



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección
Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**EVALUACIÓN AMBIENTAL TEMPRANA EN EL ÁREA DE
INFLUENCIA DEL PROYECTO MINERO MICHQUILLAY DE
SOUTHERN PERÚ COPPER CORPORATION SUCURSAL DEL
PERÚ, DURANTE EL 2018 Y 2019**

**SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA
DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL**

2019



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección
Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Profesionales que aportaron a este documento:




Janet Isabel Sajani Reymundo
Biólogo
C.B.P. 11621




COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
Ing. Jacqueline Janet Pechuga Melgar
INGENIERA GEOLOGA
CIP 1187431




Heber Ocas Ruma
Ingeniero Ambiental
Reg. CIP N° 206846




Vania Rimarachin Ching
Bióloga
C.B.P. 14500



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección
Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	ANTECEDENTES	2
2.1.	Actividad de exploración	2
2.2.	Recopilación, revisión y análisis de la información	3
2.2.1.	Instrumentos de Gestión Ambiental	3
	Denuncias ambientales	5
3.	OBJETIVOS	6
3.1	Objetivo general	6
3.2	Objetivos específicos	6
4.	ÁREA DE ESTUDIO	6
4.1	Clima	7
4.2	Contexto geológico y mineralización	8
5.	CONTEXTO SOCIAL	9
6.	PARTICIPACIÓN CIUDADANA.....	11
7.	METODOLOGÍA	14
7.1	Agua superficial.....	14
7.1.1	Guías utilizadas para la evaluación.....	14
7.1.2	Ubicación de puntos	14
7.1.3	Parámetros y métodos de análisis	22
7.1.4	Equipos utilizados.....	23
7.1.5	Aseguramiento de la calidad	23
7.1.6	Procesamiento de datos.....	24
7.1.7	Criterios de evaluación	26
7.2	Agua subterránea.....	28
7.2.1	Guías utilizadas para la evaluación.....	28
7.2.2	Ubicación de puntos	29
7.2.3	Parámetros y métodos de análisis	29
7.2.4	Equipos utilizados.....	30
7.2.5	Aseguramiento de la calidad	30
7.2.6	Procesamiento de datos.....	30
7.2.7	Criterios de evaluación	30
7.3	Agua residual industrial.....	30
7.3.1	Guías utilizadas para la evaluación.....	30
7.3.2	Ubicación de puntos	31
7.3.3	Parámetros y métodos de análisis	31



7.3.4	Equipos utilizados.....	32
7.3.5	Aseguramiento de la calidad	32
7.3.6	Procesamiento de datos.....	32
7.3.7	Criterios de evaluación	32
7.4	Sedimento	33
7.4.1	Guías utilizadas para la evaluación.....	33
7.4.2	Ubicación de puntos de muestreo.....	33
7.4.3	Parámetros y métodos de análisis	34
7.4.4	Equipos utilizados.....	35
7.4.5	Aseguramiento de la calidad	35
7.4.6	Criterios de evaluación	35
7.5	Comunidades hidrobiológicas.....	36
7.5.1	Guías utilizadas para la evaluación.....	36
7.5.2	Ubicación de puntos de muestreo.....	36
7.5.3	Parámetros y métodos de análisis	36
7.5.4	Equipos utilizados.....	36
7.5.5	Aseguramiento de calidad.....	37
7.5.6	Procesamiento de datos.....	37
7.6	Ruido.....	40
7.6.1	Protocolo utilizado para la evaluación.....	41
7.6.2	Ubicación de puntos de monitoreo.....	41
7.6.3	Parámetros y métodos de análisis	41
7.6.4	Equipos utilizados.....	42
7.6.5	Aseguramiento de calidad.....	42
7.6.6	Procesamiento de datos.....	43
7.6.7	Criterios de evaluación	43
8	RESULTADOS.....	44
8.1	Microcuenca La Encañada	46
8.1.1	Sección 1	46
8.1.2	Sección 2	93
8.1.3	Sección 3.....	137
8.1.4	Sección 4.....	180
8.2	Microcuenca Yanacocha.....	193
8.2.1	Agua superficial	194
8.2.2	Sedimento.....	202
8.2.3	Comunidades hidrobiológicas	203
8.3	Microcuenca Chanche	213



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección
Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

8.3.1	Agua superficial	213
8.3.2	Sedimento.....	224
8.3.3	Comunidades hidrobiológicas	225
8.4	Microcuenca Cotocuna	236
8.4.1	Agua superficial	237
8.4.2	Sedimento.....	248
8.4.3	Comunidades hidrobiológicas	250
8.5	Ruido	267
9	DISCUSIÓN	269
9.1	Microcuenca La Encañada	271
9.2	Microcuenca Chanche	285
7.1	Microcuenca Yanacocha.....	285
7.2	Microcuenca Cotocuna	292
8	CONCLUSIONES	295
9	RECOMENDACIONES.....	298
10	ANEXOS	298
11	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	299

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 2.1. Instrumentos de gestión ambiental asociados al proyecto minero Michiquillay... 3	3
Tabla 5.1. Sectores y caseríos del área de estudio..... 9	9
Tabla 6.1. Participación ciudadana de acuerdo a la ejecución de las etapas de la EAT en el área de influencia del PM Michiquillay 12	12
Tabla 7.1. Referencias utilizadas para muestreo de agua superficial 14	14
Tabla 7.2. Ubicación de puntos de muestreo de agua en ríos y quebradas del área de estudio 15	15
Tabla 7.3. Ubicación de puntos de muestreo de agua en bofedales del área de estudio .. 18	18
Tabla 7.4. Ubicación de puntos de muestreo de agua en lagunas del área de estudio 19	19
Tabla 7.5. Ubicación de puntos de muestreo en manantiales en el área de estudio..... 20	20
Tabla 7.6. Parámetros evaluados y métodos de análisis de agua superficial..... 23	23
Tabla 7.7. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM Categorías 1, 3 y 4. 27	27
Tabla 7.8. Referencias para el muestreo de agua subterránea 28	28
Tabla 7.9. Ubicación de puntos de muestreo de piezómetros en el área de influencia del PM Michiquillay 29	29
Tabla 7.10. Parámetros evaluados y métodos de análisis de calidad de agua subterránea 29	29
Tabla 7.11. Referencias para el muestreo de agua residual industrial 30	30
Tabla 7.12. Ubicación de puntos de muestreo del agua residual industrial 31	31
Tabla 7.13. Parámetros evaluados y métodos de análisis de agua residual industrial..... 31	31
Tabla 7.14. Límites Máximos Permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de actividades Minero Metalúrgicas, Decreto Supremo N.º 010-2010-MINAM 32	32
Tabla 7.15. Referencias para el muestreo de sedimento 33	33
Tabla 7.16. Ubicación de puntos de muestreo de sedimento en el área de estudio 33	33
Tabla 7.17. Parámetros evaluados y métodos de análisis de calidad de sedimento..... 34	34
Tabla 7.18. Valores de comparación para la calidad de sedimento de aguas continentales 35	35
Tabla 7.19. Referencias para el muestreo de comunidades hidrobiológicas..... 36	36
Tabla 7.20. Parámetros evaluados y métodos de análisis de comunidades hidrobiológicas en avenida y estiaje..... 36	36
Tabla 7.21. Puntajes de sensibilidad asignadas a las familias de macroinvertebrados bentónicos para la obtención del índice ABI..... 39	39
Tabla 7.22. Estados de calidad ecológica del cuerpo de agua según el índice biótico andino (ABI)..... 40	40
Tabla 7.23. Protocolo de monitoreo utilizado para la evaluación de ruido..... 41	41
Tabla 7.24. Puntos de monitoreo de ruido 41	41
Tabla 7.25. Estándares de Calidad Ambiental para ruido (Decreto Supremo N.º 085-2003-PCM)..... 43	43
Tabla 8.1. Distribución del área de estudio por microcuenca y secciones de evaluación .. 44	44
Tabla 8.2. Componentes evaluados por microcuenca y sección 46	46
Tabla 8.3. Parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 en la microcuenca La Encañada - Sección 1 48	48
Tabla 8.4. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada - Sección 1..... 50	50
Tabla 8.5. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en bofedales de la microcuenca La Encañada – Sección 1 55	55
Tabla 8.6. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en lagunas de la microcuenca La Encañada - Sección 1..... 59	59



Tabla 8.7. Parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 en la microcuenca La Encañada - Sección 1	62
Tabla 8.8. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 1	64
Tabla 8.9. Valores de pH, materia orgánica, sulfatos y textura en sedimento del río Seco, ubicados en la microcuenca La Encañada - Sección 1	68
Tabla 8.10. Comparación de las concentraciones de metales totales con los valores ISQG y PEL de la CEQG en sedimento del río Seco en la microcuenca La Encañada - Sección 168	
Tabla 8.11. Valores de pH, materia orgánica, sulfatos y textura en sedimento de lagunas de la microcuenca La Encañada - Sección 1	69
Tabla 8.12. Comparación de las concentraciones de metales totales con los valores ISQG y PEL de la CEQG en lagunas de la microcuenca La Encañada - Sección 1	70
Tabla 8.13. Índices de diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 1	74
Tabla 8.14. Índices biótico andino (ABI) y calidad ecológica del agua por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 1.....	75
Tabla 8.15. Índices de la diversidad alfa de microalgas de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 1	81
Tabla 8.16. Índices de la diversidad alfa de microorganismos de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 1	81
Tabla 8.17. Riqueza de la comunidad del necton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en ríos y quebradas de la Microcuenca La Encañada-Sección 1	82
Tabla 8.18. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada-Sección 1.....	84
Tabla 8.19. Índices de la diversidad alfa de microalgas de la comunidad del perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada-Sección 1.....	87
Tabla 8.20. Índices de la diversidad alfa de microorganismos de la comunidad del perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada-Sección 1.....	87
Tabla 8.21. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada-Sección 1	89
Tabla 8.22. Índices de diversidad alfa de la comunidad del fitoplancton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada-Sección 1.....	92
Tabla 8.23. Índices de diversidad alfa de la comunidad del zooplancton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada-Sección 1.....	92
Tabla 8.24. Parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 en la microcuenca La Encañada - Sección 2	96
Tabla 8.25. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada - Sección 2	98
Tabla 8.26. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en bofedales de la microcuenca La Encañada - Sección 2.....	102



Tabla 8.27. Parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 en la microcuenca La Encañada - Sección 2	104
Tabla 8.28. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 2.....	107
Tabla 8.29. Valores de pH, materia orgánica, sulfatos y textura en sedimento del río Seco en la microcuenca La Encañada - Sección 2.....	112
Tabla 8.30. Comparación de las concentraciones de metales totales con los valores ISQG y PEL de la CEQG en sedimento del río Michiquillay en la microcuenca La Encañada - Sección 2	112
Tabla 8.31. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada- Sección 2	114
Tabla 8.32. Índices biótico andino (ABI) y calidad ecológica del agua por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca La Encañada- Sección 2.....	115
Tabla 8.33. Índices de la diversidad alfa de microalgas de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 2	121
Tabla 8.34. Índices de la diversidad alfa de microorganismos de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada- Sección 2	121
Tabla 8.35. Comunidad del necton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en ríos y quebradas de la microcuenca La Encañada-Sección 2	122
Tabla 8.36. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada- Sección 2.....	123
Tabla 8.37. Índices de la diversidad alfa de microalgas de la comunidad del perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada-Sección 2.....	126
Tabla 8.38. Índices de la diversidad alfa de microorganismos de la comunidad del perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada-Sección 2.....	127
Tabla 8.39. Parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 en la microcuenca La Encañada - Sección 2	127
Tabla 8.40. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en piezómetros aledaños al depósito de relaves – Sección 2.....	128
Tabla 8.41. Riqueza, abundancia e índices de diversidad alfa de la comunidad del perifiton (microalgas) registrados en el punto ARI-05	133
Tabla 8.42. Parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 en la microcuenca La Encañada - Sección 3	139
Tabla 8.43. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada - Sección 3	141
Tabla 8.44. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en lagunas de la microcuenca La Encañada – Sección 3.....	148
Tabla 8.45. Parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 en la microcuenca La Encañada – Sección 3	151
Tabla 8.46. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 3.....	154
Tabla 8.47. Valores de pH, materia orgánica, sulfatos y textura en sedimento de lagunas de la microcuenca La Encañada - Sección 3.....	160



Tabla 8.48. Comparación de las concentraciones de metales totales con los valores ISQG y PEL de la CEQG en sedimento de lagunas en la microcuenca La Encañada - Sección 3	161
Tabla 8.49. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 3	166
Tabla 8.50. Índices biótico andino (ABI) y calidad ecológica del agua por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 3.....	167
Tabla 8.51. Índices de la diversidad alfa de microalgas de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 3	173
Tabla 8.52. Índices de la diversidad alfa de microorganismos de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada- Sección 3	173
Tabla 8.53. Comunidad del necton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en ríos y quebradas de la Microcuenca La Encañada-Sección 3	174
Tabla 8.54. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la Microcuenca La Encañada-Sección 3.....	176
Tabla 8.55. Índices de diversidad alfa de la comunidad del fitoplancton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada-Sección 3.....	178
Tabla 8.56. Índices de diversidad alfa de la comunidad del zooplancton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada-Sección 3.....	179
Tabla 8.57. Parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 en la microcuenca La Encañada - Sección 4	181
Tabla 8.58. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada - Sección 4	182
Tabla 8.59. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en manantiales y pozos artesianos en la temporada de estiaje de la microcuenca La Encañada – Sección 4	184
Tabla 8.60. Valores de pH, materia orgánica, sulfatos y textura en sedimento del río Seco, ubicados en la microcuenca La Encañada - Sección 4	187
Tabla 8.61. Comparación de las concentraciones de metales totales con los valores ISQG y PEL de la CEQG en sedimento del río Challhuamayo en la microcuenca La Encañada - Sección 4	187
Tabla 8.62. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 4	189
Tabla 8.63. Índices biótico andino (ABI) y calidad ecológica del agua por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 4.....	189
Tabla 8.64. Índices de la diversidad alfa de microalgas de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 4	192
Tabla 8.65. Índices de la diversidad alfa de microorganismos de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 4	193



Tabla 8.66. Comunidad del necton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en ríos y quebradas de la Microcuenca La Encañada- Sección 4	193
Tabla 8.67. Parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 en la microcuenca Yanacochoa.....	195
Tabla 8.68. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en los cuerpos de agua de la microcuenca Yanacochoa.....	195
Tabla 8.69. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en la laguna Lipiac de la microcuenca Yanacochoa.....	198
Tabla 8.70. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en manantiales y pozos artesianos en la temporada de estiaje de la microcuenca La Encañada – Sección 4	200
Tabla 8.71. Valores de pH, materia orgánica, sulfatos y textura en sedimento de lagunas de la microcuenca Yanacochoa	202
Tabla 8.72. Comparación de las concentraciones de metales totales con los valores ISQG y PEL de la CEQG en lagunas de la microcuenca Yanacochoa.....	202
Tabla 8.73. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Yanacochoa.....	204
Tabla 8.74. Índices biótico andino (ABI) y calidad ecológica del agua por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Yanacochoa	205
Tabla 8.75. Índices de la diversidad alfa de microalgas de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Yanacochoa.....	208
Tabla 8.76. Índices de la diversidad alfa de microorganismos de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Yanacochoa.....	208
Tabla 8.77. Comunidad del necton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en ríos y quebradas de la microcuenca Yanacochoa.....	208
Tabla 8.78. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Lipiac de la Microcuenca Yanacochoa.....	210
Tabla 8.79. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de plancton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Lipiac de la Microcuenca Yanacochoa.....	212
Tabla 8.80. Parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 en la microcuenca La Encañada – Sección 3	214
Tabla 8.81. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en los cuerpos de agua de la microcuenca Chanche.....	215
Tabla 8.82. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en lagunas de la microcuenca Chanche.....	221
Tabla 8.83. Valores de pH, materia orgánica, sulfatos y textura en sedimento de lagunas de la microcuenca Chanche	224
Tabla 8.84. Comparación de las concentraciones de metales totales con los valores ISQG y PEL de la CEQG en lagunas de la microcuenca Chanche	224
Tabla 8.85. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Chanche.....	226



