



SYSCOL CONSULTORES S.A.S

Servicios Locales, Soluciones Globales.

SUB CAPITULO 1.5.

**CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUIMICA Y
DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA**

CONTENIDO

1. OBJETIVOS.....	9
1.1 OBJETIVO GENERAL	9
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	9
2. METODOLOGIA.....	10
2.1 DESCRIPCION GENERAL DEL AREA DE INFLUENCIA -GUASCA CUNDINAMARCA.....	10
2.1.2 Localización de Puntos de Muestro.....	13
2.2 DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO DE CALIDAD DEL RECURSO HIDRICO SUBTERRANEA EN EL MUNICIPIO DE GUASCA.....	16
2.2.1 Aljibe Predio El Pino - Vereda San José.....	16
2.2.2 Pozo Profundo Finca Santa Lucia- Vereda Santa Lucia.....	17
2.2.3 Pozo Profundo Finca Santa Rita- Vereda Trinidad.....	19
2.2.4 Aljibe San José – Vereda San José.....	20
2.2.5 Pozo Profundo Unique Colletion S.A. – Limite entre la vereda Santa Isabel y la Vereda Salitre.....	21
2.2.6 Aljibe Arca de los Sueños- Vereda Mariano Ospina.....	22
2.2.7 Pozo Profundo Finca Retiro – Vereda Santa Lucia	23
2.2.8 Pozo Profundo Predio el Cucharo – Vereda Santa Lucia.....	25
2.2.9 Aljibe Finca María - Limite entre la Vereda las Flores y Vereda San José	26
2.3 METODOLOGIA EMPLEADA EN CAMPO Y LABORATORIO PARA EL ANALISIS Y REPORTE DE RESULTADOS.....	27
2.4 ANALISIS DE LA INFORMACIÓN	32
2.4.1 Balance iónico	32
2.4.2 Diagrama de Collins o Columnares	33
2.4.3 Diagrama de Piper.....	33
2.4.4 Diagrama de STIFF	35
2.4.5 Diagrama de SCHOELLER	35
3. RESULTADOS	37
3.1 CARACTERIZACION HIDROGEOQUIMICA Y DETERMINACION DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA.....	37

3.1.1	Indicadores de Calidad de Agua.....	37
3.1.2	Análisis y resultados in situ del Agua Subterránea	38
3.1.3	Análisis y resultados de Laboratorio del Agua Subterránea	51
3.1.4	Análisis de confiabilidad – A través del Balance Iónico	81
3.1.5	Diagramas de Collins.....	92
3.1.6	Análisis y Resultados de la Gráfica de Pippet en Pozos Temporada de Lluvia.	97
3.1.7	Análisis y Resultados de la gráfica de Pippet en Aljibes Temporada de Lluvia y estiaje	100
3.1.8	Análisis y Resultados de la Gráfica de SCHOELLER-BERKALOFF Pozos.	103
3.1.9	Análisis y Resultados de la Gráfica de SCHOELLER-BERKALOFF Aljibes.	106
3.1.10	Análisis y resultados en las Gráficas de STIFF	108
3.1.11	Relaciones Iónicas a partir de las concentraciones de aniones y cationes.	120
3.1.12	Análisis y Resultados De La Grafica de Salinidad (SAR)	123
4.	CONCLUSIONES	130
	BIBLIOGRAFIA	135

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Categorías de importancia hidrogeológica y correlación con las unidades geológicas en el municipio de Guasca.....	11
Tabla 2. Inventario de pozos.....	13
Tabla 3. Pozos seleccionados para el análisis de calidad de agua subterránea ..	14
Tabla 4. Aljibes seleccionados para el análisis de calidad de agua subterránea..	14
Tabla 5. Puntos monitoreados para el análisis de calidad de agua	15
Tabla 6. Metodología de Análisis y Medición de Parámetros.....	29
Tabla 7. Preservación de muestras.	31
Tabla 8. Equipos de trabajo en campo.	31
Tabla 9. Clasificación de SCHOELLER según la concentración de Cl	36
Tabla 10. Clasificación de SCHOELLER según la concentración de SO ₄	36
Tabla 11. Clasificación de SCHOELLER según la concentración de.....	36
Tabla 12. Indicadores de cumplimiento de calidad de agua de acuerdo con sus características físicas y químicas	37
Tabla 13. Resultados de las mediciones in situ (Calidad de Agua) de los pozos, municipio de Guasca – Cundinamarca.....	40
Tabla 14. Resultados de las mediciones in situ (Calidad de Agua) de los aljibes, municipio de Guasca – Cundinamarca.....	46
Tabla 15. Resultados de las mediciones en el laboratorio para los pozos profundos monitoreados en el Municipio de Guasca – Cundinamarca comparados con el Decreto 1594 de 1984.....	52
Tabla 16. Valores de clasificación de la dureza	54
Tabla 17. Resultados Huevos de Helminto.....	66
Tabla 18. Resultados de las mediciones en el laboratorio para los Aljibes monitoreados en el Municipio de Guasca – Cundinamarca comparados con el Decreto 1594 de 1984.....	67
Tabla 19. Resultados Huevos de Helminto para Aljibes	81
Tabla 20. Error aceptable en el balance iónico de la conductividad eléctrica	82
Tabla 21. Valores de conductividad analizado para las 9 muestras y porcentaje de error aceptable para el balance iónico.	82
Tabla 22. Error aceptable en el balance iónico según la sumatoria de aniones ...	82
Tabla 23. Balance iónico realizado a pozos.....	83
Tabla 24. Balance iónico realizado a pozos.....	84
Tabla 25. Error aceptable según la sumatoria de aniones para Pozos.....	86
Tabla 26. Error aceptable según la sumatoria de aniones para Aljibes	86
Tabla 27. Comparativo de conductividades y el porcentaje de error aceptable para Pozos.	87

Tabla 28. Comparativo de conductividades y el porcentaje de error aceptable para Aljibes.....	87
Tabla 29. Relación de potasio y sodio	89
Tabla 30. Relación entre el Calcio y Magnesio	89
Tabla 31. Relación entre el Calcio y Sulfatos.....	90
Tabla 32. Relación entre el Sodio y los Cloruros	90
Tabla 33. Relación entre los Solidos Disueltos Totales y la Conductividad	91
Tabla 34. Relación entre la Conductividad Eléctrica y La Suma de Cationes.....	91
Tabla 35. Clasificación Piper pozos	100
Tabla 36. Clasificación Piper Aljibes	103
Tabla 37. Clasificación del agua según SCOELLER (Ver Tabla 9).....	104
Tabla 38. Clasificación del agua según SCOELLER (Ver Tabla 10).....	105
Tabla 39. Clasificación del agua según SCOELLER (Ver Tabla 11).....	105
Tabla 40. Clasificación del agua según SCOELLER (Ver Tabla 9).....	107
Tabla 41. Clasificación del agua según SCOELLER (Ver Tabla 10).....	108
Tabla 42. Clasificación del agua según SCOELLER (Ver Tabla 11).....	108
Tabla 43. Clasificación de Iones Dominantes de los Aljibes.	112
Tabla 44. Clasificación de Iones Dominantes de los Pozos.....	118
Tabla 45. Nombres de puntos imagen6 e imagen 7.	119
Tabla 46. Relaciones iónicas	120
Tabla 47. Relaciones Iónicas Aljibes.	120
Tabla 48. Relaciones Iónicas Pozos.....	121

LISTA DE GRAFICOS

Gráfica 1. Valores reportados de pH en Pozos.	41
Gráfica 2. Valores reportados de Temperatura en Pozos.	41
Gráfica 3. Valores reportados de Conductividad en Pozos.	42
Gráfica 4. Valores reportados de Oxígeno Disuelto en Pozos	43
Gráfica 5. Valores reportados de % Saturación de Oxígeno en Pozos.	43
Gráfica 6. Valores Reportados de Turbiedad en Pozos	44
Gráfica 7. Valores Reportados del Nivel de Agua en Pozos.....	45
Gráfica 8. Valores reportados de pH en Aljibe.....	47
Gráfica 9. Valores reportados de Temperatura en Aljibes.	47
Gráfica 10. Valores reportados de Conductividad en Aljibes.....	48
Gráfica 11. Valores reportados de Oxígeno Disuelto en Aljibes.	Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017
Gráfica 12. Valores reportados de % Saturación de Oxígeno Aljibes.....	49
Gráfica 13. Valores Reportados de Turbiedad en Aljibes.	50

Gráfica 14.	Valores Reportados del Nivel de Agua en Aljibes.	50
Gráfica 15.	Valores registrados de Dureza en Pozos.	54
Gráfica 16.	Valores registrados de Alcalinidad en Pozos	55
Gráfica 17.	Valores registrados de Bicarbonatos en Pozos.	55
Gráfica 18.	Valores registrados de Nitratos en Pozos.	56
Gráfica 19.	Valores registrados de Nitritos en Pozos.	56
Gráfica 20.	Valores registrados de Nitrógeno Amoniacal en Pozos.	57
Gráfica 21.	Valores registrados de Ortofosfatos en Pozos.	58
Gráfica 22.	Valores registrados de Sólidos en solución en Pozos.	58
Gráfica 23.	Valores registrados de Sólidos Totales en Pozos.	59
Gráfica 24.	Valores registrados de Cloruros en Pozos.	59
Gráfica 25.	Valores registrados de Sulfatos en Pozos.	60
Gráfica 26.	Valores registrados de Hierro en Pozos.	61
Gráfica 27.	Valores registrados de Calcio en Pozos.	62
Gráfica 28.	Valores registrados de Magnesio en Pozos	62
Gráfica 29.	Valores Registrados de Sodio en Pozos.	63
Gráfica 30.	Valores Registrados de Potasio en Pozos.	63
Gráfica 31.	Valores Registrado de Acidez en Pozos	64
Gráfica 32.	Valores Registrados de Coliformes Totales en Pozos.	65
Gráfica 33.	Valores Registrados de Coliformes Fecales en Pozos.	65
Gráfica 34.	Valores registrados de Dureza en Aljibes.	69
Gráfica 35.	Valores registrados de Alcalinidad en Aljibes.	70
Gráfica 36.	Valores registrados de Bicarbonatos en Aljibes.	70
Gráfica 37.	Valores registrados de Nitratos en Aljibes.	71
Gráfica 38.	Valores registrados de Nitritos en Aljibes.	71
Gráfica 39.	Valores registrados de Nitrógeno Amoniacal en Aljibes.	72
Gráfica 40.	Valores registrados de Ortofosfatos en Aljibes.	73
Gráfica 41.	Valores registrados de Solidos en Solución en Aljibes.	73
Gráfica 42.	Valores registrados de Solidos Totales en Aljibes.	74
Gráfica 43.	Valores registrados de Cloruros en Aljibes.	74
Gráfica 44.	Valores registrados de Sulfato en Aljibes.	75
Gráfica 45.	Valores registrados de Hierro en Aljibes	76
Gráfica 46.	Valores Registrados de Calcio en Aljibes.	76
Gráfica 47.	Valores Registrados de Magnesio en Aljibes.	77
Gráfica 48.	Valores Registrados de Sodio en Aljibes	77
Gráfica 49.	Valores Registrados de Potasio en Aljibes.	78
Gráfica 50.	Valores Registrados de Acidez en Aljibes.	79
Gráfica 51.	Valores Registrados de Coliformes Totales en Aljibes.	79
Gráfica 52.	Valores Registrados de Coliformes Fecales en Aljibes.	80
Gráfica 53.	Diagrama de Collins Aljibe Predio el Pino.	92

Gráfica 54. Diagrama de Collins Pozo Finca Santa Lucia	93
Gráfica 55. Diagrama de Collins Pozo Finca Santa Rita	93
Gráfica 56. Diagrama de Collins Aljibe Vereda San José.....	94
Gráfica 57. Diagrama de Collins Pozo Unique Colletion S.A.....	94
Gráfica 58. Diagrama de Collins Aljibe Arca de los Sueños.....	95
Gráfica 59. Diagrama de Collins Pozo Finca el Retiro.....	96
Gráfica 60. Diagrama de Collins Pozo Predio el Cucharo	96
Gráfica 61. Diagrama de Collins Aljibe Finca María.....	97

TABLA DE IMAGENES

Imagen 1. Unidades hidrográficas de la Sabana de Bogotá en jurisdicción del municipio de Guasca.....	12
Imagen 2. Delimitación del área de estudio para el PMAA del Municipio de Guasca	13
Imagen 3. Localización de pozos y aljibes.....	15
Imagen 4. Diagrama para la interpretación de PIPPER.....	34
Imagen 5. Gráficos Típicos de STIFF	35
Imagen 6. Mapa con la distribución espacial de los diagramas de STIFF en Pozos y Aljibes.....	118
Imagen 7. Mapa con la distribución espacial de las concentraciones de conductividad en los nueve puntos monitoreados.....	119

TABLA DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Identificación del punto de muestreo.....	17
Fotografía 2. Medición de la altura de la lámina de agua	17
Fotografía 3. Inspección del estado actual del pozo.....	17
Fotografía 4. Análisis in situ	17
Fotografía 5. Identificación del punto de muestreo.....	18
Fotografía 6. Medición de la altura de la lámina de agua	18
Fotografía 7. Inspección del estado actual del pozo.....	18
Fotografía 8. Análisis in situ	18
Fotografía 9. Identificación del punto de muestreo.....	19
Fotografía 10. Medición de la altura de la lámina de agua	19
Fotografía 11. Inspección del estado actual del pozo.....	20
Fotografía 12. Análisis in situ.....	20
Fotografía 13. Identificación del punto de muestreo.....	21

Fotografía 14. Medición de la altura de la lámina de agua	21
Fotografía 15. Inspección del estado actual del pozo.	21
Fotografía 16. Análisis in situ.	21
Fotografía 17. Identificación del punto de muestreo.	22
Fotografía 18. Medición de la altura de la lámina de agua	22
Fotografía 19. Inspección del estado actual del pozo.	22
Fotografía 20. Análisis in situ	22
Fotografía 21. Identificación del punto de muestreo.	23
Fotografía 22. Medición de la altura de la lámina de agua	23
Fotografía 23. Inspección del estado actual del pozo.	23
Fotografía 24. Análisis in situ	23
Fotografía 25. Identificación del punto de muestreo.	24
Fotografía 26. Medición de la altura de la lámina de agua	24
Fotografía 27. Inspección del estado actual del pozo.	24
Fotografía 28. Análisis in situ	24
Fotografía 29. Identificación del punto de muestreo.	25
Fotografía 30. Medición de la altura de la lámina de agua	25
Fotografía 31. Inspección del estado actual del pozo.	25
Fotografía 32. Análisis in situ	25
Fotografía 33. Identificación del punto de muestreo.	26
Fotografía 34. Medición de la altura de la lámina de agua	26
Fotografía 35. Inspección del estado actual del pozo.	27
Fotografía 36. Análisis in situ	27

TABLA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Diagrama de PIPER en Pozos temporada de lluvia.....	98
Diagrama 2. Diagrama de PIPER en Pozos temporada de Estiaje	99
Diagrama 3. Diagrama de PIPER en Aljibes Temporada de Lluvia.....	101
Diagrama 4. Diagrama de PIPER en Aljibes Temporada de Estiaje.	102
Diagrama 5. Diagrama de SCHÖELLER-BERKALOFF en Pozos Temporada de lluvia.	103
Diagrama 6. Diagrama de SCHÖELLER-BERKALOFF en Pozos Temporada de estiaje.	104
Diagrama 7. Diagrama de SCHÖELLER-BERKALOFF en Aljibes Lluvia.....	106
Diagrama 8. Diagrama de SCHÖELLER-BERKALOFF en Aljibes Estiaje.	107
Diagrama 9. STIFF en el Punto Aljibe Predio el Pino Temporada de Lluvia. ...	109
Diagrama 10. STIFF en el Punto Aljibe Predio el Pino Temporada de Estiaje. ...	109

Diagrama 11. STIFF en el Punto Aljibe Vereda San José Temporada de Lluvia. 110

Diagrama 12. STIFF en el Punto Aljibe Vereda San José Temporada de Estiaje. 110

Diagrama 13. Grafico de STIFF en el punto Arca de los Sueños Temporada de Lluvia. 110

Diagrama 14. Grafico de STIFF en el punto Arca de los Sueños Temporada de Estiaje. 111

Diagrama 15. Gráfico de STIFF en el punto Aljibe Finca María Temporada de Lluvia. 111

Diagrama 16. Gráfico de STIFF en el punto Aljibe Finca María Temporada de Estiaje. 112

Diagrama 17. STIFF en el punto Pozo Finca Santa Lucia Temporada de Lluvia. 113

Diagrama 18. STIFF en el punto Pozo Finca Santa Lucia Temporada de Estiaje. 113

Diagrama 19. STIFF en el punto Pozo Finca Santa Rita Temporada de Lluvia. 114

Diagrama 20. STIFF en el punto Pozo Finca Santa Rita Temporada de Estiaje. 114

Diagrama 21. STIFF en el punto Pozo Unique Colletion S.A Temporada de Lluvia. 115

Diagrama 22. STIFF en el punto Pozo Unique Colletion S.A Temporada de Estiaje. 115

Diagrama 23. STIFF en el punto Pozo Finca el Retiro Temporada de Lluvia... 116

Diagrama 24. STIFF en el punto Pozo Finca el Retiro Temporada de Estiaje. . 116

Diagrama 25. STIFF en el punto Pozo Predio Cucharo Temporada de Lluvia... 117

Diagrama 26. STIFF en el punto Pozo Predio Cucharo Temporada de Estiaje. 117

Diagrama 27. Grafica de salinidad para pozos temporada de lluvia..... 124

Diagrama 28. Grafica de salinidad Pozos Estiaje..... 124

Diagrama 29. Diagrama de salinidad para Aljibes temporada de lluvia..... 127

Diagrama 30. Diagrama de salinidad para Aljibes temporada de estiaje. 128

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1.** Resultados de laboratorio y formatos de campo. (Físico y digital Ver CD)
- Anexo 2.** Balance Iónico. (Físico y digital Ver CD)
- Anexo 3.** Gráfica de Collins. (Digital Ver CD)
- Anexo 4.** Diagrama de Stiff. (Digital Ver CD)
- Anexo 5.** Registro fotográfico. (Digital Ver CD)
- Anexo 6.** Base de datos formato Excel. (Digital Ver CD)

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar la Caracterización Hidrogeoquímica y la determinación de la calidad de agua para nueve puntos de agua subterránea en Temporada de lluvia y estiaje, ubicados en el Municipio de Guasca- Cundinamarca, durante la fase de aprestamiento del sistema de Acuíferos de la sabana de Bogotá en Jurisdicción de CORPOGUAVIO.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Realizar la recolección de muestras y el análisis de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos para los nueve puntos monitoreados de agua subterránea en el Municipio de Guasca (Cundinamarca).

Verificar la consistencia y confiabilidad de los análisis de laboratorio, a través del balance iónico (electro neutralidad).

Clasificar el agua subterránea a través de graficas que muestran las características químicas principales y así identificar su posible origen.

2. METODOLOGIA

2.1 DESCRIPCION GENERAL DEL AREA DE INFLUENCIA -GUASCA CUNDINAMARCA.

El Municipio de Guasca se encuentra situado aproximadamente a cincuenta kilómetros al noreste de la ciudad de Bogotá D.C., pertenece a la Región del Guavio, la cual se extiende desde límites con la Sabana de Bogotá hasta los Llanos Orientales de Colombia, siendo, el Municipio, la puerta geográfica y económica de dicha región. Por su ubicación geográfica Guasca se encuentra a 2700 metros sobre el nivel del mar, ubicándose entre los pisos térmicos frío y páramo, su temperatura media es de 15°C. Su páramo pertenece al sistema del Parque Natural Chingaza, el cual sirve de fuente de agua para el consumo de Bogotá, así como de fuente para la generación de energía eléctrica en el complejo hidroeléctrico del Guavio, uno de los más importantes aportantes al Sistema Eléctrico Interconectado del país¹

Es bien conocido que Guasca es un Municipio de Gran riqueza hídrica, sin embargo es una realidad que el uso inadecuado de los recursos naturales ha venido deteriorado a través del tiempo la calidad del agua superficial, es ahí donde las reservas existentes para el futuro será las fuentes de agua subterránea, de allí la importancia de conocer sus características, composición, comportamiento y grado de afectación, por ello la ejecución del presente estudio busca conocer las características del agua subterránea que corresponde al área de influencia del sistema de acuíferos del municipio de Guasca.

Para la delimitación del área de influencia se tuvo en cuenta los siguientes criterios:

- Las unidades litológicas de interés hidrogeológico.
- El área del sistema de acuíferos de la sabana de Bogotá, en jurisdicción del municipio de Guasca.

Unidades litológicas de interés hidrogeológico. Según lo propuesto en el estudio de zonificación se categorizó en alta, media y baja importancia hidrogeológica, en este caso nos centramos en las formaciones de alta y media importancia hidrogeológica ya que abarca la mayor parte del área de estudio².

¹ PEÑA, Miguel. Municipio de Guasca: Origen del Nombre y Ubicación Política; En: Galeón [en línea]. Disponible en <<http://guasca.galeon.com/nombre.htm>> [citado el día 05/06/2017]

² CORPOGUAVIO. Estudio de Zonificación para Racionalizar el Aprovechamiento de Aguas Subterráneas y Actualización de Expedientes de Pozos Profundos en el Municipio de Guasca (Cundinamarca). 2000.

Tabla 1. Categorías de importancia hidrogeológica y correlación con las unidades geológicas en el municipio de Guasca.

Importancia Hidrogeológica	Porosidad	Tipo de material	Tipo de unidad	Equivalente geológico
Alta	Primaria	Sedimentos permeables	Acuíferos discontinuos de extensión subregional, confinado, eventualmente libre	Terrazas aluviales (Qta)
	Primaria	Rocas permeables	Acuífero discontinuo de extensión local, confinado o libre	Formación Arenisca del Cacho (Tpc)
	Primaria y secundaria	Rocas permeables	Acuíferos discontinuos de extensión regional, confinados o semiconfinado,	Formación Arenisca de labor y tierna (Kgt)
Media	Primaria	Sedimentos permeables	Acuíferos discontinuos de extensión subregional, libres o confinados	Deposito Aluvial (Qal)
	Secundaria	Rocas poco permeables	Acuíferos discontinuos de extensión subregional, confinados	Formación Arenisca Dura (Kgd)

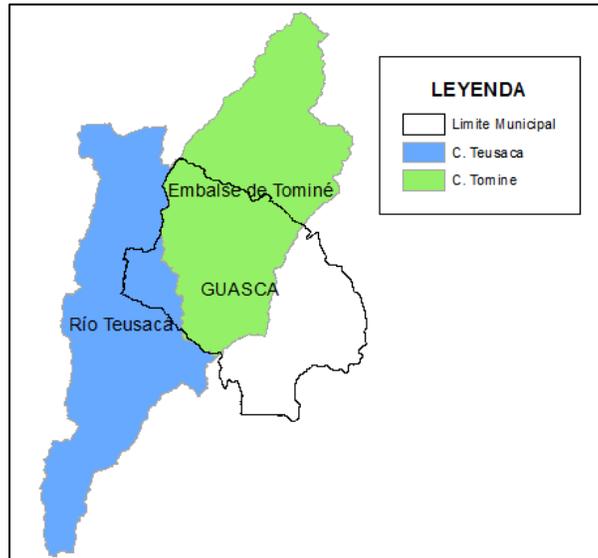
Fuente: SYSCOL CONSULTORES 2017 Tomado (CORPOGUAVIO CORPOGUAVIO & Garcia Gonzalez . 2000)

2.1.1.1 Área del sistema de acuíferos de la sabana de Bogotá, en jurisdicción del municipio de Guasca.

Mediante la información del estudio de formulación del plan de ordenamiento del recurso hídrico de la unidad hidrográfica del embalse de Tominé del cual hacen parte los ríos Siecha – Aves y principales tributarios, y de la unidad hidrográfica del río Teusacá y principales tributarios en las jurisdicciones de la CAR y CORPOGUAVIO las cuales pertenecen a la cuenca del río Bogotá, se tomaron las

unidades hidrográficas (Río Teusacá y embalse de Tominé), que están dentro del municipio de Guasca³.

Imagen 1. Unidades hidrográficas de la Sabana de Bogotá en jurisdicción del municipio de Guasca.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017 Tomado (CAR-CORPOGUAVIO, 2015)

Teniendo en cuenta la información que se obtuvo de las unidades hidrográficas y de las unidades geológicas de interés hidrogeológico se realizó la delimitación preliminar del área de estudio, como resultado se obtuvo la siguiente área.

³ CAR-CORPOGUAVIO. Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico de la unidad hidrográfica del Embalse de Tominé y la unidad hidrográfica del río Teusacá las cuales pertenecen a la Cuenca del río Bogotá. Bogotá : PLANIFICACIÓN INTEGRAL Consultores S.A.S, 2015.

Imagen 2. Delimitación del área de estudio para el PMAA del Municipio de Guasca



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

2.1.2 Localización de Puntos de Muestro.

Para determinar las propiedades físicas y químicas del agua subterránea, se realizó en la primera fase un inventario de pozos, aljibes y manantiales. En el inventario se visitaron 68 puntos de los cuales se identificaron que el 75% son aljibes, la gran mayoría están destinados para uso doméstico y un número más reducido para uso agrícola y ganadero, en la siguiente tabla se presenta la relación de los puntos monitoreados.

Tabla 2. Inventario de pozos

Tipo de captación	Cantidad	Estado
Aljibes	51	24 inactivos, 13 sellados, 6 reserva, 6 productivos y 2 abandonado
Pozos	11	5 productivos, 2 abandonados, 2 sellado, 1 inactivos y 1 reserva
Manantiales	6	3 productivos, 2 en reserva, y 1 seco

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

A partir del inventario anterior se escogieron 9 puntos entre pozos y aljibes teniendo en cuenta que los puntos escogidos debían presentar las siguientes características:

encontrarse en estado activo, estar dentro del área de influencia y contar con el permiso por parte del propietario del predio para realizar el respectivo monitoreo.

- **Pozos**

Los cinco pozos que se escogieron para el monitoreo de calidad, se seleccionaron a partir del inventario de pozos, aljibes y manantiales, estos puntos fueron visitados por el personal de SYSCOL CONSULTORES y se llevó a cabo la actualización de datos de éstos; por otra parte cabe resaltar que dentro de la caracterización físico-química se incluyó para la temporada de lluvia los resultados de calidad de un pozo exploratorio construido por SYSCOL CONSULTORES S.A.S el cual tiene como fin estudiar las características hidráulicas del acuífero que se encuentra sobre la formación cacho, Los pozos escogidos se relacionan a continuación:

Tabla 3. Pozos seleccionados para el análisis de calidad de agua subterránea

Nombre	Vereda	Estado
Pozo Profundo Finca Santa Lucia	Santa Lucia	Productivo
Pozo Profundo Finca Santa Rita	Vereda Trinidad	Productivo
Pozo Profundo Unique Colletion S.A	Límite entre la Vereda Santa Isabel y la Vereda Salitre	Reserva
Pozo Profundo Finca el Retiro	Santa Lucia	Reserva
Pozo Profundo Predio el Cucharo	Santa Lucia	Productivo
Pozo profundo Vereda las Flores	Vereda las Flores	Pozo exploratorio

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

- **Aljibes**

Los cuatro Aljibes que se seleccionaron para el monitoreo de calidad, se encuentra ubicados principalmente en cuaternarios y de acuerdo con las observaciones realizadas en campo la mayoría se encuentran inactivos tal como se muestra a continuación.

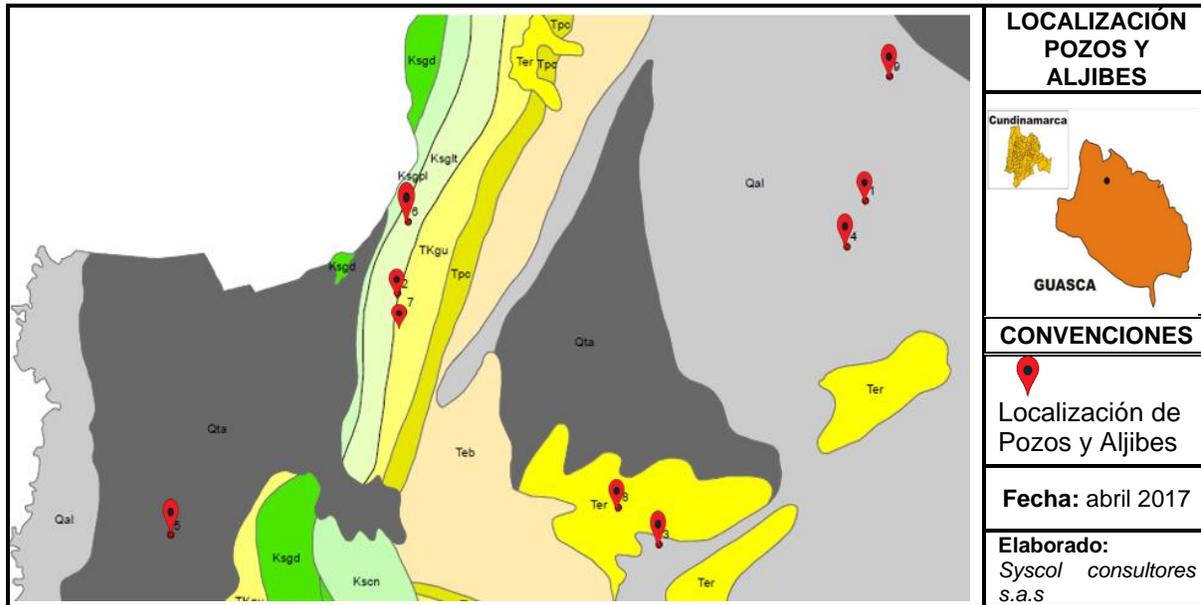
Tabla 4. Aljibes seleccionados para el análisis de calidad de agua subterránea

Nombre	Vereda	Estado
Aljibe Predio el Pino	San José	Inactivo
Aljibe San José	San José	Productivo
Aljibe Arca de los Sueños	Mariano Ospina	Inactivo
Aljibe Finca María	Vereda las flores	Reserva

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

De acuerdo con lo anterior, a continuación, se presenta la localización e identificación de los puntos seleccionados.

Imagen 3. Localización de pozos y aljibes.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Tabla 5. Puntos monitoreados para el análisis de calidad de agua

NUMERO	NOMBRE DEL PUNTO	TIPO	COORDENADAS	P (m)	NIVEL (m)	Formación Geológica
1	Aljibe Predio el pino	Aljibe	E1020937- N1027378	12	6	Depósitos Aluviales
2	Finca Santa Lucia	Pozo	E1016624- N1026575	150	62	Labor y Tierna
3	Finca Santa Rita	Pozo	E1019035- N1024392	150	3	Regadera
4	Vereda San José	Aljibe	E1020768- N1026979	7	3	Depósitos Aluviales
5	Unique colletion S.A	Pozo	E1014531- N1024475	75	3	Depósitos Aluviales
6	Arca de los sueños	Aljibe	E1016721- N1027195	5 a 9	3,85	Labor y Tierna
7	Finca Retiro	Pozo	E1016679- N01026413	150	26,5	Labor y tierna
8	Predio Cucharo	Pozo	E1018660- N1024714	160	82	Regadera
9	Finca María	Aljibe	E1021163- N1028457	4	3	Depósitos aluviales
10	Pozo Vereda las Flores	Pozo	E 1023683.51 N1031232.26	80	56,70	Cacho

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

En la tabla anterior se relaciona la información correspondiente a los diez puntos de agua subterránea que corresponden a pozos y aljibes donde cada ítem hace referencia a:

Numero: Localización del punto en la imagen 2.

Nombre del punto: Nombre del predio donde se encuentra ubicado el punto (Pozo o Aljibe).

Tipo: Tipo de fuente a monitorear sea pozo y/o aljibe

Coordenadas: Georreferenciación de cada punto monitoreado.

P (m): Profundidad total en metros del punto monitoreado.

Nivel (m): Altura medido en campo de la lámina de agua.

Formación Geológica: Formación Geológica en la cual se encuentra cada punto.

Cabe resaltar que las profundidades registradas en campo son datos aproximados suministrados por los propietarios de cada predio, mientras que los valores correspondientes a la altura de la lámina de agua son datos tomados directamente en campo por la consultoría para lo cual se usó una sonda de nivel SOLINST 101.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO DE CALIDAD DEL RECURSO HIDRICO SUBTERRANEA EN EL MUNICIPIO DE GUASCA.

2.2.1 Aljibe Predio El Pino - Vereda San José

El aljibe ubicado en el predio el pino se encuentra en la vereda San José, el ingreso se realiza por la vía que de Guasca conduce a la Vereda las flores, en el punto se encuentra construida una vivienda y los propietarios aseguran que el aljibe no se encuentra en uso ya que los antiguos arrendatarios contaminaron el pozo con residuos y escombros, no obstante durante el muestreo solo se pudo evidenciar restantes de escombros de construcción que no afectan la calidad de la muestra, por lo que se realizó el retiro de los mismos y se procedió a muestrear. En los alrededores del aljibe se observa escasa vegetación, a 100 metros se observa actividad agrícola. La toma de muestra en temporada de lluvia se realizó el día 26 de febrero de 2017 a las 12:30 horas; para la toma de muestra en temporada de estiaje se realizó el día 22 de octubre de 2017 a las 12:00 horas. En cuanto a las características organolépticas no se presentó olor representativo y la coloración del agua fue transparente en las dos temporadas.

REGISTRO FOTOGRÁFICO.

TEMPORADA DE LLUVIA

Fotografía 1. Identificación del punto de muestreo.



Fotografía 2. Medición de la altura de la lámina de agua.



TEMPORADA DE ESTIAJE

Fotografía 3. Inspección del estado actual del pozo.



Fotografía 4. Análisis in situ



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

2.2.2 Pozo Profundo Finca Santa Lucia- Vereda Santa Lucia

El pozo profundo se encuentra ubicado en los límites entre la vereda el salitre y La Vereda Santa Lucia, el ingreso al punto se realiza por la vía que de la calera conduce a Guatavita a 2.5 km donde se encuentra un portón, en ese punto se debe realizar un giro a mano derecha, avanzar aprox. 150m y allí se encuentra ubicada la finca Santa Lucia , en el punto se observan pastizales y actividades ganaderas dentro del predio, a 30 metros de la ubicación del pozo se encuentra un embalse de almacenamiento de agua utilizado para esta actividad. La toma de muestra en temporada de lluvia se realizó el día 10 de marzo de 2017 a las 12:30 horas; para

la toma de muestra en temporada de estiaje se realizó el día 31 de octubre de 2017 a las 07:00 horas. La muestra de agua presentó en temporada de lluvia color amarillo y un ligero olor a hierro, en cuanto a la temporada de estiaje sus características organolépticas varían un poco pues se presentó mayor turbiedad con un aspecto naranja y ligero olor a hierro.

REGISTRO FOTOGRÁFICO.	
TEMPORADA DE LLUVIA	
<p>Fotografía 5. Identificación del punto de muestreo.</p> 	<p>Fotografía 6. Medición de la altura de la lámina de agua.</p> 
TEMPORADA DE ESTIAJE	
<p>Fotografía 7. Inspección del estado actual del pozo.</p> 	<p>Fotografía 8. Análisis in situ</p> 

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

2.2.3 Pozo Profundo Finca Santa Rita- Vereda Trinidad

El pozo profundo se encuentra en la Vereda Trinidad Sector Betania, el ingreso al punto se realiza por la vía que de Guasca conduce hacia el Hotel Café la Huerta en vía recta aprox. 2 Km, después realizar un giro a la izquierda 3.5 Km hasta encontrar un portón con el nombre Finca Santa Rita, en el punto se observa vegetación de tipo arbustiva y pastizales, cerca del pozo existe un embalse de almacenamiento de agua que ayuda a abastecer sus actividades ganaderas, este pozo se encuentra en estado productivo y en sus características organolépticas para la temporada de lluvia se distingue color amarillo claro y presenta un ligero olor a hierro, para temporada de estiaje se observó que la turbiedad se intensificó y se presenta una coloración café con partículas disueltas. La toma de muestra en temporada de lluvia se realizó el día 10 de marzo de 2017 a las 08:30 horas; para la toma de muestra en temporada de estiaje se realizó el día 30 de octubre de 2017 a las 18:00 horas.

REGISTRO FOTOGRÁFICO.	
TEMPORADA DE LLUVIA	
<p>Fotografía 9. Identificación del punto de muestreo.</p> 	<p>Fotografía 10. Medición de la altura de la lámina de agua.</p> 

TEMPORADA DE ESTIAJE

Fotografía 11. Inspección del estado actual del pozo.



Fotografía 12. Análisis in situ



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

2.2.4 Aljibe San José – Vereda San José

El punto se ubica en la vereda San José, el ingreso se realiza por la vía que conduce de Guasca hacia el Colegio el Carmen aprox. 2Km, realizar giro a la izquierda 100m hasta llegar al punto, el pozo está ubicado dentro de la vivienda; alrededor de esta se observa árboles frutales, pastizales y presencia de actividad ganadera. La toma de muestra en temporada de lluvia se realizó el día 10 de marzo de 2017 a las 15:30 horas; para la toma de muestra en temporada de estiaje se realizó el día 22 de octubre de 2017 a las 14:00 horas. En cuanto a las características organolépticas no se presentaron variación entre las temporadas, no se percibió olor y el color fue transparente, el pozo se encuentra en estado activo el uso es de tipo doméstico ya que las personas que residen allí no cuentan con otras fuentes de abastecimiento.

REGISTRO FOTOGRÁFICO.

TEMPORADA DE LLUVIA

Fotografía 13. Identificación del punto de muestreo.



Fotografía 14. Medición de la altura de la lámina de agua.



TEMPORADA DE ESTIAJE

Fotografía 15. Inspección del estado actual del pozo.



Fotografía 16. Análisis in situ.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

2.2.5 Pozo Profundo Unique Colletion S.A. – Limite entre la vereda Santa Isabel y la Vereda Salitre.

El punto se Ubica en el límite entre la Vereda Santa Isabel y la Vereda Salitre, el ingreso se realiza por la vía que de Guasca conduce a la Calera aprox. 200 metros antes de llegar al peaje la Cabaña, realizar un giro a la derecha hasta llegar al punto de muestreo, en el punto se observa presencia de actividad agrícola (Cultivo de Flores), el pozo solo es usado en tiempo seco por tanto se encuentra en estado de Reserva. La toma de muestra en temporada de lluvia se realizó el día 31 de marzo

de 2017 a las 08:30 horas; para la toma de muestra en temporada de estiaje se realizó el día 23 de octubre de 2017 a las 08:00 horas. Las características organolépticas en ambas temporadas no se presentó olor y ni coloración.

REGISTRO FOTOGRÁFICO.	
TEMPORADA DE LLUVIA	
<p>Fotografía 17. Identificación del punto de muestreo.</p> 	<p>Fotografía 18. Medición de la altura de la lámina de agua.</p> 
TEMPORADA DE ESTIAJE	
<p>Fotografía 19. Inspección del estado actual del pozo.</p> 	<p>Fotografía 20. Análisis in situ.</p> 

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

2.2.6 Aljibe Arca de los Sueños- Vereda Mariano Ospina

El aljibe el Arca de Los sueños se encuentra ubicado en la vereda Mariano Ospina, el ingreso se realiza por la vía que Guasca conduce a la vereda Salitre aprox. 8 Km, seguidamente realizar un giro a mano derecha a 3 Km encuentra el punto monitoreado denominado Arca de los sueños; en el punto se observa vegetación de

tipo herbácea y arbustiva, la vivienda se encuentra ubicada a 100 m aprox. y el aljibe se encuentra inactivo. La toma de muestra en temporada de lluvia se realizó el día 30 de marzo de 2017 a las 07:00 horas; para la toma de muestra en temporada de estiaje se realizó el día 22 de octubre de 2017 a las 08:00 horas. Sus características organolépticas para las dos épocas son nulas, no presentaron olor ni color.

REGISTRO FOTOGRÁFICO.	
TEMPORADA DE LLUVIA	
<p>Fotografía 21. Identificación del punto de muestreo.</p> 	<p>Fotografía 22. Medición de la altura de la lámina de agua.</p> 
TEMPORADA DE ESTIAJE	
<p>Fotografía 23. Inspección del estado actual del pozo.</p> 	<p>Fotografía 24. Análisis in situ.</p> 

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

2.2.7 Pozo Profundo Finca Retiro – Vereda Santa Lucia

El punto se ubica en la vereda Santa Lucia, el ingreso se realiza por vía que de salitre conduce a Guatavita aprox. 2.5 Km, se encuentra un portón con el letrero Finca Retiro, ingresar por el predio 50m hasta el punto de monitoreo; en el punto se observa escasa vegetación de tipo arbustivo, predominan los pastizales ya que hay

presencia de actividad ganadera. El pozo se encuentra en reserva y solo es usado en tiempo seco. La toma de muestra en temporada de lluvia se realizó el día 10 de marzo de 2017 a las 12:30 horas; para la toma de muestra en temporada de estiaje se realizó el día 31 de octubre de 2017 a las 07:00 horas. En cuanto a las características organolépticas no se percibió olor y no presentó color en ambas temporadas.

