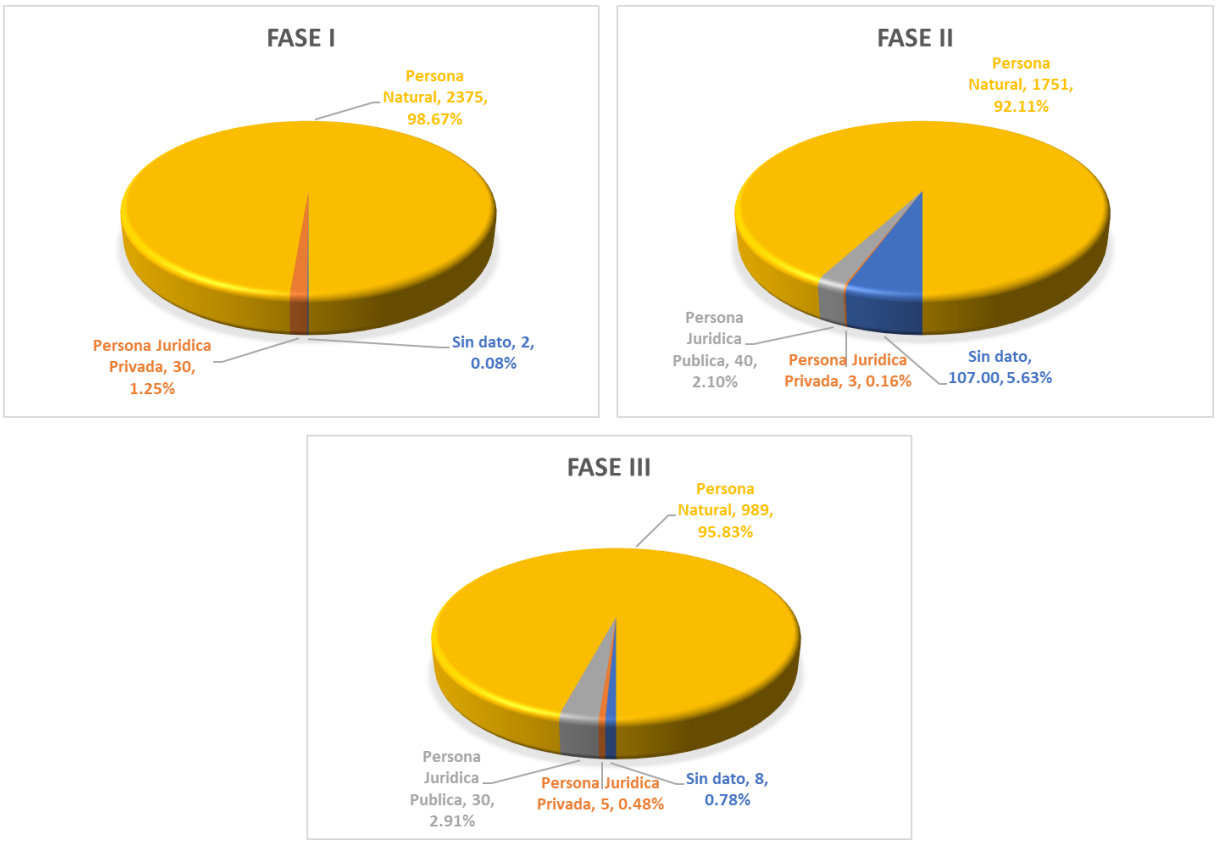


Gráfico 5.1.1-2. Gráfico Individual de Fases mostrando la distribución por de tipos de Usuario

Al revisar los datos por Fases (Gráfico 5.1.1-2) se sigue observando la tendencia general de tipos de usuario de persona natural, entre el 92 y 99 %. En el desarrollo de las Fases II y III se optó por distinguir entre Personas Jurídicas Publicas y Personas Jurídicas Privadas para dar un detalle mayor; la distribución de Personas Jurídicas se sitúa entre el 1.25 - 4%, siendo menor en la Fase I, aunque en general se puede considerar concordante al estar por debajo del 5%.