Tabla 8.86. Índices biótico andino (ABI) y calidad ecológica del agua por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Chanche.....	227
Tabla 8.87. Índices de la diversidad alfa de microalgas de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Chanche.....	230
Tabla 8.88. Índices de la diversidad alfa de microorganismos de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Chanche.....	230
Tabla 8.89. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche.....	232
Tabla 8.90. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de fitoplancton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche.....	236
Tabla 8.91. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de zooplancton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche.....	236
Tabla 8.92. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en los cuerpos de agua de la microcuenca Cotocuna.....	238
Tabla 8.93. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en bofedales de la microcuenca Cotocuna.....	242
Tabla 8.94. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en lagunas de la microcuenca Cotocuna.....	246
Tabla 8.95. Valores de pH, materia orgánica, sulfatos y textura en sedimento de lagunas de la microcuenca Cotocuna.....	249
Tabla 8.96. Comparación de las concentraciones de metales totales con los valores ISQG y PEL de la CEQG en lagunas de la microcuenca Cotocuna.....	249
Tabla 8.97. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Cotocuna.....	252
Tabla 8.98. Índices biótico andino (ABI) y calidad ecológica del agua por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Cotocuna.....	253
Tabla 8.99. Índices de la diversidad alfa de microalgas de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Cotocuna.....	256
Tabla 8.100. Índices de la diversidad alfa de microorganismos de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Cotocuna.....	256
Tabla 8.101. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca Cotocuna.....	258
Tabla 8.102. Índices de la diversidad alfa de microalgas de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la Microcuenca Cotocuna.....	261
Tabla 8.103. Índices de la diversidad alfa de microorganismos de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la Microcuenca Cotocuna.....	262



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección
Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Tabla 8.104. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Tarucacocha de la microcuenca Cotocuna.....	263
Tabla 8.105. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de fitoplancton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2019) y estiaje (junio 2019) en la laguna Tarucacocha de la Microcuenca Cotocuna.....	266
Tabla 8.106. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de zooplancton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Tarucacocha de la Microcuenca Cotocuna.....	267
Tabla 8.107. Niveles de presión sonora en horario diurno en los puntos de monitoreo evaluados	267

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 4.1. Área de estudio de la evaluación ambiental temprana en el proyecto minero Michiquillay	7
Figura 4.2. Precipitación y Temperatura en el área de estudio - Proyecto Minero Michiquillay	7
Figura 4.3. Distribución de la ley de cobre, sulfuros primarios y secundarios del pórfido Michiquillay	8
Figura 5.1. Mapa de ubicación de las localidades en el área de estudio con referencia a La Encañada.....	10
Figura 6.1. Participación ciudadana de acuerdo a la ejecución de las etapas de la EAT en el área de influencia del PM Michiquillay.	13
Figura 7.1. Diagrama de Stiff	25
Figura 7.2. Diagrama de Piper	26
Figura 8.1. División del área de estudio por microcuencas.....	45
Figura 8.2. Subdivisión del área de estudio de la microcuenca La Encañada en secciones	45
Figura 8.3. Distribución de los puntos de muestreo en la sección 1 de la microcuenca La Encañada.....	47
Figura 8.4. Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada – Sección 1	49
Figura 8.5. Concentraciones de manganeso en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada – Sección 1	49
Figura 8.6. Diagrama de Piper por temporada a. avenida (marzo) y b. estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada – Sección 1.....	51
Figura 8.7. Diagramas de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en ríos y quebradas de la microcuenca La Encañada – Sección 1	51
Figura 8.8. Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada – Sección 1	55
Figura 8.9. Diagrama de Piper por temporada a. avenida (marzo) y b. estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada – Sección 1	56
Figura 8.10. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada – Sección 1	56
Figura 8.11. Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada – Sección 1	58
Figura 8.12. Concentraciones de nitrógeno total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada – Sección 1	58
Figura 8.13. Concentraciones de fósforo total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada – Sección 1	58
Figura 8.14. Diagrama de Piper por temporada a. avenida (marzo) y b. estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada – Sección 1	60
Figura 8.15. Diagramas de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada – Sección 1	61
Figura 8.16. Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 1	63
Figura 8.17. Concentraciones de manganeso total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 1	63
Figura 8.18. Diagrama de Piper por temporada a. avenida (marzo) y b. estiaje (junio) en manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 1	65
Figura 8.19. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 1	65



Figura 8.20. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 1 71

Figura 8.21. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 1..... 73

Figura 8.22. Riqueza de microalgas de la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada Sección 1 76

Figura 8.23. Riqueza de microorganismos la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 1 77

Figura 8.24. Abundancia de microalgas de la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada Sección 1 79

Figura 8.25. Abundancia de microorganismos de la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 1..... 80

Figura 8.26. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada-Sección 1 83

Figura 8.27. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada-Sección 1 83

Figura 8.28. Riqueza de microalgas de la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada-Sección 1 85

Figura 8.29. Riqueza de microorganismos de la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada-Sección 1 85

Figura 8.30. Abundancia de microalgas de la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada-Sección 1 86

Figura 8.31. Abundancia de microorganismos de la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada-Sección 1 86

Figura 8.32. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada-Sección 1 88

Figura 8.33. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada-Sección 1 88

Figura 8.34. Riqueza de la comunidad del fitoplancton por phylum en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada-Sección 1 . 90

Figura 8.35. Riqueza de la comunidad del zooplancton por phylum en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada-Sección 1 . 90

Figura 8.36. Abundancia de la comunidad del fitoplancton por phylum en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada-Sección 1 . 91

Figura 8.37. Abundancia de la comunidad del zooplancton por phylum en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada-Sección 1 . 91



Figura 8.38. Distribución de puntos de muestreo en la sección 2 de la microcuenca La Encañada..... 94

Figura 8.39 Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada – Sección 2 97

Figura 8.40 Concentraciones de cobre en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada – Sección 2..... 97

Figura 8.41. Diagrama de Piper por temporada a. avenida (marzo) y b. estiaje (junio) en cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada – Sección 2..... 99

Figura 8.42. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada – Sección 2..... 99

Figura 8.43 Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada – Sección 2 101

Figura 8.44. Diagrama de Piper por temporada a. avenida (marzo) y b. estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada – Sección 1 103

Figura 8.45. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada – Sección 2 103

Figura 8.46. Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 2..... 106

Figura 8.47. Diagrama de Piper por temporada a. avenida (marzo) y b. estiaje (junio) en manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 2 108

Figura 8.48. Diagramas de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada – Sección 2 109

Figura 8.49. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 2 113

Figura 8.50. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada- Sección 2..... 114

Figura 8.51. Riqueza de microalgas de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 2 116

Figura 8.52. Riqueza de microorganismos de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 2 117

Figura 8.53. Abundancia de microalgas de la comunidad de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada- Sección 2 119

Figura 8.54. Abundancia de microorganismos la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada - Sección 2 120

Figura 8.55. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la Microcuenca La Encañada-Sección 2 122

Figura 8.56. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la Microcuenca La Encañada- Sección 2 123

Figura 8.57. Riqueza de microalgas de la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada-Sección 2 124



Figura 8.58. Riqueza de microorganismos de la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la Microcuenca La Encañada-Sección 2	125
Figura 8.59. Abundancia de microalgas de la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada-Sección 2	125
Figura 8.60. Abundancia de microorganismos de la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada-Sección 2	126
Figura 8.61. Concentración de manganeso total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los piezómetros de la microcuenca La Encañada – Sección 2.	128
Figura 8.62. Diagrama de Piper por temporada a. avenida (marzo) y b. estiaje (junio) en el agua de los piezómetros aledaños al depósito de relaves de la microcuenca La Encañada – Sección 2	129
Figura 8.63. Diagramas de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en piezómetros de la microcuenca La Encañada – Sección 2.....	129
Figura 8.64. Valores de potencial de hidrógeno y caudal en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en agua residual industrial del depósito de relaves.....	131
Figura 8.65. Concentraciones de cadmio total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en agua residual industrial del depósito de relaves	131
Figura 8.66 Concentraciones de cobre total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en agua residual industrial del depósito de relaves.....	132
Figura 8.67 Concentraciones de zinc en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en agua residual industrial del depósito de relaves.....	132
Figura 8.68 Concentraciones de hierro disuelto en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en agua residual industrial del depósito de relaves	133
Figura 8.69 Valores de potencial de hidrógeno y caudal en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en agua residual industrial de la bocamina «El Túnel»	134
Figura 8.70 Concentraciones de cobre total y hierro disuelto en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en agua residual industrial de la bocamina Michiquillay.....	134
Figura 8.71. Diagrama de Piper en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en el agua residual industrial del depósito de relaves y efluente de bocamina en la microcuenca La Encañada – Sección 2	135
Figura 8.72. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en el agua residual industrial del depósito de relaves y efluente de bocamina en la microcuenca La Encañada – Sección 2	136
Figura 8.73. Distribución de puntos de evaluación en la sección 3 de la microcuenca La Encañada.....	138
Figura 8.74 Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada – Sección 3	140
Figura 8.75. Diagrama de Piper por temporadas a. avenida (marzo) y b. estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada – Sección 3.....	142
Figura 8.76. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada – Sección 3.....	142
Figura 8.77. Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada – Sección 3	146
Figura 8.78. Concentraciones de nitrógeno total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada – Sección 3	147
Figura 8.79. Concentraciones de mercurio total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada – Sección 3	147



Figura 8.80. Concentraciones de fósforo total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada – Sección 3..... 148

Figura 8.81. Diagrama de Piper por temporada a. avenida (marzo) y b. estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada – Sección 3..... 149

Figura 8.82. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada – Sección 3..... 150

Figura 8.83. Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 3 153

Figura 8.84. Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 3 153

Figura 8.85. Diagrama de Piper por temporada a. avenida (marzo) y b. estiaje (junio) en manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 3 155

Figura 8.86. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada – Sección 3 156

Figura 8.87. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 3 163

Figura 8.88. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca La Encañada-Sección 3..... 165

Figura 8.89. Riqueza de microalgas de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 3 168

Figura 8.90. Riqueza de microorganismos de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 3 169

Figura 8.91. Abundancia de microalgas de la comunidad de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada- Sección 3 171

Figura 8.92. Abundancia de microorganismos la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada- Sección 3 172

Figura 8.93. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada-Sección 3 175

Figura 8.94. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada-Sección 3 175

Figura 8.95. Riqueza de la comunidad del fitoplancton por phylum en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada-Sección 3 176

Figura 8.96. Riqueza de la comunidad del zooplancton por phylum en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la Microcuenca La Encañada-Sección 3 177

Figura 8.97. Abundancia de la comunidad del fitoplancton por phylum en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la Microcuenca La Encañada- Sección 3 177

Figura 8.98. Abundancia de la comunidad del zooplancton por phylum en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la Microcuenca La Encañada- Sección 3 178

Figura 8.99. Distribución de puntos de evaluación en la sección 4 de la microcuenca La Encañada..... 180



Figura 8.100 Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada – Sección 4 181

Figura 8.101. Concentraciones de cobre en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada – Sección 4..... 182

Figura 8.102. Diagrama de Piper por temporada a. avenida (marzo) y b. estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada – Sección 4..... 183

Figura 8.103. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada – Sección 4 183

Figura 8.104. Diagrama de Piper en la temporada de estiaje (junio) en manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 4..... 185

Figura 8.105. Diagrama de Stiff en la temporada de estiaje (junio) en manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 4..... 186

Figura 8.106. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 4 188

Figura 8.107. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada- Sección 4..... 188

Figura 8.108. Riqueza de microalgas de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 4 190

Figura 8.109. Riqueza de microorganismos la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca La Encañada-Sección 4. 191

Figura 8.110. Abundancia de microalgas de la comunidad de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada- Sección 4 191

Figura 8.111. Abundancia de microorganismos la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada- Sección 4..... 192

Figura 8.112. Distribución de puntos de evaluación en la microcuenca Yanacocha 194

Figura 8.113. Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Yanacocha..... 195

Figura 8.114. Diagrama de Piper por temporada a. avenida (marzo) y b. estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Yanacocha 196

Figura 8.115. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Yanacocha 197

Figura 8.116 Valores de potencial de hidrógeno y concentraciones de nitrógeno total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Yanacocha 198

Figura 8.117. Diagrama de Piper por temporadas a. avenida (marzo) y b. estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Yanacocha 199

Figura 8.118. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Yanacocha 199

Figura 8.119. Diagrama de Piper en la temporada de estiaje (junio) en pozos artesianos de la microcuenca Yanacocha 201

Figura 8.120. Diagramas de Stiff en la temporada de estiaje (junio) en pozos artesianos de la microcuenca Yanacocha 201

Figura 8.121. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Yanacocha..... 203



Figura 8.122. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Yanacocha 204

Figura 8.123. Riqueza de microalgas de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Yanacocha 205

Figura 8.124. Riqueza de microorganismos la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Yanacocha..... 206

Figura 8.125. Abundancia de microalgas de la comunidad de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Yanacocha..... 207

Figura 8.126. Abundancia de microorganismos la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Yanacocha 207

Figura 8.127. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Lipiac de la microcuenca Yanacocha..... 209

Figura 8.128. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Lipiac de la microcuenca Yanacocha..... 210

Figura 8.129. Riqueza de la comunidad de fitoplancton por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Lipiac de la microcuenca Yanacocha 211

Figura 8.130. Abundancia de la comunidad de plancton por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Lipiac de la microcuenca Yanacocha 212

Figura 8.131. Distribución de puntos de evaluación en la microcuenca Chanche..... 213

Figura 8.132 Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Chanche 214

Figura 8.133 Concentraciones de manganeso en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Chanche 215

Figura 8.134. Diagrama de Piper por temporada a. avenida (marzo) y b. estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Chanche..... 216

Figura 8.135. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Chanche..... 217

Figura 8.136 Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche 219

Figura 8.137 Concentraciones de nitrógeno total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche 219

Figura 8.138 Concentraciones de plomo total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche..... 220

Figura 8.139 Concentraciones de cobre total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche..... 220

Figura 8.140. Diagrama de Piper por temporada a. avenida (marzo) y b. estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Chanche..... 222

Figura 8.141. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche 222

Figura 8.142. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Chanche 225

Figura 8.143. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Chanche..... 226



Figura 8.144. Riqueza de microalgas de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Chanche.....	228
Figura 8.145. Riqueza de microorganismos la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Chanche	228
Figura 8.146. Abundancia de microalgas de la comunidad de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Chanche	229
Figura 8.147. Abundancia de microorganismos la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Chanche.....	229
Figura 8.148. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche	231
Figura 8.149. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche	232
Figura 8.150. Riqueza de la comunidad de fitoplancton por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche	233
Figura 8.151. Riqueza de la comunidad de zooplancton por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche	234
Figura 8.152. Abundancia de la comunidad de fitoplancton por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche	234
Figura 8.153. Abundancia de la comunidad de fitoplancton por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche	235
Figura 8.155. Distribución de puntos de muestreo en la microcuenca Cotocuna	237
Figura 8.155. Diagrama de Piper por temporada a. avenida (marzo) y b. estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Cotocuna.....	239
Figura 8.156. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Cotocuna	239
Figura 8.157. Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca Cotocuna	241
Figura 8.158. Concentraciones de nitrógeno total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca Cotocuna	241
Figura 8.159. Concentraciones de fósforo total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca Cotocuna	242
Figura 8.160. Diagrama de Piper por temporada a. avenida (marzo) y b. estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca Cotocuna.....	243
Figura 8.161. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca Cotocuna	244
Figura 8.162. Valores de potencial de hidrógeno (pH) en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Cotocuna	245
Figura 8.163. Concentraciones de nitrógeno total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Cotocuna	245
Figura 8.164. Diagrama de Piper por temporada a. avenida (marzo) y b. estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Cotocuna	247
Figura 8.165. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Cotocuna	247
Figura 8.166. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Cotocuna	251