REGISTRO FOTOGRÁFICO.	
TEMPORADA DE LLUVIA	
<p>Fotografía 25. Identificación del punto de muestreo.</p> 	<p>Fotografía 26. Medición de la altura de la lámina de agua.</p> 
TEMPORADA DE ESTIAJE	
<p>Fotografía 27. Inspección del estado actual del pozo.</p> 	<p>Fotografía 28. Análisis in situ.</p> 

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

2.2.8 Pozo Profundo Predio el Cucharo – Vereda Santa Lucia

El pozo ubicado en el predio el Cucharo se ubica en la Vereda Santa Lucia, el ingreso se realiza por la vía que de Guasca Conduce hacia el Hotel la Huerta Aprox. 2km, posteriormente realizar un giro a la izquierda en línea recta aprox. 3,4 Km hasta llegar a un portón con el nombre Finca el Cucharo, en el punto se observa escasa vegetación de tipo arbóreo, predominan los pastizales y se observa presencia de actividad ganadera. La toma de muestra en temporada de lluvia se realizó el día 30 de marzo de 2017 a las 10:15 horas; para la toma de muestra en temporada de estiaje se realizó el día 23 de octubre de 2017 a las 10:00 horas. En las características organolépticas no se percibió olor y la coloración del agua fue transparente en las dos temporadas.

REGISTRO FOTOGRÁFICO.	
TEMPORADA DE LLUVIA	
<p>Fotografía 29. Identificación del punto de muestreo.</p> 	<p>Fotografía 30. Medición de la altura de la lámina de agua.</p> 
TEMPORADA DE ESTIAJE	
<p>Fotografía 31. Inspección del estado actual del pozo.</p> 	<p>Fotografía 32. Análisis in situ.</p> 

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

2.2.9 Aljibe Finca María - Limite entre la Vereda las Flores y Vereda San José

El punto se encuentra ubicado en el límite entre la Vereda las Flores y la Vereda San José, el ingreso al punto se realiza por la vía que Guasca conduce hacia el Colegio el Carmen aprox. 1.5 Km en línea recta, después de pasar el cruce se encuentra ubicada la Finca María, en el punto monitoreado se observa escasa presencia de vegetación de tipo arbóreo, predominan los pastizales, el aljibe se encuentra en uso y es la fuente de abastecimiento de las personas que residen allí, en las áreas aledañas al punto se identifica actividades ganaderas. La toma de muestra en temporada de lluvia se realizó el día 30 de marzo de 2017 a las 13:30 horas; para la toma de muestra en temporada de estiaje se realizó el día 22 de octubre de 2017 a las 10:00 horas. En cuanto a sus características organolépticas no se presentó color ni olor representativo en las dos temporadas.

REGISTRO FOTOGRÁFICO.	
TEMPORADA DE LLUVIA	
<p>Fotografía 33. Identificación del punto de muestreo.</p> 	<p>Fotografía 34. Medición de la altura de la lámina de agua.</p> 

TEMPORADA DE ESTIAJE

Fotografía 35. Inspección del estado actual del pozo.



Fotografía 36. Análisis in situ



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

2.3 METODOLOGIA EMPLEADA EN CAMPO Y LABORATORIO PARA EL ANALISIS Y REPORTE DE RESULTADOS.

En el monitoreo de calidad de agua subterránea desarrollado en diez puntos del municipio de Guasca-Cundinamarca, se encuentran cuatro Aljibes y seis Pozos profundos, incluyendo el pozo exploratorio; a fin de establecer las características fisicoquímicas y bacteriológicas que presenta el agua subterránea del sistema de acuíferos del municipio de Guasca, así mismo se busca identificar posibles fuentes de contaminación ya sea por acción natural o antrópica.

El presente estudio es de vital importancia pues las comunidades del municipio de Guasca podrían estar utilizando estas fuentes como abastecimiento para uso doméstico y consumo humano, de ahí la importancia de establecer la línea base ambiental y conocer las características físicas y químicas del agua en el área de influencia del presente estudio.

Así, la toma de muestras se realizó en la mayoría de los puntos por la técnica de bombeo, obteniendo los siguientes parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos **in situ**: pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto (% Saturación de oxígeno), nivel, saturación de oxígeno y turbidez; **en el Laboratorio**: Sólidos Totales, Sólidos en Solución, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, hierro, calcio, magnesio, sodio, fosfatos, potasio, arsénico, alcalinidad, acidez, Coliformes totales, Coliformes fecales y huevos de helmintos.



Los muestreos y análisis se hicieron de acuerdo con lo establecido en la Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas, publicada por el IDEAM. De igual manera, los análisis de laboratorio se realizaron siguiendo los procedimientos descritos en el “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”. (Ver Tabla.6).

Tabla 6. Metodología de Análisis y Medición de Parámetros

ANÁLISIS.	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	MÉTODO DE MEDICIÓN	LÍMITE DE DETECCIÓN	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
IN SITU CANTIDAD Y CALIDAD GENERAL	Conductividad Eléctrica	$\mu\text{s}/\text{CM}$	ELECTROMETRICO	NA	NA
	Oxígeno Disuelto	$\text{Mg O}_2/\text{L}$	Sm 4500-O C	NA	NA
	Saturación De Oxigeno	%	SM 4500-O C	NA	NA
	Ph	Unidades De Ph	Potenciométrico	NA	NA
	Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	Termométrico, Termoresistencia	NA	NA
	Turbiedad	NTU	Nefelométrico	NA	NA
	Nivel	M	Sonda De Nivel	NA	NA
LABORATORIO	Alcalinidad	$\text{Mg CaCO}_3/\text{L}$	Apha-Awwa-Wef-Sm-2320b	0.5	5.2
	Bicarbonatos	$\text{Mg CaCO}_3 /\text{L}$	Volumétrico SSM 2320B	0.86	1.89
	Cloruros	$\text{Mg Cl-}/\text{L}$	Cromatografía Iónica EPA 300	0.02	0.2
	Hiero	$\text{Mg Metal}/\text{L}$	EPA 200.8	0.03400	0.16200
	Calcio	$\text{Mg Metal}/\text{L}$	EPA 208	0.1110	0.2880
	Magnesio	$\text{Mg Metal}/\text{L}$	EPA 200.8	0.06070	0.36470
	Sodio	$\text{Mg Metal}/\text{L}$	EPA 200.8	0.06190	0.29010
	Potasio	$\text{Mg Metal}/\text{L}$	EPA 208	0.0533	0.2503
	Arsénico	$\text{Mg Metal}/\text{L}$	EPA 200.8	0.00130	0.00680
	Acidez	$\text{Mg CaCO}_3 /\text{L}$	Volumétrico S.M. 2310-B	1	4.9
	Nitratos	$\text{Mg NO}_3\text{-}/\text{L}$	EPA 300.0	0.02	0.05
	Nitritos	$\text{Mg NO}_2\text{-}/\text{L}$	EPA 300.0	0.01	0.05

ANÁLISIS.	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	MÉTODO DE MEDICIÓN	LÍMITE DE DETECCIÓN	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
	Nitrógeno Amoniacal	Mg /L	APHA-AWWA-WEF-SM-4500-NORG B/ SM 4500-NH3 B, C	0.97	5.31
	Ortosfosfatos	Mg Po4-/L	APHA-AWWA-WEF-SM-4500-P E	0.035	0.111
	Sólidos Totales	Mg St/L	APHA-AWWA-WEF-SM-2540 B	NA	NA
	Sólidos En Solución	Mg Sdt/L	APHA-AWWA-WEF-SM 2540 C	NA	NA
	Huevos De Helminto	Huevos/L	Método Modificado De Bailenger	NA	NA
	Coliformes Totales	Nmp/100 MI	APHA-AWWA-WEF-SM-9223 E	1 NMP/100ML	1 NMP/100ML
	Coliformes Fecales	Nmp/100 MI	APHA-AWWA-WEF-SM-9221 B	1 NMP/100ML	1 NMP/100ML

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

El objetivo del muestreo es obtener una parte representativa del material bajo estudio, en este caso cuerpo de aguas subterráneas, en las cuales se analizarán distintas variables fisicoquímicas de interés. Para el análisis de laboratorio la muestra debe conservar los componentes presentes en el cuerpo de agua y que no hayan ocurrido cambios significativos en su composición antes del análisis. Por lo que la muestra de agua debe ser transferida al laboratorio en una nevera o refrigerador con una temperatura adecuada que conserve los componentes, así mismo de acuerdo con tipo de parámetro a analizar es necesario agregar un conservante al frasco donde se almacena la muestra. En la Tabla 7. Preservación de muestras. se muestra la temperatura en que se transportaron las muestras y los conservantes en algunos parámetros. Hay que aclarar que los recipientes de las muestras fueron preparados por el laboratorio y fueron dispuestos a SYSCOL CONSULTORES S.A.S para la recolección de muestras.

Tabla 7. Preservación de muestras.

PARÁMETRO	PRESERVACIÓN
Fisicoquímico general: Alcalinidad, Nitritos, Nitratos, Olor, Color, Sabor, Sólidos totales, sólidos en solución, Bicarbonatos y Turbiedad.	Refrigerar a $\leq 6^{\circ}\text{C}$
Aniones Cromatografía Iónica EPA 300 (Cloruros, Sulfatos, Nitritos, Nitratos)	Refrigerar a $\leq 6^{\circ}\text{C}$
Coliformes Totales y Coliformes Fecales (E. Coli), Huevos de Helminto	Refrigerar a $\leq 6^{\circ}\text{C}$
Metales totales	HNO_3 hasta $\text{pH} < 2$
Metales Disueltos	Filtrar inmediatamente después del muestreo. HNO_3 hasta $\text{pH} < 2$
Ortofosfatos	Refrigerar a $\leq 6^{\circ}\text{C}$
Nitrógeno amoniacal	Agregue H_2SO_4 con $\text{PH} < 2$; Frio $\leq 6^{\circ}\text{C}$

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

En la siguiente tabla se relacionan los equipos utilizados para el trabajo en campo.

Tabla 8. Equipos de trabajo en campo.

N° DE INVENTARIO	EQUIPO	MARCA	MODELO	UBICACIÓN	ESTADO
EQ 001	Multiparámetro	HANNA	HI9811	Depto. De Operaciones	Operativo
EQ 002	Turbidímetro	HANNA	HI 93703	Depto. De Operaciones	Operativo
EQ 003	Oxímetro	HANNA	HI9146	Depto. De Operaciones	Operativo
EQ 004	GPS	GARMIN	MONTANA	Depto. De Operaciones	Operativo
EQ 005	Sonda De Nivel	SOLINST	101	Depto. De Operaciones	Operativo

N° DE INVENTARIO	EQUIPO	MARCA	MODELO	UBICACIÓN	ESTADO
EQ 006	Cámara Fotográfica	CANNON	EOS	Depto. De Operaciones	Operativo

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017.

2.4 ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

2.4.1 Balance iónico

En las aguas subterráneas encontramos especies iónicas que se encuentran en diferentes concentraciones, aquellas que presentan concentraciones mayores 1mg/L, lo cual se denomina como una especie iónica mayor dentro de este grupo encontramos:

CATIONES COMO

- Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}

ANIONES COMO

- Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} .

Sin embargo en las aguas subterráneas también se pueden encontrar otro tipo de compuestos como son, los componentes minoritarios entre ellos se encuentra el Fe, Mn, F y H, que puede encontrarse en condiciones naturales de acuerdo a la formación geológica o por el tipo de suelo de la zona, no obstante existen otros compuestos adicionales que se encuentran generalmente en concentraciones menores a 0.1 mg/L, aquellos constituyentes traza, estos presentan una particularidad y es que representan un grado de peligro para la salud del ser humano y para el medio ambiente, ejemplo de ello son los compuestos metálicos (Al, Pb, Cr, As, entre otros.)

De acuerdo con lo anterior es importante realizar una clasificación de las aguas subterráneas y como primera medida, se debe realizar una evaluación del análisis químico para verificar la consistencia de los análisis realizados en laboratorio. Esto se realiza a través de un balance iónico (electro neutralidad) y la verificación de relaciones entre algunos iones y parámetros, los cuales indican que la muestra de agua fue analizada correctamente y los resultados son confiables. El error del balance iónico se define según la Ec 1, y hace parte de un requerimiento mínimo que debe hacerse dentro de la evaluación del análisis químico, para establecer la confiabilidad de los resultados del laboratorio.

EC 1.

$$\% \text{ Error} = \frac{\sum \text{cationes} - \sum \text{aniones}}{\sum \text{cationes} + \sum \text{aniones}}$$

Para el análisis del balance iónico se utilizó el software de libre acceso EASY-QUIM el cual fue diseñado por el Grupo de Hidrología Subterránea - Departamento de Ingeniería del Terreno de la UPC, este sirve para realizar el cálculo de los balances químicos en análisis de agua y su representación gráfica (Piper, Siff, Schöeller y Diagramas de salinidad)⁴.

2.4.2 Diagrama de Collins o Columnares

El diagrama de Collins consiste en representar en una columna a la izquierda los cationes en mili equivalentes, en el orden siguiente: de abajo arriba Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , en una columna adosada a la derecha se representa en el mismo orden CO_3H^- , SO_4 , Y Cl^- y por encima de este último, se añade CO_2 , libre, se puede expresar también en porcentaje de mili equivalentes. Teóricamente las dos columnas han de tener la misma altura, ya que la suma de aniones y cationes ha de coincidir⁵.

2.4.3 Diagrama de Pippet

“Es utilizado para la interpretación preliminar de datos hidro químicos; realizando una clasificación de las aguas a partir de las concentraciones de iones y cationes, permite visualizar, la evolución geoquímica de las aguas subterráneas y detecta procesos de intercambio catiónico.

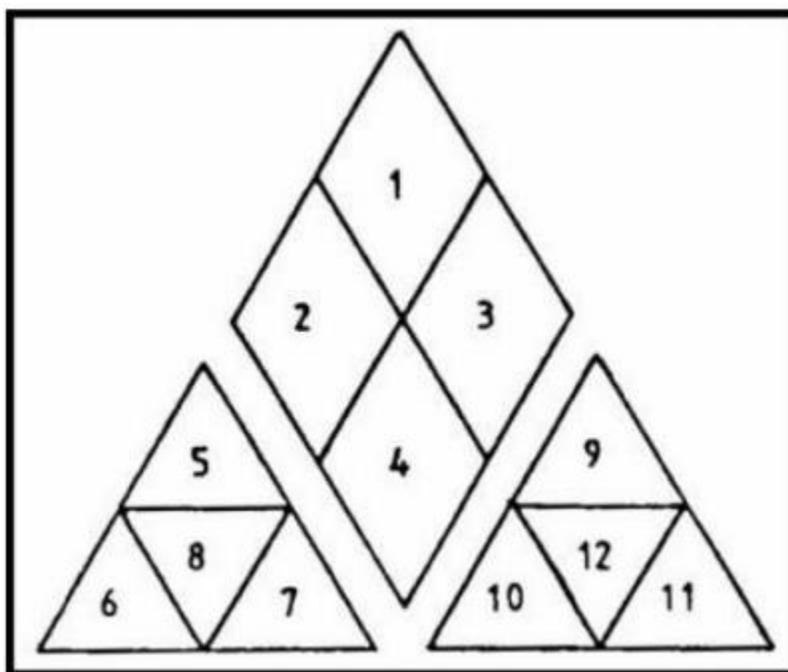
La mayoría de los componentes químicos mayoritarios en las aguas subterráneas son altamente reactivos, es decir, están sometidos a múltiples reacciones químicas entre el agua y el terreno durante el flujo del agua subterránea por el medio. Esto hace que las concentraciones de los mismos en solución varíen local y espacialmente debido, por ejemplo, a reacciones de disolución y precipitación mineral. Los componentes mayoritarios más reactivos son: Na, Ca, Mg, K, HCO_3 y SO_4 . A estos componentes químicos se les llama “reactivos” o “no conservativos”. Los Diagramas de Piper o Triangulares son ideales para representar tres componentes (aniones y cationes) en forma simultánea.

⁴ MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE 2014. Guía metodológica para la Formulación de Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos, Vélez Otálvaro, María Victoria, Otálvaro Hoyos, Doris Liliana, Navarro Cuervo, Luz Francy, Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico Bogotá, D.C.: Colombia.

⁵ PULIDO, José Luis, HIDROGEOLOGIA PRACTICA, Bilbao España, Urmo, 1978, p. 261.

Las aguas químicamente semejantes se encontrarán agrupadas, y pueden clasificarse por su ubicación en el diagrama según la figura mostrada en la página siguiente⁶ :

Imagen 4. Diagrama para la interpretación de PIPPER



Fuente: Mis Juárez, web

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/6637/1/Karla%20Anabella%20Mis%20Juarez.pdf>, consulta 20 de mayo de 2017

- 1) Aguas sulfatadas y cloruradas, cálcicas y magnésicas
- 2) Aguas bicarbonatadas cálcicas y magnésicas
- 3) Aguas cloruradas y sulfatadas sódicas
- 4) Aguas bicarbonatadas sódicas
- 5) Aguas magnésicas
- 6) Aguas cálcicas
- 7) Aguas sódicas
- 8) Aguas magnésicas, cálcicas y sódicas
- 9) Aguas sulfatadas
- 10) Aguas bicarbonatadas
- 11) Aguas cloruradas

⁶ MIS JUÁREZ, Karla 2017, *En: Aplicación del balance iónico y construcción del diagrama de piper para la evaluación del potencial industrial de las aguas subterráneas de la ciudad de Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, [En línea]. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6637/1/Karla%20Anabella%20Mis%20Juarez.pdf> [citado el día 05/06/2017]*

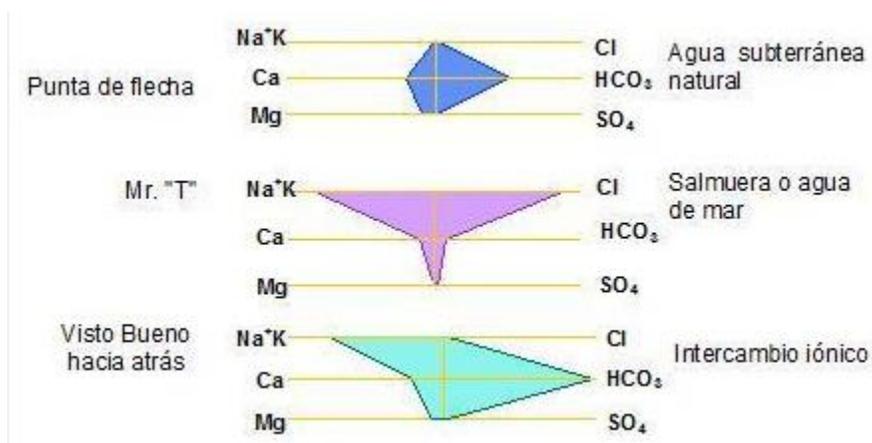
12) Aguas sulfatadas, bicarbonatadas y cloruradas

2.4.4 Diagrama de STIFF

Esta gráfica está compuesta por tres ejes horizontales, cada uno de ellos uniendo un catión y un anión. Todos los cationes se disponen al costado izquierdo del diagrama, y los aniones al derecho. Siempre el Na^+ se confronta con el Cl^- , el Ca^{+2} con el HCO_3^- y el Mg^{+2} con el SO_4^{-2} (a veces también se pueden mostrar otros dos iones, como el Fe^{+2} contra el NO_3^-). Todos los ejes horizontales están a la misma escala (lineal) y las concentraciones están dadas en meq/l.

Dos características sobresalen en este tipo de diagrama: por un lado, permite visualizar claramente diferentes tipos de agua (cada una con una configuración particular) y, en forma simultánea, permite dar idea del grado de mineralización (ancho de la gráfica), en la gráfica siguiente se muestran algunas apreciaciones de este diagrama que caracterizan varios tipos de aguas⁷.

Imagen 5. Gráficos Típicos de STIFF



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017 Tomado de <http://www.aguaysig.com/2011/01/los-diagramas-mas-usados-para-la.html>.

2.4.5 Diagrama de SCHOELLER

Esta clasificación propuesta en 1955 tiene en cuenta los valores absolutos de las concentraciones de cada ion. Se distingue: a) tipo en el que participan los aniones fundamentales en el orden Cl^- , $\text{SO}_4 = \text{HCO}_3^-$, aportando cada uno un signo; b) grupo

⁷ AGUA Y SIG, En: Los diagramas más usados para la interpretación de análisis hidro químicos. [en línea] Disponible en <http://www.aguaysig.com/2011/01/los-diagramas-mas-usados-para-la.html> [citado el día 05/06/2017]

dado por la relación entre iones y formado por tres símbolos, y c) clase dada por la clasificación expuesta en el apartado a)⁸.

Utilidad de los diagramas de SCHOELLER:

- “Se puede representar tanto aguas diluidas como concentradas en un mismo diagrama.
- Permite clasificar los diferentes tipos de aguas.
- En una misma línea de flujo permite establecer la evolución del agua en el acuífero, así como determinar los procesos modificatorios, como intercambio iónico, procesos de óxido reducción y mezcla de diferentes tipos de agua.
- Es muy útil para estudiar la evolución temporal de aguas subterráneas en un mismo punto”⁹.

Tabla 9. Clasificación de SCHOELLER según la concentración de Cl

Grupo de cloruros	Denominación	Valor r Cl	Observaciones
1	Hiperclorurado	>700	Hasta Saturación agua del mar 560
2	Clorotalasico	700 a 420	
3	Clorurado Fuerte	420 a 140	
4	Clorurado Medio	140 a 40	
5	Oligoclorurado	40 a 15	
6	Clorurado normal	<10	

Fuente: Mis Juarez, web” <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6637/1/Karla%20Anabella%20Mis%20Juarez.pdf>, consulta 20 de mayo de 2017

Tabla 10. Clasificación de SCHOELLER según la concentración de SO₄.

Grupo Sulfatos	Denominación	Valor r SO ₄	Observaciones
1	Hipersulfatado	>58	Agua de mar 58
2	Sulfatado	58 a 24	
3	Oligosulfatado	24 a 6	
4	Sulfatado normal	<6	

Fuente: Mis Juarez, web” <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6637/1/Karla%20Anabella%20Mis%20Juarez.pdf>, consulta 20 de mayo de 2017

Tabla 11. Clasificación de SCHOELLER según la concentración de HCO₃

Grupo de Bicarbonatos	Denominación	Valor r HCO ₃
1	Hiperbicarbonatado	>7
2	Bicarbonatado normal	7 a 2
3	Hipo bicarbonatado	< 2

Fuente: Mis Juarez, web” <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6637/1/Karla%20Anabella%20Mis%20Juarez.pdf>, consulta 20 de mayo de 2017

⁸ Ibíd., p. 1

⁹ Ibíd., p. 1

3. RESULTADOS

3.1 CARACTERIZACION HIDROGEOQUIMICA Y DETERMINACION DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en campo y en laboratorio en temporada de lluvias y temporada de estiaje para la caracterización de los cuerpos de agua subterránea.

3.1.1 Indicadores de Calidad de Agua

La Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 14031, define como un indicador de la condición ambiental ICA; a la expresión específica que proporciona información sobre la condición ambiental local, regional, nacional o global del medio ambiente; teniendo en cuenta este apartado se formularon los indicadores de calidad de acuerdo con las características fisicoquímicas del agua subterránea.

Los rangos de clasificación son los planteados en el Plan de Manejo Ambiental de agua subterránea en la sabana de Bogotá y Zona Crítica¹⁰ así mismo las características del agua fueron tomadas de Calidad y Contaminación de las aguas subterráneas en España¹¹

Tabla 12. Indicadores de cumplimiento de calidad de agua de acuerdo con sus características físicas y químicas

INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA DE ACUERDO CON LAS CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS	
PARAMETROS FISICOS	
PARAMETROS	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO
Olor	Inodora= aceptable Presencia de Olor=No aceptable
Color	Incolora= aceptable Presencia de Color=No aceptable
PARAMETROS QUIMICOS	
Nitritos Mg/L	<0,1 = Concentraciones Normales >0,1 = Procesos de contaminación

¹⁰ CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA, Plan de Manejo ambiental en la Sabana de Bogotá y Zona Crítica, Bogotá D.C, noviembre de 2008.

¹¹ PORRAS, Jorge; NIETO, Pedro; EPTISA: ÁLVAREZ, Ceferino; En: calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España 1985, [en línea] Disponible en < <http://aguas.igme.es/igme/publica/libro43/lib43.htm> > [citado el día 02/06/2017]

INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA DE ACUERDO CON LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	
Nitratos mg/L	0,1-10= Concentraciones Normal >10= Procesos de contaminación asociados al uso del suelo
Alcalinidad mg/L	100-300 = Concentraciones bajas y medias de carbonatos - Bicarbonatos. (Aceptable). ¹² >300=Efectos de mineralización
Amonio mg/L	<0,1 =Aceptable >0,1= Indicador de Contaminación
Bicarbonatos mg/L	50-350= Concentraciones Normales en aguas dulces subterráneas
Calcio mg/L	10-250= Concentraciones Normales en aguas dulces >250 Concentraciones típicas de fuentes salmueras o terrenos yesíferos. ¹³
Cloruros mg/L	10-250= Concentraciones normales en aguas dulces >250 Concentraciones típicas de fuentes aguas saladas ¹⁴
Hierro mg/L	0-10 = Concentraciones Normal sin embargo a pH 6-8 Puede encontrarse hasta en 50 mg/L. Si las concentraciones > 10 mg/L Podría presentar anomalías. ¹⁵
Fosfatos mg/L	(1-10)= Concentraciones Aceptables >10 = se asocian a la industria de manufacturación de fertilizantes fosfatados, a las aguas residuales de origen urbano (detergentes) o ganadero, etc. ¹⁶
Magnesio mg/L	1-100 = Característico de Aguas dulces Naturales >100= Característico de terrenos calcáreos ≥ 1000 Característico de Terrenos Evaporitas ¹⁷
Potasio mg/L	0,1-10= Concentraciones Normales en Aguas Naturales >10=Concentraciones de aguas salmueras o indicios de contaminación por Vertimientos de Aguas Residuales ¹⁸

Fuente: Plan de manejo ambiental de agua subterránea en la sabana de Bogotá y Zona Crítica (adaptado: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017)

3.1.2 Análisis y resultados in situ del Agua Subterránea

En la tabla 13 y la tabla 14 se presentan los resultados de las mediciones realizadas en campo en la temporada de lluvia y temporada de estiaje, sobre los diez puntos establecidos para calidad de agua subterránea en el Municipio de Guasca-Cundinamarca, en la tabla 13 se incluyó en los resultados las mediciones del pozo exploratorio perforado en la formación el cacho en la vereda las flores, para este pozo sólo se hizo análisis in situ en temporada de lluvia debido a que en ésta fue el tiempo de la perforación, así mismo Los puntos son los siguientes:

¹² *Ibíd.*, p.21

¹³ *Ibíd.*, p.21

¹⁴ *Ibíd.*, p.19.

¹⁵ *Ibíd.*, p.23.

¹⁶ *Ibíd.*, p.23.

¹⁷ *Ibíd.*, p.21.

¹⁸ *Ibíd.*, p.22.

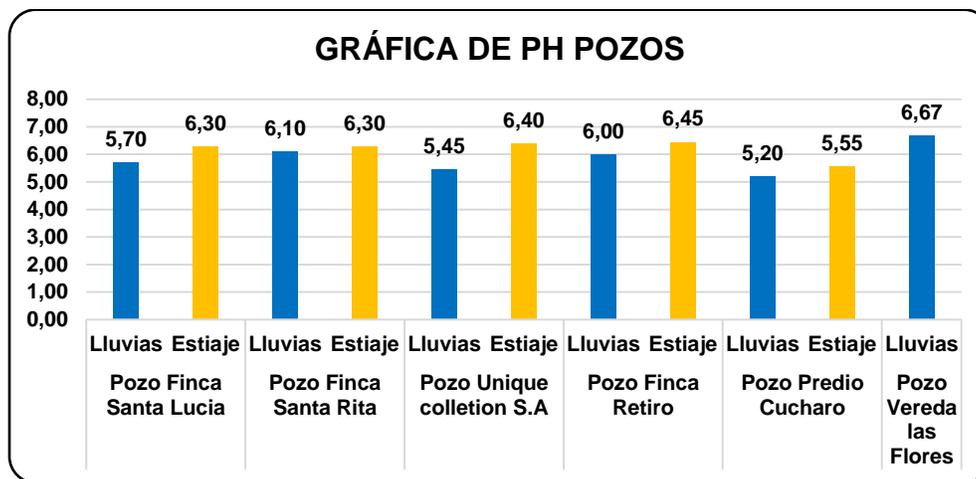
- Aljibe predio el pino (Vereda San José)
- Finca Santa Lucia (Vereda Santa Lucia).
- Finca Santa Rita (Vereda Trinidad)
- Aljibe San José (Vereda San José)
- Unique collection S.A (Vereda Santa Isabel)
- Arca de los Sueños (Vereda Mariano Ospina)
- Finca Retiro (Vereda Santa Lucia)
- Predio Cucharo (Vereda Santa Lucia)
- Finca María (Vereda la Floresta)
- Pozo Exploratorio (Vereda las Flores)

Los parámetros medidos en campo fueron: pH, Temperatura, Conductividad eléctrica, Oxígeno Disuelto, Porcentaje de saturación de Oxígeno, Turbiedad y Nivel (altura de la lámina de agua), en el pozo exploratorio no se midió oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno. Estos parámetros se midieron siguiendo la metodología descrita previamente y de los cuales se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 13. Resultados de las mediciones in situ (Calidad de Agua) de los pozos, municipio de Guasca – Cundinamarca.

PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADOS POR PUNTOS DE COLECCIÓN DE MUESTRA.										
		Pozo Finca Santa Lucia		Pozo Finca Santa Rita		Pozo Unique collection S.A.		Pozo Finca Retiro		Pozo Predio Cucharo		Pozo Vereda las Flores
		Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvias
pH	Unidades de pH	5,80	6,30	6,10	6,30	5,40	6,40	6,00	6,40	5,20	5,60	6,67
		5,60	6,30	6,10	6,30	5,50	6,40	6,00	6,50	5,20	5,50	6,67
	Promedio	5,70	6,30	6,10	6,30	5,45	6,40	6,00	6,45	5,20	5,55	6,67
Temperatura	°C	19,60	17,40	20,10	16,70	15,50	18,20	20,01	18,40	17,40	18,40	25,40
		19,80	17,50	19,10	16,70	15,40	18,60	19,90	18,60	17,40	18,00	25,40
	Promedio	19,70	17,45	19,60	16,70	15,45	18,40	19,96	18,50	17,40	18,20	25,40
Conductividad Eléctrica	µS/cm	6,20	260,00	100,00	130,00	50,00	360,00	140,00	210,00	0,80	160,00	153,00
		6,15	260,00	130,00	130,00	50,00	320,00	130,00	220,00	0,80	160,00	153,00
	Promedio	6,18	260,00	115,00	130,00	50,00	340,00	135,00	215,00	0,80	160,00	153,00
Oxígeno Disuelto	mgO ₂ /L	3,52	3,30	3,41	3,25	4,15	3,95	4,44	4,10	5,20	4,90	-
		3,60	3,10	3,35	3,10	4,14	3,90	4,36	4,20	5,02	4,95	-
	Promedio	3,56	3,20	3,38	3,18	4,15	3,93	4,40	4,15	5,11	4,93	-
Oxígeno Disuelto	%	43,34	39,00	52,40	51,30	56,80	51,10	68,70	68,00	76,60	72,70	-
		44,33	38,50	51,70	50,10	56,60	52,60	67,80	67,50	75,40	72,10	-
	Promedio	43,84	38,75	52,05	50,70	56,70	51,85	68,25	67,75	76,00	72,40	-
Turbiedad	UNT	5,20	5,53	134,00	6,80	12,12	2,48	3,98	4,68	32,61	22,00	375,00
		5,10	5,51	134,00	6,90	10,15	5,08	3,82	4,76	32,60	21,55	375,00
	Promedio	5,15	5,52	134,00	6,85	11,14	3,78	3,90	4,72	32,61	21,78	375,00
Nivel	Metros	62,00	62,10	3,00	4,80	3,00	15,70	26,50	28,00	46,00	45,80	56,70

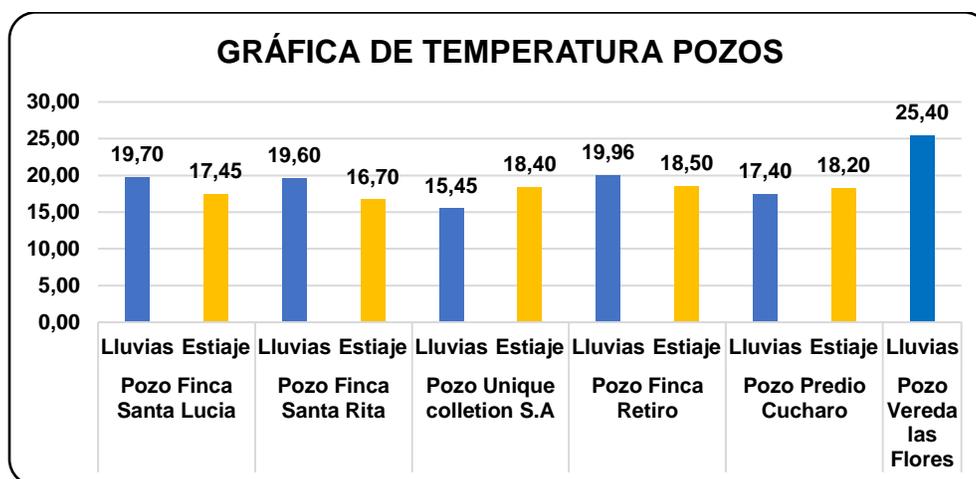
Gráfica 1. Valores reportados de pH en Pozos.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Los resultados de las mediciones en campo para los parámetros fisicoquímicos del agua subterránea, para el parámetro de pH, de acuerdo con la imagen anterior, se puede identificar que en la temporada de lluvia presenta condiciones un poco más acidas que en la temporada de estiaje, con un promedio de 5,85 y 6,2 respectivamente, el grado de acidez en este tipo de agua se debe posiblemente a procesos de infiltración de la lluvia, así como la interacción entre los componentes por donde circula el agua.

Gráfica 2. Valores reportados de Temperatura en Pozos.

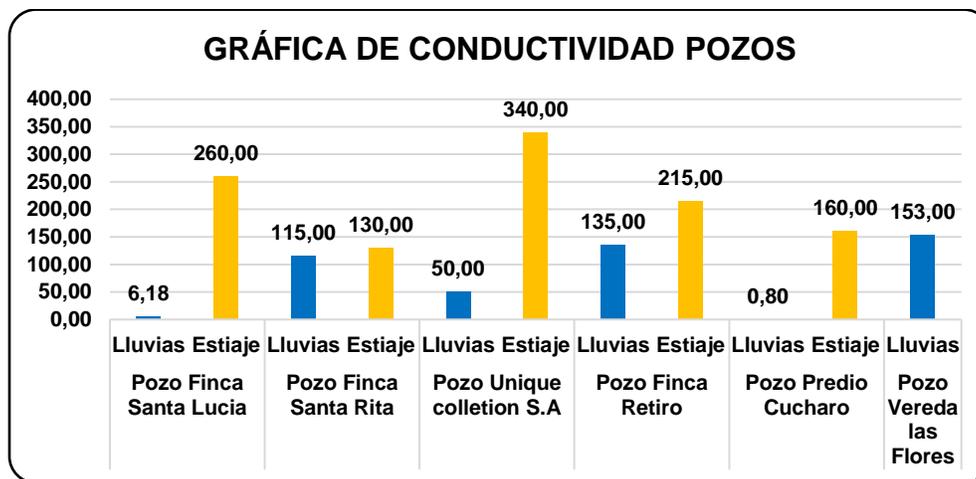


Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

La temperatura en las aguas subterráneas es relativamente constante durante todo el año, sin embargo existen factores que pueden alterarla como son las variaciones estacionales del calor recibido por el sol y su transferencia en el interior de la tierra, de este modo se puede observar en la gráfica que la temperatura monitoreada entre

las dos temporadas no varía significativamente, igualmente se puede identificar que en la mayoría de puntos la temperatura es mayor en temporada de lluvia, a excepción del pozo predio Cucharo donde la temperatura es ligeramente mayor en temporada de estiaje.

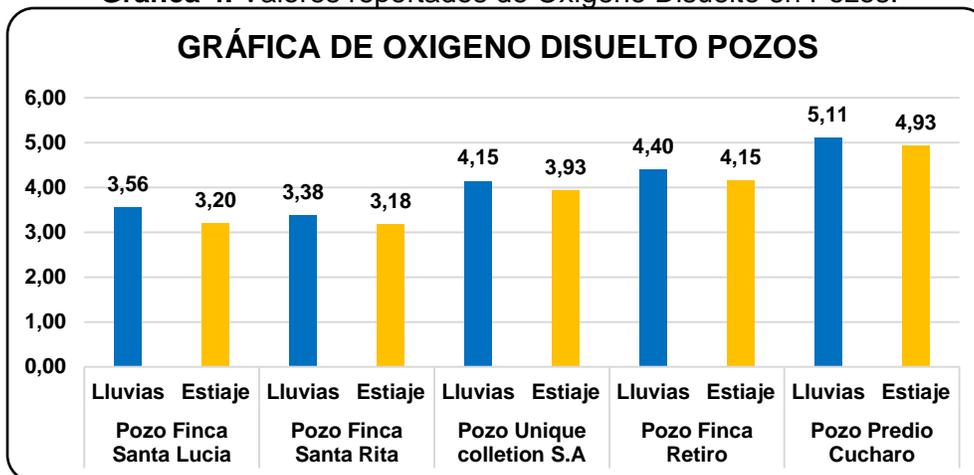
Gráfica 3. Valores reportados de Conductividad en Pozos.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

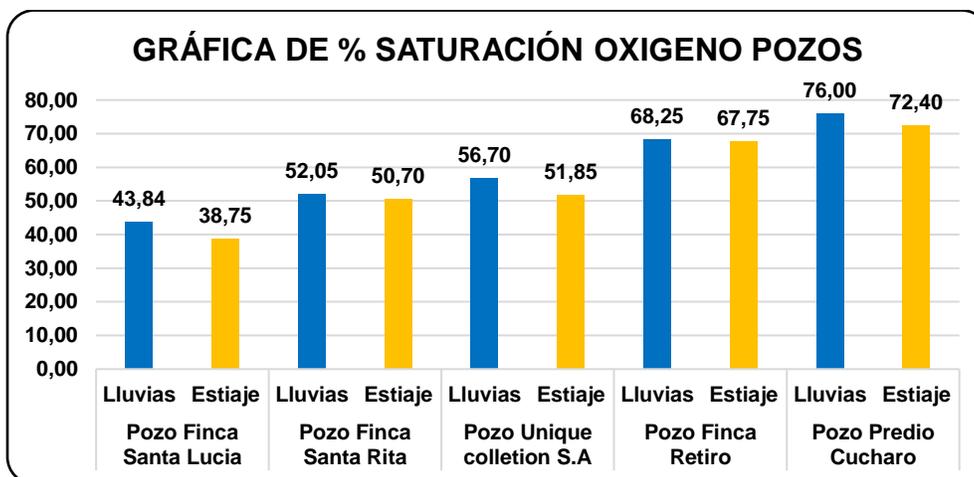
La conductividad está definida por la concentraciones de iones y sales disueltas que pueden variar de acuerdo al tipo de mineral o roca por donde circula el agua; por otra parte estos datos también son útiles para identificar la presencia de sólidos disueltos, los valores registrados en los Pozos profundos presentan valores que oscilan entre 0,80 $\mu\text{S/cm}$ y 153 $\mu\text{S/cm}$ para temporada de lluvia, y en temporada de estiaje oscilan entre 130 $\mu\text{S/cm}$ y 340 $\mu\text{S/cm}$, los valores mínimos registrados refiere a bajas concentraciones de iones y sales disueltas, los valores máximos puede representar un aporte importante de minerales que puede darse por la presencia de areniscas, arcillolitas o lodolitas, características de las formaciones donde se encuentran los puntos. Así mismo se puede identificar claramente que en temporada de estiaje la conductividad es mayor en todos los puntos.

Gráfica 4. Valores reportados de Oxígeno Disuelto en Pozos.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Gráfica 5. Valores reportados de % Saturación de Oxígeno en Pozos.



