

INFORME FINAL



TECNOAMBIENTAL
•INGENIERÍA Y CONSULTORÍA•

CONSULTORÍA:

”MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA”

ANEXO ANÁLISIS POR PARÁMETROS

CONTRATANTE:	PARACEL S.A.
DEPARTAMENTO:	CONCEPCIÓN Y AMAMBAY
DISTRITOS:	CONCEPCIÓN, SGTO. JOSÉ FÉLIX LÓPEZ, LORETO Y BELLA VISTA
CONSULTOR:	TECNOAMBIENTAL S.R.L.
CÓDIGO CTCA:	E-133

JULIO 2022

TABLA DE CONTENIDO

III. RESULTADOS.....	10
3.1 Análisis comparativos del comportamiento de los parámetros determinados para aguas superficiales.	10
3.1.1 Análisis comparativo de la temperatura del agua superficial.....	10
3.1.2 Análisis comparativo del potencial de hidrogeno (pH) en agua superficial	11
3.1.3 Análisis comparativo de la conductividad eléctrica en agua superficial	13
3.1.4 Análisis comparativo del oxígeno disuelto en aguas superficiales.....	14
3.1.5 Análisis comparativo de la turbidez de las aguas superficiales	15
3.1.6 Análisis comparativo de presencia de materiales flotantes	17
3.1.7 Análisis comparativo de Sólidos Disueltos Totales.....	18
3.1.8 Análisis comparativo de aceites y grasas en aguas superficiales.....	19
3.1.9 Análisis comparativo de la demanda química de oxígeno en aguas superficiales.....	21
3.1.10 Análisis comparativo de la demanda biológica de oxígeno en aguas superficiales	23
3.1.11 Fósforo total en aguas superficiales	24
3.1.12 Nitrógeno total en aguas superficiales.	26
3.1.13 Análisis de nitratos en aguas superficiales.....	27
3.1.14 Análisis de amoníaco en aguas superficiales	29
3.1.15 Análisis comparativo de niveles de nitritos en aguas superficiales	31
3.1.16 Análisis comparativo de niveles de dureza en aguas superficiales	32
3.1.17. Análisis comparativos de la presencia de Sulfatos en aguas superficiales	33
3.1.18 Sodio en aguas superficiales	35
3.2.19 Análisis de aluminio en aguas superficiales	36
3.1.20 Cadmio en aguas superficiales.	38
3.1.21. Cromo hexavalente en aguas superficiales.....	39
3.1.22 Cromo trivalente en agua superficial.....	40
3.1.23 Análisis de la presencia de Cobre en agua superficial.	41
3.1.24 Análisis comparativo de las concentraciones de Estaño en agua superficial.	43
3.1.25 Análisis de Níquel en aguas superficiales.....	44
3.1.26 Manganeseo en agua superficial	45
3.2.27 Análisis de plomo.	46
3.2.28 Analisis de la presencia Selenio en aguas superficiales.....	47
3.2.29 Zinc en aguas superficiales.....	48
3.2.30 Arsénico en aguas superficiales.....	49
3.2.31. Análisis del hierro soluble en aguas superficiales	50
3.2.32 Mercurio total en aguas superficiales.....	52
3.2.33 Análisis comparativo de las concentraciones de Bario en aguas superficiales.....	53
3.2.34 Análisis comparativo de los niveles de cianuros en aguas superficiales	54
3.2.35 Glifosato - Grupo de las fosfoglicinas	55
3.2.36 AMPA – Grupo de las fosfoglicinas	56
3.2.37 Aldrín – Grupo Clordano	57
3.2.38 Endrin – Grupo Clordano	58
3.2.39 Dieldrin – Grupo Clordano	59
3.2.40 Lindano – Grupo Clordano	60
3.2.41 Clordano - Grupo Clordano	61
3.2.42 DDT – Grupo Clordano	63
3.2.43 DDE - Grupo Clordano	64

3.2.44 DDD - Grupo Clordano	65
3.2.45 Atrazina – Grupo Trazina.....	66
3.2.46 Simazina – Grupo Trazina.....	67
3.2.47 Carbaril – Grupo Carbamato	68
3.2.48 Heptacloro – Grupo Carbamato	69
3.2.49 Metomilo – Grupo Carbamato	70
3.2.50. 2,4 D – Grupo Alquilclorofenoxi	71
3.2.51 Cipermetrina – Grupo Piretroides	72
3.2.52 Clorpirifos – Grupo Piretroides.....	73
3.2.53 Diclorvos – Grupo Piretroides	74
3.2.54 Metamidofos – Grupo Piretroides.....	75
3.2.55 Tebuconazole – Grupo Triazoles	76
3.2.56 Imidacloprid – Grupo Neonicotinoide	77
3.2.57 Metilparaoxon – Grupo Neonicotinoide.....	78
3.2.58 Fipronil en aguas superficiales.	79
3.2.59. Coliformes fecales en aguas superficiales.....	80
3.2.60. Coliformes totales en aguas superficiales.....	81
3.2.61 Comparación del parámetro color en dos puntos sobre el río Paraguay, en cuatro meses diferentes.....	82
3.2.62 Análisis de los Índices de fenoles en aguas del Río Paraguay	82
3.2.63 Análisis de las concentraciones de PCB en el ADA del proyecto.....	83
3.3 Análisis comparativos del comportamiento de los parámetros determinados para aguas subterráneas	83
3.3.1 Análisis comparativo de la temperatura de las aguas subterráneas	83
3.3.2. Análisis comparativo del pH en aguas subterráneas.....	85
3.3.3 Análisis comparativo de la conductividad eléctrica en aguas subterráneas.	86
3.3.4 Análisis comparativo de sólidos disueltos totales (TDS) en 14 pozos artesianos	87
3.3.5 Análisis de la presencia de Materia Orgánica en aguas subterráneas.	89
3.3.6 Análisis comparativo de la dureza en aguas subterráneas	90
3.3.7 Fosforo total en aguas subterráneas	91
3.3.8 Nitrógeno total en aguas subterráneas	93
3.3.9. Análisis de nitratos en aguas subterráneas	94
3.3.10 Análisis de las trazas de cloruros en aguas subterráneas.	96
3.3.11 Alcalinidad de las aguas subterráneas.....	97
3.3.12 Análisis de bicarbonatos en agua subterránea.	99
3.3.13 Presencia de Carbonatos en aguas subterráneas	100
3.3.14 Análisis comparativo de sulfatos en aguas subterráneas	101
3.4.15 Análisis comparativo de Sodio en agua subterránea	103
3.3.16 Análisis comparativo de la presencia de potasio en aguas subterráneas	104
3.3.17. Análisis comparativos de las concentraciones de calcio en aguas subterráneas.	106
3.3.18. Concentraciones de Magnesio en aguas subterráneas.	107
3.3.19 Análisis comparativos de las determinaciones de Flúor para aguas subterráneas.	108
3.3.20 Boro en aguas subterráneas.....	110
3.3.21 Análisis comparativos de Coliformes fecales en aguas subterráneas.	111
3.3.22 Concentraciones de Coliformes totales para aguas subterráneas.....	113
3.3.23 Presencia-ausencia de la bacteria Evaluación de <i>Escherichia coli</i>	114
IV. CONCLUSIÓN	116

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Análisis comparativo de la temperatura en los distintos puntos de monitoreo de agua superficial.	10
Figura 2. Análisis comparativo de los valores de pH en los distintos puntos de monitoreo de agua superficial.	11
Figura 3. Análisis comparativo de los valores de la conductividad eléctrica en los distintos puntos de monitoreo de agua superficial.	13
Figura 4. Análisis comparativo del Oxígeno Disuelto en los distintos puntos de monitoreo de agua superficial.	14
Figura 5. Análisis comparativo de la turbidez en los distintos puntos de monitoreo de aguas superficiales.	15
Figura 6. Análisis comparativo de materiales flotantes.	17
Figura 7. Análisis comparativo de sólidos totales disueltos (TDS).	18
Figura 8. Comparativo de concentraciones de grasas y aceites en los puntos de monitoreo de agua superficiales.	19
Figura 9. Comparativo de la DQO en los diferentes puntos de muestreo de aguas superficiales.	21
Figura 10. Comparativo de la DBO ₅ en aguas superficiales.	23
Figura 11. Comparativo de fósforo total en agua superficial.	24
Figura 12. Comparativo de los niveles de nitrógeno total en aguas superficiales.	26
Figura 13. Comparativos de los niveles de nitratos en aguas superficiales.	27
Figura 14. Niveles de amoníaco en aguas superficiales.	29
Figura 15. Comparativo de los valores de nitritos en agua superficial.	31
Figura 16. Niveles de dureza en aguas superficiales.	32
Figura 17. Presencia de sulfatos en aguas superficiales.	33
Figura 18. Comparativo de las concentraciones de sodio.	35
Figura 19. Aluminio en aguas superficiales.	36
Figura 20. Cadmio en aguas superficiales.	38
Figura 21. Cromo Hexavalente en aguas superficiales.	39
Figura 22. Cromo trivalente en aguas superficiales.	40
Figura 23. Concentraciones de cobre en agua superficial.	41
Figura 24. Concentraciones de estaño en aguas superficiales.	43
Figura 25. Concentraciones de níquel en aguas superficiales.	44
Figura 26. Concentraciones de Manganeseo en aguas superficiales.	45
Figura 27. Concentraciones de plomo en aguas superficiales.	46
Figura 28. Determinaciones de selenio en aguas superficiales.	47
Figura 29. Concentraciones de Zinc en aguas superficiales.	48
Figura 30. Determinaciones de Arsénico en aguas superficiales.	49
Figura 31. Comparativo de los niveles de hierro soluble en agua superficiales.	50
Figura 32. Determinación de Mercurio total en agua superficiales.	52
Figura 33. Concentraciones de bario en aguas superficiales.	53
Figura 34. Presencia de cianuros en aguas superficiales.	54
Figura 35. Glifosato en aguas superficiales.	55
Figura 36. Determinación de AMPA en aguas superficiales.	56
Figura 37. Determinaciones de Aldrin en aguas superficiales.	57
Figura 38. Dieldrin- Grupo Clordano en aguas superficiales.	58
Figura 39. Determinaciones de Dieldrin en aguas superficiales.	59
Figura 40. Presencia de lindano en aguas superficiales.	60
Figura 41. Clordano en aguas superficiales.	61
Figura 42. DDT en aguas superficiales.	63
Figura 43. DDE en aguas superficiales.	64
Figura 44. DDD en aguas superficiales.	65
Figura 45. Atrazina en aguas superficiales.	66
Figura 46. Simazina en aguas superficiales.	67
Figura 47. Carbaril en agua superficial.	68
Figura 48. Heptacloro en aguas superficiales.	69
Figura 49. Metomilo en aguas superficiales.	70
Figura 50. 2,4 D en aguas superficiales.	71
Figura 51. Cipermetrina en aguas superficiales.	72
Figura 52. Clorpirifos en aguas superficiales.	73

Figura 53. Diclorvos en aguas superficiales	74
Figura 54. Metamidofos en aguas superficiales	75
Figura 55. Tubeconazole en aguas superficiales	76
Figura 56. Imidacloprid en aguas superficiales	77
Figura 57. Metilparaoxon en aguas superficiales.....	78
Figura 58. Determinaciones del principio activo fipronil en aguas superficiales.....	79
Figura 59. Comparativo de presencia de Coliformes fecales en aguas superficiales.	80
Figura 60. Comparativo de las determinaciones de Coliformes totales en aguas superficiales.	81
Figura 61. Comparativo de las determinaciones del parámetro Color en dos puntos del Rio Paraguay y en 5 diferentes campañas de muestreo.	82
Figura 62. Temperatura del agua subterránea de la zona de plantaciones forestales	84
Figura 63. Temperatura del agua subterránea de los pozos de monitoreo del ADA	84
Figura 64. pH de pozos artesianos de la zona de plantaciones forestales.	85
Figura 65. pH de los pozos de monitoreo del ADA.....	85
Figura 66. Conductividad eléctrica del agua subterránea de la zona de plantaciones forestales.	86
Figura 67. Conductividad eléctrica de los pozos de monitoreo del ADA.	87
Figura 68. Solidos totales disueltos (TDS) en aguas subterráneas de la zona de plantaciones forestales	88
Figura 69. Solidos totales disueltos (TDS) en aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.	88
Figura 70. Tenores de materia orgánica en aguas subterráneas de la zona de plantaciones forestales.	89
Figura 71. Tenores de materia orgánica en aguas subterráneas en los pozos de monitoreo del ADA.	89
Figura 72. Dureza en aguas subterráneas de la zona de plantaciones forestales.	90
Figura 73. Dureza en aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.	91
Figura 74. Concentraciones de fosforo total en tubulares profundos de la zona de plantaciones forestales.	92
Figura 75. Fósforo total en aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.....	92
Figura 76. Concentraciones de Nitrógeno total en aguas subterráneas de la zona de plantaciones forestales.....	93
Figura 77. Nitrógeno total en aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.	94
Figura 78. Nitratos en aguas subterráneas de los pozos artesianos de la zona de plantaciones forestales.	95
Figura 79. Nitratos en aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.	95
Figura 80. Cloruros en agua subterráneas de la zona de plantaciones forestales.....	96
Figura 81. Cloruros de aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.	97
Figura 82. Niveles de alcalinidad en aguas subterráneas de las zona de plantaciones forestales.	98
Figura 83. Niveles de alcalinidad en aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.	98
Figura 84. Comparativo de bicarbonatos en aguas subterráneas.	99
Figura 85. Bicarbonatos en aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.	99
Figura 86. Comparativos de los niveles de Carbonato en agua de pozos artesianos de la zona de plantaciones forestales.....	100
Figura 87. Carbonato en agua de pozos de monitoreo del ADA.	101
Figura 88. Comparativo de los niveles de sulfatos de los pozos artesianos de la zona de plantaciones forestales. ..	102
Figura 89. Sulfatos en aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.....	102
Figura 90. Concentraciones de sodio en aguas subterránea de la zona de plantaciones forestales.	103
Figura 91. Concentraciones de sodio en aguas subterránea de los pozos de monitoreo del ADA.	103
Figura 92. Potasio en aguas subterráneas de los pozos artesianos de la zona de plantaciones forestales.	104
Figura 93. Concentraciones de potasio en aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.....	105
Figura 94. Calcio en aguas de los pozos artesianos de la zona de plantaciones forestales.	106
Figura 95. Calcio en aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.	106
Figura 96. Magnesio en aguas subterráneas de los pozos artesianos de la zona de plantaciones forestales.	107
Figura 97. Magnesio en aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.....	108
Figura 98. Concentraciones de Flúor en aguas subterráneas de la zona de plantaciones forestales.....	109
Figura 99. Flúor en aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.	109
Figura 100. Boro en pozos artesianos de la zona de plantaciones forestales.	110
Figura 101. Boro en pozos de monitoreo del ADA.....	111
Figura 102. Coliformes fecales en pozos artesianos de la zona de plantaciones forestales	112
Figura 103. Coliformes fecales en pozos de monitoreo del ADA.....	112
Figura 104. Coliformes totales en aguas subterráneas de la zona de plantaciones forestales.....	113
Figura 105. Coliformes totales en aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.....	114

Figura 106. Evaluación de la presencia-ausencia de la bacteria de <i>Escherichia coli</i> en pozos artesianos de la zona de plantaciones forestales.	115
Figura 107. Evaluación de la presencia-ausencia de la bacteria de <i>Escherichia coli</i> en pozos de monitoreo del ADA.	115

LISTA DE CUADROS

CUADRO 1. PUNTOS MUESTREADOS DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO	¡Error! Marcador no definido.
CUADRO 2. PARÁMETROS DETERMINADOS PARA AGUAS SUPERFICIALES	¡Error! Marcador no definido.
CUADRO 3. PARÁMETROS DETERMINADOS PARA AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	¡Error! Marcador no definido.
CUADRO 4. PARÁMETROS DETERMINADOS PARA EL RÍO PARAGUAY.....	¡Error! Marcador no definido.
CUADRO 5. FRASCOS Y PRESERVANTES POR CADA TIPO DE MUESTRA.....	¡Error! Marcador no definido.
CUADRO 6. MÉTODOS PARA PARÁMETROS HIDROBIOLÓGICOS-BACTERIOLÓGICOS	¡Error! Marcador no definido.
CUADRO 7. MÉTODOS APLICADOS A PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	¡Error! Marcador no definido.
CUADRO 8. MÉTODOS APLICADOS PARA DETERMINACIÓN DE AGROQUÍMICOS.....	¡Error! Marcador no definido.
CUADRO 9.COMPARATIVO DE LAS DETERMINACIONES DE FENOLES EN DOS PUNTOS DEL RIO PARAGUAY EN DIFERENTES CAMPAÑAS.	82
CUADRO 10. PCB EN DOS PUNTOS DEL RIO PARAGUAY, ANTES Y DESPUÉS DEL PUNTO DE VERTIDO DE EFLUENTES.	83

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de estadísticos descriptivos – temperatura superficial	10
Tabla 2. Comparación de estadísticos descriptivos - pH.....	11
Tabla 3. Comparación de estadísticos descriptivos de conductividad eléctrica	13
Tabla 4. Comparación de estadísticos descriptivos – Oxígeno disuelto.....	14
Tabla 5. Comparación de estadísticos descriptivos – Turbidez	15
Tabla 6. Comparación de estadísticos descriptivos – Materiales flotantes.....	17
Tabla 7. Comparación de estadísticos descriptivos – Materiales flotantes	18
Tabla 8. Comparación de estadísticos descriptivos – hidrocarburos, grasas y aceites.	19
Tabla 9. Comparación de estadísticos descriptivos – DQO.....	21
Tabla 10. Comparación de estadísticos descriptivos – DBO ₅	23
Tabla 11. Comparación de estadísticos descriptivos – Fósforo total	24
Tabla 12. Comparación de estadísticos descriptivos – Nitrógeno total.....	26
Tabla 13. Comparación de estadísticos descriptivos - nitratos	27
Tabla 14. Comparación de estadísticos descriptivos - Amoníaco.....	29
Tabla 15. Comparación de estadísticos descriptivos - Nitritos.....	31
Tabla 16. Comparación de estadísticos descriptivos - Dureza.....	32
Tabla 17. Comparación de estadísticos descriptivos - Sulfatos.....	33
Tabla 18. Comparación de estadísticos descriptivos - Sodio	35
Tabla 19. Comparación de estadísticos descriptivos - Sodio	36
Tabla 20. Comparación de estadísticos descriptivos - Cadmio.....	38
Tabla 21. Comparación de estadísticos descriptivos – Cromo hexavalente	39
Tabla 22. Comparación de estadísticos descriptivos – Cromo trivalente	40
Tabla 23. Comparación de estadísticos -Cobre	41
Tabla 24. Comparación de estadísticos – Estaño	43
Tabla 25. Comparación de estadísticos - Níquel	44
Tabla 26. Comparación de estadísticos - Manganeseo.....	45
Tabla 27. Comparación de estadísticos - Plomo.....	46
Tabla 28. Comparación de estadísticos - Selenio	47
Tabla 29. Comparación de estadísticos - Selenio	48
Tabla 30. Comparación de estadísticos - Arsénico.....	49
Tabla 31. Comparación de estadísticos – Hierro soluble	50
Tabla 32. Comparación de estadísticos – Mercurio total	52
Tabla 33. Comparación de estadísticos - Bario.....	53
Tabla 34. Comparación de estadísticos - Cianuros.....	54
Tabla 35. Comparación de estadísticos - Glifosato	55
Tabla 36. Comparación de estadísticos - AMPA.....	56
Tabla 37. Comparación de estadísticos – Aldrín	57
Tabla 38. Comparación de estadísticos - Endrin	58
Tabla 39. Comparación de estadísticos - Dieldrin	59
Tabla 40. Comparación de estadísticos - Lindano	60
Tabla 41. Comparación de estadísticos - Clordano	61
Tabla 42. Comparación de estadísticos - DDT	63
Tabla 43. Comparación de estadísticos - DDE	64
Tabla 44. Comparación de estadísticos - DDD.....	65
Tabla 45. Comparación de estadísticos – Atrazina.....	66
Tabla 46. Comparación de estadísticos - Simazina.....	67
Tabla 47. Comparación de estadísticos – Carbaril	68
Tabla 48. Comparación de estadísticos – Heptacloro	69
Tabla 49. Comparación de estadísticos – Metomilo	70
Tabla 50. Comparación de estadísticos – 2,4 D.....	71
Tabla 51. Comparación de estadísticos – Cipermetrina.....	72
Tabla 52. Comparación de estadísticos – Clorpirifos	73
Tabla 53. Comparación de estadísticos – Diclorvos	74

Tabla 54. Comparación de estadísticos – Metamidofos	75
Tabla 55. Comparación de estadísticos – Tubeconazole	76
Tabla 56. Comparación de estadísticos – Tubeconazole	77
Tabla 57. Comparación de estadísticos – Metil-paraxon	78
Tabla 58. Comparación de estadísticos – Fipronil	79
Tabla 59. Comparación de estadísticos descriptivos – Coliformes fecales	80
Tabla 60. Comparación de estadísticos descriptivos – Coliformes totales	81
Tabla 61. Estadísticos descriptivos – Temperatura aguas subterráneas.....	84
Tabla 62. Estadísticos descriptivos – PH aguas subterráneas.....	86
Tabla 63. Estadísticos descriptivos – conductividad eléctrica aguas subterránea.....	87
Tabla 64. Estadísticos descriptivos - TDS.....	88
Tabla 65. Estadísticos descriptivos – Materia Orgánica.....	90
Tabla 66. Estadísticos descriptivos – Dureza de las aguas subterráneas.....	91
Tabla 67. Estadísticos descriptivos – fosforo total en aguas subterráneas.....	92
Tabla 68. Estadísticos descriptivos – Nitrógeno total en aguas subterráneas.....	94
Tabla 69. Estadísticos descriptivos – Nitratos en aguas subterráneas.....	95
Tabla 70. Estadísticos descriptivos – Cloruros en aguas subterráneas.....	97
Tabla 71. Estadísticos descriptivos – Alcalinidad de las aguas subterráneas.....	98
Tabla 72. Estadísticos descriptivos – Bicarbonatos en aguas subterráneas.....	100
Tabla 73. Estadísticos descriptivos – Carbonatos en aguas subterráneas	101
Tabla 74. Estadísticos descriptivos – Sulfatos en aguas subterráneas.....	102
Tabla 75. Estadísticos descriptivos – sodio en aguas subterráneas	104
Tabla 76. Estadísticos descriptivos – Potasio en aguas subterráneas	105
Tabla 77. Estadísticos descriptivos – Magnesio en aguas subterráneas	108
Tabla 78. Estadísticos descriptivos - Flúor.....	109
Tabla 79. Estadísticos descriptivos – Boro en aguas subterráneas	111
Tabla 80. Estadísticos descriptivos – Coliformes fecales	113
Tabla 81. Estadísticos descriptivos – Coliformes totales	114

III. RESULTADOS

3.1 Análisis comparativos del comportamiento de los parámetros determinados para aguas superficiales.

En la serie de figuras presentadas a continuación, se expone el comportamiento de cada parámetro determinado en los distintos puntos de monitoreo evaluados durante el periodo de estudio. Los resultados obtenidos son contrastados con límites establecidos en la Resolución SEAM 222/02. POR LA CUAL SE ESTABLECE EL PADRÓN DE CALIDAD DE LAS AGUAS EN EL TERRITORIO NACIONAL.

3.1.1 Análisis comparativo de la temperatura del agua superficial.

La temperatura es la magnitud física que indica la intensidad de calor del cuerpo de agua y se considera un parámetro físico importante, ya que influye en el desarrollo de la vida acuática y las aptitudes de uso del recurso. Según Rao & Rao (2010), la temperatura del agua superficial afecta la solubilidad de sales, contenido de oxígeno disuelto, tasa de biodegradación orgánica de los materiales y otros parámetros físico-químicos.

La temperatura del agua varía principalmente por dos factores, la cantidad de radiación solar que incide sobre el agua y la temperatura de los efluentes industriales que se vierten a un cuerpo receptor. Actualmente en los puntos de monitoreo verificados no se registran vertidos industriales por lo que la temperatura del agua está influenciada únicamente por la radiación solar.

Este parámetro fue medido en campo con un sonda multiparamétrica portátil, en la figura 1 se muestran los resultados para ambas campañas. En la primera campaña realizada en la estación veraniega se obtuvieron las mayores lecturas.

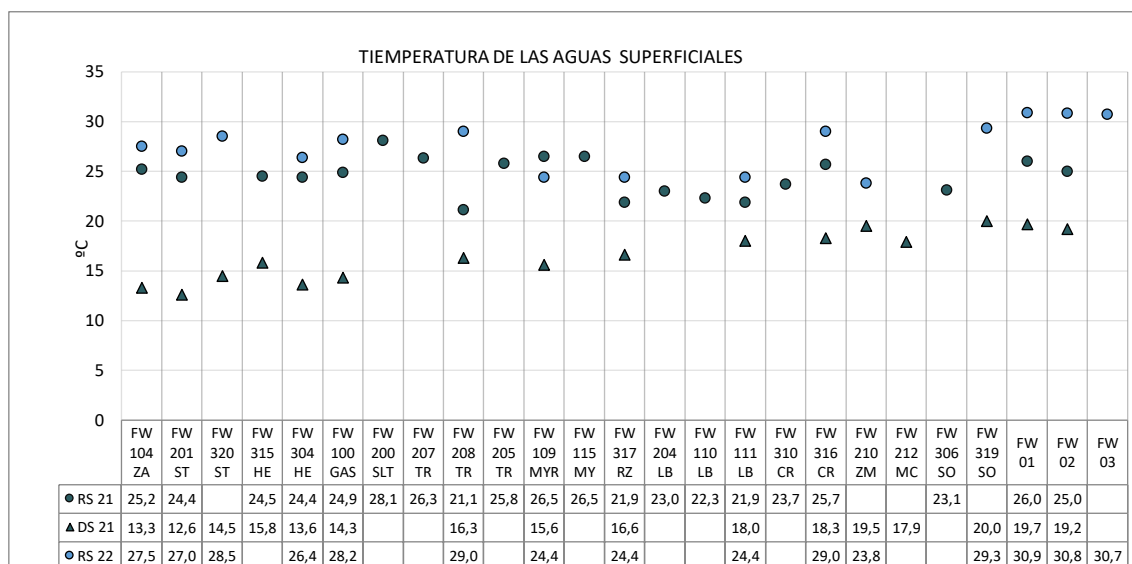


Figura 1. Análisis comparativo de la temperatura en los distintos puntos de monitoreo de agua superficial.

La Res. SEAM N° 222/02 no define un valor límite para la temperatura de las aguas de Clase 2; solo para el vertido de efluentes a cuerpos receptores se establece un valor límite de 40°C.

En la tabla 1 se presenta un análisis comparativo entre los principales estadísticos obtenidos en ambas campañas, se aprecia una marcada diferencia entre los valores de la temporada de estiaje (invierno) y la temporada de lluvias (verano).

Tabla 1. Comparación de estadísticos descriptivos – temperatura superficial

Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
		Mínimo	Máximo		N°	(%)

Segunda campaña	16,6	2,5	12,6	20,0	SLE	N/A	N/A
Primera campaña	24,5	1,9	21,1	28,1	SLE	N/A	N/A

Notas: SLE= Sin límite establecido, N/A= No aplica.

3.1.2 Análisis comparativo del potencial de hidrogeno (pH) en agua superficial.

Sierra Ramírez (2011) define al pH como “el término utilizado para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua”. Adopta una escala de 1 a 14, considerándose como neutro al 7, valores alcalinos a aquellos que superen a 7 y ácidos a los menores a 7.

El aumento de acidez del agua facilita la liberación de metales pesados contenidos en los sedimentos y solubiliza los iones de sales insolubles; por otro lado, las condiciones alcalinas propician la coagulación de los compuestos carbonatados provocando la precipitación de calcio, magnesio y otros elementos tales como el fósforo, hierro, etc.

Según Orozco y Pérez (2003), la vida acuática se desarrolla en rango de pH de 5 a 9 y habitualmente las aguas dulces presentan valores comprendidos 6,5 – 8,5. En la figura 2 se muestran los valores obtenidos en las dos campañas realizadas.

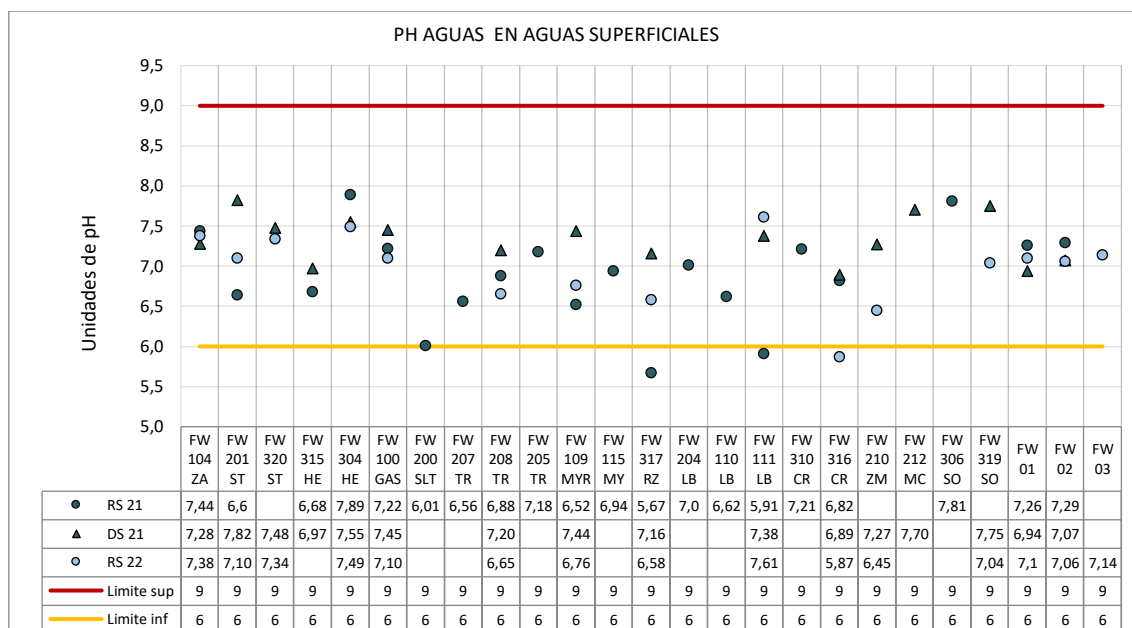


Figura 2. Análisis comparativo de los valores de pH en los distintos puntos de monitoreo de agua superficial.

La Resolución. SEAM N° 222/02 establece un límite inferior y superior igual a 6 y 9 respectivamente. Durante la segunda campaña todos los puntos se encuentran acorde a la normativa; en la primera campaña se registraron valores por debajo del límite inferior para los puntos FW 317-RZ y FW 111-LB.

En la tabla 2 se presenta un análisis comparativo de los valores obtenidos para el parámetro pH correspondientes a las dos campañas realizadas.

Tabla 2. Comparación de estadísticos descriptivos - pH

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	7,3	0,3	6,9	7,8	6-9	0	0%

Primera campaña	6,9	0,6	5,7	7,9	6-9	2	10%
-----------------	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----

En una investigación de calidad de agua realizada por Facetti *et al* (2016), en los arroyos Tapiracuai y Cuarepoti del departamento de San Pedro, se hallaron promedios de pH que oscilaron entre 6,79 y 6,92. Se verifica que los cursos hídricos actualmente analizados presentan valores similares.

3.1.3 Análisis comparativo de la conductividad eléctrica en agua superficial.

La conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Según Orozco y Pérez (2003), la conductividad del agua da una buena apreciación de la concentración de los iones en disolución y una conductividad elevada se traduce en una salinidad elevada.

La conductividad eléctrica se considera un parámetro de carácter geoquímico y de acuerdo a DIGESA (2010), es habitual encontrar valores de entre 700 a 1200 $\mu\text{mhos/cm}$ de manera natural en cuerpos de aguas superficiales del Paraguay. En el presente estudio las campañas de muestreo arrojaron los siguientes valores:

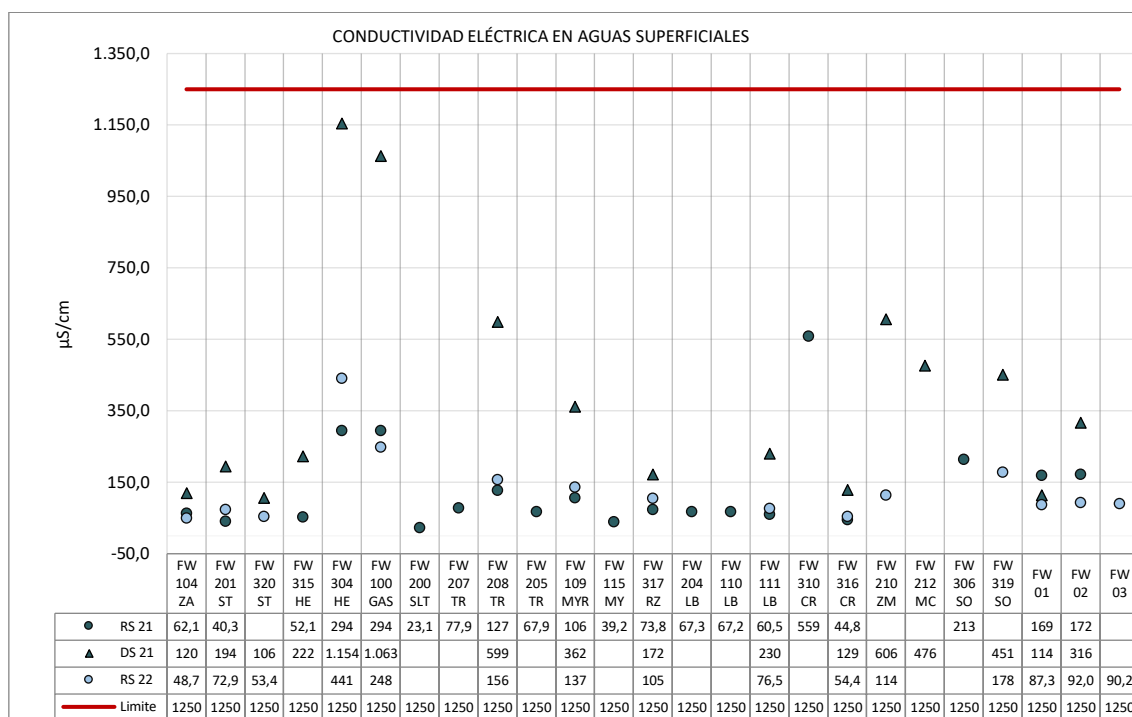


Figura 3. Análisis comparativo de los valores de la conductividad eléctrica en los distintos puntos de monitoreo de agua superficial

Para aguas de Clase 2 la Resolución 222/02 no establece ningún límite para el parámetro evaluado; se toma como referencia el límite de 1250 $\mu\text{S/cm}$ establecido en el Anexo X de la ley 1614/2000. Todas las determinaciones realizadas en ambas campañas se encuentran en conformidad con la normativa de referencia.

En un estudio hidrológico del Río Verde en el departamento San Pedro (Facetti *et al* 2011), se reportan tenores muy variables de conductividad eléctrica, la amplitud de las determinaciones oscilan entre 588 y 43000 $\mu\text{S/cm}$.

En el actual monitoreo la menor lectura se registró en el punto FW 200-SLTR durante la primera campaña, y el valor máximo el punto FW 304-HE durante la segunda campaña. Al igual que en el estudio mencionado las determinaciones realizadas presentan una gran variabilidad entre puntos y entre campañas.

En la tabla 3 se presenta una comparación descriptiva del parámetro de conductividad eléctrica correspondiente a las mediciones de las dos campañas realizadas.

Tabla 3. Comparación de estadísticos descriptivos de conductividad eléctrica

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	394,6	324,7	106,0	1.154,0	1250	0	0%

Primera campaña 130,5 129,1 23,1 558,9 1250 0 0,00%

3.1.4 Análisis comparativo del oxígeno disuelto en aguas superficiales.

Según Cárdenas León (2005), el oxígeno disuelto proviene de una mezcla del agua con los gases atmosféricos y del oxígeno que liberan las plantas acuáticas en su proceso de fotosíntesis.

El OD es un indicador de calidad de agua muy importante, la respiración de la fauna acuática depende de su disponibilidad; para su medición se utilizaron sondas multiparamétricas que expresan la cantidad de oxígeno en miligramos por cada litro agua, en la figura 4 se muestran las lecturas obtenidas en ambas campañas.

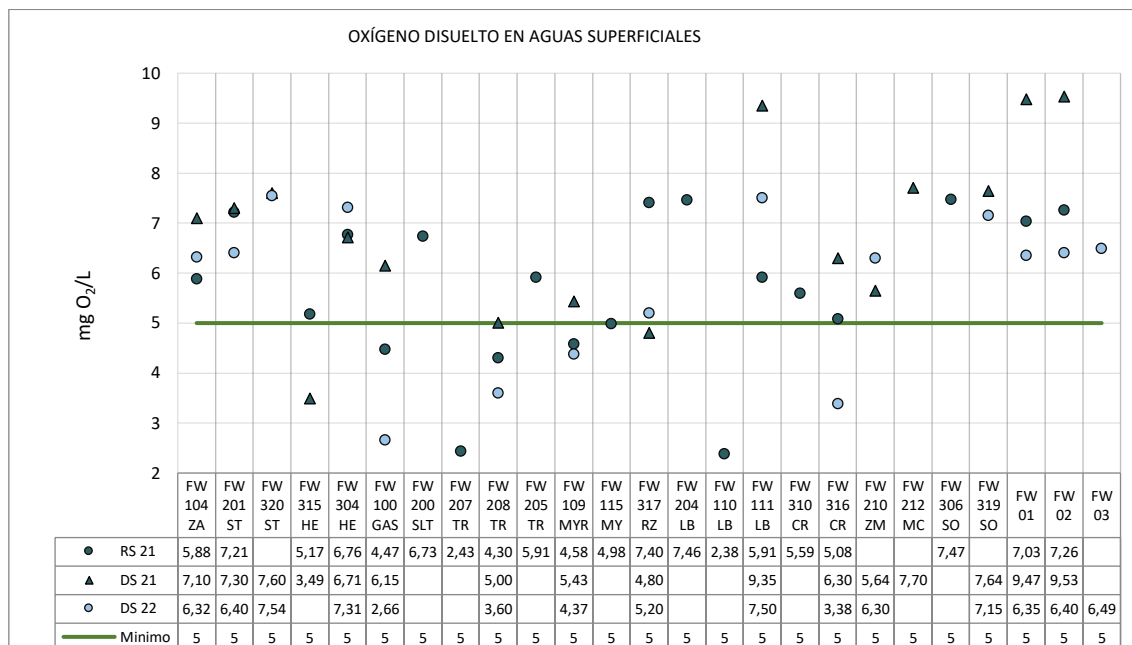


Figura 4. Análisis comparativo del Oxígeno Disuelto en los distintos puntos de monitoreo de agua superficial.

La Resolución SEAM 222/02 establece que el oxígeno disuelto en aguas de clases 2 debe ser $>5 \text{ mg O}_2/\text{L}$. En la primera campaña se registraron seis puntos (30%) con concentraciones de OD inferiores a las establecidas en la normativa de referencia; durante la segunda campaña se verifica que en tres puntos (19%) el OD es menor a 5.

En la siguiente tabla 4 se presenta una comparación estadística en cuanto al parámetro de oxígeno disuelto en aguas superficiales.

Tabla 4. Comparación de estadísticos descriptivos – Oxígeno disuelto

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	6,8	1,7	3,5	9,5	5	3	19%
Primera campaña	5,7	1,5	2,4	7,5	5	6	30%

Las concentraciones de OD son inversamente proporcionales a la temperatura, esto significa que a menor temperatura mayor OD; acorde a lo mencionado, el promedio de OD durante la campaña de invierno fue superior al de la campaña de verano.

Otro factor importante que influye en la disminución del OD es la carga de materiales orgánicos presentes; los arroyos monitoreados discurren principalmente por paisajes donde predomina la actividad ganadera. Se

verificó que en muchos lugares las vacas bajan a beber agua de los arroyos, pisoteando el lecho e introduciendo materia orgánica procedente de las deposiciones del ganado; esto podría explicar las bajas concentraciones de OD en algunos puntos.

De acuerdo a Facetti *et al* (2016), el río Tapiracuai del departamento de San Pedro tiene un promedio de OD igual a 6,62, valor aproximadamente similar a los obtenidos en ambas campañas del presente estudio.

3.1.5 Análisis comparativo de la turbidez de las aguas superficiales.

La turbidez del agua es un fenómeno óptico que consiste, esencialmente, en una absorción de luz combinada con un proceso de difusión. Las partículas sólidas responsables de la turbidez pueden ser orgánicas o inorgánicas y estar dispersas en la matriz acuosa en tres estadios: en disolución, suspensión y en forma coloidal (Orozco y Pérez 2003).

Las partículas responsables de esta turbidez pueden ser aportadas tanto por procesos de arrastre como de remoción de tierras y también por vertidos urbanos e industriales. La turbidez se mide en unidades nefelométricas NTU, en la figura 5 se muestran los valores medidos en las dos campañas realizadas.

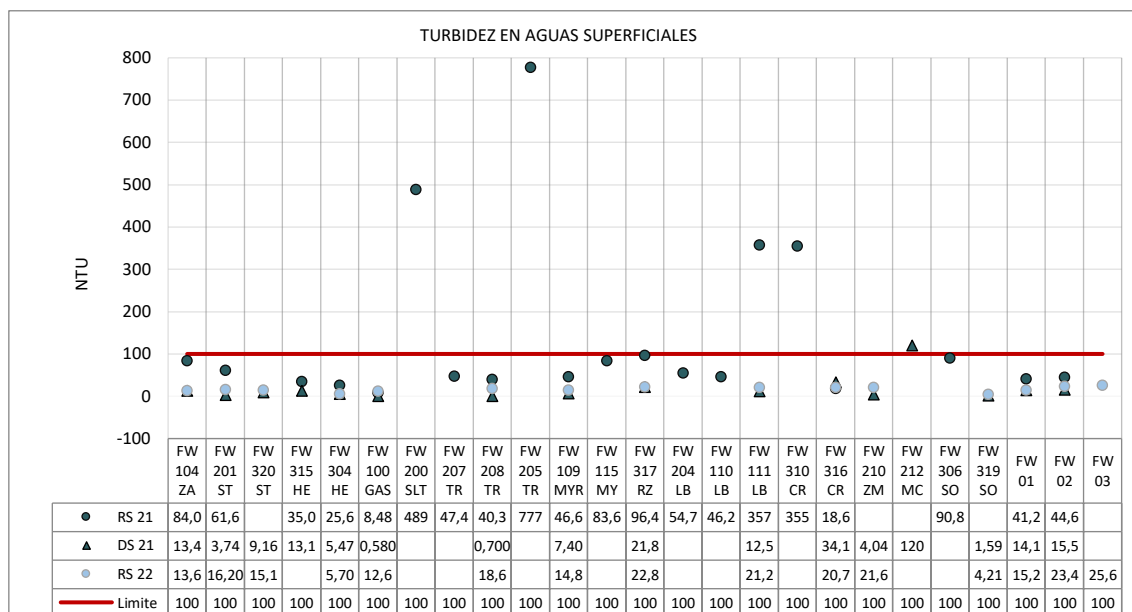


Figura 5. Análisis comparativo de la turbidez en los distintos puntos de monitoreo de aguas superficiales.

La Resolución SEAM 222/02 establece un valor máximo de 100 NTU para cursos hídricos de Clase 2. Durante la primera campaña el 20% de los puntos excedieron el máximo permisible, en la segunda solo en un punto (6%) se registró una lectura por encima de 100 NTU.

En la tabla 5 se presenta un análisis comparativo entre las dos campañas, en promedio se hallaron mayores valores de turbidez durante la campaña realizada en la temporada lluviosa, esto puede deberse a que la escorrentía ocasionada por las lluvias arrastra materiales de los suelos erosionados.

Tabla 5. Comparación de estadísticos descriptivos – Turbidez

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	17,3	28,7	0,6	120	100	1	6%
Primera campaña	140,2	199,5	8,5	777	100	4	20%

La desviación estándar denota la amplitud de los valores registrados, en estudio similar realizado en el Rio Verde del departamento de San Pedro los investigadores (Facetti *et al* 2011) encontraron un promedio de turbidez de 41,83 NTU, el mencionado valor es mayor al obtenido en la segunda campaña del presente estudio, pero inferior al promedio de la primera campaña.

3.1.6 Análisis comparativo de presencia de materiales flotantes.

De acuerdo a Tellez (2016), los materiales flotantes indican la cantidad de sólidos presentes en suspensión que pueden ser separados por medios mecánicos, como por ejemplo la filtración en vacío, o la centrifugación del líquido.

Los materiales flotantes están compuestos por una fracción orgánica y otra inorgánica, este parámetro se usa como indicador de calidad de agua pues los sólidos en suspensión pueden desempeñar un papel importante como contaminantes. En figura 6 se muestran los valores arrojados en las campañas realizadas.

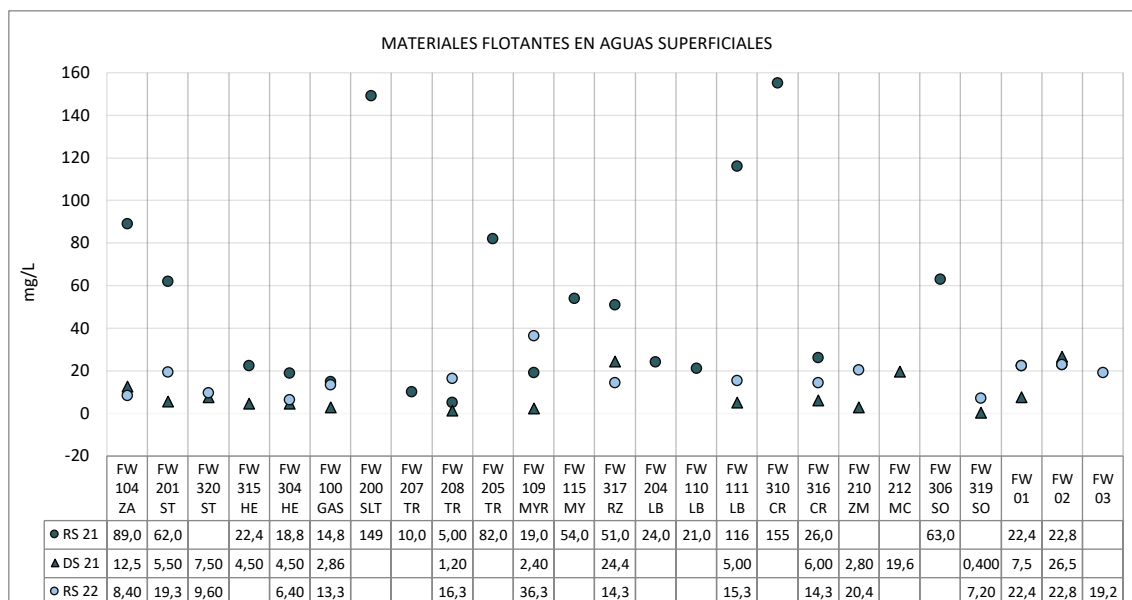


Figura 6. Análisis comparativo de materiales flotantes.

El padrón de aguas del territorio nacional no establece un límite claro para este parámetro, solo se indica que debe estar virtualmente ausente. De acuerdo al criterio de los técnicos del CEMIT, el límite de la Resolución SEAM 222/02 hace referencia a que no deben existir materiales flotantes observables, como por ejemplo espumas, hidrocarburos o basuras; es importante resaltar que estos elementos no fueron observados flotando en los cursos hídricos evaluados.

Tabla 6. Comparación de estadísticos descriptivos – Materiales flotantes

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	8,3	8,2	0,4	26,5	SLE	N/A	N/A
Primera campaña	51,4	45,4	5,0	155,0	SLE	N/A	N/A

En la tabla 6, en general se observan mayores determinaciones en los resultados de la campaña realizada en temporada lluviosa, esto puede deberse al arrastre de materiales por escorrentía durante las precipitaciones.

Según Facetti *et al* (2013), durante la época de estiaje, se acrecienta el proceso de sedimentación de los sólidos suspendidos, observándose aguas más claras y menores concentraciones de sólidos disueltos; dichas afirmaciones son consistentes con los resultados obtenidos en el presente estudio.

Los promedios obtenidos en temporada de lluvias y temporada de estiaje fueron 51,4 mg/L y 8,3 mg/L respectivamente. En cursos hídricos del departamento de San Pedro, tenemos al río Tapiracuai con

25,85 mg/L y al río Cuarepoti con 105,4 mg/L; los promedios hallados en el presente estudio se encuentran en rango similar comparándolos con los promedios de otros cursos hídricos cercanos, con paisajes y matriz productiva similares.

3.1.7 Análisis comparativo de Sólidos Disueltos Totales.

De acuerdo a Orozco y Pérez (2003), los sólidos disueltos totales representan una medida global de todo tipo de sustancias coloidales y en disolución con punto de ebullición inferior a 105°C; para su determinación en miligramos por litros, el agua previamente filtrada se evapora en estufa a 105°C durante 4 h. Una vez que se ha eliminado el agua la determinación del analito se realiza por métodos gravimétricos.