Figura 8.167. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Cotocuna.....	252
Figura 8.168. Riqueza de microalgas de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Cotocuna.....	254
Figura 8.169 Riqueza de microorganismos la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Cotocuna	254
Figura 8.170. Abundancia de microalgas de la comunidad de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Cotocuna	255
Figura 8.171. Abundancia de microorganismos la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo 2019) y estiaje (junio 2019) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Cotocuna.....	255
Figura 8.172. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca Cotocuna	257
Figura 8.173. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la Microcuenca Cotocuna	258
Figura 8.174. Riqueza de microalgas de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la Microcuenca Cotocuna.....	259
Figura 8.175 Riqueza de microorganismos la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la Microcuenca Cotocuna	260
Figura 8.176. Abundancia de microalgas de la comunidad de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la Microcuenca Cotocuna	260
Figura 8.177. Abundancia de microorganismos la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la Microcuenca Cotocuna	261
Figura 8.178. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Tarucacocha de la microcuenca Cotocuna	262
Figura 8.179. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Tarucacocha de la microcuenca Cotocuna.....	263
Figura 8.180. Riqueza de la comunidad de fitoplancton por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Tarucacocha de la microcuenca Cotocuna	264
Figura 8.181. Riqueza de la comunidad de fitoplancton por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Tarucacocha de la microcuenca Cotocuna	265
Figura 8.182. Abundancia de la comunidad de fitoplancton por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Tarucacocha de la microcuenca Cotocuna	265
Figura 8.183. Abundancia de la comunidad de zooplancton por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Tarucacocha de la Microcuenca Cotocuna	266
Figura 9.1. Elementos guía asociados al pórfido de Cu-Mo del yacimiento Michiquillay..	270

Figura 9.2. Agrupamiento de las comunidades hidrobiológicas a. macroinvertebrados bentónicos y b. microalgas en la microcuenca La Encañada.....	272
Figura 9.3. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre las variables ambientales y las comunidades hidrobiológicas de a. macroinvertebrados bentónicos y b. microalgas de la microcuenca La Encañada.....	273
Figura 9.4. Calidad ecológica según ABI en la microcuenca La Encañada.....	274
Figura 9.5. Microplásticos observados en la microcuenca La Encañada a. Tributario de la quebrada Quinamayo (Q.Tr.QQuin2), b. Río Michiquillay (RMich4), c. y d. Río Seco (RSeco1 y RSeco4).....	275
Figura 9.6. Socavación en el río Seco en el punto RSeco1. a. Temporada de avenida y b. Temporada de estiaje.....	276
Figura 9.7. Representación gráfica de la microcuenca La Encañada - Sección 2.....	279
Figura 9.8. Vista esquemática del depósito de relaves a. Perfil del depósito de relaves y piezómetros asociados y b. Vista en planta del depósito de relaves y puntos de muestreo asociados.....	281
Figura 9.9. Tierras afectadas superficialmente por drenaje ácido y material de desmonte. a. 2008 y b. 2019.....	281
Figura 9.10. Representación gráfica del río Michiquillay y la influencia de la bocamina «El Túnel» y el desmonte aledaño.	283
Figura 9.7. Vista panorámica de la laguna El Carbón a. Represamiento de la laguna y b. Presencia de óxidos de hierro al pie del dique de represamiento de la laguna.....	288
Figura 9.7. Quebrada El Lago a. Temporada de avenida y b. Temporada de estiaje.....	289
Figura 9.9. Afloramientos de agua subterránea que atraviesan intrusivos en el sector Punre que descargan a la quebrada Chanche.....	290
Figura 9.19. Representación gráfica de la microcuenca Chanche.....	291
Figura 9.11. Microplásticos observados en la microcuenca Yanacocha a. QYana1 y b. QYana3.....	286
Figura 9.12. Representación gráfica de la microcuenca Yanacocha.....	287
Figura 9.17. Representación gráfica de la microcuenca Cotocuna.....	293
Figura 9.18. Perturbación de áreas aledañas a bofedales producto de actividades de minería informal en la concesión minera Ayahuanca 328.	294
Figura 9.19. Microplásticos observados en la microcuenca Cotocuna a. Laguna Tarucacocha y b. Quebrada Cotocuna.....	294



1. INTRODUCCIÓN

El proyecto minero Michiquillay, de Southern Perú Copper Corporation - Sucursal del Perú (en adelante, PM Michiquillay)¹ se ubica en el distrito de La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca, sobre terrenos de las comunidades campesinas Michiquillay (CC. Michiquillay) y La Encañada (CC. La Encañada), a una altitud que varía de 3275 a 4000 m s.n.m. Este proyecto hidrográficamente se ubica en la zona noreste de la cuenca Crisnejas, en la cabecera de la microcuenca del río La Encañada (confluencia de los ríos Challhuamayo y Quinuamayo).

El yacimiento Michiquillay tipo pórfido de cobre, presenta un recurso minero cuprífero de 1048 Mt con una ley promedio de 0,64% Cu (Centeno, 2014), hospedado en una roca dacita porfirítica de 2,5 km de ancho y 300 metros de altura (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico [Ingemmet], 1980), presentando contenido metálico de cobre, molibdeno, oro y plata (Ingemmet, 2007; Cepri, 2002; Minero Perú, 1979).

El denuncia del yacimiento Michiquillay se remonta a 1957, posteriormente, es investigado realizando exploraciones y estudios geológicos hasta 1969 por American Smelting and Refining Company - ASARCO. En 1970, las concesiones se revierten al estado, luego mediante una cooperación con el gobierno japonés continúan las investigaciones, construyendo galerías, chimeneas y una planta piloto para el tratamiento 100 TM/día. Estas investigaciones realizadas en el área del PM Michiquillay generaron pasivos ambientales mineros².

En el 2005, el Estado Peruano a través de ProInversión anunció la privatización de las concesiones, cuya licitación es ganada por Anglo American en abril de 2007, quienes presentaron un Estudio de Impacto Ambiental semidetallado³ (EIA-sd) en el 2009 y una modificatoria⁴ (2013), ejecutaron 77 plataformas de perforación, 3 accesos y un depósito de material excedente. En diciembre de 2014 las concesiones fueron devueltas al Estado.

El 20 de febrero de 2018, ProInversión adjudicó el proyecto Michiquillay a la empresa Southern Perú Copper Corporation (en adelante SPCC), quienes realizarán actividades de desarrollo comunitario que permitan lograr la licencia social, para la ejecución de las actividades de exploración y subsiguientes estudios.

Por tanto, el PM Michiquillay cumple con los criterios requeridos de priorización para el desarrollo de una Evaluación Ambiental Temprana, cuyo objetivo es recopilar información ambiental que sirva como referencia inicial previa al desarrollo del proyecto y para la posterior vigilancia ambiental. Además, permite establecer un diagnóstico de la calidad ambiental en forma integrada y continua con énfasis en actividades fiscalizadas por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante OEFA), que sirvan como soporte técnico para la supervisión directa.

¹ Adjudicado a Southern Perú Copper Corporation el 20 de febrero de 2018 por ProInversión y cuya firma de contrato se realizó el 12 de junio de 2018.

² Actualizan el Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros. Resolución Ministerial N° 010-2019-EM/DM.

³ Estudio de Impacto Ambiental semidetallado del Proyecto de Exploración Michiquillay, aprobado el 12 de marzo de 2009 por Resolución Directoral N.° 057-2009-MEM/AAM

⁴ Primera modificación al Estudio de Impacto Ambiental semidetallado del proyecto de exploración Michiquillay, aprobado el 10 de junio de 2013 por Resolución Directoral N.° 182-2013-MEM/AAM.

Esta evaluación fue desarrollada por profesionales de la Dirección de Evaluación Ambiental del OEFA, en cumplimiento con el Plan de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante Planefa) del 2018, aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N.º 037-2017-OEFA/CD, el 30 de diciembre de 2017; y del Planefa del 2019, aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N.º 007-2019-OEFA/CD, el 15 de febrero de 2019.

Por último, la evaluación desarrollada en el área de las CC. Michiquillay y CC. La Encañada, donde se encuentran las concesiones del PM Michiquillay, contempló la realización de evaluaciones ambientales correspondientes al 2018 y 2019. Los resultados del 2018 se encuentran plasmados en el Informe N.º 364-2018-OEFA/DEAM-STEC (Anexo 1), y constituyen un avance preliminar que fueron complementados con los resultados obtenidos de las acciones de monitoreo del 2019. Asimismo, para una mejor interpretación y discusión de los datos obtenidos en la evaluación se empleó la información precisada en los estudios especializados:

- ✓ Caracterización geológica del área de las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada, y los pasivos ambientales mineros (depósitos de desmonte) ubicados en las márgenes del río Michiquillay, la quebrada Carbón y el sector aeropuerto. Informe N.º 278-2019-OEFA/DEAM-STEC (Anexo 2).
- ✓ Evaluación de flora y fauna correspondiente a la evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Michiquillay, en el distrito de La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca. Informe N.º 301-2019-OEFA/DEAM-STEC (Anexo 3).
- ✓ Determinación de los valores de nivel de fondo y de referencia para metales y metaloides de los suelos Michiquillay, Michiquillay Misceláneo Roca, Quinuayoc Sogoron, Sogoron Misceláneo Roca y bofedales en las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada Informe N.º 310-2019-OEFA/DEAM-STEC (Anexo 4).
- ✓ Diagnóstico de la situación comunitaria de las localidades ubicadas en el ámbito del proyecto de exploración Michiquillay Informe N.º 311-2019-OEFA/DEAM-STEC (Anexo 5).

2. ANTECEDENTES

Para conocer el estado de la calidad ambiental relacionada al área de influencia del PM Michiquillay, se procedió a identificar las actividades exploratorias del proyecto y otras de importancia, que se desarrollaron en el área de estudio. De esta manera, se realizó la recopilación, revisión, análisis y síntesis de información ambiental existente en torno al proyecto y su área de influencia.

2.1. Actividad de exploración

El PM Michiquillay se encuentra dentro de las concesiones mineras Candelaria, El Niño, Encañada 1, Encañada 2, Encañada 3, Encañada 4, Encañada 5, Encañada 6, Encañada 7, Encañada 8, Encañada 9, Encañada 10, Encañada 11, Encañada 12, Encañada 13, Encañada 14, Encañada 20 y Mavila, en un área de concesión de 4050 ha⁵.

⁵ Primera modificación del Estudio de Impacto Ambiental semidetallado del proyecto de exploración minera «Michiquillay». Aprobado por Resolución Directoral N.º 182-2013-MEM-DGAAM el 10 de junio de 2013.

Desde el 2009 hasta el 2014, se desarrollaron actividades de exploración por Anglo American Michiquillay S.A. durante las cuales se ejecutaron 77 plataformas de perforación, 3 accesos y un depósito de material excedente. Para realizar estas labores presentaron un Estudio de Impacto Ambiental semidetallado⁶ (EIA-sd) en el 2009 y una modificatoria⁷ (2013), en la cual se comprometen a realizar monitoreos de agua superficial, efluentes, comunidades hidrobiológicas y aire que fueron reportados trimestralmente hasta el 2015.

2.2. Recopilación, revisión y análisis de la información

2.2.1. Instrumentos de Gestión Ambiental

El proyecto Michiquillay cuenta con instrumentos de gestión ambiental (IGA) para la ejecución de sus actividades de cierre de pasivos ambientales mineros y exploración, los que son detallados en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Instrumentos de gestión ambiental asociados al proyecto minero Michiquillay

Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA)				
N.º	Administrado	Título del IGA	Número de resolución aprobada por la autoridad competente	Fecha de aprobación
1	Activos Mineros S.A.C	Plan de cierre de pasivos ambientales mineros del proyecto Michiquillay	R.D. N.º 214-2007-MEM/AAM	21 de junio de 2007
2	Anglo American Michiquillay S.A.	Estudio de impacto ambiental semidetallado del proyecto de exploración minera Michiquillay	R.D. N.º 057-2009-MEM/AAM	12 de marzo de 2009
3		Primera modificatoria del estudio de impacto ambiental semidetallado del proyecto de exploración Michiquillay	R.D. N.º 182-2013-MEM/AAM	10 de junio de 2013

En relación a la información descrita en los IGA, los componentes ambientales evaluados, ubicados en el área de influencia del PM Michiquillay, presentaron características que en algunos casos han superado las normas de comparación vigentes en el momento del estudio. A continuación, se presenta un breve resumen de los resultados obtenidos por componente ambiental en cada uno de los IGA, además, se consideran los resultados del componente biológico.

El estudio de impacto ambiental semidetallado del proyecto de exploración minera Michiquillay (en adelante EIA_{sd}), respecto a la calidad del aire indica que las concentraciones de los parámetros evaluados en setiembre de 2008, PTS, PM₁₀, SO₂, NO₂, CO y O₃, además de Pb y As en PM₁₀, en 3 estaciones de monitoreo, no superaron los Estándares de Calidad Ambiental (en adelante ECA) para aire establecidos en el Decreto Supremo N.º 074-2001-PCM, así como, los valores referenciales de la U.S. Environmental Protection Agency (USEPA).

En cuanto a la calidad de agua evaluada en 12 estaciones de muestreo, 10 muestras de agua superficial y 2 efluentes (depósito de relaves y bocamina) de la parte alta de cuenca del río La Encañada, el efluente de la bocamina presentó pH ácido y altas concentraciones de cobre y hierro disuelto que excedieron los límites máximos permisibles, establecidos en la Resolución Ministerial N.º 011-96-EM/VMM. Por otro lado, el río Michiquillay presentó un pH ácido. Asimismo, en la parte baja del referido río, antes de la confluencia con el río

⁶ Estudio de Impacto Ambiental semidetallado del proyecto de exploración Michiquillay, aprobado el 12 de marzo de 2009 por Resolución Directoral N.º 057-2009-MEM/AAM

⁷ Primera modificación al Estudio De Impacto Ambiental semidetallado del proyecto de exploración Michiquillay, aprobado el 10 de junio de 2013 por Resolución Directoral N.º 182-2013-MEM/AAM.

Quinuamayo, presentó concentraciones de cobre que excedieron los Estándares de Calidad Ambiental para agua (en adelante, ECA para Agua) Categoría 3 (Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM) posiblemente debido a las características del material de la zona.

En hidrobiología, se ha registrado un total de 62 especies de organismos planctónicos distribuidos en 50 especies para el fitoplancton y 12 especies para el zooplancton. 33 taxa de macroinvertebrados bentónicos distribuidos en 4 Phyla (Platyhelminthes, Annelida, Arthropoda y Mollusca), 7 clases: Turbellaria, Hirudinea, Oligochaeta, Crustacea, Gastropoda, Bivalvia e Insecta, siendo esta última el grupo predominante con 22 familias, asimismo, según Índice de Hilsenhoff, la quebrada Yanacocha, Quinuamayo, Jatunsacha, Chanche y El Carbón son consideradas dentro de la categoría de agua de buena calidad. Además, se registraron 4 especies de peces, *Astroblepus longiceps*, *Astroblepus rosei*, *Astroblepus* sp. y *Oncorhynchus mykiss*.

Respecto a la calidad del suelo, se analizó el contenido de metales en 14 puntos de muestreo, observándose altas concentraciones de arsénico (5 – 188,7 mg/kg), cadmio (<0,5 – 13,1 mg/kg), cobre (1,8 – 613,8 mg/kg), plomo (30 – 313,3 mg/kg) y zinc (5,7 a 1732 mg/kg) que en algunos casos superaron referencialmente la Guía de Calidad Ambiental Canadiense – CEQG (Canadian Environmental Quality Guidelines, 2003), para usos agrícola, residencial e industrial. Estas excedencias de metales en el suelo fueron atribuidas a aportes naturales y a la existencia de pasivos ambientales que no fueron remediados.

Adicionalmente, en el área del PM Michiquillay identificaron 17 pasivos ambientales mineros, entre ellos, una antigua planta de beneficio, desmontes, bocaminas, plataformas y el antiguo campamento, las cuales corresponden a la antigua mina Michiquillay.

La primera modificación del estudio de impacto ambiental semidetallado del proyecto de exploración minera Michiquillay, respecto a calidad de aire, evaluada en 6 estaciones de monitoreo, entre el 2008, 2009 y 2011, indica que ninguno de los parámetros evaluados, PTS, PM₁₀, SO₂, NO₂, CO y O₃, además de Pb y As en PM₁₀, excedió los ECA para aire o los valores referenciales de la Resolución Ministerial N.º 315-96-EM/VMM y la USEPA – National Ambient Air Quality Standard (NAAQS) – 1971, a excepción del SO₂ en la estación ubicada en El Punre, posiblemente asociada a la quema de leña y tránsito de camiones.

Respecto a la calidad de agua evaluada en 37 estaciones de muestreo en cuerpos de agua superficial y un efluente (bocamina) entre el 2008 y 2011, cumplen con los ECA para agua Categoría 3, según el Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM, a excepción del pH (pH ácido), cobre, hierro y zinc, reportados principalmente en las estaciones ubicadas en la cuenca baja del río Michiquillay, y estaría relacionada a la mineralización de la zona y a la presencia de pasivos ambientales mineros. En relación al efluente de la bocamina, solo el cobre superó los límites máximos permisibles, establecidos en el Decreto Supremo N.º 010-2010-MINAM.