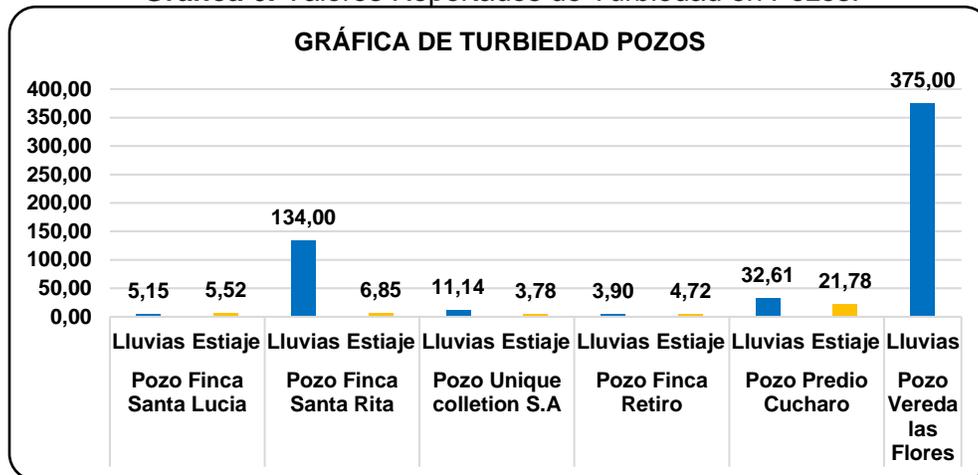
Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

El Oxígeno disuelto en aguas subterráneas generalmente es bajo, no obstante “Su importancia deriva del hecho de su capacidad de oxidación de diferentes tipos de constituyentes que se encuentran en forma reducida y de modificar, en consecuencia, la solubilidad de los mismos¹⁹”, en los puntos monitoreados se presentaron pocas variaciones en los contenidos de oxígeno y % de saturación de oxígeno, notándose claramente que en temporada de lluvia hay más concentración

¹⁹ INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA 1985. Porras Martín, Jorge; Nieto López-Guerrero. Pedro; EPTISA: Álvarez-Fernández, Ceferino; Fernández Uría, Antonio; Gimeno, María Victoria, IGME, Calidad y Contaminación de las Aguas Subterráneas en España, consultado 02/06/2017, [línea]” <http://aguas.igme.es/igme/publica/libro43/lib43.htm>”.

que en temporada de estiaje, estas diferencias particularmente se asocian a las condición de presión y temperatura.

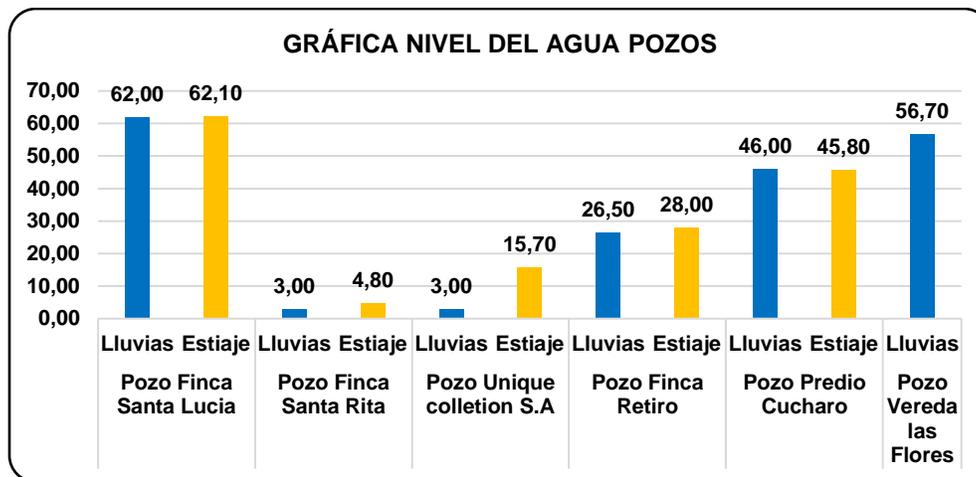
Gráfica 6. Valores Reportados de Turbiedad en Pozos.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

La turbiedad en el agua está dada por la cantidad de materiales coloidales presentes en una muestra de agua, entre los materiales se encuentran limos, arcillas, material orgánico, entre otros, sin embargo las aguas subterráneas debido a las características del medio en el que se encuentran presentan bajo contenido de materiales suspendidos, no obstante en el monitoreo realizado se evidencian concentraciones representativas en el punto del pozo exploratorio vereda las flores con 375 NTU(Unidad de Turbidez Nefelométrica) para temporada de lluvia y el punto ubicado en el predio Cucharo con un valor de 21,78 NTU para temporada de estiaje, que pueden estar asociados a residuos de material arcilloso que no alcanzo a salir durante la purga, otra causa asociada puede ser a fallas en los filtros del pozo.

Gráfica 7. Valores Reportados del Nivel de Agua en Pozos.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

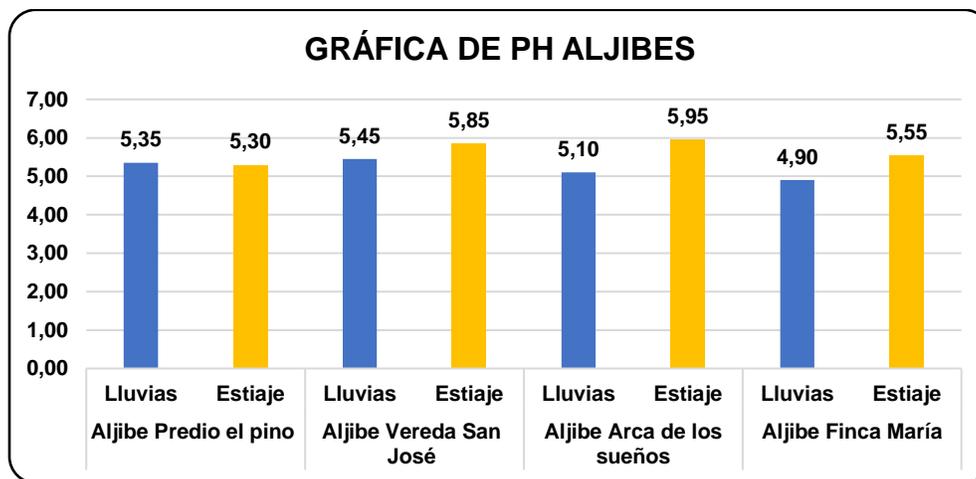
El nivel del agua de los Pozos monitoreados es variable, esto debido a la ubicación geográfica de los puntos y la profundidad donde se encuentra el acuífero, en la gráfica anterior se identifica que en la mayoría de los pozos el nivel de agua fue mayor en temporada de estiaje como se podría esperar, sin embargo el pozo del predio Cucharo en temporada de estiaje fue inferior que en temporada de lluvia, estas variaciones pueden presentarse debido a la frecuencia de uso de la fuente, así como a las características topográficas del terreno.

Tabla 14. Resultados de las mediciones in situ (Calidad de Agua) de los aljibes, municipio de Guasca – Cundinamarca.

PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADOS POR PUNTOS DE COLECCIÓN DE MUESTRA ALJIBES							
		Aljibe Predio el pino		Aljibe Vereda San José		Aljibe Arca de los sueños		Aljibe Finca María	
		Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje
pH	Unidades de pH	5,30	5,30	5,50	5,90	5,10	6,00	4,90	5,80
		5,40	5,30	5,40	5,80	5,10	5,90	4,90	5,30
	Promedio	5,35	5,30	5,45	5,85	5,10	5,95	4,90	5,55
Temperatura	°C	19,90	15,40	18,90	17,30	16,70	19,80	17,00	17,50
		19,80	15,50	18,50	16,00	16,70	19,30	17,00	17,00
	Promedio	19,85	15,45	18,70	16,65	16,70	19,55	17,00	17,25
Conductividad Eléctrica	µS/cm	0,80	400,00	480,00	720,00	0,90	680,00	7,40	10,20
		0,80	400,00	470,00	680,00	0,90	600,00	7,30	9,10
	Promedio	0,80	400,00	475,00	700,00	0,90	640,00	7,35	9,65
Oxígeno Disuelto	mgO ₂ /L	4,79	4,50	4,82	4,20	4,12	3,85	5,07	4,60
		4,75	4,45	5,00	4,42	4,10	3,82	5,01	4,59
	Promedio	4,77	4,48	4,91	4,31	4,11	3,84	5,04	4,60
Oxígeno Disuelto	%	73,70	71,00	69,90	65,25	59,40	54,30	75,12	72,05
		73,80	70,70	87,10	68,40	59,10	53,80	74,10	71,85
	Promedio	73,75	70,85	78,50	66,83	59,25	54,05	74,61	71,95
Turbiedad	UNT	25,70	0,33	0,00	0,80	4,10	2,87	0,00	3,13
		26,00	0,26	0,00	0,81	4,37	2,85	0,10	3,05
	Promedio	25,85	0,30	0,00	0,81	4,24	2,86	0,05	3,09
Nivel	Metros	6,00	4,30	3,00	3,30	3,85	4,00	3,00	3,50

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

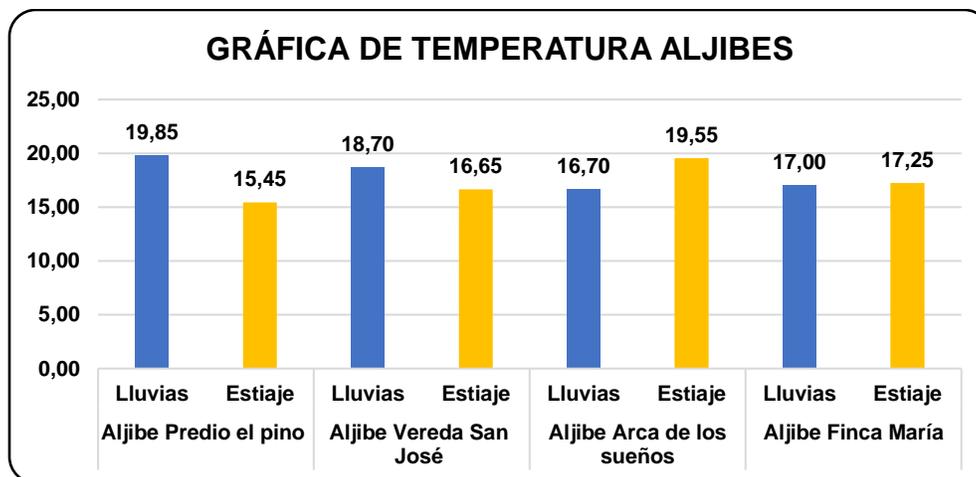
Gráfica 8. Valores reportados de pH en Aljibe.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

En cuanto a las mediciones de pH de los aljibes los valores reportados son más bajos en relación con los pozos profundos, esto se asocia a la profundidad pues los aljibes se encuentran más cerca de la superficie, los valores obtenidos en temporada de lluvia oscilan entre 4,90 y 5,45, y los valores obtenidos en temporada de estiaje oscilan entre 5,30 y 5,95. Estas variaciones puede presentarse debido a las características acidas del suelo de la región, ya que por procesos de infiltración el agua lluvia se mezcla con agua subterránea.

Gráfica 9. Valores reportados de Temperatura en Aljibes.

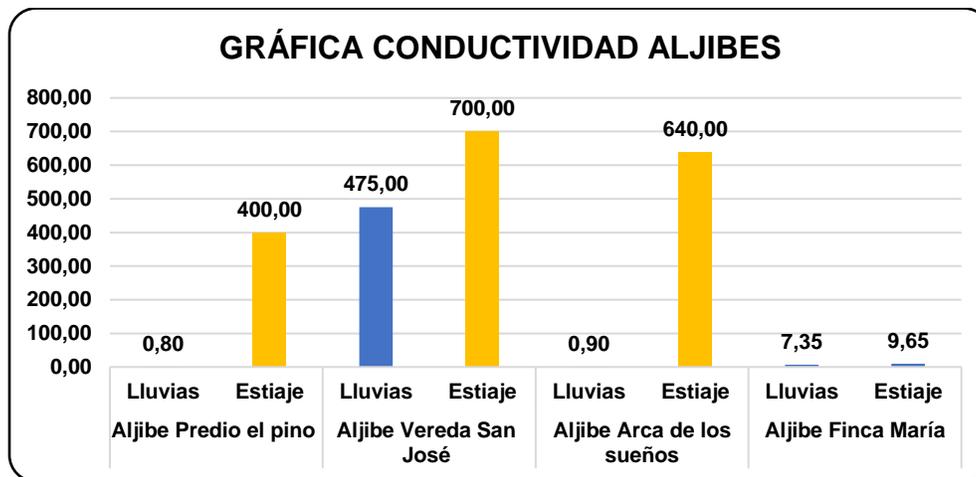


Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

En cuanto a la temperatura evaluada en los aljibes de observa que la diferencia de temperatura entre el valor máximo y el valor mínimo monitoreado es de aproximadamente 3° para temporada de lluvia, siendo el valor mínimo de 16,70°C en el punto denominado Aljibe Arca de los Sueños y el valor máximo en Aljibe Predio

el pino. En temporada de estiaje la diferencia de temperatura entre el valor máximo y mínimo es de 4°, estando el valor mínimo de 15,45 °C en el punto denominado Aljibe Predio el Pino y el valor máximo con 19,55 °C en el Aljibe Arca de los Sueños, estas diferencias entre los puntos pueden darse debido a la incidencia y duración de los rayos solares, sobre la superficie del terreno.

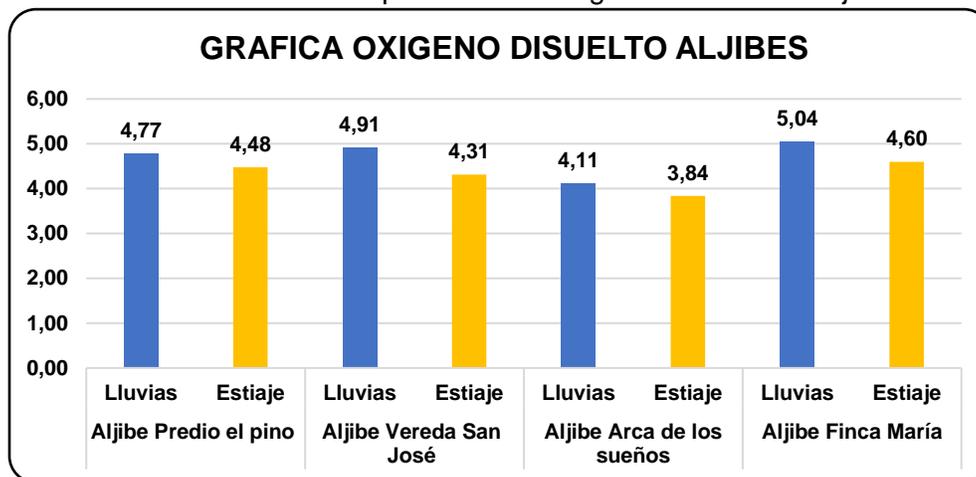
Gráfica 10. Valores reportados de Conductividad en Aljibes.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

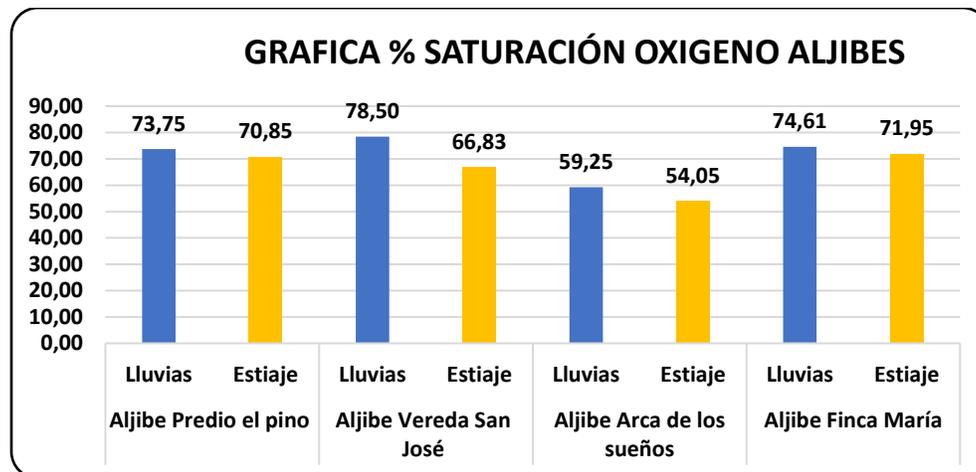
La conductividad eléctrica es proporcional al contenido de iones o sales disueltas, de modo que podemos decir que aguas con gran conductividad son de menor calidad, como se puede observar en la gráfica anterior, en temporada de estiaje la conductividad eléctrica fue mayor que en la temporada de lluvia, lo cual significa que esta temporada puede presentar una cantidad importante de minerales disueltos en el agua asociado a las características litológicas, sin embargo por tratarse de una fuente subterránea con poca profundidad es posible encontrar partículas disueltas de la capa edáfica más superficial.

Gráfica 11. Valores reportados de Oxígeno Disuelto en Aljibes.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

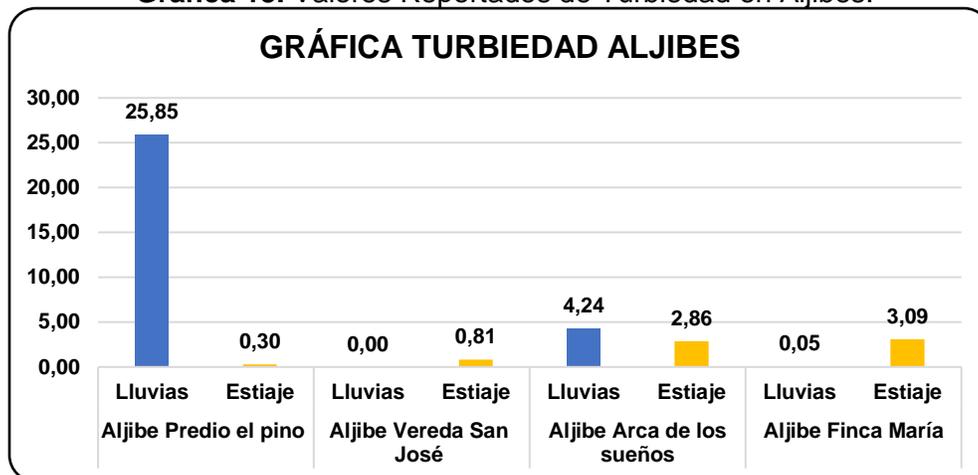
Gráfica 12. Valores reportados de % Saturación de Oxígeno Aljibes.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

En cuanto a las concentraciones de oxígeno disuelto, en los Aljibes se observa que las concentraciones oscilan entre 3,84 y 5,04 mgO₂/L entre las dos temporadas, lo cual refiere concentraciones dentro del rango normal, teniendo en cuenta que este parámetro varía en relación de la presión y la temperatura, su presencia en aguas subterráneas se debe principalmente a la disolución del aire por el agua de lluvia, que infiltra en las capas edáficas. También se puede analizar que en temporada de estiaje la concentración de oxígeno es menor que en temporada de lluvia.

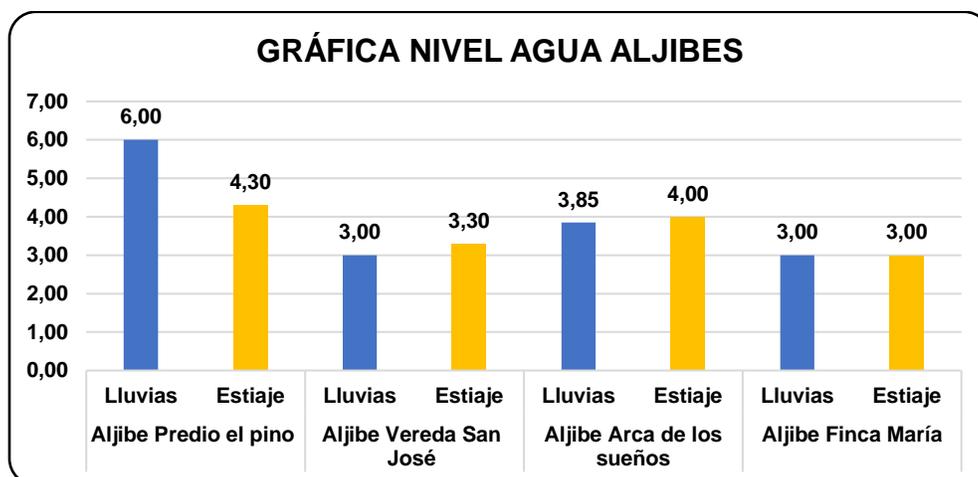
Gráfica 13. Valores Reportados de Turbiedad en Aljibes.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

La turbiedad en el agua refleja el contenido de sólidos disueltos, no obstante estas concentraciones en el agua subterránea son muy bajas lo cual se relaciona con los resultados obtenidos en los puntos monitoreados, a excepción del punto denominado Aljibe Predio el Pino el cual reporta un valor de 25,85 NTU para la temporada de lluvia, este valor se asocia principalmente a material edáfico que por procesos de dilución, infiltración llega al agua, cabe resaltar que en este punto se reportan problemas de contaminación según lo descrito por los propietarios, razón a la cual también se le atribuye causa probable del aumento de este parámetro.

Gráfica 14. Valores Reportados del Nivel de Agua en Aljibes.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

El nivel del agua de los aljibes no refleja variaciones significativas entre las dos temporadas, estas variaciones están relacionadas con el uso del recurso y la topografía del terreno.



3.1.3 Análisis y resultados de Laboratorio del Agua Subterránea

En las tablas 15 y 18 se presentan los resultados de los análisis de laboratorio realizado por el laboratorio acreditado por IDEAM SGS Colombia S.A, realizado para 10 puntos de agua subterránea en el Municipio de Guasca – Cundinamarca. (Ver anexo 1)

Tabla 15. Resultados de las mediciones en el laboratorio para los pozos profundos monitoreados en el Municipio de Guasca – Cundinamarca comparados con el Decreto 1594 de 1984.

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS Y USOS DEL AGUA SEGÚN LO EXPRESADO EN EL DECRETO 1594 DE 1984														
		Pozo Finca Santa Lucia		Pozo Finca Santa Rita		Pozo Unique collection S.A		Pozo Finca Retiro		Pozo Predio Cucharo		Pozo Vereda Las Flores	ART 38.	ART.39	ART.40	ART 41.
		Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvias				
ALCALINIDAD	mg CaCO ₃ /L	39,20	37,50	16,70	7,10	65,00	62,40	35,60	45,70	8,50	5,20	56,60				
NITRATOS	mg NO ₃ -/L	0,05	0,05	23,20	0,61	0,05	0,05	0,05	0,05	0,69	0,87	0,05	10,0	10,0		100,0
NITRITOS	mg NO ₂ -/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,085	1,0	1,0		10,0
NITRÓGENO AMONIACAL	mg/L	0,99	0,99	0,99	0,99	2,92	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,0	1,0		
ORTOSFOSFATOS	mg PO ₄ /L	0,11	0,28	0,11	0,15	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,23	0,11				
SÓLIDOS SOLUCIÓN	mg/L	76,00	80,00	138,00	13,00	84,00	86,00	63,00	70,00	8,00	8,70	220,00				
SÓLIDOS TOTALES	mg/L	108,00	124,00	154,00	84,00	90,00	128,00	66,00	118,00	9,00	64,00	1228,00				
BICARBONATOS	mg/CaCO ₃	39,24	37,48	16,72	7,15	65,00	62,39	35,59	45,71	8,53	4,98	133,60				
CLORUROS	mg Cl/L	2,88	3,22	1,12	1,12	1,12	3,22	2,68	3,72	2,97	1,54	8,80	250,0	250,0		
SULFATOS	mg SO ₄ /L	15,73	13,88	10,69	4,61	4,61	4,61	9,08	8,71	4,61	4,61	10,00	400,0	400,0		
HIERRO	mg Metal/L	22,20	2,571	21,80	4,961	7,25	9,65	6,11	9,70	10,70	1,418	2,254			5,0	
CALCIO	mg Metal/L	15,50	15,12	2,09	1,74	4,91	4,73	11,50	16,91	3,76	1,06	6,10				
MAGNESIO	mg Metal/L	2,89	3,10	0,96	0,869	4,20	2,57	4,10	4,64	0,42	0,331	4,20				

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS Y USOS DEL AGUA SEGÚN LO EXPRESADO EN EL DECRETO 1594 DE 1984														
		Pozo Finca Santa Lucia		Pozo Finca Santa Rita		Pozo Unique colletion S.A		Pozo Finca Retiro		Pozo Predio Cucharo		Pozo Vereda Las Flores	ART 38.	ART.39	ART.40	ART 41.
		Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvias				
SODIO	mg Metal/L	3,36	3,42	2,12	1,61	29,40	14,30	15,80	11,02	5,01	2,665	41,800				
POTASIO	mg Metal/L	1,58	1,19	1,61	0,81	2,14	1,903	1,26	1,729	0,89	1,34	5,11				
ARSENICO	mg Metal/L	0,0060	0,0045	0,0045	0,0050	0,0045	0,0045	0,0045	0,00	0,0045	0,0070	0,0045	0,05	1,00	0,10	0,20
ACIDEZ	mg CaCO3/L	26,70	13,80	9,50	10,40	20,90	10,40	8,30	16,50	6,30	5,00	11,80				
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	1,00	115,30	2,00	8,60	441,00	1553,00	75,00	1,00	2064,00	1,00	260,00	2000,0	1000,0	5000	200,0
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	1,80	1,00	1,80	2,00	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	2,00	200,0		10000	1000,0
**DUREZA	mg CaCO3/L	50,63	50,54	9,18	7,91	29,54	22,39	45,60	61,35	11,13	4,01	32,70				

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

** Teniendo en cuenta que la dureza en el agua está dada por las concentraciones de los iones de calcio y magnesio de halló por medio de la formula **DUREZA**= (2.5*Ca (mg/l))+ (4.11*Mg (mg/l))

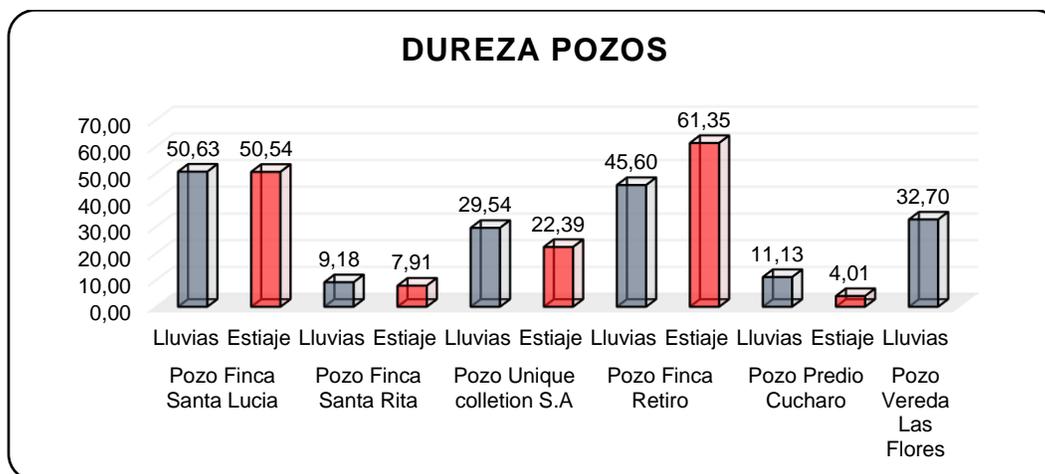
Para el análisis de dureza se tendrá en cuenta la siguiente tabla de clasificación:

Tabla 16. Valores de clasificación de la dureza.

Clasificación	Valor en mg/L de CaCO ₃
Blandas	0-60
Moderadamente Duras	61-120
Duras	121-250
Muy Duras	>250

Fuente: Clasificación por dureza, Custodio y Llamas 1976

Gráfica 15. Valores registrados de Dureza en Pozos.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

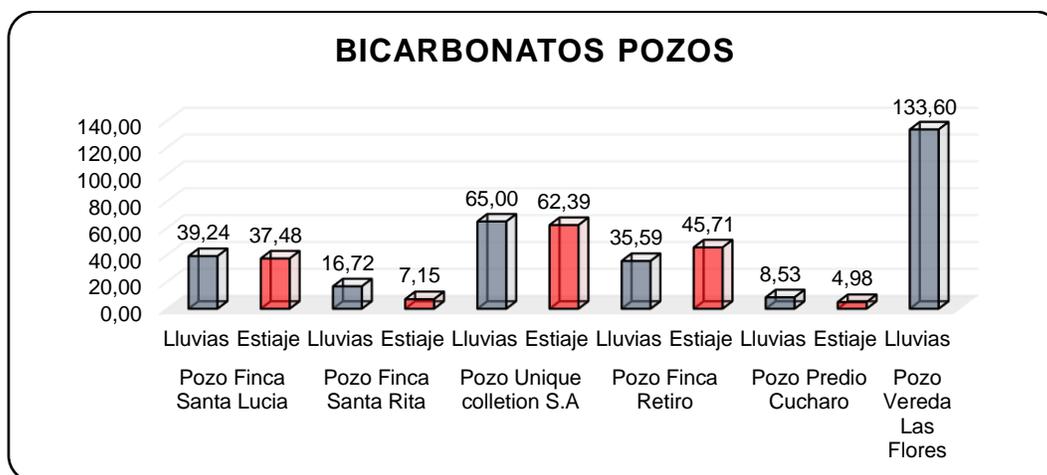
De acuerdo a la tabla 16 se puede inferir que de los seis puntos monitoreados cinco presentan una clasificación de blanda para la temporada de lluvia y estiaje ya que presentan concentraciones menores a los 60 mg/L de CaCO₃, esta característica se identifica por tener una concentración de cloruro de sodio ínfima y una baja cantidad de iones de Ca y Mg, por otra parte el pozo profundo Finca el retiro presenta una clasificación de moderadamente dura para la Temporada de estiaje ya que presenta una concentración de 61,35 mg/L de CaCO₃.

Gráfica 16. Valores registrados de Alcalinidad en Pozos



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

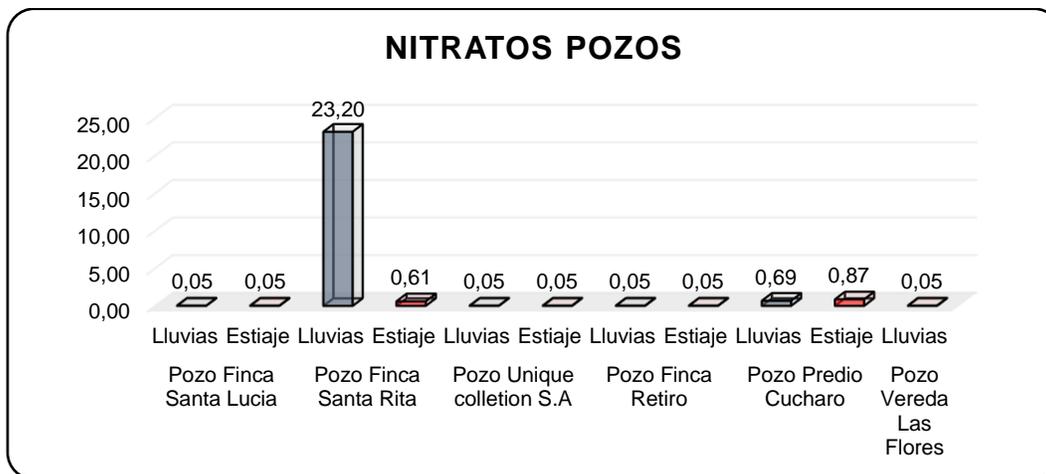
Gráfica 17. Valores registrados de Bicarbonatos en Pozos.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

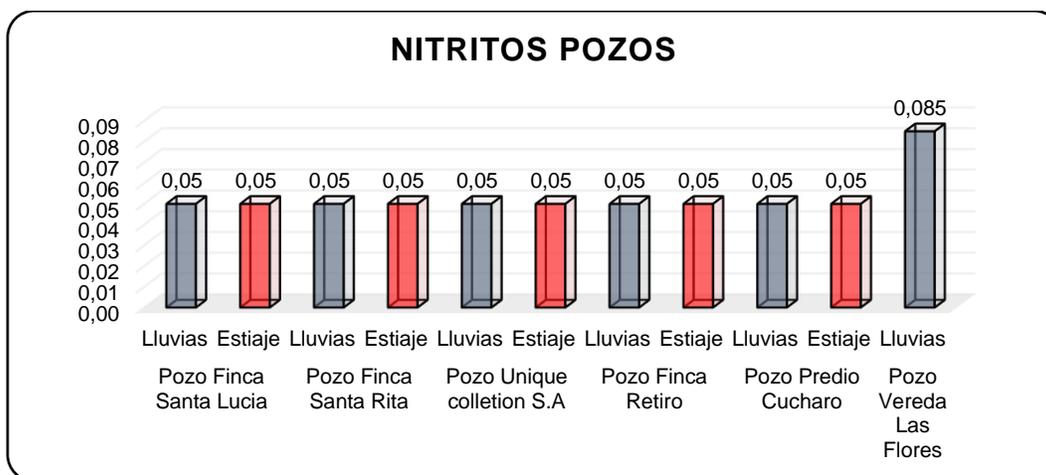
Los valores de alcalinidad y Bicarbonatos de los pozos evaluados presentan baja presencia de estos iones, no obstante, el punto que presenta la menor concentración se encuentra ubicado en el Pozo predio el Chucaro, mientras que el valor máximo reportado se encuentra en el Pozo Unique Colletion con un valor de 65 mg CaCO₃/L, lo cual está asociado la disolución de calizas y dolomias. Potenciada por el aporte de CO₂, y/o ácidos orgánicos o inorgánicos, cabe resaltar que los bicarbonatos son generalmente compuestos mayoritarios de las aguas subterráneas.

Gráfica 18. Valores registrados de Nitratos en Pozos.



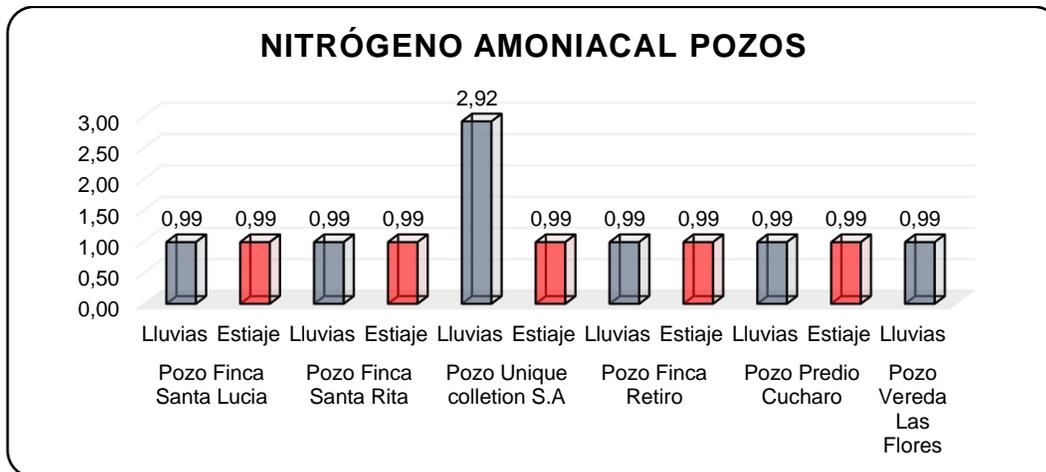
Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Gráfica 19. Valores registrados de Nitritos en Pozos.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

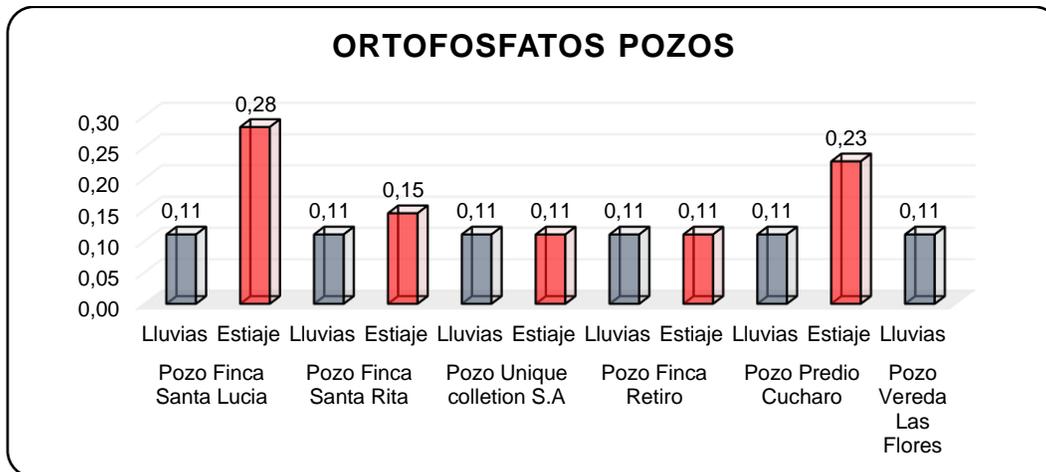
Gráfica 20. Valores registrados de Nitrógeno Amoniacal en Pozos.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

En condiciones naturales y como compuestos traza se pueden encontrar compuestos tales como Nitritos, Nitratos y Nitrógeno Amoniacal en el agua subterránea. No obstante el nitrógeno llega al agua subterránea a través del ciclo biogeoquímico, y se transforma en nitritos, nitratos y amoniaco por acción de microorganismos, en cuanto a la presencia de nitratos en los pozos monitoreados tanto en temporada de lluvia como estiaje cinco de los seis puntos presentan bajas concentraciones de este parámetro, por el contrario el pozo finca Santa Rita presenta concentraciones significativas de este parámetro para temporada de lluvia excede los valores límite permisible propuesto en los artículos 38 y 39 del Decreto 1594 del 1984; Por otra parte los contenidos de Nitritos presentan muy bajas concentraciones cumpliendo así lo propuesto en la normatividad ambiental vigente . En cuanto a las concentraciones de Nitrógeno Amoniacal el único punto que presenta un valor representativo y excede los valores propuestos en la norma es el punto denominado Pozo Unique Colletion S.A en temporada de lluvia, lo cual puede asociarse a procesos de contaminación por acción antrópica (viviendas, cultivos flores, actividad ganadera) que por acción de la lluvia se infiltran aportando de este modo cantidades significativas de este parámetro.

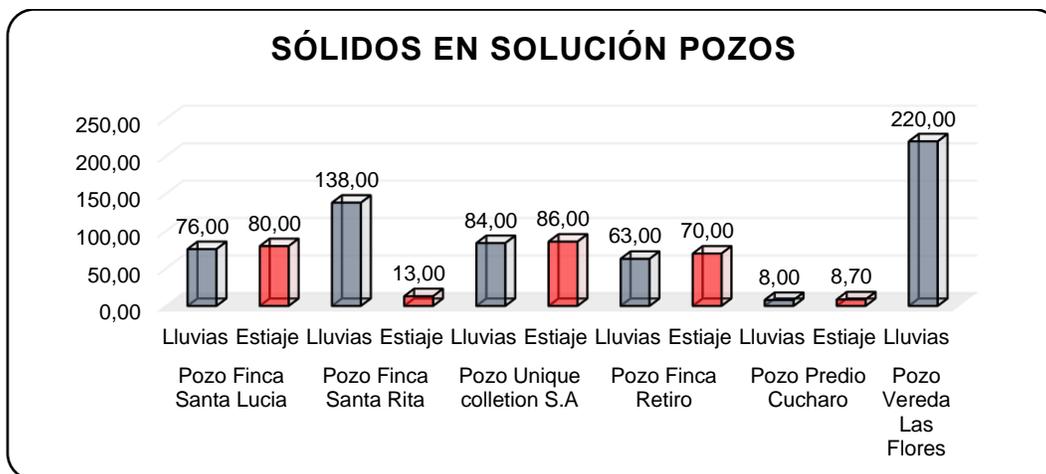
Gráfica 21. Valores registrados de Ortofosfatos en Pozos.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

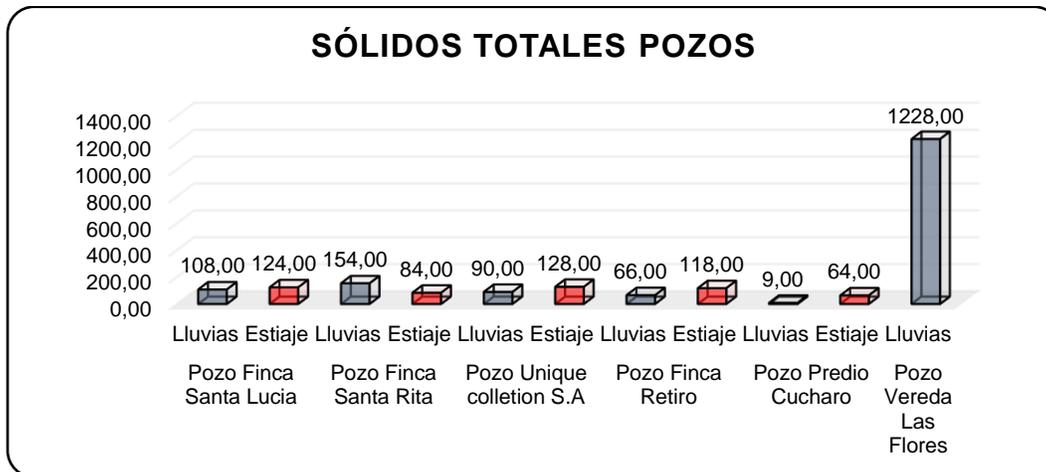
En cuanto a las concentraciones de Ortofosfatos en condiciones naturales en el agua subterránea su origen se debe principalmente a la explotación de rocas ígneas, sedimentarias o de tipo marino, no obstante, por el uso de fertilizantes y pesticidas en actividades agrícolas también se pueden encontrar estos compuestos que por infiltración y escorrentía llegan a fuentes subterráneas, no obstante, las concentraciones presentadas son muy bajas lo cual no representa ningún riesgo de contaminación.