Los TDS incluyen sales, materias orgánicas, nutrientes y sustancias tóxicas; sin embargo el componente de mayor importancia son las sales, razón por la que se considera que la conductividad eléctrica esta intimidante relacionada con los SDT. En la figura 7 se representan los valores obtenidos en ambas campañas.

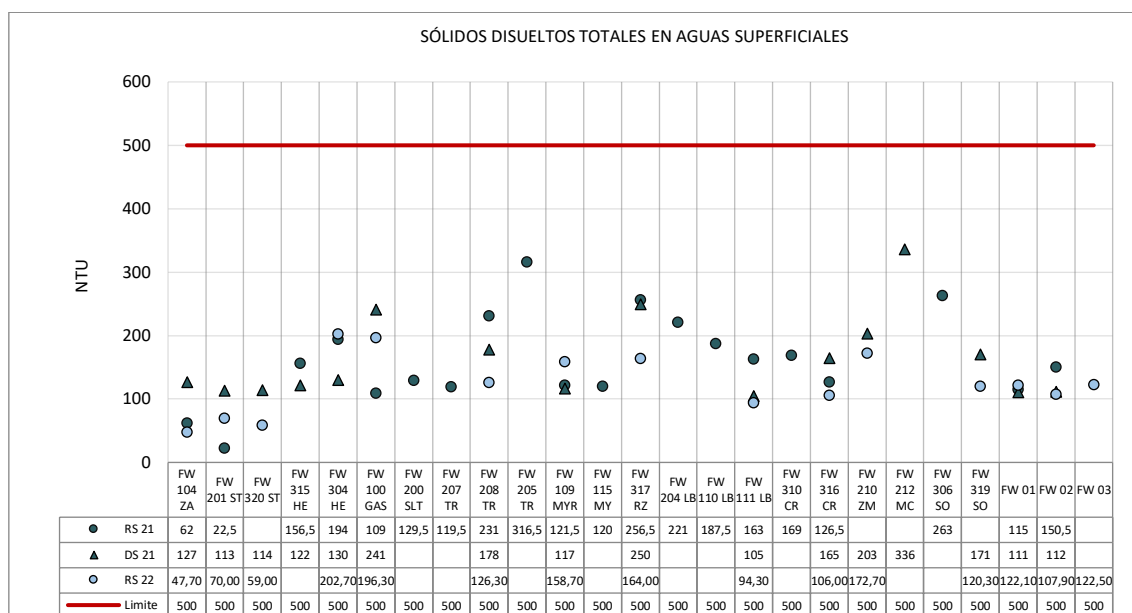


Figura 7. Análisis comparativo de sólidos totales disueltos (TDS).

El límite establecido en el padrón de aguas del territorio nacional para SDT es igual a 500 mg/L; en la primera campaña el máximo determinado fue 316 mg/L, y en la segunda 336 mg/L. Todos los puntos durante el periodo de estudio se encuentran en conformidad con la normativa de referencia, en la tabla 7 se muestra una comparación entre los resultados obtenidos.

Tabla 7. Comparación de estadísticos descriptivos – Materiales flotantes

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	162,2	65,9	105,0	336	500	0	0%
Primera campaña	161,7	70,8	22,5	316	500	0	0%

La gran desviación estándar en ambas campañas demuestra mucha amplitud en las determinaciones analíticas entre diferentes puntos de monitoreo, sin embargo, la primera y la segunda campaña tienen promedios similares de 161,7 mg/L y 162,2 mg/L respectivamente.

En un estudio de calidad agua del Rio Verde en el departamento de san pedro, también se encontró un gran rango de variabilidad en los resultados de SDT, los datos para este parámetro oscilaron entre 4,2 mg/L y 207 mg/L; el promedio fue de 51,39 mg/L (Facetti *et al*, 2011). Se menciona el estudio a modo de referencia.

3.1.8 Análisis comparativo de aceites y grasas en aguas superficiales.

En el parámetro HIDROCARBUROS, GRASAS Y ACEITES no se mide una sustancia específica sino un grupo de sustancias con una misma característica fisicoquímica, la solubilidad. La determinación incluye ácidos grasos, jabones, grasas, ceras, hidrocarburos, aceites y cualquier otra sustancia susceptible de ser extraída con hexano. Una vez se ha finalizado la extracción se procede a la cuantificación por métodos gravimétricos.

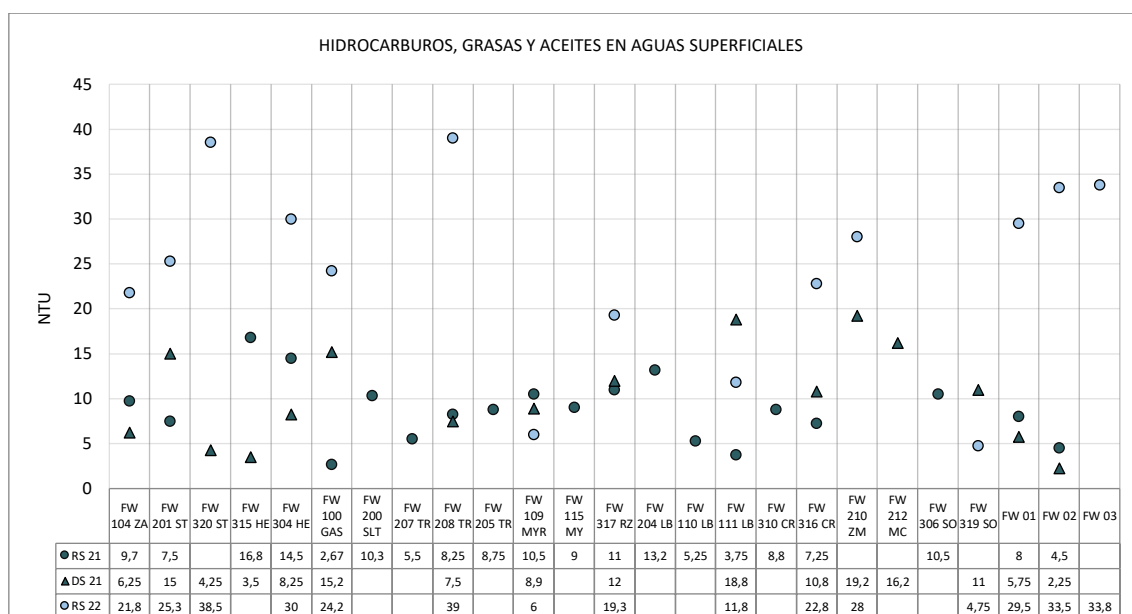


Figura 8. Comparativo de concentraciones de grasas y aceites en los puntos de monitoreo de agua superficiales.

Para aguas de la Clase 2 el padrón del territorio nacional no establece un límite claro para el parámetro evaluado, solo se indica que los hidrocarburos, grasas y aceites deben estar “virtualmente ausentes”; según el criterio de los técnicos del CEMIT, la Resolución SEAM 222/02 hace referencia a que en las propiedades organolépticas naturales del agua superficial no se deben apreciar manchas ni percibir olor a hidrocarburos.

Para vertidos de efluentes a cuerpos de agua receptores la mencionada normativa condiciona tenores máximos de 20 mg/l para grasas y aceites minerales, y 50 mg/l para grasas y aceites animales y/o vegetales.

En los arroyos y ríos evaluados no se apreciaban manchas de hidrocarburos flotando, ni se percibía olor a hidrocarburos; por lo que se puede decir que tras evaluación organoléptica *in situ* los hidrocarburos grasas y aceites no eran detectables y estaban “Virtualmente ausentes”. No obstante, en la tabla 8 se presentan las cuantificaciones determinadas en laboratorio.

Tabla 8. Comparación de estadísticos descriptivos – hidrocarburos, grasas y aceites.

Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
		Mínimo	Máximo		N°	(%)

Segunda campaña	10,3	5,4	2,3	19,2	virtualmente ausente	0	0%
Primera campaña	8,8	3,6	2,7	16,8	virtualmente ausente	0	0%

Según TECNOAMBIENTAL (2017), en un monitoreo realizado en aguas del río Paraguay en la zona de influencia del Puerto Pilar, se encontraron tenores promedio de entre 16,5 mg/l y 16,2 mg/l del parámetro evaluado. El presente estudio arrojó un promedio 8,8 mg/l en la temporada lluviosa y 10,3 mg/L en temporada de estiaje.

3.1.9 Análisis comparativo de la demanda química de oxígeno en aguas superficiales

La DQO mide la cantidad de materia susceptible de oxidación química contenida en el agua. Se utiliza como parámetro indicativo de materia orgánica global, biodegradable y no biodegradable, presente en la matriz acuosa (Orozco y Pérez, 2003).

El resultado de la DQO se expresa en mg O₂/l, representando la cantidad de oxígeno equivalente al oxidante químico utilizado en el ensayo de laboratorio. Las determinaciones obtenidas durante el periodo de estudio se muestran en la figura 9.

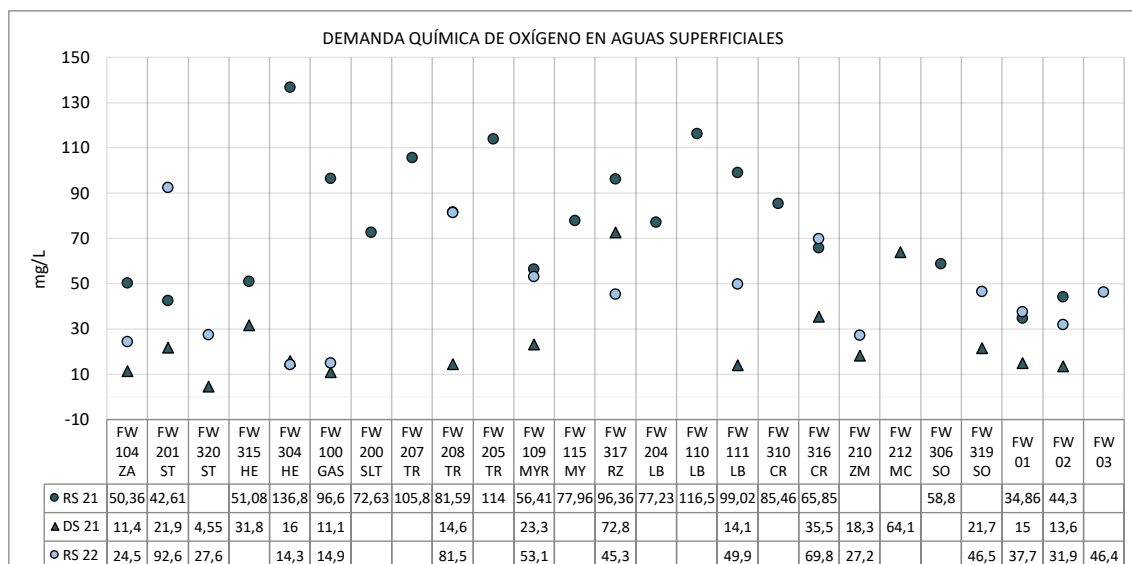


Figura 9. Comparativo de la DQO en los diferentes puntos de muestreo de aguas superficiales.

La Resolución SEAM 222/02 no establece límite de DQO para aguas superficiales de clase 2, únicamente en el Art 7 se define 150 mg O₂/L como el máximo permisible de DQO para efluentes vertidos a cuerpos de aguas receptores.

En la primera campaña, representativa de la temporada lluviosa en verano, los puntos analizados presentan mayor DQO en comparación a la temporada de estiaje (invierno); esta diferencia puede deberse a que las altas temperaturas y los días más largos favorecen a la actividad biológica, lo que a su vez redundo en mayor contenido de materia orgánica en la aguas.

Mas halla de la clara tendencia de mayores valores de DQO en la temporada lluviosa, en ambas campañas se observa gran variabilidad en las determinaciones entre los diferentes puntos de monitoreo. En la tabla 9 se comparan los promedios y los rangos obtenidos durante el periodo de estudio.

Tabla 9. Comparación de estadísticos descriptivos – DQO

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	24,4	18,9	4,6	72,8	SLE	N/A	N/A
Primera campaña	78,2	28,1	34,9	136,8	SLE	N/A	N/A

SLE: sin límite establecido, N/A: no aplica

Según Facetti *et al* (2011), el promedio de DQO del Río Verde localizado en el departamento de San Pedro es igual 71,18 mg O₂/L; en otro estudio en el mismo departamento, se encontró que los ríos Tapiracuai y Cuarepoti presentan promedios de 19,49 mg O₂/L y 40 mg O₂/L respectivamente (Facetti *et al* 2016).

Se observa que los promedios de DQO hallados en la presente investigación son similares a los promedios de otros cursos hídricos cercanos al área de estudio.

3.1.10 Análisis comparativo de la demanda biológica de oxígeno en aguas superficiales.

De acuerdo a Orozco y Pérez (2003), la DBO₅ es un parámetro que se maneja para tener una idea de la concentración en materia orgánica biodegradable; se calcula midiendo la disminución en la concentración de oxígeno disuelto del agua después de incubar una muestra durante 5 días a 20°C. La reacción se lleva a cabo en la oscuridad, para evitar la producción de oxígeno por las algas, a dilución adecuada, y manteniendo el pH entre 7-7,5.

Los resultados de DBO₅ se expresan en miligramos de oxígeno por litro (mg O₂/L); en la figura 10 se muestran los valores medidos en ambas campañas.

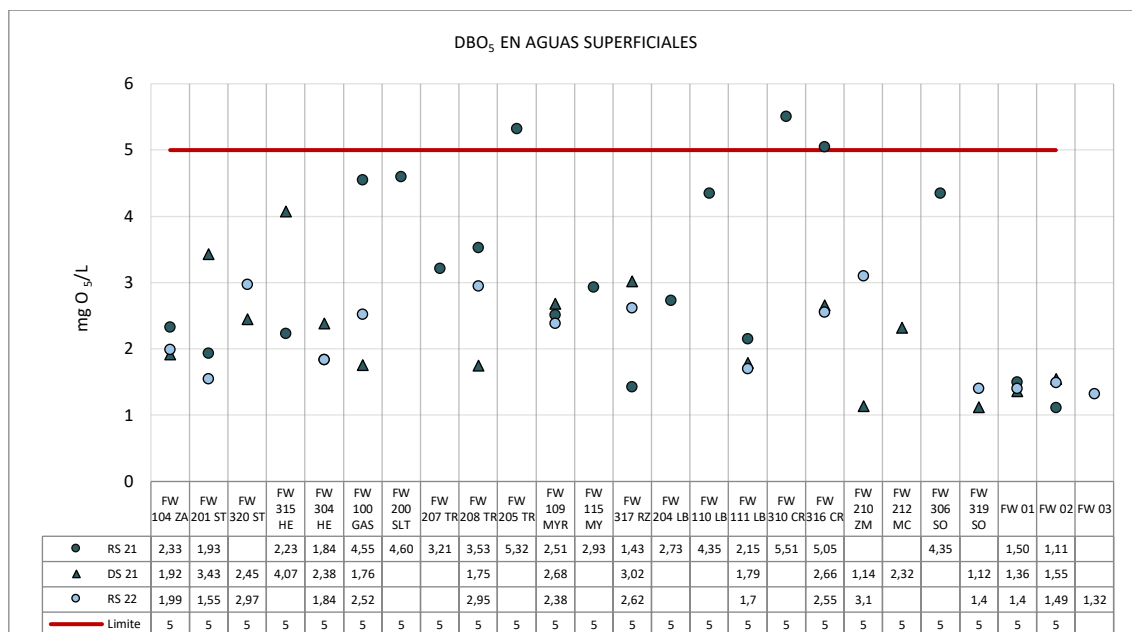


Figura 10. Comparativo de la DBO₅ en aguas superficiales.

La Resolución SEAM 222/02 establece que la demanda biológica de oxígeno en cursos hídricos de clase 2 no podrá ser superior a 5 mg O₂ /L. Orozco y Pérez (2003) establecen la siguiente escala para la valoración de DBO₅:

- Aguas muy puras, DB05 < 3 mg O₂/L
- Pureza intermedia, DB05 3-5 mg O₂/L
- Agua contaminada, DB05 > 8 ppm mg O₂/L

En la primera campaña se registran tres puntos de monitoreo con DBO₅> 5mg O₂/L; durante la segunda campaña ningún medición supero el máximo permisible. Atendiendo la clasificación sugerida por Orozco y Pérez, los cursos hídricos analizados se encuentran en el rango de aguas muy puras a aguas de pureza intermedia. En la tabla 10 se presenta una comparación de las dos lecturas de este parámetro.

Tabla 10. Comparación de estadísticos descriptivos – DBO₅

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	2,2	0,8	1,1	4,1	5	0	0%
Primera campaña	3,2	1,4	1,1	5,5	5	3	15%

De acuerdo a Facetti et al (2013), los ríos Tapiracuai y Cuarepoti del departamento de San Pedro presentaron promedios de DBO₅ igual 1,7 mg O₂/L y 1,8 mg O₂/L respectivamente. Los promedios hallados en el presente estudio son ligeramente superiores, sin embargo están en conformidad con la normativa referencia.

3.1.11 Fósforo total en aguas superficiales

De acuerdo a Sierra Ramírez (2011), el parámetro fósforo total incluye las formas inorgánicas y orgánicas del fósforo. La presencia de fósforo inorgánico puede provenir de su uso como agente floculante en tratamiento de aguas, detergentes industriales y domésticos, aguas residuales de los procesos agrícolas, y de la aplicación de fertilizantes; mientras que la presencia de fósforo orgánico puede deberse a la descomposición de la materia orgánica, debido que es abundante en las aguas residuales domésticas y agroindustriales.

Contemplando las posibles fuentes de fosforo, se considera que en el área de estudio el principal aporte de este elemento proviene de la actividad ganadera, a causa de la degradación de las deposiciones de los animales. Las determinaciones analíticas para fosforo total durante el periodo de estudio arrojaron los siguientes resultados:

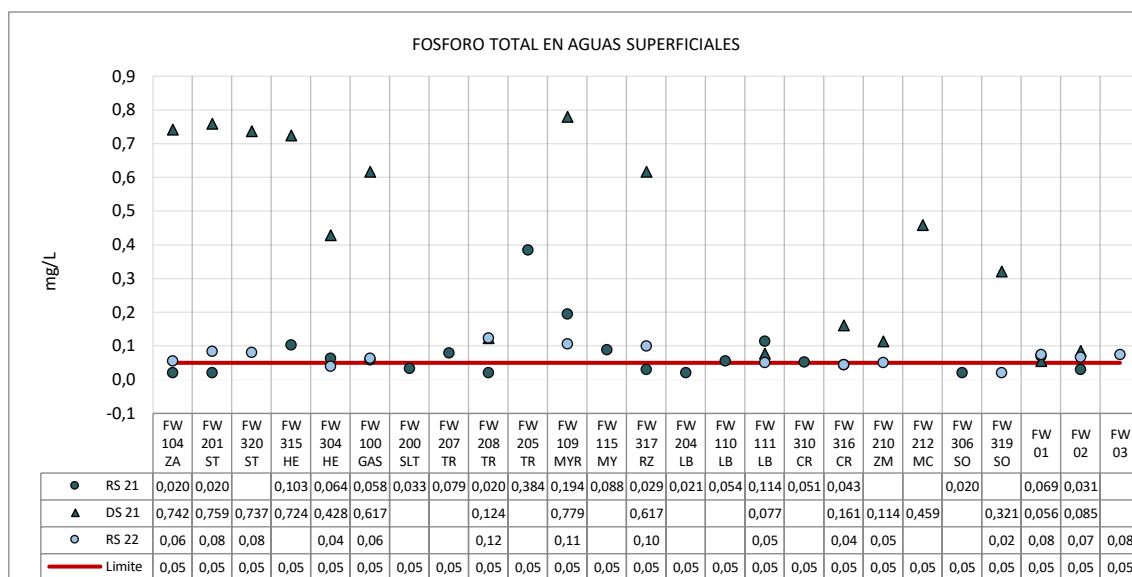


Figura 11. Comparativo de de fósforo total en agua superficial.

Para aguas de clase 2 la Resolución SEAM 222/02 establece un máximo permisible de fósforo total igual a 0,05 mg/L. En la primera campaña se encontró 11 puntos (55%) con tenores superiores al máximo establecido; durante la segunda campaña el 100% de los puntos monitoreados arrojaron valores mayores al límite.

El promedio hallado durante la segunda campaña es cuatro veces superior al de la primera campaña, el valor máximo se midió en el punto FW 109-MYRZ durante la temporada de estiaje. La alta desviación estándar refleja la amplitud de las concentraciones medidas; en la tabla 11 se muestran la comparación entre los estadísticos descriptivos.

Tabla 11. Comparación de estadísticos descriptivos – Fosforo total

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	0,4	0,3	0,1	0,77	0,05	16	100%

Primera campaña	0,1	0,1	0,0	0,4	0,05	11	55%
-----------------	-----	-----	-----	-----	------	----	-----

Una investigación realizada por Facetti et al (2011), halló un promedio 0,074 mg/L de fósforo total en aguas del Río Verde localizado en el departamento de San Pedro, los promedios hallados en el presente estudio son superiores en comparación con la citada investigación.

3.1.12 Nitrógeno total en aguas superficiales.

Según Espinoza et al (2013) el nitrógeno total es definido como la suma de amonio libre y compuestos orgánicos nitrogenados que son convertidos a sulfato de amonio, después de la digestión de la muestra con ácido sulfúrico en presencia de un catalizador. El nitrógeno total es una medida de las varias formas de nitrógeno que se encuentran en una muestra de agua e incluye formas orgánicas e inorgánicas.

El Nitrógeno es considerado un bionutriente muy importante en los procesos de eutrofización. En la figura 12 se representan los valores arrojados durante las dos campañas realizadas.

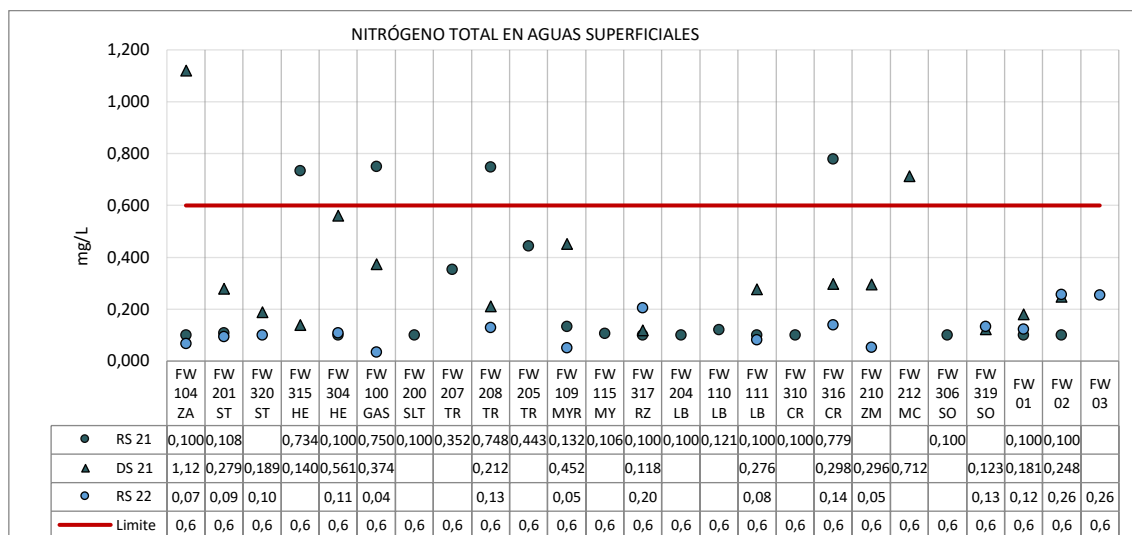


Figura 12. Comparativo de los niveles de nitrógeno total en aguas superficiales.

Para aguas de la clase 2 la Resolución SEAM 222/02 establece un límite 0,6 mg/L de nitrógeno total. En total seis determinaciones sobrepasan el tenor máximo permitido, cuatro (20%) en la primera campaña y dos (13%) en la segunda campaña.

El límite de cuantificación del método utilizado es 0,1 (LOQ=0,1); durante la primera campaña en 10 puntos los resultados estuvieron en el rango de no detectables. En tabla 12 se muestra la comparación de los estadísticos descriptivos.

Tabla 12. Comparación de estadísticos descriptivos – Nitrógeno total

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	0,3	0,3	0,12	1,1	0,6	2	13%
Primera campaña	0,43	0,3	ND	0,8	0,6	4	20%

En un estudio de calidad de agua las determinaciones promedio para nitrógeno total halladas por Facetti et al (2013) fueron de: 0,15 mg/l para el río Tapiracuai y 0,27 mg/l para el río Cuarepoti; ambos cursos hídricos localizados en el departamento de San Pedro.

Se verifica que los promedios hallados en el presente estudio son ligeramente superiores en comparación a los promedios citados; en mayor medida las determinaciones realizadas se encuentran en conformidad con la normativa de referencia.

3.1.13 Análisis de nitratos en aguas superficiales

Los nitratos son una medida de la forma oxidada del nitrógeno, y se consideran macro nutrientes esenciales en los ambientes acuáticos. Pueden ser dañinos para el ser humano, ya que se degradan a nitritos en el intestino, lo cual afecta la habilidad de los glóbulos rojos de transportar oxígeno. Además, pueden causar serias enfermedades en la fauna ictícola (Pacheco *et al*, 2019).

La presencia de nitratos está íntimamente relacionada con la disolución de rocas y minerales, la descomposición de materias vegetales y animales, efluentes urbanos e industriales; y contaminación proveniente del lavado de tierras de labor en donde se utiliza profusamente como componente de abonos y fertilizantes (UPCT, 2016).

En el área de estudio la fuente más probable de nitratos provendría de la actividad ganadera. Los resultados de este parámetro se representan en la figura 13.

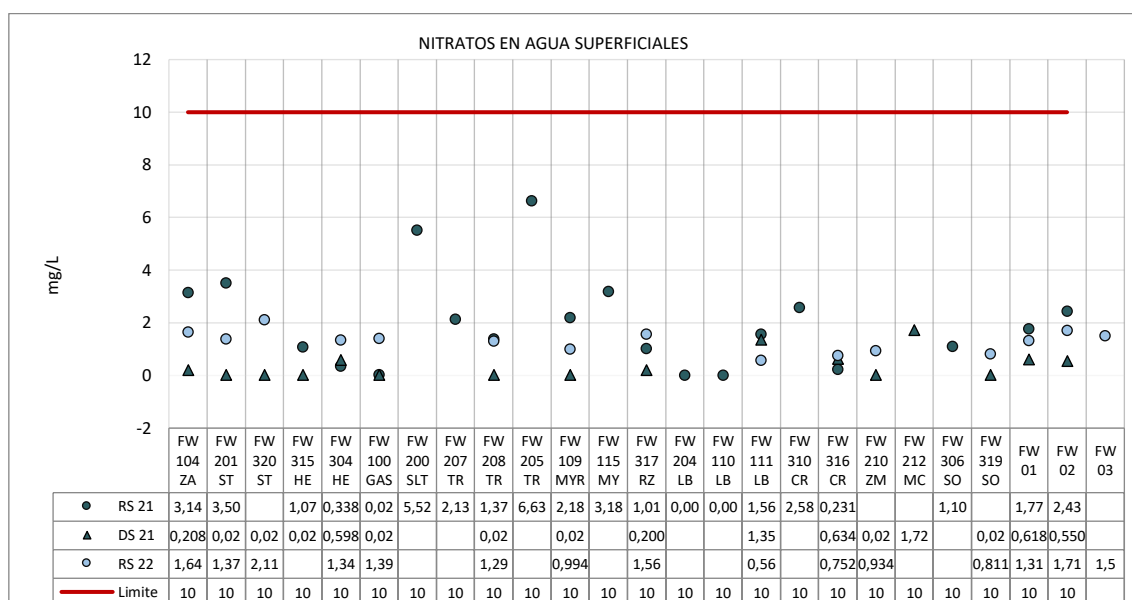


Figura 13. Comparativos de los niveles de nitratos en aguas superficiales.

Para aguas de la clase 2, la Resolución SEAM 222/02 establece que los nitratos tendrán una concentración máxima de 10 mg/l. Todos los puntos en ambas campañas se encuentran en conformidad con la normativa; en la tabla 13 se muestra el análisis comparativo de los principales estadísticos.

Tabla 13. Comparación de estadísticos descriptivos - nitratos

	Promedio	DS	Rango		Límite	N° ND	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			N°	(%)
Segunda campaña	0,7	0,5	ND	1,7	10	8	0	0%
Primera campaña	2,3	1,8	ND	6,6	10	3	0	0%

ND: no detectable

Durante la primera campaña el promedio fue 2,3 mg/l, el nitrato no fue detectable en tres puntos (LOQ=0,02); la mayor determinación se registró el punto FW 205-TR con 6,6 mg/l. Respecto a la segunda campaña, los resultados muestran tenores no detectables en 8 puntos, la máxima determinación fue de 1,7 mg/l en el punto FW 212-MC y se registró un promedio de 0,7 mg/l.

Los promedios registrados en el presente estudio son similares a los hallados en otras investigaciones realizadas en cursos hídricos cercanos, como por ejemplo el reportado por Facetti *et al* (2011) en el río

Verde del departamento de San Pedro, que en promedio tuvo una concentración de nitratos igual a 1,66 mg/l.

3.1.14 Análisis de amoníaco en aguas superficiales.

El amoníaco es un compuesto transitorio en el agua, ya que es parte del ciclo del nitrógeno y se ve afectado por la actividad biológica; es un producto natural de la descomposición de los compuestos orgánicos nitrogenados. En general, la presencia de amoníaco libre o ion amonio se considera como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa (Sardiñas Peña & Pérez Cabrera, 2004).

Una fuente significativa proviene de la degradación de residuos animales, basuras y del uso de fertilizantes nitrogenados. A nivel industrial, las fuentes más comunes de contaminación tienen lugar en los procesos de fabricación y tratamiento de textiles, plásticos, explosivos, pulpa y papel, alimentos y bebidas, productos de limpieza, refrigerantes entre otros productos.

En el área de estudio se encontraron altos niveles de amoníaco en las dos campañas realizadas; en la figura 14 se representan los resultados obtenidos en laboratorio.

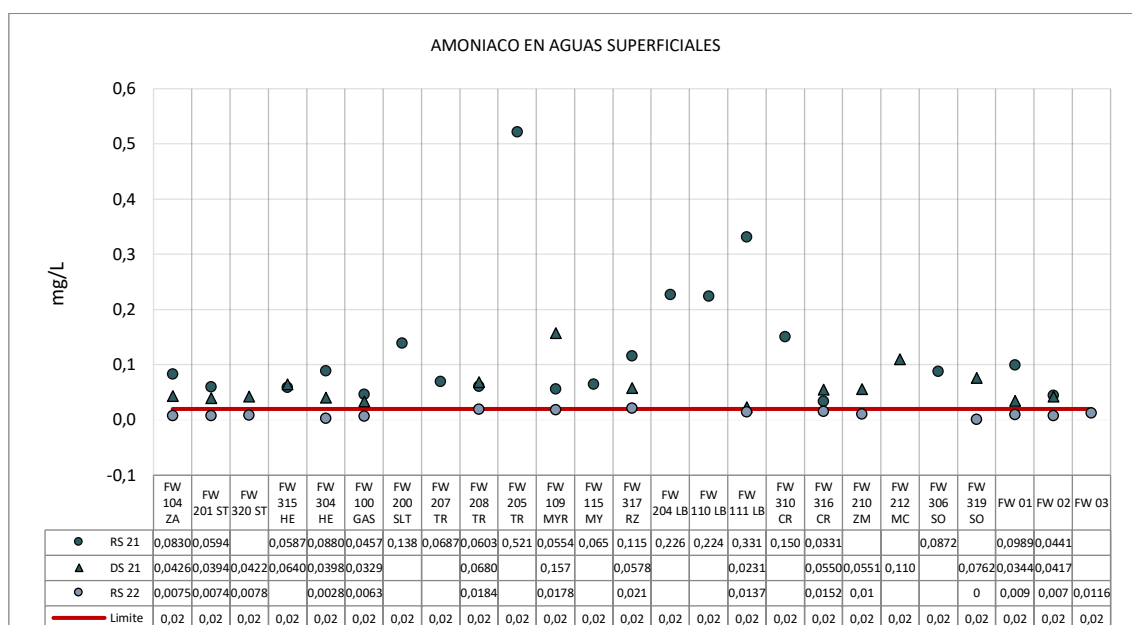


Figura 14. Niveles de amoníaco en aguas superficiales.

Para aguas de clase 2 la Resolución SEAM 222/02 establece un tenor máximo 0,02 mg/l de nitrógeno amoniacal. Todos los puntos muestreados en las dos campañas sobrepasan el valor límite de establecido; en la tabla 14 se comparan los principales estadísticos.

Tabla 14. Comparación de estadísticos descriptivos - Amoníaco

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	0,058	0,03	0,023	0,16	0,02	16	100%
Primera campaña	0,13	0,12	0,03	0,52	0,02	20	100%

En otras investigaciones realizadas en ríos cercanos se reportan los siguientes promedios de amoníaco: Río Tapiracuai 0,05 mg/l, Río Cuarepoti 0,06mg/l y Río Verde 0,025 mg/l (Facetti *et al* 2011 y 2013). Los datos citados corresponden a cursos hídricos del departamento de San Pedro, en donde las condiciones ambientales y las actividades económicas desarrolladas son similares al área de estudio.

Comparando los datos obtenidos en las dos campañas realizadas con los resultados de las investigaciones antes citadas, podemos inferir que es frecuente encontrar altos niveles de amoníaco en

las aguas superficiales del área de estudio. Las concentraciones halladas muy probablemente tienen su explicación en la intensa actividad ganadera de la zona.

3.1.15 Análisis comparativo de niveles de nitritos en aguas superficiales.

La nitrificación es la oxidación de un compuesto de amonio a nitrito, especialmente por la acción de la bacteria nitrificante llamada Nitrosomas; luego los nitritos son oxidados a nitratos, por la bacteria Nitrobacter (Lenntech, 2019).

Estos compuestos tienen gran importancia dada su gran toxicidad para gran parte de la fauna piscícola y demás especies acuáticas, y raramente sus concentraciones exceden 0,1 mg/l en aguas superficiales (Sierra Ramírez, 2011). En la figura 15 se representan los resultados arrojados en ambas campañas.

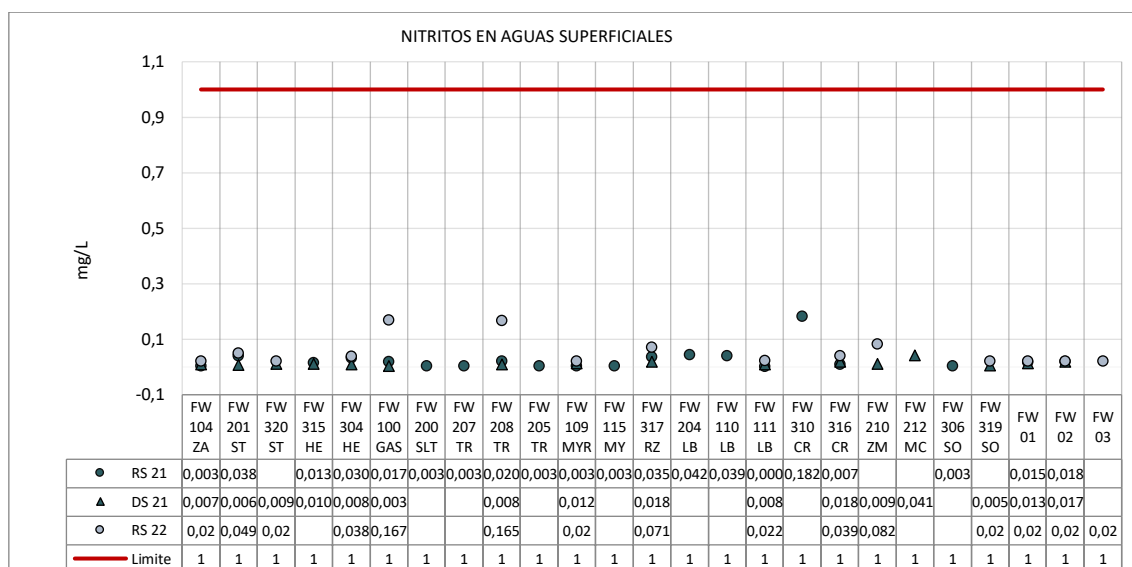


Figura 15. Comparativo de los valores de nitritos en agua superficial.

Para aguas de la clase 2 la Resolución SEAM 222/02 establece que los nitritos tendrán una concentración máxima de 1 mg/l. En ningún punto durante el periodo se excedió el máximo permisible por la normativa de referencia.

En la tabla 15 se puede apreciar que durante la primera campaña el promedio fue de 0,038 mg/l y en ocho puntos las concentraciones estuvieron en un rango no detectable (LOQ=0,003); la mayor determinación se registró en el punto FW 310-CR. En la segunda campaña el promedio fue de 0,012 mg/l y la mayor determinación se obtuvo en el punto FW 212-MC con 0,041 mg/l

Tabla 15. Comparación de estadísticos descriptivos - Nitritos

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	0,012	0,009	0,003	0,041	1	0	0
Primera campaña	0,038	0,040	0,003	0,182	1	0	0

En la investigación realizada por Facetti *et al* (2011) no se encontraron niveles detectables de nitritos en los ríos Tapiracuai y Cuarepoti. En un estudio de calidad de agua del Río Paraguay realizado en la zona de puerto pilar se hallaron promedios de 0,06mg/l a 0,07mg/l (TECNOAMBIENTAL, 2017).

3.1.16 Análisis comparativo de niveles de dureza en aguas superficiales

La dureza es un parámetro que mide la presencia de cationes alcalinotérreos mayoritarios, Ca^{2+} y Mg^{2+} y otros metales menos abundantes como Fe^{2+} y Mn^{2+} . La dureza no suele representar un problema para el consumo humano ni para la fauna acuática; si puede ser una limitante para usos industriales pues causa inconvenientes en los procesos de lavado, calderas, e intercambiadores de calor, los problemas surgen principalmente por la formación de sales insolubles (Orozco y Pérez, 2003).

Este parámetro se expresa numéricamente en forma de carbonato de calcio u óxido de calcio, principalmente en $\text{mg CaCO}_3/\text{l}$. En la figura 16 se representan las determinaciones encontradas en las dos campañas realizadas.

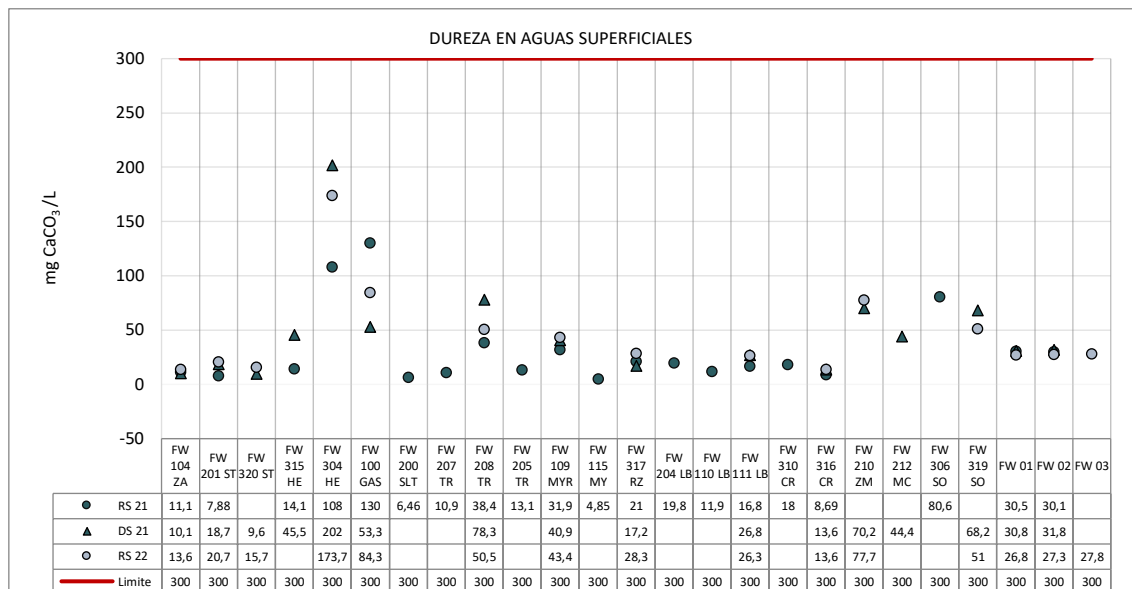


Figura 16. Niveles de dureza en aguas superficiales.

De acuerdo a la Resolución SEAM 222/02, la dureza en agua de Clase 2 puede alcanzar tenores máximos de $300 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$; ninguna determinación durante el periodo de estudio excedió el máximo establecido.

Tabla 16. Comparación de estadísticos descriptivos - Dureza

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	47,6	46,6	9,6	202	300	0	0%
Primera campaña	30,7	34,7	4,9	130	300	0	0%

Según la tabla 16, los datos obtenidos muestran un amplio rango de distribución, el valor máximo de $130 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$ obtenido en la primera campaña se registró el punto FW 100-GASL, el promedio hallado fue de $30,7 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$.

El promedio durante la segunda campaña fue ligeramente superior al de la primera, y estuvo en el orden de $47,6 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$; el valor máximo en esta campaña se registró en el punto FW 304-HE con $202 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$. Tanto en la primera como en la segunda campaña los valores máximos se registraron en puntos localizados sobre el arroyo Trementina.

En una investigación de calidad de agua del Río Verde en el departamento de San Pedro, se encontró un valor promedio de dureza total muy superior, la misma estuvo en torno a $6.077 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$. En otra

investigación en el mismo departamento se encontraron valores más parecidos a los hallados en el presente estudio, con promedios de 16,5 mg CaCO₃/L para el Río Tapiracuai y 121,8 mg CaCO₃/L para el Río Cuarepoti.

3.1.17. Análisis comparativos de la presencia de Sulfatos en aguas superficiales.

Los sulfatos están presentes en forma natural en diversos minerales y se utilizan comercialmente, sobre todo, en la industria química (DIGESA, 2010). En aguas naturales pueden encontrarse en concentraciones que van desde unos pocos a varios miles de miligramos por litros.

El límite de cuantificación del método utilizado es de 2 mg/l (LOQ= 2 mg/l). En todo los casos el sulfato estuvo por debajo del LOQ, es decir, no se detectaron sulfatos durante el periodo de estudio; en la figura 17 se representan los datos.

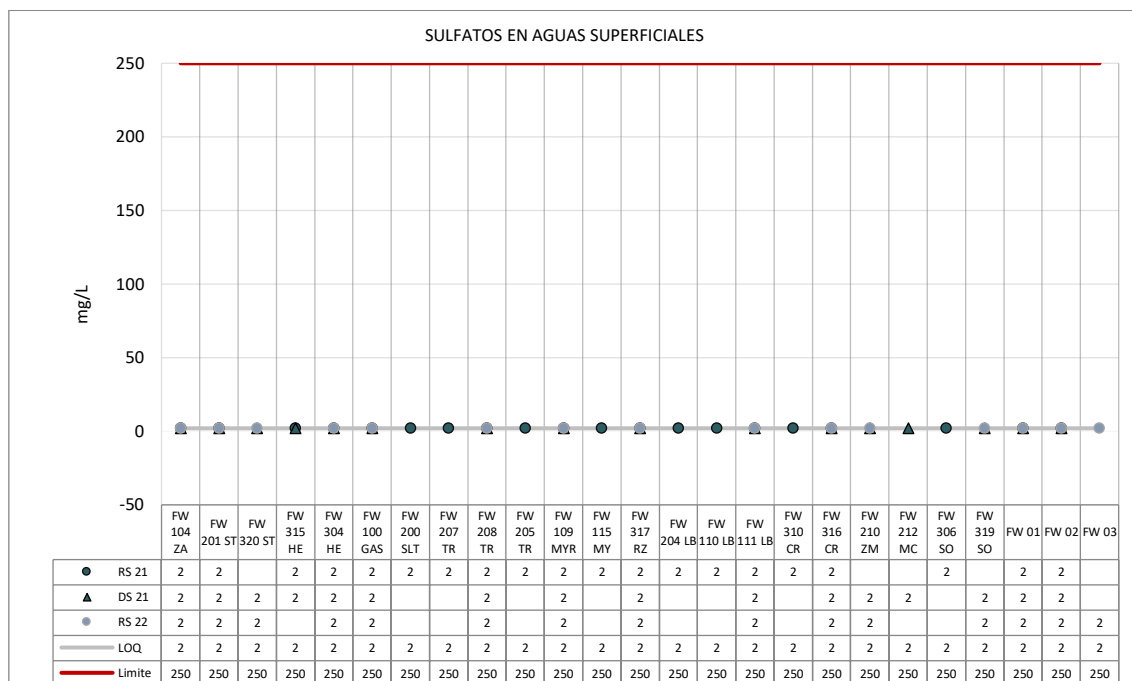


Figura 17. Presencia de sulfatos en aguas superficiales.

El método turbidimétrico SM-4500 para la determinación de sulfatos en matriz acuosa presenta un límite de cuantificación en agua (LOQ) igual a 2 mg/L. Todas las muestras analizadas se encuentran por debajo del límite de detección, por ende ningún punto sobrepasa el límite del padrón de aguas definido en 250 mg/L (tabla 17).

Tabla 17. Comparación de estadísticos descriptivos - Sulfatos

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	ND	N/A	ND	-	250	0	0%
Primera campaña	ND	N/A	ND	-	250	0	0%

ND: no detectable

Si bien en la presente investigación no se hallaron niveles detectables de sulfatos, en otros estudios realizados en aguas superficiales del departamento de San Pedro se reportan promedios en el orden de 2,1 mg/l y 11,3 mg/l (Facetti *et al*, 2016).

3.1.18 Sodio en aguas superficiales

El sodio ocupa el sexto lugar entre los elementos más abundantes en la naturaleza, y se encuentra en la mayoría de las aguas naturales: los niveles pueden variar entre menos de 1 mg de sodio por litro y más de 500 mg de sodio por litro.

De acuerdo a WHO (1996), la mayoría de los suministros de agua contienen menos de 20 mg de sodio por litro, pero en algunos países los niveles pueden superar los 250 mg/litro. Las fuentes pueden provenir de efluentes de aguas residuales y de los productos químicos para el tratamiento del agua, como fluoruro de sodio, bicarbonato de sodio e hipoclorito de sodio.

En la figura 18 se representan los valores de sodio obtenidos en las dos campañas realizadas.

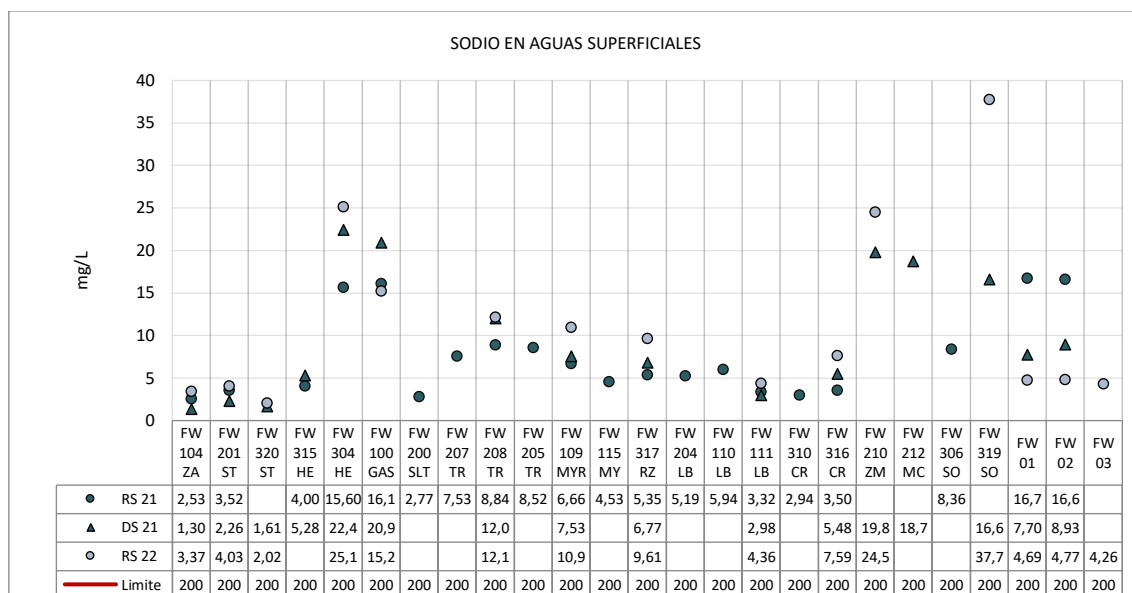


Figura 18. Comparativo de las concentraciones de sodio.

Para aguas de la Clase 2 la Resolución SEAM 222/02 establece el límite de 200 mg/l. Ninguna determinación analítica supero la concentración máxima permisible.

En la primera campaña el rango de determinaciones estuvo entre 2,5mg/l y 16,7 mg/l, mientras que el promedio fue de 7,4 mg/l. Durante la segunda campaña el promedio aumento ligeramente a 10 mg/l y el máximo valor registrado fue de 22,4 mg/l (tabla 18).