El suelo evaluado mediante 14 muestras evaluadas en el 2011, presentó en su mayoría valores de pH menores a 5,5, es decir, variaron de suelos fuertemente ácidos a ultra ácidos. En cuanto a la concentración de elementos potencialmente tóxicos, el cobre y el plomo en algunos casos superaron referencialmente la Guía de Calidad Ambiental Canadiense – CEQG (Canadian Environmental Quality Guidelines, 2003).

En hidrobiología, para las comunidades de plancton se registró un total de 118 especies, 104 pertenecientes al fitoplancton y 14 a zooplancton. En macroinvertebrados bentónicos se registró un total de 41 especies, siendo el orden Diptera quien registro la mayor cantidad

de especies, seguida de los órdenes Coleoptera y Trichoptera. El río Grande fue la estación que presentó la mayor diversidad, mientras que la menor diversidad fue registrada en las quebradas La Boya y Yanatotora.

En el 2008, según el índice de calidad de agua BMWP-Col⁸, el río Grande y las quebradas Chamcas y Quinuayoc presentaron una calidad de agua buena; las quebradas Yanacocha, Jatunsacha, Chanche, El Carbón y La Boya, y el río Quinuamayo presentaron una calidad aceptable; la quebrada Yanatotora, Campana, y los ríos Quinuamayo y Michiquillay (parte alta) tuvieron una calidad dudosa; mientras que en las lagunas Kerosene y Yanacocha, así como las quebradas Gallo Puquio y la parte baja del río Michiquillay se obtuvo una calidad de agua crítica.

De igual manera las muestras evaluadas en el 2011, el río grande (aguas arriba) presentó una calidad de agua buena. Las quebradas Yanacocha, Chanche y Jatunsacha una calidad de agua aceptable, mientras que los ríos Grande (aguas abajo) y La Encañada, y las quebradas Carbón, Tuyupampa y Chamcas presentaron una calidad de agua dudosa. Por otro lado, las quebradas Yanatotora y Quinuayoc, y los ríos Michiquillay, Quinuamayo y Challhuamayo presentaron una calidad crítica, y por último la quebrada La Boya presentó una calidad de agua muy crítica según el índice de calidad de agua BMWP-Col.

Se ha determinado la presencia de 7 especies de peces (6 de *Astroblepus* y 1 de *Oncorhynchus mykiss*). El género *Astroblepus* «Lifes» fue reportado en las quebradas: Yanacocha, Yanatotora, Chancas, Jatunsacha y Quinuayoc; y en los ríos: Grande, Challhuamayo, Quinuamayo, Michiquillay y La Encañada; y *Oncorhynchus mykiss* «Trucha» en las quebradas Yanacocha y Chanche y en el río Grande.

También se ha reportado la existencia de pasivos ambientales mineros, 17 en la Comunidad Campesina de Michiquillay, entre ellos, la antigua planta de beneficio de la Mina Michiquillay, desmontes, bocaminas y plataformas, y en la Comunidad Campesina La Encañada se identificaron 67, los cuales corresponden a trabajos artesanales.

Denuncias ambientales

De acuerdo con la información proporcionada por el Servicio de Información Nacional de Denuncias Ambientales (Sinada), se han registrado 3 denuncias entre el 2010^{9,10} y 2017¹¹ por presunta contaminación ambiental por la presencia de pasivos ambientales mineros¹², así como actividades de exploración y minería informal realizadas en el área de influencia del PM Michiquillay.

⁸ Adaptación del Biological Monitoring Working Party (BMWP) para Colombia. Método simple y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. Según Zamora (2000) y Roldán (2003).

⁹ Denuncia ambiental registrada en el Sinada con código SC-0207-2010.

¹⁰ Denuncia ambiental registrada en el Sinada con código SC-0403-2010.

¹¹ Denuncia ambiental registrada en el Sinada con código SC-0671-2017.

¹² Resolución Ministerial N.º 010-2019-MEM/DM que actualiza el Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros donde figuran pasivos ambientales mineros en el distrito La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar la calidad ambiental en las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada del área de influencia del proyecto minero Michiquillay de Southern Perú Copper Corporation Sucursal del Perú, en el distrito La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca.

3.2 Objetivos específicos

- Determinar la calidad del agua superficial de quebradas, ríos, manantiales, bofedales y lagunas en las microcuencas La Encañada, Yanacocha, Cotocuna y Chanche.
- Determinar la calidad de sedimento en los ríos seco, Challhuamayo y Michiquillay, así como en lagunas de las microcuencas La Encañada, Yanacocha, Cotocuna y Chanche.
- Evaluar las comunidades hidrobiológicas de perifiton, macroinvertebrados bentónicos, plancton y peces en las microcuencas La Encañada, Yanacocha, Cotocuna y Chanche.
- Determinar la calidad del agua subterránea en piezómetros relacionados al depósito de relaves en la microcuenca La Encañada.
- Caracterizar el agua residual industrial y efluentes del depósito de relaves y la bocamina (El Túnel) en la microcuenca La Encañada.
- Determinar la calidad de ruido en el caserío de Rodacocha y los sectores Quinuayoc, Michiquillay, Pampa Grande y Quinuamayo Bajo en las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada.

4. ÁREA DE ESTUDIO

El PM Michiquillay se ubica políticamente en el distrito La Encañada, provincia y departamento Cajamarca, aproximadamente a 900 km al noreste de Lima y a 45 km de la ciudad Cajamarca.

El área de estudio comprende las comunidades campesinas Michiquillay (CC. Michiquillay) y La Encañada (CC. La Encañada), a una altitud que varía de 3275 a 4000 m s.n.m.

Esta área incluye las microcuencas del río La Encañada (confluencia de los ríos Challhuamayo y Quinuamayo) y de las quebradas Chanche, Cotocuna y Yanacocha. Las microcuencas del río La Encañada y la quebrada Yanacocha se localizan al noreste de la cuenca Crisnejas, mientras que las microcuencas Chanche y Cotocuna se localizan en la Intercuenca Alto Marañón IV (U.H. 49897).

La microcuenca La Encañada comprende las unidades hidrográficas menores conformadas por los ríos Seco, Michiquillay, Challhuamayo, y las quebradas Quishque-Quinuayoc, Las Nellas, Jatunsacha y La Toma (las tres últimas quebradas confluyen por la margen derecha con el río Quinuamayo); Chanche comprende a las quebradas El Carbón, El Lago, Luchocolpana y La Boya; Cotocuna comprende las quebradas sin nombre y Vigón; y Yanacocha incluye la quebrada del mismo nombre (Figura 4.1).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

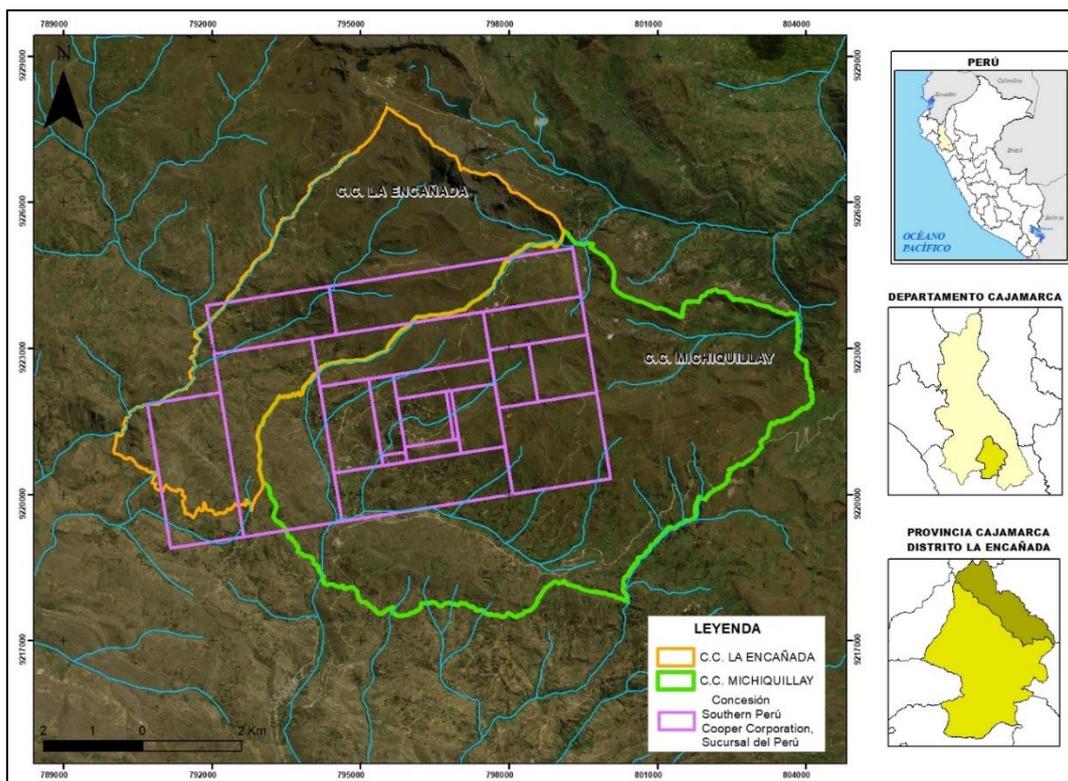


Figura 4.1. Área de estudio de la evaluación ambiental temprana en el proyecto minero Michiquillay

4.1 Clima

En el área de estudio, las temperaturas promedio mensuales varían de 8,8 °C (julio) a 10,5 °C (diciembre). El patrón de precipitaciones tiene un régimen estacional a lo largo del año, la temporada de avenida se inicia en octubre extendiéndose a abril, y el estiaje empieza en mayo y se extiende hasta setiembre, además, las precipitaciones promedio mensuales fluctúan desde 16 mm (julio) hasta 166,9 mm (marzo)¹³, tal como se observa en la Figura 4.2.

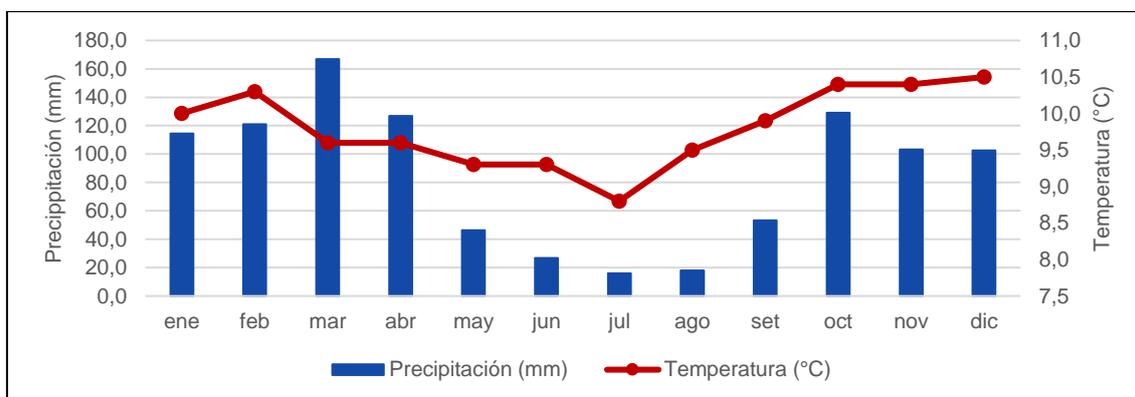


Figura 4.2. Precipitación y Temperatura en el área de estudio - Proyecto Minero Michiquillay
Fuente: Anglo American Michiquillay S.A. 2008. Estudio de impacto ambiental semidetallado del proyecto de exploración minera Michiquillay. R.D. N.° 057-2009-MEM/AAM.

¹³ Estudio de impacto ambiental semidetallado del proyecto de exploración Michiquillay, aprobado el 12 de marzo de 2009 por Resolución Directoral N.° 057-2009-MEM/AAM

Tanto la temperatura como las precipitaciones características del área de estudio influyen en la caracterización bioclimática del medio, reflejándose principalmente en la composición biológica de los ecosistemas; en función de ello y de acuerdo a la clasificación de las zonas de vida propuesta por L.R. Holdridge, el área de estudio comprende zonas de vida como bosque húmedo montano tropical (bh-MT), bosque muy húmedo montano tropical (bmh-MT), páramo muy húmedo subalpino tropical (pmh-SaT) y páramo pluvial subalpino tropical (pp-SaT).

4.2 Contexto geológico y mineralización

Michiquillay es yacimiento tipo pórfido Cu-Au-Mo, alojado entre cuarcitas y calizas, asociado a un complejo diorítico del Mioceno (19,8 – 20,0 Ma), con un recurso de 1048 Mt de 0,69% de Cu, 0,15 g/t de Au y entre 100 a 200 ppm de Mo (Davies *et al.*, 2005; Centeno, 2014). Este pórfido presenta una capa lixiviada con un espesor que varía de unos pocos metros hasta 150 m (asociada a calcosina y covelina), la cual cubre la zona de enriquecimiento supergena (asociada a calcopirita, pirita y molibdeno) que contiene un recurso estimado de 46,2 Mt de 1,15% de Cu con 80 m de espesor, (Davies *et al.*, 2005; P. McInnes, datos no publicados). Mayores detalles se aprecian en la Figura 4.3. Adicionalmente, se ha registrado la presencia de minerales accesorios como magnetita, hematita, cubanita, pirrotita, valleriita, enargita, tetraedrita, esfalerita y galena (Shibata y Uchida, 1976).

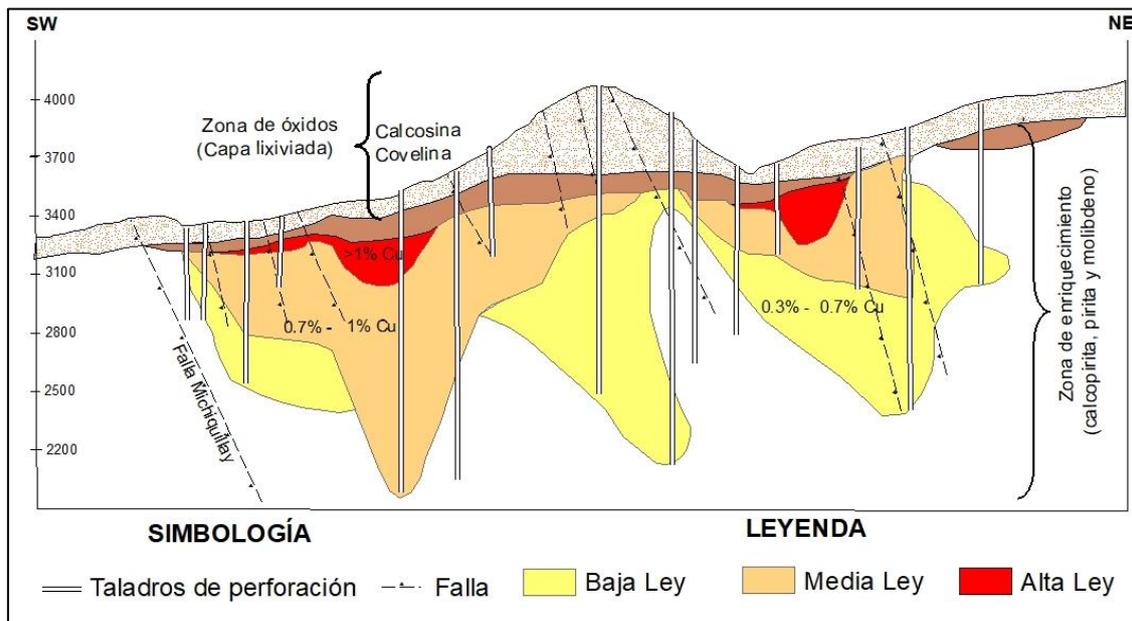


Figura 4.3. Distribución de la ley de cobre, sulfuros primarios y secundarios del pórfido Michiquillay

Fuente: Modificado de Davies *et al.*, 2005.

El complejo intrusivo de Michiquillay está afectado por una falla inversa de alto ángulo compresivo con tendencia NW, con un buzamiento de ~60° hacia el NE, conocido como la falla Michiquillay (Hollister y Sirvas 1974; Davies *et al.*, 2005). Se caracteriza por una brecha matriz soportada que contiene fragmentos de cuarcita y calizas. El depósito asociado a la falla Michiquillay, presenta un intenso fallamiento y fracturamiento «stockwork» y un cambio de alteración potásica a filica. En la zona central del depósito presenta fallas subverticales con dirección NNW y NNE. Presenta principales halos de alteración potásica, magnetítica, cuarzo sílica, epidotización y cloritización. Las fallas de NNW (fallas dominantes) controlan fuertemente tanto la alteración como la mineralización (Davies *et al.*, 2005).