Gráfica 22. Valores registrados de Sólidos en solución en Pozos.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

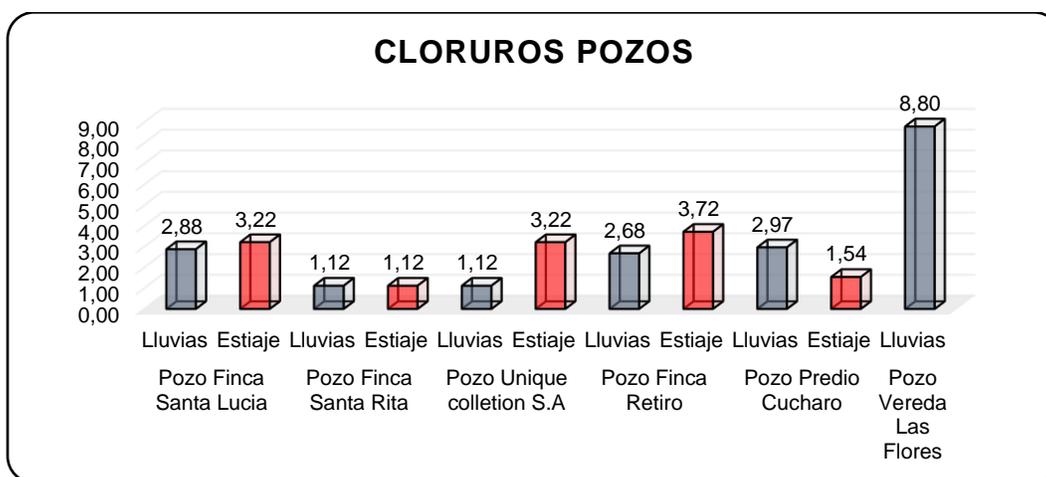
Gráfica 23. Valores registrados de Sólidos Totales en Pozos.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Los sólidos en las aguas subterráneas generalmente se encuentran presentes en bajas concentraciones, sin embargo este parámetro puede variar de acuerdo al tipo de formación geológica o medio por donde circula el agua, en los pozos se encontraron valores de Sólidos en solución menores a 160 mg/L en la mayoría de los puntos evaluados con excepción del Pozo Vereda las flores , reportando así el valor pico de Sólidos en Solución con 220 mg/L y Sólidos Totales con 1228 mg/L, los dos valores picos se encuentran en este punto, este valor se asocia al contenido de iones y sales disueltas así como partículas suspendidas de material litológico, también puede estar relacionado con la cantidad de agua disponible pues el tiempo de bombeo en el punto evaluado es muy corto ya que el potencial hidrogeológico en la formación cacho fue bajo en el punto evaluado.

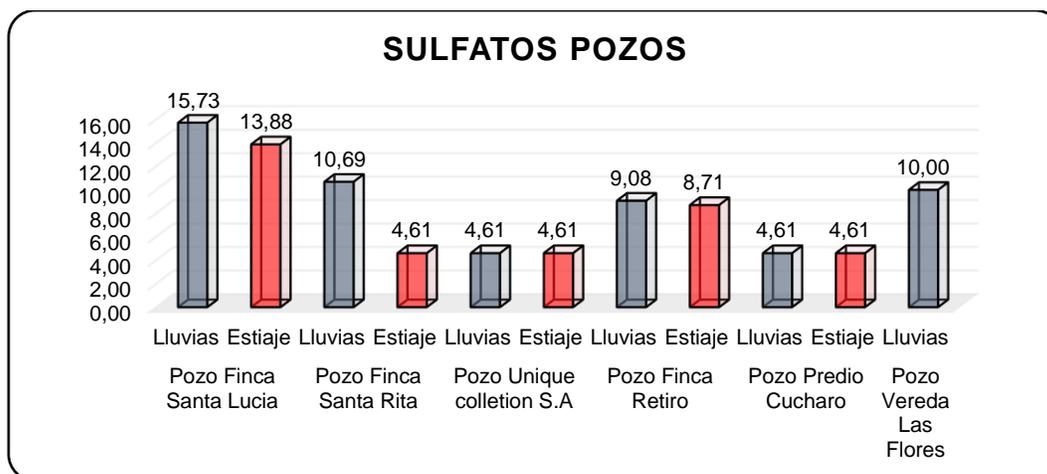
Gráfica 24. Valores registrados de Cloruros en Pozos.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

El contenido de cloruros en las aguas subterráneas generalmente es bajo por esta razón se considera un elemento traza, este ingresa naturalmente al acuífero por acción de la lluvia, de este modo los puntos monitoreados reportaron concentraciones bajas del ion cloruro cumpliendo así lo propuesto en el Decreto 1594 de 1984, en los artículos 38 y 39 los cuales definen los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso hídrico, para consumo humano y doméstico.

Gráfica 25. Valores registrados de Sulfatos en Pozos.

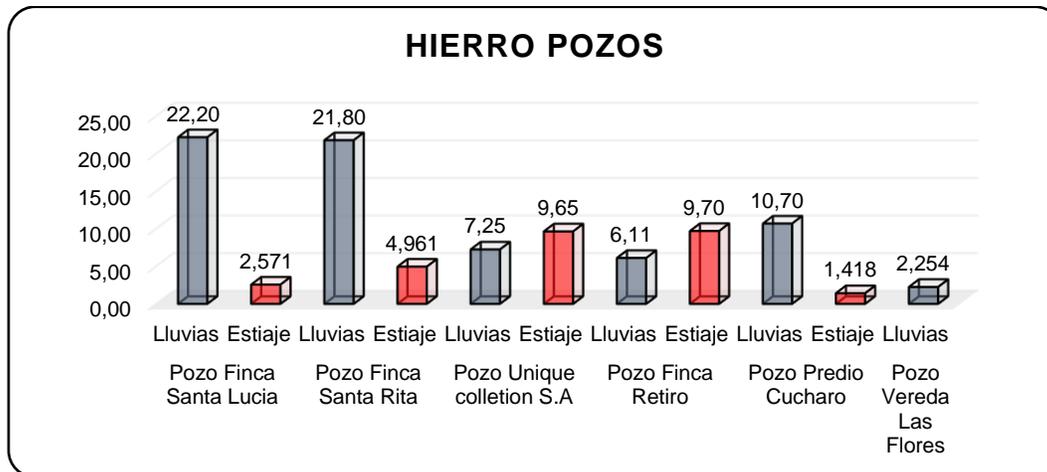


Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

El contenido de sulfatos en las aguas subterráneas están relacionados con la oxidación de sulfuros que se encuentran ampliamente distribuidos en rocas sedimentarias, de la descomposición de sustancias orgánicas o la disolución de sales sulfatadas (yeso y anhídrita fundamentalmente) representan el aporte cuantitativamente más importante de este ion, de acuerdo a lo anterior los pozos monitoreados presentan un comportamiento variable tanto en temporada de lluvia como estiaje, siendo el Pozo Finca Santa Lucia el punto que presenta el valor pico en Temporada de lluvia con un valor de 15,73 mg SO₄/L y en Temporada de estiaje de 13,88 mg SO₄/L, valores que es de esperarse puesto que la formación que se encuentra en este punto es, labor y tierna, constituida principalmente por lododitas y areniscas intercaladas por tal razón los aportes de este parámetro.

Por otra parte, todos los puntos monitoreados de pozos cumplen con el rango límite admisible según lo estipulado en el decreto 1594 de 1984 el cual formula los limites admisibles del recurso hídrico para el consumo humano.

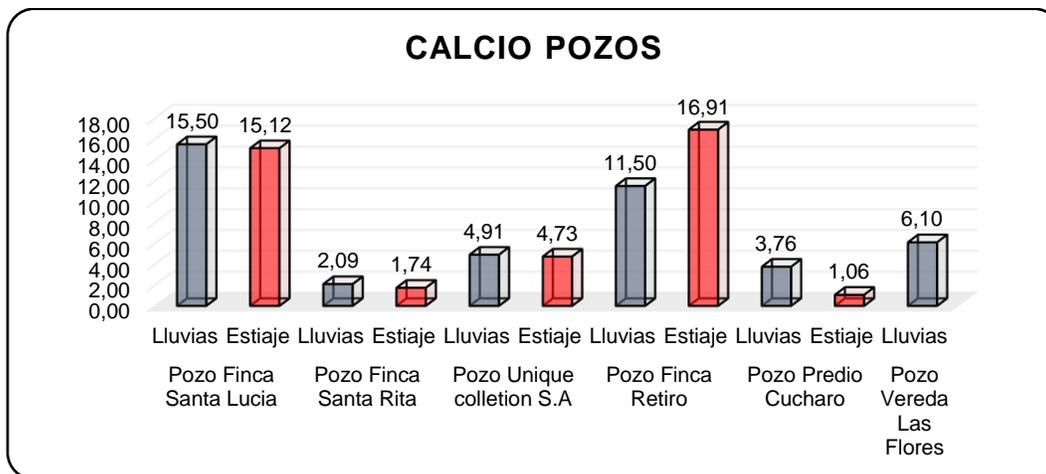
Gráfica 26. Valores registrados de Hierro en Pozos.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

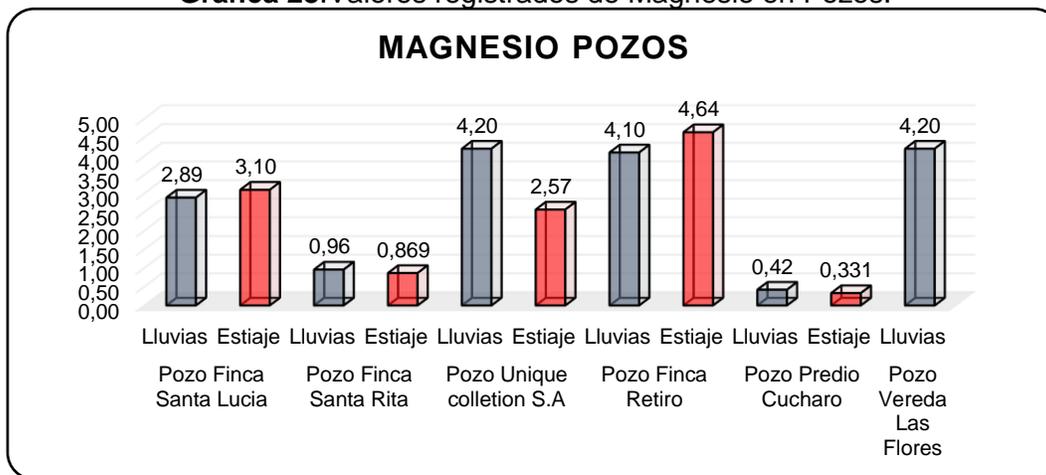
El hierro en las aguas subterráneas se encuentra en forma natural debido a la disolución de rocas especialmente de tipo ferrosas y se pueden identificar por la coloración naranja o roja que presenta, estas además provocan el destiño en las ropas lavadas, presentan un sabor desagradable y causa corrosión en tuberías, sin embargo en los puntos monitoreados de pozos profundos las concentraciones son moderadas oscilan para la temporada de lluvia oscilan entre 2,25 y 22,20 mg Metal/L, sin embargo en los puntos (Pozo Predio el Cucharo, Pozo Finca el Retiro, Pozo Unique Colletion S.A, Pozo Finca Santa Rita y Pozo Finca Santa Lucia) se encuentran excediendo el límite admisible que es de 5 mg/L propuesto en el ART. 40 en el cual se fijan los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso hídrico para uso agrícola, por otra parte en temporada de estiaje se presentan concentraciones bajas en comparación con los valores reportados en temporada de lluvia con valores que oscilan entre 1,418 y 9,65 mg/L los pozos excedieron el valor límite permisible son (Pozo Finca el Retiro y Pozo Unique Colletion S.A.), el cual restringe el uso del agua en estos puntos para actividades agrícolas.

Gráfica 27.Valores registrados de Calcio en Pozos.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Gráfica 28.Valores registrados de Magnesio en Pozos.

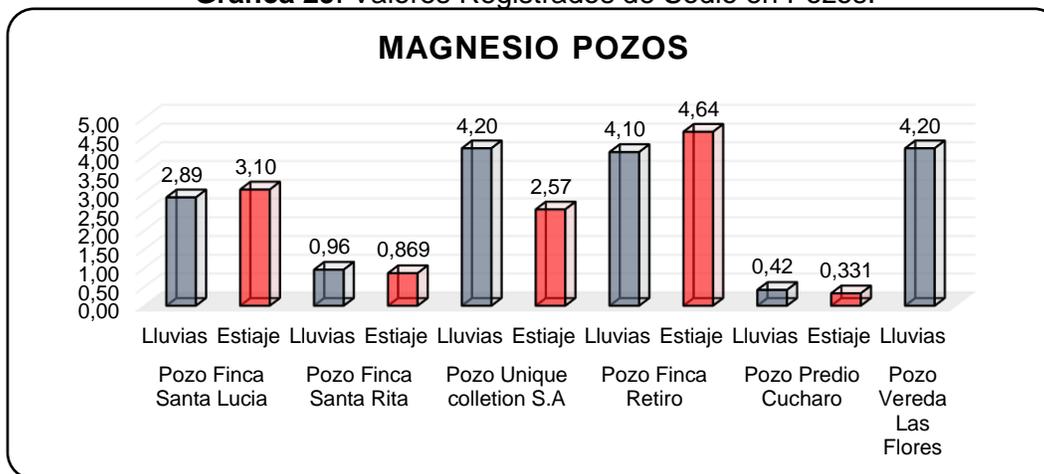


Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Los contenidos de calcio y magnesio en las aguas subterráneas se encuentran como compuestos mayoritarios y pueden encontrarse por la disolución de rocas sedimentarias, metamórficas, ígneas y rocas calizas, al hacer interacción estos dos elementos le da una característica de clasificación de dura o blanda al agua, de acuerdo a lo anterior los pozos monitoreados reportan concentraciones bajas y medias de estos parámetros siendo el punto ubicado en Pozo Finca Santa Lucia el punto que presenta las mayores concentraciones de Calcio para temporada de lluvia, sin embargo estas concentraciones son bajas encontrándose dentro del rango de lo normal en aguas dulces, por otra parte este parámetro se comporta diferente en Temporada de estiaje con valores que oscilan entre 1.06 y 16.91 mg/L Metal, sin embargo estas concentraciones son bajas lo cual se asocia

principalmente a los bajos contenidos de calcio presentes en las formación cretácico que se encuentra en el área de estudio, por otra parte los valores picos de magnesio para la Temporada de lluvia se encuentran en el rango entre 0,42 a 4,20 mg/L Metal, por otra parte los valores para Temporada de estiaje se encuentran entre 0,33 y 4,64 mg/L Metal estos valores son característicos de aguas naturales dulces.

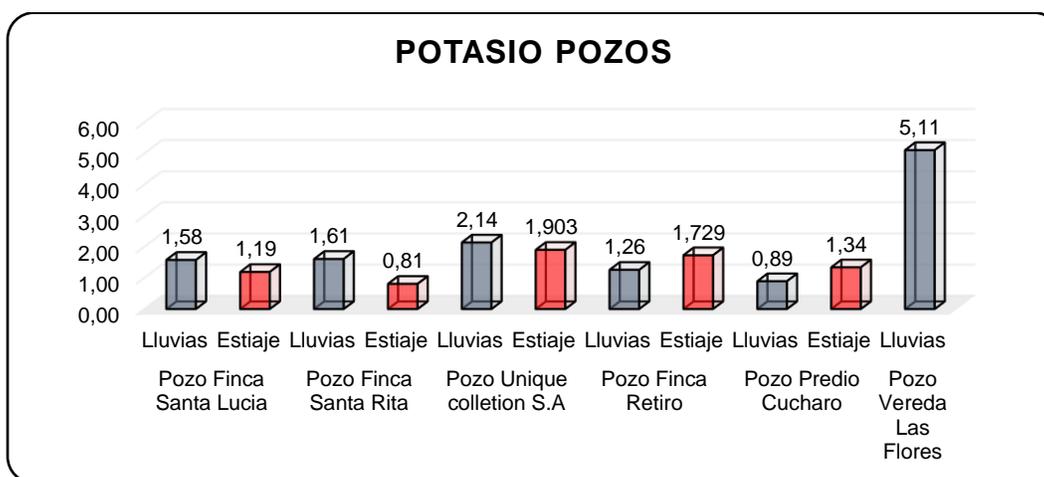
Gráfica 29. Valores Registrados de Sodio en Pozos.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Su presencia en el agua se debe a la liberación de silicatos, en los puntos monitoreados estas concentraciones son bajas, lo cual resulta positivo pues en cantidades elevadas es muy perjudicial para la agricultura ya que tiende a impermeabilizar los suelos, especialmente en zonas de drenaje deficiente: la presencia de Ca⁺ y Mg⁺ atenúa este efecto.

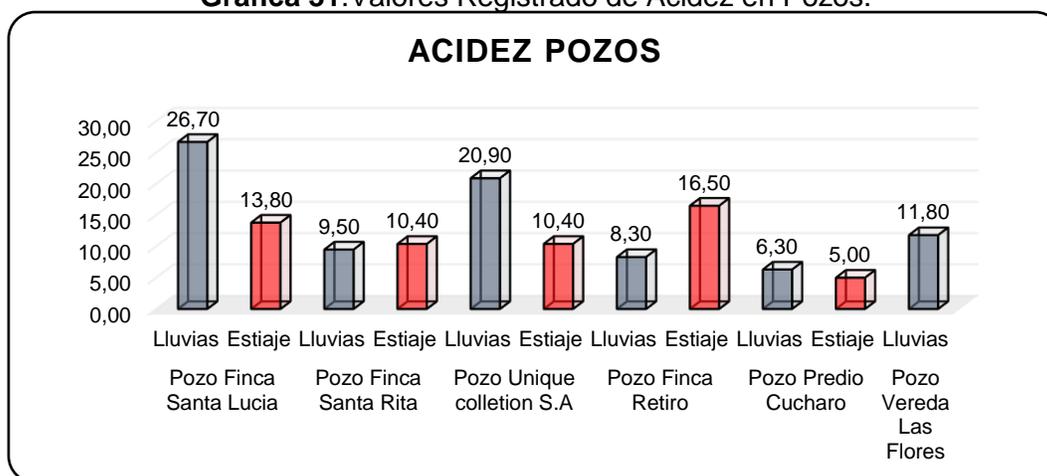
Gráfica 30. Valores Registrados de Potasio en Pozos.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

El potasio es un constituyente secundario en las aguas subterráneas por tal razón se encuentra de manera natural en bajas concentraciones, Procede de la meteorización de los feldespatos y ocasionalmente de la solubilización de depósitos de evaporitas, en particular de sales tipo silvina (KCl) o carnalita (KCl MgCl₂). Este parámetro de manera general se encuentra en bajas concentración reportando así el mayor valor en el punto Pozo Vereda las Flores en Temporada de Lluvia sin embargo estas concentraciones son menores a 10 mg/L lo cual significa que sus niveles son normales y característicos en este tipo de fuentes, cabe resaltar que no representa riesgo para los seres humanos y/o el medio ambiente.

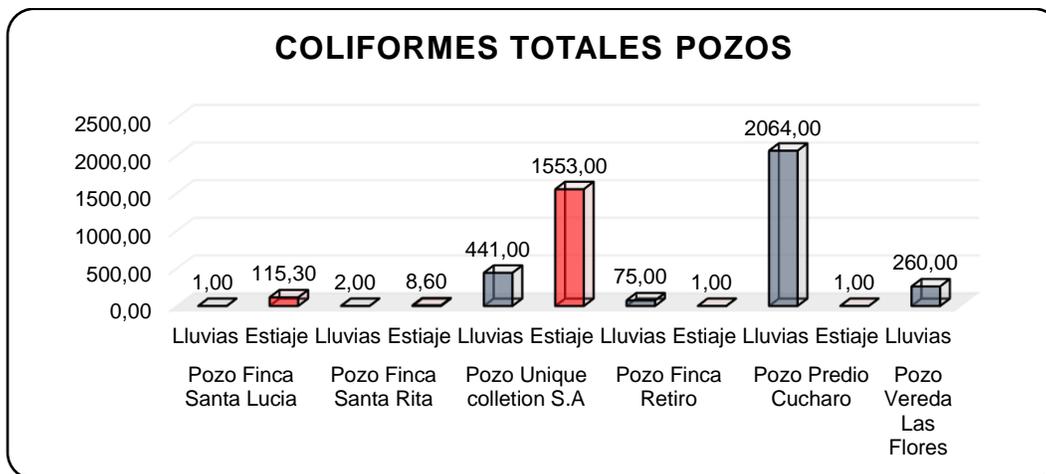
Gráfica 31. Valores Registrado de Acidez en Pozos.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

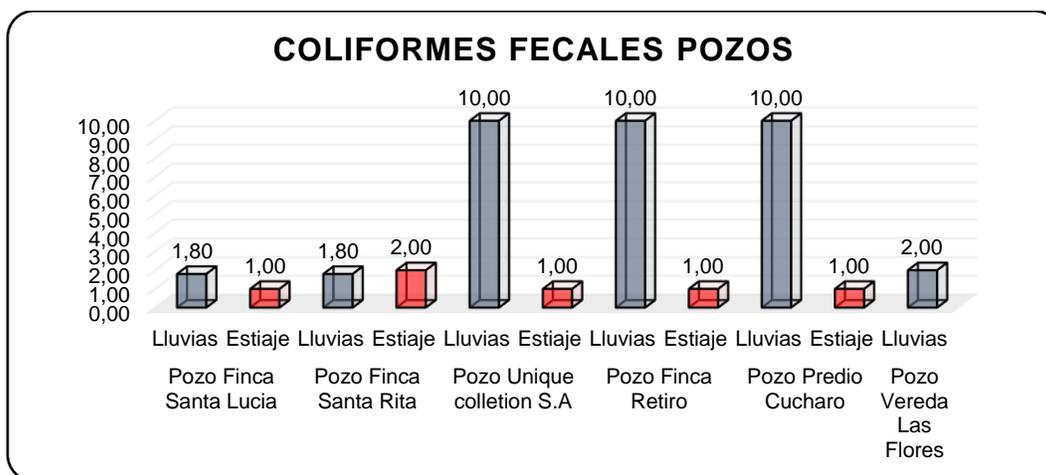
La acidez hace que el agua sea muy agresiva con los silicatos y carbonatos, sin embargo están concentraciones suelen ser más elevadas en el suelo residual por ende en aguas subterráneas de poca profundidad, caso contrario ocurre en los acuíferos ya que en el medio saturado generalmente no hay aportes de acidez, no obstante en los puntos monitoreados se observan concentraciones de acidez representativos tal es el caso del Pozo Finca Santa Lucia el cual reporta un valor pico en Temporada de Lluvia de 26,70 mg CaCO₃/L, esto se asocia probablemente a la presencia de minerales que al interactuar con oxígeno en la zona de Saturación se forma ácido sulfhídrico, por el contrario en temporada de estiaje se reducen en este punto las concentraciones de acidez en el agua.

Gráfica 32. Valores Registrados de Coliformes Totales en Pozos.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Gráfica 33. Valores Registrados de Coliformes Fecales en Pozos.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Las coliformes fecales y totales no son frecuentes en las aguas subterráneas sin embargo hoy en día, por las actividades antrópica especialmente por la ganadería, construcción de pozos sépticos, derrames y aguas residuales, se infiltran contaminando los acuíferos, de acuerdo a lo anterior los pozos monitoreados que presentan las mayores concentraciones de estos dos parámetros en Temporada de lluvia son Pozo Predio el Cucharo y Pozo Unique Colletion S.A, Lo cual puede estar asociado a la infiltración de aguas lluvias que contienen microorganismos presentes en el suelo por la descomposición de material orgánico, este resultado es señal de posible contaminación, por tanto al realizar la comparación de Coliformes Totales en el Pozo Unique Colletion S.A con los valores admisibles en el ART.38,39

y 41, del decreto 1594 de 1984 los cuales definen los criterios de calidad para la destinación del recurso para consumo humano, uso doméstico y Uso Pecuario.

Cabe resaltar que al realizar la comparación de las coliformes totales en temporada de lluvia se presentan mayores concentraciones lo cual se asocia a la infiltración de partículas, con excepción del Pozo Único Collection el cual presenta mayor concentración en temporada de estiaje esto se asocia a la actividad agrícola que se desarrolla en el predio puesto que existen cultivos de flores y un sistema de riego el cual genera escorrentía superficial e infiltración de compuestos y sustancias que son biológicamente degradables y se encuentran en el suelo.

Tabla 17. Resultados Huevos de Helminto

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS LABORATORIO POR PUNTO DE COLECCIÓN DE MUESTRA								
		Aljibe Predio el pino	Aljibe Predio el pino	Aljibe vereda San José	Aljibe vereda San José	Arca de los sueños	Arca de los sueños	Finca Retiro	Predio Cucharó	Finca María
		Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	137413	137414	137415	137416
HUEVOS DE HELMINTOS	Huevos/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Los helmintos o gusanos que pertenecen al subreino de los Metazoarios, lo que denota que son animales multicelulares, pueden ser gusanos planos o redondos, estos son comunes generalmente en aguas residuales, sin embargo en aguas estancadas con presencia de material orgánico pueden desarrollarse, no obstante en los puntos monitoreados este parámetro es nulo, lo cual indica ausencia de este tipo de organismos, asociado varios factores entre ellos se encuentra las condiciones ácidas del medio y las características de compactación y porosidad que no permite la infiltración de este parámetro en aguas más profundas.

Tabla 18. Resultados de las mediciones en el laboratorio para los Aljibes monitoreados en el Municipio de Guasca – Cundinamarca comparados con el Decreto 1594 de 1984.

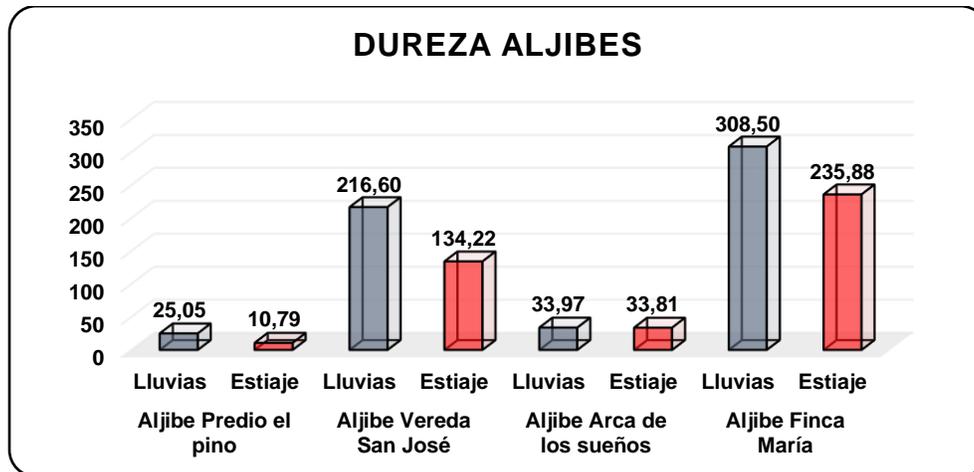
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS Y USOS DEL AGUA SEGÚN LO EXPRESADO EN EL DECRETO 1594 DE 1984											
		Aljibe Predio el pino		Aljibe Vereda San José		Aljibe Arca de los sueños		Aljibe Finca María		ART 38.	ART.39	ART.40	ART 41.
		Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje				
ALCALINIDAD	mg CaCO ₃ /L	16.70	5.10	42.50	7.60	35.00	5.10	13.40	6.70				
NITRATOS	mg NO ₃ -/L	0.71	0.75	137.43	111.64	0.05	0.05	309.99	222.57	10.00	10.00		100.00
NITRITOS	mg NO ₂ -/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	1.00	1.00		10.00
NITRÓGENO AMONIACAL	mg/L	3.01	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00		
ORTOSFOSFATOS	mg PO ₄ /L	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11				
SÓLIDOS SOLUCIÓN	mg/L	42.00	42.00	308.00	269.00	54.00	71.00	549.00	433.00				
SÓLIDOS TOTALES	mg/L	44.00	63.00	346.00	345.00	56.00	92.00	561.00	596.00				
BICARBONATOS	mg/CaCO ₃	16.69	15.84	42.45	39.28	34.95	44.49	13.43	12.80				
CLORUROS	mg Cl/L	7.38	3.42	15.81	9.56	1.12	1.12	30.58	14.61	250.00	250.00		
SULFATOS	mg SO ₄ /L	4.61	2.65	39.56	26.00	4.61	5.12	105.32	79.45	400.00	400.00		
HIERRO	mg Metal/L	0.79	0.15	0.32	0.15	0.40	0.15	0.43	0.242			5.00	
CALCIO	mg Metal/L	6.93	2.631	48.50	28.320	7.62	9.21	72.60	59.12				
MAGNESIO	mg Metal/L	1.88	1.0240	23.20	15.43	3.63	2.625	30.90	21.43				

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS Y USOS DEL AGUA SEGÚN LO EXPRESADO EN EL DECRETO 1594 DE 1984											
		Aljibe Predio el pino		Aljibe Vereda San José		Aljibe Arca de los sueños		Aljibe Finca María		ART 38.	ART.39	ART.40	ART 41.
		Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje				
SODIO	mg Metal/L	8.14	4.611	22.50	13.41	15.30	4.32	22.30	15.97				
POTASIO	mg Metal/L	2.15	1.4950	20.90	10.42	1.31	1.1430	8.22	8.820				
ARSENICO	mg Metal/L	0.01	0.0210	0.007	0.0045	0.0045	0.0070	0.008	0.0045	0.05	1.00	0.10	0.20
ACIDEZ	mg CaCO3/L	33.40	4.90	10.50	6.70	39.30	5.80	11.70	5.80				
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	187.20	19863	279	17250	31230	1145	24196	21050	2000.00	1000.00	5000.00	200.00
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	1.8	10.0	18.0	7701	10.0	1.00	107.0	8664.00	200.00		10000.00	1000.00
^{XXI} DUREZA	mg CaCO3/L	25.05	10.79	216.60	134.22	33.97	33.81	308.50	235.88				

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017.

^{XXI} Teniendo en cuenta que la dureza en el agua está dada por las concentraciones de los iones de calcio y magnesio de halla por medio de la formula
DUREZA= (2.5*Ca (mg/l))+ (4.11*Mg (mg/l))

Gráfica 34. Valores registrados de Dureza en Aljibes.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

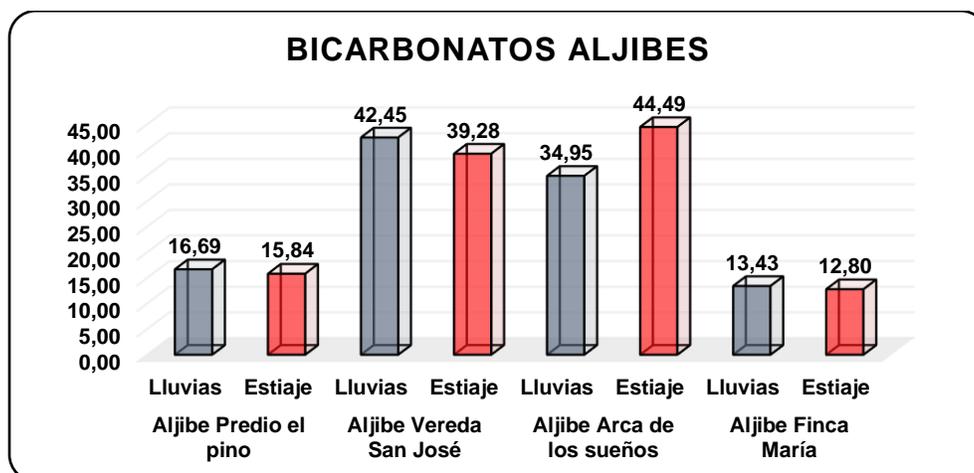
De acuerdo con los valores de clasificación dos puntos Aljibe predio el pino y Arca de los sueños presentan una clasificación de blanda mientras que El punto ubicado en la Vereda San José y Finca María en el periodo de estiaje presenta una clasificación de Duras, estas se identifican ya que imposibilitan el efecto adecuado de jabones en las aguas destinadas para uso doméstico. Sus valores altos ocasionan incrustación y corrosión en las tuberías, equipos metálicos, industriales o redes de acueducto. Por otra parte, el punto ubicado en Finca María en el periodo de lluvia presenta una clasificación de Muy Dura lo cual significa que este punto presenta altas concentraciones de iones carbonatos y bicarbonatos y no pueden ser destinadas para uso doméstico, antes de cualquier uso deben ser sometida a un proceso de tratamiento, en términos generales se observa para todos los puntos monitoreados que las concentraciones de este parámetro son mayores en temporada de lluvia, situación que puede asociarse a la infiltración de elementos pues el régimen de lluvias es mayor permitiendo que se genere mayor escorrentía superficial y por lo tanto mayor infiltración.

Gráfica 35. Valores registrados de Alcalinidad en Aljibes.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

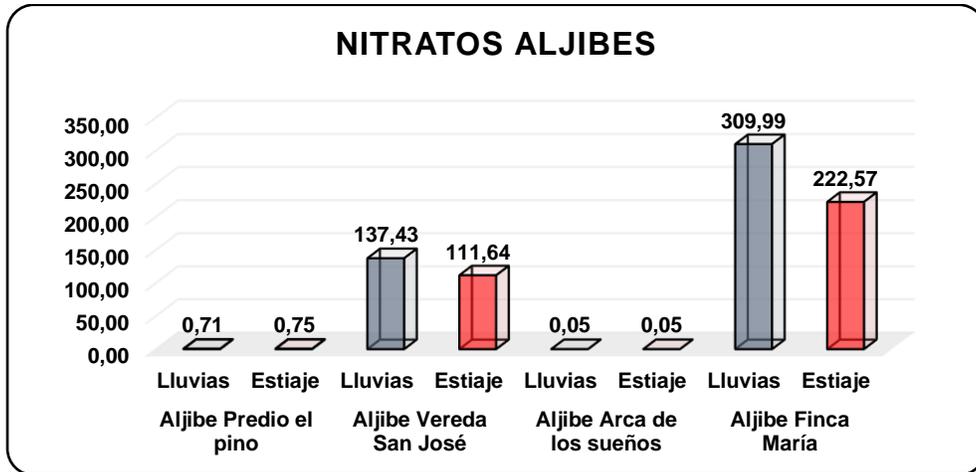
Gráfica 36. Valores registrados de Bicarbonatos en Aljibes.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

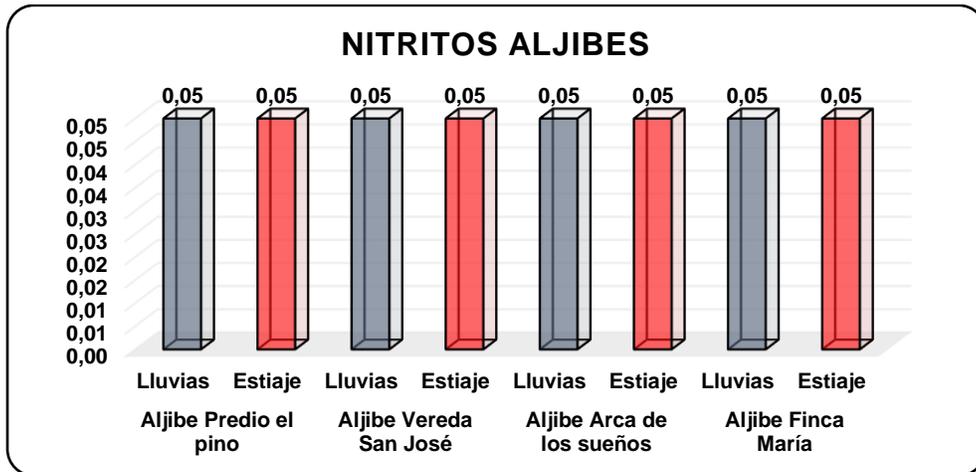
En cuanto a los valores de alcalinidad y bicarbonatos son similares, situación que tienen relación pues la alcalinidad de las aguas se debe esencialmente a la presencia de CO_3 y COH_3 , sin embargo las concentraciones monitoreadas son menores a 50 mg/l lo cual indica baja presencia de minerales en estos puntos, según lo propuestos en la tabla 12 que define los indicadores de calidad a partir de las características fisicoquímicas, clasifica estos puntos dentro del rango normal en aguas subterráneas.

Gráfica 37. Valores registrados de Nitratos en Aljibes.



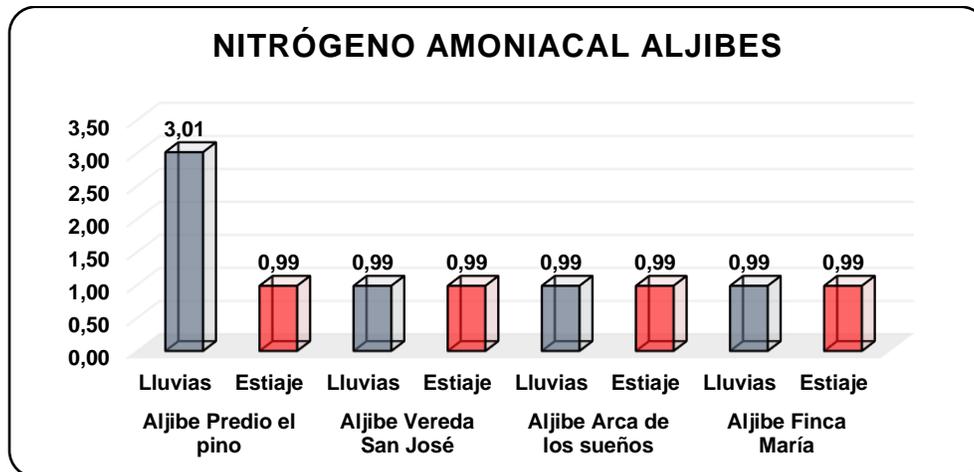
Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Gráfica 38. Valores registrados de Nitritos en Aljibes.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Gráfica 39. Valores registrados de Nitrógeno Amoniacal en Aljibes.

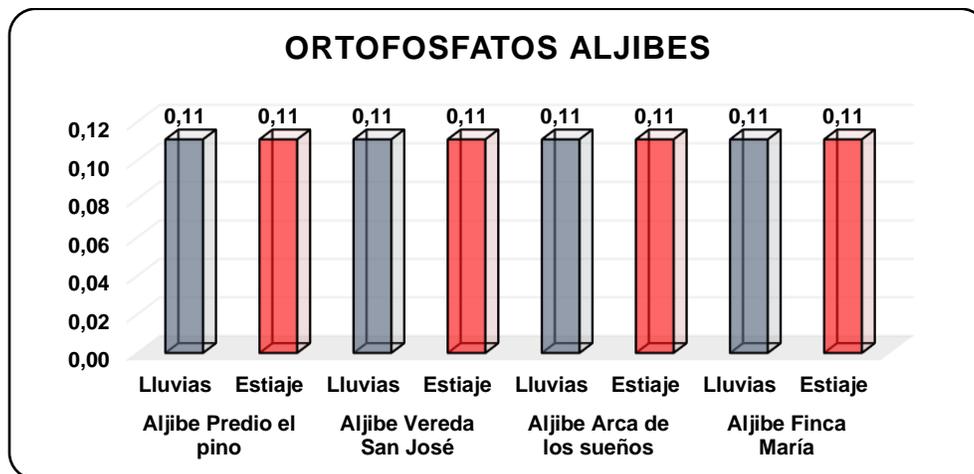


Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

El contenido de nitritos, nitratos y Nitrógeno amoniacal en las aguas subterráneas en concentraciones considerables es un indicador de contaminación, por tal razón dentro de la normatividad Colombiana existen unos rangos límites aceptables para estos parámetros, de este modo al analizar los valores reportados de Nitratos dos de los cuatro puntos exceden el valor aceptable establecido en los Artículos 38,39 y 41 del Decreto 1594 de 1984 entre ellos se encuentra Aljibe vereda San José y Aljibe Finca María, lo cual indica probablemente procesos de contaminación asociados a actividades ganaderas, propios de la zona donde se ubican los puntos.

En cuanto a las concentraciones de Nitritos los valores reportados son bajos y se encuentran dentro del rango del valor aceptable de la norma, por otra parte, las concentraciones de Nitrógeno amoniacal en la mayoría de los puntos son bajas a excepción del punto denominado Aljibe predio el pino que reporta un valor de 3,01 mg/L en temporada de lluvia el cual excede el valor límite admisible en la norma en los artículos 38 y 39 de Decreto 1594 de 1984, no obstante se resalta que las concentraciones de este parámetros se reducen en temporada de estiaje.