Las encuestas Sin datos aumentaron significativamente durante el desarrollo de la Fase II (107, 5.63%), y como se mencionó anteriormente, en ocasiones el entrevistado desconocía o no brindaba información del usuario al no estar presente; sin embargo se debe mencionar que al inicio de esta fase, las comunidades visitadas manifestaban cierto rechazo a dar información durante el diligenciamiento del formato FUNIAS, esto debido a comentarios que se

presentaron después de finalizar la Fase I, en donde se afirmaba que el objetivo de esta caracterización era crear una base de usuarios a los cuales se les cobraría impuestos por el uso del agua en los aljibes. En cuanto a la fase III, el porcentaje de datos sin usuario es bajo (8, 0.78%), si bien aún los comentarios en la comunidad aún estaban presentes, se considera que la experiencia y buena imagen dada durante el diligenciamiento de la fase II ayudaron en la confianza de los entrevistados.

5.1.2. Tipos de agua Subterránea

La Tabla 5.1.2-1 y el Gráfico 5.1.2-1 contiene el resumen de distribución de tipos de agua Subterránea encontrados durante el desarrollo de las tres fases del proyecto.

Tabla 5.1.2-1. Distribución de tipo de Agua subterránea por fases.

	Tipo de Agua Subterránea					
Fase	**Aljibe**	**Jaguey**	**Manantial**	**Piezómetro**	**Pozo**	**Total ptos de agua**
Fase I	2536	12	27		8	**2583**
Fase II	1983		111	3	10	**2107**
Fase III	1056		21		4	**1081**
Total	**5575**	**12**	**159**	**3**	**22**	**5771**

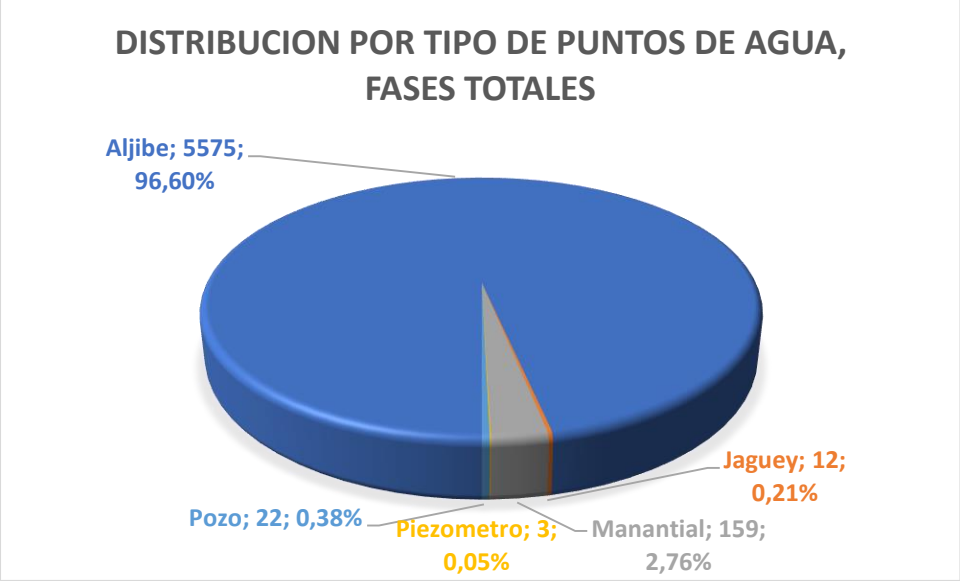


Gráfico 5.1.2-1. Gráfico unificado de fases I, II, y III mostrando la distribución por tipo de puntos de agua subterránea

Como se observa el mayor porcentaje de encuestas se realizó en puntos de agua de tipo aljibe (5575 encuestas, 97%), lo cual es coherente con la utilización de puntos de agua en las zonas estudiadas, en donde los usuarios construyen estos aljibes para uso doméstico principalmente.

El segundo punto de agua corresponde a manantiales (159, 2.76%), los cuales también son usados principalmente para uso doméstico; cabe resaltar que se caracterizaron los manantiales que fueron reportados por usuarios, por lo que en el área es posible que se encuentre un número mayor en zonas con menor presencia de habitantes.

La presencia de pozos fue bastante baja (22, 0.38%) comparados con el número total de puntos levantados, sin embargo, es muy importante poder monitorear estos pozos debido a las profundidades que alcanzan y la información que puedan aportar en el modelamiento hidrogeológico del Acuífero Sur, además de ser los que mayor caudal aportar para consumo.