Tabla 18. Comparación de estadísticos descriptivos - Sodio

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	10	7,4	1,3	22,4	200	0	0%
Primera campaña	7,4	4,9	2,5	16,7	200	0	0%

En estudios realizados en arroyos cercanos se hallaron concentraciones promedio de 2,14 mg/l y 38,03 mg/l correspondientes a los ríos Tapiracuai y Cuarepoti respectivamente, ambos cursos hídricos del departamento de San Pedro (Facetti *et al* 2016).

Las determinaciones de sodio halladas en la presente investigación están en conformidad con el padrón nacional de aguas y relativamente se encuentran en el mismo rango que otros cursos hídricos con las mismas condiciones ambientales.

3.2.19 Análisis de aluminio en aguas superficiales

El aluminio es uno de los elementos metálicos más abundantes en la corteza terrestre, casi todas las rocas contienen aluminio en forma, por ejemplo, de aluminio silicatos (arcillas). El agua de lluvia puede disolver el aluminio del suelo y las rocas y transportarlo a lagos, arroyos y ríos; hallándose de forma natural en concentraciones de hasta 2 mg/L (OPS, 2012).

En la primera campaña el límite de cuantificación (LOQ) fue de 0,1mg/l y todas las muestras estuvieron por debajo del LOQ, es decir, concentraciones no detectables. Tras unos ajustes para aumentar la sensibilidad del método, durante la segunda campaña el LOQ fue de 0,05 mg/L; en la figura 19 se representan los valores obtenidos.

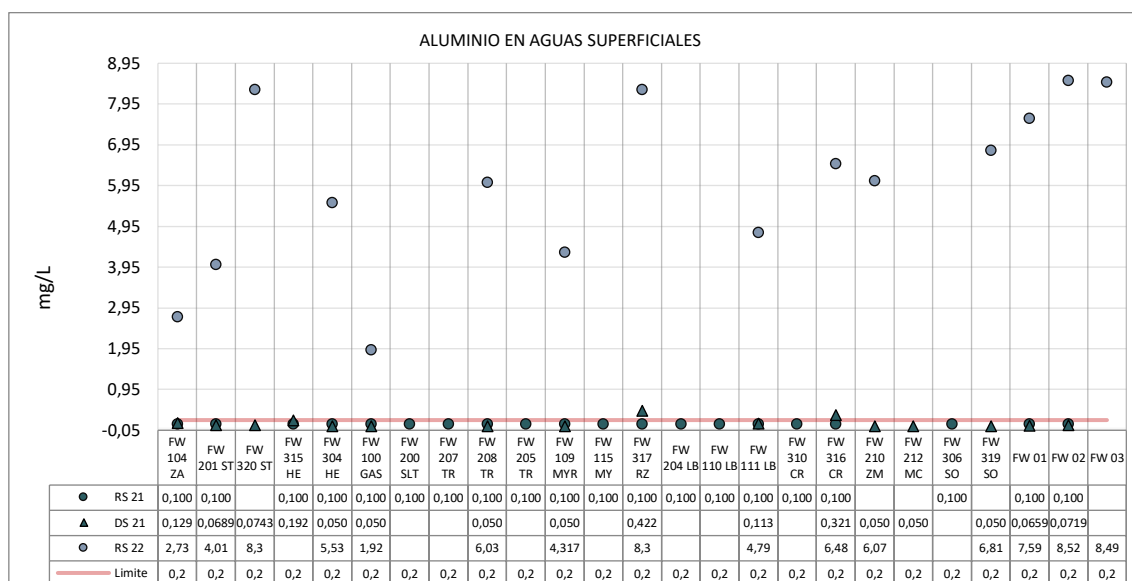


Figura 19. Aluminio en aguas superficiales

Para aguas de clase 2 la Resolución SEAM 222/02 establece que el aluminio podrá alcanzar concentraciones de hasta 0,2 mg/l. Solo dos determinaciones registradas durante la segunda campaña exceden ese límite.

En la primera campaña el aluminio estuvo en un rango no detectable (LOQ=0,1). Para la segunda campaña se aumentó la sensibilidad del método utilizado, siendo el LOQ igual a 0,05 mg/L; en siete puntos se hallaron concentraciones no detectables, el máximo valor se registró el punto FW 115-MY con 0,42 mg/l (tabla 19).

Tabla 19. Comparación de estadísticos descriptivos - Sodio

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	0,2	0,1	ND	0,42	0,2	2	13%
Primera campaña	ND	N/A	ND	-	0,2	0	0%

ND: no detectable, N/A: no aplica

Solo en 9 puntos se hallaron concentraciones medibles de aluminio, el promedio fue de 0,2 mg/l.

3.1.20 Cadmio en aguas superficiales.

El cadmio es un metal pesado no biodegradable y con potencial de bioacumulación, de acuerdo a Orozco y Pérez (2003), la presencia de cadmio en el medio ambiente se debe principalmente a la fabricación de hierro y acero, a la industria del carbón y la del aceite.

Para las determinaciones de cadmio se utilizó el método AAS-GFA (SM-3113), cuyo límite de cuantificación es de 0,008 µg/L; durante el periodo de estudio no se encontraron niveles cuantificables de cadmio en los puntos monitoreados. En la figura 20 se representan los resultados de los análisis laboratoriales.

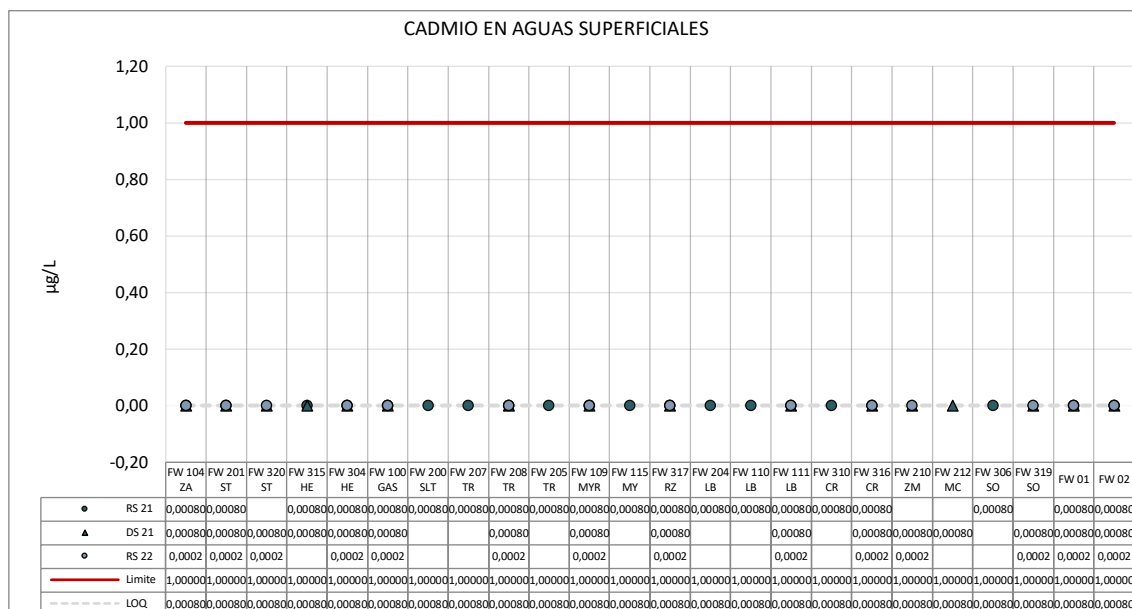


Figura 20. Cadmio en aguas superficiales

Para aguas de clase 2 la Resolución SEAM 222/02 limita la concentración de cadmio en 1 µg/L. Todos los resultados obtenidos durante las dos campañas realizadas se encuentran en conformidad con la normativa (tabla 20).

Tabla 20. Comparación de estadísticos descriptivos - Cadmio

	Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			N°	(%)
Segunda campaña	ND	N/A	ND	-	>0,008	1 µg/L	0	0%
Primera campaña	ND	N/A	ND	-	>0,008	µg/L	0	0%

ND: no detectable, N/A: no aplica

No se encontraron investigaciones cercanas al área de estudio para comparar los resultados obtenidos, la referencia más próxima es la evaluación de calidad de agua en la cuenca del Pilcomayo en donde se encontró una media de cadmio de 3,99 µg/L.

3.1.21. Cromo hexavalente en aguas superficiales

El cromo es un elemento natural ubicuo, que se encuentra en las rocas, plantas, suelos, animales y en los humus y gases volcánicos. Puede funcionar con distintas valencias y en el ambiente se encuentra en varias formas; las más comunes son las derivadas del cromo trivalente o cromo III y las de cromo hexavalente o cromo VI.

El cromo hexavalente se encuentra muy frecuentemente en naturaleza como $\text{Cr}_2\text{O}_4\text{Fe}$, constituyendo la peridotita y la serpentina, de las que se deriva. En la figura 21 se representan los resultados arrojados en las dos campañas realizadas.

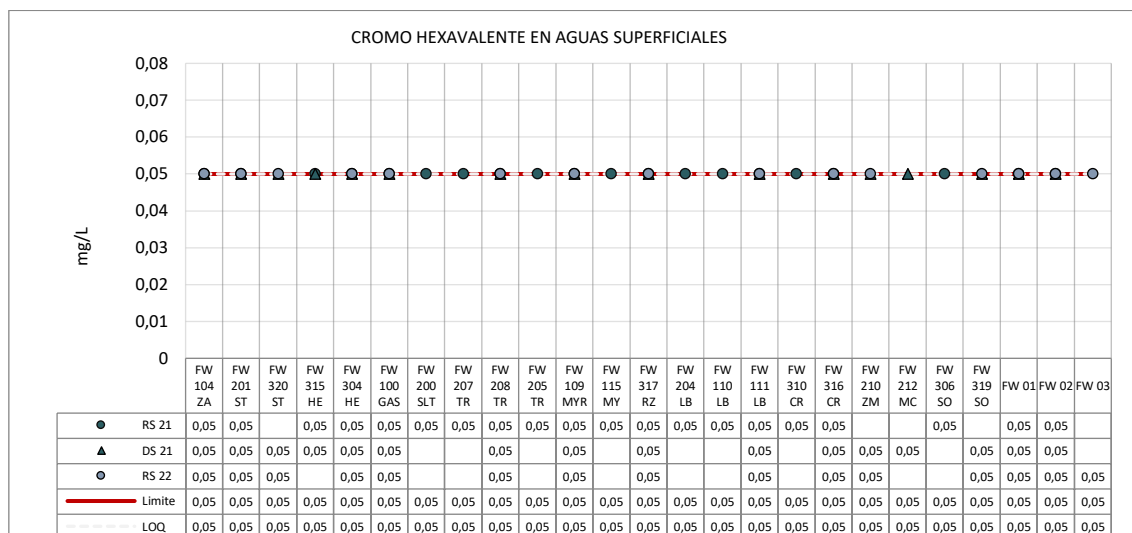


Figura 21. Cromo Hexavalente en aguas superficiales.

Para aguas de clase 2 la Resolución SEAM 222/02 establece un límite de 0,05 mg/L. Todos los resultados obtenidos se encuentran en conformidad con la normativa. El límite del padrón nacional de aguas es igual al LOQ del método utilizado.

Para las determinaciones de cromo hexavalente se utilizó el método colorimétrico (SM-3500-Cr B), cuyo límite de cuantificación en matriz acuosa es 0,05 mg/L. En el 100% de los puntos monitoreados el cromo hexavalente estuvo por debajo del límite de cuantificación, es decir, las muestras se encuentran en un rango no detectable (tabla 21).

Tabla 21. Comparación de estadísticos descriptivos – Cromo hexavalente

	Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			N°	(%)
Segunda campaña	ND	N/A	ND	-	>0,05	0,05	0	0%
Primera campaña	ND	N/A	ND	-	>0,05	0,05	0	0%

ND: no detectable, N/A: no aplica

3.1.22 Cromo trivalente en agua superficial.

De acuerdo a Cervantes *et al* (2001) el cromo trivalente se encuentra en suelos y ambientes acuáticos unido a la materia orgánica en la forma de óxidos, hidróxidos o sulfato, presenta menor toxicidad y movilidad que el cromo hexavalente.

En la figura 22 se representan los valores obtenidos en las dos campañas. En ningún punto de monitoreo se encontró concentración cuantificable de Cr III.

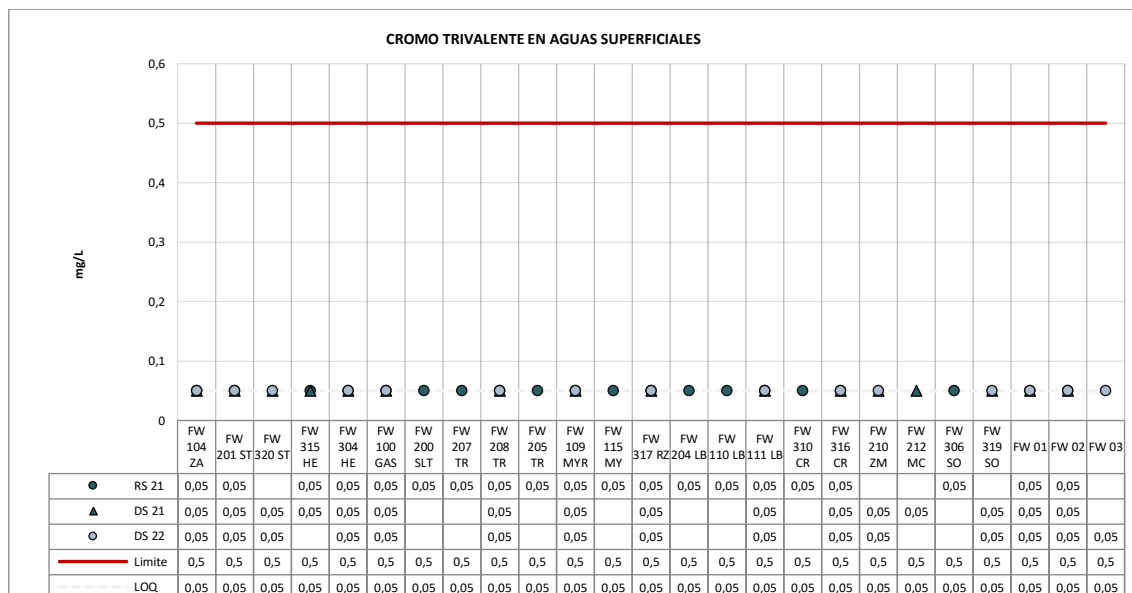


Figura 22. Cromo trivalente en aguas superficiales.

Para aguas de clase 2 la Resolución SEAM 222/02 permite concentraciones de cromo trivalente de hasta 0,5 mg/l. Todos los resultados arrojados durante el período de estudio se encuentran en conformidad con la normativa (tabla 22).

En el caso del cromo trivalente se utilizó el Método de cálculo (Cromo Total – Cromo hexavalente), cuyo límite de cuantificación es 0,05. No hay indicios de la existencia de Cromo (II) en las aguas superficiales monitoreadas en el presente estudio.

Tabla 22. Comparación de estadísticos descriptivos – Cromo trivalente

	Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			N°	(%)
Segunda campaña	ND	N/A	ND	-	>0,05	0,5	0	0%
Primera campaña	ND	N/A	ND	-	>0,05	0,5	0	0%

ND: no detectable, N/A: no aplica

3.1.23 Análisis de la presencia de Cobre en agua superficial.

El cobre puede existir en aguas naturales ya sea en su forma disuelta como el Ion cúprico (+2) o complejoado con aniones inorgánicos o ligandos orgánicos (carbonatos, cloruros, ácidos húmico y fulvico). También puede estar presente como precipitado insoluble (hidróxido, fosfato o sulfito) o absorbido en material particulado. Según Orozco y Pérez (2003) una fuente exógena de cobre puede proceder de la utilización de piensos en la industria ganadera.

El método utilizado para las determinaciones de cobre fue: AAS-Llama Aire-Acetileno (SM-3111-B)/GFA (SM-3113); el mencionado método tiene un límite de cuantificación de 0,05 mg/L. En todos los puntos analizados el cobre estuvo por debajo de límite de cuantificación. En la figura 23 se representan los datos obtenidos.

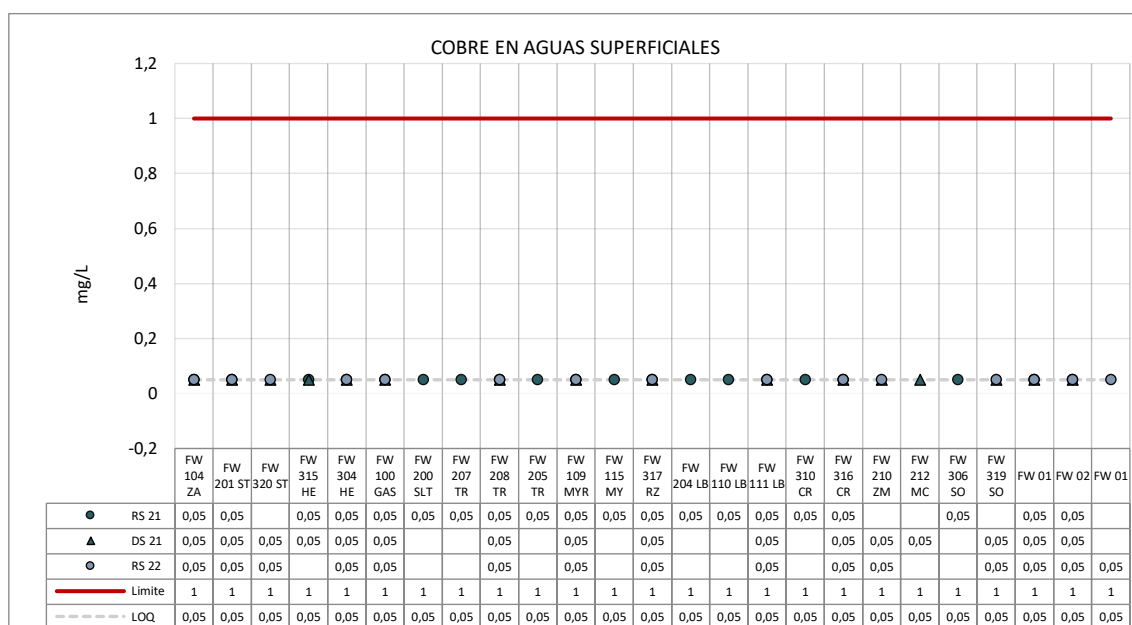


Figura 23. Concentraciones de cobre en agua superficial.

Para aguas de la clase la Resolución SEAM 222/02 limita la concentración de cobre a un máximo de 1 mg/l. Ninguna determinación realizada excedió el límite definido por la normativa; de hecho, en ningún punto se encontró niveles detectables del parámetro evaluado (tabla 23).

Tabla 23. Comparación de estadísticos -Cobre

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	ND	N/A	ND <0,05	-	1	0	0%
Primera campaña	ND	N/A	ND <0,05	-	1	0	0%

ND: no detectable, N/A: no aplica

No se encontraron investigaciones realizadas en cursos hídricos cercanos que permitan hacer una discusión relevante con los datos obtenidos en el presente estudio. A modo de referencia se menciona una caracterización de la calidad de agua realizada en la cuenca del Río Pilcomayo; en dicha evaluación se examinaron 483 puntos monitoreó encontrándose valores no detectables en 66 puntos, la media calculada de acuerdo a los puntos con concentraciones medibles fue de 0,001 mg/l (Jakomin *et al*, 2017)

3.1.24 Análisis comparativo de las concentraciones de Estaño en agua superficial.

El estaño en su forma elemental o inorgánica no representa gran importancia toxicológica para el consumo humano o para la vida acuática. La forma tóxica es la forma orgánica que es persistente y de muy difícil biodegradación, lo que favorece su acumulación.

En la primera campaña el LOQ fue de 1 mg/l; para la segunda campaña, tras unos ajustes en el método que permitieron aumentar su sensibilidad, el LOQ fue de 0,05 mg/l. En la figura 24 se representan los resultados de los ensayos de laboratorio.

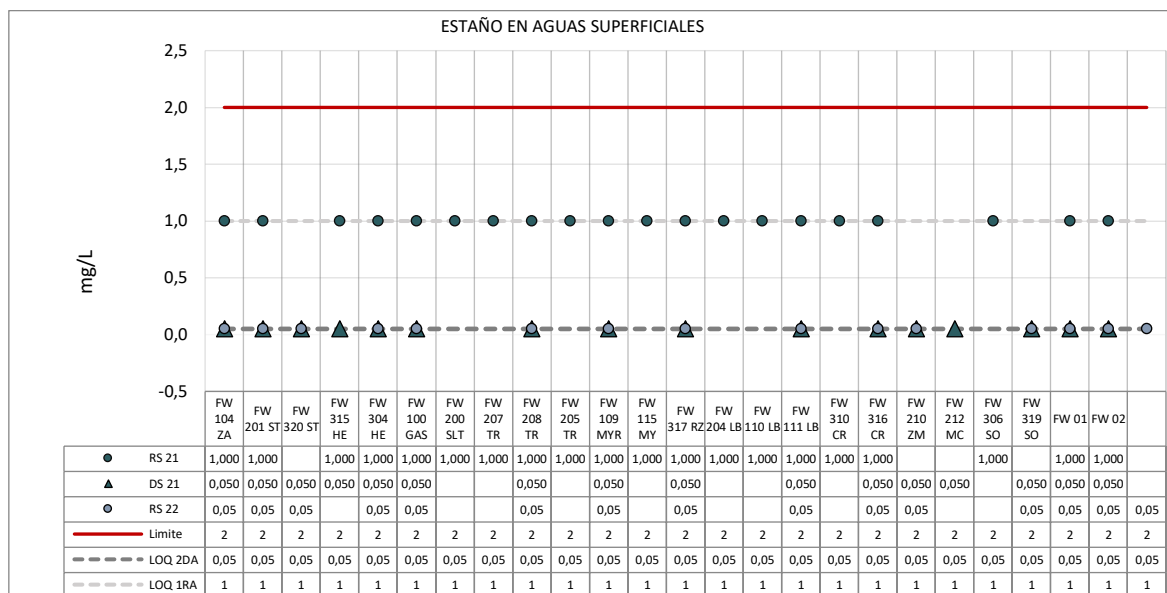


Figura 24. Concentraciones de estaño en aguas superficiales

Para aguas de clase 2 el límite establecido por la Resolución SEAM 222/02 es de 2 mg/l. Ninguna determinación realizada durante el periodo de estudio arrojó valores superiores a los máximos permisibles según la normativa de referencia (tabla 24).

Tabla 24. Comparación de estadísticos – Estaño

	Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			N°	(%)
Segunda campaña	ND	N/A	ND	N/A	0,05	2	0	0%
Primera campaña	ND	N/A	ND	N/A	0,1	2	0	0%

ND: no detectable, N/A: no aplica

Analizando los datos recabados se infiere que no existen indicios de la presencia de estaño en los cursos hídricos evaluados.

3.1.25 Análisis de Níquel en aguas superficiales.

El níquel se encuentra en todos los suelos variando su concentración entre 1 mg/kg, en areniscas, y 2000 mg/kg, en rocas ígneas. La ocurrencia de níquel en los ecosistemas acuáticos resulta de la meteorización de rocas y suelos o de aportes de origen antrópico.

El LOQ del ensayo realizado es 0,025 mg/l; solo dos puntos analizados durante la primera campaña alcanzaron concentraciones cuantificables, las demás estuvieron en un rango no detectable. En la figura 25 se representan los resultados obtenidos.

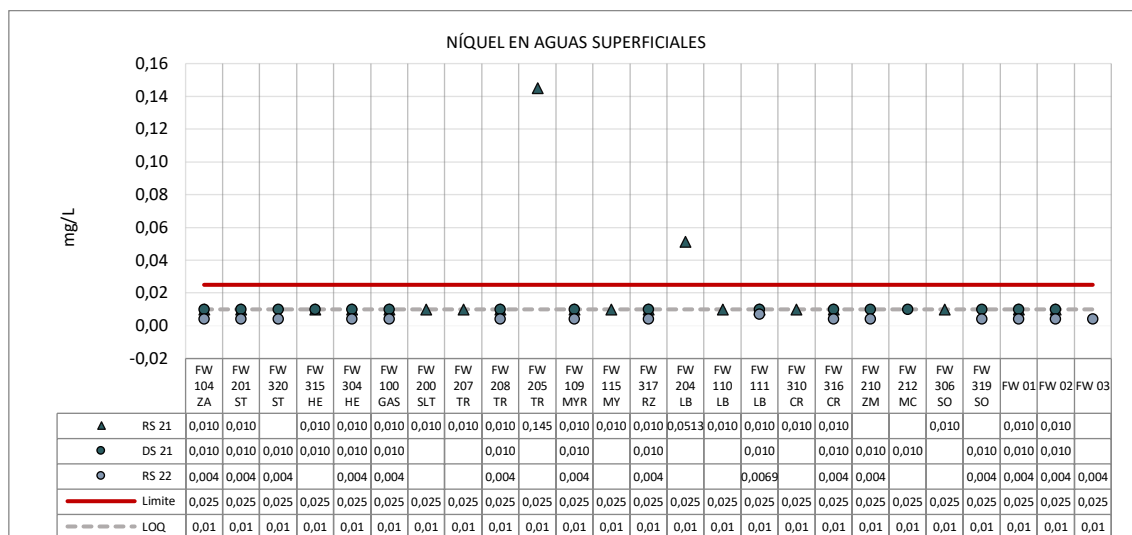


Figura 25. Concentraciones de níquel en aguas superficiales

Para aguas de la clase 2 la Resolución 222/02 limita la concentración de Níquel en 0,025 mg/l. Del total de análisis realizados durante el periodo de estudio, 34 de las 36 determinaciones realizadas estuvieron por debajo del LOQ, es decir, en un rango no detectable.

Las únicas dos determinaciones cuantificables excedieron el límite establecido, con tenores de 0,145 mg/l y 0,051 mg/l registrados en los puntos FW 205-TR y FW 204-LB. En tabla 25 se presenta una comparación entre los principales estadísticos.

Tabla 25. Comparación de estadísticos - Níquel

	Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			N°	(%)
Segunda campaña	ND	N/A	ND	-	>0,01	0,025	0	0%
Primera campaña	0,10	0,03	ND	0,145	>0,01	0,025	2	10%

En una evaluación de la calidad de agua en la cuenca del Río de Pilcomayo se concluyó que el níquel es uno de los principales contaminantes (Jakomin *et al*, 2017); sin embargo la Cuenca el Pilcomayo presenta características ambientales distintas al área de estudio y se menciona dicha investigación solo a modo de referencia.

En la presente investigación la mayoría de los puntos examinados se encuentran en conformidad con el padrón nacional de aguas.

3.1.26 Manganeseo en agua superficial

El manganeso es un metal abundante en la corteza terrestre, entre sus combinaciones naturales destacan los óxidos, silicatos y carbonatos presentes en los minerales: pirolusita o manganesa, rodocrosita o diallogita. La presencia de manganeso en el agua y en el suelo puede tener su origen en depósitos naturales, deposición desde el aire o a través de la disposición de residuos.

El LOQ del método utilizado es 0,05 mg/l; durante la primera campaña 11 puntos presentaron niveles no detectables del parámetro evaluado, mientras que en la segunda campaña se registraron 5 puntos con concentraciones no cuantificables. En la figura 26 se representan todos los resultados obtenidos.

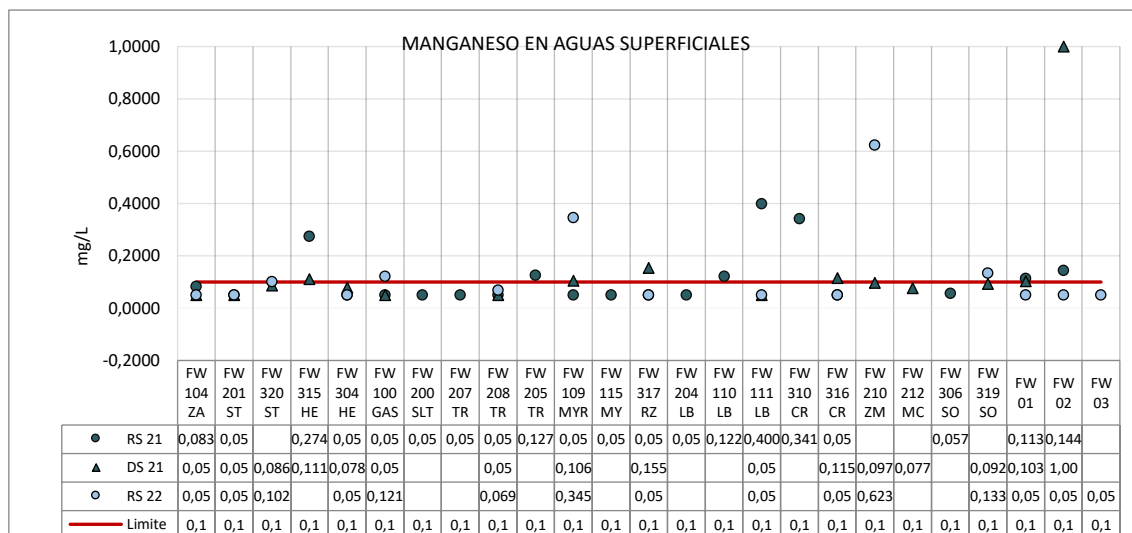


Figura 26. Concentraciones de Manganeseo en aguas superficiales.

Para aguas de clase 2 la Resolución SEAM 222/02 establece el límite de 0,1 mg/l. El 35% de las muestras analizadas en la primera campaña y el 38% en la segunda, sobrepasan el máximo permisible según la normativa de referencia.

Tabla 26. Comparación de estadísticos - Manganeseo

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	0,18	0,2	ND	1,0	0,1	6	38%
Primera campaña	0,18	0,1	ND	0,4	0,1	7	35%

La tabla 26 demuestra que el manganeso presentó un promedio de 0,18 mg/l en ambas campañas; una investigación realizada por Cañete (2019) determinó una concentración promedio de 0,13 mg/l para aguas del Río Paraguay en la zona denominada Viñas Cue de Asunción.

3.2.27 Análisis de plomo.

Las fuentes naturales de plomo son la erosión del suelo, el desgaste de los depósitos de los minerales de plomo y las emanaciones volcánicas. En cuanto a las fuentes antropogénicas las principales son la minería, la gasolina y las pinturas (Orozco y Pérez, 2003).

El método de laboratorio utilizado para el análisis de plomo fue el AAS-GFA (SM-3113), cuyo límite de cuantificación es 0,002 mg/L; en la primera campaña 9 determinaciones estuvieron en el rango de no detectables, mientras que la segunda campaña se registraron 15 puntos de monitoreo con concentraciones inferiores al LOQ. Los resultados obtenidos durante el periodo de estudio se representan en la figura 27.

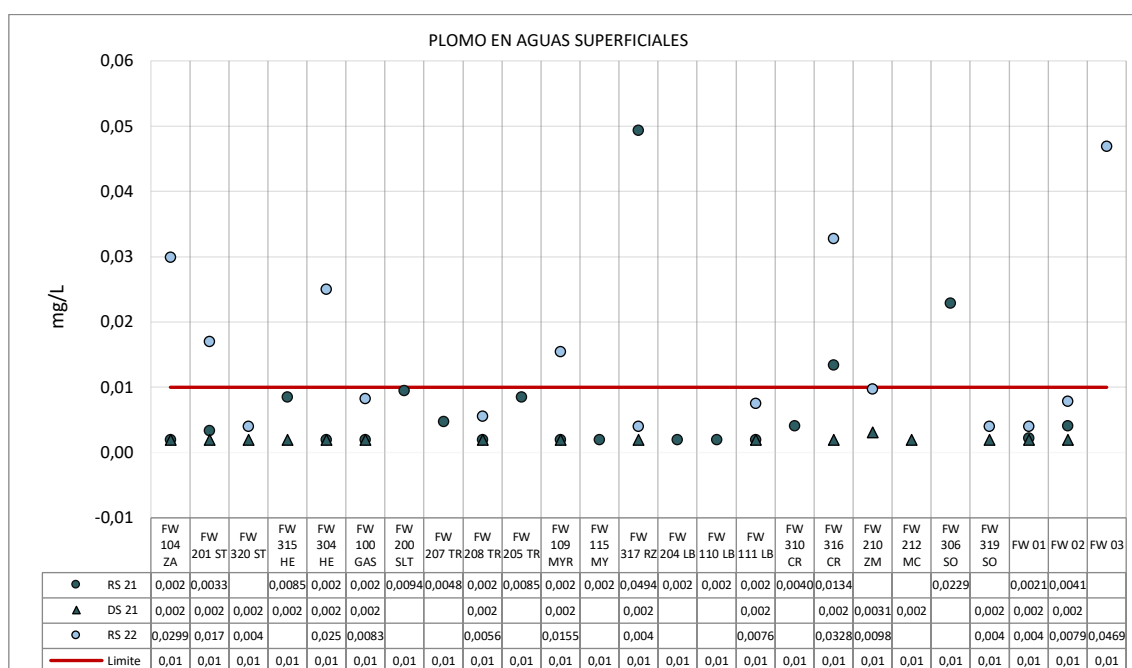


Figura 27. Concentraciones de plomo en aguas superficiales.

Para aguas de la clase 2 la Resolución SEAM 222/02 establece que el tenor máximo de plomo podrá ser de 0,01 mg/l. Solo tres puntos examinados durante la primera campaña sobrepasan el límite definido en la normativa.

Tabla 27. Comparación de estadísticos - Plomo

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	0,003	0,000	ND	0,003	0,010	0	0%
Primera campaña	0,012	0,011	ND	0,049	0,010	3	15%

La mayoría de los puntos de monitoreo analizados se encuentran en conformidad con el padrón nacional de aguas y 24 de las 36 determinaciones realizadas durante el periodo de estudio los niveles de plomo se encuentran en un rango no detectable (tabla 27).

3.2.28 Analisis de la presencia Selenio en aguas superficiales.

El selenio es un metaloide que se encuentra de forma natural en algunos minerales del suelo, es un elemento tóxico para plantas a concentraciones tan bajas como 0.025 mg/l; también lo es para el ganado alimentado con pastos cultivados en suelos con niveles relativamente altos de Se.

Durante la primera campaña el LOQ fue igual 5 µg/L, todos los puntos examinados estuvieron en el rango de no detectables; tras un ajuste en el método analítico utilizado, para la segunda campaña se logró realizar ensayos con mayor grado de sensibilidad (LOQ=1 µg/L) e igualmente todas las determinaciones estuvieron por debajo del límite de cuantificación. En la figura 28 se presentan los resultados obtenidos.

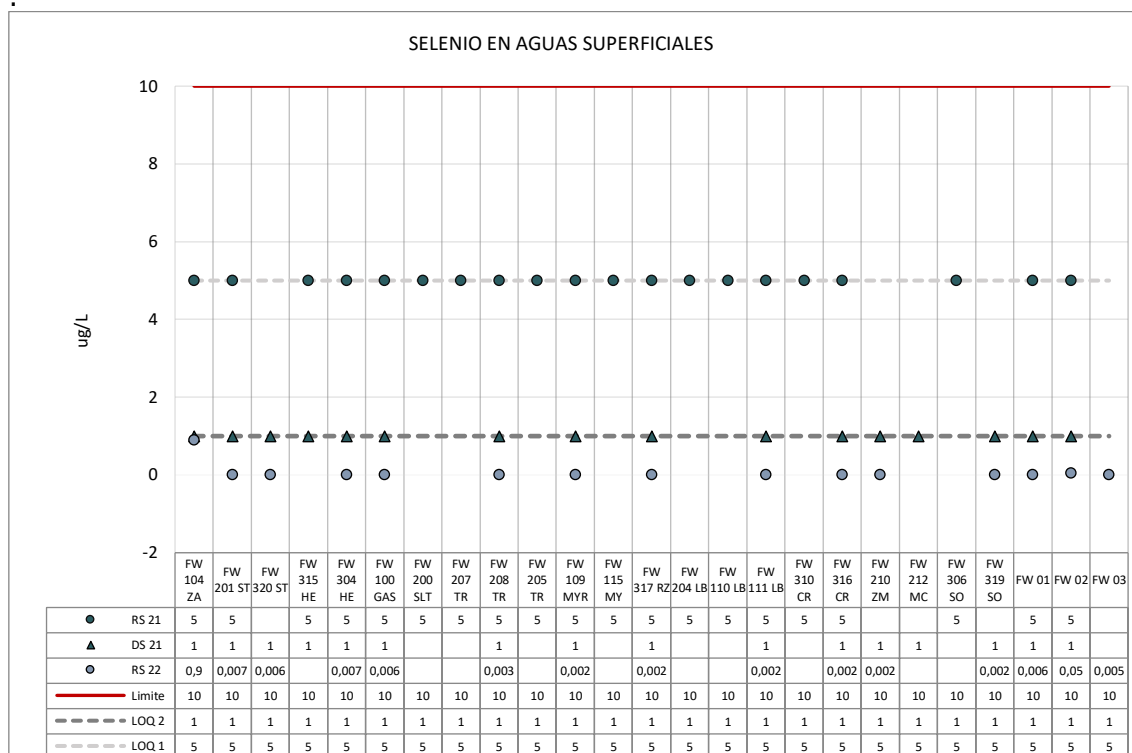


Figura 28. Determinaciones de selenio en aguas superficiales

Para aguas de la clase 2 la Resolución SEAM 222/02 establece el límite de 10 µg/L. Ninguna determinación analítica supero el máximo permisible (tabla 28).

Tabla 28. Comparación de estadísticos - Selenio

	Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			N°	(%)
Segunda campaña	ND	-	ND	-	1	10	0	0%
Primera campaña	ND	-	ND	-	5	10	0	0%

ND: no detectable

3.2.29 Zinc en aguas superficiales

El zinc se considera un oligoelemento esencial para las plantas, sin embargo en altas concentraciones puede ser considerado como fitotóxico, afectando directamente la producción de cultivos y fertilidad del suelo. Las concentración normal en los suelos oscila entre 70-400 mg/Kg.

El límite de cuantificación del método utilizado es 0,05 mg/l; durante la primera y la segunda campaña el 75 % de las determinaciones estuvieron en el rango de no detectables. En la figura 29 se representan los resultados obtenidos.

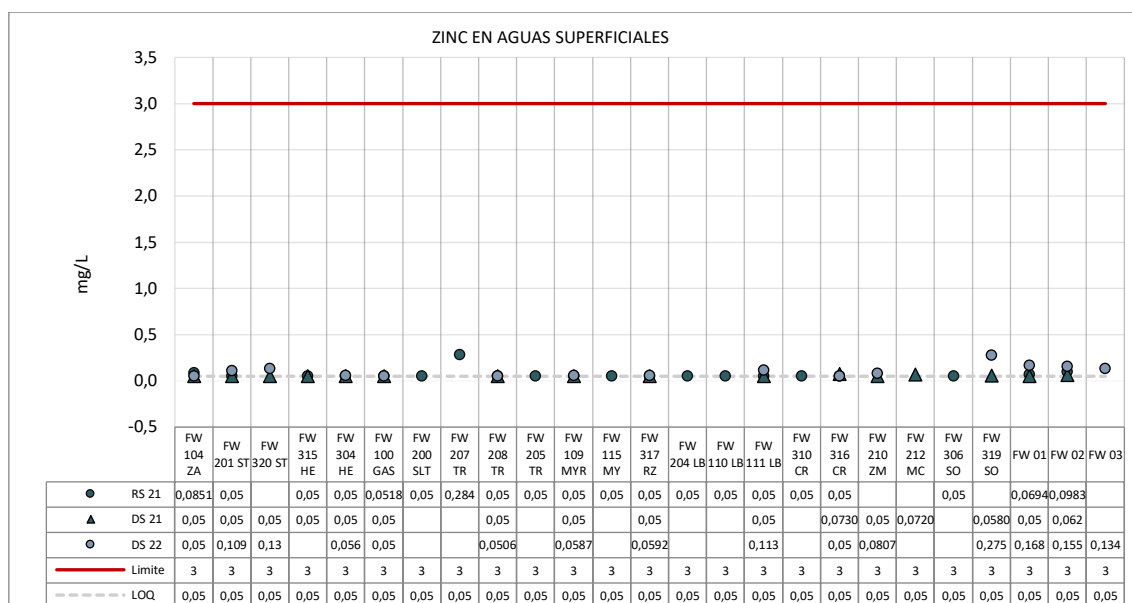


Figura 29. Concentraciones de Zinc en aguas superficiales

Para aguas de la clase 2 la Resolución SEAM 222/02 establece un límite de 3 mg/l. Ninguna muestra examinada sobrepasó el máximo permisible.

Tabla 29. Comparación de estadísticos - Selenio

	Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			N°	(%)
Segunda campaña	0,07	0,01	ND	0,07	0,05	10	0	0%
Primera campaña	0,1	0,1	ND	0,28	0,05	10	0	0%

ND: no detectable

3.2.30 Arsénico en aguas superficiales

Todos los compuestos solubles de Arsénico son venenosos; este elemento ha sido muy utilizado en pesticidas; arsenitos como herbicidas y arseniatos como insecticidas. El más peligroso para el hombre es el As inorgánico en la forma As^{+3} (Orozco y Pérez 2003).

El límite de cuantificación del método utilizado es 0,01 mg/l; en la figura 30 se representan resultados obtenidos durante las dos campañas realizadas.

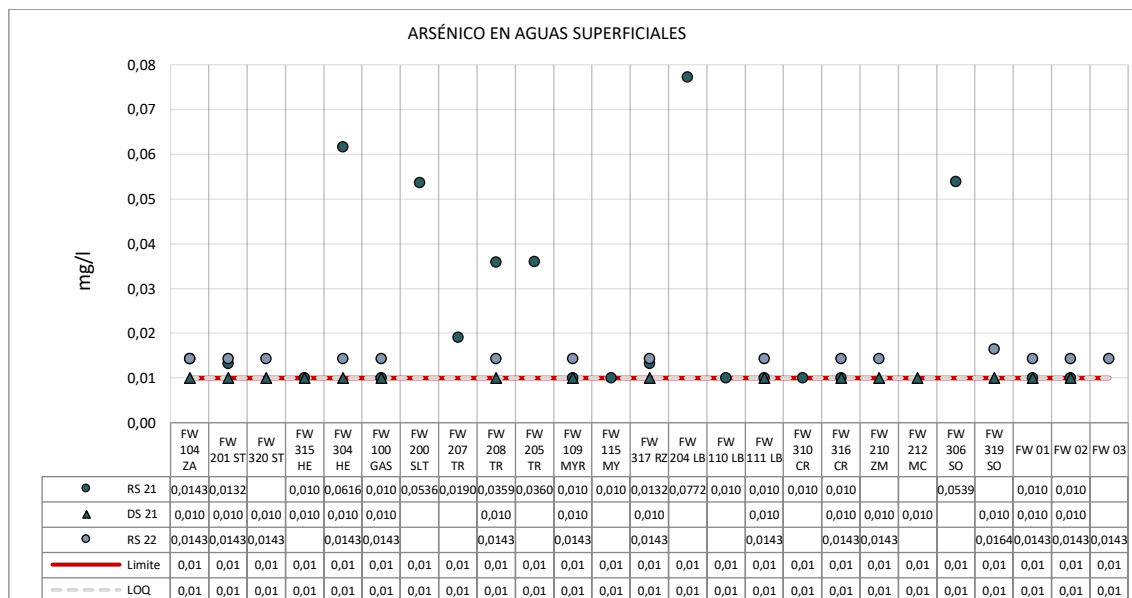


Figura 30. Determinaciones de Arsénico en aguas superficiales.

Para aguas de la clase 2 la Resolución SEAM 222/02 establece una concentración máxima de 0,01 mg/l. El LOQ del ensayo es igual al límite establecido por la normativa de referencia.

En la tabla 30 indica que durante la primera campaña 10 resultados, esto es el 50% de los puntos monitoreados, estuvieron en el rango de concentraciones no detectables; mientras que los restantes 10 puntos, en donde los tenores de arsénico alcanzaron proporciones cuantificables, sobrepasaron el límite permisible según el padrón nacional de aguas.

Durante la segunda campaña todos los puntos estuvieron por debajo del LOQ, es decir, no se hallaron niveles detectables de arsénico durante la temporada lluviosa.

Tabla 30. Comparación de estadísticos - Arsénico

	Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			N°	(%)
Segunda campaña	ND	-	ND	-	0,01	0,01	0	0%
Primera campaña	0,038	0,021	0,010	0,077	0,01	0,01	10	50%

ND: no detectable

3.2.31. Análisis del hierro soluble en aguas superficiales

De acuerdo a Orozco y Pérez (2003) el hierro es el metal más abundante en las aguas superficiales y sus efectos perjudiciales son relativamente reducidos. Su origen principal es natural por erosión y lixiviación de rocas y suelos; en cuanto a las fuentes antropogénicas, las industrias más aportantes son las siderometalúrgicas y las curtiembres.

En figura 31 se representan las concentraciones medidas durante las dos campañas realizadas.

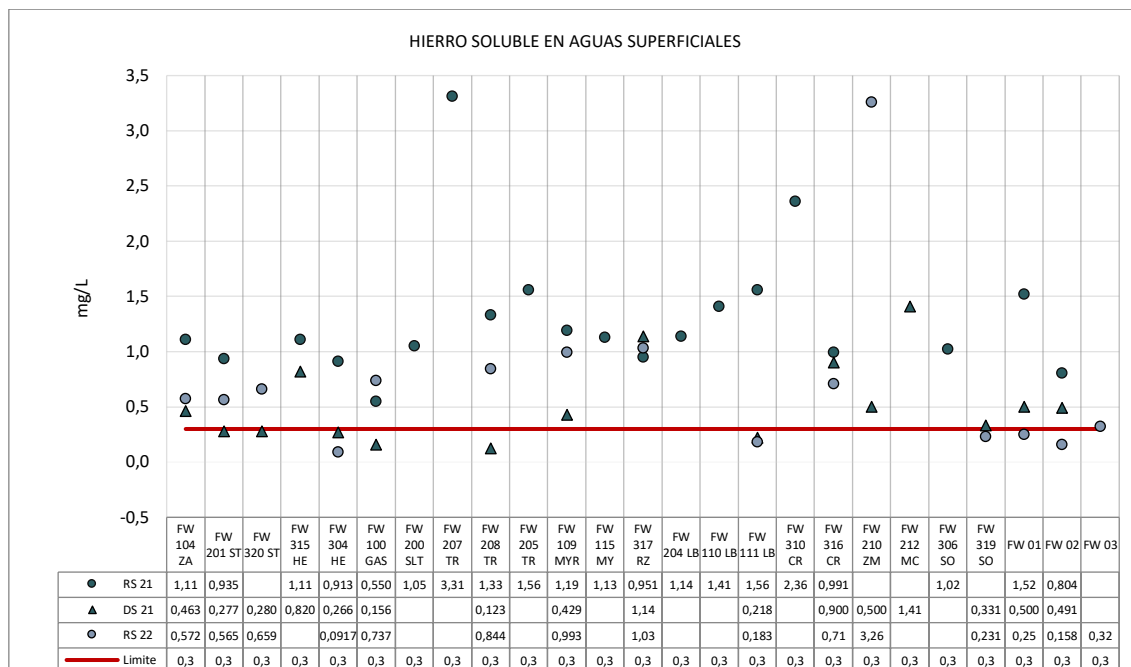


Figura 31. Comparativo de los niveles de hierro soluble en agua superficiales.

Para aguas de la clase 2 la Resolución SEAM 222/02 establece un límite de 0,3 mg/L. Del total de muestras analizadas durante el periodo de estudio, un 83% arroja valores por encima del límite establecido en el padrón nacional de aguas.

La tabla 31 indica que durante la primera campaña el 100% de las muestras examinadas sobrepasan el límite de la normativa, también se verifica una mayor concentración promedio en comparación con la segunda campaña. Esto puede deberse a que la primera campaña es representativa de la temporada lluviosa y de mayores temperaturas, como se ha mencionado anteriormente el hierro en aguas superficiales procede principalmente de la lixiviación de suelos y rocas; también es sabido que la solubilidad de las sustancias aumenta con la temperatura.

Tabla 31. Comparación de estadísticos – Hierro soluble

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		Nº	(%)
Segunda campaña	0,5	0,4	0,1	1,4	0,3	10	63%
Primera campaña	1,3	0,6	0,55	3,31	0,3	20	100%

Si bien durante la segunda campaña se registra una menor concentración promedio, igualmente el 63% de las muestras examinadas exceden el máximo permisible. En general los altos valores de Fe^{++} en agua puede deberse a la abundancia natural de minerales con hierro.

3.2.32 Mercurio total en aguas superficiales.

Las principales fuentes antropogénicas del mercurio proceden de la fabricación de cemento, industria de papel, plantas de generación de cloro y soda; este metal pesado está presente también en colorantes y aditivos para plásticos y en la formulación de algunos agroquímicos (Tellez, 2016).

Su toxicidad depende del estado en que se encuentre: los compuestos inorgánicos de Mercurio son menos peligrosos (ya que se excretan rápidamente por la orina) que los compuestos orgánicos de mercurio, los cuales presentan una mínima eliminación urinaria y gran capacidad bio-acumulación y bio-magnificación (Orozco y Pérez, 2016).

El parámetro determinado según análisis de laboratorio incluye la fracción orgánica e inorgánica del mercurio presente en la matriz acuosa; el límite de cuantificación del ensayo es igual a 0,001 mg/l. En la figura 32 se representan los resultados obtenidos en las dos campañas.