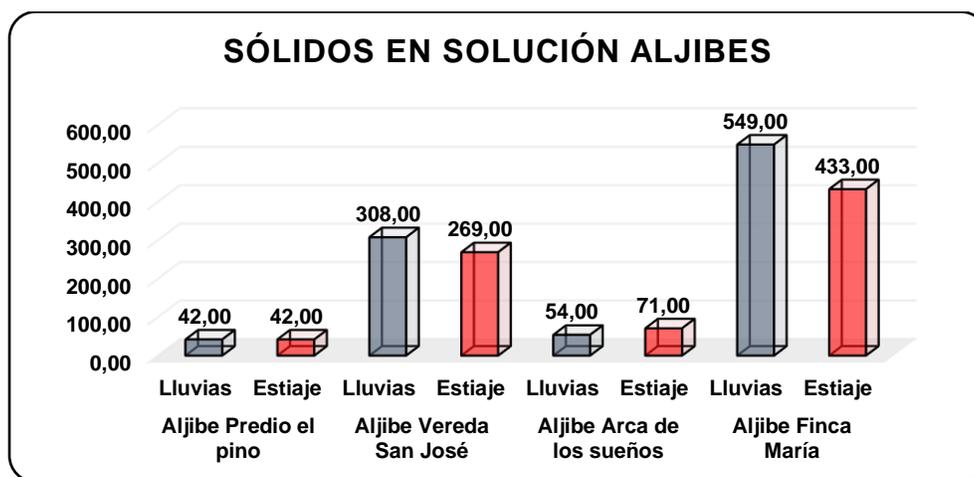
Gráfica 40. Valores registrados de Ortofosfatos en Aljibes.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

En cuanto a las concentraciones de Ortofosfatos en condiciones naturales en el agua subterránea su origen se debe principalmente a la explotación de rocas ígneas, sedimentarias o de tipo marino, no obstante por el uso de fertilizantes y pesticidas en actividades agrícolas también se pueden encontrar estos compuestos que por infiltración y escorrentía llegan a fuentes subterráneas, sin embargo en los puntos monitoreados tanto pozos como aljibes las concentraciones son muy bajas, lo cual no representa ningún proceso de contaminación asociado a la presencia de este parámetro.

Gráfica 41. Valores registrados de Sólidos en Solución en Aljibes.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

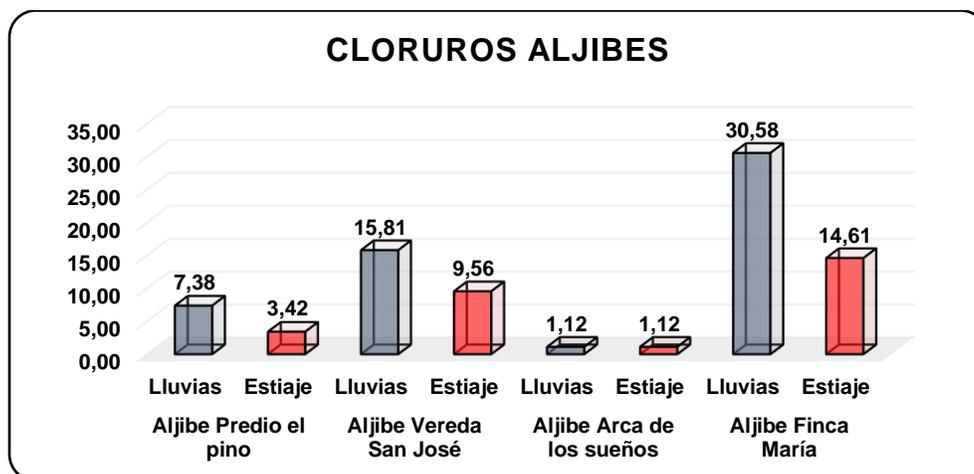
Gráfica 42. Valores registrados de Sólidos Totales en Aljibes.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Se conoce que las características físicas y químicas de las aguas subterráneas pueden variar dependiendo de múltiples factores entre ellos se encuentran el medio por donde circula el agua, la profundidad, características de la zona de recarga y el uso del suelo, de este modo podemos observar un comportamiento variable en los puntos monitoreados siendo los puntos Aljibe Vereda San José y Aljibe Finca María los puntos que presentan las concentraciones más representativas de estos parámetros para los temporadas lluvia y estiaje, esto se asocia principalmente al contenido de partículas, material de rocas, minerales y sales contenidos en las capas edáficas, pues por encontrarse más cerca de la superficie, con mayor probabilidad de contener partículas disueltas.

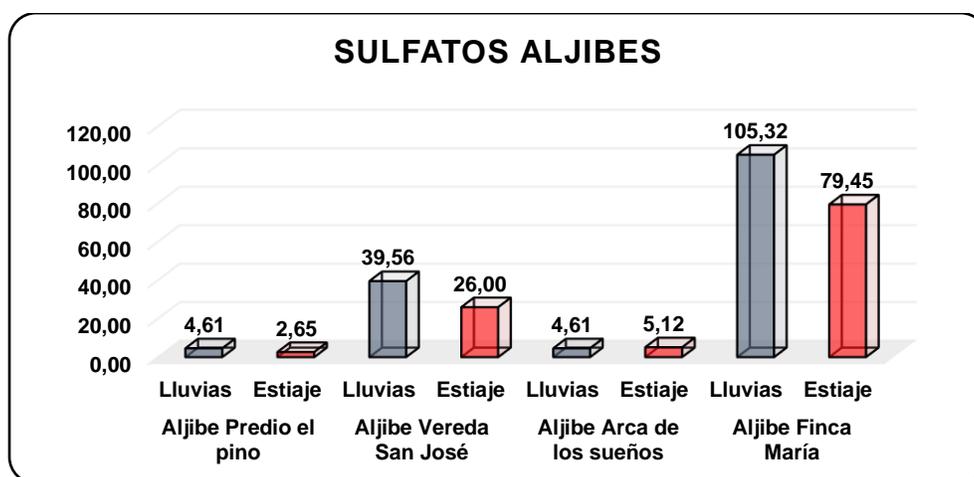
Gráfica 43. Valores registrados de Cloruros en Aljibes.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Las concentraciones de cloruros en los Aljibes monitoreados para la mayoría de los puntos se presenta mayores concentraciones en temporada de lluvia que en temporada de estiaje, esto se asocia posiblemente a las precipitaciones ya que el agua lluvia infiltra, aportando así concentraciones de este parámetro, sin embargo estas concentraciones que oscilan entre 1,12 y 30,58 mg Cl/L son bajas pues se encuentran dentro del rango admisible menor a 250 mg Cl/L según lo propuesto en la normatividad ambiental vigente.

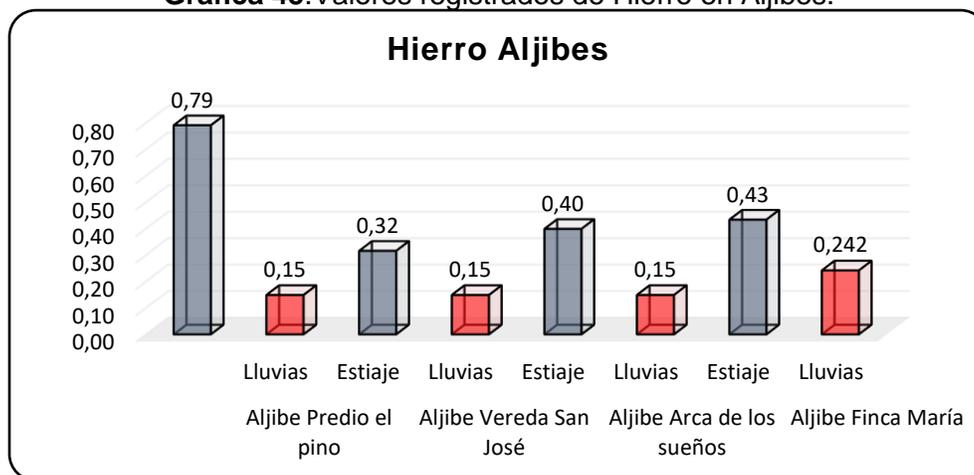
Gráfica 44. Valores registrados de Sulfato en Aljibes.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Los contenidos de sulfatos en las aguas subterráneas se deben a la disolución de minerales sulfatados, en este sentido los resultados presentados en los aljibes monitoreados revelan concentraciones bajas de este parámetro a excepción del punto Aljibe Finca María que reporta el valor pico de 105,32 mg SO₄/L en temporada de lluvia, lo cual podría estar relacionado con las características del suelo, pues por ser un punto cercano a la superficie el agua almacenada se encuentra dentro del suelo residual, por ende las concentraciones de sulfatos están relacionadas a procesos de descomposición de materia orgánica, procesos fotosintéticos y en algunos casos a procesos antrópicos como son los aportes de nutrientes representados en compuestos como (fertilizantes, agroquímicos o estiércol) esto varía de acuerdo al uso del suelo de la zona.

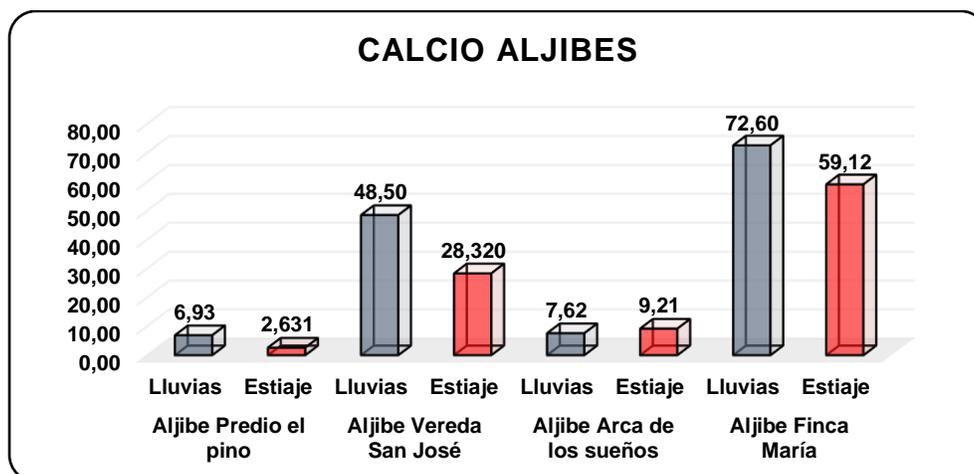
Gráfica 45. Valores registrados de Hierro en Aljibes.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

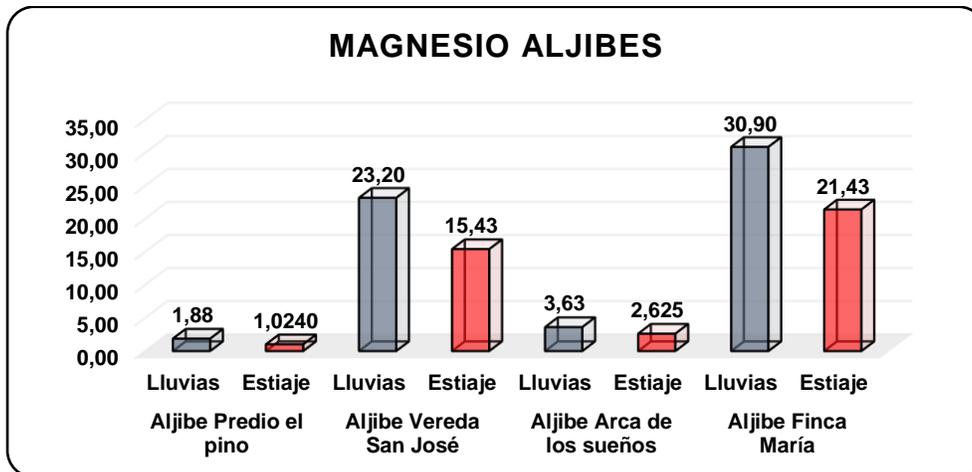
A diferencia de los pozos las concentraciones de hierro en los aljibes son más bajas esto se asocia principalmente al medio donde se encuentra el agua, los pozos por encontrarse captando agua de una formación geológica generalmente presentan mayor contenido de hierro por la disolución de este material, por el contrario los aljibes como se encuentran captando agua principalmente del suelo las concentraciones son bajas a excepción si existen procesos de contaminación asociados al uso del suelo del área, sin embargo este no es el caso de los puntos monitoreados ya que se encuentran dentro del rango propuesto en el ART. 40 del decreto 1594 de 1984 el cual define los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola y los puntos presentan concentraciones inferiores a 5 mg/L.

Gráfica 46. Valores Registrados de Calcio en Aljibes.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

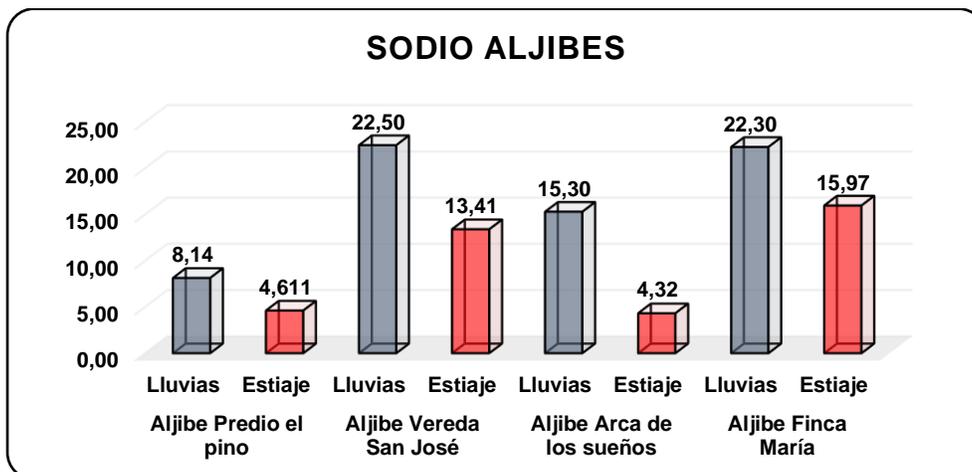
Gráfica 47. Valores Registrados de Magnesio en Aljibes.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

En cuanto a los contenidos de calcio y magnesio los puntos monitoreados presentaron un comportamiento variable, de esta manera los contenidos de los iones Ca y Mg están asociados principalmente a factores como son el tipo de formación donde se encuentra el agua y la composición fisicoquímica del suelo, de este modo se observa que los puntos que presentan las concentraciones más elevadas son Aljibe Finca María y aljibe Vereda San José, sin embargo los valores picos se encuentran en temporada de lluvia asociados principalmente al contenido de estos iones que se encuentran en el suelo y por acción de lluvia infiltran además de presentar aportes de la formación donde se encuentra almacenada el agua (depósitos aluviales), pues si bien no se caracterizan por tener estos parámetros si realizan un aporte importante al interactuar con el agua.

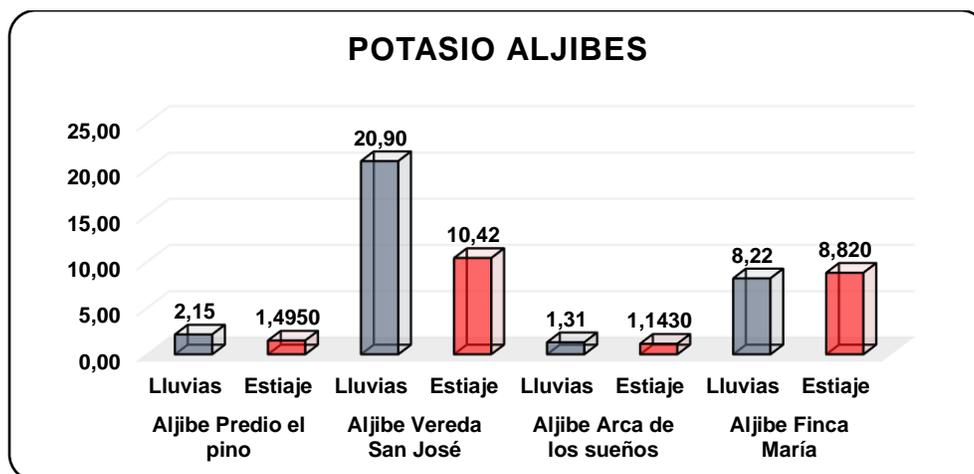
Gráfica 48. Valores Registrados de Sodio en Aljibes



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

El sodio ingresa a las aguas subterráneas debido a la lixiviación de rocas y suelos, las concentraciones de este parámetro en los puntos monitoreados son relativamente bajas, se obtiene un valor promedio en los puntos monitoreados de este parámetro en temporada de lluvia de 17,06 mg Metal/L, mientras que en temporada de estiaje se presenta un valor de 9,57 mg Metal/L respectivamente, estos valores se asocian a los contenidos de sales y minerales presentes en los suelos de la región.

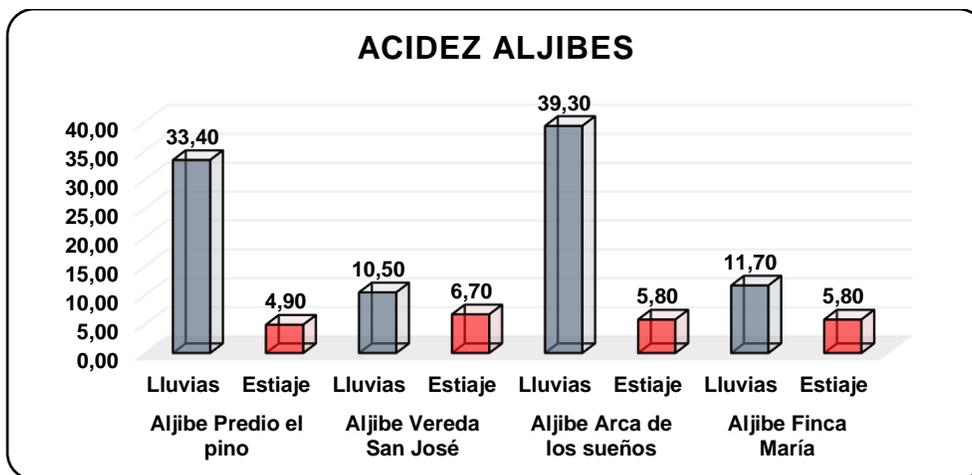
Gráfica 49. Valores Registrados de Potasio en Aljibes.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

El potasio se encuentra por la descomposición meteórica de silicatos, sin embargo las concentraciones normales en aguas subterráneas son inferiores a 10 mg/l, de acuerdo a lo anterior la mayoría de los puntos monitoreados se encuentran dentro de este rango a excepción del Aljibe Vereda San José que presentó un valor pico de 20,90 mg Metal/L en temporada de lluvia, Este valor puede estar relacionado con procesos de formación de arcillas, procesos de descomposición de materiales orgánicos, o fertilizantes usados para el crecimiento de plantas y cultivos, no obstante cabe resaltar que para temporada de estiaje las concentraciones se reducen significativamente.

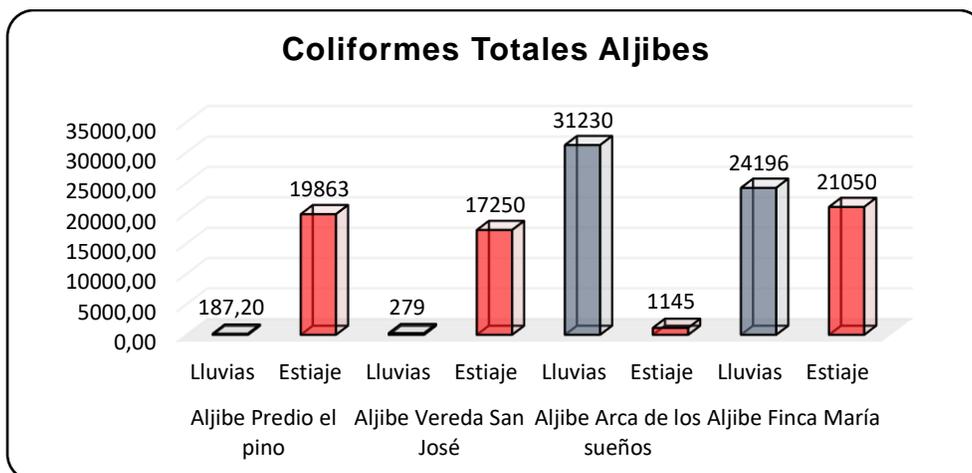
Gráfica 50. Valores Registrados de Acidez en Aljibes.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

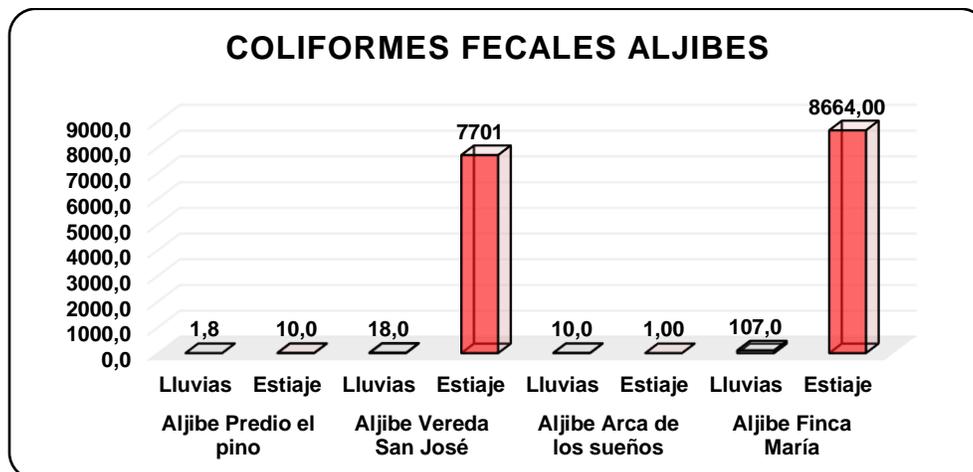
La acidez se define como la capacidad del agua de neutralizar bases y en el caso de las aguas subterráneas no es muy frecuente, sin embargo existen fuentes que presentaron un grado de acidez tal es el caso del punto aljibe Arca de Los Sueños que presentó el valor pico de 39.3 mg CaCO₃/L y Aljibe predio el Pino un valor de 33,40 mg CaCO₃/L, los dos puntos en periodo de lluvia lo cual puede estar asociado a condiciones de acidez del suelo puesto que el área de estudio presenta en general suelos jóvenes y por procesos de infiltración estas concentraciones llegan al agua subterránea, por otra parte en temporada de estiaje estos valores se reducen significativamente lo cual se asocia a la reducción de elementos que se infiltran debido a la reducción de las precipitaciones en esta temporada.

Gráfica 51. Valores Registrados de Coliformes Totales en Aljibes.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Gráfica 52. Valores Registrados de Coliformes Fecales en Aljibes.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Las Coliformes fecales y totales Como parámetro microbiológico debe encontrarse en concentraciones casi nulas, de esta manera la normatividad colombiana fijó unos valores admisibles de estos parámetros para los diferentes usos a continuación se presentan los puntos que exceden las concentraciones de coliformes totales según los propuesto en el decreto 1594 de 1984:

Temporada de lluvia

1. Aljibe el arca de los sueños temporada de lluvia 31230,00 NMP/100 mL (Art.38, Art.39, Art.40 y Art.41)
2. Aljibe Finca María 24196 NMP/100 mL (Art.38, Art.39, Art.40 y Art.41)
3. Aljibe Vereda San José 279 NMP/100 mL (Art.41).

Temporada de estiaje

Para la temporada de estiaje todos los puntos exceden los valores límites permisibles en el decreto 1594 de 1984 con excepción del Aljibe Arca de los Sueños el cual reporta un valor de 1145 NMP/100 mL el cual cumple con los propuesto en el presente decreto en los Artículos 38 y 40, por tanto, se puede destinar el uso del agua para uso doméstico y uso agrícola.

En cuanto a las coliformes fecales todos los puntos monitoreados para temporada de lluvia se encuentran en cumplimiento del Decreto 1594 de 1984, situación contraria para temporada de Estiaje puesto que presenta incumplimiento de este parámetro para los siguientes puntos:

1. Aljibe Finca María 8664 NMP/100 mL presenta un valor superior al reportado en temporada de lluvia, lo cual se asocia principalmente a la existencia de menor cantidad de agua existente para diluir las concentraciones de este

parámetro, así mismo un ligero aumento de pH y de temperatura permite el crecimiento y reproducción de estos organismos, no obstante por observaciones en campo en este punto existe actividad ganadera, parcelas y asentamientos humanos situación que influye en las características microbiológicas del punto monitoreado.

2. En el aljibe San José este parámetro se incrementó significativamente para la temporada de estiaje con un valor de 7701 NMP/100 mL debido a la reducción del nivel de agua así mismo un ligero aumento de pH y de temperatura permite el crecimiento y reproducción de estos organismos.

Los dos puntos incumplen con lo propuesto en el decreto 1594 de 1984 ya que exceden los valores límites permisibles en los Artículos 38,40 y 41.

Tabla 19. Resultados Huevos de Helminto para Aljibes

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS LABORATORIO POR PUNTO DE COLECCIÓN DE MUESTRA									
		Finca Santa Lucia		Finca Santa Rita		Unique colletion S.A		Finca Retiro		Predio Cucharo	
		Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje
HUEVOS DE HELMINTOS	Huevos/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Los helmintos o gusanos que pertenecen al subreino de los Metazoarios, lo que denota que son animales multicelulares, pueden ser gusanos planos o redondos, estos son comunes generalmente en aguas residuales, sin embargo en aguas estancadas con presencia de material orgánico pueden desarrollarse, no obstante en los puntos monitoreados este parámetro es nulo, lo cual indica ausencia de este tipo de organismos, asociado varios factores entre ellos se encuentra las condiciones acidas del medio y las características de compactación y porosidad que no permite la infiltración de este parámetro en aguas más profundas.

3.1.4 Análisis de confiabilidad – A través del Balance Iónico

Para el análisis hidro geoquímico realizamos inicialmente un balance iónico para verificar la consistencia y confiabilidad de los análisis del laboratorio (memorias de cálculos en el anexo 2), para tal fin utilizamos la siguiente ecuación general:

$$\% \text{ Error} = \frac{\sum \text{cationes} - \sum \text{aniones}}{\sum \text{cationes} + \sum \text{aniones}}$$

El porcentaje de error depende de los valores de conductividad eléctrica tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 20. Error aceptable en el balance iónico de la conductividad eléctrica

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	50	200	500	2000	>2000
Error Aceptable (%)	± 30	± 100	± 8	± 4	± 4

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017 Tomado (Universidad Nacional De Colombia. Sede Medellin, 2009.)

Tabla 21. Valores de conductividad analizado para las 9 muestras y porcentaje de error aceptable para el balance iónico.

$\mu\text{S}/\text{cm}$	Aljibe Predio el pino		Pozo Finca Santa Lucia		Pozo Finca Santa Rita		Aljibe Vereda San José		Pozo Unique colletion S.A		Aljibe Arca de los sueños		Pozo Finca Retiro		Pozo Predio Cucharo		Aljibe Finca María		Pozo Vereda Las Flores
	Lluvia	Estiaje	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Lluvia	Estiaje	Estiaje	Lluvia	Lluvia	Estiaje	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Lluvia	Estiaje	Lluvia
		0,8	400	6,18	260	115	130	475	700	50	340	0,9	640	135	215	0,8	160	7,35	9,65
% DE ERROR ACEPTABLE	30	8	30	8	100	100	8	4	30	8	30	4	100	100	30	100	30	30	100

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

Tabla 22. Error aceptable en el balance iónico según la sumatoria de aniones

Σ ANIONES (meq/L)	ERROR ACEPTABLE (%)
0-3	± 0.2
3-10	± 2
10-800	± 5

Fuente: SYSCOL CONSULTORORES S.A.S 2017 Tomado (Universidad Nacional De Colombia. Sede Medellin, 2009.)

Tabla 23. Balance iónico realizado a pozos.

BALANCE IONICO POZOS											
IONES	Pozo Finca Santa Lucia		Pozo Finca Santa Rita		Pozo Unique Collection S.A.S		Pozo Finca El Retiro		Pozo Predio El Cucharo		Pozo Exploratorio Vereda Las Flores
	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia
Anión	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
HCO3-	39,24	37,48	16,72	7,15	65,00	62,40	35,59	45,70	8,53	5,20	56,60
SO4=	15,73	13,88	10,69	4,61	4,61	4,61	9,08	8,71	4,61	4,61	10,00
Cl-	2,88	3,22	1,12	1,12	1,12	3,22	2,68	3,72	2,97	1,54	8,80
NO3-	0,05	0,05	23,20	0,65	0,05	0,05	0,05	0,05	0,69	0,87	0,05
Total	57,90	54,63	51,73	13,53	70,78	70,28	47,40	58,18	16,80	12,22	75,45
Catión	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Na+	3,36	3,42	2,12	1,61	29,40	14,30	15,80	11,02	5,01	2,67	41,80
K+	1,58	1,19	1,61	0,81	2,14	1,90	1,26	1,73	0,89	1,34	5,11
Ca++	15,50	15,12	2,09	1,74	4,91	4,73	11,50	16,91	3,76	1,06	6,10
Mg++	2,89	3,10	0,96	0,87	4,20	2,57	4,10	4,64	0,42	0,33	4,20
Total	23,33	22,83	6,78	5,03	40,65	23,50	32,66	34,30	10,09	5,40	57,21
CONVERSIÓN A MILIEQUIVALENTES											
Anión	meg/L	meg/L	meg/L	meg/L	meg/L	meg/L	meg/L	meg/L	meg/L	meg/L	meg/L
HCO3-	0,64	0,61	0,27	0,12	1,07	1,02	0,58	0,75	0,14	0,09	0,93
SO4=	0,33	0,29	0,22	0,10	0,10	0,10	0,19	0,18	0,10	0,10	0,21
Cl-	0,08	0,09	0,03	0,03	0,03	0,09	0,08	0,10	0,08	0,04	0,25
NO3-	0,00	0,00	0,37	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00081
Total	1,05	1,00	0,90	0,26	1,19	1,21	0,85	1,04	0,33	0,24	1,38

BALANCE IONICO POZOS											
IONES	Pozo Finca Santa Lucia		Pozo Finca Santa Rita		Pozo Unique Collection S.A.S		Pozo Finca El Retiro		Pozo Predio El Cucharo		Pozo Exploratorio Vereda Las Flores
	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia
Catión	meg/L	meg/L	meg/L	meg/L	meg/L	meg/L	meg/L	meg/L	meg/L	meg/L	meg/L
Na+	0,15	0,15	0,09	0,07	1,28	0,62	0,69	0,48	0,22	0,12	1,82
K+	0,04	0,03	0,04	0,02	0,05	0,05	0,03	0,04	0,02	0,03	0,13
Ca++	0,78	0,76	0,10	0,09	0,25	0,24	0,58	0,85	0,19	0,05	0,31
Mg++	0,24	0,26	0,08	0,07	0,35	0,21	0,34	0,38	0,03	0,03	0,35
Total	1,20	1,19	0,32	0,25	1,92	1,12	1,63	1,75	0,46	0,23	2,60
% Error	6,51	8,94	-48,00	-1,19	23,42	-3,95	31,56	25,64	16,72	-1,14	30,48

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Tabla 24 Balance iónico realizado a pozos

BALANCE IONICO ALJIBES								
IONES	Aljibe Predio Los Pinos		Aljibe Vereda San José		Aljibe Arca de los Sueños		Aljibe Finca María	
	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia
Anión	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
HCO3-	15,84	16,69	39,28	42,45	44,49	34,95	12,80	13,43
SO4=	2,65	4,61	26,00	39,56	5,12	4,61	79,45	105,32
Cl-	3,42	7,38	9,56	15,81	1,12	1,12	14,61	30,58
NO3-	0,75	0,71	111,64	137,43	0,05	0,05	222,57	309,99

BALANCE IONICO ALJIBES

IONES	Aljibe Predio Los Pinos		Aljibe Vereda San José		Aljibe Arca de los Sueños		Aljibe Finca María	
	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia
Anión	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Total	22,66	29,39	186,48	235,25	50,78	40,73	329,43	459,32
Catión	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Na+	4,61	8,14	13,41	22,50	4,32	15,30	15,97	22,30
K+	1,50	2,15	10,42	20,90	1,14	1,31	8,82	8,22
Ca++	2,63	6,93	28,32	48,50	9,21	7,62	59,12	72,60
Mg++	1,02	1,88	15,43	23,20	2,63	3,63	21,43	30,90
Total	9,76	19,10	67,58	115,10	17,30	27,86	105,34	134,02
CONVERSIÓN A MILIEQUIVALENTES								
Anión	meg/L	meg/L	meg/L	meg/L	meg/L	meg/L	meg/L	meg/L
HCO3-	0,26	0,27	0,64	0,70	0,73	0,57	0,21	0,22
SO4=	0,06	0,10	0,54	0,82	0,11	0,10	1,66	2,19
Cl-	0,10	0,21	0,27	0,45	0,03	0,03	0,41	0,86
NO3-	0,01	0,01	1,80	2,22	0,00	0,00	3,59	5,00
Total	0,42	0,59	3,26	4,18	0,87	0,70	5,87	8,28
Catión	meg/L	meg/L	meg/L	meg/L	meg/L	meg/L	meg/L	meg/L
Na+	0,20	0,35	0,58	0,98	0,19	0,67	0,69	0,97
K+	0,04	0,06	0,27	0,54	0,03	0,03	0,23	0,21
Ca++	0,13	0,35	1,42	2,43	0,46	0,38	2,96	3,63
Mg++	0,08	0,15	1,27	1,91	0,22	0,30	1,76	2,54
Total	0,45	0,91	3,54	5,85	0,89	1,38	5,64	7,35
%Error	21,43	3,57	16,61	4,13	32,56	1,44	-5,90	-1,97

Tabla 25. Error aceptable según la sumatoria de aniones para Pozos

Σ ANIONES	Pozo Finca Santa Lucía		Pozo Finca Santa Rita		Pozo Unique collection S.A		Pozo Finca Retiro		Pozo Predio Cucharo		Pozo Vereda Las Flores
	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Lluvia
(meq/L)	1,05	1,00	0,90	0,26	1,19	1,21	0,85	1,04	0,33	0,24	1,38
% ERROR ACEPTABLE	±0.2	±0.2	±0.2	±0.2	±0.2	±0.2	±0.2	±0.2	±0.2	±0.2	±0.2
% ERROR HALLADO	6,51	8,94	-48,00	-1,19	23,42	-3,95	31,56	25,64	16,72	-1,14	30,48

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Tabla 26. Error aceptable según la sumatoria de aniones para Aljibes

Σ ANIONES	Aljibe Predio el pino		Aljibe Vereda San José		Aljibe Arca de los sueños		Aljibe Finca María	
	Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje
(meq/L)	0,59	0,42	4,18	3,26	0,7	0,87	8,28	5,87
% ERROR ACEPTABLE	±0.2	±0.2	±2	±2	±0.2	±0.2	±2	±2
% ERROR HALLADO	21,43	3,6	16,61	4,13	32,56	1,4	-5,9	-1,97

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Según la tabla anterior se observa que el error aceptable de acuerdo a la sumatoria de aniones y cationes no cumplen en ninguno de los casos, situación que se asocia posiblemente a intrusión de otras sustancias químicas que se encuentran disueltas en concentraciones mayores a 1mg/L y alteran los resultados, puesto que se descartaron errores en la toma y análisis de las muestras ya que se siguieron los protocolos descritos en las guías de IDEAM y el *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

No obstante, al comparar los resultados obtenidos con el porcentaje de error aceptable de acuerdo con los rangos de conductividades se observa que la confiabilidad en los resultados mejora notablemente tal como se ve reflejado en la tabla 27.

Tabla 27. Comparativo de conductividades y el porcentaje de error aceptable para Pozos.

	Pozo Finca Santa Lucia		Pozo Finca Santa Rita		Pozo Unique collection S.A		Pozo Finca Retiro		Pozo Predio Cucharo		Pozo Vereda Las Flores
	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia
$\mu\text{S/cm}$	6,18	260	115	130	50	340	135	215	0,8	160	153
% DE ERROR ACEPTABLE	30	8	100	100	30	8	100	100	30	100	100
% ERROR	6,51	8,94	-48,00	-1,19	23,42	-3,95	31,56	25,64	16,72	-1,14	30,48

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Tabla 28. Comparativo de conductividades y el porcentaje de error aceptable para Aljibes.

	Aljibe Predio el pino		Aljibe Vereda San José		Aljibe Arca de los sueños		Aljibe Finca María	
	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje
$\mu\text{S/cm}$	0,8	400	475	700	0,9	640	7,35	9,65
% DE ERROR ACEPTABLE	30	8	8	4	30	4	30	30
% ERROR	21,43	3,57	16,61	4,13	32,56	1,44	-5,90	-1,97

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

De acuerdo a los resultados de la tabla anterior se puede inferir que el porcentaje de error del balance iónico es aceptable para seis de los diez puntos evaluados para temporada de lluvia y estiaje pues se encuentra dentro del rango de conductividades menores a 50 y hasta 500 $\mu\text{S/cm}$ tal como se ve reflejado en la tabla 27 y 28, no obstante se observa que los puntos: Aljibe Vereda San José (temporada de lluvia y estiaje), Aljibe Arca de Los Sueños (temporada de lluvia) y Pozo Finca Santa Lucia (temporada de lluvia) el porcentaje de error del balance

iónico exceden el valor del error aceptable, lo cual significa que las masas de iones y cationes se encuentran en desbalance, debido a factores externos como son la presencia de componentes minoritarios en concentraciones mayores a 1mg/L que se encuentran en solución en las aguas subterráneas posiblemente producto de la infiltración de sustancias asociadas al uso del suelo de la zona donde se encuentra el punto, pues según las observaciones de campo se identifica presencia de actividad ganadera y asentamientos humanos, por otra parte existen otros factores naturales que pueden incidir en el aporte de sustancias químicas asociadas al tipo de formación geológica.

Por tanto, el control de calidad realizado a los resultados tomados genera un grado de confiabilidad aceptable, lo cual significa que el desarrollo de los diagramas de calidad tendrá un resultado confiable.

3.1.4.1 Relaciones inter paramétricas

A continuación, se describen algunas relaciones inter paramétricas que permiten verificar el análisis químico realizado a los nueve puntos monitoreados de calidad de agua subterránea.