Regionalmente, las unidades estructurales corresponden a distintos ambientes de formación (continental, litoral y marina) y estratigráficamente pertenecen del Cretácico al Cuaternario. Asimismo, las unidades más recientes corresponden a depósitos glaciares y glaciofluviales que rellenan los valles y en menor escala a depósitos aluviales y coluviales sobre las laderas, y depósitos fluviales relleno las quebradas (Anglo American Michiquillay S.A., 2011).

5. CONTEXTO SOCIAL

El área de estudio comprendió las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada^{14,15}, las cuales están organizadas por sectores y caseríos; La CC Michiquillay conformada por 11 sectores y un Anexo, y la CC La Encañada por 4 caseríos y 1 anexo (Tabla 5.1 y Figura 5.1).

Tabla 5.1. Sectores y caseríos del área de estudio

Comunidad campesina Michiquillay		Comunidad campesina La Encañada	
1	Sector Chim Chim	1	Caserío Rodacocha
2	Sector El Punre		
3	Sector Progreso La Toma		
4	Sector Quinuamayo Alto	2	Caserío Sogorón Alto
5	Sector Quinuamayo Bajo		
6	Sector Tuyupampa	3	Caserío Pedregal
7	Sector Pampa Grande		
8	Sector Michiquillay	4	Caserío Chamcas
9	Sector Alto Michiquillay*		
10	Sector Quinuayoc	5	Anexo Río Grande
11	Sector Usnio		
12	Anexo Palpata		

*Sector creado mediante Resolución de Alcaldía N.º 144-2018-A-MDLE durante la ejecución de la evaluación ambiental temprana. Comunicada mediante Carta s/n del 27 de febrero de 2019. Hoja de Trámite N.º 2019-E05-021100.

- 14 Reconocida con Resolución Suprema 127 del 25 de julio de 1963 y partida electrónica 11003067, titulada el 7 de abril de 1994 con una extensión 5509,38 ha. Fuente: SICCAM, 2016. Disponible en: <https://ia801902.us.archive.org/16/items/DirectorioDeComunidadesCampesinas...WEB.compressed/Directorio%20de%20Comunidades%20Campesinas...%20WEB.compressed.pdf>
- 15 Reconocida con Resolución Suprema. s/n del 27 de diciembre de 1946 y partida electrónica 2007573, titulada el 7 de abril de 1994 con una extensión 2730,63 ha. Fuente: SICCAM, 2016. Disponible en: <https://ia801902.us.archive.org/16/items/DirectorioDeComunidadesCampesinas...WEB.compressed/Directorio%20de%20Comunidades%20Campesinas...%20WEB.compressed.pdf>

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

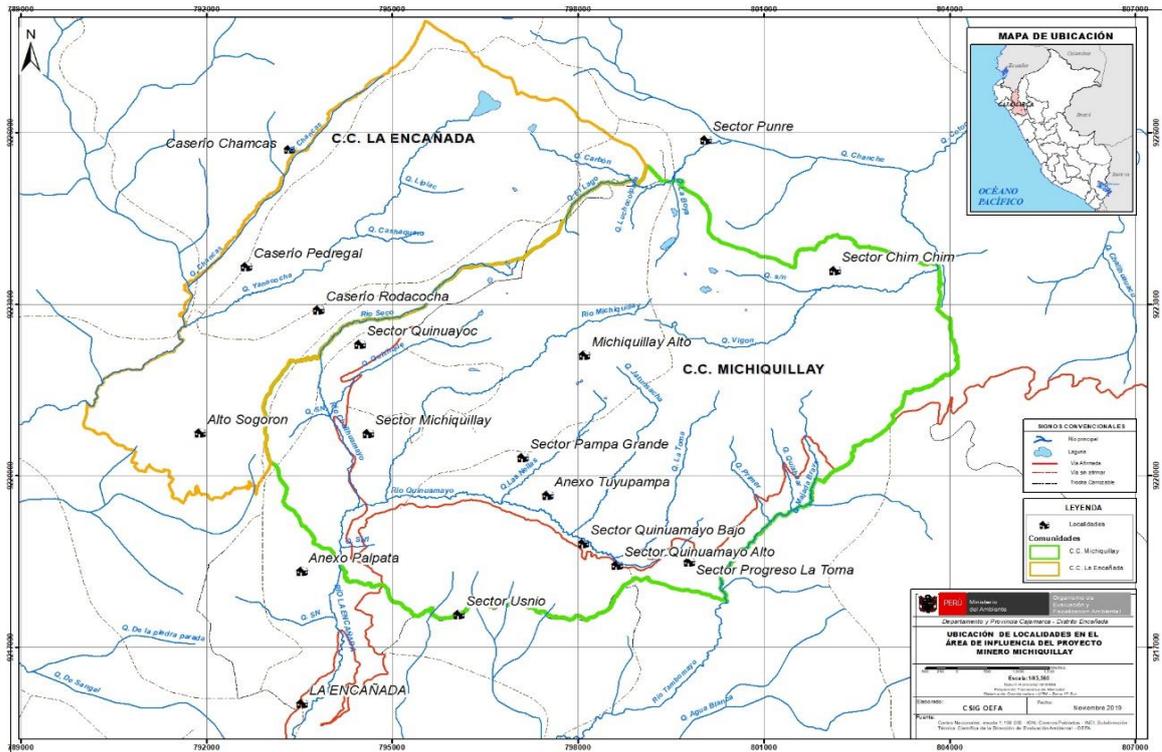


Figura 5.1. Mapa de ubicación de las localidades en el área de estudio con referencia a La Encañada

Las comunidades cuentan con directivas comunales centrales (presidentes comunales) las cuales tienen injerencia sobre los sectores y caseríos, lo mismo sucede con los sectores, caseríos y anexos que en el caso de los sectores de la CC de Michiquillay se denominan «Comités de Administración Local». En ambas directivas las autoridades rotan cada dos años.

Los caseríos de la CC La Encañada están dirigidos por un Teniente Gobernador, Agentes Municipales, Presidentes de Ronda y Presidente de la Junta Administradora de Agua y Saneamiento - JASS, quienes además de cumplir con sus funciones se encargan de la seguridad de su territorio.

Los sectores y anexos de la CC Michiquillay, como ya se mencionó, están dirigidos por un Comité de Administración Local que está conformado por un presidente, vicepresidente, tesorero, secretario y otros cargos temáticos. Al igual que en La Encañada se tiene la presencia de las rondas campesinas como organización complementaria.

Respecto al número de participantes durante la ejecución de la EAT fueron en su mayoría autoridades y comuneros que habitan permanentemente en los caseríos, sectores y anexos, quienes participaron en el proceso de la EAT.

6. PARTICIPACIÓN CIUDADANA

Para el OEFA, la participación de la ciudadanía en el proceso de la fiscalización ambiental es de vital importancia. En consecuencia, la Dirección de Evaluación Ambiental del OEFA vio conveniente desarrollar la Evaluación Ambiental Temprana en el área de influencia del PM Michiquillay con participación ciudadana, la que se basó en el Reglamento de Participación Ciudadana en las Acciones de Monitoreo Ambiental (en adelante, Reglamento), aprobado en el 2014¹⁶ y modificado en el 2016¹⁷.

Etapas desarrolladas durante la EAT

Del 20 al 23 de marzo de 2018 se realizó la visita de reconocimiento al área de influencia del proyecto, con el objetivo de identificar a los actores sociales y autoridades de los sectores, caseríos y anexos de las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada; Asimismo, evaluar la situación social y conocer la percepción de las autoridades respecto EAT que el OEFA como parte de sus funciones realiza.

Del 19 al 29 de agosto de 2018 se realizó la coordinación previa, convocatoria e inscripción a los programas de inducción con la participación de autoridades de los sectores de la CC. Michiquillay y de los caseríos de la CC. La Encañada; con el objetivo de coordinar y buscar el acompañamiento para realizar la visita de reconocimiento en el área de influencia del proyecto Michiquillay. La convocatoria fue realizada a través cartas y oficios dirigidos a las autoridades y comunicados (banners) colocados en instituciones y casas comunales de los caseríos, sectores y anexos; en la etapa de inscripción para los talleres de inducción y presentación de la propuesta del plan de trabajo de la EAT participaron 24 mujeres y 36 varones.

Del 22 al 29 de agosto de 2018 se realizó la visita de reconocimiento al área de influencia del proyecto, con el objetivo de determinar el área de estudio, los componentes ambientales a ser evaluados (identificación de puntos de muestreo); como resultado de esta visita se determinó la red de puntos de muestreo, los parámetros a ser evaluados y los aspectos técnico-logísticos para la evaluación durante el 2018 y 2019.

Del 5 al 9 de septiembre de 2018 se realizó los talleres de inducción y presentación de la propuesta del plan de trabajo en los sectores de Michiquillay y Tuyupampa de la CC. Michiquillay, y en los caseríos de Rodacocha y Pedregal de la CC. La Encañada; en los demás sectores los talleres fueron reprogramados a solicitud del presidente de la Comunidad de Michiquillay¹⁸.

El 22 de setiembre de 2018 el OEFA participó en la asamblea general de la CC. Michiquillay, realizada en el sector de Quinuamayo Bajo, con la participación de la mayoría de sus integrantes; en dicha asamblea, la población y autoridades aceptaron el desarrollo de las actividades programadas por el OEFA.

Del 6 al 13 de noviembre de 2018 se realizó la evaluación de los afloramientos (manantiales) y los talleres de inducción y presentación de la propuesta del plan de trabajo; los talleres se realizaron en los sectores de Pampa Grande, Progreso La Toma, Quinuamayo Bajo,

¹⁶ Resolución de Consejo Directivo N.º 032-2014-OEFA-CD. Aprueban Reglamento de participación ciudadana en las acciones de monitoreo ambiental a cargo del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA.

¹⁷ Resolución de Consejo Directivo N.º 003-2016-OEFA-CD. Modifican el Reglamento de participación ciudadana en las acciones de monitoreo ambiental a cargo del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA.

¹⁸ Con carta s/n presentada en la Oficina Desconcentrada de Cajamarca a las 15:48 h del 6 de setiembre de 2018 con hoja de trámite 2018 –E01-074048.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Quinamayo Alto, Usnio y Anexo Palpata de la CC. Michiquillay, y en el caserío de Sogoron Alto de la CC. La Encañada.

Del 18 de febrero al 7 de marzo de 2019 se realizó el inventario y evaluación de los componentes flora y fauna en el área de estudio.

Del 5 al 28 de marzo de 2019 se realizó el muestreo correspondiente a la temporada húmeda de agua superficial, agua subterránea, agua residual industrial, sedimento, comunidades hidrobiológicas; y mapeo geológico en el área de estudio.

Del 3 al 23 de junio de 2019 se realizó el muestreo correspondiente a la temporada de estiaje de agua superficial, agua subterránea, agua residual industrial, sedimento, comunidades hidrobiológicas, roca y pasivos ambientales mineros en el en el área de estudio.

Del 2 al 13 de setiembre de 2019 se realizó el muestreo de suelo y monitoreo de ruido en el en el área de estudio.

En la Tabla 6.1 y Figura 6.1, se muestra la cantidad de personas por género que participaron en cada una de las etapas de la EAT en el ámbito del PM Michiquillay, durante el 2018 y 2019.

Tabla 6.1. Participación ciudadana de acuerdo a la ejecución de las etapas de la EAT en el área de influencia del PM Michiquillay

Etapas	Actividad	Fecha	Participantes	
			Hombres	Mujeres
Etapas 1, 2 y 3: Coordinación previa, convocatoria e inscripción a los programas de inducción	Visita de reconocimiento social	Del 20 al 23 de marzo de 2018	21	---
	Coordinación con los actores involucrados	Del 19 al 29 de agosto de 2018	45	19
		13 de marzo de 2019 ^(d)	9	2
		21 de junio de 2019 ^(d)	3	1
	Visita de reconocimiento al área de influencia del proyecto minero Michiquillay	Del 22 al 29 de agosto de 2018	---	---
Convocatoria ^(b)				
	Inscripción en los programas de inducción			
Etapas 4 y 5: Inducción y taller para la presentación de la propuesta del plan de monitoreo de la EAT.	Talleres de inducción y presentación de la propuesta de plan de trabajo	Del 5 al 9 de setiembre de 2018	84	40
		De 6 al 13 de noviembre de 2018	123	118
Etapas 6: Ejecución del monitoreo ambiental participativo	Muestreo de los componentes ambientales y estudios de flora y fauna ^(c)	Del 6 al 13 de noviembre de 2018	---	---
		Del 18 de febrero al 7 de marzo del 2019 ^(e)	6	---
		Del 5 al 28 de marzo de 2019	35	---
		Del 3 al 23 de junio de 2019	53	19
		Del 2 al 13 de setiembre de 2019	14	2
Etapas 7: Taller para la presentación de los resultados ^(a)	---	---	---	---

(a): Etapa pendiente hasta la aprobación del informe de la EAT – Michiquillay.

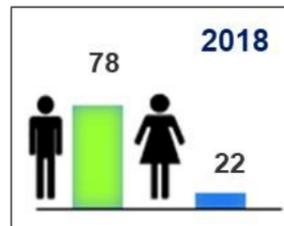
(b): La convocatoria se realizó mediante cartas, oficios y comunicados (banners) colocados en lugares públicos de cada sector y caserío.

(c): La EAT se ejecutó durante el 2018 y 2019.

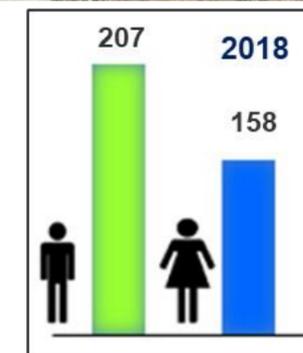
(d): Coordinaciones con los Comités de Administración Local elegidos durante el proceso de la EAT.

(e): Los estudios de flora y fauna se realizaron en coordinación las autoridades de cada caserío, sector y anexo.

Etapas 1, 2 y 3: Coordinación previa, convocatoria e inscripción a los programas de inducción



Etapa 4 y 5: Inducción y Taller para la presentación de la propuesta del plan de monitoreo de la EAT



Del 20 de marzo de 2018 al 29 de agosto de 2019

Del 5 de setiembre de 2018 al 13 de noviembre de 2018

Etapa 6: Ejecución del monitoreo ambiental participativo



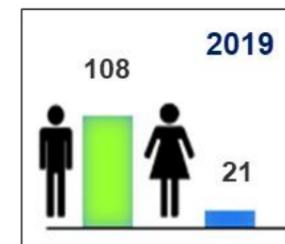
Ríos y quebradas



Manantiales



Efluentes



Piezómetros



Suelo



Ruido

Del 6 de noviembre de 2018 al 13 de setiembre de 2019

Figura 6.1. Participación ciudadana de acuerdo a la ejecución de las etapas de la EAT en el área de influencia del PM Michiquillay.

7. METODOLOGÍA

En este apartado se presenta la metodología empleada en la evaluación en el área de las CC. Michiquillay y CC. La Encañada donde se ubica el PM Michiquillay. Dicha metodología está dividida para cada uno de los componentes ambientales evaluados, durante el 2019.

7.1 Agua superficial

En este apartado, se presenta la metodología empleada para la evaluación de la calidad de agua superficial, que comprende los protocolos utilizados para la toma de muestras, la ubicación de los puntos de muestreo, los parámetros evaluados, los métodos de análisis, los equipos utilizados, aseguramiento de la calidad y los criterios de comparación.

Para efectos de evaluación los manantiales, como puntos o áreas aflorantes de las aguas subterráneas serán considerados como aguas superficiales, ya que para su utilización no se requiere de mecanismos ni obras específicas de extracción¹⁹.

7.1.1 Guías utilizadas para la evaluación

La colecta de muestras de agua superficial se realizó siguiendo las referencias indicadas en la Tabla 7.1. Asimismo, la preservación de las muestras se realizó siguiendo las indicaciones del laboratorio acreditado.