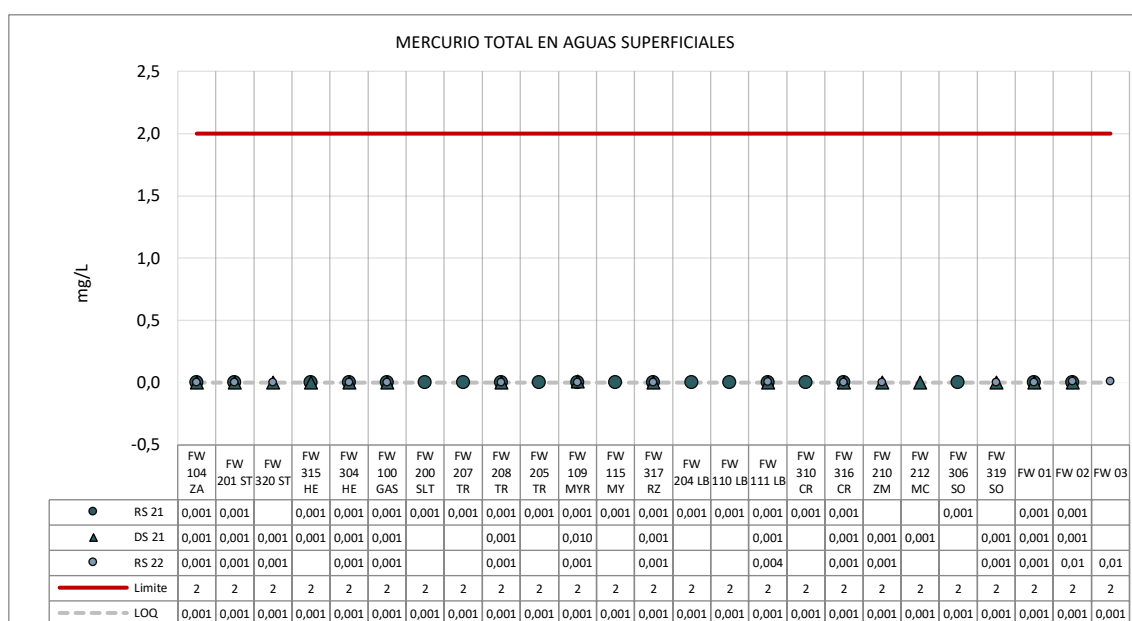


Figura 32. Determinación de Mercurio total en agua superficiales.

Según Resolución SEAM 222/02 las aguas de clases 2 tendran una concentración de mercurio de hasta 2 mg/l. Ninguna determinación realizada durante el periodo de estudio sobrepaso el límite establecido (tabla 32).

Todos los puntos examinados se encuentran por debajo del limite de cuantificacion, es decir, en los puntos monitoreados y analizados durante las dos campañas realizadas no se hallaron niveles detectables de este metal.

Tabla 32. Comparación de estadísticos – Mercurio total

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	ND	-	ND	-	2	0	0%
Primera campaña	ND	-	ND	-	2	0	0%

3.2.33 Análisis comparativo de las concentraciones de Bario en aguas superficiales.

EL Bario está presente como un elemento traza en rocas ígneas y sedimentarias, su sal más común es el sulfato de bario (barita) y la menos común el carbonato de bario; la solubilidad de los compuestos de bario se incrementa cuando los niveles de pH descienden. Las concentraciones de iones de bario en los ambientes son limitadas por la presencia natural de aniones y por la absorción de estos iones en hidróxidos y óxidos de metales (Procuenca San Juan, 2004).

El límite de cuantificación del método utilizado es 0,05 mg/l; del total de muestras analizadas 8 se encontraban en el rango de no detectables. Los resultados arrojados durante el periodo de estudio se representan en la figura 33.

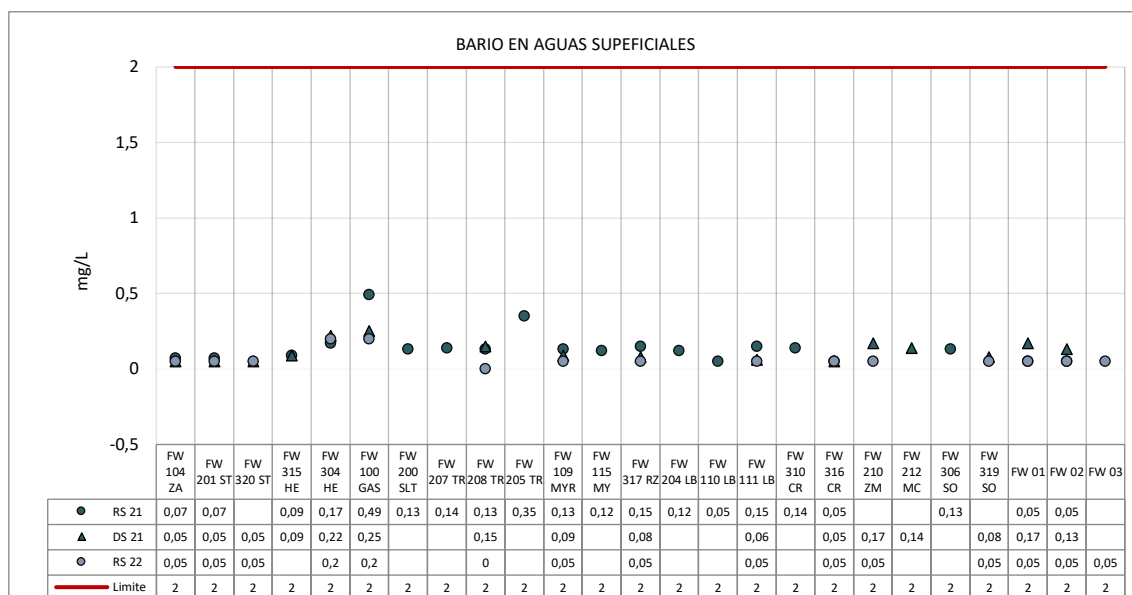


Figura 33. Concentraciones de bario en aguas superficiales.

La Resolución SEAM 222/02 establece que en aguas de la clases 2 los niveles de Bario no podrán ser superiores a 2 mg/l. Ninguna determinación sobrepasó el límite establecido.

En ambas campañas el mayor valor de Bario se midió en el punto FW 100-GASL, correspondiente al arroyo trementina. También en ambas campañas se registraron 4 puntos por debajo del LOQ, esto es, niveles no detectables del parámetro evaluado (tabla 33).

Tabla 33. Comparación de estadísticos - Bario

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	0,136	0,064	ND	0,250	2	0	0%
Primera campaña	0,161	0,106	ND	0,490	2	0	0%

3.2.34 Análisis comparativo de los niveles de cianuros en aguas superficiales.

Los cianuros son sustancias muy tóxicas, especialmente a pH bajo, algunos compuestos cianurados se forman por reacción con determinados metales pesados y pueden ser incluso sustancias más tóxicas que los contaminantes de partida (Orozco y Pérez, 2003).

Las aguas naturales no deberían contener cianuros, aunque es normal encontrar concentraciones de hasta 0,1 mg/l; valores superiores sugieren contaminación por efluentes industriales, principalmente procedentes de la industria minera, metalúrgica y química.

Las determinaciones para cianuros fueron realizadas con el método SM 4500 CN E, dicho método tiene un límite de cuantificación (LOQ) igual a 0,02 mg/l; todas las muestras presentaron concentraciones no cuantificables de Cianuro (Figura 34).

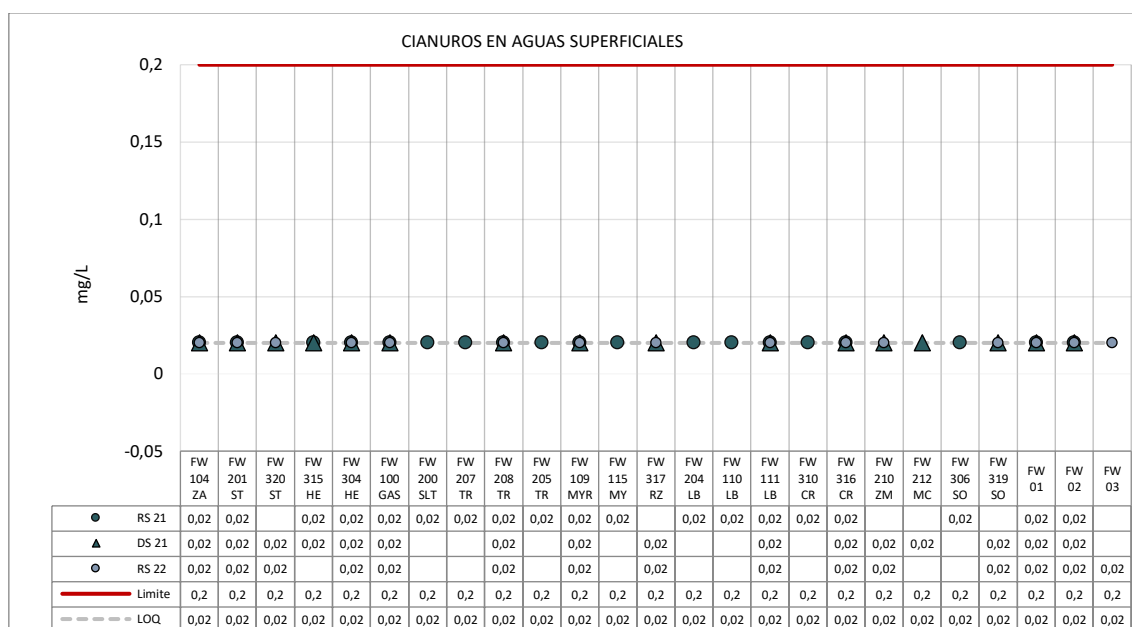


Figura 34. Presencia de cianuros en aguas superficiales.

Para aguas de la clase 2 la Resolución SEAM 222/02 establece que las concentraciones de cianuros no podrán ser superiores a 0,2 mg/l. Todas las muestras examinadas se encuentran en conformidad a la norma de referencia.

En conjunto durante las dos campañas se analizaron un total de 36 muestras, todas ellas estuvieron por debajo del LOQ, esto significa que no se encontraron niveles detectables de cianuros durante el periodo de estudio (tabla 34).

Tabla 34. Comparación de estadísticos - Cianuros

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		Nº	(%)
Segunda campaña	ND	-	ND	-	0,2	0	0%
Primera campaña	ND	-	ND	-	0,2	0	0%

ND: no detectable

3.2.35 Glifosato - Grupo de las fosfoglicinas

Características generales:

Ingrediente activo: glifosato. Nombre común (ISO-I): glyphosate. Nombres comerciales: Agrosato, Chemosato, Round Up. Glifosan, Glifosato, Glifoweed, etc Fórmula: $C_3H_8NO_5P$. Acción biocida: herbicida. Modo de acción: sistémico, penetra por el follaje. Usos: control postemergente no selectivo de malezas anuales y perennes en presembrado, en postsembrado dirigido o en cultivos resistentes (transgénicos). Formulación: concentrado soluble, granulado dispersable en agua, suspensión concentrada (www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr).

El glifosato se considera una sustancia con toxicidad aguda para peces y toxicidad mediana para algas y plantas acuáticas. El límite de cuantificación del método utilizado fue de 0,3 µg/l, en la figura 35 se representan los resultados obtenidos.

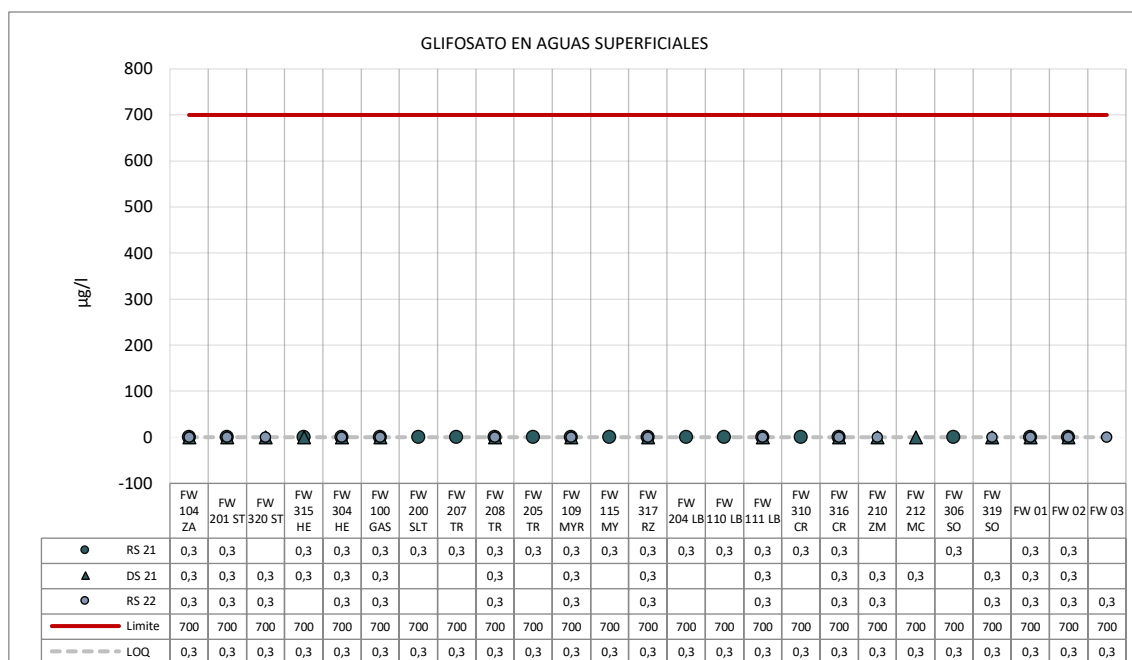


Figura 35. Glifosato en aguas superficiales.

Para aguas de la clase 2 la Resolución SEAM 222/02 establece que la concentración de glifosato no podrá ser superior a 700 µg/L. Ninguna muestra supera el límite establecido.

Todas las determinaciones realizadas durante las dos campañas presentaron concentraciones no detectables de glifosato (tabla 35).

Tabla 35. Comparación de estadísticos - Glifosato

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	ND	-	ND	-	700	0	0%
Primera campaña	ND	-	ND	-	700	0	0%

3.2.36 AMPA – Grupo de las fosfoglicinas

El AMPA (ácido amino-metilfosfórico) es el principal metabolito del glifosato, por su alta solubilidad puede contaminar las aguas superficiales.

El límite de cuantificación del método utilizado es de 0,3 µg/l, en ninguna de las muestras analizadas durante el periodo de estudio se encontró niveles cuantificables de AMPA. En la figura 36 se representan los resultados.

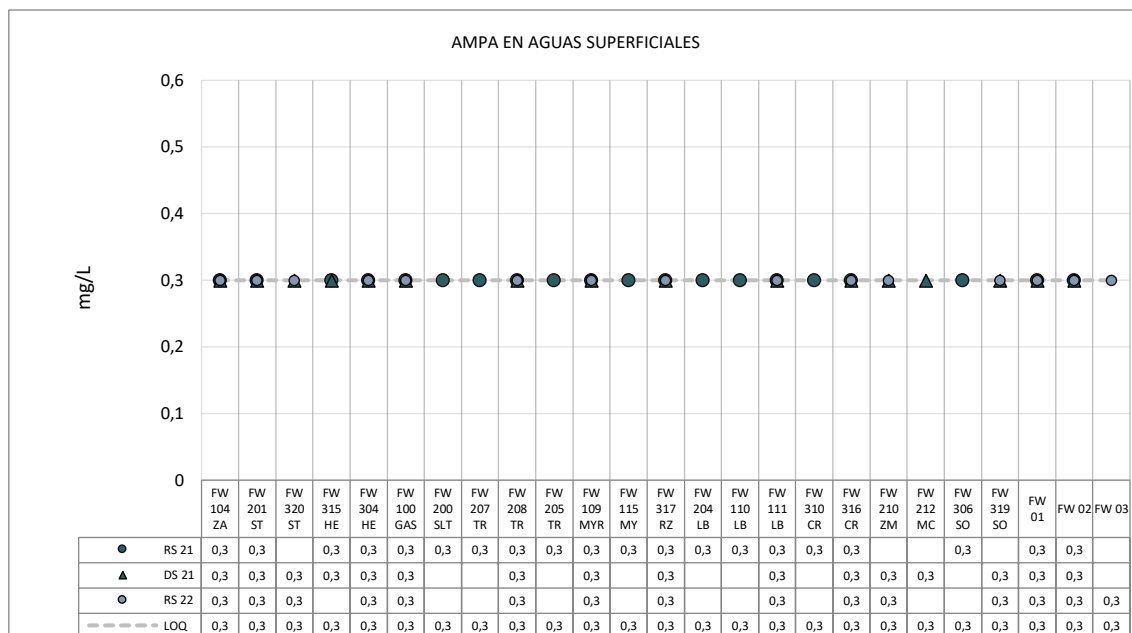


Figura 36. Determinación de AMPA en aguas superficiales

La Resolución SEAM 222/02 no establece límites para esta sustancia. De acuerdo a los resultados de los análisis, no se registran niveles detectables de este metabolito en las aguas superficiales monitoreadas.

Tabla 36. Comparación de estadísticos - AMPA

	Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			N°	(%)
Segunda campaña	ND	-	ND	-	0,3	SLE	N/A	N/A
Primera campaña	ND	-	ND	-	0,3	SLE	N/A	N/A

SLE: sin limite establecido, N/A: no aplica.

3.2.37 Aldrín – Grupo Clordano

Características generales:

Ingrediente activo: aldrín. Nombre común (ISO-I): aldrín. Nombre comercial: Aldrex. Fórmula: $C_{12}H_8Cl_6$. Acción biocida: insecticida. Modo de acción: no sistémico, de contacto. Usos: control de insectos del suelo y preservación de maderas. Formulación: concentrado emulsificable (www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr).

Durante la primera campaña el LOQ fue de 1 $\mu\text{g/l}$, para la segunda campaña se aumentó la sensibilidad del método utilizado, siendo el LOQ igual a 0,3 $\mu\text{g/l}$. Todas las determinaciones estuvieron en el rango de no detectables; en la figura 37 se representan los resultados.

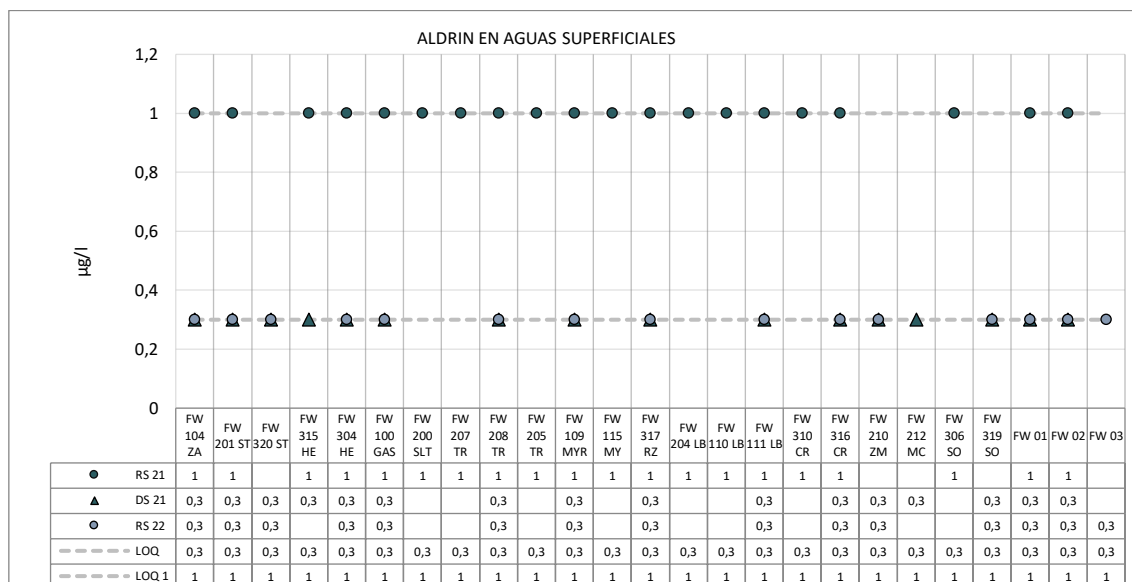


Figura 37. Determinaciones de Aldrín en aguas superficiales.

La Resolución SEAM 222/02 no establece límites para esta sustancia. En ninguna de las dos campañas se encontraron concentraciones cuantificables de aldrín (tabla 37).

Tabla 37. Comparación de estadísticos – Aldrín

	Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			N°	(%)
Segunda campaña	ND	-	ND	-	0,3	SLE	N/A	N/A
Primera campaña	ND	-	ND	-	1	SLE	N/A	N/A

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica.

3.2.38 Endrin – Grupo Clordano

Características generales:

Ingrediente activo: endrin. Nombre común (ISO-I): endrin. Nombres comerciales: Endrex, Endrin, Hexadrin. Fórmula: $C_{12}H_8Cl_6O$ Acción biocida: insecticida, avicida, rodenticida. Usos: se usaba en algodón, maíz y arroz y como avicida y rodenticida. Formulación: concentrado emulsificable, polvo mojable (www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr).

El límite de cuantificación del método empleado es igual a 1,25 µg/l; todas las determinaciones en ambas campañas se encuentran en el rango no detectables; en la figura 38 se representan los resultados obtenidos.

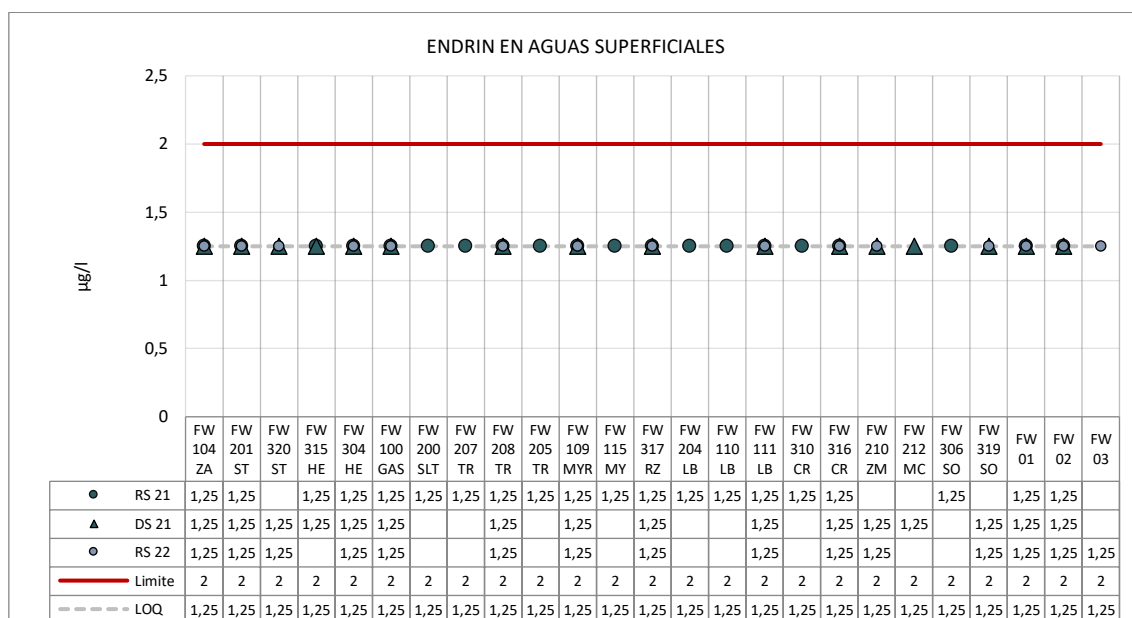


Figura 38. Dieldrin- Grupo Clordano en aguas superficiales

Para aguas de la clase 2 la Resolución SEAM establece el límite de 2 µg/L. Todos los puntos examinados se encuentran en conformidad con la norma; ningún resultado de laboratorio arroja valores cuantificables de Endrin (tabla 38).

Tabla 38. Comparación de estadísticos - Endrin

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		Nº	(%)
Segunda campaña	ND	-	ND	-	2	0	0%
Primera campaña	ND	-	ND	-	2	0	0%

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica.

3.2.39 Dieldrin – Grupo Clordano

Características Generales:

Ingrediente activo: dieldrín. Nombre común (ISO-I): dieldrín. Nombre comercial: Dieldrín. Fórmula: $C_{12}H_8Cl_6O$. Acción biocida: insecticida. Modo de acción: contacto, estomacal. Usos: control de insectos del suelo, termitas y hormigas y como preservante de madera. Formulación: polvo seco (www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr).

El dieldrín en el suelo y el agua se degrada muy lentamente. Este tipo de sustancias eran utilizadas como pesticidas en las cosechas, su uso en EEUU fue prohibido por la EPA (Agencia de Protección Ambiental) desde 1974, a razón de la preocupación por la salud humana y el medio ambiente.

El LOQ durante la primera campaña fue de 1,5 µg/l, para la segunda campaña se aumento la sensibilidad del ensayo a 0,05 µg/l. En ambas campañas las determinaciones estuvieron por debajo de los límites cuantificación, esto es, en niveles no detectables; en la figura 39 se representan los resultados obtenidos durante el periodo de estudio.

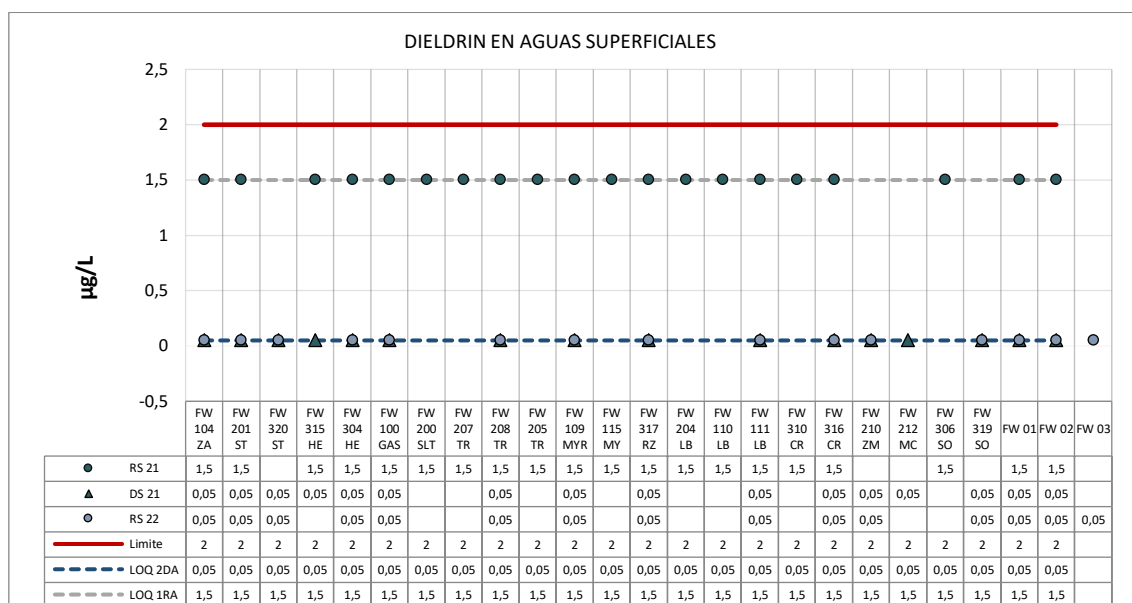


Figura 39. Determinaciones de Dieldrin en aguas superficiales.

Para aguas de la clase la Resolución SEAM 222/02 establece que el dieldrin podrá alcanzar una concentración máxima de 2 µg/L. Ninguna de las determinaciones sobrepasa el límite definido en la normativa de referencia (tabla 39).

Tabla 39. Comparación de estadísticos - Dieldrin

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	ND	-	ND	-	2	0	0%
Primera campaña	ND	-	ND	-	2	0	0%

ND: no detectable.

3.2.40 Lindano – Grupo Clordano

Características Generales:

Ingrediente activo: lindano. Nombre común (ISO-I): lindane. Nombres comerciales: Gamma-Dhc, Lindano, Maticres, Srew Worm. Fórmula: $C_6H_6CL_6$. Acción biocida: insecticida. Modo de acción: contacto, estomacal y respiratorio. Efecto sobre el sistema nervioso central. Formulación: espolvoreable, concentrado emulsificable, granulado, solución desinfectante de semillas por vía húmeda, suspensión concentrada (www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr).

Se utiliza como insecticida para frutales y hortalizas, para el tratamiento de semillas de especies forestales y en productos veterinarios. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) ha catalogado al lindano como un contaminante de riesgo debido a su residualidad, su capacidad de bio-acumulación y su toxicidad para el hombre y el medio ambiente. No obstante, raramente se ha detectado su presencia en muestras de agua potable (Truque s.f.).

El límite de cuantificación durante la primera campaña coincide con el límite de la Resolución SEAM 222/02 y es igual a 0,2 $\mu\text{g/l}$. Para la segunda campaña se aumento la sensibilidad del ensayo, siendo el LOQ igual 0,15 $\mu\text{g/l}$; en la figura 40 se representan los resultados obtenidos durante el periodo de estudio.

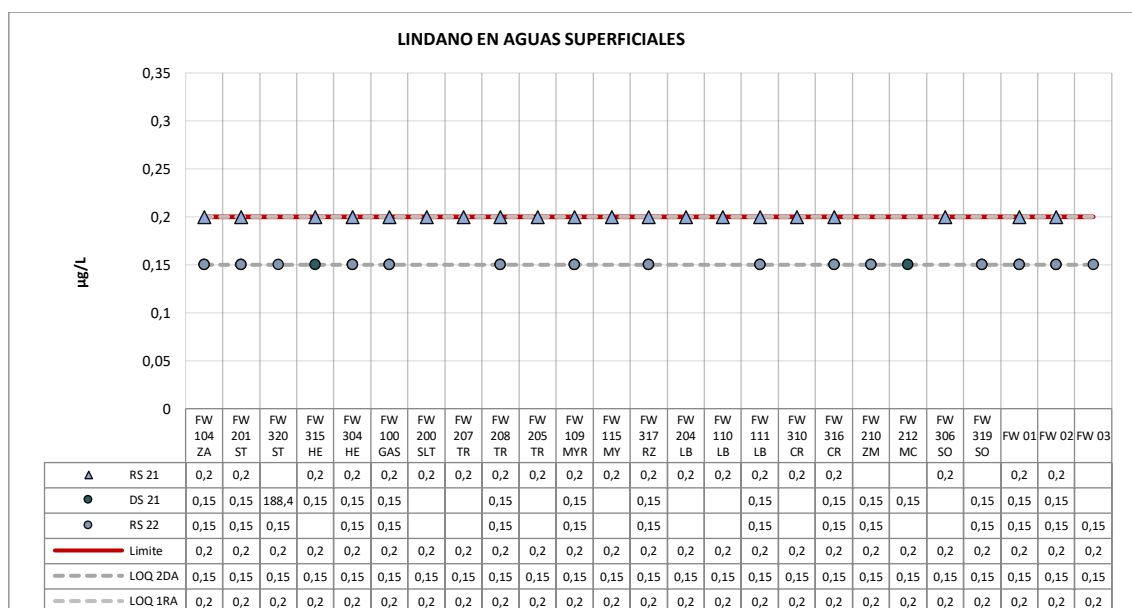


Figura 40. Presencia de lindano en aguas superficiales

Según Resolución SEAM 222/02 en aguas superficiales de clase 2 se admiten trazas de lindano de hasta hasta 0,2 $\mu\text{g/L}$. Durante la primera campaña todas las determinaciones se encuentran en conformidad con la norma y en la segunda campaña solo un punto registra valor superior al maximo permisible.

Durante las dos campañas realizadas se examinaron un total de 36 muestras, solo en un punto (FW 320-ST) se alcanzo niveles cuantificables cuya determinacion fue de 188,4 $\mu\text{g/L}$. (Obs: el valor del punto FW 320-ST no aparece representado en la figura 40 pues el mismo supera el maximo valor configurado para el eje Y).

En la tabla 40 se presenta una comparación de estadísticos con respecto al lindano en las dos mediciones realizadas.

Tabla 40. Comparación de estadísticos - Lindano

Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
		Mínimo	Máximo			N°	(%)

Segunda campaña	ND	-	ND	188,4	0,15	0,2	1	6%
Primera campaña	ND	-	ND	-	0,2	0,2	0	0%

3.2.41 Clordano - Grupo Clordano

Características generales:

Ingrediente activo: clordano. Nombre común (ISO-I): chlordane. Nombres comerciales: Clordano, Comejenol, Octachlor. Fórmula: $C_{10}H_6Cl_8$, Acción biocida: insecticida. Modo de acción: no sistémico, de contacto, estomacal y respiratorio. Usos: se utilizaba en el suelo para control de Formicidae, Coleoptera, Noctuidae, Saltatoria, termitas subterráneas, insectos domésticos, plagas de animales y para preservar maderas. Formulación: espolvoreable, concentrado emulsificable, granulado, polvo mojable (www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr).

Este compuesto fue sintetizado y empleado como plaguicida; no ocurre naturalmente en el medio ambiente y no se disuelve muy fácilmente en agua. Debido a inquietudes acerca del posible daño al medio ambiente y a la salud pública, en 1988 la EPA prohibió su uso para los Estados Unidos (Turque s.f.)

El método utilizado para el análisis de clordano tiene un límite de cuantificación igual a 0,9 µg/L. En todos los casos el clordano estuvo por debajo del umbral de cuantificación, los datos son representados en la figura 41.

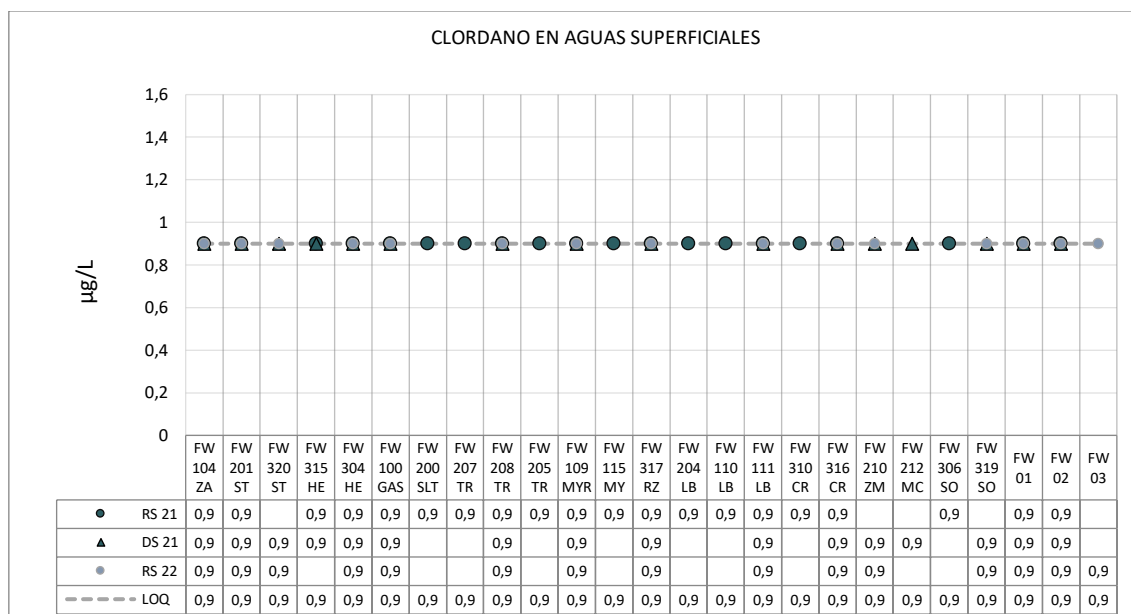


Figura 41. Clordano en aguas superficiales

La Resolución SEAM 222/02 no establece límites para este compuesto. En el presente estudio no se registraron niveles detectables de clordano (tabla 41).

Tabla 41. Comparación de estadísticos - Clordano

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	ND	-	ND	-	SLE	N/A	N/A

Primera campaña	ND	-	ND	-	SLE	N/A	N/A
-----------------	----	---	----	---	-----	-----	-----

ND: no detectable, SLE: sin limite establecido, N/A: no aplica

3.2.42 DDT – Grupo Clordano

Características generales:

Ingrediente activo: DDT. Nombre común (ISO-I): DDT. Nombres comerciales: Digmar. Fórmula: $C_{14}H_9Cl_5$. Acción biocida: insecticida. Modo de acción: contacto, estomacal. Afecta el sistema nervioso por desbalance del sodio en las membranas. Usos: para el control del mosquito transmisor de la malaria y otros insectos. Formulación: espolvoreable, concentrado emulsificable, granulado, polvo mojable (www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr).

El límite de cuantificación de la primera campaña coincide con el límite establecido por el padrón nacional de aguas y es igual a 2 $\mu\text{g/l}$; para la segunda campaña se mejoró la sensibilidad del método siendo el LOQ igual 0,15 $\mu\text{g/l}$. En ninguno de los ensayos realizados se halló niveles detectables de DDT, en la figura 42 se representan los datos.

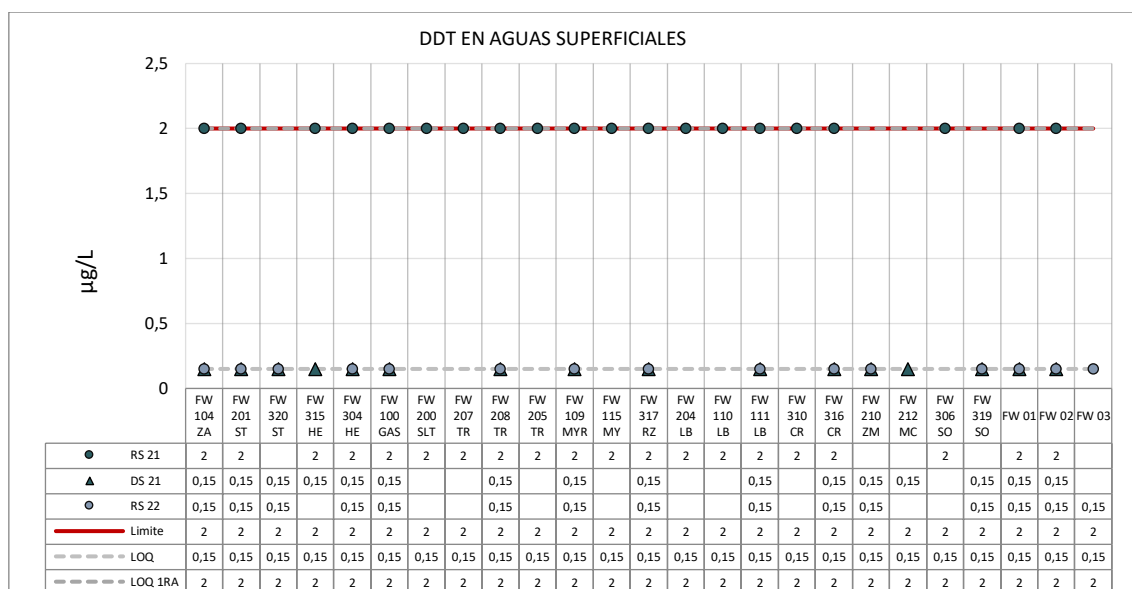


Figura 42. DDT en aguas superficiales.

De acuerdo a la Resolución SEAM 222/02 para aguas de la clase 2 son admisibles trazas de DDT de hasta 2 $\mu\text{g/L}$. Todas las muestras examinadas durante el periodo de estudio se encuentran en conformidad con la norma y no se hallaron indicios de la existencia de esta sustancia en los cursos hídricos evaluados (tabla 42).

Tabla 42. Comparación de estadísticos - DDT

	Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			N°	(%)
Segunda campaña	ND	-	ND	-	0,15	2	0	6%
Primera campaña	ND	-	ND	-	2	2	0	0%

ND: no detectable

3.2.43 DDE - Grupo Clordano

El DDE es un metabolito de la degradación de DDT, es una sustancia extremadamente persistente y puede persistir en el suelo por décadas; este metabolito no posee potencial de lixiviación. El DDT y sus metabolitos han sido detectados en muestras de peces y sedimentos provenientes de ríos de cuencas con uso agrícola, urbano y mixto y también en peces de ríos de cuencas poco alteradas.

Durante la primera campaña el LOQ del método utilizado fue de 2 µg/l para la segunda campaña se aumento la sensibilidad del ensayo a 0,06 µg/l. Todas las muestras examinadas durante el periodo de estudio estuvieron por debajo del limite de cuantificacion, en la figura 43 se representan los datos.

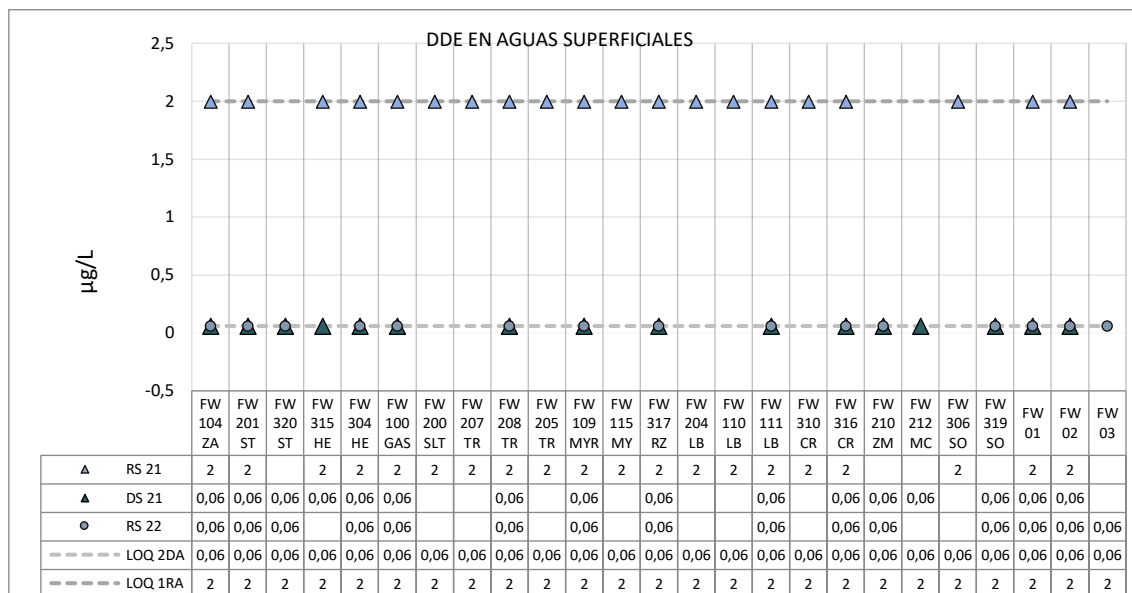


Figura 43. DDE en aguas superficiales

La Resolución SEAM 222/02 no establece límites para este metabolito derivado del DDT. Los cursos hídricos evaluados durante el periodo de estudio no presentan niveles detectables de esta sustancia (tabla 43).

Tabla 43. Comparación de estadísticos - DDE

	Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			N°	(%)
Segunda campaña	ND	-	ND	-	0,06	SLE	N/A	N/A
Primera campaña	ND	-	ND	-	2	SLE	N/A	N/A

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica.

3.2.44 DDD - Grupo Clordano

El DDD al igual que el DDE es un metabolito resultante de la degradación del insecticida DDT, comparte sus características de persistencia y ecotoxicidad.

Durante la primera campaña el LOQ fue de 2 µg/l; para la segunda campaña se aumentó la sensibilidad del ensayo, siendo el LOQ igual a 0,05 µg/l. En ninguna de las muestras examinadas durante el periodo de estudio se encontró niveles detectables de DDD; los datos obtenidos se representan en la figura 44.

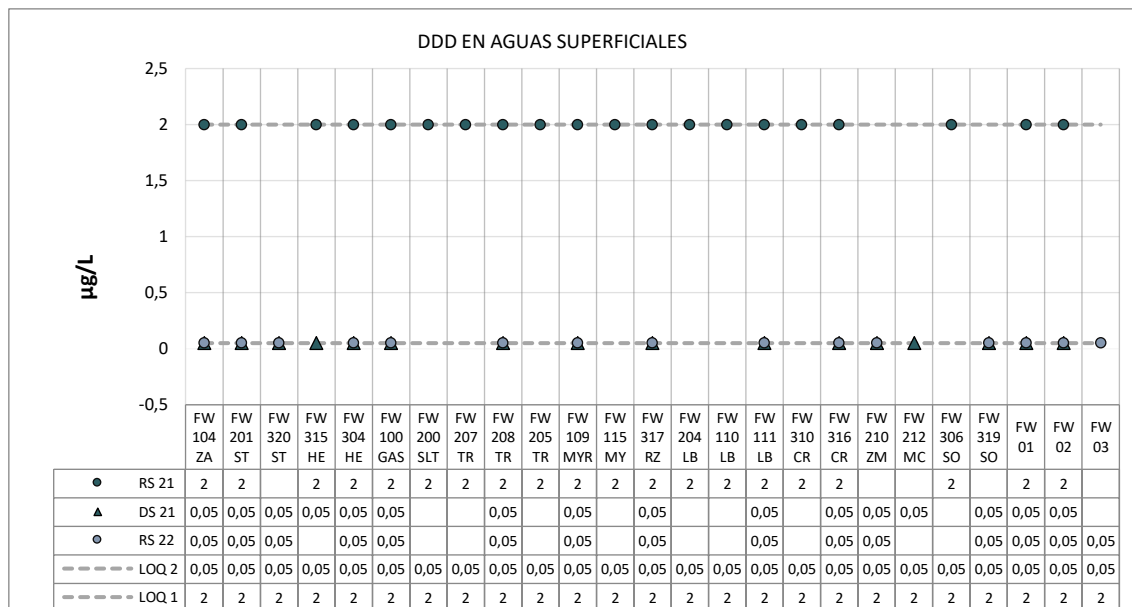


Figura 44. DDD en aguas superficiales

La Resolución SEAM 222/02 no establece límites para este metabolito del DDT. En todos los casos las pruebas de laboratorio concluyeron que el analito se encontraba por debajo del límite de cuantificación, de lo que se infiere que no existen indicios de la presencia de DDD en los cursos hídricos evaluados (tabla 44)

Tabla 44. Comparación de estadísticos - DDD

	Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			N°	(%)
Segunda campaña	ND	-	ND	-	0,05	SLE	N/A	N/A
Primera campaña	ND	-	ND	-	2	SLE	N/A	N/A

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica.

3.2.45 Atrazina – Grupo Trazina

Características generales:

Ingrediente activo: atrazina. Nombre común (ISO-I): atrazine.. Nombres comerciales: Atraplex, Amezol, , Atranex, Atrazina, etc. Fórmula: $C_8H_{14}ClN_5$ Acción biocida: herbicida. Modo de acción: sistémico, absorbido principalmente por raíces y algo por follaje Usos: control pre y postemergente selectivo de malezas gramíneas y de hoja ancha en banano, caña de azúcar, forestales, macadamia, maíz, sorgo, palma de aceite y piña. Formulación: suspensión concentrada, granulado dispersable en agua.

El límite de cuantificación durante la primera campaña fue de 2 $\mu\text{g/l}$, para la segunda campaña se aumento la sensibilidad del ensayo a 0,08 $\mu\text{g/l}$. Ninguna muestra examinada durante el periodo de estudio presenta niveles detectables de Atrazina. Los resultados son presentados en la figura 45.

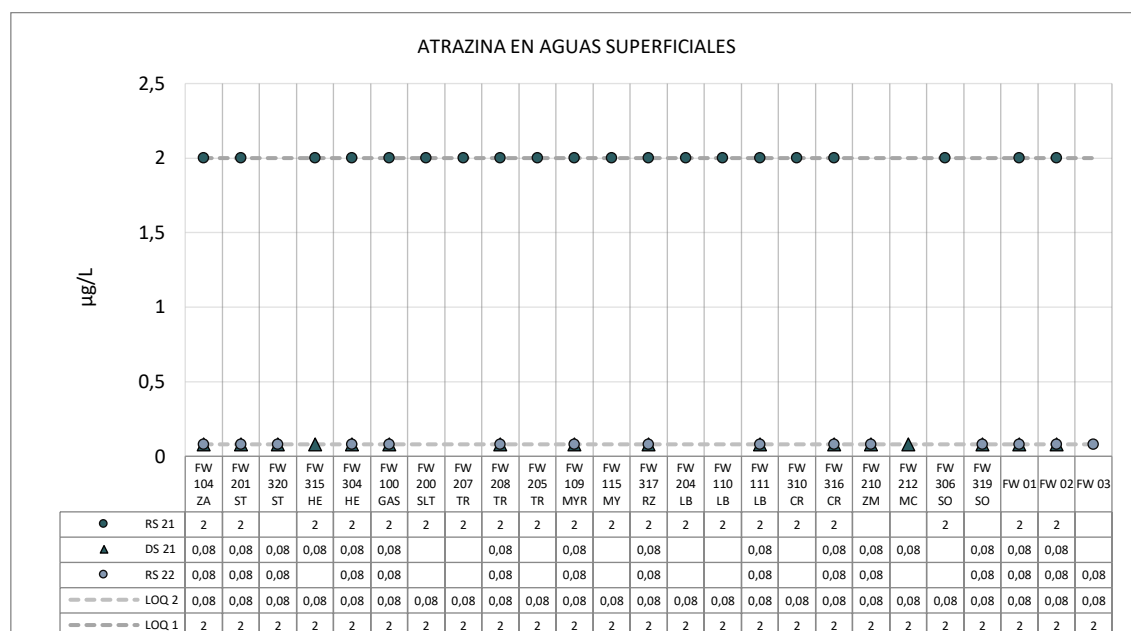


Figura 45. Atrazina en aguas superficiales

La Resolución SEAM 222/02 no establece límites para esta sustancia. En base a los resultados de los análisis de puede concluir que no hay indicios de la presencia de residuos de atrazina en los cursos hídricos evaluados (tabla 45).