Los puntos de agua de tipo piezómetros presentan una proporción muy baja (3, 0.05%), dato de esperar pues son utilizados principalmente por personas jurídicas privadas para monitoreo, y al igual que los pozos profundos, pueden proveer una

información valiosa para el modelamiento. Es posible que haya presencia de piezómetros adicionales en zonas remotas, las cuales no fue posible acceder durante el desarrollo de los trabajos de campo.

En cuanto a los puntos de agua tipo Jaguey, presentan un porcentaje bajo (12, 0.21%), los cuales son utilizados para hidratación de animales.

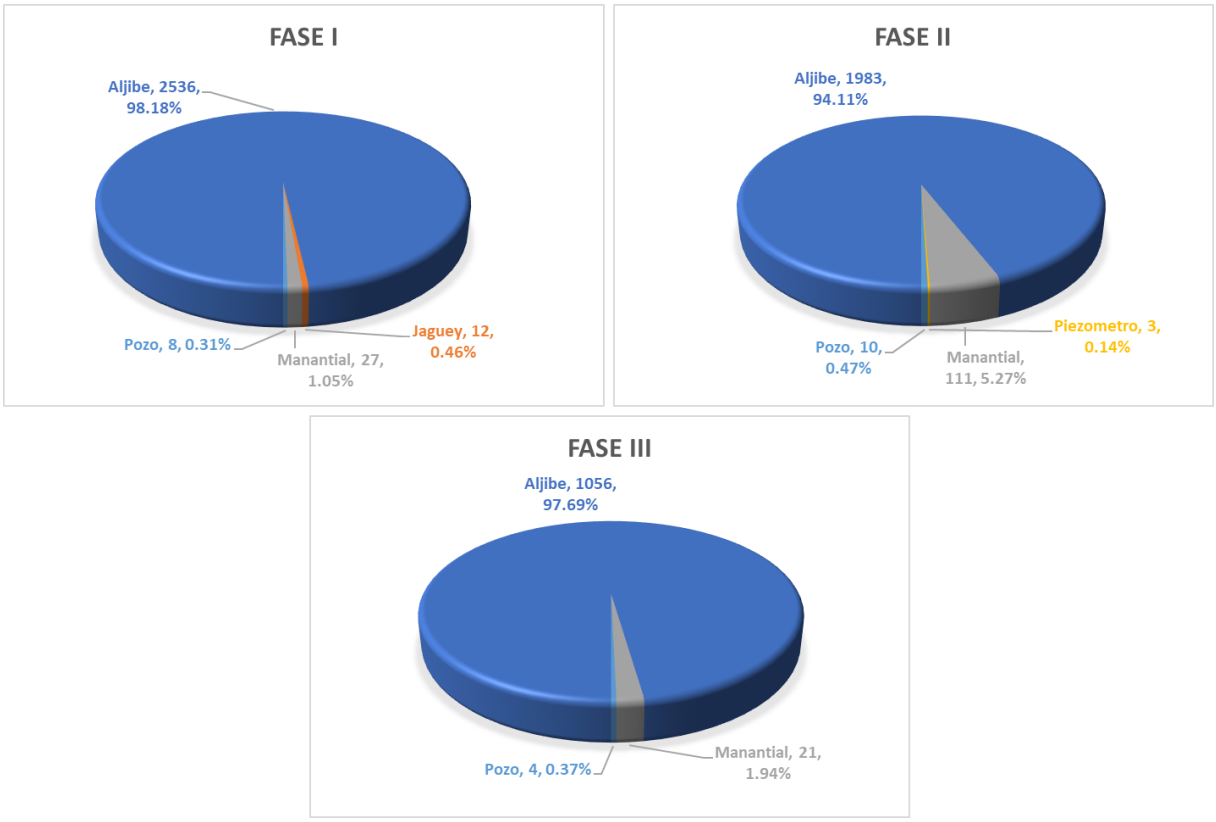


Gráfico 5.1.2-2. Gráfico individual de Fases mostrando la distribución por tipo de puntos de agua subterránea

Al revisar los datos por fases (ver Gráfico 5.1.2-2, se observa que los puntos de agua presentan una tendencia similar en las tres fases, predominado los aljibes en porcentajes entre 94 y 98 %. Solamente se hizo levantamiento de puntos de agua tipo jaguey en la fase I ejecutada por la empresa Proaguas, así como solo se

registraron 3 puntos tipo piezómetro en la fase II. El porcentaje de manantiales fue mayor durante el desarrollo de la fase II (111, 5.7%), lo que se puede deber al cubrir veredas al este del municipio de Purificación en donde se encuentra el límite del acuífero sur con las estribaciones de la cordillera oriental, presentando unas características hidrogeológicas distintas a las otras zonas estudiadas. La tendencia de pozos en general se mantuvo por debajo del 0.37%.