Tabla 7.1. Referencias utilizadas para muestreo de agua superficial

Componente Ambiental	Protocolo	Sección/capítulo	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Agua superficial	Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales	Capítulo 6	Perú	Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Resolución Jefatural N.° 010-2016-ANA	2016
Medición de caudal: agua superficial	Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales	Sección 6.12	Perú	Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Resolución Jefatural N.° 010-2016-ANA	2016
	Manual de hidrometría	Manual completo	Perú	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi)	No aplica	2016
	Guía de prácticas hidrológicas (OMM No.168)	Capítulo 11	Países que integran la OMM	Organización Meteorológica Mundial (OMM)	No aplica	2011

7.1.2 Ubicación de puntos

La ubicación de los puntos de muestreo se estableció previamente en gabinete tomando como referencia los puntos declarados en los IGA previos presentados por Anglo American Michiquillay S.A., los cuales posteriormente fueron validados en la visita de reconocimiento,

¹⁹ Decreto Supremo N.° 001-2010-AG. Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos Ley N.° 29338. Título IX. Aguas subterráneas. Capítulo I. Disposiciones generales. Artículo N.° 226.- De los manantiales.

generando el Informe N.º 342-2018-OEFA/DEAM-STEC²⁰. Adicionalmente, se consideró los siguientes aspectos:

- Ubicación de cuerpos de agua como posibles receptores en el área de estudio
- Ubicación de la zona de mineralización
- Ubicación de plataformas de perforación ejecutadas
- Geología estructural del área de estudio
- Caracterización de manantiales detallados en el Informe N.º 364-2018-OEFA/DEAM-STEC
- Cercanía a posibles fuentes de contaminación (pasivos ambientales mineros)
- Redes de monitoreo ambiental contemplados en los instrumentos de gestión ambiental
- Cercanía a centros poblados, sectores, caseríos, anexos de las comunidades que pudieran verse afectados por el proyecto minero
- Entrevistas y observaciones recopiladas durante la visita de reconocimiento al área de estudio

Se evaluaron 45 puntos en ríos y quebradas, 9 puntos en bofedales, 24 puntos distribuidos en 12 lagunas, y 48 puntos en manantiales, considerando la temporalidad, avenida (marzo) y estiaje (junio). En las Tablas 7.2 a 7.5, se detalla la cantidad de puntos muestreados por cuerpo de agua.

Tabla 7.2. Ubicación de puntos de muestreo de agua en ríos y quebradas del área de estudio

N.º	Microcuenca	Nombre cuerpo de agua	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
1	La Encañada	Quebrada Quinuamayo	Q.Tr.QQuin1	799771	9218877	3596	Tributario de la quebrada Quinuamayo, aproximadamente a 260 m al suroeste del cementerio del sector Progreso La Toma y a 2 m aguas arriba de la vía afirmada Cajamarca – Celendín
2		Quebrada Quinuamayo	Q.Tr.QQuin2	799379	9218599	3559	Quebrada Quinuamayo, aproximadamente a 510 m al oeste de la I.E N.º 821028 del sector Progreso La Toma y a 2 m arriba de la vía afirmada de Cajamarca - Celendín
3		Quebrada La Toma	QQuin4	798606	9218577	3534	Quebrada La Toma, aproximadamente a 35 m antes de confluir con la quebrada Quinuamayo
4		Quebrada Quinuamayo	QQuin5	798139	9218859	3516	Quebrada Quinuamayo, aproximadamente a 300 m antes de la confluencia con la quebrada Jatunsacha
5		Quebrada Jatunsacha	QJatun3	798160	9219209	3524	Quebrada Jatunsacha, aproximadamente a 360 m antes de la confluencia con la quebrada Quinuamayo
6		Río Quinuamayo	RQuin6	796802	9219551	3420	Río Quinuamayo, aproximadamente a 55 m antes de la confluencia con la quebrada Las Nellas

²⁰ Visita de reconocimiento en el área de influencia del proyecto de exploración minera Michiquillay, y caracterización hidrológica de afloramientos ubicados en el distrito de La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca, realizada del 19 al 29 de agosto de 2018. Aprobado el 27 de noviembre de 2018.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

N.º	Microcuenca	Nombre cuerpo de agua	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
7		Quebrada Cochecorral	QCoch1	798341	9221127	3782	Quebrada Cochecorral, naciente de la quebrada principal Las Nellas, parte alta del sector Tuyupampa
8		Quebrada Los Agujeros	QLAgu1	798174	9220922	3757	Quebrada Los Agujeros, aproximadamente 250 metros aguas abajo de QCoch1
9		Quebrada Los Agujeros	QLAgu2	798015	9220741	3727	Quebrada Los Agujeros, aproximadamente a 150 m aguas arriba de la confluencia con el tributario Q.Tr.LAgu1
10		Quebrada Los Agujeros	Q.Tr.LAgu1	798043	9220714	3728	Tributario de la quebrada Los Agujeros, 150 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Las Nellas
11		Quebrada Los Agujeros	Q.Tr.LAgu2	798002	9220636	3708	Quebrada Los Agujeros aproximadamente a 50 m de la confluencia por el margen izquierdo con la quebrada Las Nellas
12		Quebrada Las Nellas	QNell2	796957	9219777	3460	Quebrada Las Nellas, aproximadamente a 330 m antes de la confluencia con el río Quinuamayo
13		Río Challhuamayo	RChal2	794471	9219580	3304	Río Challhuamayo aproximadamente a 140 m antes de la confluencia con el río La Encañada
14		Río La Encañada	RLEnc	794394	9219433	3292	Río La Encañada, aproximadamente a 60 m aguas abajo de la confluencia de los ríos Challhuamayo y Quinuamayo.
15		Río Quinuamayo	RQuin8	794638	9219493	3296	Río Quinuamayo, aproximadamente a 300 m aguas abajo de la confluencia con el río Michiquillay
16		Quebrada Challhuamayo	RChal1	794002	9221037	3418	Quebrada Challhuamayo, aproximadamente a 50 m aguas abajo de la confluencia de las quebradas Quinuayoc y Seca
17		Río Quinuamayo	RQuin7	795020	9219624	3314	Río Quinuamayo, aproximadamente a 110 m aguas arriba de la confluencia con el río Michiquillay
18		Río Michiquillay	RMich6	794976	9219905	3340	Río Michiquillay, aproximadamente a 340 m antes de la confluencia con el río Quinuamayo
19		Río Michiquillay	RMich5	795140	9220359	3389	Río Michiquillay, aproximadamente a 800 m aguas abajo de la bocamina Michiquillay (El Túnel)
20		Río Michiquillay	RMich1	798428	9222743	3743	Río Michiquillay en la parte alta del sector Michiquillay
21		Río Michiquillay	RMich2	797728	9222447	3711	Río Michiquillay, aproximadamente a 512 m al noroeste de la antena de telefonía celular, parte alta del sector Michiquillay
22		Río Michiquillay	RMich3	796965	9221825	3705	Río Michiquillay, aproximadamente a 5 m aguas arriba de la trocha que une los sectores Michiquillay y Pampa Grande
23		Río Michiquillay	RMich4	795809	9221543	3555	Río Michiquillay, aproximadamente a 600 m aguas arriba de la bocamina Michiquillay (El Túnel)
24		Quebrada Las Perlas	QPer11	795906	9222289	3718	Quebrada Las Perlas, aproximadamente a 330 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Quishque

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

N.º	Microcuenca	Nombre cuerpo de agua	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
25	Microcuenca	Quebrada Quishque	QQuish1	796230	9222676	3782	Quebrada Quishque, aproximadamente a 210 m aguas abajo de la laguna Señoracocha
26		Quebrada Quishque	QQuish2	795557	9222362	3658	Quebrada Quishque, aproximadamente a 35 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada Las Perlas
27		Quebrada Quishque	QQuish3	794805	9221939	3554	Quebrada Quishque, aproximadamente a 860 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada Las Perlas
28		Quebrada Quinuayoc	QQuin1	794195	9221387	3473	Quebrada Quinuayoc, aproximadamente a 4 m aguas arriba de la trocha que une los sectores Quinuayoc y Michiquillay
29		Río Seco	RSeco4	793842	9222134	3496	Río Seco, aproximadamente a 50 m aguas arriba de la intersección con la trocha que une los sectores Quinuayoc y Rodacocha (parte baja)
30		Río Seco	RSeco3	794471	9222691	3581	Río Seco, aproximadamente a 400 m al norte del local comunal del sector Quinuayoc
31		Quebrada Oxa Segana	QOxas1	796150	9223675	3807	Quebrada Oxa Segana, parte alta del caserío Rodacocha
32		Río Seco	RSeco1	795855	9223402	3781	Río Seco, parte alta del caserío Rodacocha
33		Río Seco	RSeco2	795656	9223205	3733	Río Seco, aproximadamente a 1,5 km al noreste de la casa comunal del sector Quinuayoc
34	Yanacocha	Quebrada Yanacocha	QYana3	795101	9225077	3624	Quebrada Yanacocha, aproximadamente a 100 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada Lipiac
35		Quebrada Yanacocha	QYana2	793542	9223570	3386	Quebrada Yanacocha, aproximadamente a 50 m aguas arriba del puente, entre el bosque de pino y el matorral
36		Quebrada Yanacocha	QYana1	791759	9222670	3289	Quebrada Yanacocha, aproximadamente a 100 m aguas arriba de la confluencia con el río Grande
37	Chanche	Quebrada El Lago	QELag	798733	9225123	3654	Quebrada El Lago, aproximadamente a 120 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada El Carbón
38		Quebrada Carbón	QCarb1	798740	9225252	3648	Quebrada El Carbón, aproximadamente a 150 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada El Lago
39		Quebrada Chanche	QChan	799712	9225440	3495	Quebrada Chanche, aproximadamente a 300 m aguas abajo de la confluencia de las quebradas La Boya y El Carbón
40		Quebrada Carbón	QCarb2	799329	9225095	3592	Quebrada El Carbón, aproximadamente a 150 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada Luchocolpana
41		Quebrada Luchocolpana	QLuch	798975	9224885	3661	Quebrada Luchocolpana, aproximadamente a 200 m aguas arriba de la confluencia con la Quebrada El Carbón

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

N.º	Microcuenca	Nombre cuerpo de agua	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
42		Quebrada La Boya	QLBoy	799493	9224870	3634	Quebrada La Boya, aproximadamente a 300 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada El Carbón
43		Quebrada Vigón	QVigo	800517	9222248	3658	Quebrada Vigón, aproximadamente a 1 km aguas abajo del bofedal ubicado en la naciente
44	Cotocuna	Quebrada sin nombre	QSnom1	801338	9223290	3696	Quebrada sin nombre, naciente de la quebrada Cotocuna, aproximadamente a 1 km aguas abajo de la laguna
45		Quebrada Cotocuna	QCoto	801968	9223286	3471	Quebrada Cotocuna, aproximadamente a 100 m aguas abajo de la confluencia entre las quebradas sin nombre y Vigón

Fuente: Reportes de campo RC N.º 003-2019-STEC y 021-2019-STEC (Anexo 6).

Tabla 7.3. Ubicación de puntos de muestreo de agua en bofedales del área de estudio

N.º	Microcuenca	Nombre cuerpo de agua	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
1	La Encañada	Bofedal - Río Michiquillay	HBof-3	798923	9222807	3776	Bofedal ubicado en la naciente del río Michiquillay en la propiedad de la familia Limay
2		Bofedal - Río Michiquillay	HBof-5	797961	9223762	3868	Bofedal ubicado en la naciente del río Michiquillay aproximadamente a 250 m al sureste de la Cantera – carretera hacia el caserío Punre
3		Bofedal - Río Michiquillay	HBof-6	797301	9223599	3910	Bofedal ubicado en la naciente del río Michiquillay propiedad de la familia Aguilar
4		Bofedal - Río Michiquillay	HBof-7	797376	9223419	3885	Bofedal ubicado en la naciente del río Michiquillay propiedad de la familia Aguilar
5		Bofedal quebrada Oxa Segana	HBof-8	796982	9223955	3909	Bofedal ubicado en la naciente de la quebrada Oxa Segana en el caserío de Rodacocha
6		Bofedal - quebrada Oxa Segana	HBof-9	797098	9223920	3924	Bofedal ubicado en la naciente de la quebrada Oxa Segana en el caserío de Rodacocha
7	Cotocuna	Bofedal - Tarucacocha	HBof-1	799894	9223336	3821	Bofedal ubicado aproximadamente a 100 m de la laguna Tarucacocha sector Chim Chim
8		Bofedal - Tarucacocha	HBof-2	799723	9223428	3830	Bofedal ubicado aproximadamente a 300 m de la laguna Tarucacocha sector Chim Chim
9		Bofedal – quebrada Vigón	HBof-4	799441	9222514	3755	Bofedal ubicado en la naciente de la quebrada Vigón sector Chim Chim

Fuente: Reportes de campo RC N.º 003-2019-STEC y 021-2019-STEC (Anexo 6).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Tabla 7.4. Ubicación de puntos de muestreo de agua en lagunas del área de estudio

N.º	Microcuencia	Nombre cuerpo de agua	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
1	La Encañada	Laguna Cochecorral	LCoch1	798436	9221361	3791	Laguna Cochecorral, zona de ingreso de afluentes
2			LCoch2	798437	9221345	3791	Laguna Cochecorral, zona de descarga
3		Laguna Brava 1	LBrav1	798073	9221654	3871	Laguna Brava 1, zona de ingreso de afluentes
4			LBrav2	798030	9221643	3871	Laguna Brava 1, zona de descarga
5		Laguna Brava 2	LBrav3	798005	9221647	3861	Laguna Brava 2, zona de ingreso de afluentes
6			LBrav4	797981	9221597	3861	Laguna Brava 2, zona de descarga
7		Laguna Caballero	LCaba1	796614	9223454	3862	Laguna Caballero, zona de ingreso de afluentes
8			LCaba2	796573	9223379	3865	Laguna Caballero, zona de descarga
9		Laguna Huachacocha	LHuac1	796850	9223725	3892	Laguna Huachacocha, zona de descarga
10		Laguna La Arena	LLAren1	796849	9223191	3873	Laguna La Arena, zona central
11		Laguna Señoracocha	LSCoch1	796444	9222869	3788	Laguna Señoracocha, zona de ingreso de afluentes
12			LSCoch2	796401	9222814	3788	Laguna Señoracocha, zona de descarga
13	Yanacocha	Laguna Lipiac	LLipi1	796971	9225010	3871	Laguna Lipiac, zona central
14	Cotocuna	Laguna Tarucacocha	LTaru1	799989	9223284	3819	Laguna Tarucacocha, zona de ingreso de afluentes noroeste
15			LTaru2	800081	9223285	3815	Laguna Tarucacocha, zona de descarga
16			LTaru3	800127	9223249	3815	Laguna Tarucacocha, zona este
17			LTaru4	799995	9223233	3815	Laguna Tarucacocha, zona de ingreso de afluentes suroeste
18			LTaru5	800061	9223247	3815	Laguna Tarucacocha, zona central
19	Chanche	Laguna La Boya Monte Redondo	LBoy1	799445	9224015	3734	Laguna La Boya - Monte Redondo zona de ingreso de afluentes
20			LBoy2	799485	9224109	3715	Laguna La Boya - Monte Redondo, zona de descarga
21		Laguna La Boya	LBoy3	799562	9224552	3663	Laguna La Boya, zona de ingreso de afluentes
22			LBoy4	799516	9224638	3663	Laguna La Boya, zona de descarga
23		Laguna El Carbón	LCarb1	797293	9226074	3747	Laguna El Carbón, zona de ingreso de afluentes

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

N.º	Microcuenca	Nombre cuerpo de agua	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
24			LCarb2	797304	9226097	3749	Laguna El Carbón, zona de descarga

Fuente: Reportes de campo RC N.º 003-2019-STEC y 021-2019-STEC (Anexo 6).