Tabla 45. Comparación de estadísticos – Atrazina

	Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			N°	(%)
Segunda campaña	ND	-	ND	-	0,08	SLE	N/A	N/A
Primera campaña	ND	-	ND	-	2	SLE	N/A	N/A

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica.

3.2.46 Simazina – Grupo Trazina

Características generales:

Ingrediente activo: simazina. Nombre común (ISO-I): simazine. Nombres comerciales: Amizina, Simanex, Simazina. Fórmula: $C_7H_{12}ClN_5$. Acción biocida: herbicida. Modo de acción: sistémico, se absorbe principalmente por raíces, Usos: control selectivo de la mayoría de gramíneas anuales y malezas de hoja ancha en diversos cultivos. Formulación: polvo mojable, suspensión concentrada.

El límite de cuantificación del método utilizado es $2,5 \mu\text{g/L}$; todas las muestras analizadas estuvieron en el rango de no detectables. En la figura 46 se representan los datos obtenidos.

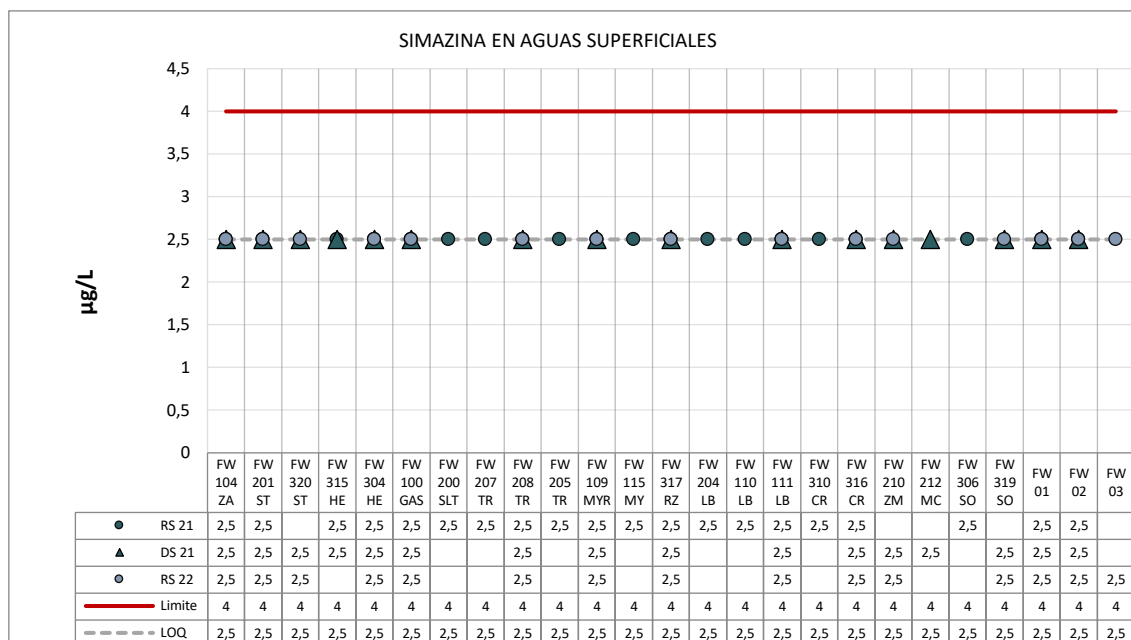


Figura 46. Simazina en aguas superficiales.

La Resolución SEAM 222/02 establece que para aguas de la clase 2 se toleraran concentraciones de simazina de hasta $4 \mu\text{g/L}$. Todos los puntos en ambas campañas se encuentran en conformidad con el padron nacional de aguas (tabla 46).

Tabla 46. Comparación de estadísticos - Simazina

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	ND	-	ND	-	4	0	0%
Primera campaña	ND	-	ND	-	4	0	0%

ND: no detectable, SLE: sin límite establecido, N/A: no aplica

3.2.47 Carbaril – Grupo Carbamato

Características generales:

Ingrediente activo: carbaril. Nombre común (ISO-I): carbaryl. Nombres comerciales: Hortevi, Carbaril, Carbamide, Carbaril, etc Fórmula: $C_{12}H_{11}NO_2$. Acción biocida: insecticida. Modo de acción: contacto y estomacal, con ligeras propiedades sistémicas. Usos: control de Lepidóptera, Coleóptera e insectos chupadores en muchos cultivos. Formulación: polvo mojable, granulado, suspensión concentrada.

Durante la primera campaña el límite de cuantificación fue de 3,5 $\mu\text{g/l}$, para la segunda campaña se aumentó la sensibilidad del ensayo a 0,08 $\mu\text{g/l}$. En ninguna de las muestras examinadas se halló concentraciones detectables de carbaril, los datos obtenidos se representan en la figura 47.

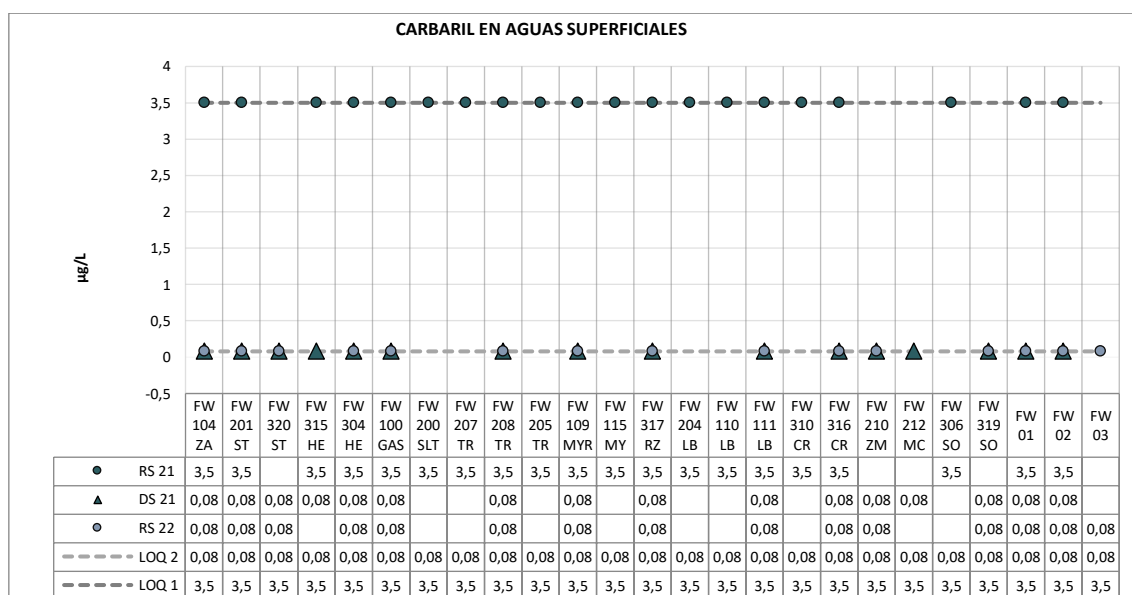


Figura 47. Carbaril en aguas superficial.

La Resolución SEAM 222/02 no establece un límite para esta sustancia. Todas las muestras analizadas se encuentran por debajo del límite de detección, es decir, no existe evidencia de la presencia de residuos de carbaril en los cursos hídricos evaluados (tabla 47).

Tabla 47. Comparación de estadísticos – Carbaril

	Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			N°	(%)
Segunda campaña	ND	-	ND	-	0,08	SLE	N/A	N/A
Primera campaña	ND	-	ND	-	3,5	SLE	N/A	N/A

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.2.48 Heptacloro – Grupo Carbamato

Ingrediente activo: heptacloro. Nombre común (ISO-I): heptachlor. Nombres comerciales: Clorahep, Drinox, Heptacloro, Heptagran, Heptamul, Heptox, Velsicol. Usos: control de termitas, hormigas, insectos del suelo y tratamiento de semillas. Formulación: concentrado emulsificable, granulado, polvo mojable.

Durante la primera campaña el LOQ fue igual 3,5 µg/l, mientras que para la segunda campaña se aumento la sensibilidad del ensayo siendo el LOQ igual 0,25 µg/l. En la figura 48 se representan los datos obtenidos.

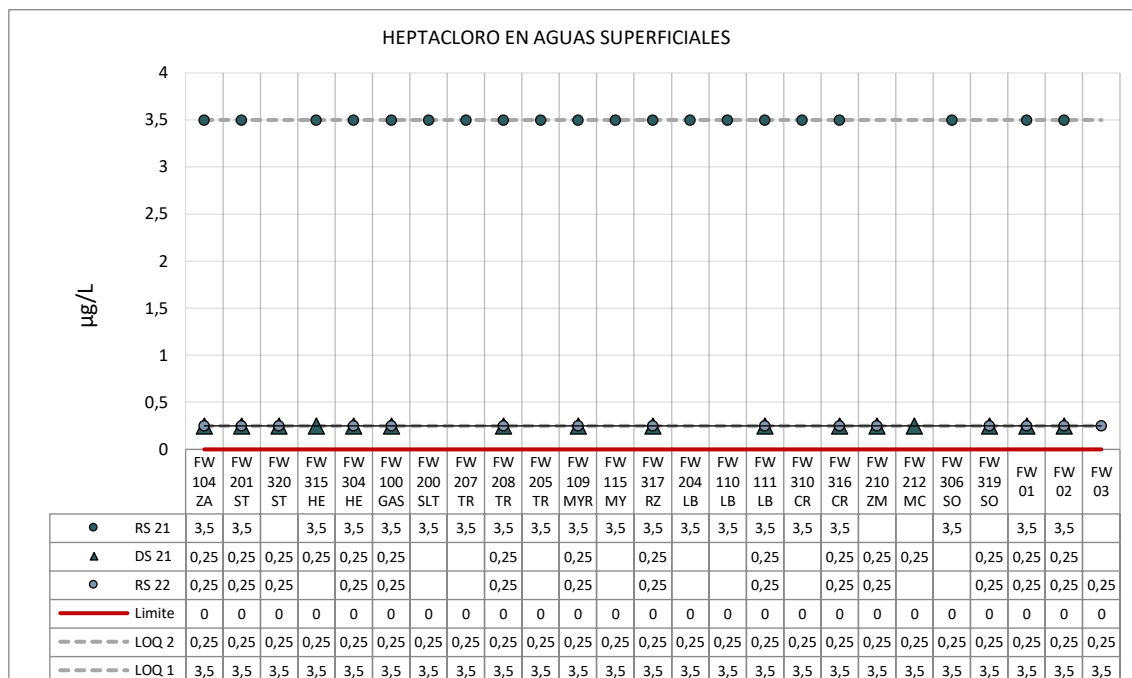


Figura 48. Heptacloro en aguas superficiales.

Para aguas de la clase 2 no se admiten trazas de heptacloro, según Resolución SEAM 222/02 la concentración de esta sustancia debe ser igual 0 µg/L (cero).

Considerando que para ambas campañas se tiene LOQ>0, no se puede afirmar irrefutablemente que la concentración de heptacloro en las muestras examinadas sea igual a 0 µg/l; sin embargo en base a los resultados obtenidos en laboratorio se puede inferir que no existen indicios de la presencia de la sustancia analizada en los cursos hídricos evaluados, pues no se hallaron niveles detectables de Heptacloro durante las campañas monitoreo realizadas (tabla 48).

Cabe sopesar que los puntos los puntos monitoreados se encuentran en conformidad con el padrón nacional de aguas.

Tabla 48. Comparación de estadísticos – Heptacloro

	Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			Nº	(%)
Segunda campaña	ND	-	ND	-	0,25	0	0	0%
Primera campaña	ND	-	ND	-	3,5	0	0	0%

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.2.49 Metomilo – Grupo Carbamato

Características generales:

Ingrediente activo: metomil. Nombre común (ISO-I): methomyl. Nombres comerciales: Lannate®BR, Methomex, Metomil, Metox, etc. Fórmula: $C_5H_{10}N_2O_2S$ Acción biocida: insecticida, acaricida. Modo de acción: sistémico, de contacto y estomacal Usos: control de huevos, larvas y adultos de lepidópteros, coleópteros, hemípteros, homópteros, dípteros y ácaros en algodón, cucurbitáceas, frutales, ornamentales, tabaco, maíz, papa, tomate, coles y hortalizas. Formulación: polvo soluble en el agua, concentrado soluble, polvo mojable.

Durante la primera campaña el LOQ fue de 25 µg/l, para la segunda campaña se aumento la sensibilidad del ensayo a 15 µg/l. Todas las muestras examinadas estuvieron en el rango de no detectables; en la figura 49 se representan los resultados obtenidos.

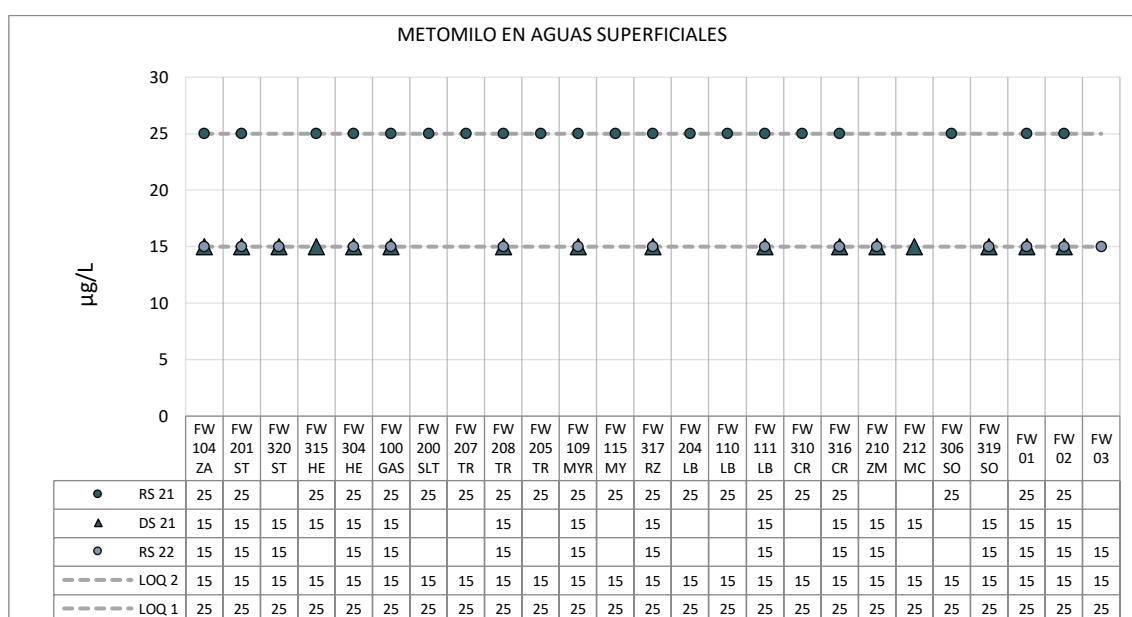


Figura 49. Metomilo en aguas superficiales

La Resolución SEAM 222/02 no establece límites para los residuos en aguas superficiales de este pesticida. De acuerdo a los resultados obtenidos, en ningún punto se encontró niveles cuantificables de metomilo (tabla 49).

Tabla 49. Comparación de estadísticos – Metomilo

	Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			N°	(%)
Segunda campaña	ND	-	ND	-	15	SLE	N/A	N/A
Primera campaña	ND	-	ND	-	25	SLE	N/A	N/A

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.2.50. 2,4 D – Grupo Alquilclorofenoxi

Características generales:

Ingrediente activo: 2,4-D. Nombre común (ISO-I): 2,4-D. Nombres comerciales: DMA® 6 y Cleanspray entre muchos otros, Fórmula: $C_8H_6Cl_2O_3$. Acción biocida: herbicida. Modo de acción: sistémico, hormonal. Usos: control selectivo de malezas de hoja ancha en pastos, caña de azúcar, arroz, maíz, sorgo, forestales, café, jardines y vegetación acuática. Formulación: concentrado soluble, concentrado emulsificable, polvo mojable.

El límite de cuantificación en la primera campaña fue 2,5 $\mu\text{g/l}$, mientras que en la segunda campaña el LOQ tuvo una sensibilidad de 0,9 $\mu\text{g/l}$. Todas las muestras analizadas estuvieron por debajo del límite de cuantificación, los resultados se representan en la figura 50.

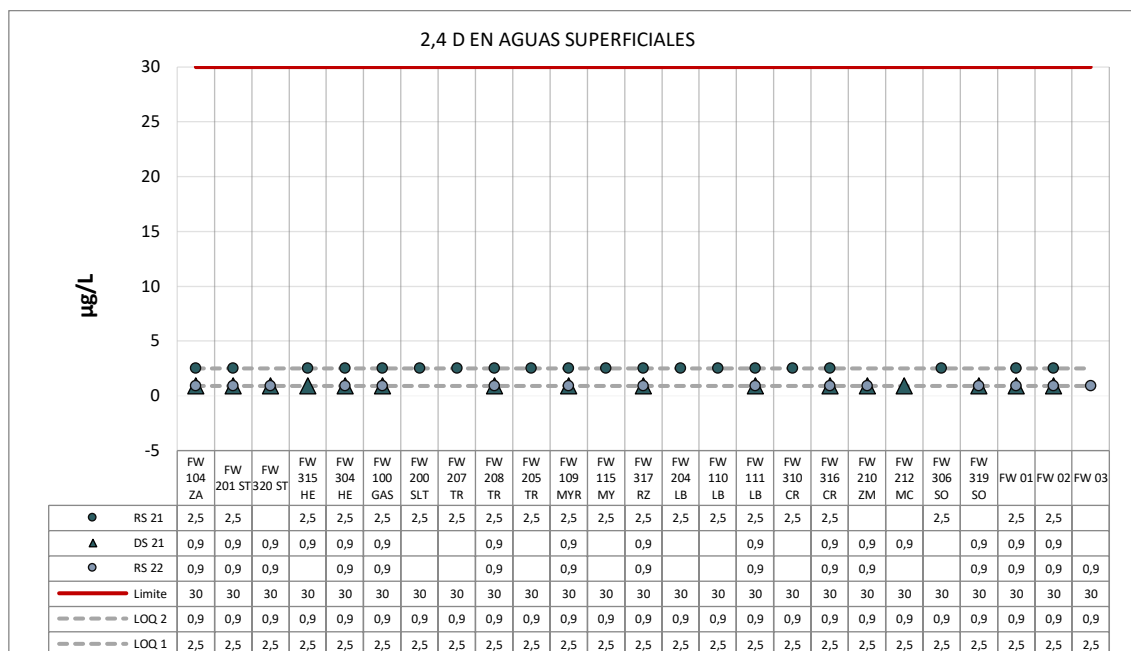


Figura 50. 2,4 D en aguas superficiales

La Resolución SEAM 222/02 establece que las concentraciones de residuos de 2,4D en aguas de la clase 2 no podrán ser superiores a 30 $\mu\text{g/l}$. Ninguna determinación sobrepasó el límite definido en el padrón nacional de aguas.

De acuerdo a las determinaciones de laboratorio, en ningún punto se encontraron niveles detectables del pesticida evaluado (tabla 50).

Tabla 50. Comparación de estadísticos – 2,4 D

	Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			N°	(%)
Segunda campaña	ND	-	ND	-	0,9	30	0	0%
Primera campaña	ND	-	ND	-	2,5	30	0	0%

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.2.51 Cipermetrina – Grupo Piretroides

Características generales:

Ingrediente activo: cipermetrina. Nombre común (ISO-I): cypermethrin. Nombres comerciales: Trineaktra, SUPERMYL, Zipper, etc. Fórmula: $C_{22}H_{19}Cl_2NO_3$. Acción biocida: insecticida, acaricida. Modo de acción: no sistémico, de contacto, estomacal y residual. Usos: control de un amplio rango de insectos, como Lepidóptera, Coleóptera, Díptera, Hemíptera en varios cultivos, en el ámbito doméstico, salud pública y para control de ectoparásitos en animales. Formulación: concentrado emulsificable.

El límite de cuantificación del método empleado fue de 1,2 µg/l, de las 36 muestras analizadas solo una presentó un valor medible, las demás estuvieron en el rango de no detectables. En la figura 51 se representan los valores obtenidos.

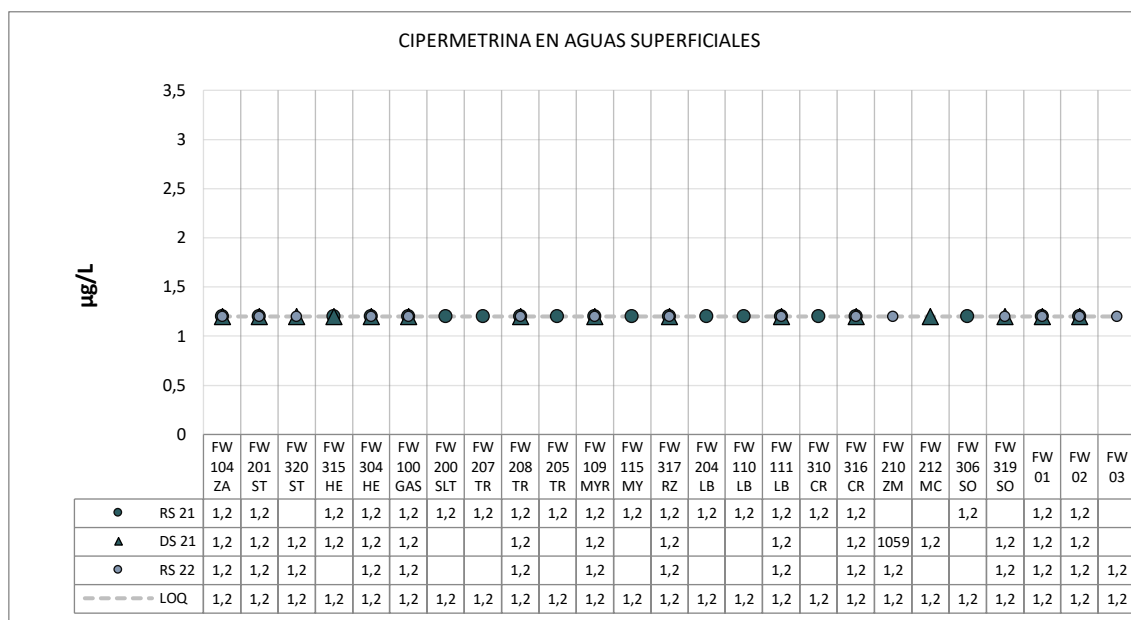


Figura 51. Cipermetrina en aguas superficiales

La Resolución SEAM 222/02 no establece límites para el mencionado pesticida. De acuerdo a los resultados de laboratorio la mayoría de muestras están por debajo del límite de cuantificación, solo una muestra tomada en el punto FW 212-MC presenta un valor igual a 1058,7 µg/l (Obs: dicho valor no aparece de manera grafica en la figura 51 pues sobrepasa el máximo valor configurado para el eje de ordenadas "Y").

En la tabla 51 se presenta la comparación estadística de Cipermetrina de las dos campañas.

Tabla 51. Comparación de estadísticos – Cipermetrina

	Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			N°	(%)
Segunda campaña	ND	-	ND	1058,7	1,2	SLE	N/A	N/A
Primera campaña	ND	-	ND	-	1,2	SLE	N/A	N/A

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.2.52 Clorpirifos – Grupo Piretroides

Características Generales:

Ingrediente activo: clorpirifos. Nombre común (ISO-I): chlorpyrifos. Nombres comerciales: CLORFOS y BRONCO, etc. Fórmula: $C_9H_{11}Cl_3NO_3PS$. Acción biocida: insecticida. Modo de acción: no sistémico, contacto, estomacal y respiratorio. Usos: control de insectos minadores, chupadores y cortadores en el suelo y follaje, en muchos cultivos; plagas domésticas (Blattellidae, Muscidae, Isóptera). Formulación: concentrado emulsificable, granulado, polvo soluble en agua.

El límite de cuantificación durante la primera campaña fue de 5 $\mu g/l$; para la segunda campaña se aumento la sensibilidad del ensayo, siendo el LOQ igual a 0,15 $\mu g/l$. En ninguna de las muestras examinadas se encontraron niveles detectables de clorpirifos (Figura 52).

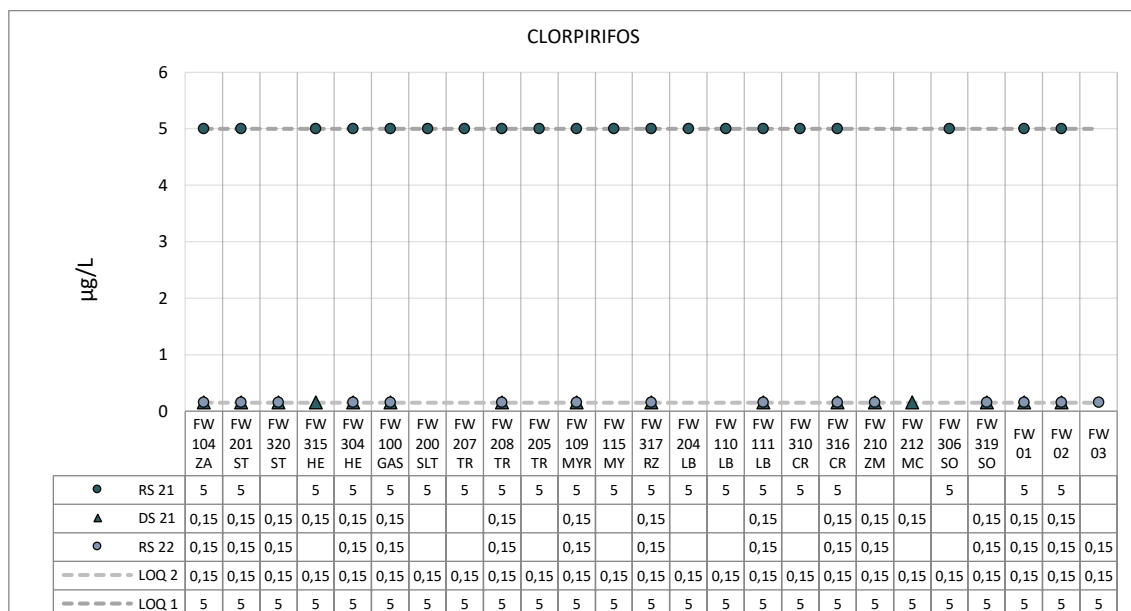


Figura 52. Clorpirifos en aguas superficiales

La Resolución SEAM 222/02 no establece límites para residuos de clorpirifos en agua superficial. Todas las determinaciones estuvieron por debajo del límite de cuantificación (tabla 52).

Tabla 52. Comparación de estadísticos – Clorpirifos

	Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			N°	(%)
Segunda campaña	ND	-	ND	-	0,15	SLE	N/A	N/A
Primera campaña	ND	-	ND	-	5	SLE	N/A	N/A

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.2.53 Diclorvos – Grupo Piretroides

Características generales:

Ingrediente activo: diclorvos. Nombre común (ISO-I): dichlorvos. Nombres comerciales: Bop, Diclorphos, Divipan, Diclovan Fórmula: $C_4H_7Cl_2O_4P$. Acción biocida: insecticida, acaricida. Modo de acción: contacto, respiratorio y estomacal. Usos: control de plagas domésticas, veterinarias, de salud pública, de productos almacenados; como antihelmíntico veterinario y en agricultura para control de ácaros, cóccidos, pulgones, mosca blanca y áfidos. Formulación: concentrado emulsificable.

El LOQ de la primera campaña coincide con el límite de la Resolución SEAM 222/02 y es igual a 10 $\mu\text{g/l}$; mientras que el LOQ para la segunda campaña fue 0,15 $\mu\text{g/l}$. En la figura 53 se representan los datos obtenidos.

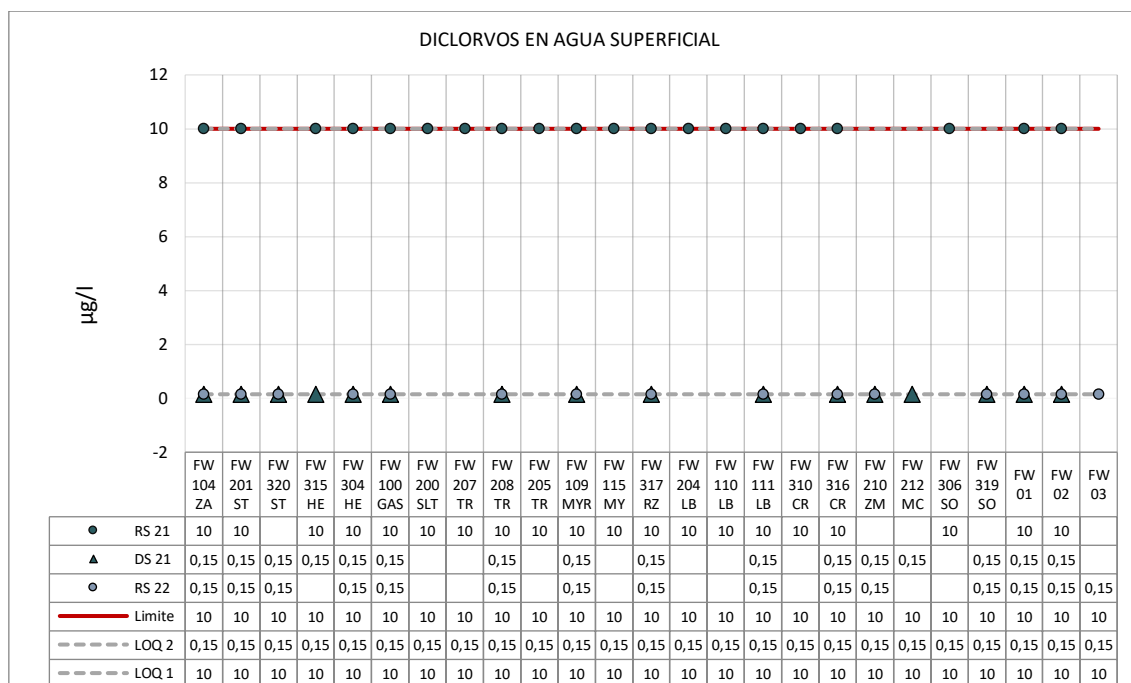


Figura 53. Diclorvos en aguas superficiales

De acuerdo al padrón nacional de aguas, para cursos hídricos de la clase 2 las concentraciones de diclorvos no podrán ser superiores a 10 $\mu\text{g/l}$. Ninguna determinación sobrepasó el límite establecido por la normativa de referencia.

Todas las muestras examinadas durante el periodo de estudio estuvieron bajo el límite de cuantificación, es decir, no se registraron concentraciones detectables de residuos de diclorvos en los puntos de monitoreo examinados (tabla 53).

Tabla 53. Comparación de estadísticos – Diclorvos

	Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			N°	(%)
Segunda campaña	ND	-	ND	-	0,15	10	0	0%
Primera campaña	ND	-	ND	-	10	10	0	0%

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.2.54 Metamidofos – Grupo Piretroides

Características generales:

Ingrediente activo: metamidofos. Nombre común (ISO-I): methamidophos. Nombres comerciales: Biometafos, M,T,D, Mataron, Medofos, Metafos, Metalux, Metamidofos, Fórmula: $C_2H_8NO_2PS$. Acción biocida: insecticida, acaricida. Modo de acción: sistémico, contacto y estomacal. Absorbido por las raíces y el follaje y transportado hacia las orillas de las hojas. Usos: control de ácaros e insectos masticadores y chupadores en algodón, cítricos, maíz, ornamentales, papas, chile, cucurbitáceas y tabaco. Formulación: concentrado soluble.

El LOQ durante la primera campaña fue de 25 $\mu g/l$, mientras que para la segunda campaña se aumentó la sensibilidad del ensayo a 6 $\mu g/l$. Ninguna de las muestras examinadas presentó niveles detectables de metamidofos; en la figura 54 se representan los resultados obtenidos.

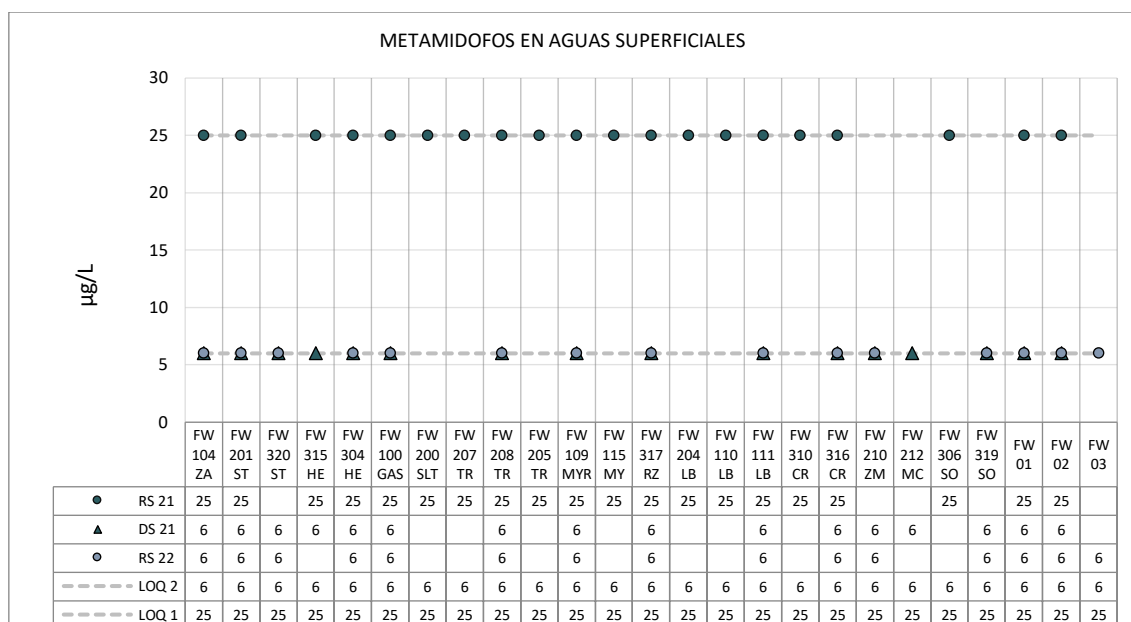


Figura 54. Metamidofos en aguas superficiales

La Resolución SEAM 222/02 no establece límites para esta sustancia. Todas las determinaciones realizadas durante el periodo de estudio estuvieron bajo el LOQ, lo que indica que no existen indicios de la presencia de residuos de metamidofos en los cursos hídricos evaluados (tabla 54).

Tabla 54. Comparación de estadísticos – Metamidofos

	Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			N°	(%)
Segunda campaña	ND	-	ND	-	6	SLE	N/A	N/A
Primera campaña	ND	-	ND	-	25	SLE	N/A	N/A

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.2.55 Tebuconazole – Grupo Triazoles

Características generales:

Ingrediente activo: tebuconazol. Nombre común (ISO-I): tebuconazole. Nombres comerciales: Orius, Silvacur, Tebuconazell, Tebucoz. Fórmula: $C_{16}H_{22}ClN_3O$. Acción biocida: fungicida. Modo de acción: sistémico y de contacto, preventivo y curativo o erradicante. Usos: control de *Mycosphaerella fijiensis* y otras enfermedades fungosas en banano y plátano; *Alternaria solani* en tomate y papa; y otros hongos en arroz, maní, ajo y ornamentales. Formulación: concentrado emulsificable, emulsión, suspensión concentrada.

Durante la primera campaña el límite de cuantificación fue de 2 $\mu\text{g/l}$, para la segunda campaña se aumentó la sensibilidad del ensayo y el LOQ fue de 0,4 $\mu\text{g/l}$. En la figura 55 se representan los resultados obtenidos durante el periodo de estudio.

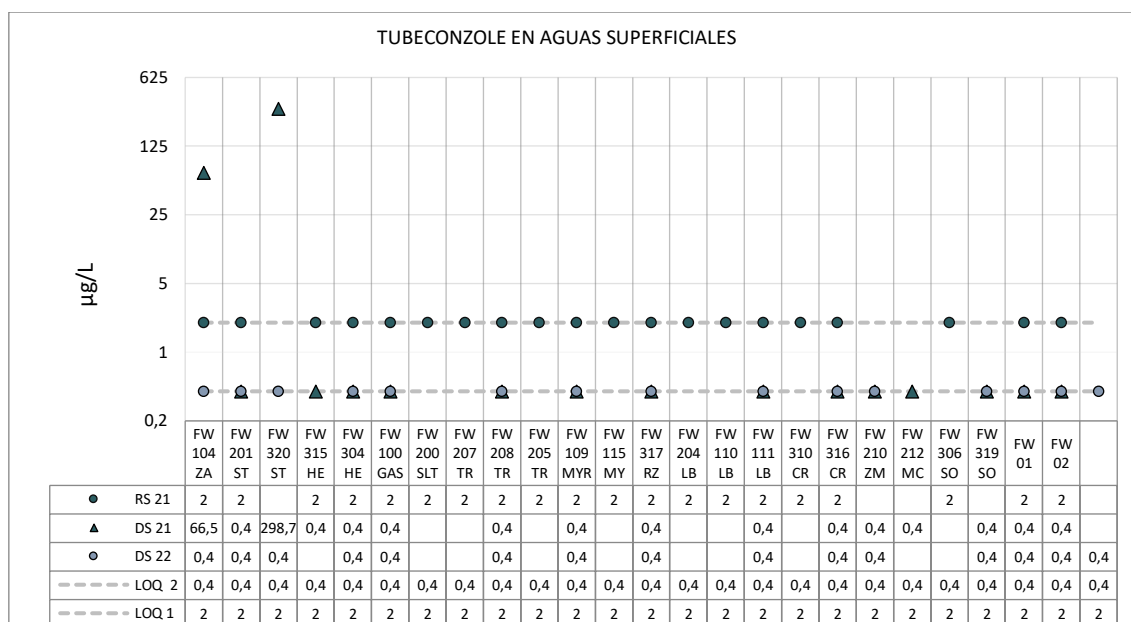


Figura 55. Tebuconazole en aguas superficiales.

Los residuos del fungicida tebuconazole en aguas superficiales no están regulados por la Resolución SEAM 222/02; el parámetro no cuenta con límite establecido.

La mayoría de las muestras examinadas se encuentran por debajo del límite de detección; a excepción de dos muestras registradas durante la segunda campaña en los puntos FW 104-ZA y FW 320-ST, cuyas determinaciones son iguales a 66,5 $\mu\text{g/l}$ y 298,7 $\mu\text{g/l}$ respectivamente (tabla 55).

Tabla 55. Comparación de estadísticos – Tebuconazole

	Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			N°	(%)
Segunda campaña	182,6	164,2	ND	298,7	0,4	SLE	N/A	N/A
Primera campaña	ND	-	ND	-	2	SLE	N/A	N/A

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.2.56 Imidacloprid – Grupo Neonicotinoide

Características Generales:

Ingrediente activo: imidacloprid. Nombre común (ISO-I): imidacloprid. Nombres comerciales: Dagger, Hefesto, Imidacloprid, Invicto, etc. Fórmula: $C_9H_{10}ClN_5O_2$. Acción biocida: insecticida. Modo de acción: sistémico, translaminar, de contacto y estomacal. Usos: control de insectos chupadores, áfidos y trips en diversos cultivos; y para pulgas en perros y gatos. Formulación: suspensión concentrada, polvo mojable, granulado dispersable en agua, granulado, concentrado soluble, concentrado emulsificable.

En la primera campaña el LOQ del parámetro analizado fue de 5 $\mu g/l$; mientras que en la segunda se tuvo un LOQ igual 0,009 $\mu g/l$. Ninguna de las muestras examinadas presentó concentración cuantificable, en la figura 56 se muestran los datos obtenidos.

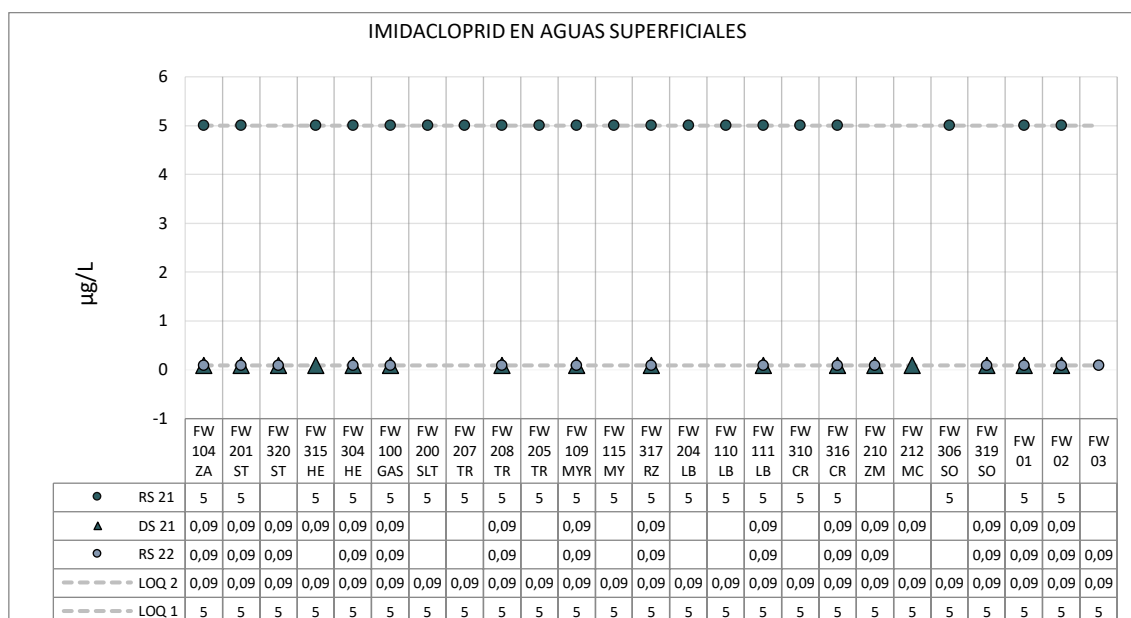


Figura 56. Imidacloprid en aguas superficiales

La Resolución SEAM 222/02 no establece límites para residuos de imidacloprid en aguas superficiales. Todas las determinaciones realizadas durante el periodo de estudio se encontraron en el rango de no detectable (tabla 56).

Tabla 56. Comparación de estadísticos – Tabeconazole

	Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			N°	(%)
Segunda campaña	182,6	164,2	ND	298,7	0,4	SLE	N/A	N/A
Primera campaña	ND	-	ND	-	2	SLE	N/A	N/A

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.2.57 Metilparaoxon – Grupo Neonicotinoide

Ingrediente activo: metil-paraxon. Nombre común (ISO-I): parathion-methyl. Nombres comerciales: Agrometil Dismetil, Fórmula: $C_8H_{10}NO_6P$. Acción biocida: insecticida. Modo de acción: no sistémico, de contacto, estomacal y alguna acción respiratoria. Usos: control de insectos chupadores y masticadores en un amplio rango de cultivos. Tiene efecto acaricida.

El límite de cuantificación del método utilizado fue 5 µg/l; todas las muestras analizadas se encontraron por debajo del umbral de cuantificación. En la figura 57 se representan los resultados obtenidos durante el periodo de estudio.

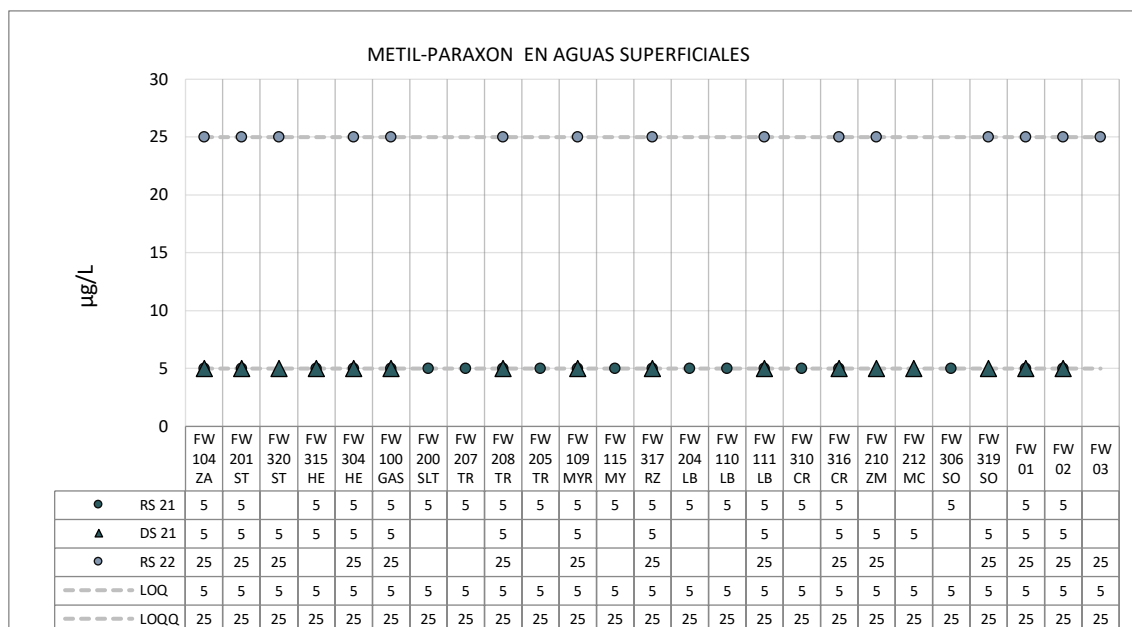


Figura 57. Metilparaoxon en aguas superficiales

El metil-paraxon no cuenta límite definido según Resolución SEAM 222/02. No se encontraron niveles detectables de este pesticida en los cursos hídricos evaluados (tabla 57).

Tabla 57. Comparación de estadísticos – Metil-paraxon

	Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			N°	(%)
Segunda campaña	ND	-	ND	-	5	SLE	N/A	N/A
Primera campaña	ND	-	ND	-	5	SLE	N/A	N/A

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.2.58 Fipronil en aguas superficiales.

Características generales:

Ingrediente activo: fipronil. Nombre común (ISO-I): fipronil. Nombres comerciales: Klap, Regent, Picufinil, Termidor, Fipromax, etc. Fórmula: $C_{12}H_4Cl_2F_6N_4OS$. Acción biocida: insecticida. Modo de acción: contacto, ingestión, sistémico moderado y residual foliar. Usos: control de múltiples especies de trips, gusanos de suelo y defoliadores, hormigas, termitas, minadores y otros insectos en un amplio rango de cultivos agrícolas y forestales. Formulación: suspensión concentrada, cebo en gránulos.

El método utilizado para las determinaciones presenta un límite de cuantificación (LOQ) igual a 0,01 mg/Kg. En la figura 58 se representan los resultados obtenidos.

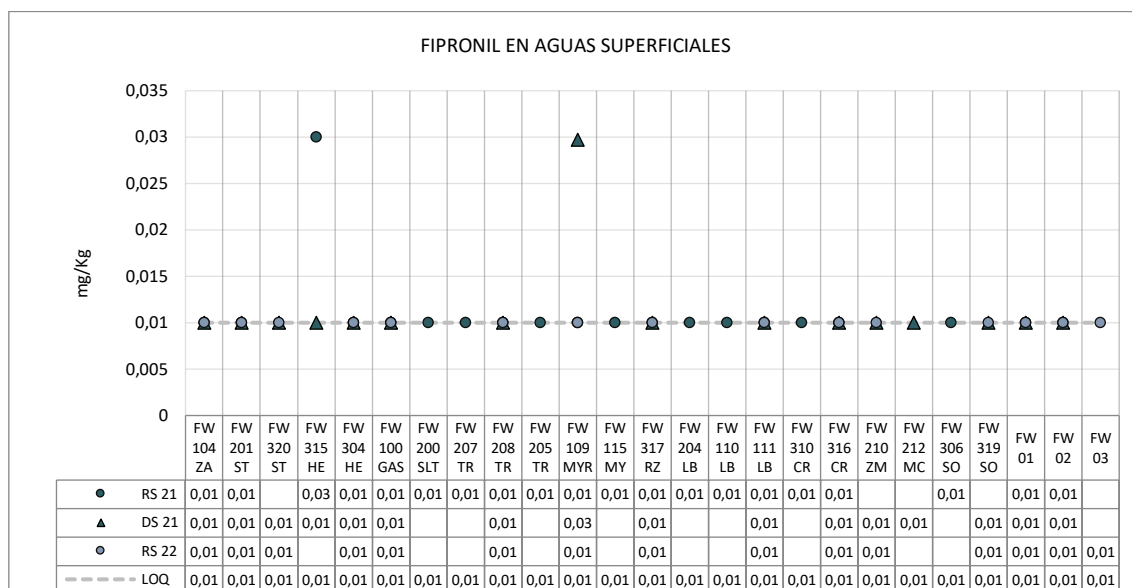


Figura 58. Determinaciones del principio activo fipronil en aguas superficiales.

Los residuos de fipronil en aguas superficiales no cuentan con un límite establecido en la Resolución SEAM 222/02.

El fipronil es de particular importancia pues sera uno de los agroquimicos mas utilizados en los cuidados culturales de las plantaciones forestales. La mayoría de las muestras examinadas arrojaron como resultados niveles no detectables; durante el periodo de estudio se registraron solo dos puntos con concentraciones cuantificables del principio activo.