5.1.3. Condiciones de Punto de Agua Subterránea

La Tabla 5.1.2-1 y el Gráfico 5.1.2-1 contiene el resumen de Condiciones de Punto de Agua Subterránea encontrados durante el desarrollo de las tres fases del proyecto.

Tabla 5.1.3-1. Distribución por condición de uso de punto de Agua subterránea por fases.

	CONDICION DE USO DEL PUNTO DE AGUA							
Fase	**Abandonado**	**En construcc.**	**Inactivo**	**Monitoreo**	**Productivo**	**Reserva**	**Sellado**	**Total**
Fase I					2093	490		**2583**
Fase II	231	1	391	4	1089	269	122	**2107**
Fase III	130		301	1	277	143	229	**1081**
	361	**1**	**692**	**5**	**3459**	**902**	**351**	**5771**

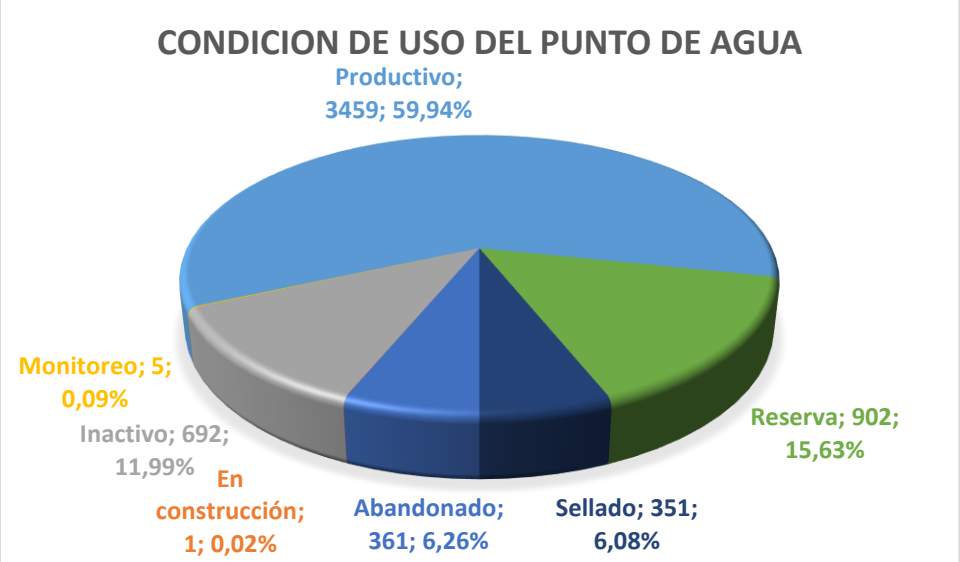


Gráfico 5.1.3-1. Gráfico unificado de fases I, II, y III mostrando la distribución por condición de uso del punto de agua subterránea

Del Gráfico 5.1.3-1 se observa que la mayoría de los puntos de agua corresponden a productivos (3459, 60%) y en reserva (902, 16%.) Los puntos sellados, abandonados e inactivos corresponden al 24%. Los puntos de Monitoreo corresponden a menos del 0.1 %, y se encontró un aljibe en construcción.