Tabla 7.5. Ubicación de puntos de muestreo en manantiales en el área de estudio

N.º	Lugar	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
1	Pampa Grande	FMich-01	796909	9221217	3757	Manantial Segces ubicado en la zona llamada Segces, sector de Michiquillay.
2	Pampa Grande	MPuqui2	796577	9220184	3507	Manantial Puquio II ubicado a 550 m aproximadamente al suroeste de la I.E.I. N.º 748 del sector Pampa Grande.
3	Pampa Grande	MPuqui4	796652	9220417	3589	Manantial Puquio IV ubicado aproximadamente a 480 m al oeste de la I.E.I. N.º 748 del sector Pampa Grande.
4	Sector Quinuayoc	AFMagM	796694	9223987	3886	Manantial Maque ubicado en el margen derecho de la quebrada Quinuayoc o río Seco, parte alta del caserío Rodacocha.
5	Sector Quinuayoc	AFCoch1	797231	9223881	3938	Manantial Cocho Orco I ubicado en la naciente de la quebrada Quinuayoc, parte alta del sector Quinuayoc.
6	Sector Quinuayoc	AFCoch2	797076	9223586	3912	Manantial Cocho Orco II ubicado en la naciente de la quebrada Quinuayoc, parte alta del sector Quinuayoc.
7	Sector Quinuayoc	AFPeñim	796730	9222941	3847	Manantial Peña Mala ubicado aguas arriba de la laguna Señoracocha, parte alta del sector Quinuayoc.
8	Progreso La Toma	MLlif2	799931	9219093	3634	Manantial Los Lifes ubicado aproximadamente a 625 m al norte de la I.E. N.º 821028 del sector Progreso La Toma.
9	Sector Tuyupampa	AFFroilan2	798361	9219519	3556	Manantial Froilan II ubicado aproximadamente a 380 m aguas arriba de la intersección de la quebrada Jatunsacha con el acceso de ingreso al sector Tuyupampa.
10	Sector Tuyupampa	AFJavier	798168	9219202	3508	Manantial Javier ubicado aproximadamente a 15 m al este de la intersección de la quebrada Jatunsacha con el acceso de ingreso al sector Tuyupampa
11	Progreso La Toma	FMana1	800642	9220864	3811	Manantial Quishuar quebrada ubicado aguas arriba de la captación para consumo del sector Progreso La Toma (Cumbe Chico).
12	Quinuamayo Alto	AFPCum1	800158	9221131	3796	Manantial Pampa del Cumbe I ubicado en la parte alta de la quebrada La Toma, sector de Quinuamayo Alto
13	Quinuamayo Alto	AFPCum2	799902	9221009	3774	Manantial Pampa del Cumbe II ubicado en el margen derecho de la quebrada La Toma, parte alta del sector Quinuamayo Alto
14	Quinuamayo Alto	AFLmin1	799221	9219680	3700	Afloramiento La Mina ubicado en el margen derecho de la quebrada La Toma, parte alta del sector Quinuamayo Alto.
15	Pampa Grande	AFBaNg3	798539	9222329	3859	Manantial Barro Negro III ubicado aproximadamente a 490 m al noreste de la antena de telefonía celular, naciente del río Michiquillay.
16	Pampa Grande	AFBaNg4	798272	9222400	3816	Manantial Barro Negro IV ubicado aproximadamente a 335 m al noreste de la antena de telefonía celular, naciente del río Michiquillay.
17	Quinuamayo Bajo	AFVuel	799452	9221724	3847	Manantial Las Vueltas ubicado en el margen derecho del acceso que une los sectores de

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

N.º	Lugar	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
						Quinuamayo Bajo con Chim Chim, parte alta de Quinuamayo Bajo.
18	Quinuamayo Bajo	AFQuinB2	799408	9221779	3867	Manantial Quinuamayo Bajo II ubicado en el margen izquierdo del acceso que une los sectores de Quinuamayo Bajo con Chim Chim, parte alta de Quinuamayo Bajo
19	Quinuamayo Bajo	AFQuinB1	799535	9221464	3839	Manantial Quinuamayo Bajo I ubicado en el margen izquierdo de la quebrada Jatunsacha, parte alta del sector de Quinuamayo Bajo
20	Quinuamayo Bajo	AFPaccha2	798859	9220714	3744	Manantial Paccha II ubicado en el margen derecho de la quebrada Jatunsacha aproximadamente a 1,70 km al noreste de la casa comunal del sector Tuyupampa,
21	Pampa Grande	AFPamPm	798016	9221290	3845	Manantial Pampa de la Piedra Mesa ubicado aproximadamente a 820 m al sur de la antena de telefonía celular, parte alta del sector Tuyupampa.
22	Sector Tuyupampa	AFCocho1	798261	9221280	3787	Manantial Cochecorral I ubicado en el margen derecho de la naciente de la quebrada Las Nellas, parte alta del sector Tuyupampa.
23	Sector Tuyupampa	AFCocho2	798431	9221155	3784	Manantial Cochecorral II ubicado en el margen izquierdo de la naciente de la quebrada Las Nellas, parte alta del sector Tuyupampa.
24	Sector Tuyupampa	AFCocho3	798196	9221101	3771	Manantial Cochecorral III ubicado en el margen derecho de la naciente de la quebrada Las Nellas, parte alta del sector Tuyupampa.
25	Sector Tuyupampa	AFMaMaq	798326	9220472	3732	Manantial Maque ubicado aproximadamente a 1,15 km al noreste de la casa comunal del sector Tuyupampa.
26	Sector Michiquillay	FMich-03	794894	9220870	3440	Manantial ubicado en el sector de Michiquillay zona de captaciones de Ochoro
27	Sector Michiquillay	FMich-05	795437	9220795	3454	Manantial ubicado en el sector de Michiquillay, zona mina, margen izquierdo del río Michiquillay (Puente Palo)
28	Sector Michiquillay	FMich-04	795324	9220737	3450	Manantial ubicado en el sector de Michiquillay aproximadamente a 50 m del margen derecho del río Michiquillay.
29	Alto Michiquillay	AFLRSub3	798742	9222830	3768	Manantial Subllaquero III ubicado en la parte alta del sector Michiquillay.
30	Alto Michiquillay	AFLRSub1	798173	9223414	3809	Manantial Subllaquero I ubicado en la parte alta del sector Michiquillay.
31	Alto Michiquillay	AFBaNg5	798106	9223537	3738	Manantial Barro Negro V ubicado aproximadamente a 440 m al norte de la antena de telefonía celular, naciente del río Michiquillay.
32	Sector Michiquillay	AFMichi2	794678	9220278	3401	Manantial Michiquillay II ubicado aproximadamente a 460 m al sur de la casa comunal del sector Michiquillay.
33	Sector Michiquillay	AFMichi1	794654	9220379	3415	Manantial Michiquillay I ubicado aproximadamente a 350 m al sur de la casa comunal del sector de Michiquillay (Surgencia de agua proveniente de un antiguo sondaje de perforación).
34	Sector Quinuayoc	FMich-02	795644	9222394	3667	Manantial ubicado en sector de Quinuayoc, margen izquierdo de la quebrada Quinuayoc.
35	Sector Quinuayoc	MCort1	794923	9222049	3594	Manantial Las Cortaderas I ubicado en el margen derecho de la quebrada Seca o Quishque en el sector de Quinuayoc.
36	Sector Quinuayoc	MLCahu1	794793	9221966	3560	Manantial La Cahuiña ubicado en el margen derecho de la quebrada Seca o Quishque en el sector Quinuayoc.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

N.º	Lugar	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
37	Sector Quinuayoc	MCort2	794441	9221770	3536	Manantial Las Cortaderas II ubicado en el margen derecho de la quebrada Seca o Quishque en el sector Quinuayoc.
38	Sector Quinuayoc	AFCuschc1	795001	9222732	3624	Manantial Cushurito I ubicado aproximadamente a 680 m al noreste de la casa comunal del sector de Quinuayoc, margen izquierdo de la quebrada Quinuayoc o río Seco.
39	Sector Quinuayoc	AFQuiMa	794121	9222439	3540	Manantial Quinuayoc ubicado aproximadamente a 390 m de la casa comunal del sector de Quinuayoc, margen izquierdo de la quebrada Quinuayoc o río Seco.
40	Sector Usnio	MUsnio1	796266	9217759	3429	Manantial Usnio ubicado a 270 m al noreste de la I.E. N.º 82171 del sector Usnio.
41	Caserío Alto Sogoron	AFSAIt5*	791835	9220891	3565	Pozo la Totorá ubicado aproximadamente a 160 m al noreste de la I.E.N.º 82914 del caserío Sogoron Alto.
42	Caserío Alto Sogoron	AFSAIt1*	791846	9220690	3582	Pozo El Muqui ubicado aproximadamente a 80 m de la I.E. Nº 82914 del caserío Sogoron Alto.
43	Caserío Alto Sogoron	AFSAIt2*	792230	9220423	3585	Pozo Toroagana, ubicado aproximadamente a 450 m al Sureste de la I.E. N.º 82914 del caserío Sogoron Alto.
44	Caserío Alto Sogoron	AFSAIt3*	792440	9220052	3588	Pozo El Barro ubicado aproximadamente a 900 m al sureste de la I.E. N.º 82914 del caserío de Sogoron Alto.
45	Anexo Palpata	AFMichi7	794505	9219462	3272	Manantial Michiquillay VII ubicado en el margen izquierdo del río la Encañada a 50 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Challhuamayo.
46	Anexo Palpata	AFMichi5	794422	9219457	3266	Manantial Michiquillay V ubicado en el margen derecho del río la Encañada aproximadamente a 30 m al oeste de la confluencia de la quebrada Challhuamayo.
47	Anexo Palpata	AFMMuerte1	794158	9218815	3247	Manantial Mala Muerte I ubicado en el margen izquierdo del río la Encañada, altura de anexo Palpata.
48	Anexo Palpata	AFShita	794157	9218675	3239	Manantial la Shita ubicado en el margen izquierdo del río la Encañada, altura de anexo Palpata.

* Estos manantiales son captados mediante pozos artesianos para el consumo humano.

Fuente: Reportes de campo RC N.º 003-2019-STEC y 021-2019-STEC (Anexo 6).

7.1.3 Parámetros y métodos de análisis

Para la selección de los parámetros correspondientes a la evaluación de calidad de agua superficial se priorizó aquellos relacionados con las actividades de explotación o beneficio de yacimientos mineros polimetálicos, así como parámetros adicionales que permitiesen una correcta interpretación de los resultados. De igual manera, otro criterio de priorización fue tomar en consideración los parámetros contemplados en los estándares de calidad ambiental del agua (ECA para agua) para las categorías correspondientes a los cuerpos de agua ubicados en el área de estudio.

Para la calidad de agua superficial en los puntos de muestreo se analizaron *in situ* los parámetros de campo tales como: temperatura, potencial hidrógeno (pH), conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, turbidez, potencial de óxido reducción (ORP) y caudal, este último parámetro solo medido en ríos, quebradas y manantiales. En la Tabla 7.6 se presenta los parámetros y métodos de ensayo considerados a analizar para agua superficial, a través de un laboratorio acreditado por el INACAL.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Tabla 7.6. Parámetros evaluados y métodos de análisis de agua superficial

Parámetros	Metodología	Laboratorio acreditado
Metales totales por ICP-MS + mercurio (Hg)	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007	ALS LS PERU S.A.C. AGQ DEL PERÚ S.A.C. TYP SA PERÚ S.A.
Metales disueltos por ICP-MS + mercurio (Hg)	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007	
Demanda bioquímica de oxígeno DBO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012	
Demanda química de oxígeno DQO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. 2012	
Sulfatos	EPA METHOD 300.1, Rev. 1, 1997 (validado)	
Cloruros	EPA METHOD 300.1, Rev. 1, 1997 (validado)	
Carbonatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed. 2012	
Bicarbonatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed. 2012	
Nitratos	EPA METHOD 300.1 Rev. 1,1997 (Validado)	
Silicatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-SiO ₂ , D, 22nd Ed. 2012	
Fosfatos	EPA METHOD 300.1, Rev. 1, 1997 (validado)	
Nitrógeno total	SWEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-N C,23rd Ed. 2017	
Carbono orgánico total	APHA 5310B, Versión 02,2013	
Nitrógeno amoniacal	SWEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH ₃ F,23rd Ed. 2017	
Sólidos totales disueltos (STD)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 22nd Ed. 2012	
Sólidos totales suspendidos (STS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012	
Aceites y grasas	ASTM D7066-04 (Validado), 2011	

Fuente: Reportes de campo N.º 003-2019-STEC y 021-2019-STEC (Anexo 6) y Reportes de resultados N.º: 036-2019-STEC y RR_037-2019-STEC (Anexo 7).

EPA: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, SMEWW: Estándar Métodos para la Examinación de Agua y Agua Residuales, APHA-AWA-WEF: Asociación Americana de Trabajos en Agua-Salud Pública Americana-Federación Ambiental.

7.1.4 Equipos utilizados

Los equipos utilizados para la medición de parámetros *in situ*, certificados de calibración, datos de medición de caudal y la ubicación de los puntos de muestreo, se detallan en los reportes de campo N.º 003-2019-STEC (marzo) y N.º 021-2019-STEC (junio), que se presentan en el Anexo 6.

7.1.5 Aseguramiento de la calidad

El aseguramiento de la calidad de los resultados de campo, incluyó la verificación y ajuste de los sensores de los equipos multiparámetro. Todos los resultados fueron registrados en los formatos correspondientes (Anexo 6).

Para garantizar la representatividad de los resultados de laboratorio, se realizó como control de calidad la toma de muestras duplicadas, blancos viajeros y blancos de campo, acorde a lo indicado en el protocolo indicado en la sección 7.1.1. Antes de salir a campo, se definió la ubicación de estos controles (Anexo 7).

7.1.6 Procesamiento de datos

La evaluación de los aspectos hidroquímicos permiten caracterizar las aguas en función a su concentración de sales, predominancia de cationes y aniones (tipo de agua) e interacción con la parte orgánica y roca. Custodio y Llamas (1996) consideran que los análisis de calcio, magnesio, sodio, potasio, bicarbonatos, sulfatos, cloruros y parámetros de campo como la conductividad eléctrica, temperatura, oxígeno disuelto y pH, son suficientes para el estudio de los principales procesos químicos en la mayoría de acuíferos y sistemas hidrológicos.

Para la caracterización del agua superficial en el área de estudio, se consideraron los resultados de los parámetros que se muestran a continuación:

- Parámetros fisicoquímicos: pH, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, carbonatos y bicarbonatos.
- Parámetros inorgánicos: sulfatos y cloruros.
- Metales totales y disueltos: aluminio (Al), plata (Ag), antimonio (Sb), arsénico (As), bario (Ba), boro (B), cadmio (Cd), calcio (Ca), cobre (Cu), hierro (Fe), potasio (K), litio (Li), magnesio (Mg), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), sodio (Na), níquel (Ni), plomo (Pb), mercurio (Hg), selenio (Se), silicio (Si), estroncio (Sr), talio (Tl), titanio (Ti), uranio (U), vanadio (V) y zinc (Zn).

Con estos resultados se elaboraron diagramas hidroquímicos (Stiff y Piper), que se describen a continuación:

A) Diagramas hidroquímicos

El análisis de resultados comprendió la elaboración de diagramas hidroquímicos que permitieron caracterizar las aguas en función a su concentración de sales, predominancia de cationes y aniones (tipo de agua) e interacción con la parte orgánica y roca.

El procesamiento de los diagramas hidroquímicos se realizó mediante el uso de los softwares libres Aqion versión 6.2.6 y Diagrammes.

▪ Diagrama de Stiff

Este diagrama corresponde a gráficas poligonales, compuesta por tres ejes horizontales, constituidos por un catión y un anión distribuidos de forma paralela. Todos los cationes se disponen al lado izquierdo del diagrama, y los aniones al derecho. Todos los ejes horizontales están a la misma escala (lineal) y las concentraciones están dadas en meq/L.

El diagrama de Stiff permitió visualizar el tipo de agua (configuración particular), y el grado de mineralización (ancho de la gráfica). En la Figura 7.1 se muestran algunas apreciaciones de este diagrama que caracterizan varios tipos de aguas.