En la primera campaña se registra en el punto FW 315-HE residuos de fipronil en agua superficial en una concentracion de 0,03 mg/kg; mientras que en la segunda campaña la unica determinación cuantificable corresponde al punto FW 109-MYRZ con una concentración de 0,02974 mg/kg (tabla 58).

Tabla 58. Comparación de estadísticos – Fipronil

	Promedio	DS	Rango		LOQ	Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo			N°	(%)
Segunda campaña	ND	-	ND	0,02974	0,01	SLE	N/A	N/A
Primera campaña	ND	-	ND	0,03	0,01	SLE	N/A	N/A

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.2.59. Coliformes fecales en aguas superficiales.

Los Coliformes fecales o termotolerantes son indicadores de contaminación fecal en el ambiente y comprenden a los géneros de *Escherchia* y en menor grado *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Cnrobacter*. Se han usado como un indicador de la posible presencia de patógenos en las aguas superficiales y el riesgo de enfermedad con base en la evidencia epidemiológica de enfermedades transmitidas por el agua.

Las bacterias Coliformes se generan principalmente por la contaminación de desechos animales humanos por la lixiviación del estiércol animal, tratamiento inadecuado de descargas sépticas y cloacales, escorrentía de aguas pluviales o de animales domésticos. Durante y después de la precipitación, las bacterias y los microorganismos nocivos de estas fuentes pueden ser drenados a los cursos de agua (Divya & Solomon, 2016).

Los resultados correspondientes al parámetro de coliformes fecales se representan en la figura 59.

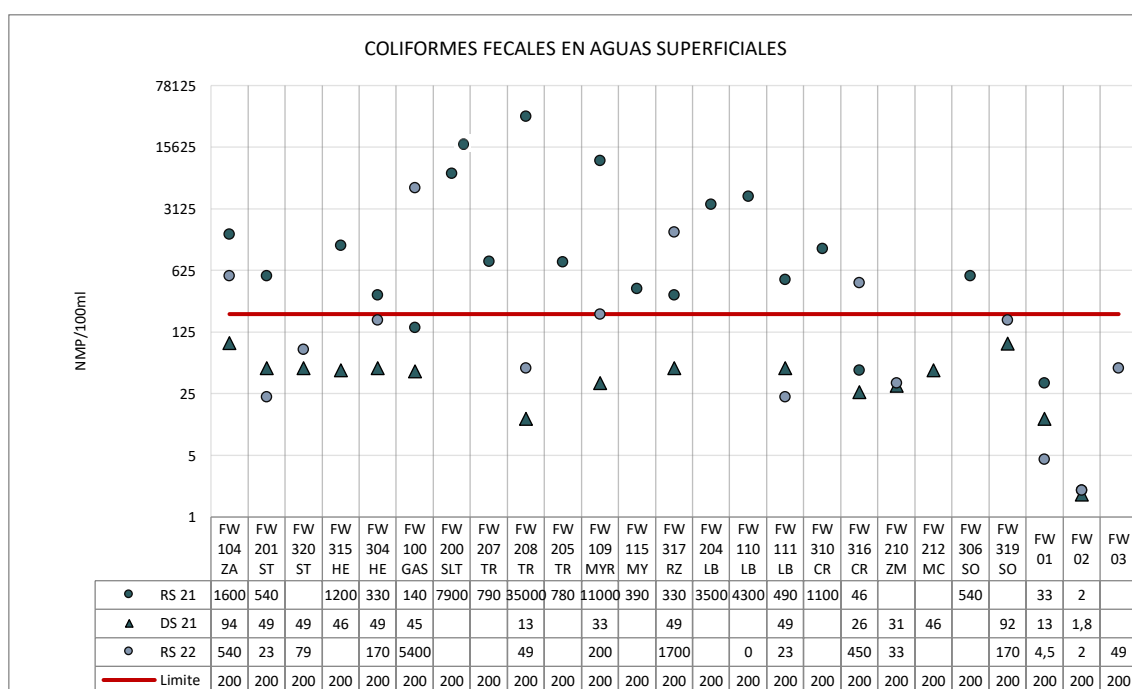


Figura 59. Comparativo de presencia de Coliformes fecales en aguas superficiales.

Para aguas de Clase 2, el padrón nacional establece que la presencia de Coliformes fecales debe ser menor a 200 NMP/100mL. El 80% de las muestras examinadas durante la primera campaña sobrepasan el límite establecido; mientras que todas las muestras analizadas durante la segunda campaña se encuentran en conformidad con la norma (tabla 59).

Tabla 59. Comparación de estadísticos descriptivos – Coliformes fecales

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	45,6	25	13	94	200	0	0%
Primera campaña	3.500	7953	2	35.000	200	16	80%

3.2.60. Coliformes totales en aguas superficiales.

La presencia de Coliformes totales en el agua (grupo que incluye a todos los Coliformes de cualquier origen que se desarrollan a 35°C) indica existencia de contaminación sin asegurar su origen. Los Coliformes presentes en el agua provienen generalmente de vertidos domésticos, de aguas residuales de alcantarillado, fosas sépticas, corrientes urbanas, etcétera.

En la figura 60 se representan los valores obtenidos

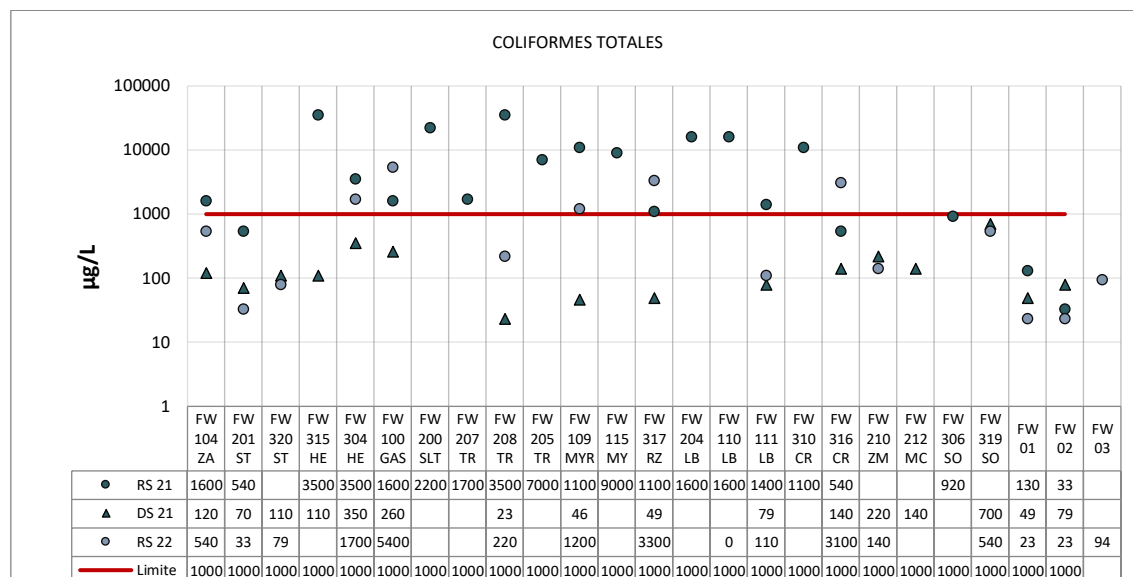


Figura 60. Comparativo de las determinaciones de Coliformes totales en aguas superficiales.

Tabla 60. Comparación de estadísticos descriptivos – Coliformes totales

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Segunda campaña	159,1	168,6	23,0	700	1000	0	0%
Primera campaña	8.753,2	11027,5	33	35.000	1000	19	95%

3.2.61 Comparación del parámetro color en dos puntos sobre el río Paraguay, en cuatro meses diferentes.

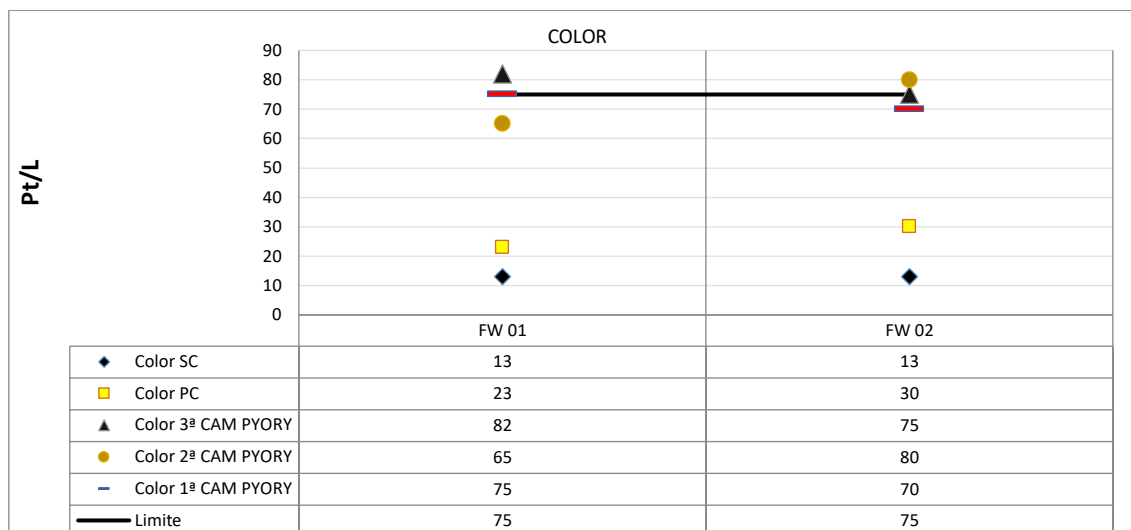


Figura 61. Comparativo de las determinaciones del parámetro Color en dos puntos del Río Paraguay y en 5 diferentes campañas de muestreo.

Para las determinaciones de color en el Río Paraguay se cuenta con los antecedentes de las anteriores campañas realizadas por la consultora PYORY en el marco del EIA (2020).

De las cinco campañas que realizaron la determinación del parámetro color, en la actual campaña se registran los valores más bajos. Según la legislación de referencia el límite de color es 75 Pt/L (Figura 61).

3.2.62 Análisis de los Índices de fenoles en aguas del Río Paraguay

	ÍNDICE DE FENOLES (mg/L)	
	FW01	FW02
Segunda Campaña TA	<0,005	<0,0005
Primera Campaña TA	<0,0005 ND	<0,0005 ND
3ª Campaña PYORY	<0,024 ND	<0,024 ND
2ª Campaña PYORY	<0,024 ND	<0,024 ND
1ª Campaña PYORY	<0,024 ND	<0,024 ND

CUADRO 1.COMPARATIVO DE LAS DETERMINACIONES DE FENOLES EN DOS PUNTOS DEL RÍO PARAGUAY EN DIFERENTES CAMPAÑAS.

En ambos puntos y en todas las campañas las determinaciones de fenoles estuvieron por debajo del límite de cuantificación (LOQ), es decir correspondieron a rangos no detectables (ND). Cabe destacar que el método actual es más sensible que los anteriores.

El tenor máximo de este parámetro permitido por el padrón de aguas del territorio nacional es de 0,05 mg/L

3.2.63 Análisis de las concentraciones de PCB en el ADA del proyecto.

	PCB ($\mu\text{g/L}$)	
	FW01	FW02
Segunda campaña TA	<0,2 $\mu\text{g/LND}$	<0,2 $\mu\text{g/LND}$
Primera campaña TA	<10 $\mu\text{g/L ND}$	<10 $\mu\text{g/L ND}$
3 ^a Campaña PYORY	<0,2 $\mu\text{g/L ND}$	<0,2 $\mu\text{g/L ND}$
2 ^a Campaña PYORY	<0,2 $\mu\text{g/LND}$	<0,2 $\mu\text{g/L ND}$
1 ^a Campaña PYORY	<0,2 $\mu\text{g/L ND}$	<0,2 $\mu\text{g/L ND}$

CUADRO 2. PCB en dos puntos del Rio Paraguay, antes y después del punto de vertido de efluentes.

En ambos puntos y en todas las campañas, las determinaciones de PCB estuvieron por debajo del límite de cuantificación (LOQ), es decir, correspondieron a rangos no detectables (ND). Según la Resolución SEAM 222/02, el valor de PCB en aguas superficiales de clase 2 debe ser igual cero.

3.3 Análisis comparativos del comportamiento de los parámetros determinados para aguas subterráneas.

En la serie de gráficos presentados a continuación se expone el comportamiento de cada parámetro determinado en los pozos que pudieron ser muestreados.

3.3.1 Análisis comparativo de la temperatura de las aguas subterráneas

Según Collazo y Montaña (2012) la temperatura de las aguas subterráneas es poco variable y responde a la media anual de las temperaturas atmosféricas del lugar. En profundidad depende del gradiente geotérmico, que aumenta 1° cada 30m de profundidad.

Houben et all. (2012), afirma que la temperatura puede afectar la viscosidad del agua, su capacidad de absorción de gases y su influencia sobre los procesos químicos y biológicos.

En la primera y segunda campaña seis pozos (6) tuvieron una lectura de temperatura del agua correspondiente a valores superiores a 25°C; el 42,8% de las muestras (Figura 62). Este valor presenta su importancia debido a las normas paraguayas que establecen un máximo de 25°C de temperatura para el agua destinado al consumo humano. La temperatura máxima registrada en las muestras fue de 27,7°C y la mínima de 21,2°C.

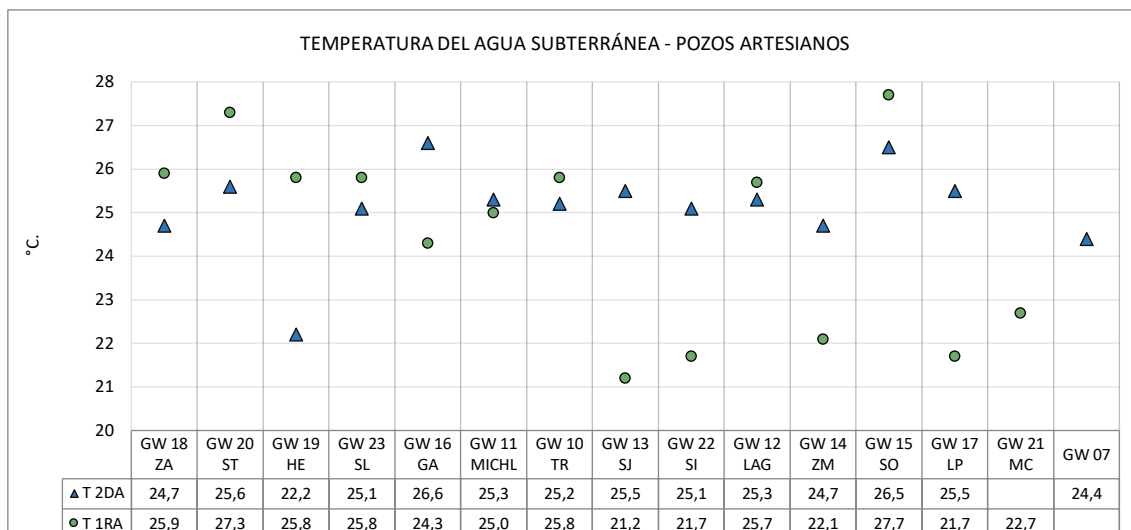


Figura 62. Temperatura del agua subterránea de la zona de plantaciones forestales

Las muestras de aguas subterráneas evaluadas provienen de pozos artesianos utilizados para la provisión de agua para consumo humano en la denominada Zona de Estancias (plantaciones forestales).

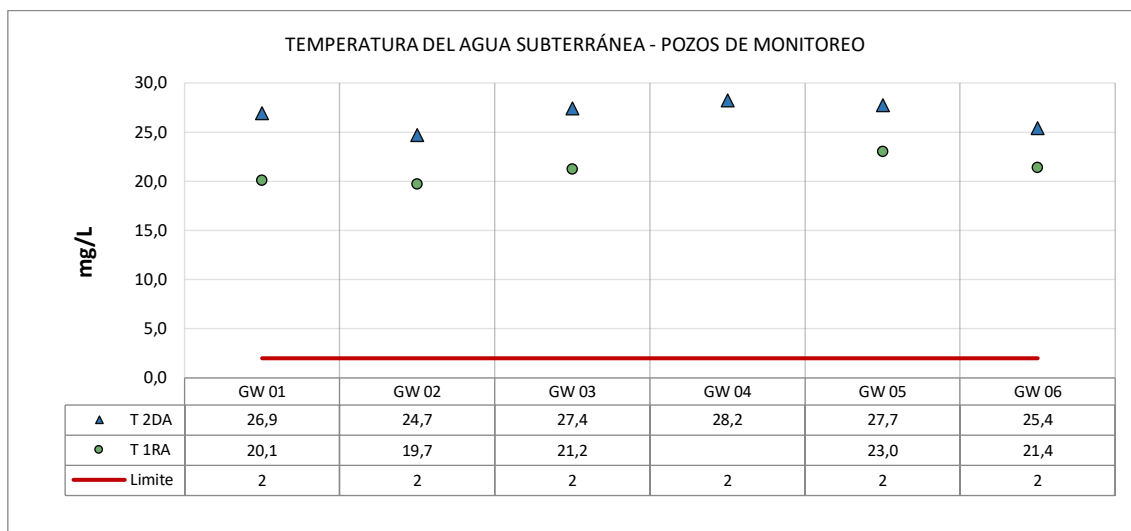


Figura 63. Temperatura del agua subterránea de los pozos de monitoreo del ADA

En la figura 63 puede notarse que las lecturas de temperatura fueron superiores durante la segunda campaña.

Tabla 61. Estadísticos descriptivos – Temperatura aguas subterráneas.

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Pozos artesianos segunda campaña	25,1	1,041	22,2	26,6	SLE	0	0%
Pozos artesianos primera campaña	24,5	2,2	21,2	27,7	SLE	0	0%
Pozos de monitoreo segunda campaña	26,7	1,38	24,70	28,20	SLE	0	0%
Pozos de monitoreo primera campaña	21,1	1,3	19,7	23,0	SLE	0	0%

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.3.2. Análisis comparativo del pH en aguas subterráneas.

Por regla general el pH de las agua naturales se mantiene entre 6.5 y 8, aunque excepcionalmente puede variar entre 3 y 11. El pH juega un papel importante en muchos procesos químicos y biológicos de las aguas subterráneas naturales (equilibrio carbonatado. procesos redox. etc.). Es fácilmente alterable por lo que su determinación debe hacerse en el momento de la toma de muestra

Las normas para el Paraguay establecen valores del pH que varían entre 5 y 10 (MSPBS e INTN); no así los parámetros del ERSSAN cuyas medidas son más rígidas y varían de 6,5 a 8,5. El agua con un pH menor a 7 suele ser agresivo. Un pH superior a 9 crea dificultades para las plantas

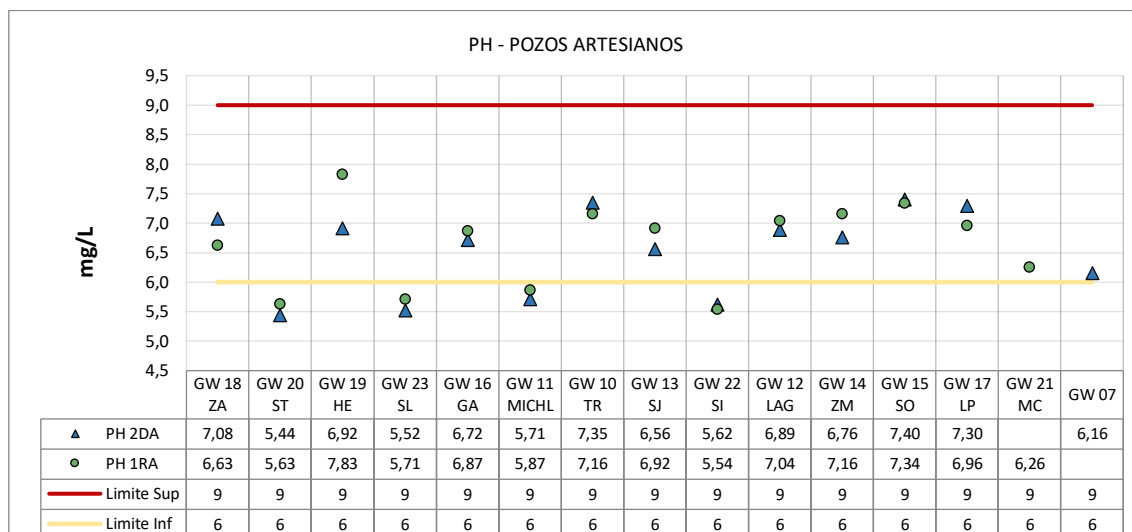


Figura 64. pH de pozos artesianos de la zona de plantaciones forestales.

Para el parámetro pH, la Resolución. SEAM N° 222/02 establece un límite inferior y superior, de valor 6 y 9 respectivamente. En la figura 64 puede observarse que ninguna medición registrada sobrepasa el límite superior; en cuanto al límite inferior puede notarse que los puntos GW 20-ST, GW 23-SL, GW 11-MICHEL Y GW 22-SILVA presentan valores de pH ligeramente ácidos en las dos mediciones.

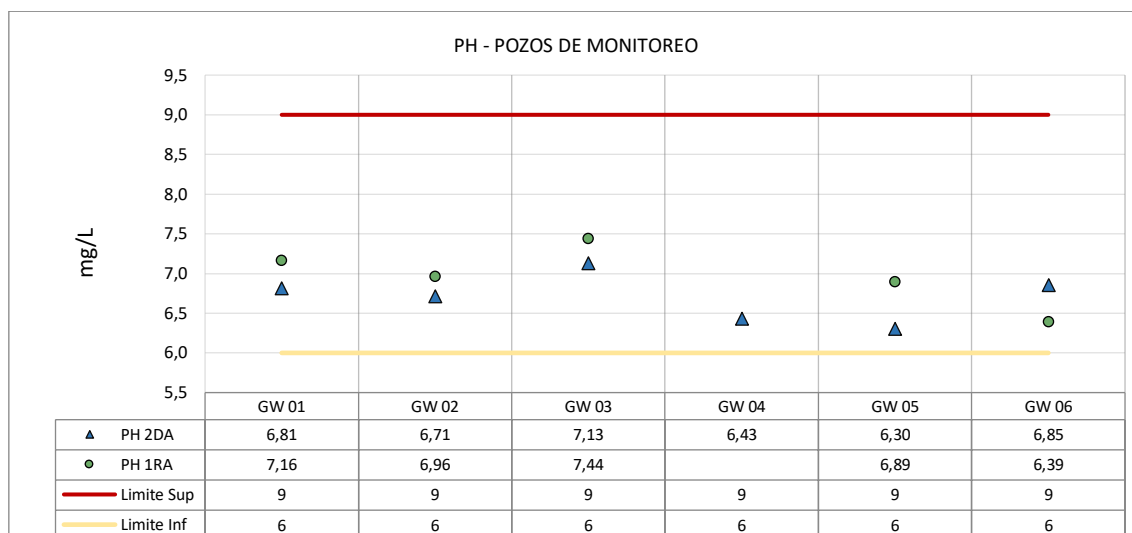


Figura 65. pH de los pozos de monitoreo del ADA

En los pozos de monitoreo del ADA, se puede apreciar que los seis pozos muestreados en la primera y segunda medición arrojaron valores de pH acordes al rango establecido en el padrón de aguas

Tabla 62. Estadísticos descriptivos – PH aguas subterráneas

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Pozos artesianos segunda campaña	6,5	0,709	5,4	7,4	6-9	4	28,5%
Pozos artesianos primera campaña	6,6	0,7	5,5	7,8	6-9	4	28,5%
Pozos de monitoreo segunda campaña	6,7	0,30	6,30	7,13	6-9	0	0%
Pozos de monitoreo primera campaña	7,0	0,4	6,4	7,4	6-9	0	0%

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.3.3 Análisis comparativo de la conductividad eléctrica en aguas subterráneas.

La conductividad eléctrica crece con el contenido de iones disueltos. En la misma influye no solo la concentración iónica, sino además el tipo de iones. Para agua dulce los valores van de 100 y 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En la figura 66 se aprecia que la conductividad eléctrica en los pozos muestreados es muy variada pero, en la mayoría de los casos son muy bajas, indicando contenido de sólidos disueltos mínimos. Sin embargo, un pozo - GW 15-SO – en la segunda medición presentó una variación en su conductividad eléctrica, sobrepasando así la concentración máxima recomendada, dicho pozo de abastecimiento corresponde a la estancia soledad.

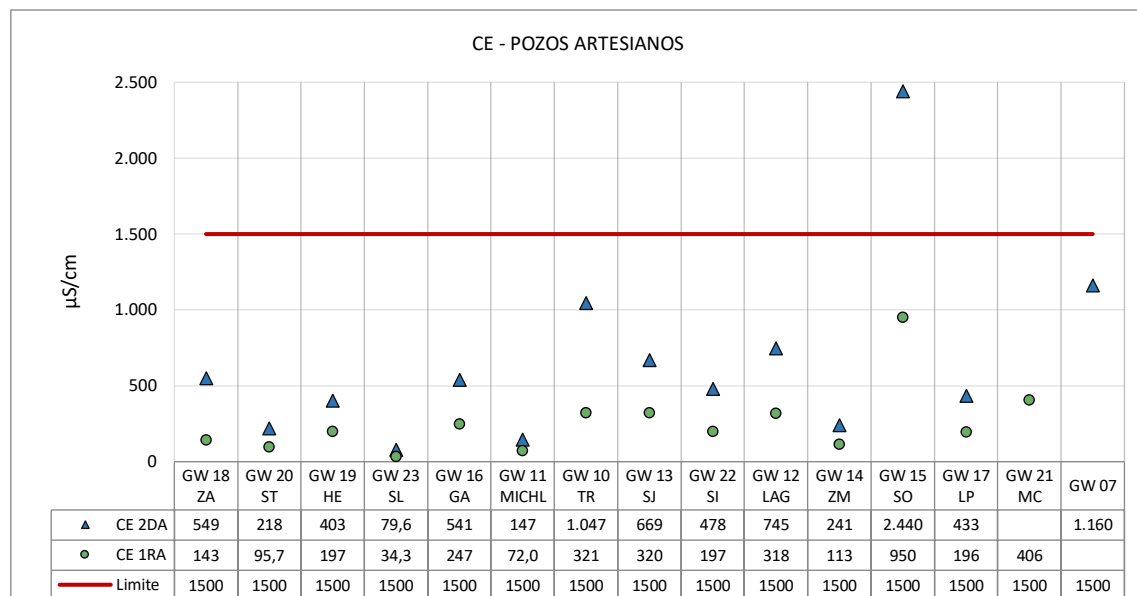


Figura 66. Conductividad eléctrica del agua subterránea de la zona de plantaciones forestales.

Para aguas de Clase II, la Resolución 222/02 no establece ningún límite para el parámetro de conductividad eléctrica; se toma como referencia el límite de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ establecido en la NP 24 001 80 “Requisitos Generales del Agua Potable”.

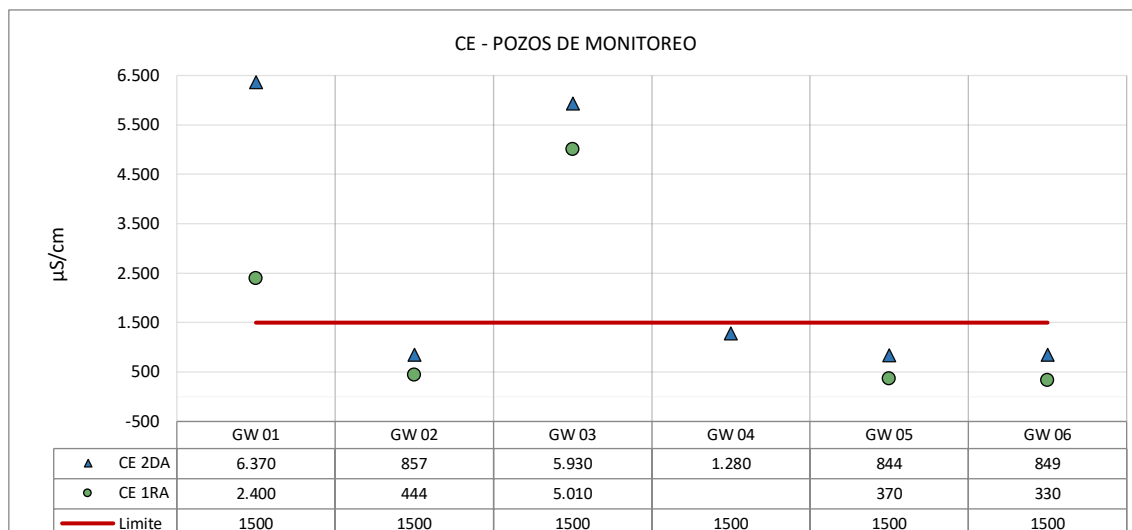


Figura 67. Conductividad eléctrica de los pozos de monitoreo del ADA.

En comparación con la zona de plantaciones forestales, en la zona del ADA se encontraron dos pozos que registraron valores de conductividad eléctrica superiores a lo recomendado.

Tabla 63. Estadísticos descriptivos – conductividad eléctrica aguas subterránea

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Pozos artesianos segunda campaña	653,6	602,753	79,6	2.440	1.500	1	7%
Pozos artesianos primera campaña	257,8	226,8	34,3	950	1.500	0	0%
Pozos de monitoreo segunda campaña	2.688,3	2690,17	844,00	6.370	1.500	2	33%
Pozos de monitoreo primera campaña	1.710,8	2041,4	330,0	5.010	1.500	2	40%

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.3.4 Análisis comparativo de sólidos disueltos totales (TDS) en 14 pozos artesianos

El total de sólidos disueltos puede afectar el color, olor y sabor del agua. La mayoría de las sustancias no amenazan la salud, pero pueden incitar a los consumidores a dejar de beber el agua a pesar de que sea segura.

La relativa seguridad del agua depende de qué sólidos estén presentes, por lo que el TDS no es necesariamente una medida de seguridad de agua potable.

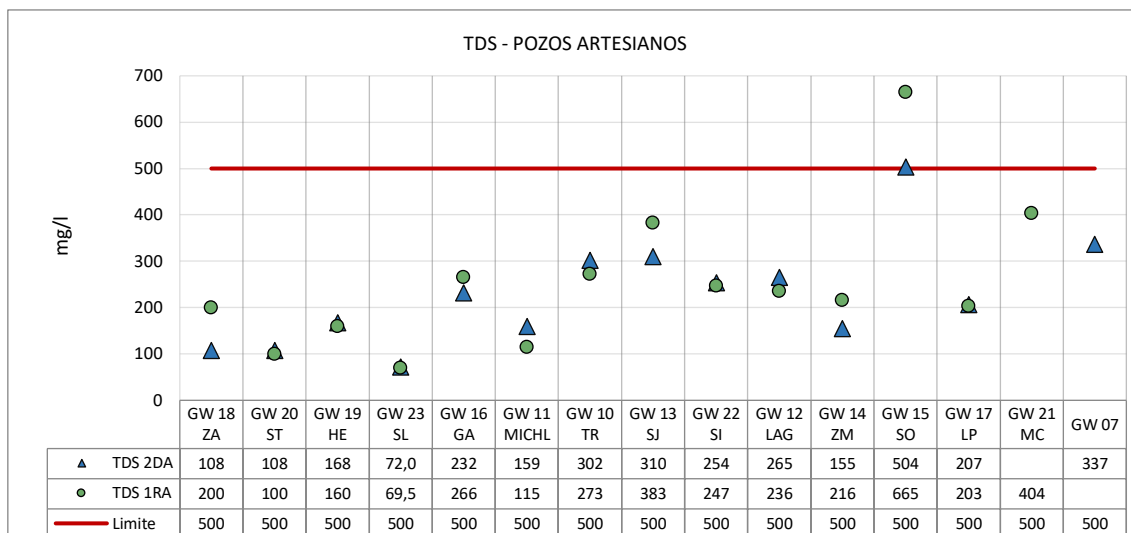


Figura 68. Solidos totales disueltos (TDS) en aguas subterráneas de la zona de plantaciones forestales

El límite establecido en el padrón de aguas del territorio nacional para el parámetro evaluado es de 500 mg/L; se encontró que un pozo - GW 15-SO – sobrepasa dicho límite.

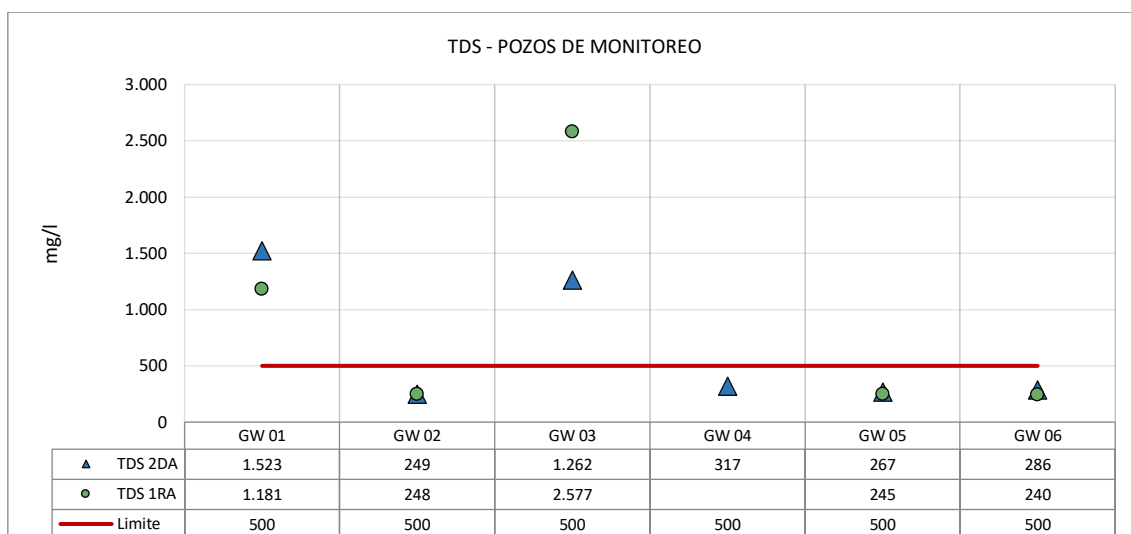


Figura 69. Solidos totales disueltos (TDS) en aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.

En la figura 69, para la zona ADA, puede observarse que dos pozos de monitoreo sobrepasan el valor límite de TDS establecido.

Tabla 64. Estadísticos descriptivos - TDS

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Pozos artesianos segunda campaña	227,2	114,212	72,0	504,0	500	1	7%
Pozos artesianos primera campaña	252,4	152,4	69,5	665,0	500	1	7%
Pozos de monitoreo segunda campaña	650,7	580,96	249,00	1.523,00	500	2	33%
Pozos de monitoreo primera campaña	898,2	1022,4	240,0	2.577,0	500	2	40%

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.3.5 Análisis de la presencia de Materia Orgánica en aguas subterráneas.

La materia orgánica en las aguas naturales puede ser originada por la descomposición del material biológico procedente de animales, plantas y microorganismos (Spence *et al.* 2011).

La degradación de la calidad del agua subterránea es un problema cada vez más común en acuíferos urbanos o cercanos a actividades antrópicas, y en muchos de los casos aún se desconoce la calidad química del agua (Esteller y Ordaz 2002). La contaminación del agua por materia orgánica puede generarse por vertidos urbanos, actividades ganaderas, así como por escurrimientos agrícolas e industriales.

Durante la segunda campaña no se registran valores detectables de materia orgánica; por otro lado, todas las muestras examinadas en la primera campaña presentan una concentración cuantificable. En la figura 70 se presentan detalladamente los valores registrados para cada pozo artesiano.

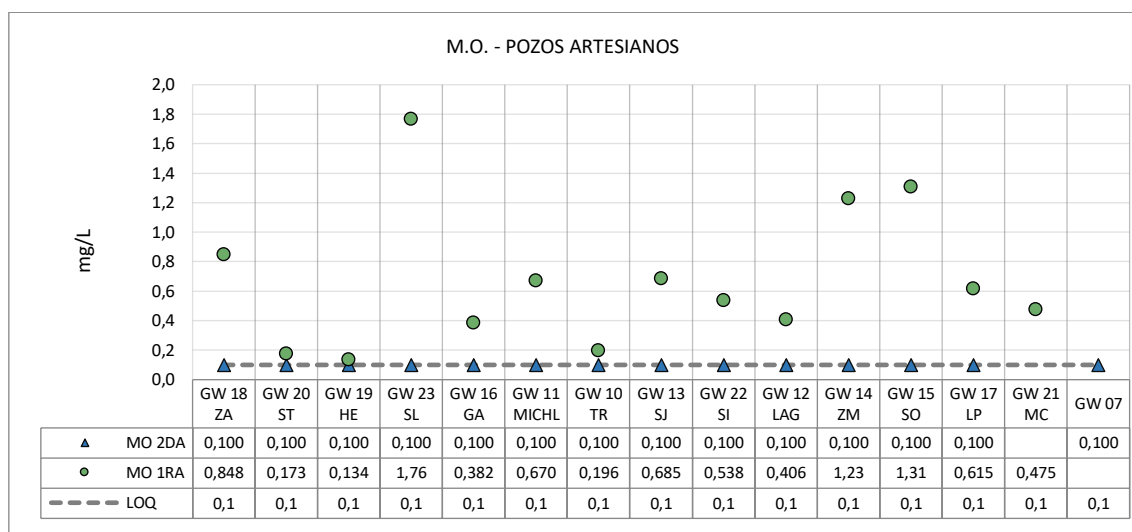


Figura 70. Tenores de materia orgánica en aguas subterráneas de la zona de plantaciones forestales.

La Resolución SEAM 222/02 no determina un máximo para concentraciones de materia orgánica.

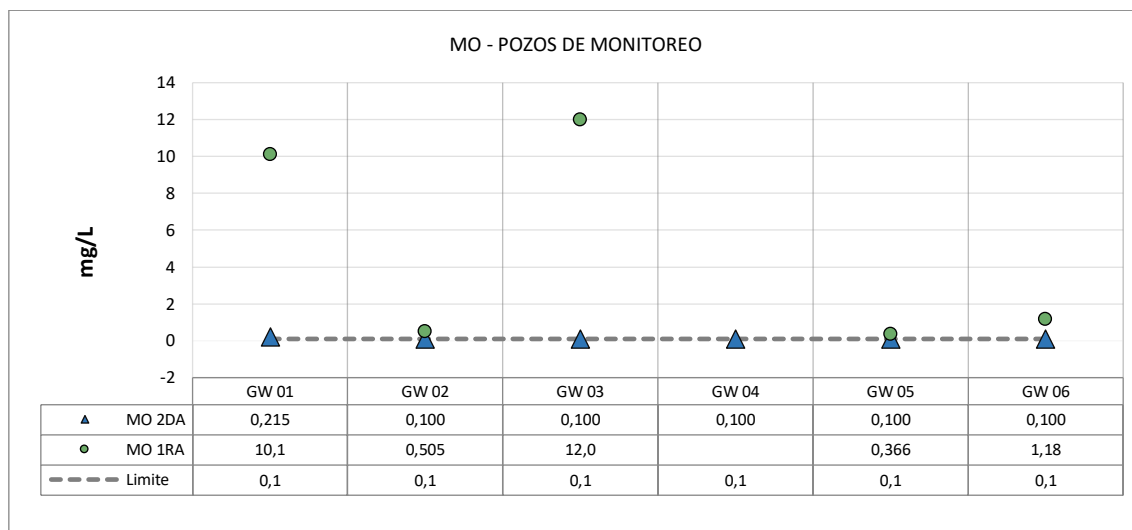


Figura 71. Tenores de materia orgánica en aguas subterráneas en los pozos de monitoreo del ADA.

Para la zona del ADA, teniendo en cuenta la segunda medición se observa que el único pozo de monitoreo que presento un valor cuantificable fue el GW 01, en los demás puntos no se alcanzó el umbral de cuantificación (LOQ= 0,1 mg/L). En comparación con los resultados de la primera campaña, durante la segunda campaña se verifica una disminución de los tenores medidos para el parámetro evaluado.

Tabla 65. Estadísticos descriptivos – Materia Orgánica

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Pozos artesianos segunda campaña	ND	-	ND	-	SLE	N/A	N/A
Pozos artesianos primera campaña	0,7	0,5	0,1	1,8	SLE	N/A	N/A
Pozos de monitoreo segunda campaña	N/A	-	ND	0,22	SLE	N/A	N/A
Pozos de monitoreo primera campaña	4,8	5,7	0,4	12,0	SLE	N/A	N/A

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.3.6 Análisis comparativo de la dureza en aguas subterráneas.

La dureza del agua subterránea se puede explicar por las formaciones geológicas en donde surge el agua, los valores pueden variar desde unos pocos hasta cientos de mg CaCO₃/L. La dureza del agua proviene de sales de cationes metálicos divalentes.

El calcio se disuelve prácticamente de todas las rocas, y por lo tanto, se detecta en todas las aguas. El agua dura no se ha demostrado que causa problemas de salud, pero puede ser una molestia, ya que puede causar la cuajada y depósitos de jabón que se forman en las tuberías y otros accesorios de plomería. Con el tiempo esto puede reducir el diámetro de los tubos (Rodríguez 2009).

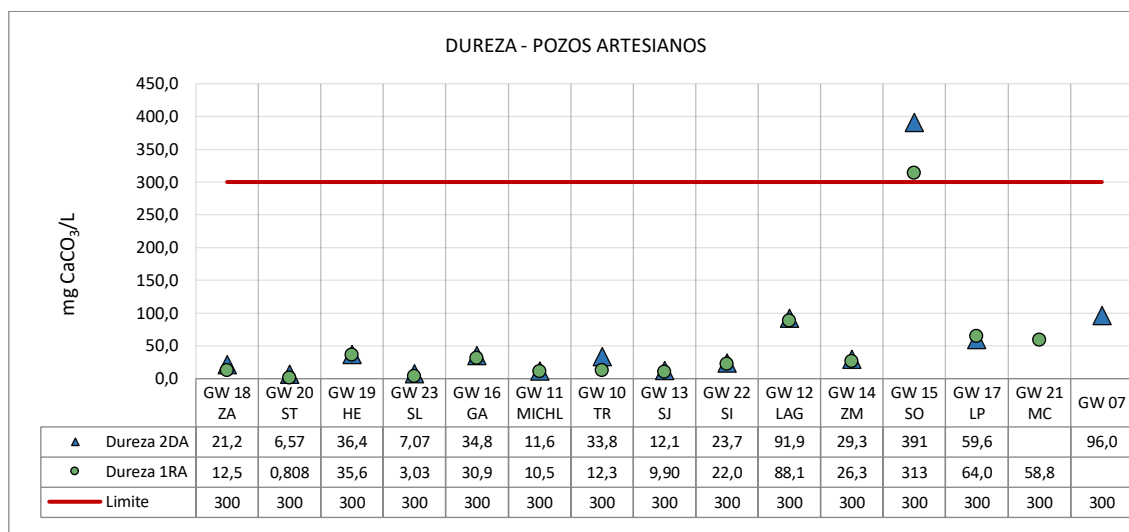


Figura 72. Dureza en aguas subterráneas de la zona de plantaciones forestales.

La dureza es un parámetro de calidad de agua principalmente influenciado por los minerales presentes en las formaciones geológicas, la Resolución SEAM 222/02 condiciona un tenor máximo de 300 mg/L para este parámetro.

En cuanto al análisis de dureza, teniendo en cuenta las lecturas de las dos mediciones; la mayoría de los pozos artesianos presentan dureza blanda, el agua del pozo GW 12 LAG es considerada de una dureza moderadamente dura mientras que el pozo GW 15-SO presenta una dureza muy dura (Figura 72).

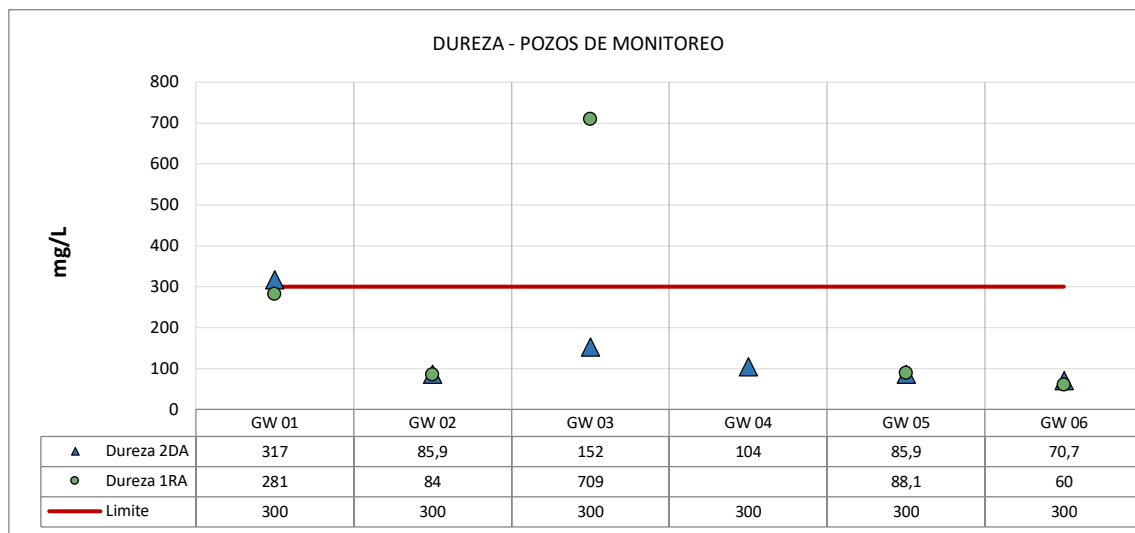


Figura 73. Dureza en aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.

La figura 73 muestra los valores obtenidos en cuanto a dureza del agua en la zona del ADA, de los seis pozos monitoreados; cuatro de ellos se encuentran con agua moderadamente dura y los dos restantes poseen agua muy dura.

Tabla 66. Estadísticos descriptivos – Dureza de las aguas subterráneas.

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Pozos artesianos segunda campaña	61,1	99,149	6,6	391,0	300	1	7%
Pozos artesianos primera campaña	49,1	80,1	0,8	313,0	300	1	7%
Pozos de monitoreo segunda campaña	135,9	93,09	70,70	317,00	300	1	17%
Pozos de monitoreo primera campaña	244,5	274,5	59,8	709,0	300	1	20%

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.3.7 Fosforo total en aguas subterráneas

El fósforo es considerado como un parámetro crítico en la calidad del agua, su presencia en las aguas subterráneas pueden suponer un riesgo importante de eutrofización para las aguas superficiales asociadas y los ecosistemas terrestres que dependen directamente de ellas.

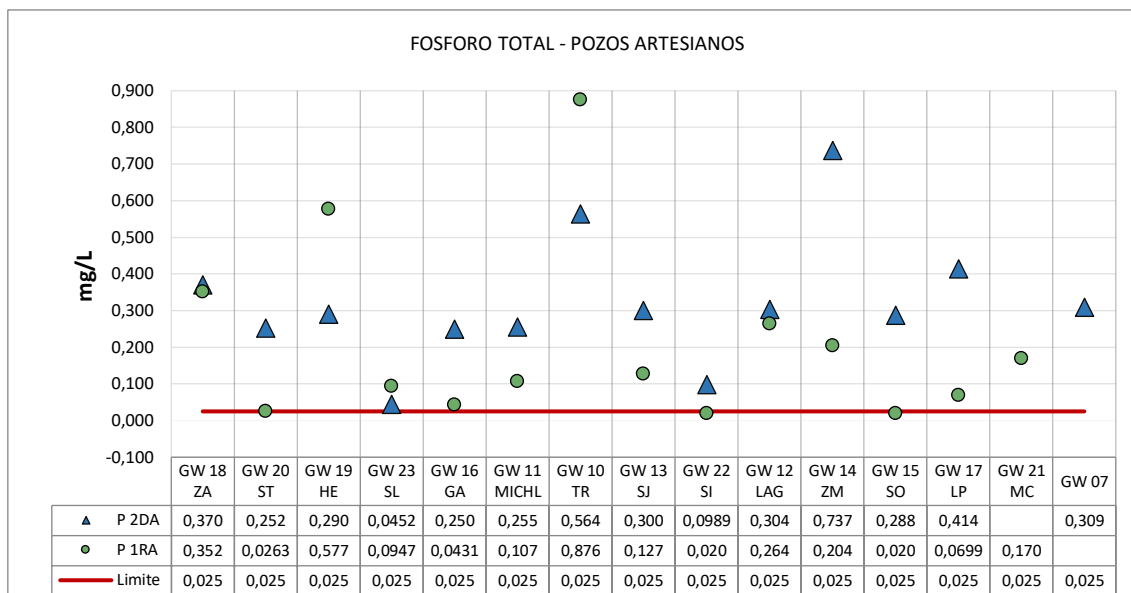


Figura 74. Concentraciones de fósforo total en tubulares profundos de la zona de plantaciones forestales.

Como se mencionó anteriormente en el informe, durante las aplicaciones de fertilizantes, la fracción de fósforo no asimilada por la vegetación se infiltra en los suelos y llega hasta las aguas subterráneas y/o superficiales; lo que podría explicar las altas concentraciones de fósforo encontradas durante el presente monitoreo.

En la figura 74 puede notarse que hubo un incremento considerable en cuanto al fósforo presente en el agua de algunos pozos artesianos.