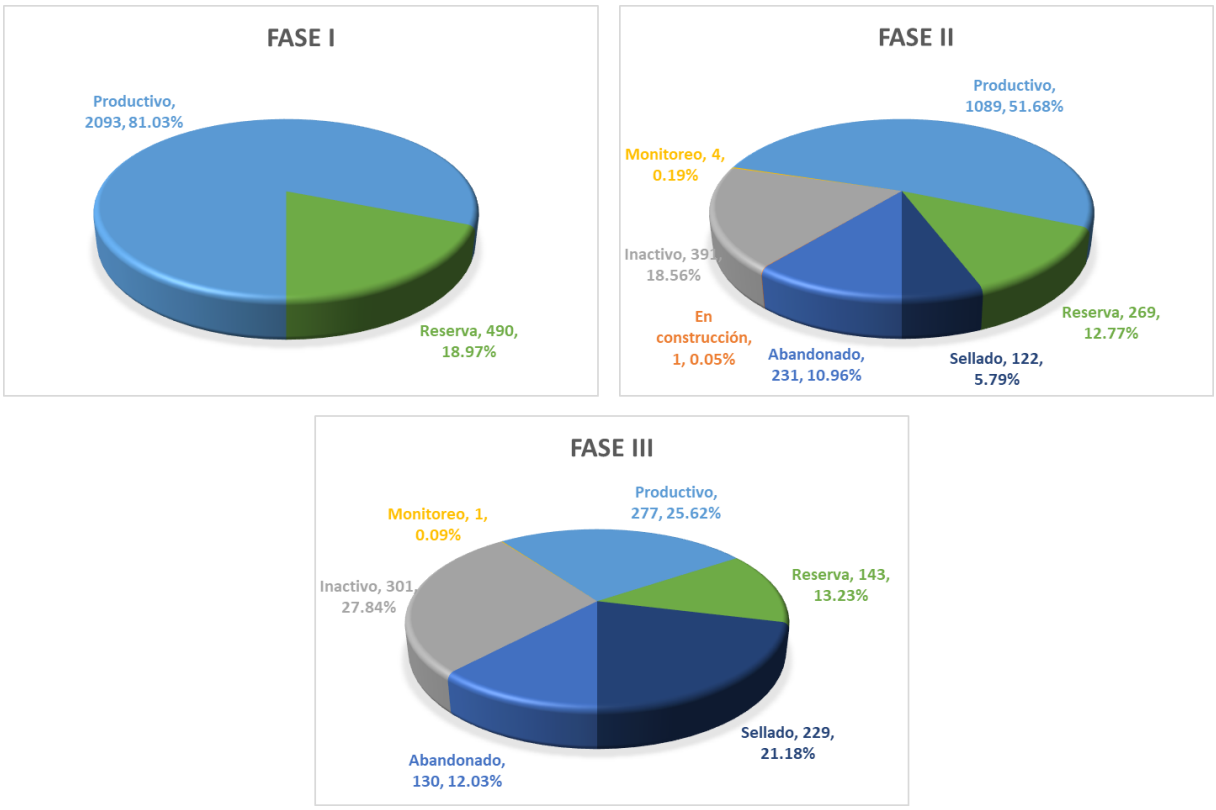


Gráfico 5.1.3-2.. Gráfico individual de Fases mostrando la distribución por condición de uso de puntos de agua subterránea

La distribución por fases (ver Gráfico 5.1.3-2) presenta variaciones importantes. En la fase I ejecutada por la empresa Proaguas, solo se observan pozos productivos y en reserva, lo que indica que esta fase omitió el levantamiento en campo de puntos inactivos, sellados o abandonados, además tampoco se visitaron puntos dentro de las áreas de casco urbano.

La fase II presenta una distribución predominante de puntos Productivos del 51.68% y reserva del 12.77%, sumando un 64.45%, los puntos inactivos, sellados y abandonados suman 35.31%, y en proporción muy baja monitoreo y en construcción. Esta fase incluyó aljibes en zonas urbanas, en especial en el municipio de Saldaña.

La fase III tiene predominancia de condición de uso Inactiva con un 27.84% equivalentes a 301 puntos de agua, si se suman con los puntos abandonados (130,

12.03%) y sellados (229, 21.18%) el porcentaje llega a 61.05%, mientras que los puntos productivos (277, 25.62%) y reserva (143, 13.23%) suman un porcentaje de 38.95%. Esta disminución en los pozos productivos y en reserva se puede deber a que las áreas cubiertas en la Fase III se ubican en zonas donde actualmente se cuenta con servicio de acueducto, en donde se han ido abandonando los aljibes construidos en años anteriores cuando no se contaba con este servicio.