La relación $\frac{k}{(Na + k)}$ debe ser menor al 20%

Tabla 29. Relación de potasio y sodio

Aljibe Predio el pino		Pozo Finca Santa Lucia		Pozo Finca Santa Rita		Aljibe Vereda San José		Pozo Unique colletion S.A		Aljibe Arca de los sueños		Pozo Finca Retiro		Pozo Predio Cucharo		Aljibe Finca María		Pozo Vereda Las Flores
Lluvia	Estiaje	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Lluvia	Estiaje	Estiaje	Lluvia	Lluvia	Estiaje	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Lluvia	Estiaje	Lluvia
20,89	24,48	31,98	25,85	43,16	33,39	48,16	43,73	6,785	11,74	7,88	20,92	7,386	13,56	15,14	33,46	26,93	35,58	10,89

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

La relación $\frac{Mg}{(Ca + Mg)}$ debe ser menor al 40%

Tabla 30. Relación entre el Calcio y Magnesio

Aljibe Predio el pino		Pozo Finca Santa Lucia		Pozo Finca Santa Rita		Aljibe Vereda San José		Pozo Unique colletion S.A		Aljibe Arca de los sueños		Pozo Finca Retiro		Pozo Predio Cucharo		Aljibe Finca María		Pozo Vereda Las Flores
Lluvia	Estiaje	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Lluvia	Estiaje	Estiaje	Lluvia	Lluvia	Estiaje	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Lluvia	Estiaje	Lluvia
21,34	28,02	15,72	17,01	31,52	33,35	32,36	35,27	46,10	35,21	32,27	22,18	26,28	21,53	10,09	23,80	29,86	26,60	40,78

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

La relación $\frac{Ca}{(Ca + SO_4)}$ debe ser mayor al 50%

Tabla 31. Relación entre el Calcio y Sulfatos

Aljibe Predio el pino		Pozo Finca Santa Lucia		Pozo Finca Santa Rita		Aljibe Vereda San José		Pozo Unique colletion S.A		Aljibe Arca de los sueños		Pozo Finca Retiro		Pozo Predio Cucharo		Aljibe Finca María		Pozo Vereda Las Flores
Lluvia	Estiaje	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Lluvia	Estiaje	Estiaje	Lluvia	Lluvia	Estiaje	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Lluvia	Estiaje	Lluvia
78,30	70,44	70,28	72,33	31,94	47,49	74,63	72,33	71,88	71,12	79,87	81,19	75,25	82,33	66,19	35,56	62,33	64,10	59,42

Fuente: SYSYCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

La relación $\frac{Na}{(Na + Cl)}$ debe ser mayor al 50%

Tabla 32. Relación entre el Sodio y los Cloruros

Aljibe Predio el pino		Pozo Finca Santa Lucia		Pozo Finca Santa Rita		Aljibe Vereda San José		Pozo Unique colletion S.A		Aljibe Arca de los sueños		Pozo Finca Retiro		Pozo Predio Cucharo		Aljibe Finca María		Pozo Vereda Las Flores
Lluvia	Estiaje	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Lluvia	Estiaje	Estiaje	Lluvia	Lluvia	Estiaje	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Lluvia	Estiaje	Lluvia
63,00	67,54	64,29	62,11	74,50	68,99	68,72	68,41	97,59	87,27	95,47	85,62	90,10	82,05	72,25	72,76	52,95	62,79	88,00

Fuente: SYSYCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

La relación entre los sólidos disueltos totales (SDT) y la conductividad eléctrica debe ser:

$$0,55 < \frac{SDT \text{ medido}}{Conductividad \text{ electrica}} < 0,75$$

Tabla 33. Relación entre los Solidos Disueltos Totales y la Conductividad

Aljibe Predio el pino		Pozo Finca Santa Lucia		Pozo Finca Santa Rita		Aljibe Vereda San José		Pozo Unique collection S.A		Aljibe Arca de los sueños		Pozo Finca Retiro		Pozo Predio Cucharo		Aljibe Finca María		Pozo Vereda Las Flores
Lluvia	Estiaje	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Lluvia	Estiaje	Estiaje	Lluvia	Lluvia	Estiaje	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Lluvia
52,50	0,11	12,30	0,31	1,20	0,10	0,65	0,38	1,68	0,25	60,00	0,11	0,47	0,33	10,00	0,05	74,69	44,87	1,44

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

La relación entre la conductividad eléctrica y el total de cationes debe ser:

$$90 < \frac{\text{Conductividad Electrica}}{\sum \text{Cationes meq/L}} < 110$$

Tabla 34. Relación entre la Conductividad Eléctrica y La Suma de Cationes

Aljibe Predio el pino		Pozo Finca Santa Lucia		Pozo Finca Santa Rita		Aljibe Vereda San José		Pozo Unique collection S.A		Aljibe Arca de los sueños		Pozo Finca Retiro		Pozo Predio Cucharo		Aljibe Finca María		Pozo Vereda Las Flores
Lluvia	Estiaje	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Lluvia	Estiaje	Estiaje	Lluvia	Lluvia	Estiaje	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Lluvia	Estiaje	Lluvia
0,88	879,81	5,15	218,41	362,62	521,48	81,22	197,95	25,98	303,96	0,65	716,14	82,74	122,80	1,73	694,23	1,00	1,71	58,87

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

3.1.5 Diagramas de Collins

Estos diagramas consisten en representar gráficamente en dos columnas a la izquierda los cationes en mili equivalentes para las temporadas de lluvia y estiaje, en el orden siguiente: de abajo hacia arriba Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{+} ; En otras dos columnas lluvia y estiaje, adosadas a la derecha se representan en el mismo orden los aniones CO_3H^{-} , SO_4 y Cl^{-} , esto con el objetivo de comparar los iones entre la temporada de lluvia y la temporada de estiaje. Las columnas de cationes y aniones en cada temporada han de tener la misma altura, ya que la suma de aniones y cationes ha de coincidir. (ver anexo 3)

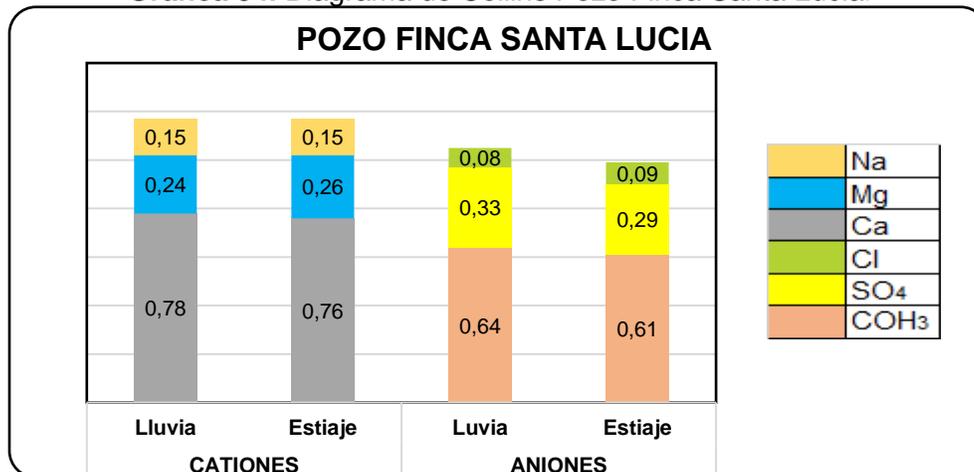
Gráfica 53. Diagrama de Collins Aljibe Predio el Pino.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

De acuerdo con la gráfica anterior se observa que en la temporada de lluvia la sumatoria de aniones y cationes no es proporcional, con una diferencia de 0,27 meq/l, lo cual significa que las concentraciones de cationes predominan sobre la de los aniones, estas diferencias se asocian a otras sustancias disueltas en el agua que superan concentraciones mayores a 1 mg/L y pueden alterar el balance iónico. En cambio, en la temporada de estiaje la diferencia de la sumatoria de cationes y aniones es de sólo 0,01 meq/l, lo cual se puede decir que el porcentaje de error es mínimo en comparación a la primera temporada.

Gráfica 54. Diagrama de Collins Pozo Finca Santa Lucia.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

En el punto denominado Pozo Finca Santa Lucia la sumatoria de los iones evaluados en temporada de lluvia, presentan condiciones cercanas a la igualdad, reflejando así un bajo porcentaje de error. En cuando a la temporada de estiaje, la diferencia de la sumatoria de los iones es un poco mayor, no obstante, se observa que en ambas temporadas los cationes predominan sobre los aniones.

Gráfica 55.Diagrama de Collins Pozo Finca Santa Rita

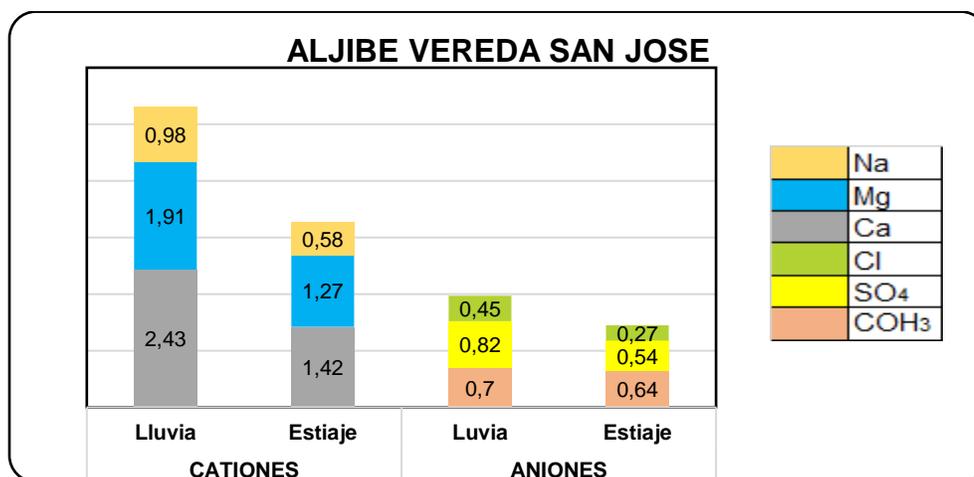


Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

En relación con la sumatoria de aniones y cationes el diagrama de Collins en el punto denominado Pozo finca Santa Rita se observa que en la temporada de Lluvia las concentraciones de aniones predominan en un amplio porcentaje sobre las concentraciones de cationes, lo cual refleja el desbalance entre las especies iónicas, que se asocia principalmente a la posible presencia de otros componentes que pueden alterar la composición físico y químico del agua modificando así el contenido

de las especies iónicas evaluadas. Por otro parte, en la temporada de estiaje, la sumatoria de cationes y aniones es más proporcional, acercándose más a la igualdad, así mismo como en la temporada de lluvia, los aniones predominan sobre los cationes.

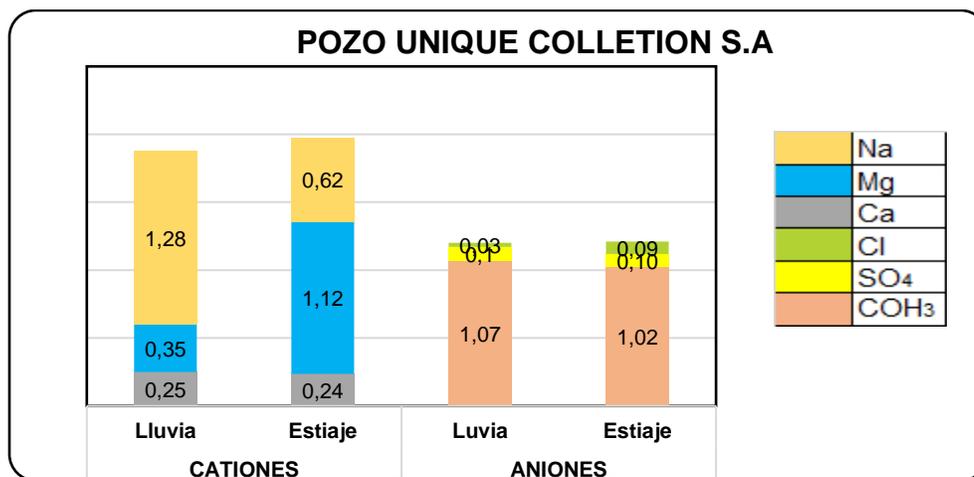
Gráfica 56. Diagrama de Collins Aljibe Vereda San José.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

El punto ubicado en la vereda San José presenta un comportamiento variable entre las concentraciones de aniones y cationes, donde se observa que, en las dos temporadas, las concentraciones de cationes predominan sobre los aniones, por tanto, el balance entre la sumatoria de las especies no es proporcional, lo cual se refleja en el porcentaje de error es grande.

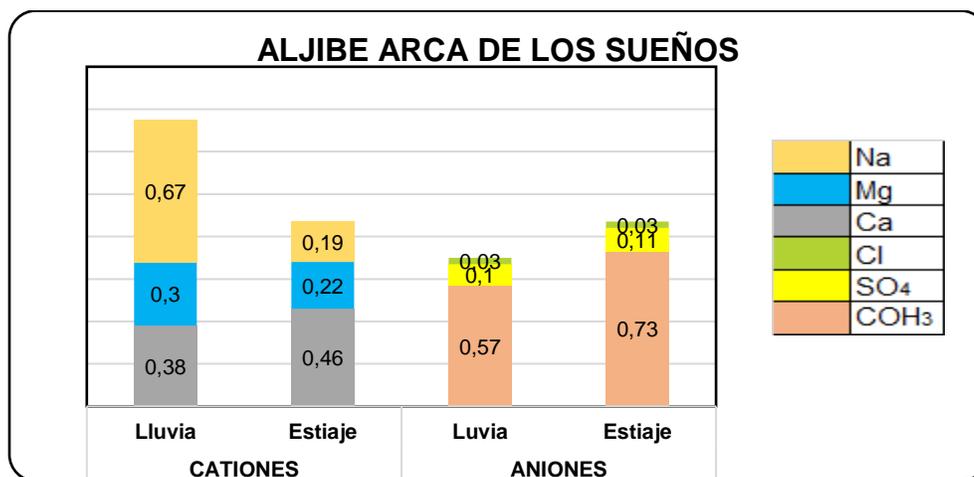
Gráfica 57. Diagrama de Collins Pozo Unique Colletion S.A



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

En el punto denominado Pozo Unique Colletion S.A, se observa predominancia de los cationes sobre los aniones tanto en la temporada de lluvia como en la temporada de estiaje, de esta manera se puede observar que la sumatoria entre los iones es bastante desigual, no obstante, el porcentaje de error hallado en ambas temporadas es aceptable de acuerdo con las concentraciones de conductividad tomadas en campo, siendo un valor un % de error aceptable de 30 y el hallado de 23,42 para temporada de lluvia, para temporada de estiaje con valor un % de error aceptable de 8 y el error halla de 3,4.

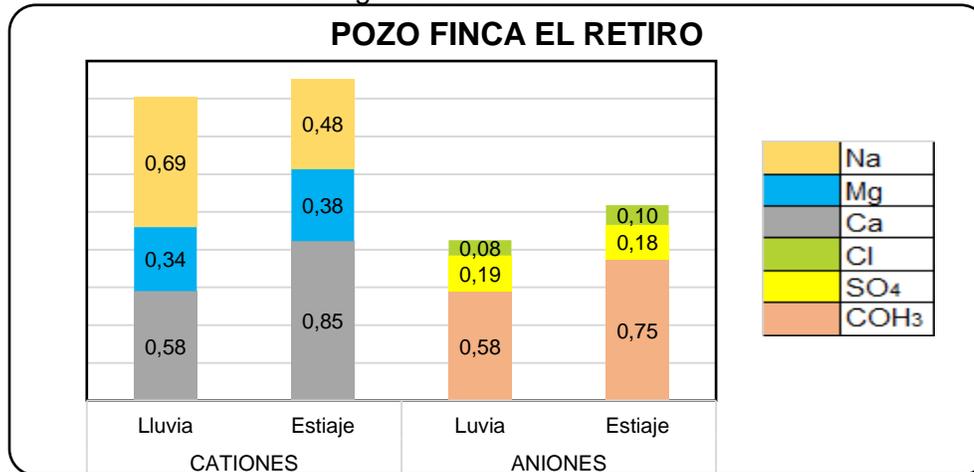
Gráfica 58. Diagrama de Collins Aljibe Arca de los Sueños.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

El diagrama de Collins del punto anterior muestra gráficamente que las cantidades entre cationes y aniones no se encuentra en las mismas proporciones para temporada de lluvia, esto probablemente se asocia a las características del medio o formación geológica donde se encuentra el agua, además de tener en cuenta las interacciones químicas entre los componentes donde se forman o intervienen otras sustancias químicas que alteran esta proporción. Sin embargo, como se muestra en la gráfica anterior en la temporada de estiaje las columnas son de la misma altura, siendo la sumatoria entre cationes y aniones igual de 0,87 meq/l.

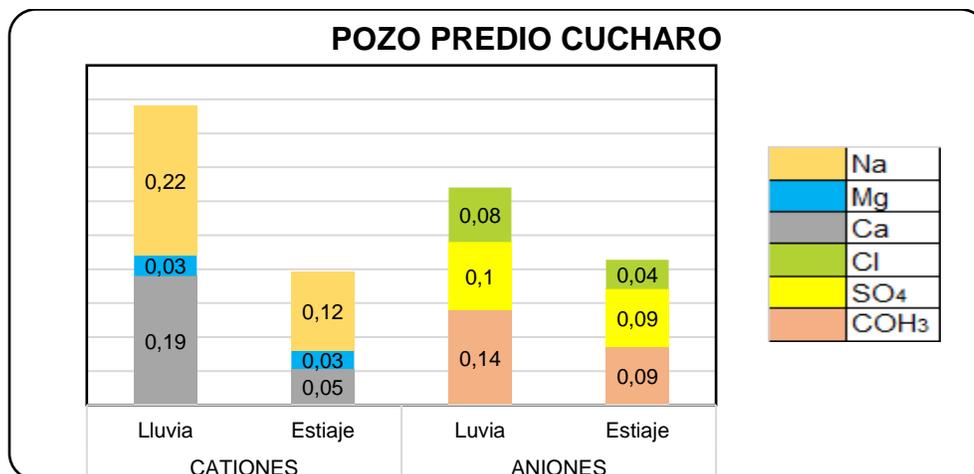
Gráfica 59. Diagrama de Collins Pozo Finca el Retiro



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

En cuanto al diagrama anterior se observa claramente que las especies dominantes en las temporadas de lluvia y estiaje son los cationes, esta diferencia entre las columnas de cationes y aniones representan un % de error aceptable en el balance iónico, no obstante este se encuentra dentro del error aceptable según las concentraciones de conductividad tomadas en campo. Uno de los posibles de los factores que puede afectar la igualdad entre los iones es la presencia de otras sustancias que se encuentran en concentraciones mayores a 1mg/L y afectan el balance entre las especies.

Gráfica 60. Diagrama de Collins Pozo Predio el Cucharó



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

El punto denominado Pozo Predio el Cucharó presenta una ligera diferencia en la temporada de lluvia, que puede ser asociado probablemente a factores como el porcentaje de error y las características físicas y químicas de la formación donde se

halla captando el punto que para el caso corresponde a la formación Regadera. No obstante, en la temporada de estiaje la sumatoria de los cationes y aniones se acercan más a la igualdad, lo cual se puede decir que el porcentaje de error es menor que en la temporada de lluvia.

Gráfica 61. Diagrama de Collins Aljibe Finca María



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

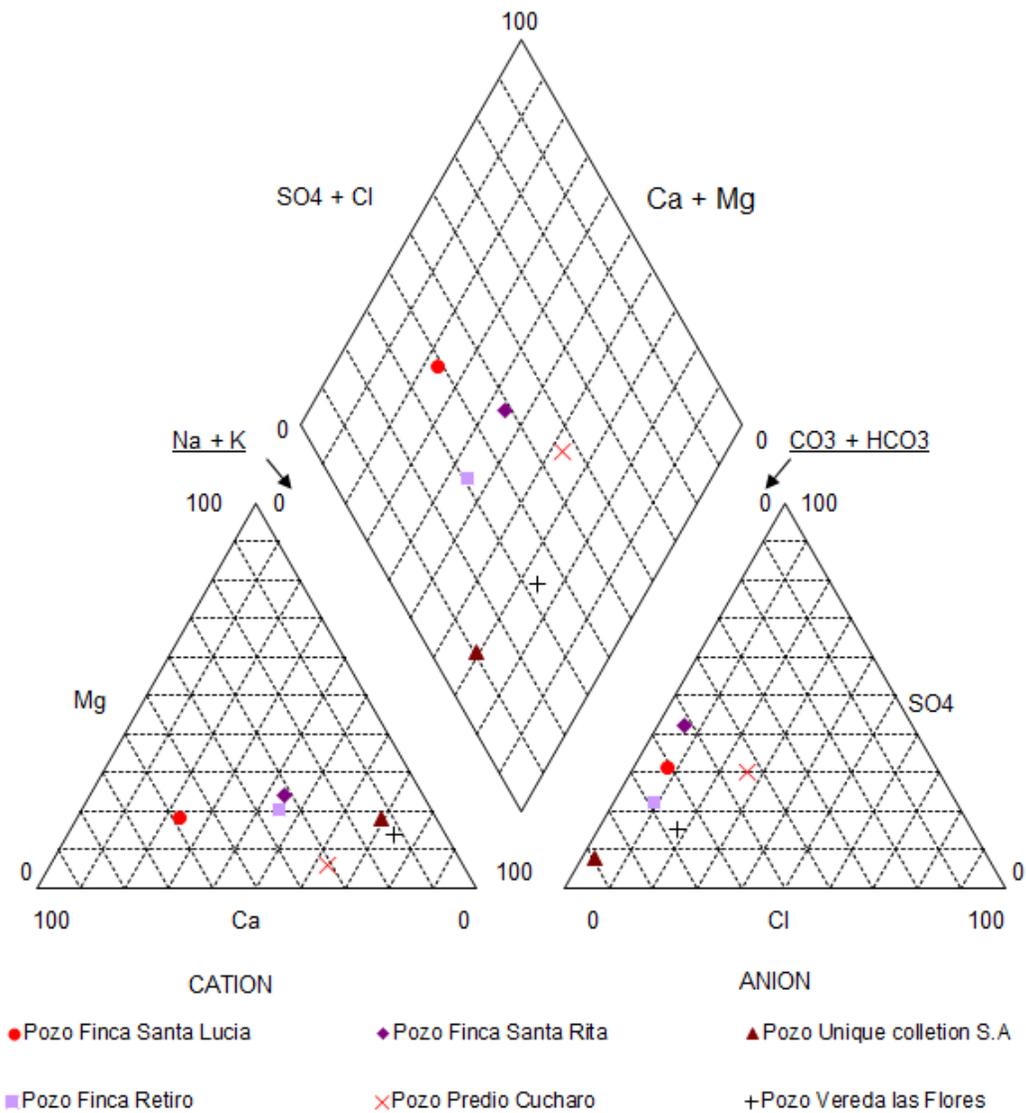
En cuanto a las características que presenta el diagrama de Collins para el aljibe Finca María, se observa que la suma de los cationes es mayor a la de los aniones, en ambas temporadas, lluvia y estiaje, donde se denota principalmente que las concentraciones de calcio son predominantes, en cuanto a la igualdad entre los cationes y aniones se presenta una diferencia significativa que se debe principalmente al porcentaje de error evaluado, no obstante, este porcentaje de error es aceptable.

3.1.6 Análisis y Resultados de la Gráfica de Pippet en Pozos Temporada de Lluvia.

Las aguas químicamente semejantes se encontrarán agrupadas, y pueden clasificarse por su ubicación en el siguiente diagrama, donde se observa gráficamente la distribución de iones y cationes.

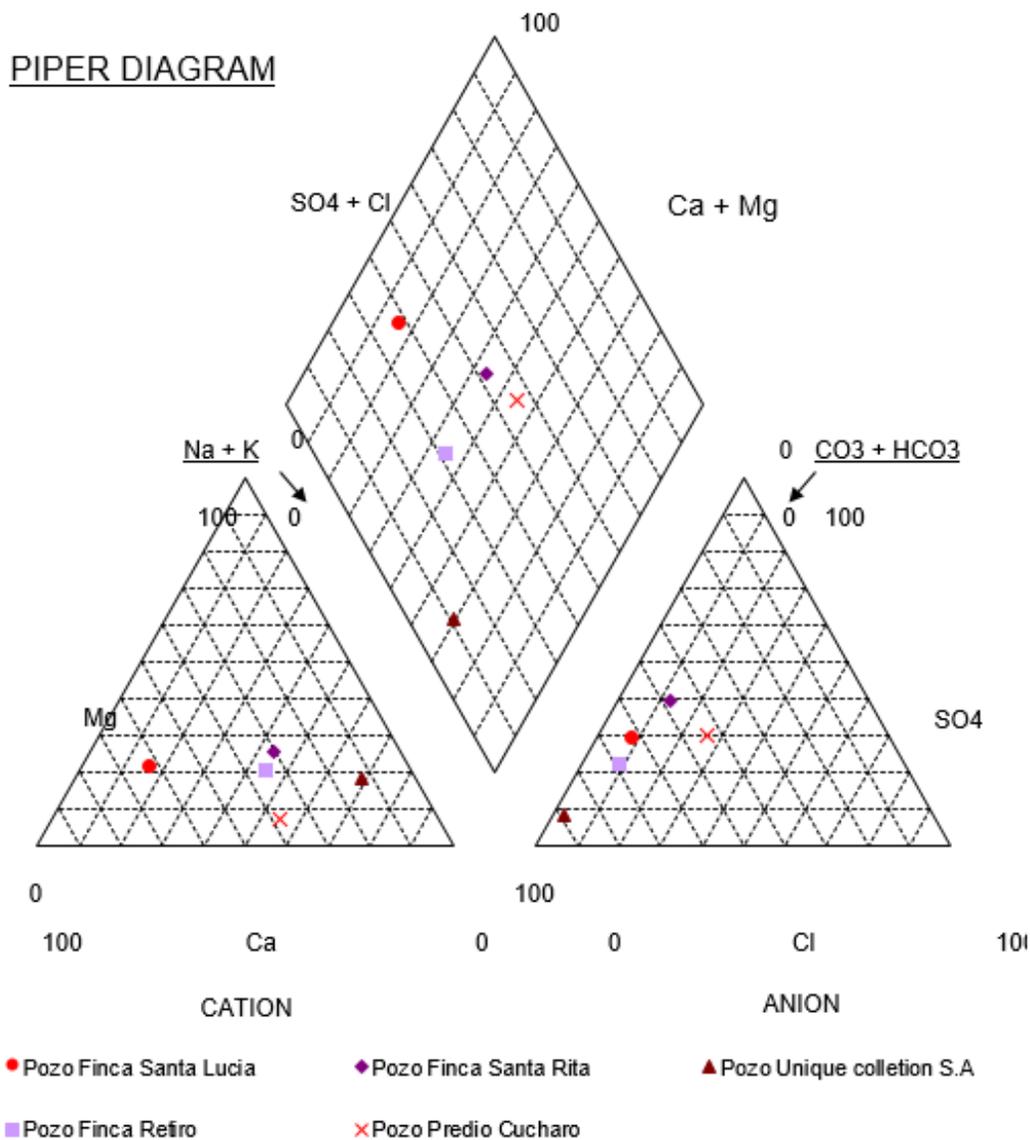
Diagrama 1. Diagrama de PIPER en Pozos Temporada de Lluvia

PIPER DIAGRAM



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

Diagrama 2. Diagrama de PIPER en Pozos Temporada de Estiaje



La posición de los puntos en el diagrama de Piper permite clasificar el agua, la cual vendrá definida por los iones más abundantes. Tras la interpretación del diagrama de Piper realizado con los valores químicos, obtenidos con diferentes análisis de los pozos analizados, hemos podido determinar:

Tabla 35. Clasificación Piper pozos

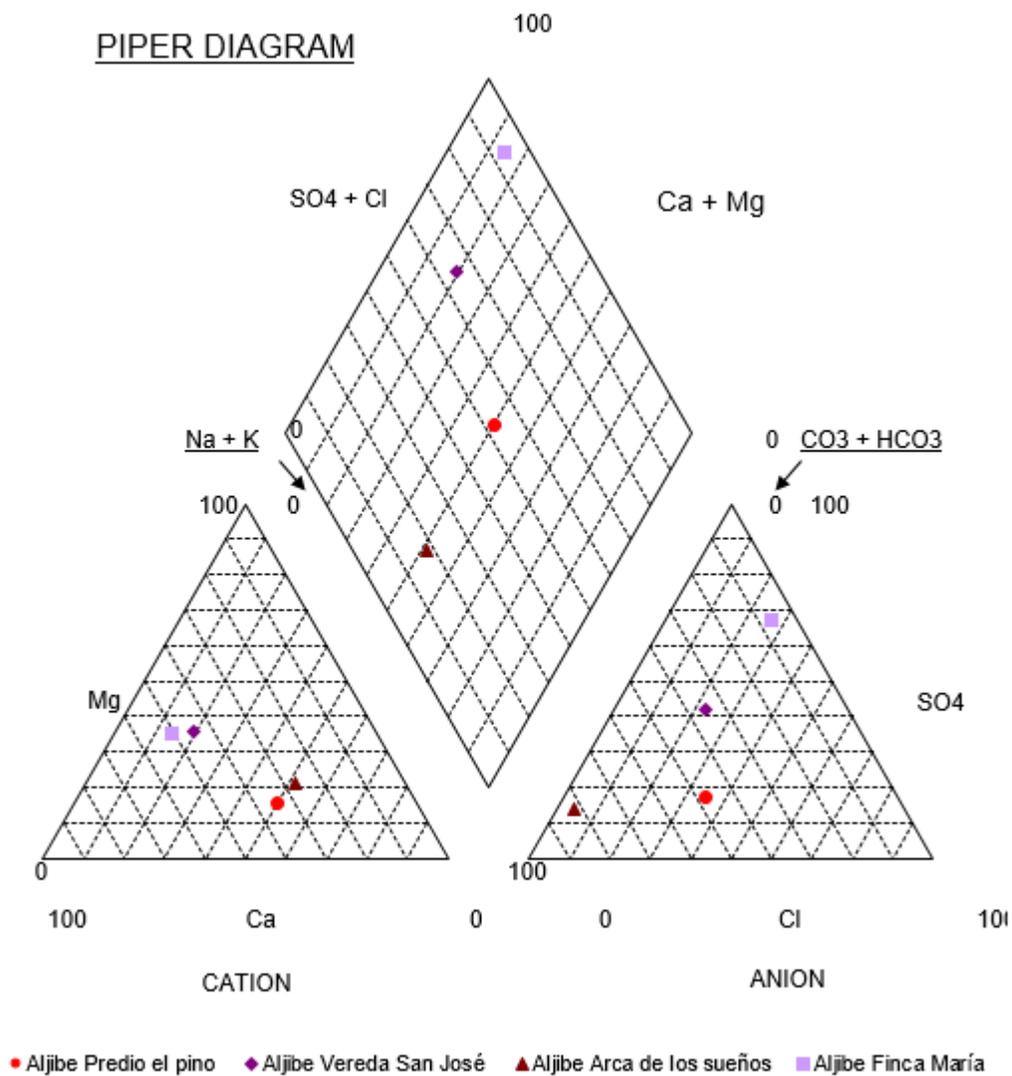
EPOCA DE LLUVIA	EPOCA DE ESTIAJE
<p>A-BICARBONATADAS –CALCICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pozo Finca Santa Lucia • Pozo Finca el Retiro • Pozo Finca Santa Rita <p>B-BICARBONATADAS-SODICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pozo Unique Colletion • Pozo vereda las Flores <p>C-SODICAS -CALCICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pozo Predio el Cucharo 	<p>A-BICARBONATADAS –CALCICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pozo Finca Santa Lucia <p>B-BICARBONATADAS-SODICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pozo Finca Santa Rita • Pozo Unique Colletion • Pozo Finca el Retiro <p>C- SULFATADA-SODICA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pozo Predio el Cucharo

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

3.1.7 Análisis y Resultados de la gráfica de Piper en Aljibes Temporada de lluvia y estiaje

Las aguas químicamente semejantes se encontrarán agrupadas, y pueden clasificarse por su ubicación en el siguiente diagrama, donde se observa gráficamente la distribución de iones y cationes para el análisis de cuatro puntos monitoreados en aljibes para la temporada de lluvia y estiaje.

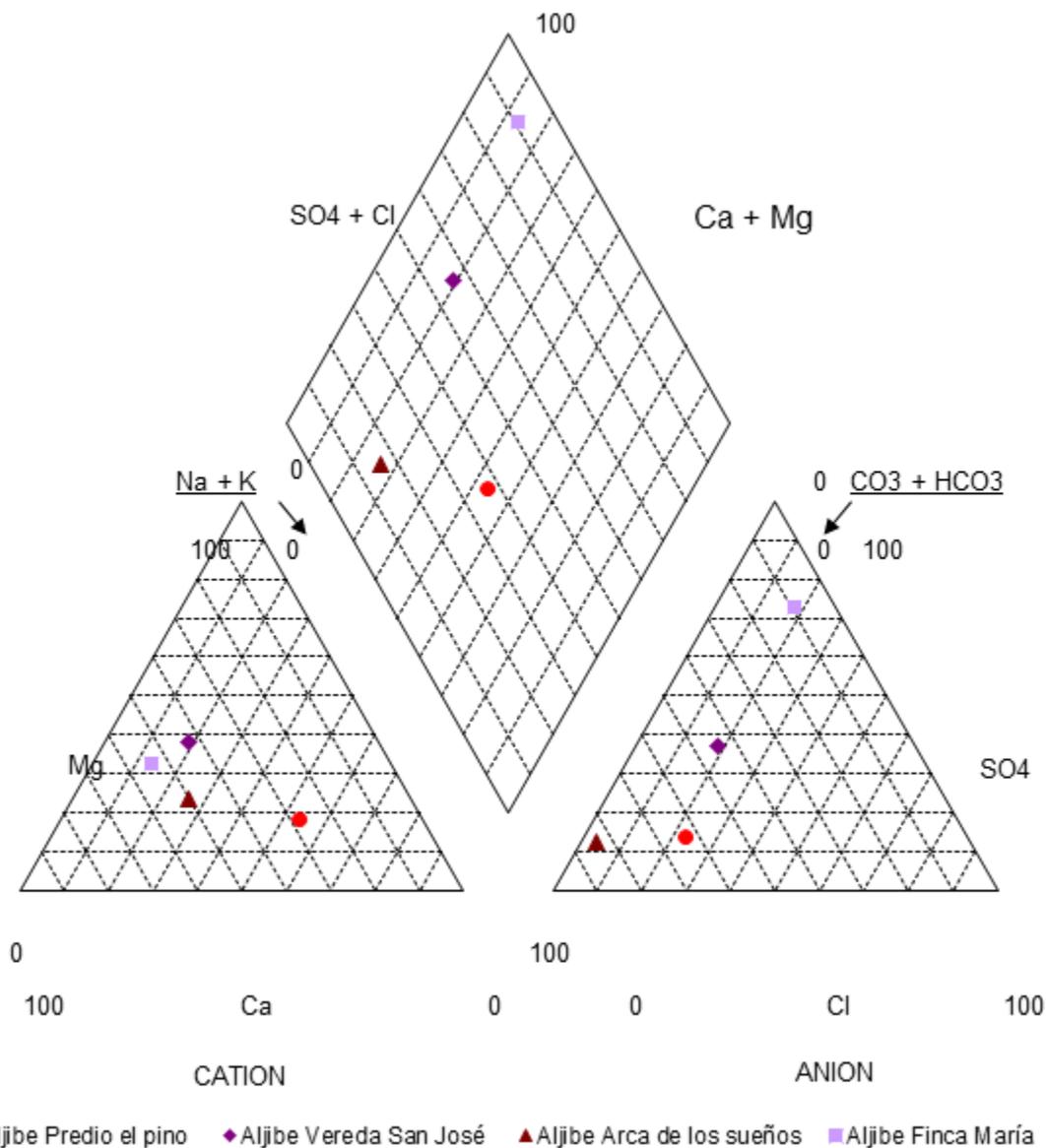
Diagrama 3. Diagrama de PIPER en Aljibes Temporada de Lluvia.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

Diagrama 4. Diagrama de PIPER en Aljibes Temporada de Estiaje.

PIPER DIAGRAM



De acuerdo con la metodología propuesta en la el numeral 2.4.3, se realizó la clasificación de los cuatro puntos monitoreados en aljibes, teniendo en cuenta las interacciones aniones y cationes se dividieron en grupos.

Tabla 36. Clasificación Piper Aljibes

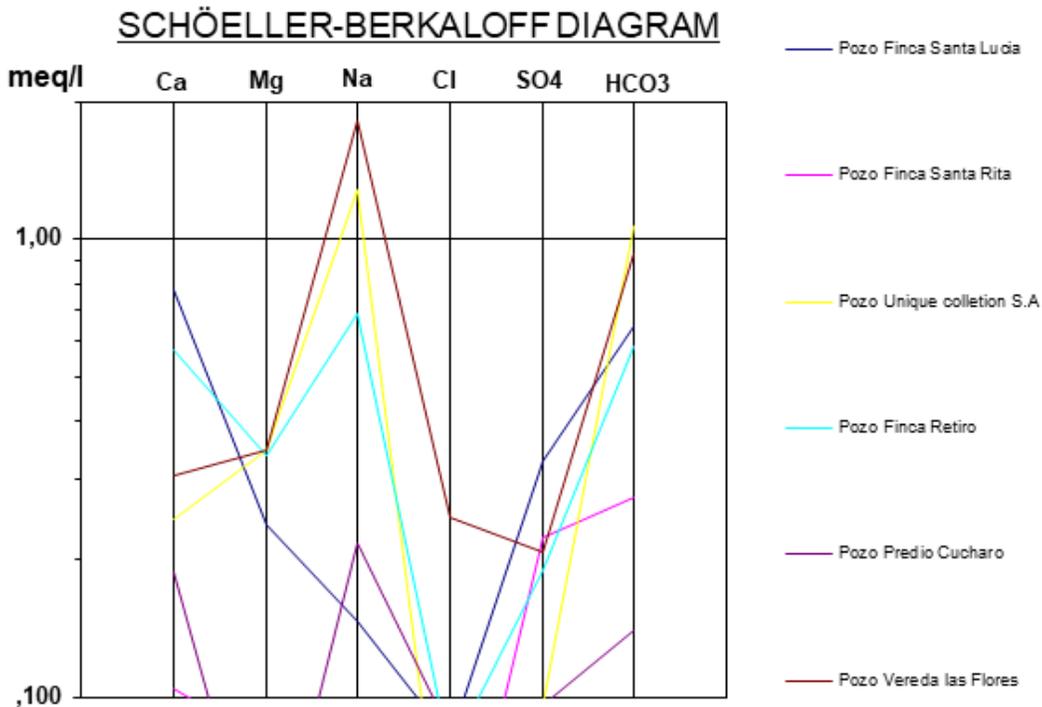
EPOCA DE LLUVIA	EPOCA DE ESTIAJE
A-BICARBONATADAS-SODICAS <ul style="list-style-type: none"> Aljibe Arca de los sueños B-CALCICAS- MAGNESICAS <ul style="list-style-type: none"> Aljibe Veredera San José C-SULFATADAS-CALCICAS <ul style="list-style-type: none"> Aljibe Finca María E-CALCICAS -SODICAS <ul style="list-style-type: none"> Aljibe Predio el Pino 	A-BICARBONATADAS-SODICAS <ul style="list-style-type: none"> Aljibe Predio el Pino B-CALCICAS- MAGNESICAS <ul style="list-style-type: none"> Aljibe Veredera San José C- BICARBONATADAS-CALCICAS <ul style="list-style-type: none"> Aljibe Arca de los sueños D-SULFATADA -CALCICA <ul style="list-style-type: none"> Aljibe Finca María

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Según la posición de los puntos y la predominancia de los iones se observa que todos presentan características diferentes, esto se debe principalmente a la cantidad reducida de puntos analizados pues no alcanzan a arrojar una tendencia definida.

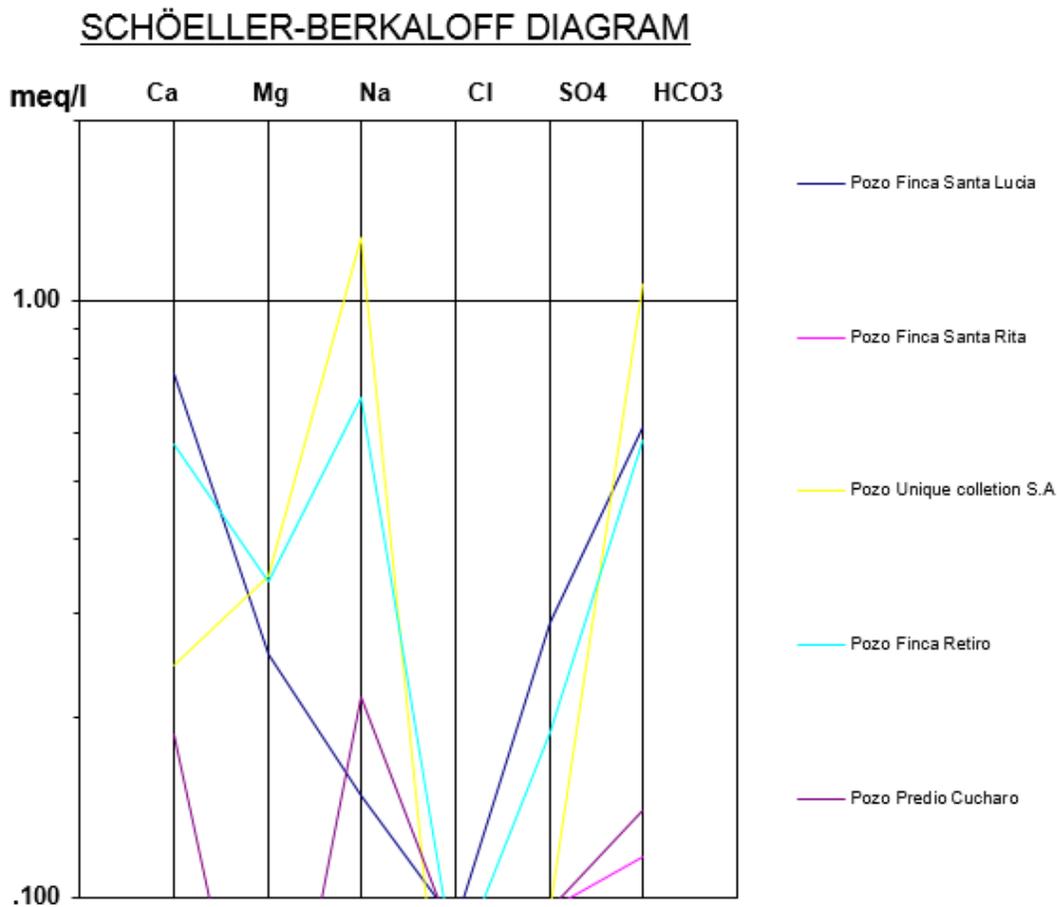
3.1.8 Análisis y Resultados de la Gráfica de SCHOELLER-BERKALOFF Pozos.

Diagrama 5. Diagrama de SCHÖELLER-BERKALOFF en Pozos Temporada de lluvia.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

Diagrama 6. Diagrama de SCHÖELLER-BERKALOFF en Pozos Temporada de estiaje.



Fuente: SYSCOL CON SULTORES S.A.S. 2017.

Los diagramas de Schoeller representan el valor de la concentración en meq/L, de los diferentes cationes y aniones utilizando una escala logarítmica y uniendo puntos mediante una secuencia de línea, este tipo de diagramas confirman el análisis realizado anteriormente en el diagrama de piper.

Tabla 37. Clasificación del agua según SCOELLER (Ver Tabla 9).

Nombre del punto	Concentración Cl meq/L Temporada de lluvia	Concentración Cl meq/L Temporada de estiaje	Clasificación	Numero asignado
Pozo Finca Santa Lucia	0,08	0.09	Clorurado Normal	6
Pozo Finca Santa Rita	0,03	0.03	Clorurado Normal	6
Pozo Unique Colletion S. A	0,03	0.09	Clorurado Normal	6

Nombre del punto	Concentración Cl meq/L Temporada de lluvia	Concentración Cl meq/L Temporada de estiaje	Clasificación	Numero asignado
Pozo Finca Retiro	0,08	0.1	Clorurado Normal	6
Pozo Predio el Cucharó	0,08	0.04	Clorurado Normal	6
Pozo vereda las Flores	0.25	-	Clorurado Normal	6

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

Tabla 38. Clasificación del agua según SCOELLER (Ver Tabla 10).