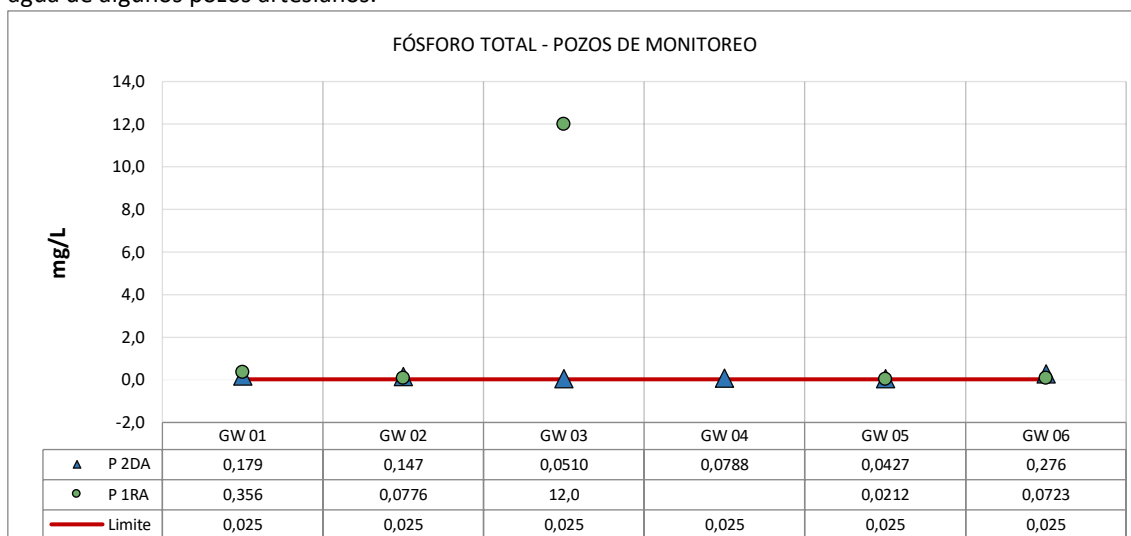


Figura 75. Fósforo total en aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.

En las muestras tomadas de los pozos de la zona del ADA, el pozo GW 03 presentó una gran disminución de fósforo con relación a la primera medición de muestra.

Tabla 67. Estadísticos descriptivos – fósforo total en aguas subterráneas

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Pozos artesianos segunda campaña	0,3	0,172	0,0	0,7	0,05	13	93%
Pozos artesianos primera campaña	0,2	0,2	0,0	0,9	0,05	10	71%

Pozos de monitoreo segunda campaña	0,1	0,09	0,04	0,28	0,05	5	83%
Pozos de monitoreo primera campaña	2,5	5,3	0,0	12,0	0,05	4	80%

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.3.8 Nitrógeno total en aguas subterráneas

La contaminación de las aguas subterráneas por nitratos constituye uno de los principales problemas de la contaminación de dichas aguas. El excedente de nitrógeno procedente de fertilizante, no asimilado por los cultivos y lixiviado al acuífero a través de la zona no saturada es una de las principales causas de su acumulación.

En la figura 76 se puede apreciar la disminución de nitrógeno en tres pozos que en la primera medición superaban el límite permitido.

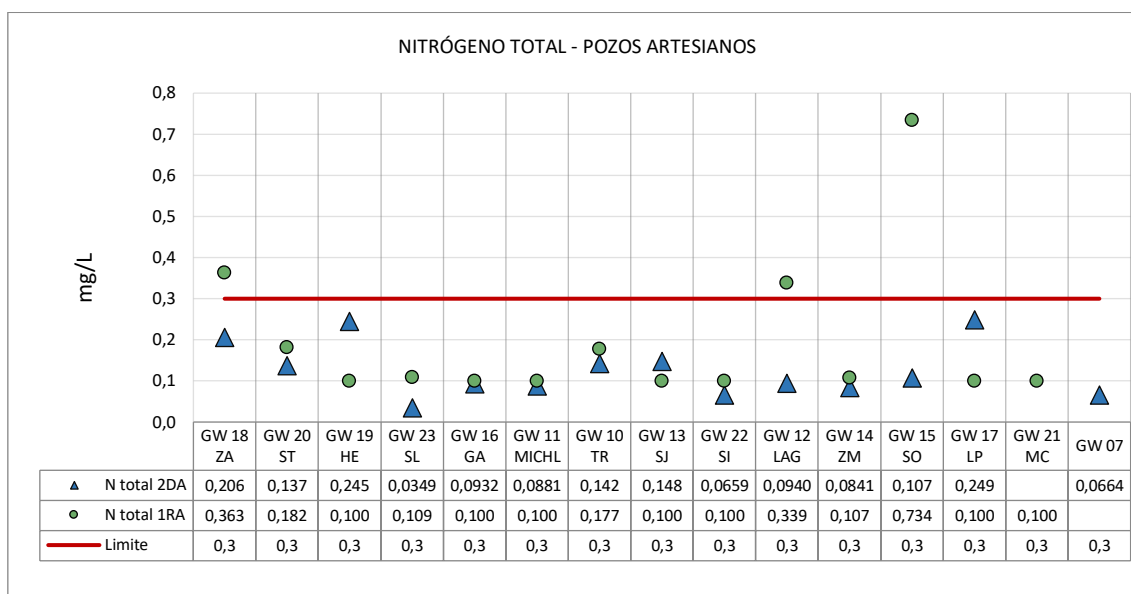


Figura 76. Concentraciones de Nitrógeno total en aguas subterráneas de la zona de plantaciones forestales.

Durante la segunda campaña el Nitrógeno Total tuvo un valor promedio de 0,32 mg/L, en ningún punto se sobrepasó el valor límite de la legislación de referencia.

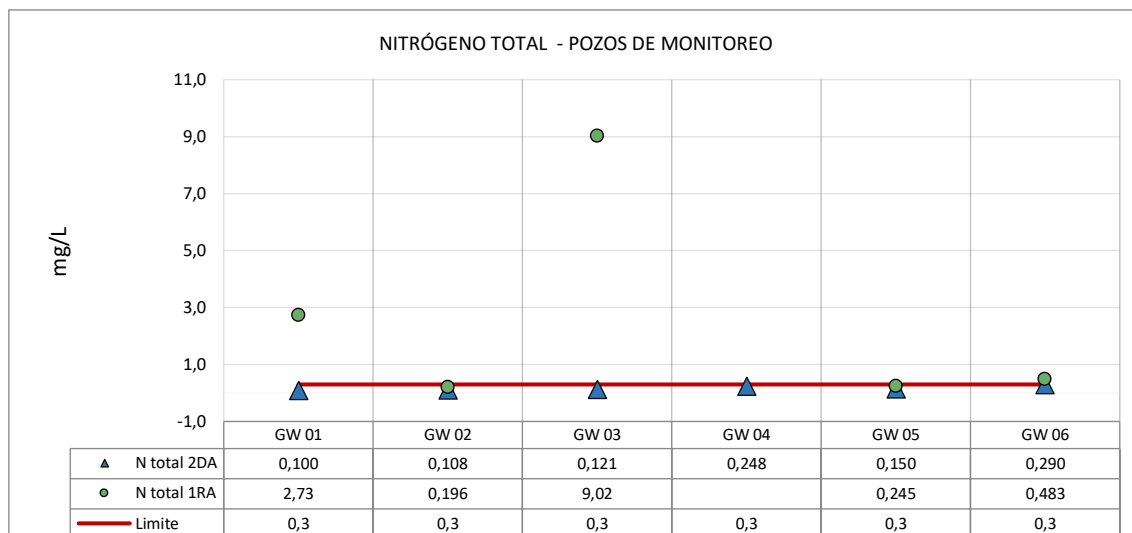


Figura 77. Nitrógeno total en aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.

En los pozos de monitoreo de la zona del ADA se observa la disminución de nitrógeno presente en agua de todos los pozos muestreados.

Tabla 68. Estadísticos descriptivos – Nitrógeno total en aguas subterráneas.

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Pozos artesianos segunda campaña	0,1	0,067	0,0	0,2	0,6	0	0%
Pozos artesianos primera campaña	0,3	0,2	0,1	0,7	0,6	1	7%
Pozos de monitoreo segunda campaña	0,2	0,08	0,10	0,29	0,6	0	0%
Pozos de monitoreo primera campaña	2,5	3,8	0,2	9,0	0,6	2	40%

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.3.9. Análisis de nitratos en aguas subterráneas.

La entrada de los nitratos a las aguas subterráneas es un resultado de procesos naturales y del efecto directo o indirecto de las actividades humanas. Una de las actividades humanas que promueven la presencia de nitratos en el agua es la fertilización excesiva con nitrógeno.

El problema con los nitratos, es que son contaminantes móviles en el agua subterránea que no son adsorbidos por los materiales del acuífero y no precipitan como un mineral.

La presencia de nitratos en el agua potable puede causar una variedad de efectos a corto y largo plazo. Los infantes están particularmente bajo un fuerte riesgo del síndrome de bebé azul, algunos casos resultando en muerte.

En la figura 78, de los quince pozos monitoreados, cuatro de ellos presentaron una disminución de la presencia de nitratos en sus aguas.

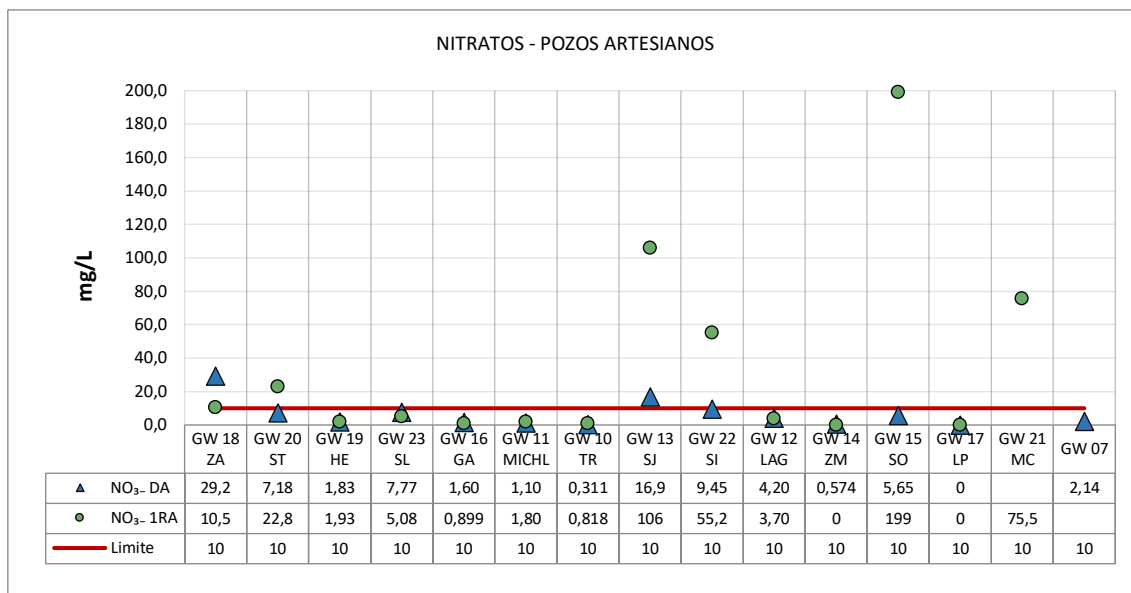


Figura 78. Nitratos en aguas subterráneas de los pozos artesianos de la zona de plantaciones forestales.

Para nitratos, el tenor máximo establecido por la legislación de referencia es de 10 mg/L. Se verifica que en los puntos GW 18-ZA y GW-13 San Juan, se sobrepasa el máximo permisible.

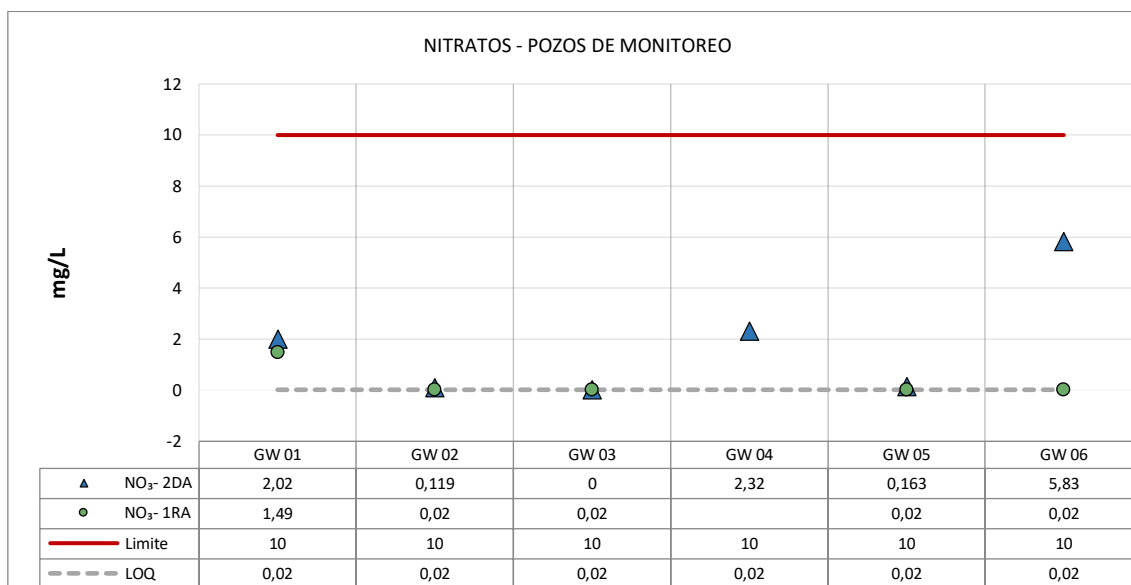


Figura 79. Nitratos en aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.

En los pozos de monitoreo de la zona del ADA no se registran valores por encima del límite, aunque los pozos GW 01 y GW 06 en la segunda medición sufrieron un ligero aumento de concentración de nitratos en sus aguas.

Tabla 69. Estadísticos descriptivos – Nitratos en aguas subterráneas

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Pozos artesianos segunda campaña	6,8	8,082	0,3	29,2	10	2	14%
Pozos artesianos primera campaña	40,3	57,9	0,8	199	10	6	43%
Pozos de monitoreo segunda campaña	2,1	2,25	0,12	5,83	10	0	0%

Pozos de monitoreo primera campaña	1,5	0,7	1,5	1,5	10	0	0%
------------------------------------	-----	-----	-----	-----	----	---	----

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.3.10 Análisis de las trazas de cloruros en aguas subterráneas.

El cloro (Cl₂) es altamente tóxico y es usualmente utilizado como desinfectante, sin embargo en combinación con un metal, como el sodio (Na), es esencial para la vida, dado que, pequeñas cantidades de cloruros son requeridas para la función celular en los seres vivos.

El ion cloruro es necesario en la dieta diaria ya que es importante en la salud de los riñones, el sistema nervioso y la nutrición. Sin embargo si el ion sodio asociado al ion cloruro como cloruro de sodio (NaCl) llega a causar problemas de salud a personas que sufren enfermedad del corazón o riñones, también se ha considerado que la formación de cálculos está relacionada con la salinidad y dureza del agua por la combinación de sales y calcio (WHO, 1996).

En la figura 80 se puede observar que todos los pozos tienen una concentración de cloruros sumamente aceptables, lo que supone no causaran daños en la salud de las personas que consuman el agua del pozo.

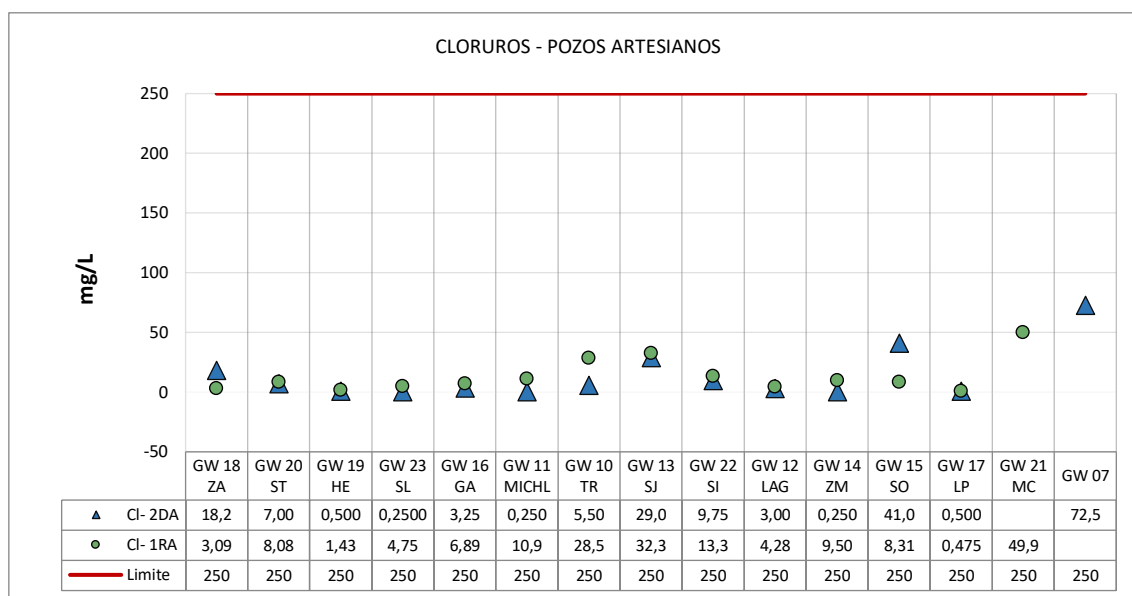


Figura 80. Cloruros en agua subterráneas de la zona de plantaciones forestales.

El límite definido según la Ley 1614/2000 es de 250 mg/L, ningún pozo de la zona de plantaciones forestales se sobrepasa dicho tenor máximo.

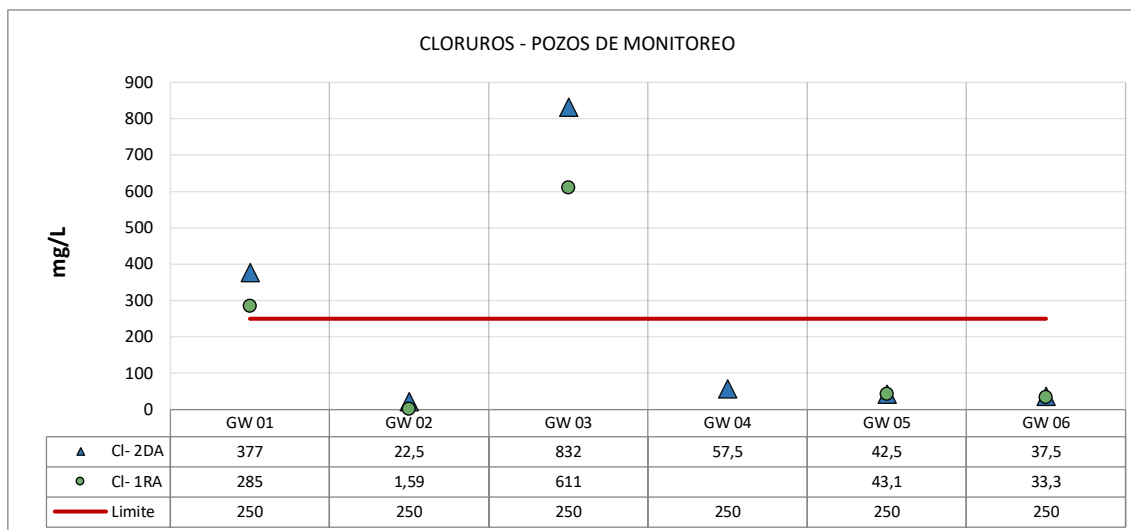


Figura 81. Cloruros de aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.

En la zona de la futura planta industrial los pozos de monitoreo GW01 y GW03 presentan valores superiores al límite establecido (Figura 81).

Tabla 70. Estadísticos descriptivos – Cloruros en aguas subterráneas.

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Pozos artesianos segunda campaña	13,6	20,939	0,3	72,5	250	0	0%
Pozos artesianos primera campaña	13	14,2	0,5	49,9	250	0	0%
Pozos de monitoreo segunda campaña	228,2	325,27	22,50	832,00	250	2	33%
Pozos de monitoreo primera campaña	194,8	258,7	1,6	611,0	250	2	40%

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.3.11 Alcalinidad de las aguas subterráneas.

La alcalinidad del agua se debe a los contenidos de carbonatos y bicarbonatos en solución, los cuales son muy comunes en las aguas subterráneas. Cuando se riegan cultivos con aguas de estas características se tienen los mismos efectos, por ello es importante saber que significa la alcalinidad del agua y saber decidir cuándo es necesario un tratamiento.

La alcalinidad en el agua potable puede influir en cómo se debe tratar el agua durante todo el proceso de tratamiento de agua. La importancia de la alcalinidad es significativa en los fenómenos de coagulación y ablandamiento, así como en la prevención de la corrosión. Por lo general, se mide en el agua de la fuente y en el agua de distribución, aunque también se puede medir en la etapa de coagulación y floculación.

La figura 82 demuestra la corrección de la alcalinidad del agua de la mayoría de los pozos artesianos pero el más notorio es el pozo GW 15 SO, que en su primera medición estuvo por encima del límite establecido.

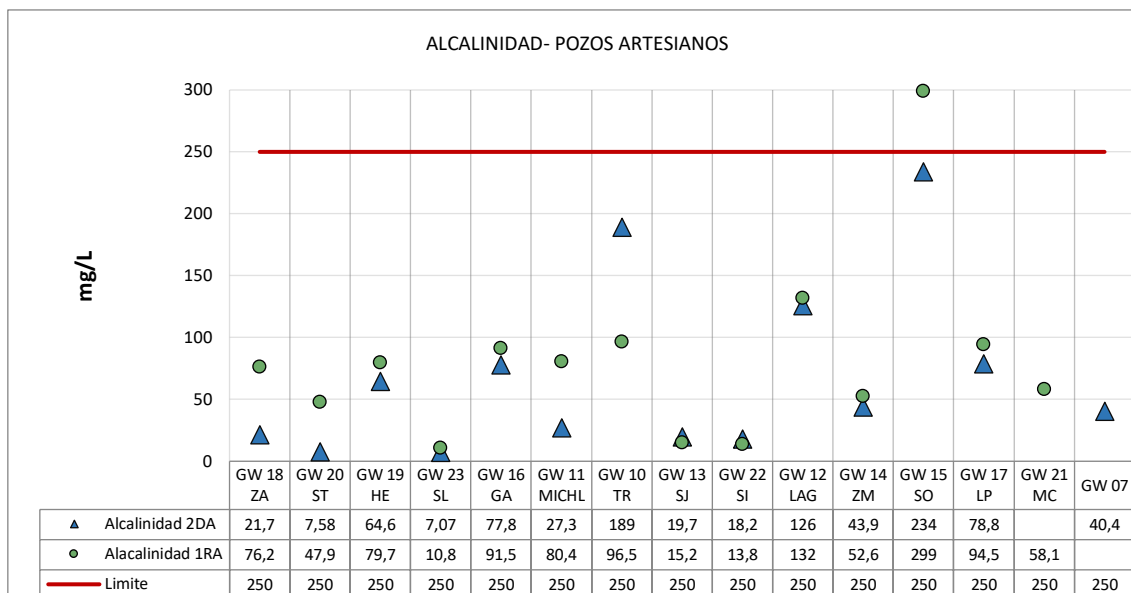


Figura 82. Niveles de alcalinidad en aguas subterráneas de las zona de plantaciones forestales.

La Ley 1614/2000 establece como máximo permisible la concentración de 250 CaCO_3/L , Durante la segunda campaña ningún pozo artesiano sobrepaso dicho límite.

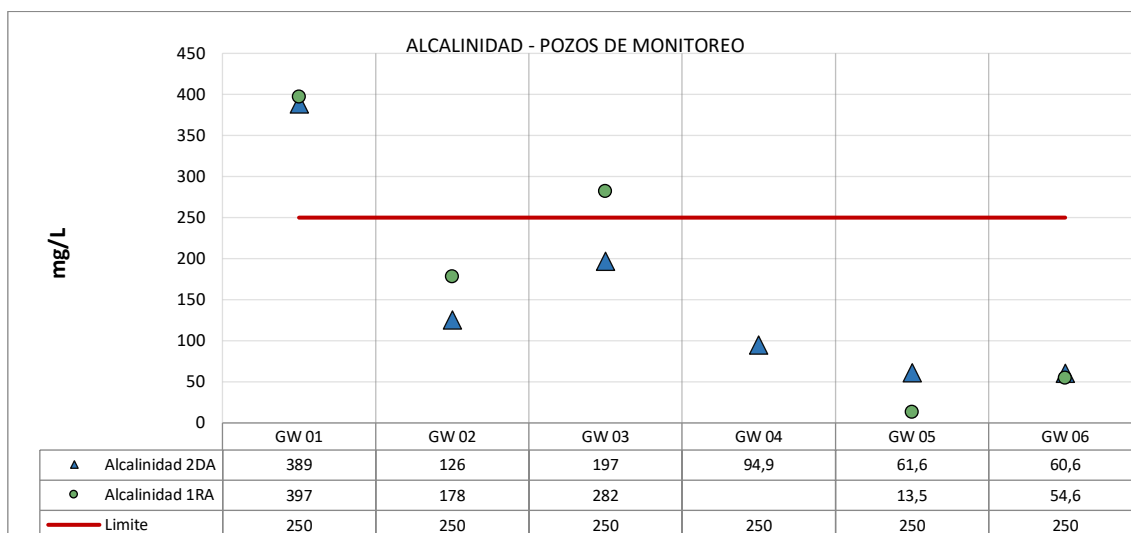


Figura 83. Niveles de alcalinidad en aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.

En la zona del ADA, el pozo de monitoreo GW01 fue el único punto que presento una concentración por encima del límite. Se observa la corrección de alcalinidad del pozo GW 03 (Figura 83).

Tabla 71. Estadísticos descriptivos – Alcalinidad de las aguas subterráneas

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Pozos artesianos segunda campaña	68,3	69,671	7,1	234	250	0	0%
Pozos artesianos primera campaña	82,0	71,7	10,8	299	250	1	7%
Pozos de monitoreo segunda campaña	154,9	125,39	60,60	389	250	1	17%
Pozos de monitoreo primera campaña	185	158,8	13,5	397	250	2	40%

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.3.12 Análisis de bicarbonatos en agua subterránea.

Los carbonatos y bicarbonatos están vinculados al calcio, magnesio, sodio y otros iones disueltos en el agua. El bicarbonato es el componente que más contribuye a la alcalinidad.

Cuando se toma agua con bicarbonato de forma continua se puede presentar alcalosis metabólica, condición en la que la sangre se vuelve muy alcalina y ocasiona que los pulmones y riñones trabajen de más para eliminar la alcalinidad de la sangre.

En la figura 84, algunos pozos artesianos presentaron una disminución en cuanto a su concentración de bicarbonato en sus aguas

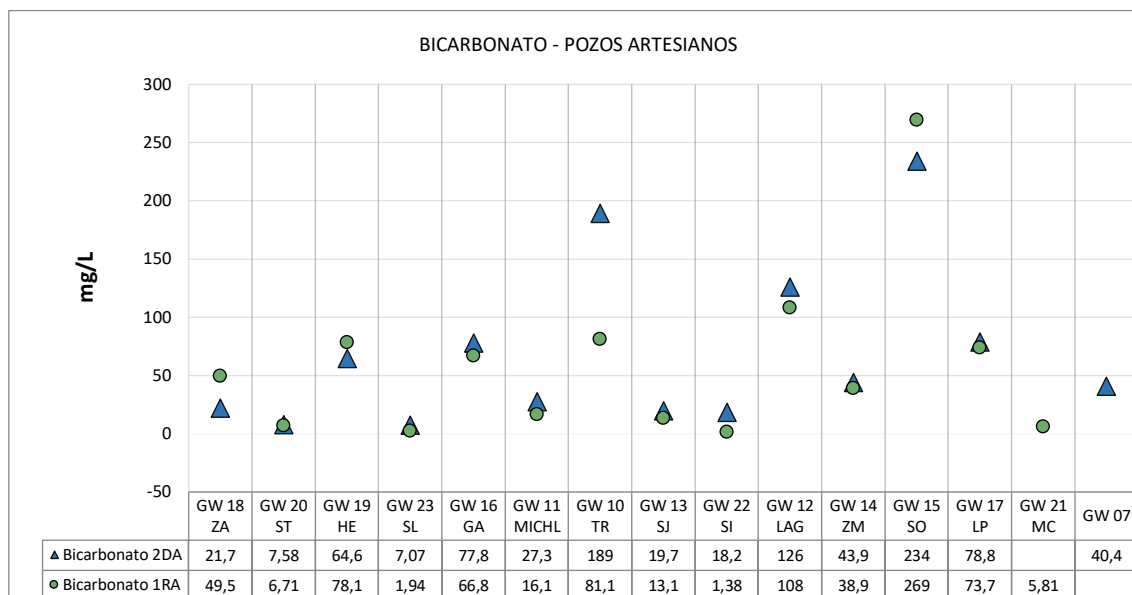


Figura 84. Comparativo de bicarbonatos en aguas subterráneas.

El bicarbonato es un parámetro de calidad de agua sin límite establecido, los niveles de bicarbonatos en pozos tubulares profundos están influenciados por los minerales presentes en la formación geológica.

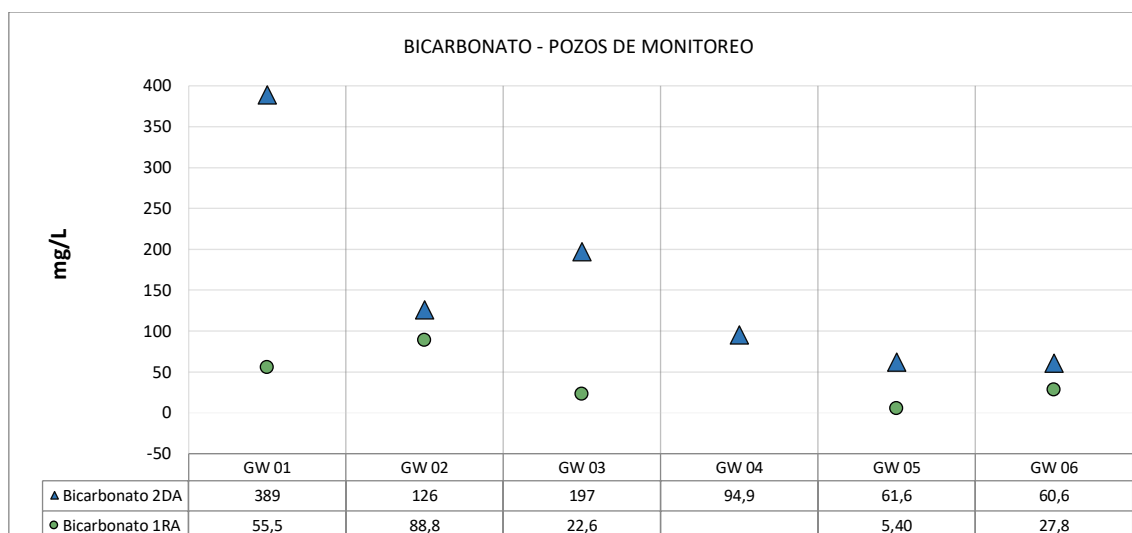


Figura 85. Bicarbonatos en aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.

En la figura 85 se puede observar que en los pozos de monitoreo de la zona del ADA todos los pozos presentaron un aumento de bicarbonato comparado con la primer medición.

Tabla 72. Estadísticos descriptivos – Bicarbonatos en aguas subterráneas

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Pozos artesianos segunda campaña	68,3	69,671	7,1	234	SLE	N/A	N/A
Pozos artesianos primera campaña	57,9	70,3	1,4	269	SLE	N/A	N/A
Pozos de monitoreo segunda campaña	154,9	125,39	60,60	389	SLE	N/A	N/A
Pozos de monitoreo primera campaña	40	32,7	5,4	88,8	SLE	N/A	N/A

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.3.13 Presencia de Carbonatos en aguas subterráneas

Los iones de carbonatos contribuyen a la alcalinidad del agua. Por su parte, la alcalinidad expresa la capacidad que tiene el agua de mantener su pH a pesar de recibir una solución ácida o alcalina. Corresponde principalmente a los hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de los iones Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+} y NH_4^{+} ; los más comunes son los de calcio y magnesio

En la figura 86 se observa claramente la nula presencia de carbonatos en las aguas correspondientes a los pozos artesianos ubicados en la zona de plantaciones.

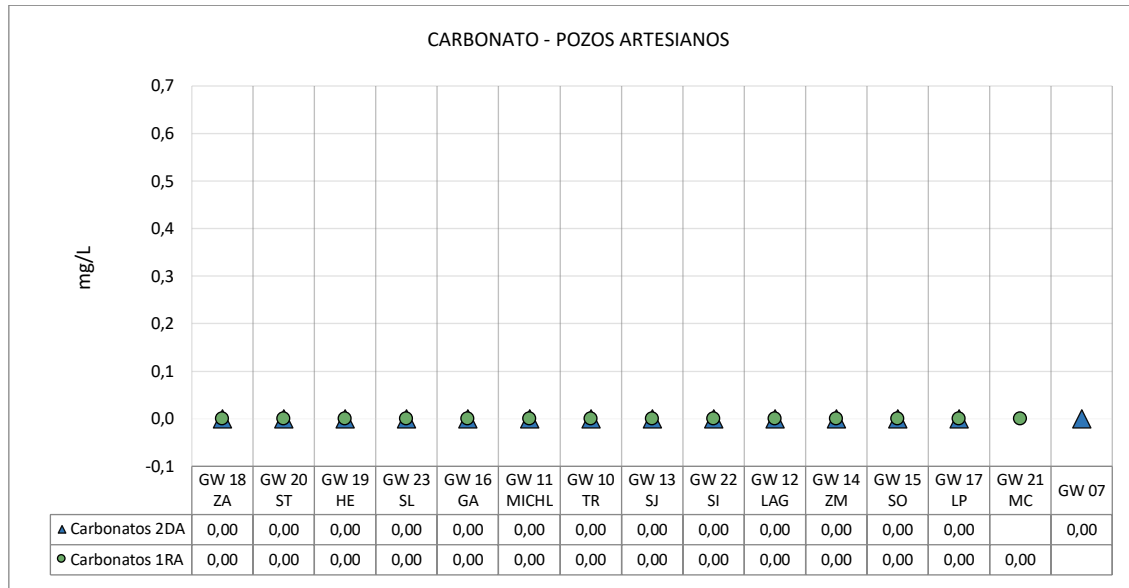


Figura 86. Comparativos de los niveles de Carbonato en agua de pozos artesianos de la zona de plantaciones forestales.

El carbonato es un parámetro de calidad de agua sin límite establecido, según las determinaciones de laboratorio, todas las muestras presentan carbonato igual a cero.

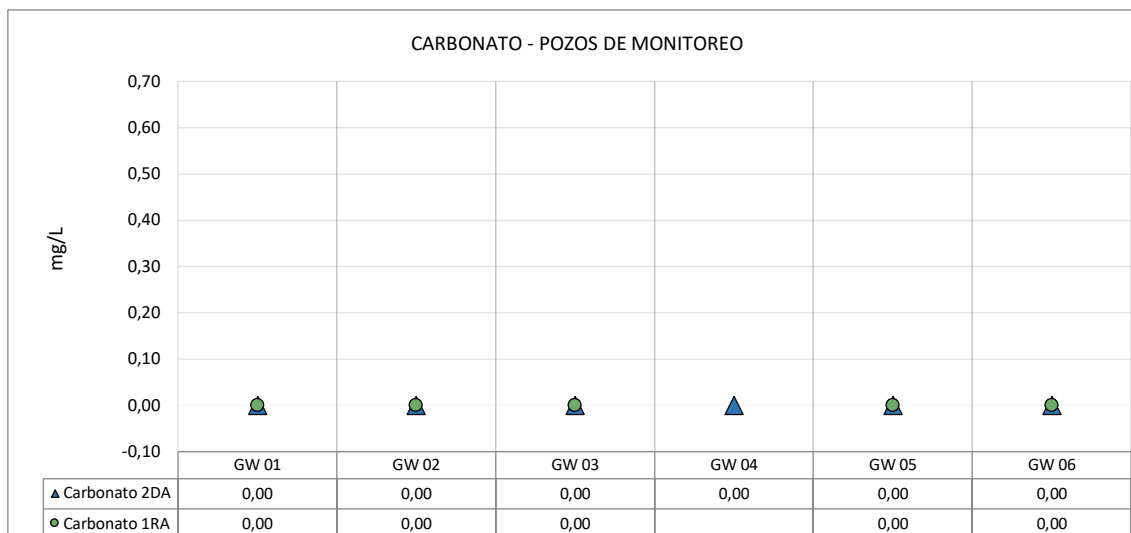


Figura 87. Carbonato en agua de pozos de monitoreo del ADA.

Igualmente las determinaciones de laboratorio de las muestras extraídas de los pozos de monitoreo del ADA fueron igual a cero.

Tabla 73. Estadísticos descriptivos – Carbonatos en aguas subterráneas

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Pozos artesianos segunda campaña	ND	-	ND	-	SLE	N/A	N/A
Pozos artesianos primera campaña	ND	-	ND	-	SLE	N/A	N/A
Pozos de monitoreo segunda campaña	ND	-	ND	-	SLE	N/A	N/A
Pozos de monitoreo primera campaña	ND	-	ND	-	SLE	N/A	N/A

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.3.14 Análisis comparativo de sulfatos en aguas subterráneas.

Sulfato (SO₄) se puede encontrar en casi todas las aguas naturales. El origen de la mayoría de los compuestos de sulfatos es la oxidación de minerales de sulfito o los desechos industriales. Es uno de los principales componentes disueltos de lluvia. Las altas concentraciones de sulfatos en el agua de bebida puede tener un efecto laxante cuando se combina con el calcio y el magnesio, los dos componentes más comunes de la dureza.

Algunos suelos y rocas que contienen minerales de sulfato como el agua subterránea se mueven a través de las rocas provocando que se disuelvan en el agua.

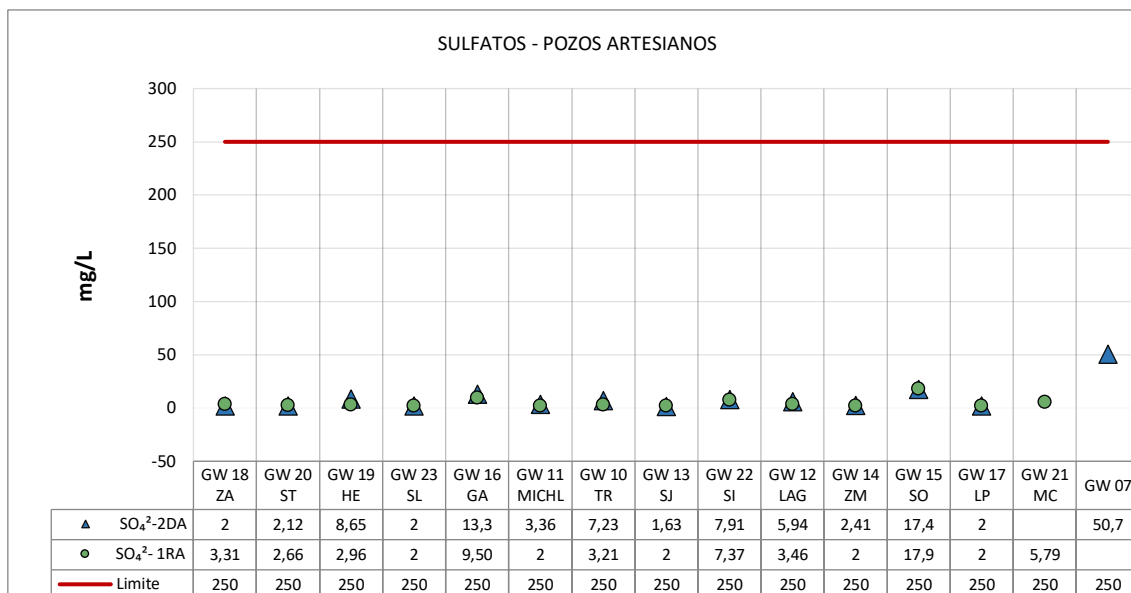


Figura 88. Comparativo de los niveles de sulfatos de los pozos artesianos de la zona de plantaciones forestales.

La Resolución SEAM 222/02 define un máximo de 250 mg/L para este parámetro. En la figura 88 se observa que todos los pozos artesianos tienen niveles de sulfato adecuados. La mayor determinación fue 50,7 mg/L en el punto GW 07.

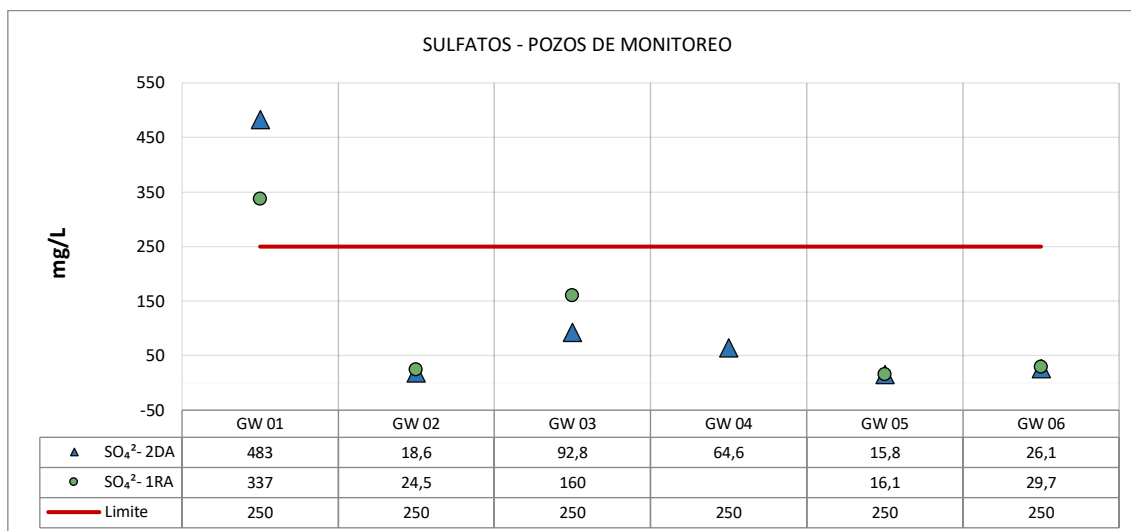


Figura 89. Sulfatos en aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.

En la zona del ADA, el único pozo de monitoreo que sobrepasa el límite es el GW01 con 483 mg/l (Figura 89).

Tabla 74. Estadísticos descriptivos – Sulfatos en aguas subterráneas

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Pozos artesianos segunda campaña	11	13,184	1,6	50,7	250	0	0%
Pozos artesianos primera campaña	6,2	5,0	2,7	17,9	250	0	0%
Pozos de monitoreo segunda campaña	116,8	181,92	15,80	483,00	250	1	17%

Pozos de monitoreo primera campaña	113,5	138,3	16,1	337,0	250,0	1	20%
------------------------------------	-------	-------	------	-------	-------	---	-----

3.4.15 Análisis comparativo de Sodio en agua subterránea

Los compuestos de sodio finalizan de forma natural en el agua. El sodio de las aguas subterráneas se debe a la presencia de rocas procede de rocas. El límite establecido para la concentración de sodio en el agua es de 200 mg/L.

La figura 90 nos indica que todos los pozos se encuentran con valores por debajo del límite, lo cual es aceptable.

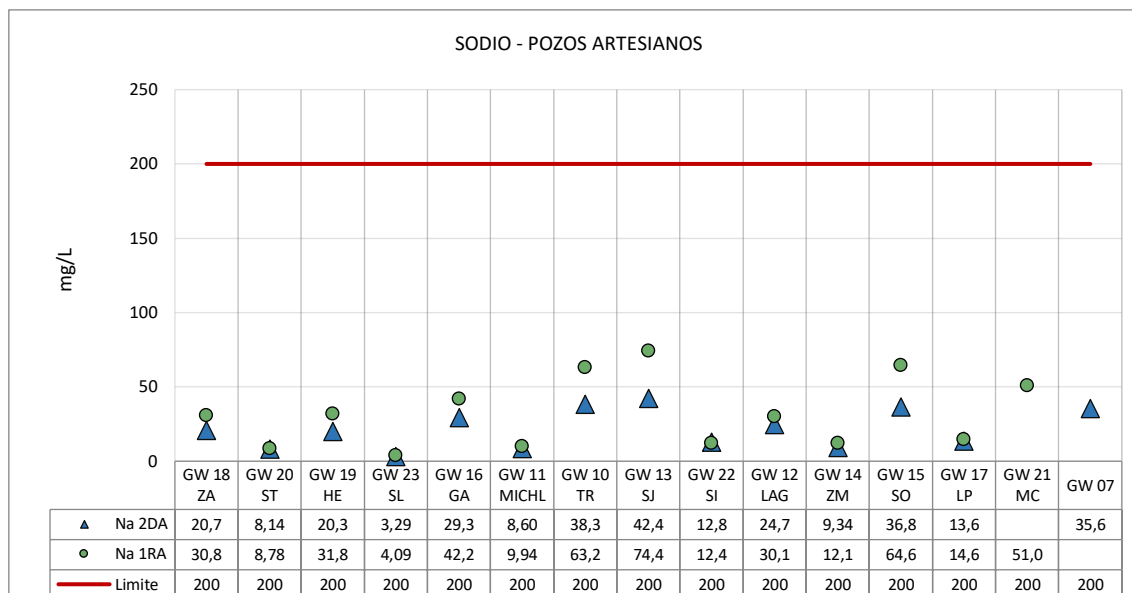


Figura 90. Concentraciones de sodio en aguas subterránea de la zona de plantaciones forestales.

Se observa que los pozos artesianos muestreados presentan concentraciones inferiores al tenor máximo establecido en las Resolución SEAM 222/02.

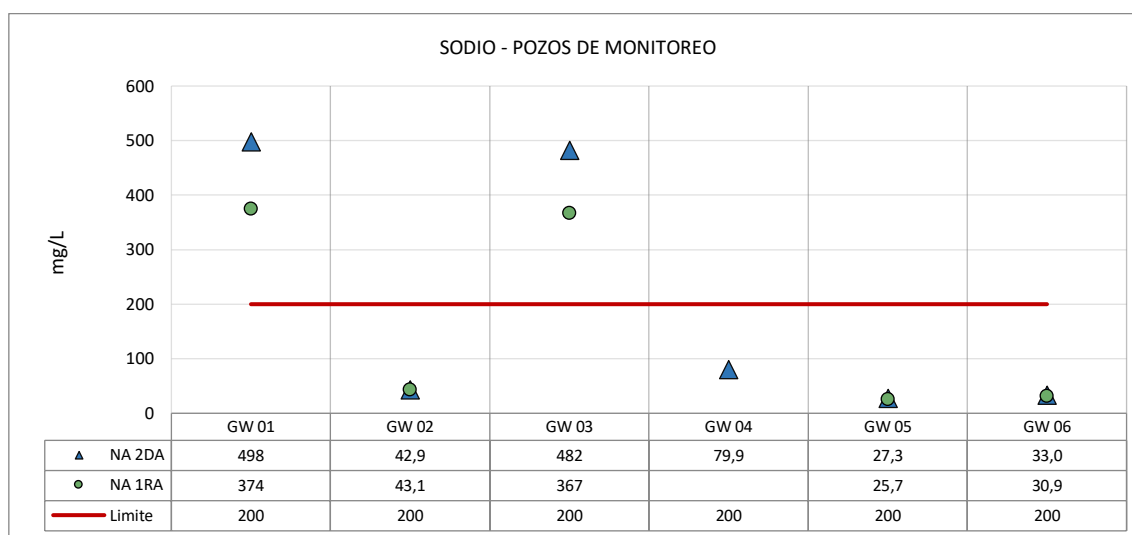


Figura 91. Concentraciones de sodio en aguas subterránea de los pozos de monitoreo del ADA.

La figura 91 demuestra que en la zona del ADA los únicos pozos que presentan valores por encima del límite son GW01 y GW03.

Tabla 75. Estadísticos descriptivos – sodio en aguas subterráneas

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Pozos artesianos segunda campaña	21,7	12,970	3,3	42,4	200	0	0%
Pozos artesianos primera campaña	32,1	23,5	4,1	74,4	200	0	0%
Pozos de monitoreo segunda campaña	193,9	230,18	27,30	498,00	200	2	33%
Pozos de monitoreo primera campaña	168,1	184,9	25,7	374,0	200,0	2	40%

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.3.16 Análisis comparativo de la presencia de potasio en aguas subterráneas

El potasio tiende a ser fijado irreversiblemente en procesos de formación de arcillas y de adsorción en las superficies de minerales con alta capacidad de intercambio iónico, por ello su concentración en aguas subterráneas naturales es generalmente mucho menor que la del sodio a pesar de que su contenido en las rocas es por lo común ligeramente inferior a la del sodio.

En aguas subterráneas el contenido potasio no suele sobrepasar 10 mg/l. aunque en casos excepcionales pueden alcanzarse 100,000 mg/l. (salmueras). Cantidades de potasio por encima de 10 mg/l. pueden, en ocasiones, ser indicio de contaminación por vertidos de aguas residuales.

En la figura 92 se puede observar la disminución de potasio de todos los pozos artesianos que se encuentran en la zona de las plantaciones forestales.