5.2. CONCLUSIONES

- La fase I realizada por la empresa Proaguas en el Año 2018, cubrió aproximadamente 87.950 hectáreas del Acuífero Sur, inventariando 2583 puntos de agua subterránea
- Basados en las recomendaciones de Cortolima, la fase II de la caracterización del Acuífero Sur se centró en el área faltante delimitada antes del año 2018, y se complementó con algunas áreas de la nueva delimitación hecha en el año 2018
- Las áreas trabajadas en la Fase II del proyecto, corresponden a los municipios de Purificación, Saldaña, Guamo, Suarez, Prado, Coyaima y Ortega. Geográfica y Geomorfológicamente se trabajó en áreas delimitadas por los ríos Magdalena, Saldaña y sus afluentes Cucuana y Ortega, cubriendo 51.804 Ha del acuífero Sur 2017, con un número puntos de agua subterránea equivalentes a 2109, de los cuales se validaron 2107 encuestas
- Aprovechando la infraestructura, equipos y personal disponible, se amplió el área de estudio en aquellas zonas con características geológicas y geográficas similares a las vistas en las fases I y II de caracterización, teniendo en cuenta, además las vías de acceso y tiempos de traslado. Esta fase es conocida como la Fase III, la cual se desarrolló en municipios de Ortega, Suarez, Coyaima y parte de San Luis, además de algunas áreas faltante de los municipios de Saldaña, Purificación y Prado.

- La fase III cubrió aproximadamente 24.358 hectáreas, inventariando 1082 puntos de agua subterránea, de los cuales se validaron geográficamente 1081.

Tabla 5.2-1 Tabla resumen de puntos levantados en cada fase, mostrando el área cubierta.

Acuifero Sur 2017	**139,754.00**
Area Adicionada en el 2018	**85,122.00**
Total Acuifero 2018	**224,876.00**

Detalle	Hectáreas*	Puntos Agua Subterránea
Área Acuífero Sur 2017 Fase I	87,950	2,583
Área Acuífero sur 2017 fase II	51,804	1,836
Área adelantada Acuífero Sur 2018 Fase II	9,7200	271
Total, Fase I	87,950	2,588
Total, Fase II	61,524.	2,107
Total, Fase I y II	149,474	4,695
Fase III	24,358	1,081

Total Fase I, II y II	**173,832**	**5,771**

* Nota: Las áreas calculadas han sido utilizando medición elipsoidal

- Para validar los datos de calidad de agua subterránea medidos (PH, Conductividad y Temperatura), se aplicaron dos criterios: un criterio estadístico y un criterio de cumplimiento de calidad agua. La prueba estadística aplicada asume que los datos tienen una distribución Normal, y establece un rango posible en el que los datos pueden ubicarse bajo esta distribución, por su parte el criterio de cumplimiento de calidad de agua tuvo en cuenta los valores más críticos encontrados en la bibliografía.
- En general, la prueba estadística permitió detectar un mayor número de datos sospechosos con respecto a los criterios de uso, sin embargo, los

resultados obtenidos tras la aplicación de los criterios de uso fueron coincidentes en su mayoría con los resultados de la prueba. Si bien no se recomienda retirar de la base de datos los valores dudosos detectados mediante la prueba estadística, se recomienda tener cautela a la hora de hacer uso de estos valores.

- Se evidencia que la mayoría de los valores de calidad de agua muestreados cumplen en términos generales con los criterios de calidad de agua subterránea y además se ajustan a una distribución de probabilidad normal, lo cual es reflejo de las buenas prácticas en campo y de la calidad del trabajo realizado.
- La base de datos total en Excel y la Geodatabase corresponden a una base de datos con 136 variables y 5771 registros, de los cuales 2583 corresponden a la Fase I inventariada por la empresa Proaguas, 2107 a la fase II y 1081 a la fase III.

Tabla de anexos

- Anexo 1 Formato Funias Encuestas Digitalizadas.
- Anexo 2 Formato Funias Encuestas Físicas.
- Anexo 3 Bases de datos Formato Excel.
- Anexo 4 Validación de parámetros de calidad de Agua.
- Anexo 5 Validación de Geodatabase.
- Anexo 6 Geodatabase total
- Anexo 7 Mapa general de ubicación de puntos de encuestas.
- Anexo 8 Registro de Asistencia.