Nombre del punto	Concentración SO ₄ meq/L Temporada de lluvia	Concentración SO ₄ meq/L Temporada de estiaje	Clasificación	Numero asignado
Pozo Finca Santa Lucia	0,33	0.29	Sulfatado normal	4
Pozo Finca Santa Rita	0,22	0.1	Sulfatado normal	4
Pozo Unique Colletion S.A	0,10	0.1	Sulfatado normal	4
Pozo Finca Retiro	0,19	0.18	Sulfatado normal	4
Pozo Predio el Cucharó	0,10	0.1	Sulfatado normal	4
Pozo Vereda las Flores	0,21		Sulfatado normal	4

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

Tabla 39. Clasificación del agua según SCOELLER (Ver Tabla 11).

Nombre del punto	Concentración HCO ₃ ⁻ meq/L Temporada de lluvia	Concentración HCO ₃ ⁻ meq/L época de estiaje	Clasificación	Numero asignado
Pozo Finca Santa Lucia	0,64	0.61	hipo bicarbonatado	3
Pozo Finca Santa Rita	0,27	0.12	hipo bicarbonatado	3
Pozo Unique Colletion S.A	1,07	1.02	hipo bicarbonatado	3
Pozo Finca Retiro	0,58	0.75	hipo bicarbonatado	3
Pozo Predio el Cucharó	0,14	0.09	hipo bicarbonatado	3
Pozo Vereda las Flores	0,93	---	hipo bicarbonatado	3

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

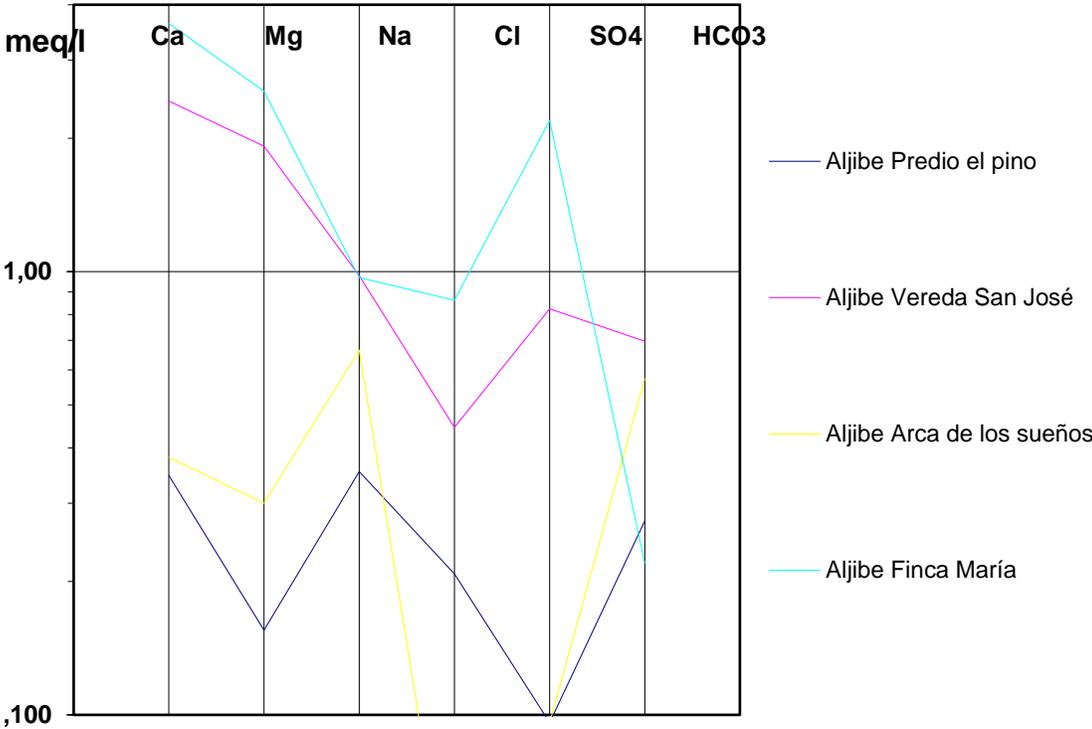
De acuerdo a los resultados anteriores se identifica que la mayoría de los puntos presentan concentraciones de cloruros y sulfatos normales, sin embargo, presentan bajas concentraciones de bicarbonatos, característica no muy frecuente en las

aguas subterráneas no obstante esto se asocia posiblemente a la formación donde se encuentra el agua almacena; en el área de estudio se presentan algunas formaciones como son: Labor y Tierna, Regadera y Depósitos aluviales .De acuerdo a lo anterior se resalta que estas formaciones son pobres en compuestos como son calizas, dolomitas y silicatos, por tal razón el aporte de bicarbonatos es bajo

3.1.9 Análisis y Resultados de la Gráfica de SCHOELLER-BERKALOFF Aljibes.

Diagrama 7. Diagrama de SCHÖELLER-BERKALOFF en Aljibes Lluvia.

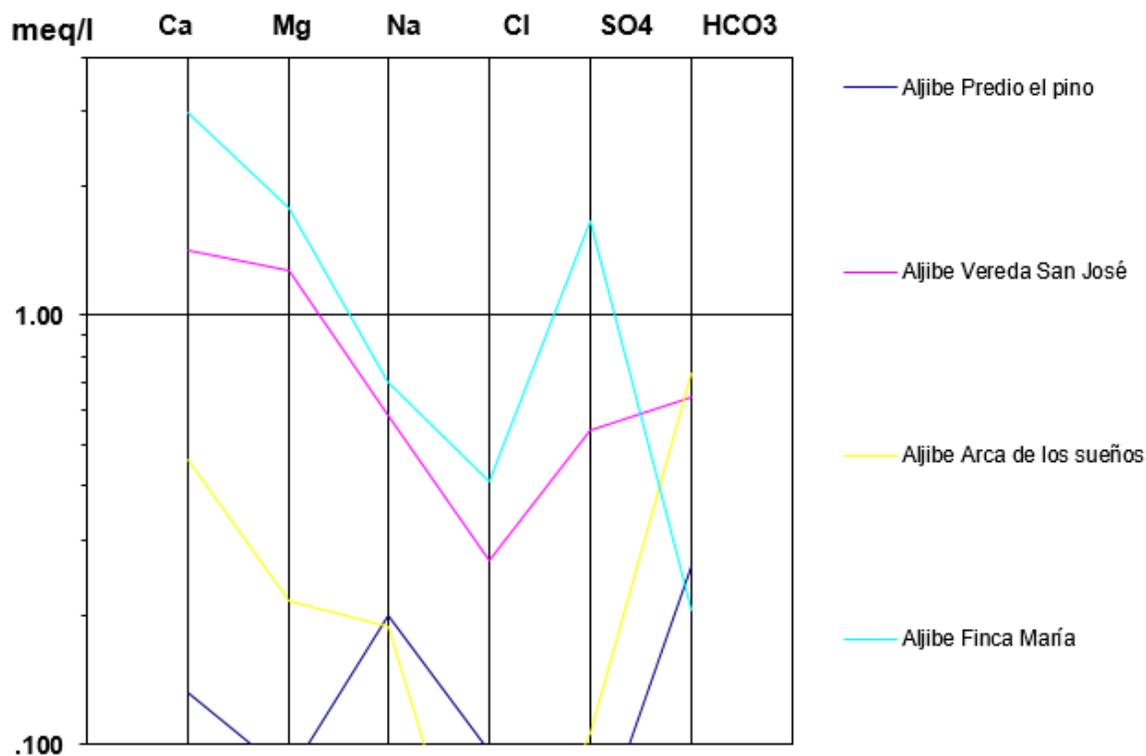
SCHÖELLER-BERKALOFF DIAGRAM



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

Diagrama 8. Diagrama de SCHÖELLER-BERKALOFF en Aljibes Estiaje.

SCHÖELLER-BERKALOFF DIAGRAM



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

Según la clasificación de SCHOELLER el agua se caracteriza según las concentraciones de Cl, SO₄ y HCO₃, tal como se muestra en las siguientes tablas para los cuatro puntos monitoreados en aljibes:

Tabla 40. Clasificación del agua según SCOELLER (Ver Tabla 9).

Nombre del punto	Concentración Cl meq/L epoca de lluvia	Concentración Cl meq/L epoca de estiaje	Clasificación	Numero asignado
Aljibe Predio El Pino	0,21	0.1	Clorado Normal	6
Aljibe Vereda San José	0,45	0.27	Clorado Normal	6
Aljibe Arca De Los Sueños	0,03	0.03	Clorado Normal	6
Aljibe Finca María	0,86	0.41	Clorado Normal	6

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

Tabla 41. Clasificación del agua según SCOELLER (Ver Tabla 10).

Nombre del punto	Concentración SO ₄ meq/L	Concentración SO ₄ meq/L epoca de estiaje	Clasificación	Numero asignado
Aljibe Predio El Pino	0,10	0.06	Sulfatado normal	4
Aljibe Vereda San José	0,82	0.54	Sulfatado normal	4
Aljibe Arca De Los Sueños	0,10	0.11	Sulfatado normal	4
Aljibe Finca María	0,19	1.66	Sulfatado normal	4

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

Tabla 42. Clasificación del agua según SCOELLER (Ver Tabla 11).

Nombre del punto	Concentración HCO ₃ ⁻ meq/L	Concentración HCO ₃ ⁻ meq/L epoca de estiaje	Clasificación	Numero asignado
Aljibe Predio El Pino	0,27	0.26	hipo bicarbonatado	3
Aljibe Vereda San José	0,70	0.64	hipo bicarbonatado	3
Aljibe Arca De Los Sueños	0,57	0.73	hipo bicarbonatado	3
Aljibe Finca María	0,22	0.21	hipo bicarbonatado	3

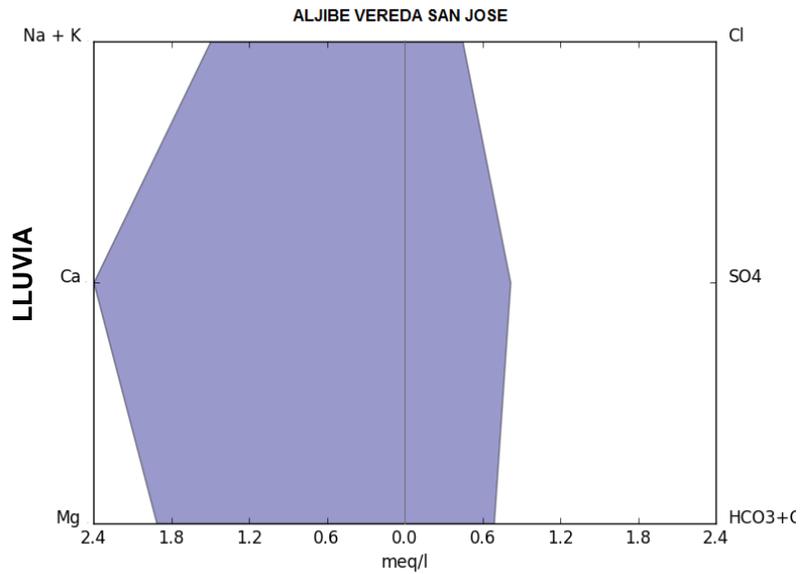
Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

De acuerdo a los resultados anteriores se identifica que los aljibes monitoreados presentan concentraciones de cloruros y sulfatos normales, sin embargo se presenta una anomalía en las concentraciones de bicarbonatos, los cuales son sales ácidas derivadas del ácido carbónico (H₂CO₃) que contienen el anión bicarbonato (HCO₃⁻) además de ser muy solubles, son de carácter básico y en presencia de otros elementos permite la formación de nuevas sales entre ellas se encuentran: (bicarbonato de sodio, potasio, magnesio, calcio, amonio entre otros.), de acuerdo a lo anterior se identifica bajas concentraciones de este parámetro lo cual se asocia probablemente al medio donde se encuentra el agua ya que estos puntos se encuentran más cerca de la superficie no se encuentran captando agua directamente de una formación geológica, en estos puntos se presenta una mezcla entre agua de infiltración y acuíferos.

3.1.10 Análisis y resultados en las Gráficas de STIFF

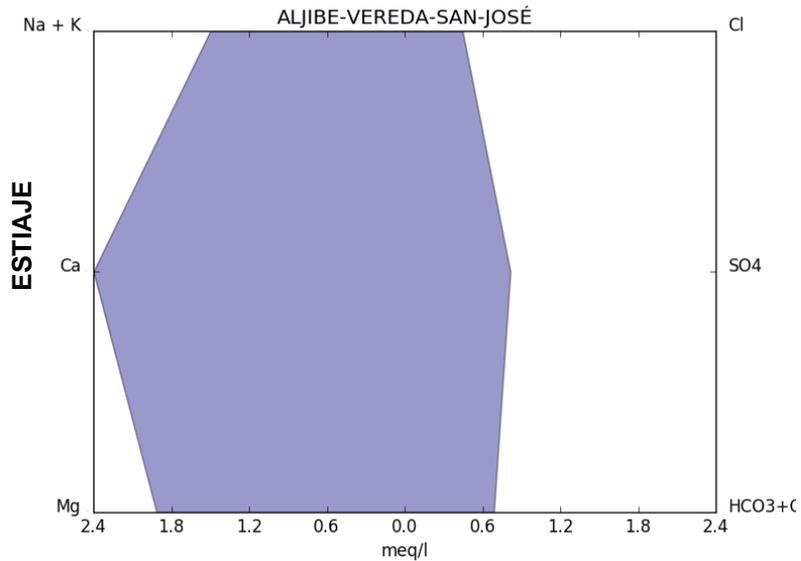
A continuación, se presentan los diagramas de STIFF, en ellos se observa a la izquierda las concentraciones de cationes y a la derecha las concentraciones de aniones en meq/L, para la construcción de las gráficas se utilizó la aplicación online Hatarichem creada por la empresa de consultoría GIDAHATARI especializada en

Diagrama 11. STIFF en el Punto Aljibe Vereda San José Temporada de Lluvia.



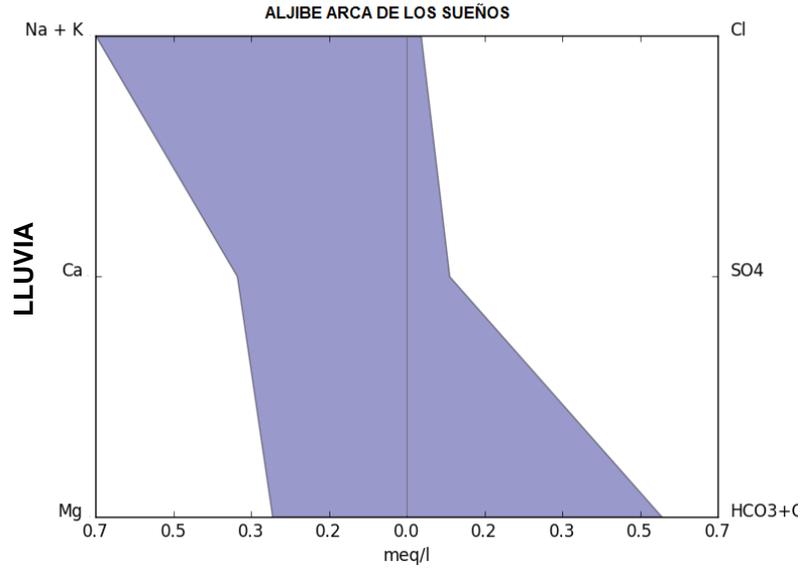
Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

Diagrama 12. STIFF en el Punto Aljibe Vereda San José Temporada de Estiaje.



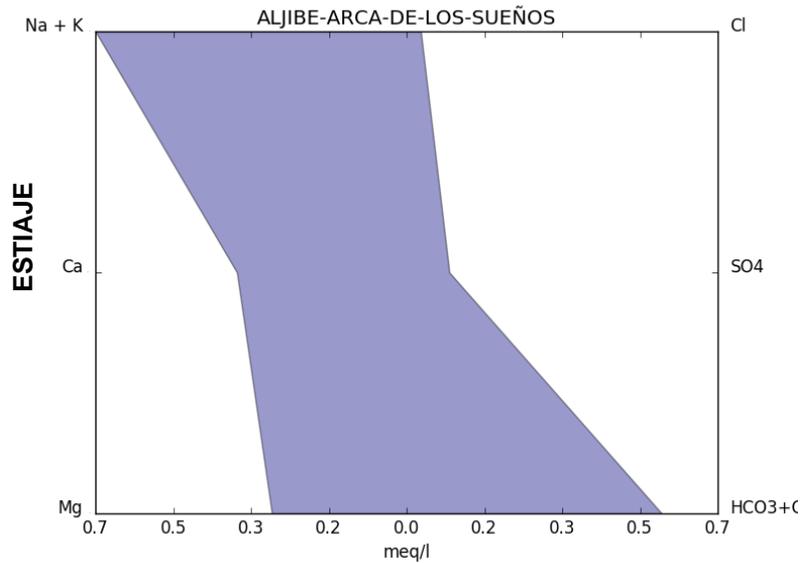
Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

Diagrama 13. Grafico de STIFF en el punto Arca de los Sueños Temporada de Lluvia.



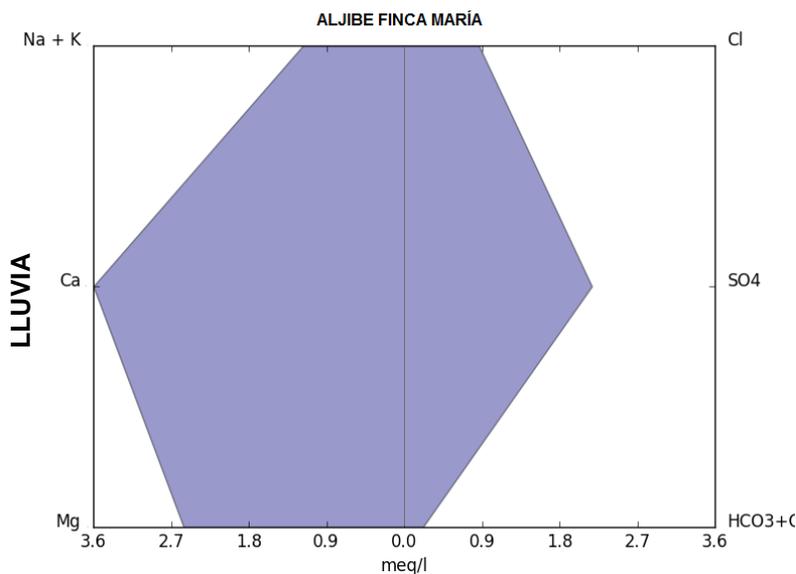
Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017

Diagrama 14. Grafico de STIFF en el punto Arca de los Sueños Temporada de Estiaje.



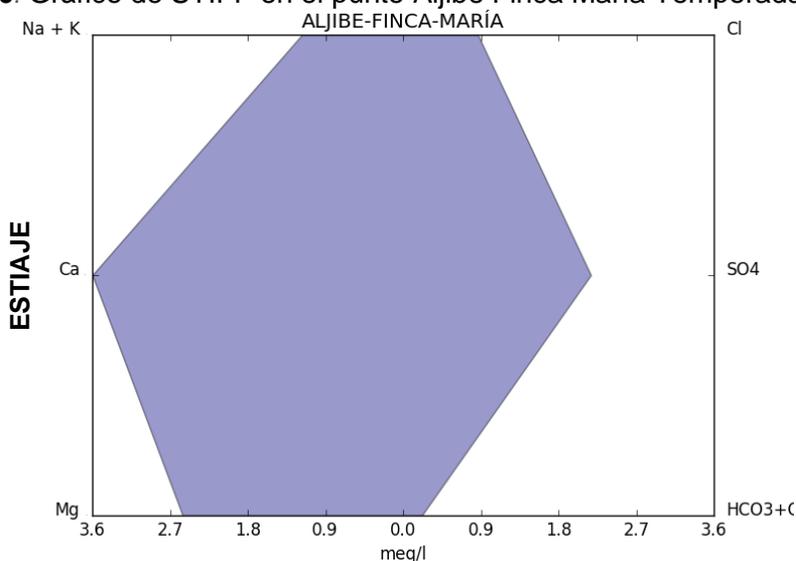
Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

Diagrama 15. Gráfico de STIFF en el punto Aljibe Finca María Temporada de Lluvia.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017

Diagrama 16. Gráfico de STIFF en el punto Aljibe Finca María Temporada de Estiaje.



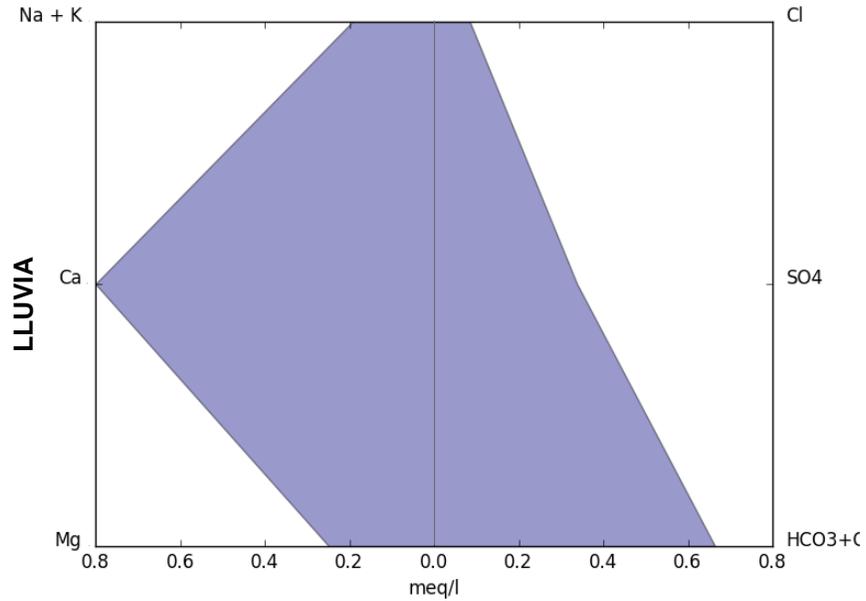
Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

Tabla 43. Clasificación de Iones Dominantes de los Aljibes.

Punto	Clasificación de Iones Dominantes lluvia	Clasificación de Iones Dominantes estiaje
Aljibe predio el pino	Ca=Na>HCO ₃ >Cl >Mg> SO ₄ >K>NO ₃	HCO ₃ > Na>Ca
Aljibe vereda san José	Ca > NO ₃ >Mg>Na> SO ₄ >HCO ₃ >K>Cl	Ca>Mg >HCO ₃ >Na> SO ₄ >Cl
Aljibe Arca de los Sueños	Na>HCO ₃ >Ca>Mg> SO ₄ >Cl=K> NO ₃	HCO ₃ > Ca>Mg> SO ₄
Aljibe Finca María	NO ₃ >Ca>Mg> SO ₄ > Na> Cl>HCO ₃	Ca>Mg> SO ₄ Na >Cl>HCO ₃

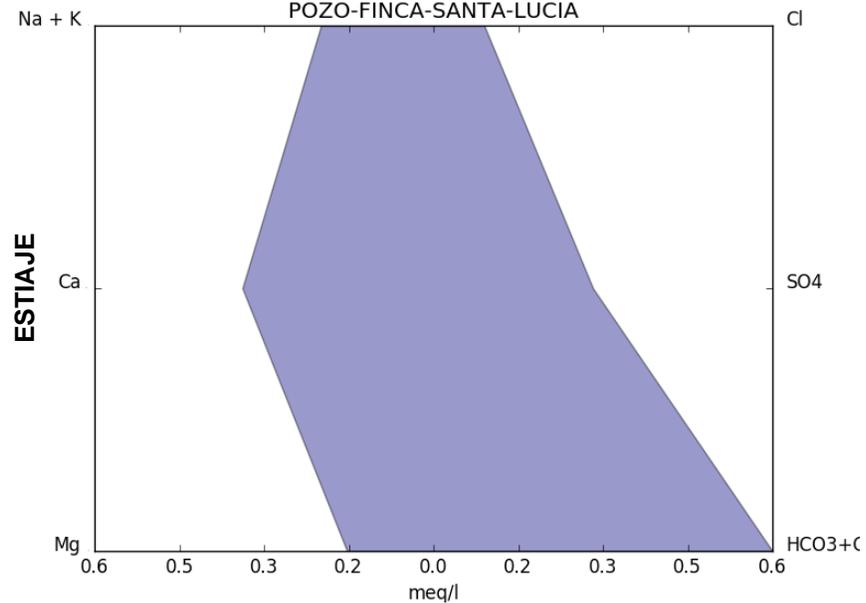
Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

Diagrama 17. STIFF en el punto Pozo Finca Santa Lucia Temporada de Lluvia.
POZO FINCA SANTA LUCIA



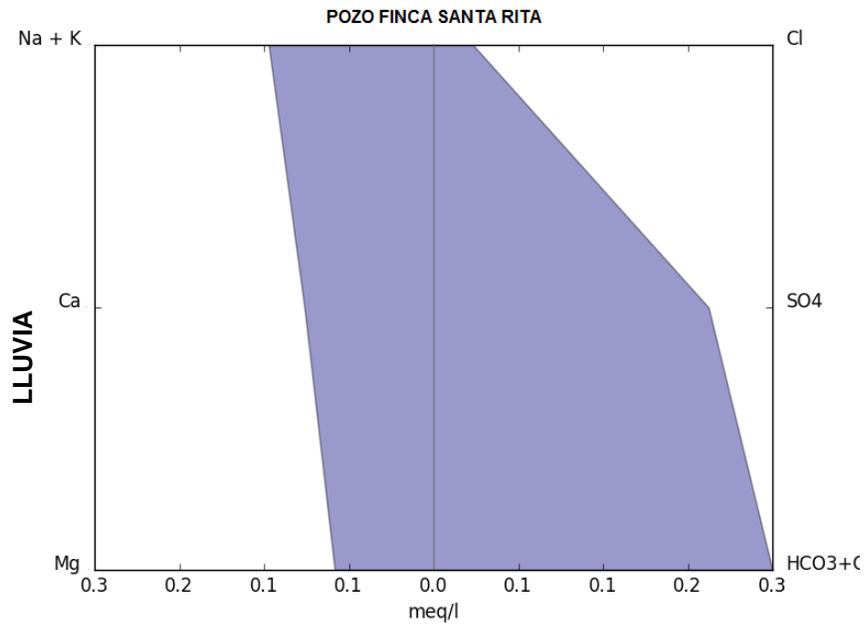
Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017

Diagrama 18. STIFF en el punto Pozo Finca Santa Lucia Temporada de Estiaje.
POZO-FINCA-SANTA-LUCIA



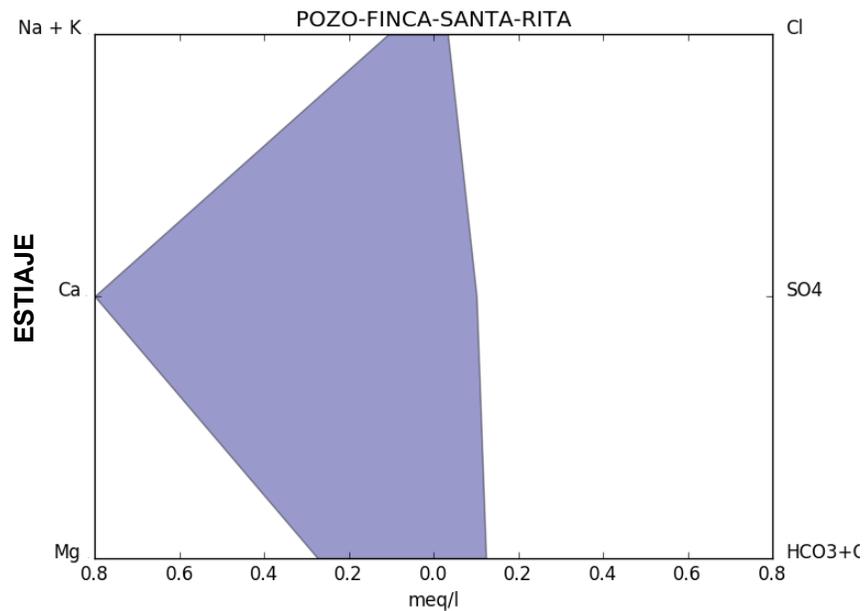
Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

Diagrama 19. STIFF en el punto Pozo Finca Santa Rita Temporada de Lluvia.



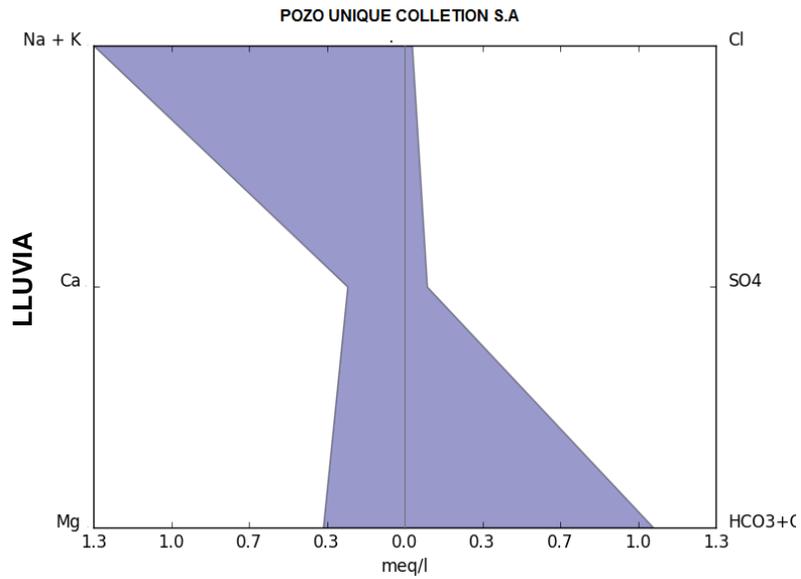
Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017

Diagrama 20. STIFF en el punto Pozo Finca Santa Rita Temporada de Estiaje.



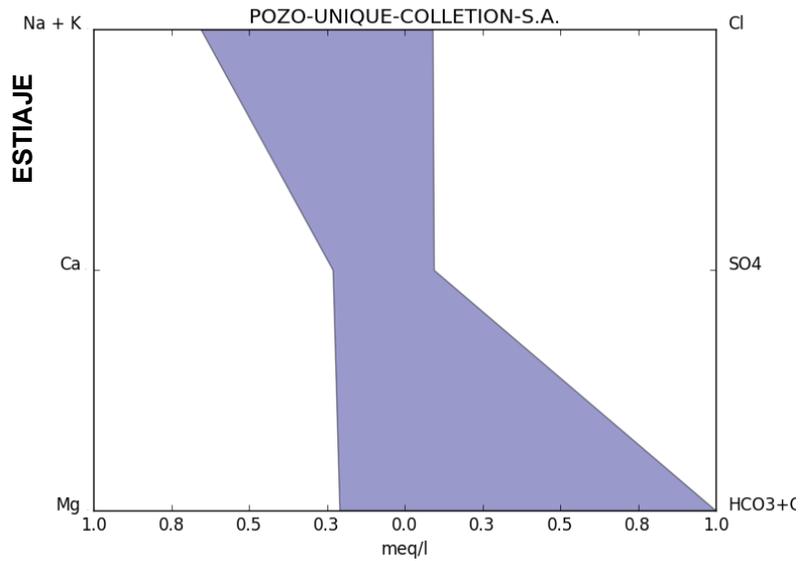
Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

Diagrama 21. STIFF en el punto Pozo Unique Colletion S.A Temporada de Lluvia.



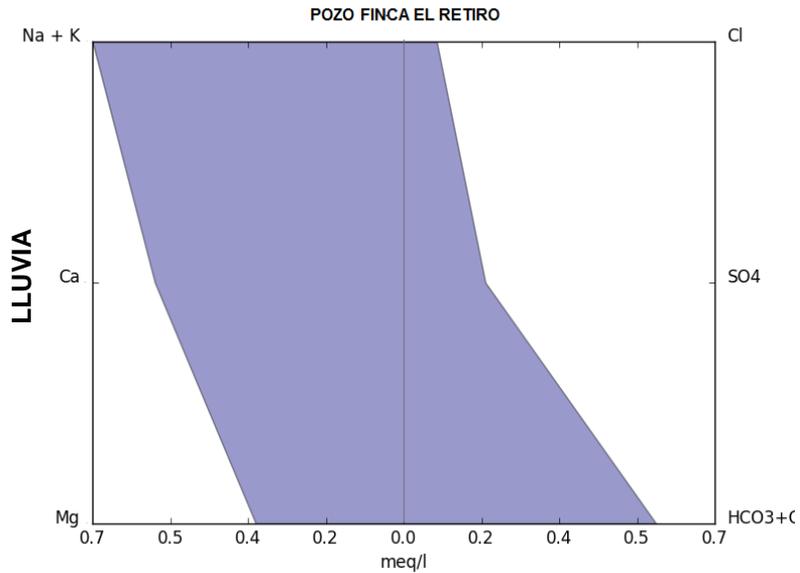
Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017

Diagrama 22. STIFF en el punto Pozo Unique Colletion S.A Temporada de Estiaje.



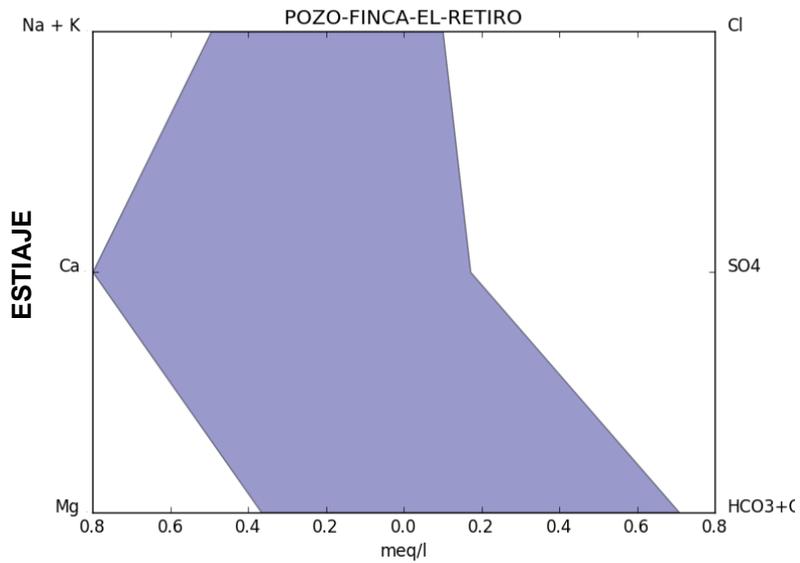
Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

Diagrama 23. STIFF en el punto Pozo Finca el Retiro Temporada de Lluvia.



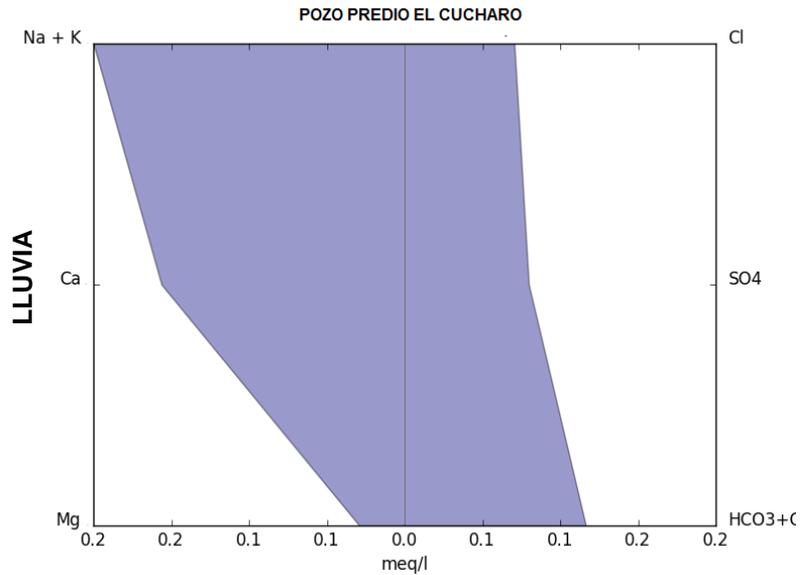
Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017

Diagrama 24. STIFF en el punto Pozo Finca el Retiro Temporada de Estiaje.



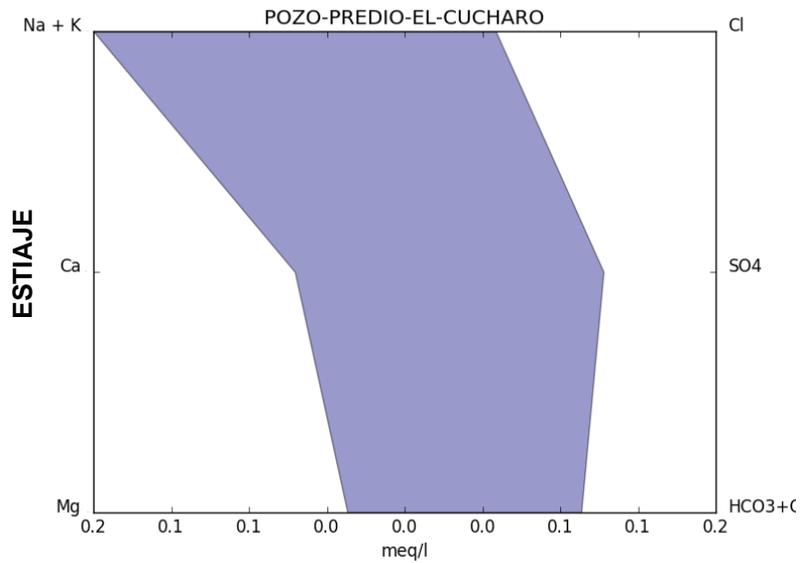
Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

Diagrama 25. STIFF en el punto Pozo Predio Cucharo Temporada de Lluvia.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017

Diagrama 26. STIFF en el punto Pozo Predio Cucharo Temporada de Estiaje.



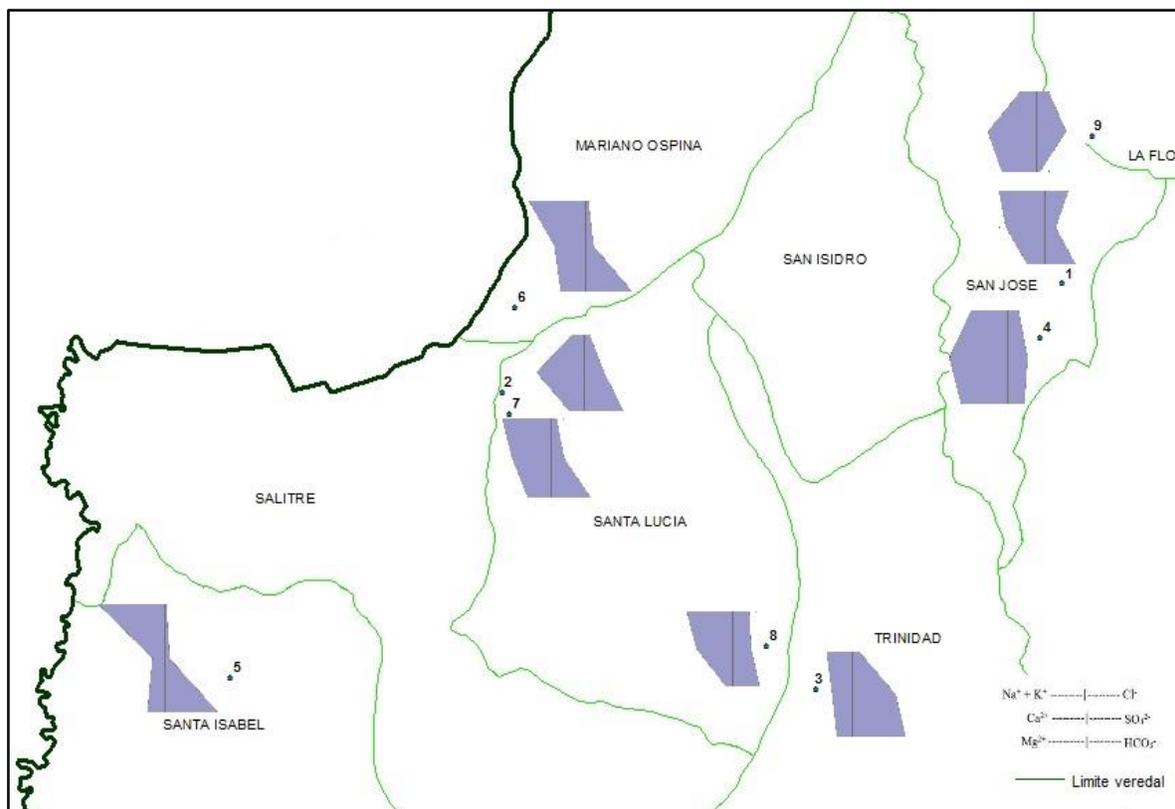
Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017

Tabla 44. Clasificación de Iones Dominantes de los Pozos.