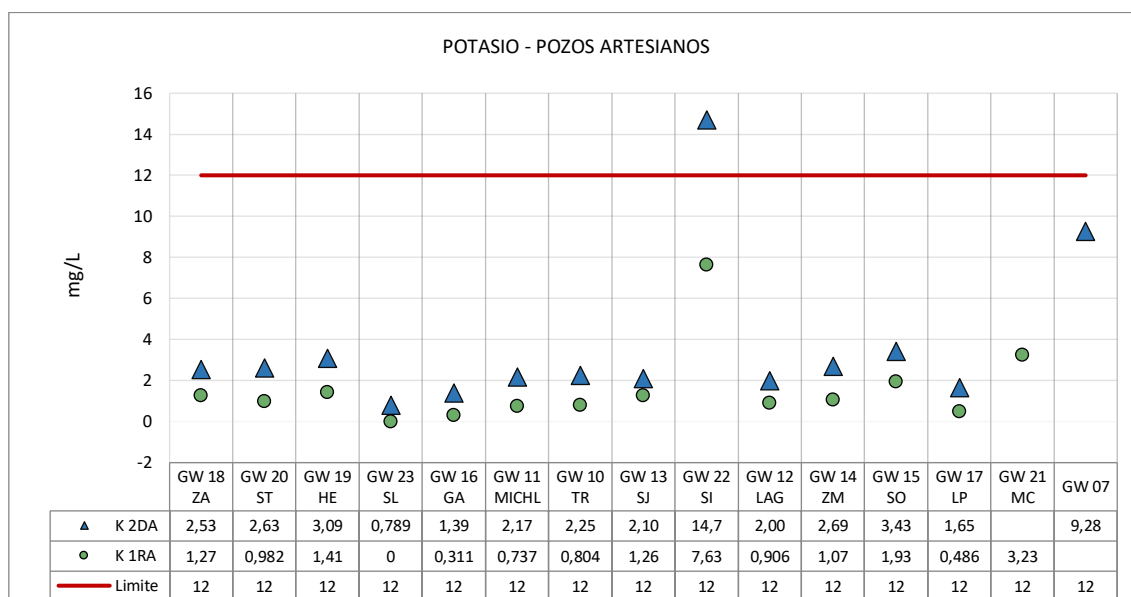


Figura 92. Potasio en aguas subterráneas de los pozos artesianos de la zona de plantaciones forestales.

Se toma como referencia los límites establecidos en la Ley 1614/2000, en donde se recomienda tenores de potasio menores a 12 mg/L. El único punto que sobrepasó en la primera medición dicho valor es el pozo GW 22 SI pero presentó una disminución favorable en la segunda medición.

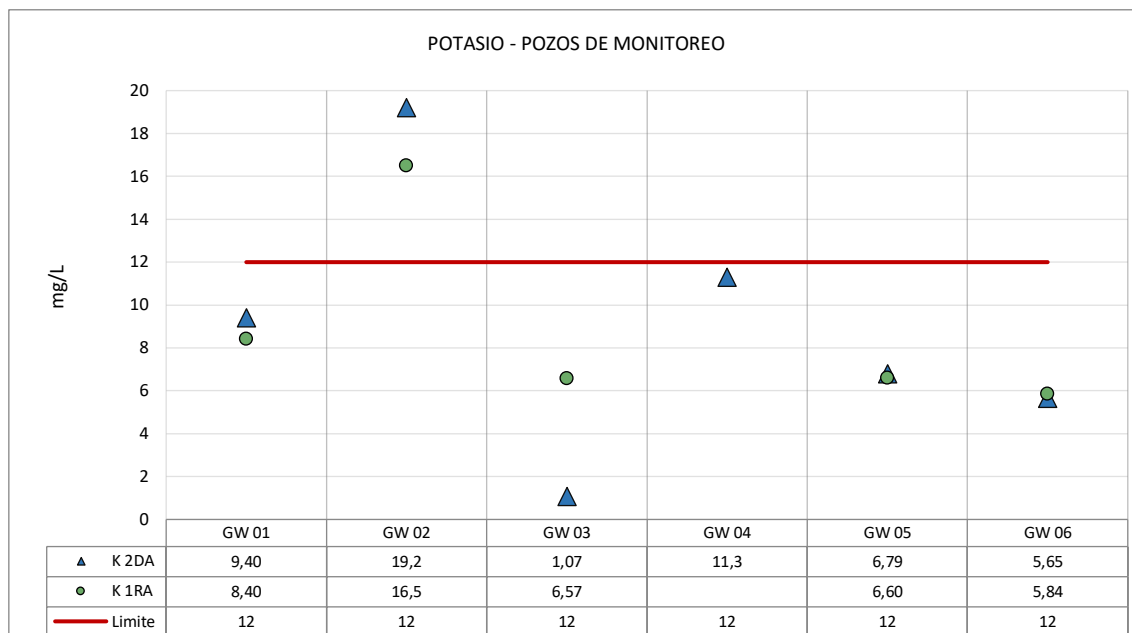


Figura 93. Concentraciones de potasio en aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.

En la zona del ADA, el pozo de monitoreo GW02 sobrepasa el valor establecido en la normativa de referencia (Figura 93).

Tabla 76. Estadísticos descriptivos – Potasio en aguas subterráneas

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Pozos artesianos segunda campaña	3,6	3,761	0,8	14,7	12	1	7%
Pozos artesianos primera campaña	1,7	1,9	0,3	7,6	12	0	0%
Pozos de monitoreo segunda campaña	8,9	6,14	1,07	19,20	12	1	17%
Pozos de monitoreo primera campaña	8,8	4,4	5,8	16,5	12,00	1	20%

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.3.17. Análisis comparativos de las concentraciones de calcio en aguas subterráneas.

El calcio suele ser el catión principal en la mayoría de las aguas naturales debido a su amplia difusión en rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. La concentración de calcio varía ampliamente en las aguas subterráneas. Concentraciones entre 10 y 250 mg/l. son frecuentes en aguas dulces mientras que en aguas de terrenos yesíferos pueden llegar a 600 mg/l. y en salmueras de hasta 50.000 mg/l.

La presencia de calcio en el agua potable la dota de sabor. Al mismo tiempo interviene en fenómenos de incrustación/agresión en tuberías y depósitos de almacenamiento de agua potable. El calcio es uno de los minerales más importantes para el cuerpo humano. Ayuda a formar y mantener dientes y huesos sanos.

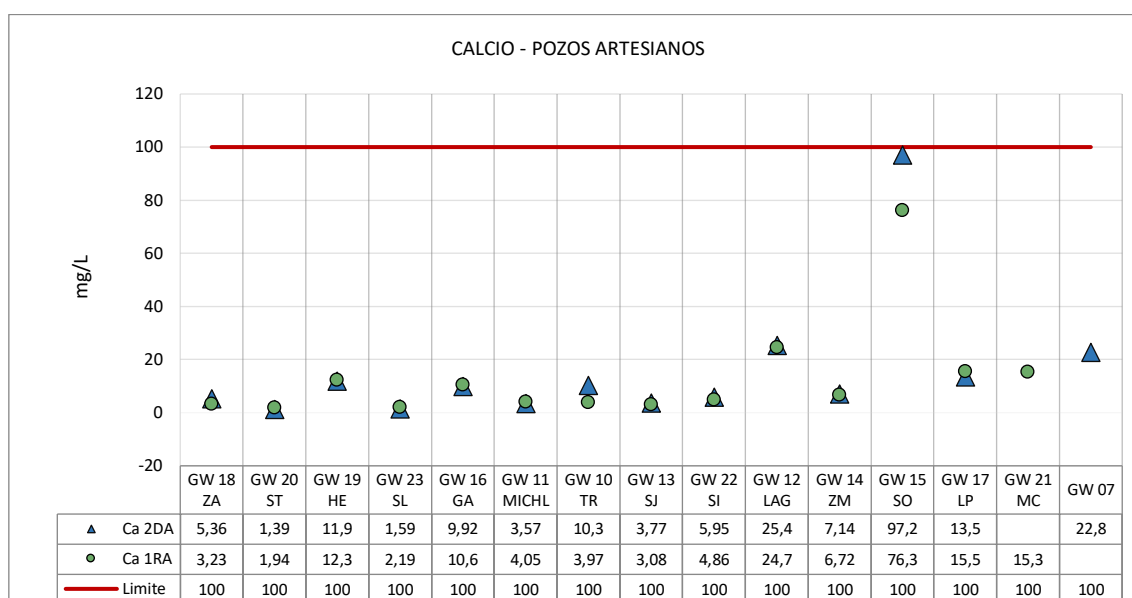


Figura 94. Calcio en aguas de los pozos artesianos de la zona de plantaciones forestales.

La Resolución SEAM 222/02 no establece tenor máximo para este parámetro, se toma como límite 100 mg/L con base en la Ley 1614/2000. En la figura 94 se puede apreciar que el pozo GW 15 SO está casi al borde del límite establecido, comparando con su primera medición sufrió un aumento.

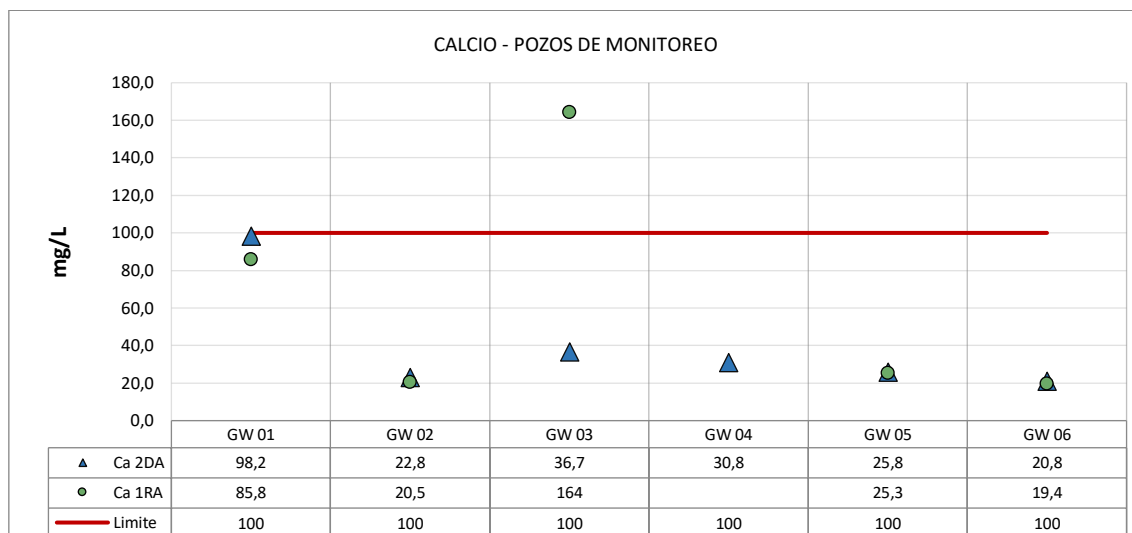


Figura 95. Calcio en aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.

En la figura 95 se observa una disminución de la cantidad de calcio encontrado en el pozo GW 03, estos datos corresponden a la zona del ADA.

Estadísticos descriptivos – Calcio en aguas subterráneas

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Pozos artesianos segunda campaña	15,7	24,553	1,4	97,2	100	0	0%
Pozos artesianos primera campaña	13,2	19,3	1,9	76,3	100	0	0%
Pozos de monitoreo segunda campaña	39,2	29,48	20,80	98,20	100	0	0%
Pozos de monitoreo primera campaña	63,0	62,9	19,4	164,0	100,0	1	20%

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.3.18. Concentraciones de Magnesio en aguas subterráneas.

El magnesio menos abundante que el calcio en las aguas naturales, procede de la disolución de rocas carbonatadas (dolomías y calizas magnesianas) evaporitas y de la alteración de silicatos ferromagnesianos, así como de agua marina.

Se ha demostrado que una ingesta adecuada de magnesio tiene efectos beneficiosos sobre la salud ósea, reduce la resistencia a la insulina y previene la aterosclerosis.

En la figura 96 todos los pozos artesianos ubicados en zona de plantaciones forestales presentaron valores de magnesio permisibles.

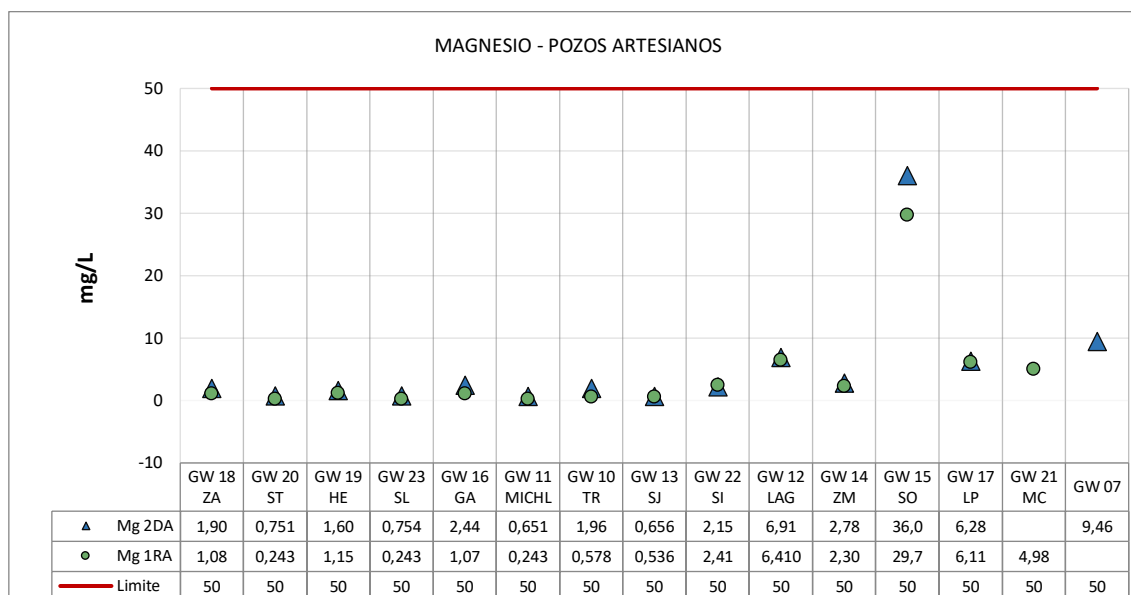


Figura 96. Magnesio en aguas subterráneas de los pozos artesianos de la zona de plantaciones forestales.

El padrón de aguas para el territorio nacional no estable tenor máximo para este parámetro, se toma como referencia 50 mg/L de la Ley 1614/2000.

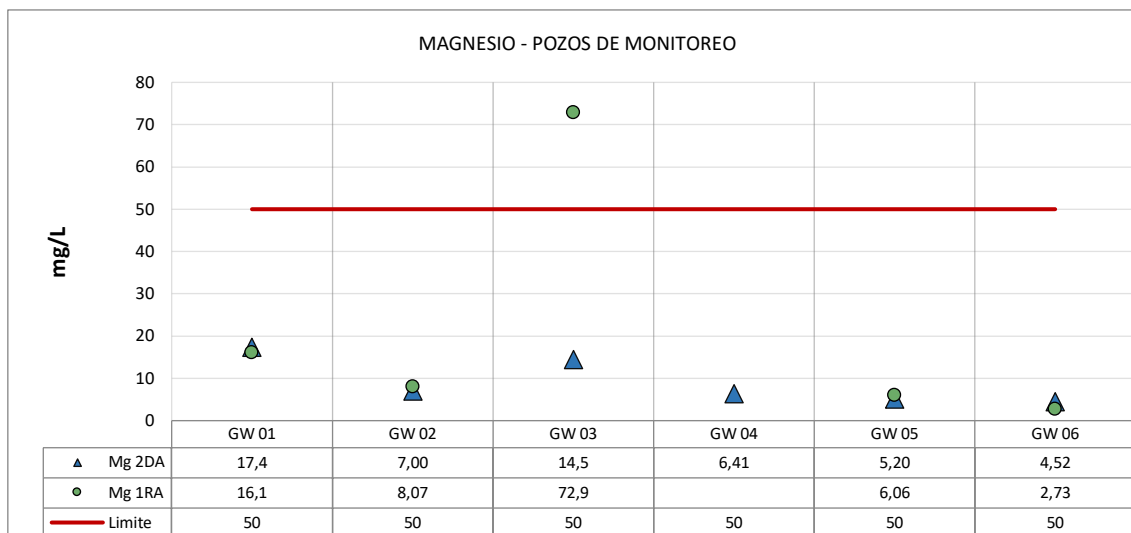


Figura 97. Magnesio en aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA

La figura 97 muestra cómo los valores de magnesio correspondiente a la zona del ADA se mantienen en valores por debajo del límite. El pozo de monitoreo GW 03 presentó una disminución en su concentración de magnesio con relación a la primera medición.

Tabla 77. Estadísticos descriptivos – Magnesio en aguas subterráneas

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Pozos artesianos segunda campaña	5,3	9,235	0,7	36,0	50	0	0%
Pozos artesianos primera campaña	5,1	7,7	0,5	29,7	50	0	0%
Pozos de monitoreo segunda campaña	9,2	5,40	4,52	17,40	50	0	0%
Pozos de monitoreo primera campaña	21,2	29,3	2,7	72,9	50	1	20%

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.3.19 Análisis comparativos de las determinaciones de Flúor para aguas subterráneas.

El ión fluoruro parece estar relacionado con la alteración de rocas plutónicas. Su concentración raramente sobrepasa 2 mg/l. El flúor es esencial para la estructura ósea y dental de los animales superiores y el hombre. En contenidos superiores a 1 mg/l. puede ser nocivo mientras que si no está presente o su concentración es ínfima pueden producirse caries

En la figura 98 se puede observar que en la mayoría de los pozos artesianos se presentó una ligera disminución en los valores de flúor.

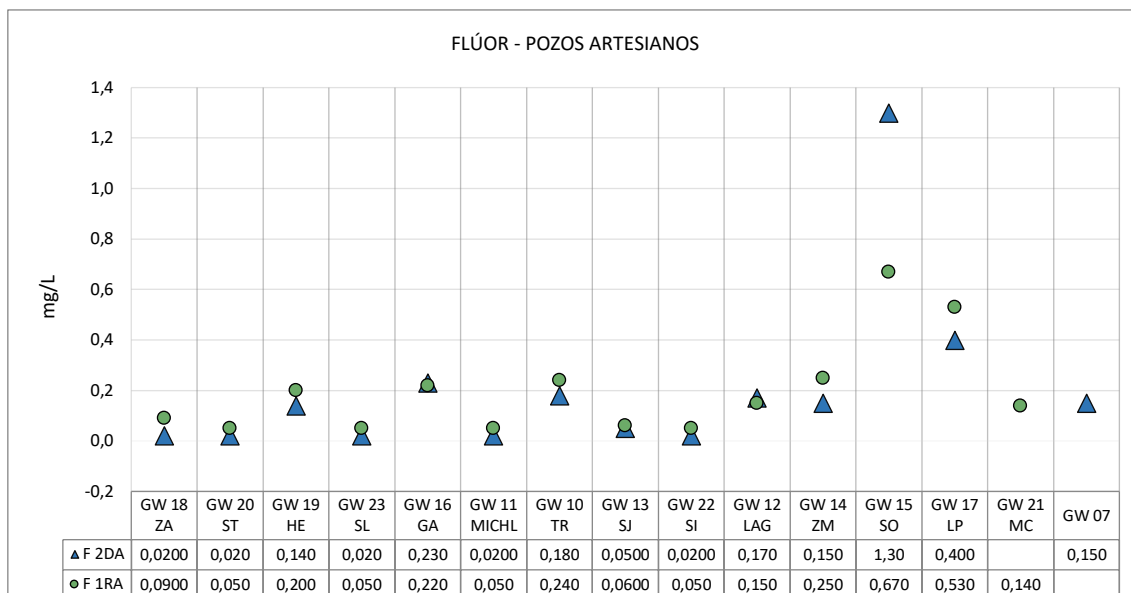


Figura 98. Concentraciones de Flúor en aguas subterráneas de la zona de plantaciones forestales.

En los pozos artesianos de la zona de plantaciones forestales se encuentra que el Flúor presente una media de 0,2 mg/L. El flúor no cuenta con un límite establecido en las normas de referencia.

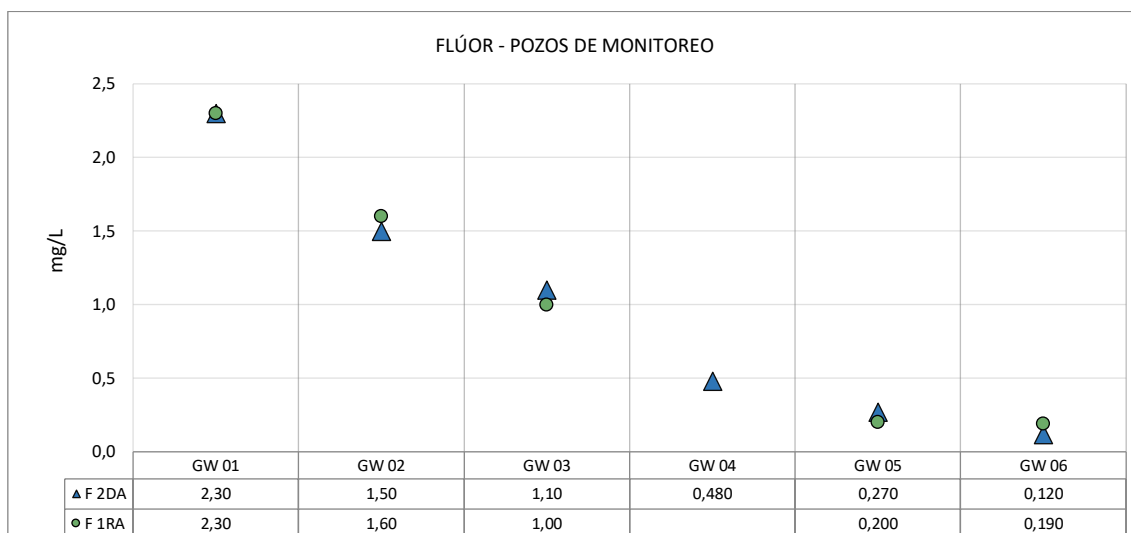


Figura 99. Flúor en aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.

En la zona del ADA, el pozo de monitoreo GW 01 registró la mayor concentración de flúor (Figura 99).

Tabla 78. Estadísticos descriptivos - Flúor

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Pozos artesianos segunda campaña	0,2	0,335	0,0	1,3	1,5	0	0%
Pozos artesianos primera campaña	0,2	0,335	0,0	1,3	1,5	0	0%
Pozos de monitoreo segunda campaña	1,0	0,84	0,12	2,30	1,5	1	17%
Pozos de monitoreo primera campaña	1,1	0,9	0,2	2,3	1,500	2	40%

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.3.20 Boro en aguas subterráneas

El boro es un elemento ubicuo que entra en las aguas subterráneas a través de dos vías principales: intemperismo de rocas que contienen boro (i.e. borosilicatos del tipo turmalina y axinita) y aguas residuales donde el B se deriva de productos de limpieza y residuos de industrias de pinturas y barnices, textiles, curtido de pieles, electrónica, entre otras (Dyer y Caprara 2009).

Las aguas residuales derivadas de sistemas de tratamiento poco eficientes pueden alcanzar las corrientes de agua subterránea y provocar un problema de contaminación (Wolf *et al.* 2004, Schmidt 2007).

El boro a pesar de ser un constituyente minoritario en la mayoría de las aguas es esencial en pequeñas cantidades para el crecimiento de las plantas, en grandes cantidades es nociva para las plantas y también al agua potable (cancerígeno).

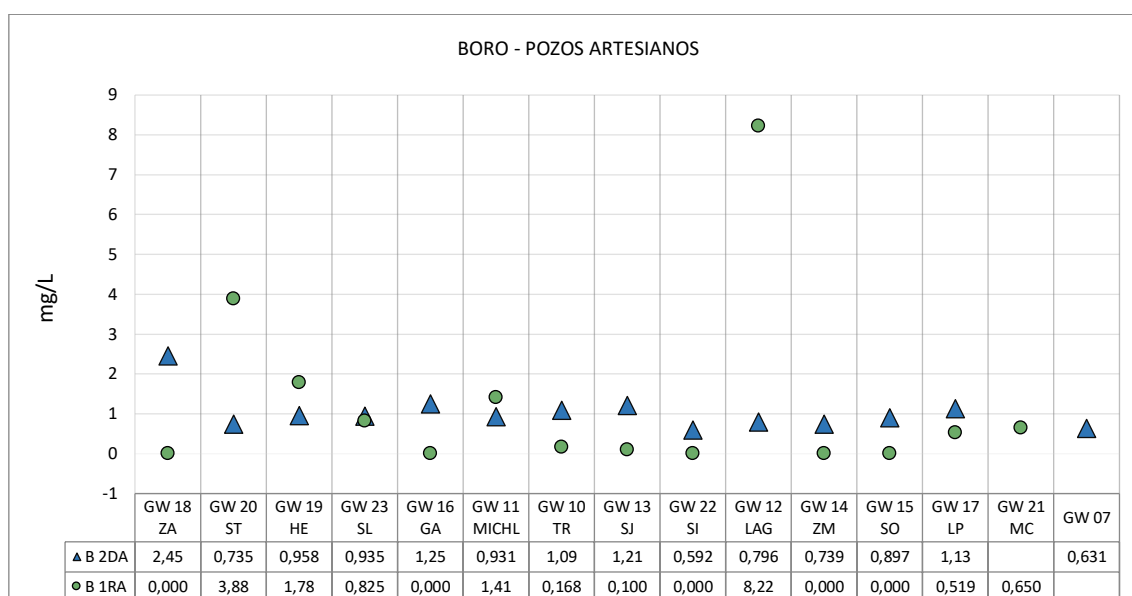


Figura 100. Boro en pozos artesianos de la zona de plantaciones forestales.

La figura 100 demuestra que el agua de la mayoría de los pozos artesianos presentó un aumento de boro, sin embargo el pozo GW 12 LAG presentó una considerable disminución de dicho elemento. Este parámetro no cuenta con límites establecidos.

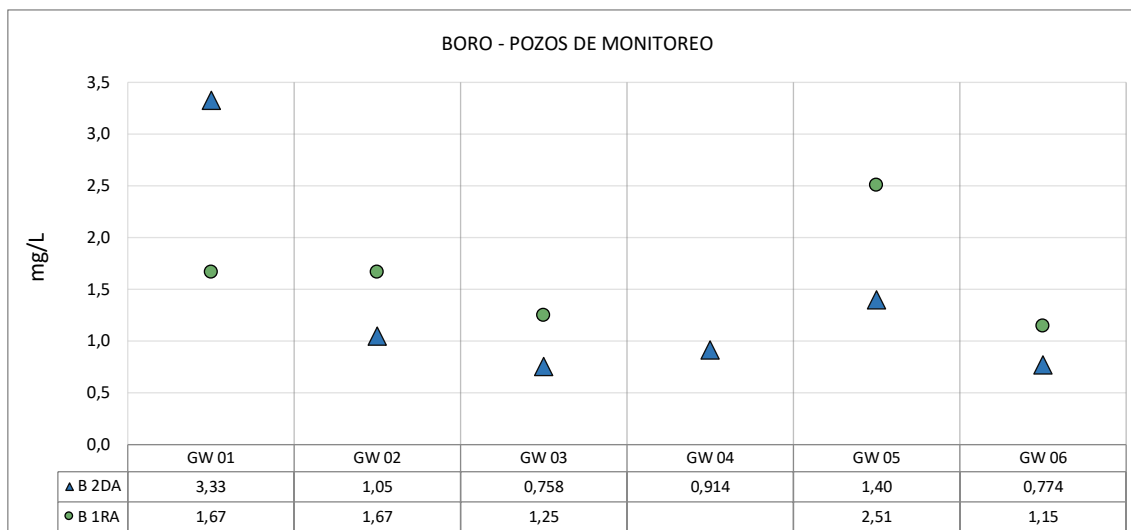


Figura 101. Boro en pozos de monitoreo del ADA

En zona del ADA las determinaciones de Boro realizadas a través de los pozos de monitoreo, cinco de los seis pozos muestreados contemplaron una disminución del elemento, mientras que el pozo GW 01 presentó un aumento del mismo.

Tabla 79. Estadísticos descriptivos – Boro en aguas subterráneas

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Pozos artesianos segunda campaña	1,0	0,458	0,6	2,5	SLE	N/A	N/A
Pozos artesianos primera campaña	2,0	2,3	0,1	8,2	SLE	N/A	N/A
Pozos de monitoreo segunda campaña	1,4	0,99	0,76	3,33	SLE	N/A	N/A
Pozos de monitoreo primera campaña	1,7	0,5	1,2	2,5	SLE	N/A	N/A

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.3.21 Análisis comparativos de Coliformes fecales en aguas subterráneas.

La calidad del agua subterránea es superior a la del agua superficial con respecto al contenido bacteriológico, turbiedad y diversos parámetros físicos y químicos. Por otra parte, hay que tener en cuenta que el agua no es renovable; si se explota con una tasa mayor a la de recarga, puede agotarse o deteriorar su calidad (Price 2007).

Las enfermedades microbianas y parasitarias muestran elevados índices de prevalencia, la importancia primaria de la calidad del agua para uso y consumo humano está centrada en las características microbiológicas y se considera que la contaminación química, al no estar asociada con efectos inmediatos y agudos, tiene importancia secundaria.

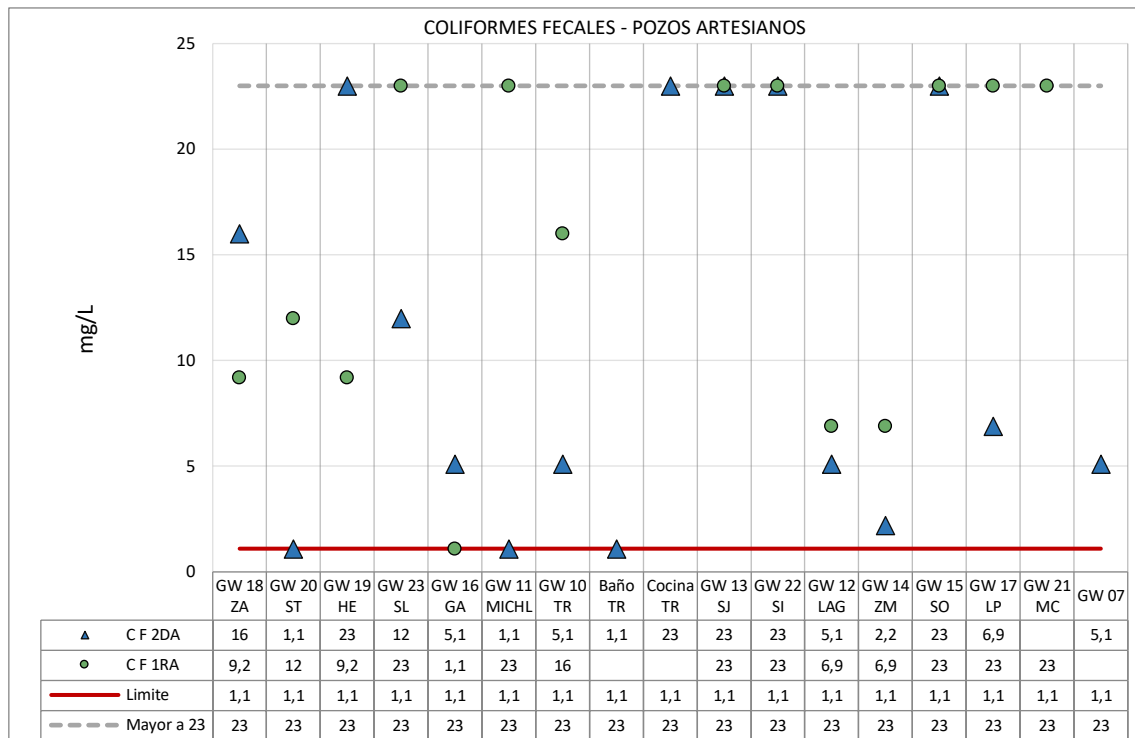


Figura 102. Coliformes fecales en pozos artesianos de la zona de plantaciones forestales

Teniendo en cuenta que las aguas de los pozos artesianos de la zona de plantaciones forestales se utilizan para el suministro de agua para consumo humano, se compara las concentraciones de Coliformes fecales con los máximos recomendados en la NP 24 001 80.

En la figura 102 se muestra la presencia de COLIFORMES FECALES en todos los pozos, razón por la cual no debe considerarse el agua de ningún pozo para consumo humano. La única muestra que no excedió el máximo de 1,1 NMP/100mL es la extraída del baño de las habitaciones nuevas del campamento de PARACEL, localizado en la estancia Trementina.

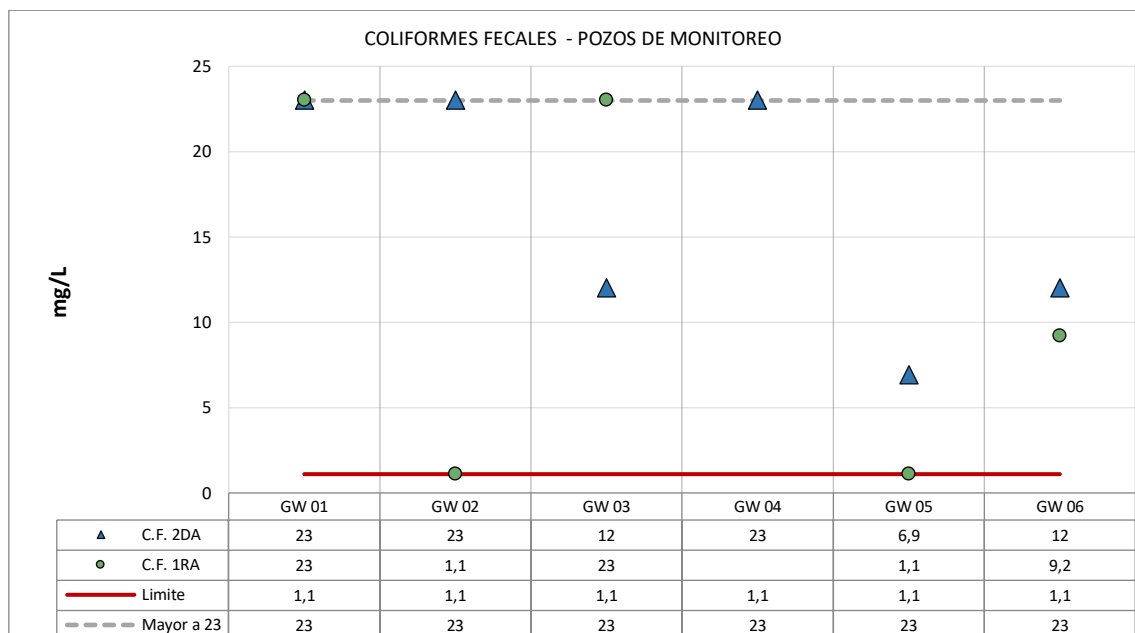


Figura 103. Coliformes fecales en pozos de monitoreo del ADA

También se hallaron concentraciones de Coliformes fecales por encima del límite en todos los pozos de monitoreo de la zona del ADA (Figura 103).

Tabla 80. Estadísticos descriptivos – Coliformes fecales

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Pozos artesianos segunda campaña	13,3	9,214	1,1	23,0	1,1	13	81%
Pozos artesianos primera campaña	19,1	8,0	1,1	23,0	1,1	13	93%
Pozos de monitoreo segunda campaña	16,7	7,20	6,90	23,00	1,1	6	75%
Pozos de monitoreo primera campaña	18,4	11,0	1,1	23,0	1,1	3	60%

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.3.22 Concentraciones de Coliformes totales para aguas subterráneas.

Los coliformes totales pasan a las aguas subterráneas a través de las aguas superficiales contaminadas, por esta razón es importante detectar la contaminación fecal en las aguas subterráneas, sobre todo si no existen sistemas de agua pre-tratamiento. Es un parámetro importante de calidad de agua para el consumo humano.

Si bien no son generalmente patógenas de por sí, son indicadores de micro-organismos potencialmente patógenos y, por lo tanto, son un índice de deficiencias sanitarias en la fuente de agua. Algunas bacterias pueden causar enfermedades gastrointestinales, la disentería.

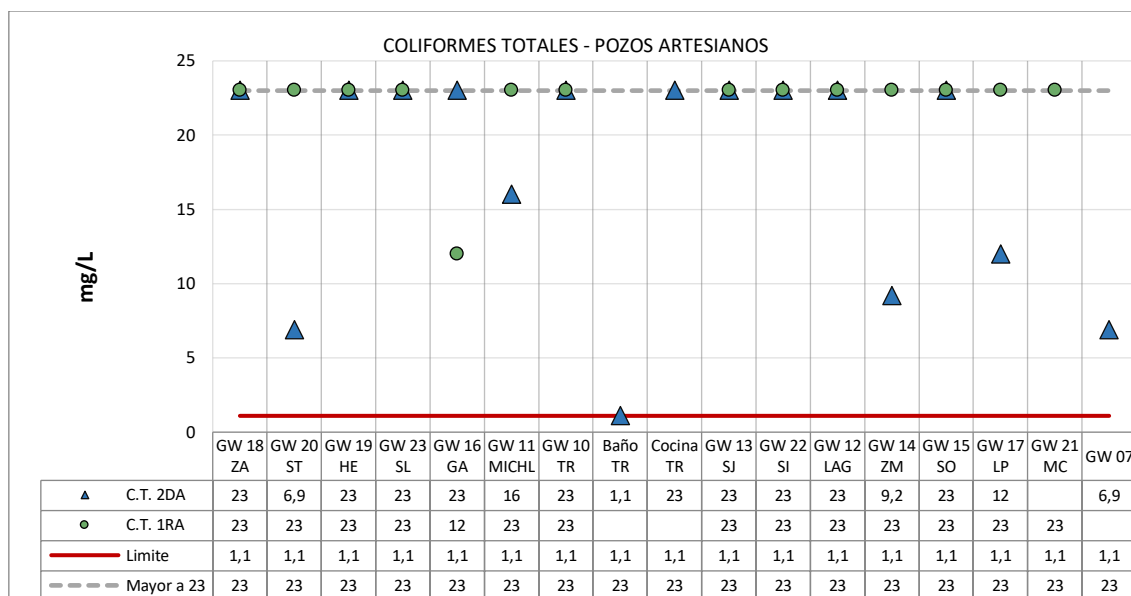


Figura 104. Coliformes totales en aguas subterráneas de la zona de plantaciones forestales.

Para Coliformes totales en aguas de pozos artesianos se toma como referencia la NP 24 001 80 que establece un máximo de 1,1 NMP/100mL de Coliformes totales en agua destinada al consumo humano, la única muestra que no sobrepasa lo recomendado por la norma de referencia es la obtenida del baño de las habitaciones nuevas del campamento PARACEL en la estancia Trementina (Figura 104).

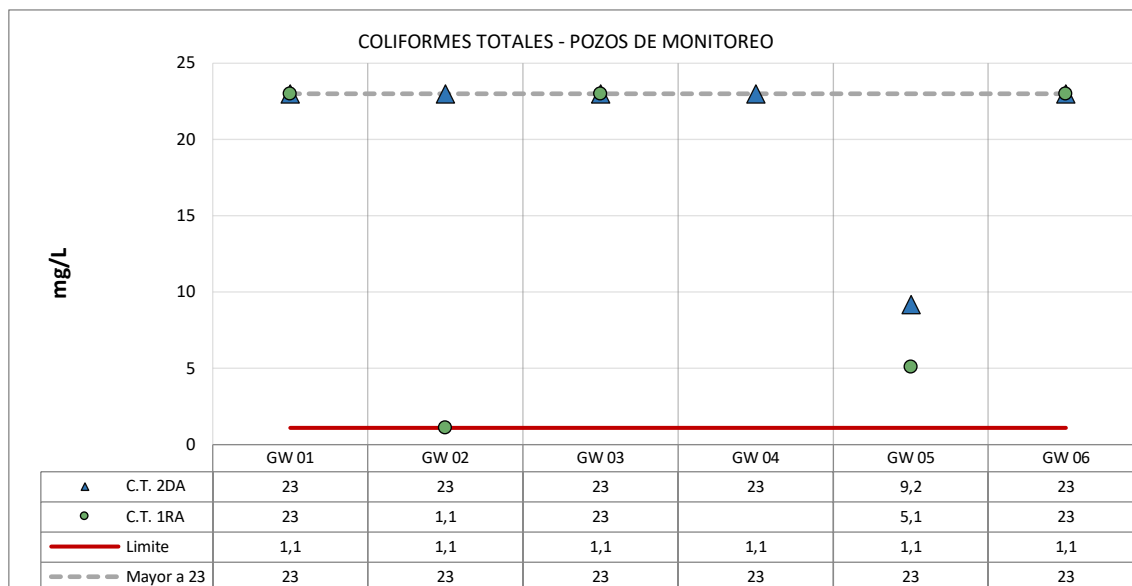


Figura 105. Coliformes totales en aguas subterráneas de los pozos de monitoreo del ADA.

Igualmente en la zona del ADA todos los pozos de monitoreo presentaron concentraciones de Coliformes totales por encima de lo recomendado en la norma (Figura 105).

Tabla 81. Estadísticos descriptivos – Coliformes totales

	Promedio	DS	Rango		Límite	Fuera del límite	
			Mínimo	Máximo		N°	(%)
Pozos artesianos segunda campaña	18,7	7,734	6,9	23,0	1,1	15	94%
Pozos artesianos primera campaña	22,0	6,6	12,0	23,0	1,1	13	93%
Pozos de monitoreo segunda campaña	20,7	5,63	9,20	23,00	1,1	6	75%
Pozos de monitoreo primera campaña	18,5	11,0	1,1	23,0	1,1	4	80%

ND: no detectable, SLE: sin límites establecidos, N/A: no aplica

3.3.23 Presencia-ausencia de la bacteria Evaluación de *Escherichia coli*

Las aguas subterráneas constituyen uno de los medios receptores de contaminantes, si bien se encuentra más protegida que el agua superficial, una vez que el contaminante se incorpora al agua subterránea es mucho más difícil de eliminar, de ahí que en muchos casos la contaminación de las aguas subterráneas llega a constituirse en un proceso irreversible.

Un ejemplo de fuentes que pueden presentar contaminación por coliformes y *Escherichia coli* y que han impactado negativamente a la salud pública, son las aguas contaminadas que se infiltran y forman corrientes subterráneas, que son depositados en los acuíferos fósiles y llegan a desembocar en el mar, así como los sistemas de abastecimiento de agua potable municipales (Pacheco et. al 2004).

La *Escherichia coli* es la principal especie del grupo de coliformes fecales. De los cinco grupos generales de bacterias que componen los coliformes totales, sólo la *E. coli* no se encuentra generalmente creciendo y reproduciéndose en el medio ambiente. Por consiguiente, se considera a *E. coli* como el mejor indicador de la contaminación fecal y de la posible presencia de patógenos.

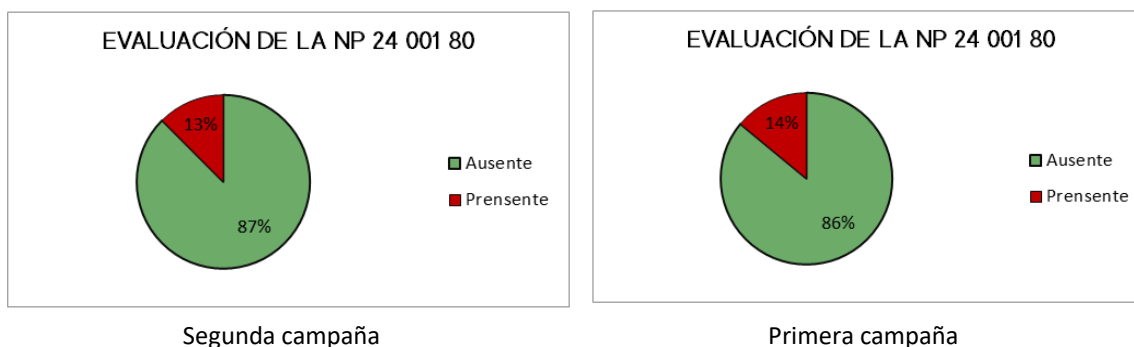


Figura 106. Evaluación de la presencia-ausencia de la bacteria de *Escherichia coli* en pozos artesianos de la zona de plantaciones forestales.

De acuerdo a la NP 24 001 80 la bacteria *Escherichia coli* debe estar ausente del agua destinada a consumo humano. Se verifica la presencia de *Escherichia coli* en los siguientes pozos, GW 12-LAGUNA y GW 17-LP.

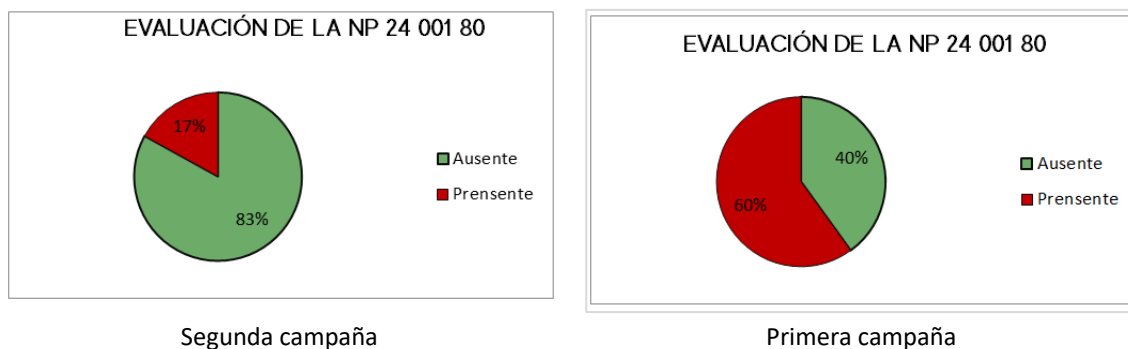


Figura 107. Evaluación de la presencia-ausencia de la bacteria de *Escherichia coli* en pozos de monitoreo del ADA.

En los pozos de monitoreo de la zona del ADA se verifica presencia de *Escherichia coli* en el punto GW 01. .

IV. CONCLUSIÓN

Con este informe se presentan los resultados comparativos entre las dos campañas de monitoreo de la calidad de agua subterránea y superficial del ADA y All del proyecto: “Construcción y operación de una planta para la fabricación de pasta de celulosa BKP sobre el Río Paraguay”. Según los términos de referencia de la consultoría, una campaña se realizó en temporada lluvias y otra en temporada seca.

PARACEL proveyó las coordenadas de los puntos de monitoreo para aguas superficiales y subterráneas

En líneas generales, los servicios de consultoría han sido ejecutados en base a los Términos De Referencia definidos por la empresa PARACEL S.A.; las determinaciones analíticas se han realizado en laboratorios certificados por el ONA (Organismo Nacional de Acreditación). Para definir los límites y evaluar los parámetros se ha considerado el siguiente marco normativo:

- Resolución SEAM N° 222/02 “POR LA CUAL SE ESTABLECE EL PADRÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS EN EL TERRITORIO NACIONAL”.
- Ley 1614/200 - LEY GENERAL DEL MARCO REGULATORIO Y TARIFARIO DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO – ANEXO I.
- NP 24 001 80. AGUA POTABLE: REQUISITOS GENERALES

Con base en lo antes expuesto, se hacen los siguientes comentarios para aguas superficiales:

- Para los arroyos en la zona de plantaciones forestales se realizaron las determinaciones según consta en el cuadro 2.
- Para el Río Paraguay adicionalmente se analizaron los siguientes parámetros: color, cloruros, PCB e índices de fenoles (ver cuadro 4).
- De los 67 parámetros analizados (físicoquímicos, agroquímicos y bacteriológicos), 44 cuentan con límites establecidos en la normativa vigente y 23 no presentan límites definidos.
- De los 44 parámetros con límites definidos, 36 (82%) no presentan ningún tipo de desviación respecto a la normativa vigente y 8 parámetros (18%) presentan valores por encima del.
- Los parámetros que con más frecuencia presentan desviaciones son: fósforo total, Coliformes totales, Coliformes fecales, Hierro soluble y Amoníaco.
- La intensa actividad ganadera es la causa más probable de las altas concentraciones de Coliformes, fósforo y amoníaco.
- Los altos niveles de hierro son probablemente una característica natural de la zona debido a los tipos de minerales presentes, la comparación de los resultados con otras investigaciones aportan fuerza a la hipótesis.
- En general las aguas analizadas presentan parámetros con mejor calidad en la temporada de estiaje (invierno); esto puede deberse a que en la temporada lluviosa la escorrentía post precipitaciones lixivian arrastran nutrientes, contaminantes y minerales erosionados.

Con respecto a las aguas subterráneas en la zona de plantaciones forestales:

- Se analizaron un total de 14 pozos tubulares profundos (artesianos) en uso para la provisión de agua de consumo humano de las personas que habitan en la zona de estancias.
- De los 23 parámetros físicoquímicos y bacteriológicos evaluados, 18 cuentan con límites establecidos en la normativa vigente y 5 no presentan límites definidos.
- De los 18 parámetros con límites definidos, 8 (44%) no presentan ningún tipo de desviación respecto a la normativa vigente y 10 (56%) muestran valores por encima del máximo permitido en al menos un punto de monitoreo.

- Los parámetros que con más frecuencia presentan desviaciones en los pozos artesianos s son:
Nitratos, fosforo total, Coliformes fecales y Coliformes totales