Punto	Clasificación de Iones Dominantes Lluvias	Clasificación de Iones Dominantes Estiaje
Pozo Finca Santa Lucia	Ca > HCO ₃ > SO ₄ > Mg > Na > Cl > K > NO ₃	Ca > HCO ₃ > SO ₄ > Mg > Na
Pozo Finca Santa Rita	NO ₃ > HCO ₃ > SO ₄ > Ca > Na > Mg > K > Cl	HCO ₃
Pozo Unique Colletion S.A	Na > HCO ₃ > Mg > Ca > SO ₄ > K > Cl > NO ₃	Na > HCO ₃ > Mg > Ca
Pozo Finca el Retiro	Na > Ca = HCO ₃ > Mg > SO ₄ > Cl > K > NO ₃	Na > Ca > HCO ₃ > Mg > SO ₄
Pozo Predio el Cucharó	Na > Ca > HCO ₃ > SO ₄ > Cl > Mg > K > NO ₃	Na > Ca > HCO ₃

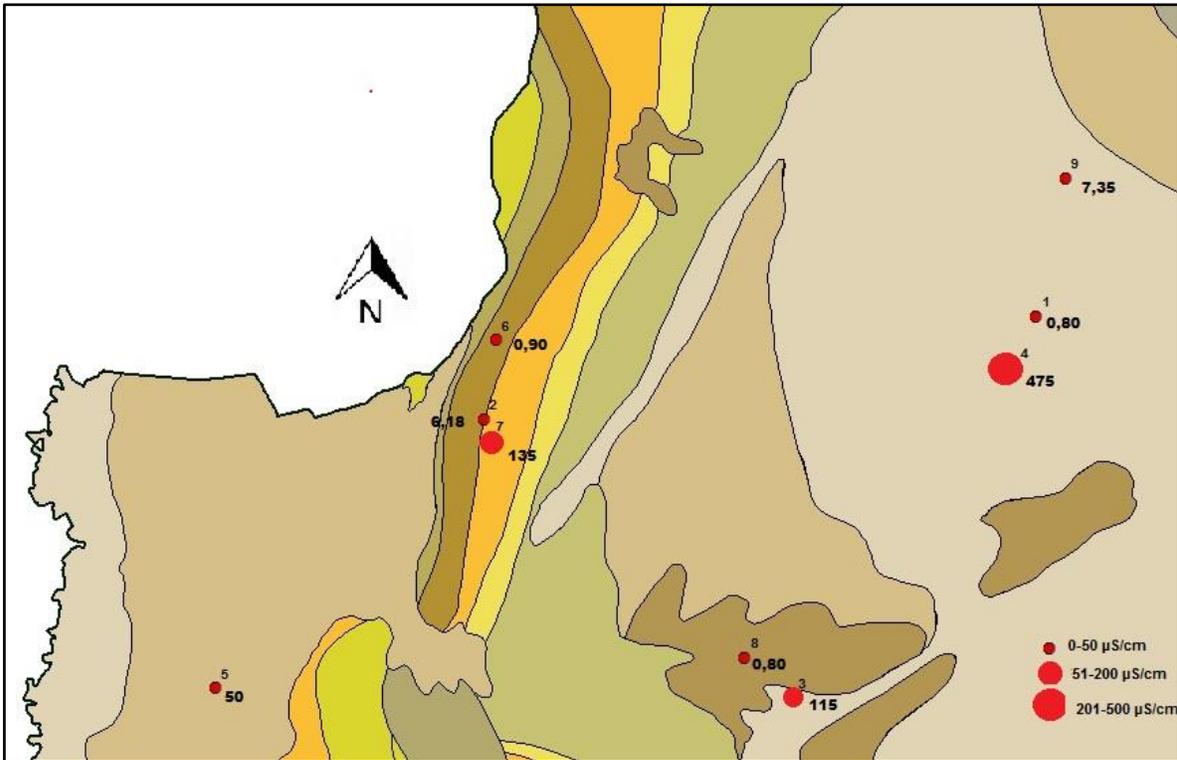
Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

Imagen 6. Mapa con la distribución espacial de los diagramas de STIFF en Pozos y Aljibes.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

Imagen 7. Mapa con la distribución espacial de las concentraciones de conductividad en los nueve puntos monitoreados.



Fuente. SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Tabla 45. Nombres de puntos imagen6 e imagen 7.

NUMERO	NOMBRE DEL PUNTO	TIPO
1	Aljibe Predio el pino	Aljibe
2	Finca Santa Lucia	Pozo
3	Finca Santa Rita	Pozo
4	Vereda San José	Aljibe
5	Unique colletion S.A	Pozo
6	Arca de los sueños	Aljibe
7	Finca Retiro	Pozo
8	Predio Cucharo	Pozo
9	Finca María	Aljibe

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

3.1.11 Relaciones Iónicas a partir de las concentraciones de aniones y cationes.

A partir de las siguientes relaciones iónicas se puede determinar el origen y tipo de agua subterránea.

Tabla 46. Relaciones iónicas

RELACIONES IONICAS			
Relación	Agua Continental	Agua Marina	Información que aporta
rMg/rCa	0,3-1,5	≅5	≈1: Terrenos dolomíticos
			>1:silicatos magnésicos (basaltos garbos)
			>1 y ↑→ intrusión marina
			si ↑ + ↑Cl→ intrusión marina
			↑ al precipitar CaCO ₃
			↓ Al disolver CaCO ₃
rCl/rHCO ₃	0,1-5	20-50	SI ↑+↓SO ₄ →reduccion sulfatos
			↓ Al disolver CaCO ₃ (aportes de sales)
			↑ al precipitar CaCO ₃
			↑→mineralización
			↑→ intrusión marina
rSO ₄ /rCl	0,2-0,4	0,11	↑→ mayor dureza
			similar al anterior en aguas algo salinas
			↓→ reducción de sulfatos
			↑→ contaminación agrícola/industrial
rK/rNa	0,001-1	0,02-0,025	↓→Intrusión marina
			origen continental o marino de K. Limitada si existe adsorción de Na o K

Fuente: Tomado de (Hidrogeología practica España 1970).

Tabla 47. Relaciones Iónicas Aljibes.

Relación	Aljibe Predio El Pino		Aljibe Vereda San José		Aljibe Arca de los Sueños		Aljibe Finca María	
	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje
rMg/rCa	0.45	0.45	0.79	0.90	0.78	0.47	0.60	0.70
rCl/rHCO ₃	0.76	0.37	0.64	0.42	0.06	0.04	1.96	3.91
rSO ₄ /rCl	0.46	0.57	1.85	2.01	3.04	3.38	4.02	2.55
rK/rNa	0.16	0.16	0.55	0.46	0.05	0.16	0.33	0.22

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Tabla 48. Relaciones Iónicas Pozos.

Relación	Pozo Finca Santa Lucía		Pozo Finca Santa Rita		Pozo Unique Colletion S.A		Pozo Finca Retiro		Pozo Predio Cucharó	
	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje
rMg/rCa	0.31	0.34	0.76	0.82	1.41	0.89	0.59	0.45	0.18	0.51
rCl/rHCO ₃	0.13	0.15	0.12	0.27	0.03	0.09	0.13	0.14	0.60	0.51
rSO ₄ /rCl	4.04	3.19	7.06	3.04	3.04	1.06	2.51	1.73	1.15	2.21
rK/rNa	0.28	0.21	0.45	0.30	0.04	0.08	0.05	0.09	0.11	0.30

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

3.1.11.1 Aljibe predio el pino

De acuerdo con los resultados de las relaciones iónicas su origen es de tipo continental, con características de terrenos ricos en disolución de calizas o presencia dolomitas, así mismo este punto presenta bajas concentraciones de sales y minerales además de encontrarse dentro de la clasificación de blandas según el rango de dureza.

3.1.11.2 Aljibe Vereda San José

En la tabla 47 se presentan las relaciones iónicas halladas a partir de las concentraciones en mili equivalentes de los diferentes iones, así mismo esta relación permiten clasificar el origen de este punto como aguas continentales, con características de terrenos ricos en disolución de calizas o presencia de dolomitas, así mismo presenta bajas concentraciones de sales, sin embargo, este punto se encuentra clasificado como agua dura.

Por otra parte, observamos en la relación de sulfatos y cloruros el valor hallado es alto lo cual refiere procesos de contaminación que se pueden asociarse a las actividades agrícolas de la zona tales como cultivo de flores, frutas, hortalizas entre otros, estas actividades aportan al suelo compuestos organofosfatos y organoclorados que por infiltración contaminan el agua.

3.1.11.3 Aljibe Arca de los Sueños

De acuerdo con los resultados en este punto se puede determinar que son aguas de tipo continental en terrenos ricos en dolomitas, según la clasificación de dureza es blanda lo cual refleja bajas concentraciones de calcio y magnesio.

Al analizar la relación SO₄/Cl se observa un valor elevado de 3,04 mg/L en temporada de lluvia y 3.38 mg/L en temporada de estiaje lo cual refleja atribuyen procesos de contaminación posiblemente asociados a las actividades agrícolas y pecuarias del área de estudio.

3.1.11.4 Aljibe Finca María

En este punto se puede analizar que su origen es continental sin embargo se observan procesos de mineralización asociado a concentraciones representativas de iones, así mismo se observa que la relación de sulfatos y cloruros se encuentra por fuera del límite establecido en la tabla 47, lo cual indica procesos de contaminación en este punto asociado a las actividades agrícolas del área de estudio.

Teniendo en cuenta que la lámina de agua se encuentra muy cerca de la superficie por tratarse de un aljibe es más fácil que los contaminantes de tipo órgano fosfatos infiltren hasta llegar al agua subterránea, alterando de este modo sus características naturales.

3.1.11.5 Pozo Finca Santa Lucia

Según las concentraciones de iones se observa que en el terreno hay presencia de dolomitas, así mismo este punto se caracteriza por presentar una clasificación de blandas según sus rangos de dureza lo cual significa bajas concentraciones de calcio y magnesio principalmente, sin embargo la relación de sulfatos y cloruros es mayor a los rangos propuestos para agua continental y marina lo cual refiere procesos de contaminación asociados al uso del suelo del área pues según las observaciones de campo se identifica actividades pecuarias.

3.1.11.6 Pozo Finca Santa Rita

Según las relaciones entre los iones se identifica que este punto es de tipo continental y muestra una clasificación según la dureza de blanda lo cual significa que presenta bajas concentraciones de sales disueltas en el agua, no obstante la relación entre los sulfatos y cloruros notablemente registran el valor pico en temporada de lluvia entre los puntos monitoreados de pozos y aljibes reflejando de este modo un grado de contaminación representativo asociado a actividades pecuarias y agrícolas tales como cultivos de papa y duraznos, esto significa que el agua debe ser tratada por medio de un proceso unitario si se piensa destinar el recurso para uso doméstico y consumo humano.

3.1.11.7 Pozo Unique Colletion S.A.S

De acuerdo a las relaciones iónicas se identifican características de terrenos dolomíticos, en la relación Cl/HCO_3 , se observa un rango muy bajo asociado a las bajas concentraciones de minerales en el punto, situación que se ratifica ya que en este punto el agua presenta una clasificación de blanda según su rango de dureza, así mismo en la relación de sulfatos y cloruros se identifican procesos de contaminación asociados a actividades agrícolas puntualmente se identifica presencia de cultivos de flores según las observaciones de campo, cabe resaltar que la lámina de agua en este punto se encontraba muy cerca de la superficie lo

cual lo hace más susceptible a mezclarse con agua de infiltración que arrastra compuestos como órgano fosfatos, compuestos típicos de fertilizantes y herbicidas.

3.1.11.8 Pozo Finca el Retiro

Al igual que los demás puntos analizados se identifican procesos de contaminación asociados al uso del suelo de la región pues sus principales económicas están basadas en la agricultura y la ganadería, sin embargo, se observa bajas concentraciones de minerales que se asocia al tipo de material por donde circula el agua subterránea en este punto.

3.1.11.9 Pozo Predio el Cucharó

De los pozos monitoreados es el punto que presenta un valor bajo en el la relación de sulfatos y cloruros, lo cual significa que probablemente tiene buena calidad de agua, no obstante, se identifican procesos de contaminación posiblemente asociados al uso del suelo de la zona como ya se ha mencionado en los puntos anteriores.

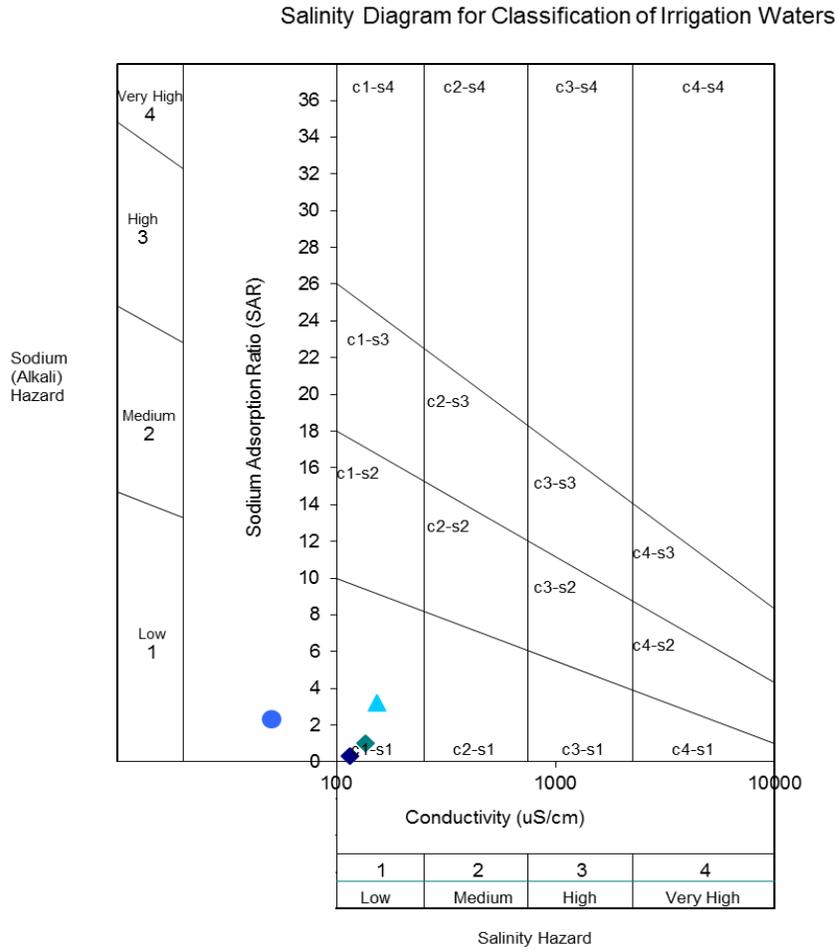
3.1.12 Análisis y Resultados De La Grafica de Salinidad (SAR)

El diagrama de SAR permite interpretar las condiciones de agua para riego, según lo propuesto por D.W.Thorne y H.P. Peterson, este diagrama representa la relación entre la absorción de sodio por el suelo y se encuentra directamente relacionado con la conductividad.

Para el presente análisis se agruparon los puntos monitoreados en dos grupos pozos y aljibes, ya que las características geológicas entre ellos varían, a continuación, se presenta el análisis realizado.

3.1.12.1 Grafica de Salinidad Para los Cinco Pozos Monitoreados

Diagrama 27. Grafica de salinidad para pozos temporada de lluvia.

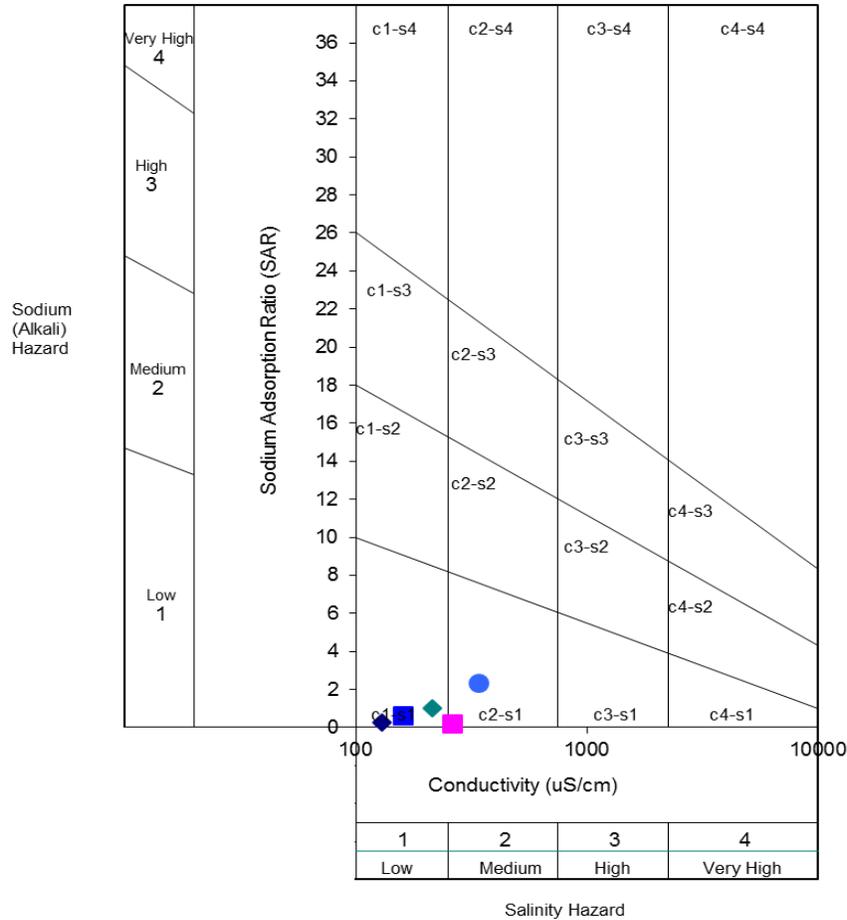


- Pozo Finca Santa Lucia
- ◆ Pozo Finca Santa Rita
- Pozo Unique collection S.A
- ◆ Pozo Finca Retiro
- Pozo Predio Cucharo
- ▲ Pozo Vereda las Flores

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S 2017

Diagrama 28. Grafica de salinidad Pozos Estiaje.

Salinity Diagram for Classification of Irrigation Waters



- Pozo Finca Santa Lucia
- ◆ Pozo Finca Santa Rita
- Pozo Unique collection S.A.
- ◆ Pozo Finca Retiro
- Pozo Predio Cucharo

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

De acuerdo con el diagrama de salinidad, presentado anteriormente se identifican valores de salinidad bajos, que no alcanzan a ser representados en el diagrama, lo cual se asocia principalmente con las bajas concentraciones de conductividad que se registraron en campo, sin embargo, en temporada de lluvia el Pozo Unique Colletion S.A, Pozo Finca el Retiro, Pozo Veredas las flores y Pozo Finca Santa Rita Presentaron una clasificación de la siguiente manera:

Pozo Finca Santa Rita y Pozo Finca el Retiro presenta una clasificación de **C1-S1** el cual significa:

C1: son aguas de baja salinidad. Conductividades de 0 a 250 $\mu\text{mhos/cm}$ a 25°C, que corresponde aproximadamente a 64-160 mg/l de sólidos disueltos. Puede usarse en el riego de la mayor parte de los suelos con pocas probabilidades de que se salinicen. Es preciso algún lavado que se logra normalmente con riego²².

S1: Agua baja en sodio. Puede usarse en la mayoría de los suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio²³.

En temporada de estiaje se presenta:

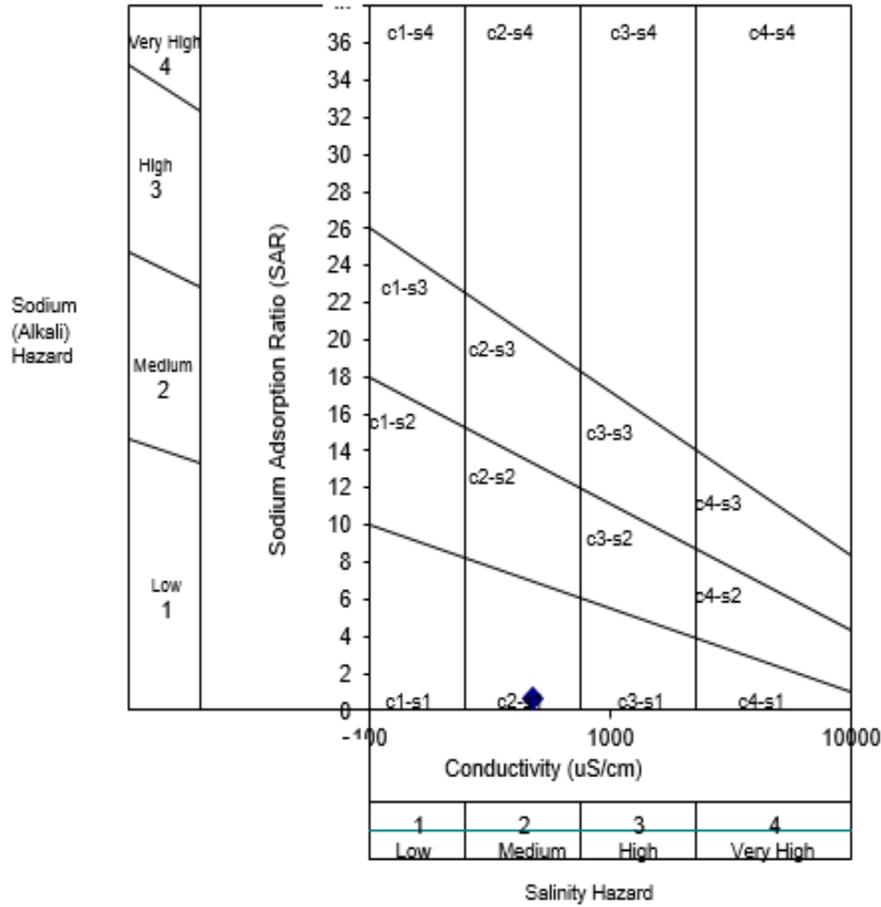
Para la temporada de estiaje se presentaron bajas concentraciones de salinidad lo cual sitúa a los siguientes puntos dentro de la clasificación **C1-S1** Pozo Finca Santa Lucia, Pozo Finca el Retiro, Pozo finca Santa Rita, Pozo Predio el Cucharo y el Pozo Unique Colletion S.AS dentro de la clasificación **C2.-S1**.

²² Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, Plan de manejo Ambiental de Agua Subterránea en la Sabana de Bogotá y Zona Crítica, Colombia 2008, pag.,101.

²³ *Ibíd.*, p.101.

Diagrama 29. Diagrama de salinidad para Aljibes temporada de lluvia.

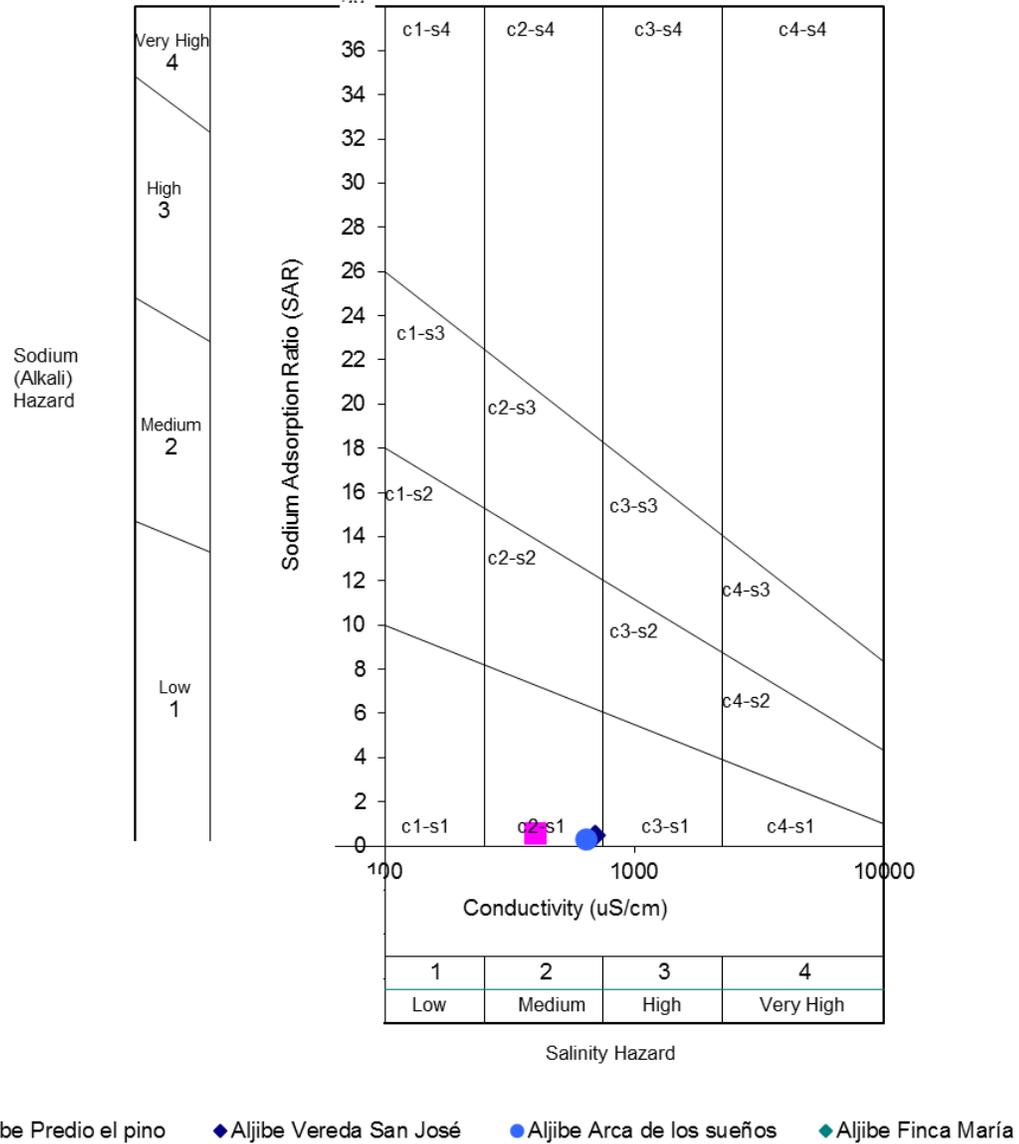
Salinity Diagram for Classification of Irrigation Waters



■ Aljibe Predio el pino
 ◆ Aljibe Vereda San José
 ● Aljibe Arca de los sueños
 ◆ Aljibe Finca María

Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

Diagrama 30. Diagrama de salinidad para Aljibes temporada de estiaje.



Fuente: SYSCOL CONSULTORES S.A.S. 2017.

De acuerdo con la clasificación según Thorne y Peterson, el peligro de alcalinización del suelo (S) sigue dividido en cuatro niveles: S₁ (bajo), S₂ (medio), S₃ (elevado), S₄ (Muy Elevado), a continuación, se presenta la clasificación de los cuatro Aljibes monitoreados:

Para la temporada de lluvia:

Los puntos Aljibe predio el Pino, Aljibe Arca de los Sueños y Aljibe Finca María Presentaron valores de conductividad inferiores a 100 $\mu\text{mhoS/cm}$, lo cual significa que son aguas de muy baja salinidad que pueden usarse en el suelo sin ningún riesgo a desarrollar salinidad, sin embargo, Aljibe San José como presenta un valor representativo de conductividad se clasifica de la siguiente manera:

Se encuentra en la clasificación de C₂ -S₁:

C₂: Agua de salinidad media. Conductividad entre 250 y 750 $\mu\text{mhos/cm}$ a 25°C, que corresponde aproximadamente a 160-480 mg/l de solidos disueltos, puede usarse con un grado moderado de lavado. Sin excesivo control de la salinidad se pueden cultivar, en la mayoría de los casos las plantas tolerantes a las sales²⁴.

S₁: Agua baja en sodio. Puede usarse en la mayoría de los suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio.

Para la temporada de estiaje:

Los puntos denominados aljibe predio el pino, aljibe vereda san José y Aljibe arca de los sueños presentan una clasificación de C₂-S₁ lo cual significa que puede usarse con un grado moderado, de este modo se observa que la salinidad aumenta en esta temporada en comparación con la temporada de lluvia, lo cual se asocia a la menor cantidad de agua que existen en los puntos por tanto las concentraciones aumentan.

²⁴ Ibíd., p.101.

4. CONCLUSIONES

De acuerdo con la caracterización hidro-geoquímica realizada se identifica que nueve muestras analizadas y monitoreadas no son significativas para establecer un diagnóstico definitivo de la calidad del agua del acuífero en estudio, por tanto, para futuros estudios se recomienda aumentar el número de puntos a monitorear y analizar.

No obstante, de acuerdo con la caracterización fisicoquímica y bacteriológica realizada se encontró:

En los resultados de las mediciones en campo para pH, se identificaron condiciones acidas tanto para pozos como para aljibes, esto se debe posiblemente a procesos de infiltración de la lluvia, teniendo en cuenta que en la mayoría de los puntos monitoreados la altura de la lámina de agua se encuentra cerca de la superficie esta medida oscila entre 3 y 28 metros, con excepción de los pozos profundos Finca Santa Lucia y Predio el Cucharó que superan los 45 metros de profundidad.

En cuanto a los parámetros como la conductividad estas concentraciones de iones y sales disueltas pueden variar de acuerdo al tipo de mineral o roca por donde circula el agua en los Pozos profundos, los valores encontrados oscilan entre 0,80 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 340 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el punto que presento el máximo valor es el denominado Pozo Unique Colletion en temporada de estiaje, lo cual puede representar un aporte importante de minerales que puede darse por la presencia de areniscas, arcillolitas y lodolitas características principales de los tipos de formaciones de la zona de estudio específicamente este punto podría encontrarse cerca de labor y tierra.

En cuanto a los valores de conductividad en los aljibes en general son bajas en temporada de lluvia pero este valor se incrementa significativamente en temporada de estiaje siendo el valor pico en aljibe Vereda San José con un valor de 680 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo cual significa que puede presentar una cantidad importante de minerales disueltos en el agua asociado a las características litológicas, sin embargo por tratarse de una fuente subterránea con poca profundidad es posible encontrar partículas disueltas de la capa edáfica más superficial.

La turbiedad en el agua refleja el contenido de sólidos disueltos, no obstante, estas concentraciones en el agua subterránea son muy bajas lo cual se relaciona con los resultados obtenidos en los puntos monitoreados tanto para pozos como aljibes no obstante en los dos grupos se presentan excepciones:

En los pozos profundos monitoreados se observa que el pozo finca Santa Rita presenta el valor pico para la temporada de lluvia con un valor de 134 NTU, en este

caso se asocia posiblemente a residuos de material arcilloso que no alcanzó a salir durante la purga, otra causa asociada puede ser a fallas en los filtros del pozo.

Mientras que en el caso de los Aljibes el valor pico es más bajo en comparación con el valor pico monitoreado en los pozos, se asocia principalmente a material edáfico que por procesos de dilución e infiltración llegan al agua almacenada.

El análisis de Nitratos, Nitritos y Nitrógeno Amoniacal es de vital importancia ya que estos son parámetros indicadores de contaminación en las aguas, asociados principalmente a causas antrópicas, por ello la normatividad Colombiana en el decreto 1594 de 1984 estableció unos límites admisibles para estos parámetros:

El pozo finca Santa Rita en temporada de lluvia excede el limite admisible propuesto en la normativa en los Art. 38 y 39 en cuanto al parámetro de Nitratos con un valor de 23,20 mg NO₃-/L, lo cual significa que en este punto solo se puede destinar el uso del recurso hídrico para uso pecuario, por otra parte el pozo Unique Colletion excede el limite admisible de Nitrógeno Amoniacal con un valor de 2,92 mg/L, mientras tanto los puntos pozo finca Santa Lucia, pozo finca Retiro y pozo predio Cucharo cumplen con lo propuesto para los tres parámetros en la norma.

Las concentraciones de dureza en el agua permiten clasificarla, de esta manera los cinco pozos monitoreados obtuvieron una clasificación de blanda ya que los valores reportados son inferiores a 60 mg/L CaCO₃, lo cual difiere baja presencia de iones Ca y Mg, en estos puntos.

Por otra parte, los Aljibes presentaron unos mayores rangos de dureza tal es el caso de vereda San José presenta una clasificación de Duras, estas se identifican ya que imposibilitan el efecto adecuado de jabones en las aguas de uso doméstico, Por otra parte, el punto ubicado en finca María presenta una clasificación de Muy Dura por lo cual significa que este punto presenta altas concentraciones de iones carbonatos y bicarbonatos, requiere tratamiento para ser usada.

En cuanto a las concentraciones de cloruros en ninguno de los puntos se excede el valor admisible propuesto en la Normatividad, no obstante, los cloruros en los Aljibes monitoreados son mayores en relación con los resultados registrados de los pozos, esto se asocia posiblemente a la profundidad, puesto que los aljibes por encontrarse más cerca de la superficie son más susceptibles a que el agua lluvia infiltre con mayor rapidez, aportando así concentraciones de este parámetro.

Los sulfatos están presentes en el agua subterránea debido a la disolución de minerales sulfatados sin embargo en los puntos monitoreados tanto pozos como aljibes se encuentran dentro del rango del valor límite aceptable para los dos grupos monitoreados según lo propuesto en la normatividad.

Los contenidos de Hierro en las aguas subterráneas tienden a ser normales ya que está dado por la disolución de este metal en las rocas por donde circula, esto se relaciona ya que los valores monitoreados en pozos son relativamente mayores a los valores reportados en los aljibes, de esta manera se observa que mayoría de los pozos exceden el valor límite permisible propuesto en la normatividad en temporada de lluvia fueron Pozo Santa Lucia, Santa Rita, Unique Colletion y el Cucharo, en temporada de estiaje fueron: Unique Colletion y El Cucharo, mientras que los Aljibes cumplen con el valor límite permisible ya que todas sus concentraciones son inferiores a 5 mg/L como lo se encuentra en el Art.40.

Los parámetros bacteriológicos conformados por las Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Huevos de Helmintos tuvieron el siguiente comportamiento:

En la mayoría de los pozos las concentraciones de Coliformes totales y Fecales son bajas y cumplen con lo propuesto en la normatividad vigente con excepción del punto pozo predio el Cucharo en temporada de lluvia y pozo Unique Colletion en temporada de estiaje que excede los límites permisibles propuestos en los Art. 38,39 y 41, así mismo el punto pozo Unique Colletion excede el límite del Art. 41. Lo cual limita el uso solo para, uso agrícola, doméstico y consumo humano.

En cuanto a las concentraciones de microorganismos en los aljibes se observa que las concentraciones son mayores a las registradas en los pozos profundos con especial atención en aljibe Arca de los Sueños, aljibe finca María y aljibe vereda San José los cuales reportan concentraciones significativas de coliformes totales, esta relación tiene sentido pues por encontrarse cerca de la superficie son más susceptibles a la infiltración de organismos presentes en el suelo por la descomposición de material orgánico.

En cuanto a los huevos de helminto el reporte de este parámetro es de cero en todos los puntos monitoreados en las dos temporadas, lluvia y estiaje, analizados, asociado varios factores entre ellos se encuentra las condiciones acidas del medio y las características de compactación y porosidad que no permite la infiltración de este parámetro en aguas más profundas.

El análisis de confiabilidad realizado a través del balance iónico, establece que este es aceptable para seis de los nueve puntos evaluados para temporada de lluvia y estiaje pues se encuentra dentro del rango de conductividades menores a 50 y hasta 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, no obstante, se observa que los puntos: aljibe vereda San José (temporada de lluvia y estiaje), aljibe Arca de Los Sueños (temporada de lluvia) y pozo finca Santa Lucia (temporada de lluvia) el porcentaje de error del balance iónico exceden el valor del error aceptable, lo cual significa que las masas de iones y cationes se encuentran en desbalance, debido a factores externos como son la presencia de componentes minoritarios en concentraciones mayores a 1mg/L

Este balance de iones también puede ser observado y ratificado con el análisis de los diagramas columnares o diagramas de Collins donde se observa que en la mayoría de los puntos predominan las concentraciones de Cationes sobre los Aniones a excepción del punto Pozo Finca Santa Rita donde los aniones predominan sobre los cationes, así mismo se observa en todos los puntos que la sumatoria de las masas nunca corresponden, este fenómeno se asocia posiblemente con la presencia de otras sustancias y/o compuestos que alteran la igualdad entre los iones.

En cuanto a la clasificación por medio de los diagramas Hidro-geoquímica se determinó las siguientes características:

De acuerdo a la clasificación de PIPER para los pozos se distinguen tres tipos de aguas para la temporada de lluvia (Bicarbonatadas- Cálcidas, Bicarbonatadas Sódicas y Sódicas – Cálcidas) y para la temporada de estiaje igualmente se presentan tres tipos (Bicarbonatadas- Cálcidas, Bicarbonatadas Sódicas y Sulfatadas–Sódicas), situación que se ratifica al observar los diagramas de SCHOLLER y STIFF, donde se observan la predominancia de las especies iónicas, la mayoría de los puntos predomina los iones de Na, Ca y HCO_3 .

De acuerdo a la clasificación de PIPER para los aljibes se divide en cuatro grupos para la temporada de lluvia corresponde (Bicarbonatadas- sódicas, Cálcidas - Magnésicas, Sulfatadas-Cálcidas y Cálcidas –Sódicas) mientras que para la temporada de estiaje corresponde (Bicarbonatadas-Sódicas, Cálcidas – Magnésicas, Bicarbonatadas- Cálcidas y Sulfatada-Cálcida) características que se ratifican al observar los diagramas de SCHOELLER y STIFF, donde se observan la predominancia de las especies iónicas Ca, Na y SO_4 .

Los resultados arrojados en los diagramas de salinidad revelan bajas concentraciones en todos los puntos monitoreados tanto pozos como aljibes, sin embargo, en algunos puntos son tan bajas las concentraciones que no alcanzan a ser graficadas sin embargo los siguientes puntos presentaron una clasificación:

- Los pozos Lluvia

Pozo Finca Santa Rita y Pozo Finca el Retiro presenta una clasificación de C1-S1 lo cual significa que son bajas en salinidad y pueden ser usadas en riego a que los suelos se salinicen.

- Los pozos Estiaje

Se presentaron bajas concentraciones de salinidad lo cual sitúa a los siguientes puntos dentro de la clasificación **C1-S1** pozo finca Santa Lucia, pozo finca el Retiro, pozo finca Santa Rita, pozo predio el Cucharó y el pozo Unique Colletion S.AS dentro de la clasificación **C2.-S1**.

- Los Aljibes Lluvia

Aljibe San José presenta una clasificación de C₂ -S₁, puede usarse en la mayoría de los suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio.

- Los Aljibes Estiaje.

Los puntos denominados aljibe predio el pino, aljibe vereda san José y aljibe arca de los sueños presentan una clasificación de C₂-S₁ lo cual significa que puede usarse con un grado moderado, de este modo se observa que la salinidad aumenta en esta temporada en comparación con la temporada de lluvia.

BIBLIOGRAFIA

PEÑA, Miguel. Municipio de Guasca: Origen del Nombre y Ubicación Política; En: Galeón [en línea]. Disponible en <<http://guasca.galeon.com/nombre.htm>> [citado el día 05/06/2017]

CORPOGUAVIO. Estudio de Zonificación para Racionalizar el Aprovechamiento de Aguas Subterráneas y Actualización de Expedientes de Pozos Profundos en el Municipio de Guasca (Cundinamarca). 2000.

CAR-CORPOGUAVIO. Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico de la unidad hidrográfica del Embalse de Tominé y la unidad hidrográfica del río Teusacá las cuales pertenecen a la Cuenca del río Bogotá. Bogotá: PLANIFICACIÓN INTEGRAL Consultores S.A.S, 2015.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE 2014. Guía metodológica para la Formulación de Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos, Vélez Otálvaro, María Victoria, Otálvaro Hoyos, Doris Liliana, Navarro Cuervo, Luz Francly, Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico Bogotá, D.C.: Colombia.

PULIDO. José Luis Hidrogeología Práctica, Bilbao España, Urmo 1978, cap. 7, págs. 255-279.

MIS JUÁREZ, Karla 2017, En: Aplicación del balance iónico y construcción del diagrama de piper para la evaluación del potencial industrial de las aguas subterráneas de la ciudad de Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, [En línea]. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6637/1/Karla%20Anabella%20Mis%20Juarez.pdf> [citado el día 05/06/2017]

AGUA Y SIG, En: Los diagramas más usados para la interpretación de análisis hidroquímicos. [en línea]” Disponible en <<http://www.aguaysig.com/2011/01/los-diagramas-mas-usados-para-la.html>> [citado el día 05/06/2017]

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA 1985. Porrás Martín, Jorge; Nieto López-Guerrero. Pedro; EPTISA: Álvarez-Fernández, Ceferino; Fernández Uría, Antonio; Gimeno, María Victoria, IGME, Calidad y Contaminación de las Aguas Subterráneas en España, consultado 02/06/2017, [línea]” <http://aguas.igme.es/igme/publica/libro43/lib43.htm>”.

CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA, Plan de Manejo ambiental en la Sabana de Bogotá y Zona Critica, Bogotá D.C, noviembre de 2008.



GIDAHATARI, Empresa de Consultoría Peruana, [En Línea], <hatarichem.gidahatari.com> [citado el día 05/07/2017]

PORRAS, Jorge; NIETO, Pedro; EPTISA: ÁLVAREZ, Ceferino; En: calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España 1985, [en línea]” Disponible en < <http://aguas.igme.es/igme/publica/libro43/lib43.htm>> [citado el día 02/06/2017]