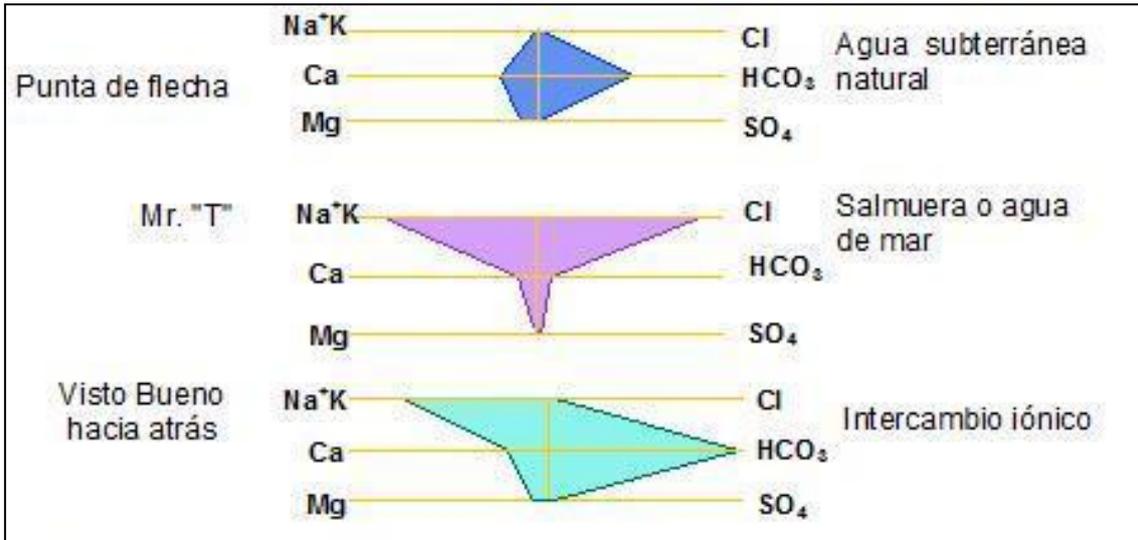


Figura 7.1. Diagrama de Stiff

▪ Diagrama de Piper

Este diagrama es el más utilizado, debido a que representa a los aniones y cationes de forma simultánea, además, las aguas geoquímicamente similares quedan agrupadas en áreas bien definidas (Custodio y Llamas, 1996)

Este diagrama está formado por dos triángulos equiláteros, donde se representan los cationes y aniones mayoritarios. Los vértices del triángulo de cationes son Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ y K⁺. Los vértices del triángulo de aniones son SO₄²⁻, Cl⁻ y HCO₃³⁻. Los datos de los diagramas triangulares se proyectan en un rombo central en el que se representa la composición del agua deducida a partir de aniones y cationes.

Las concentraciones de los iones en meq/L se expresan como porcentaje con respecto a la suma de aniones y cationes respectivamente. En cada triángulo se reúnen solo tres aniones y tres cationes. A cada vértice le corresponde el 100 % de un anión o catión (Figura 7.2).

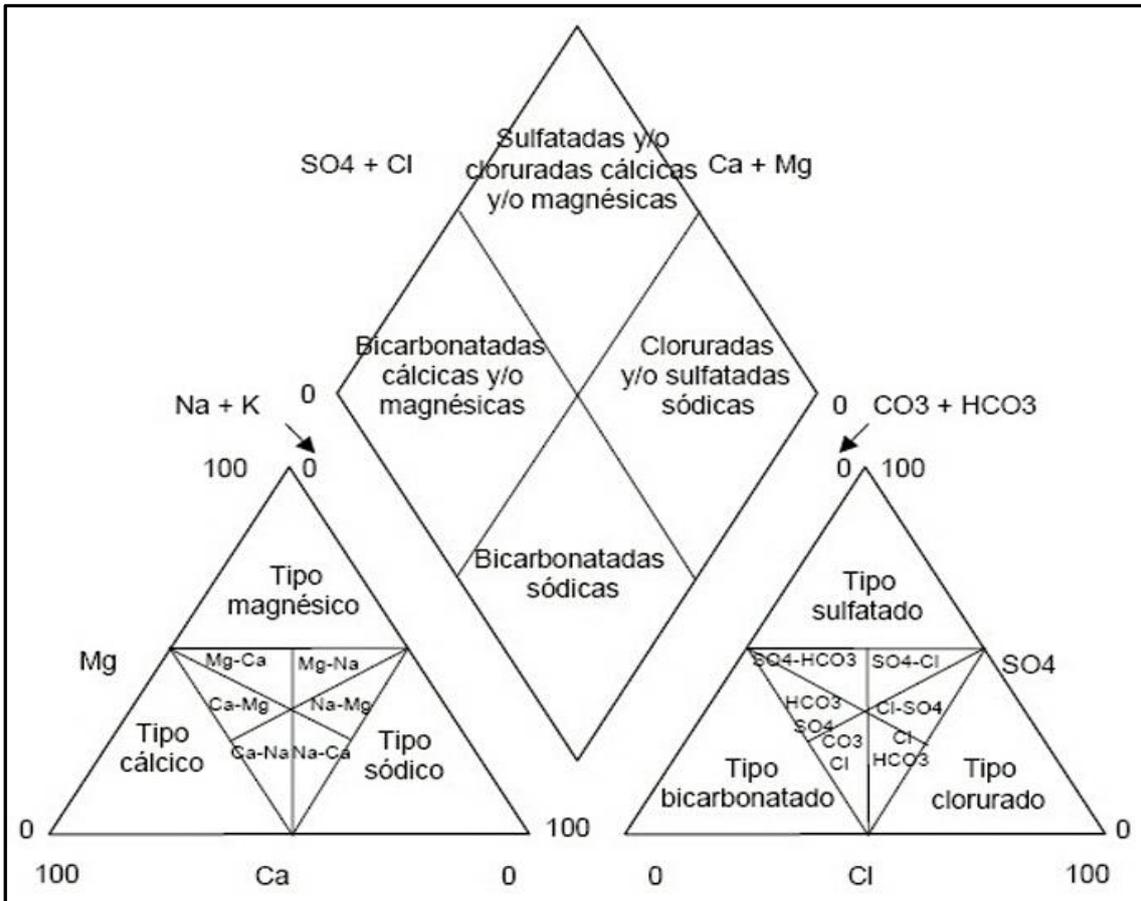


Figura 7.2. Diagrama de Piper

7.1.7 Criterios de evaluación

Las microcuencas del río La Encañada y la quebrada Yanacocha, tributan al río Crisnejas, mientras que las microcuencas de las quebradas Chanche y Cotocuna tributan al río Jangas, estos ríos principales se encuentran clasificados en la categoría 3, «riego de vegetales y bebida de animales», de acuerdo con la «Clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales²¹» de la ANA, por lo que, se consideraron en la misma categoría de acuerdo a la tercera disposición complementaria transitoria del Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM que aprueba los ECA para agua.

Los resultados de análisis obtenidos del monitoreo de agua superficial (ríos, quebradas, bofedales y manantiales) fueron comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua (ECA para agua) categoría 3, subcategoría D1: Riego de cultivos de tallo bajo y alto y subcategoría D2: Bebida de animales (Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM). A excepción de 4 manantiales que son captados para el consumo humano, por tal motivo, fueron comparados con los (ECA) para agua categoría 1: Poblacional y Recreacional; subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable; A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

En el caso de los resultados obtenidos del monitoreo en lagunas fueron comparados con los ECA para agua categoría 4: Conservación del ambiente acuático; subcategoría E1: Lagunas

²¹ Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA. Aprueban la Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales. Aprobada el 21 febrero, 2018.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

y Lagos. Adicionalmente, dentro de esta categoría fueron considerados dos bofedales (HBoF-1 y HBoF-2) aledaños y tributarios a la Laguna Tarucacocha.

En la Tabla 7.7, se presenta los valores de los ECA para agua para categorías 1, 3 y 4 aprobados por Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

Tabla 7.7. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM Categorías 1, 3 y 4.

Parámetros	Unidad	Manantiales: captados para consumo humano	Ríos, quebradas, bofedales y manantiales		Lagunas
		D.S. N.º 004-2017-MINAM			
		Categoría 1	Categoría 3		Categoría 4
		A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales	E1: Lagunas y Lagos
FISICO-QUÍMICOS					
Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4	6,5 – 9,0
Temperatura	°C	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3
Oxígeno disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥6	≥4	≥5	≥5
Conductividad	μS/cm	1500	2500	5000	1000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	15	15	5
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	40	40	---
Turbiedad	NTU	5	---	---	---
Bicarbonatos	mg/L	---	518	---	---
Carbonatos	mg/L	---	---	---	---
Cloruros	mg/L	250	500	---	---
Nitratos	mg/L	---	---	---	13*
Nitrógeno total	mg/L	---	---	---	0,315
Sulfuros	mg/L	---	---	---	0,002
Sulfatos	mg/L	250	1000	1000	---
Fósforo total	mg/L	0,1	---	---	0,035
Sólidos totales disueltos	mg/L	1000	---	---	---
Sólidos totales suspendidos	mg/L	---	---	---	≤ 25
INORGÁNICOS					
Aluminio	mg/L	0,9	5	5	---
Antimonio	mg/L	0,02	---	---	0,64
Arsénico	mg/L	0,01	0,1	0,2	0,15
Bario	mg/L	0,7	0,7	---	0,7
Berilio	mg/L	0,012	0,1	0,1	---
Boro	mg/L	2,4	1	5	---
Cadmio	mg/L	0,003	0,01	0,05	---
Cadmio disuelto	mg/L	---	---	---	0,00025
Cobre	mg/L	2	0,2	0,5	0,1

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Parámetros	Unidad	Manantiales: captados para consumo humano	Ríos, quebradas, bofedales y manantiales		Lagunas
		D.S. N.° 004-2017-MINAM			
		Categoría 1	Categoría 3		Categoría 4
		A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales	E1: Lagunas y Lagos
Cobalto	mg/L	---	0,05	1	---
Cromo hexavalente	mg/L	---	---	---	0,011
Cromo total	mg/L	0,05	0.1	1	---
Hierro	mg/L	0,3	5	---	---
Litio	mg/L	---	2,5	2,5	---
Magnesio	mg/L	---	---	250	---
Manganeso	mg/L	0,4	0,2	0,2	---
Mercurio	mg/L	0,001	0,001	0,01	0,0001
Níquel	mg/L	0,07	0,2	1	0,052
Plata	mg/L	---	---	---	---
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,0025
Selenio	mg/L	0,04	0,02	0,05	0,005
Talio	mg/L	---	---	---	0,0008
Zinc	mg/L	3	2	24	0,12

* La técnica analítica determina la concentración en unidades de Nitratos-N (NO₃-N), por tanto, se multiplica el resultado por el factor 4,43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃⁻).

---: Parámetros no contemplados en la categoría correspondiente.

7.2 Agua subterránea

En este apartado, se presenta la metodología empleada para la evaluación de agua subterránea a través de piezómetros, que comprende los protocolos utilizados para la toma de muestras, ubicación de los puntos de muestreo, parámetros evaluados, métodos de análisis, equipos utilizados, aseguramiento de la calidad y los criterios de comparación.

7.2.1 Guías utilizadas para la evaluación

La colecta de muestras de agua subterránea se realizó en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) siguiendo las referencias indicadas en la Tabla 7.8. Asimismo, la preservación de las muestras se realizó siguiendo las indicaciones del laboratorio acreditado.

Tabla 7.8. Referencias para el muestreo de agua subterránea

Referencia	Sección / capítulo	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Manual de buenas prácticas en la investigación de sitios contaminados muestreo de aguas subterráneas	Parte 2	Perú	Ministerio del Ambiente	No aplica	2016
<i>National Field Manual for the Collection of Water-Quality Data (NFM). Book 9</i> (Manual de campo nacional para la colecta de muestras de calidad de agua)	Capítulos del A1 al A6	Estados Unidos	<i>U.S. Geological Survey</i> (Servicio geológico de los Estados Unidos)	No aplica	2015

7.2.2 Ubicación de puntos

Se realizó 2 puntos de muestreo para evaluar el agua subterránea a través de piezómetros localizados en el entorno del depósito de relaves en la margen derecha del río Michiquillay. Tabla 7.9.

Tabla 7.9. Ubicación de puntos de muestreo de piezómetros en el área de influencia del PM Michiquillay

Lugar	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
Depósito de relaves C.C. Michiquillay	PZ-01	794925	9220791	3448	Piezómetro N° 1 lado noroeste del depósito de relaves
	PZ-02	795027	9220710	3434	Piezómetro N° 2 lado sureste del depósito de relaves

Fuente: Reportes de campo N.º 003-2019-STEC y 021-2019-STEC (Anexo 6).

7.2.3 Parámetros y métodos de análisis

Se han considerado los parámetros incluidos en la Tabla 7.10, los cuales fueron seleccionados en referencia a las actividades de cierre del pasivo ambiental minero y parámetros de control para establecer relaciones hidroquímicas.

En todos los puntos de muestreo de agua subterránea se analizaron *in situ* los parámetros de campo como temperatura, potencial hidrógeno (pH), conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y turbidez.

La Tabla 7.10 presenta los parámetros analizados en el agua subterránea, a través de un laboratorio acreditado por el INACAL.

Tabla 7.10. Parámetros evaluados y métodos de análisis de calidad de agua subterránea

Parámetros	Metodología	Laboratorio acreditado
Metales totales por ICP-MS + mercurio	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007	ALS LS PERU S.A.C. AGQ DEL PERÚ S.A.C. TYP SA PERÚ S.A.
Metales disueltos por ICP-MS + mercurio	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007	
Sulfatos	EPA METHOD 300.1, Rev. 1, 1997 (validado)	
Cloruros	EPA METHOD 300.1, Rev. 1, 1997 (validado)	
Carbonatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed. 2012	
Bicarbonatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed. 2012	
Nitratos	EPA METHOD 300.1 Rev. 1, 1997 (Validado)	
Silicatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-SiO ₂ , D, 22nd Ed. 2012	
Fosfatos	EPA METHOD 300.1, Rev. 1, 1997 (validado)	
Sólidos totales disueltos (STD)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 22nd Ed. 2012	
Sólidos totales suspendidos (STS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012	

Fuente: Reportes de campo N.º 003-2019-STEC y 021-2019-STEC (Anexo 6) y Reportes de resultados N.º: 036-2019-STEC y RR_037-2019-STEC (Anexo 7).

EPA: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, SMEWW: Estándar Métodos para la Examinación de Agua y Agua Residuales, APHA-AWA-WEF: Asociación Americana de Trabajos en Agua-Salud Pública Americana-Federación Ambiental.

7.2.4 Equipos utilizados

Los equipos utilizados para la medición de parámetros *in situ*, certificados de calibración, medición de nivel freático y la ubicación de los puntos de muestreo, se detallan en los reportes de campo N.º 003-2019-STEC y N.º 021-2019-STEC (Anexo 6).

7.2.5 Aseguramiento de la calidad

El aseguramiento de la calidad de los resultados de campo, incluyó la verificación y ajuste de los sensores de los equipos multiparámetro. Todos los resultados fueron registrados en los formatos correspondientes (Anexo 6).

7.2.6 Procesamiento de datos

Para la caracterización hidroquímica del agua subterránea, se consideraron los mismos parámetros y softwares utilizados para el procesamiento de datos de agua superficial (Sección 7.1.6).

7.2.7 Criterios de evaluación

Los resultados obtenidos del monitoreo de calidad de agua subterránea fueron comparados referencialmente con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua²² categoría 3, subcategoría D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo y subcategoría D2: Bebida de animales según Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM (Tabla 7.7. Sección 7.1.7).

7.3 Agua residual industrial

En este apartado, se presenta la metodología empleada para la evaluación del agua residual industrial proveniente del depósito de relaves y de la bocamina «El Túnel», y comprende los protocolos utilizados para la toma de muestras, ubicación de los puntos de muestreo, parámetros evaluados, métodos de análisis, equipos utilizados, aseguramiento de la calidad y los criterios de comparación.

7.3.1 Guías utilizadas para la evaluación

En la Tabla 7.11 se presenta la guía de referencia para la colecta de muestras de agua residual industrial, entendidas como aquellas «originadas como consecuencia del desarrollo de un proceso productivo»²³.

Tabla 7.11. Referencias para el muestreo de agua residual industrial

Referencia	Capítulos	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Protocolo de monitoreo de calidad de agua	Capítulos 2.0 y 4.0	Perú	Ministerio de Energía y Minas	Resolución Directoral N.º 004-94-EM/DGAA	1994

²² Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación, del 6 de junio de 2017.

²³ Glosario de términos del «Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales» (ANA, 2016, p. 50).

7.3.2 Ubicación de puntos

Se realizó 5 puntos de muestreo, de los cuales 4 puntos se encuentran aledaños al depósito de relaves y un punto a la bocamina «El Túnel» localizados en las márgenes del río Michiquillay. Tabla 7.12.

Tabla 7.12. Ubicación de puntos de muestreo del agua residual industrial

Lugar	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
Depósito de relaves C.C. Michiquillay	ARI-01	794979	9220676	3432	Efluente del depósito de relaves en el sector Michiquillay
	ARI-02	794989	9220648	3428	Filtraciones del depósito de relaves en el sector Michiquillay
	ARI-03	794996	9220626	3424	Efluente tratado del depósito de relaves en el sector Michiquillay
	ARI-05	795067	9220668	3413	Presunto efluente del depósito de relaves en el sector Michiquillay
Bocamina «El Túnel»	ARI-04	795633	9220970	3515	Efluente de bocamina en el sector Michiquillay «El Túnel»

Fuente: Reportes de campo RC N.º 003-2019-STEC y 021-2019-STEC (Anexo 6).

7.3.3 Parámetros y métodos de análisis

Se han considerado los parámetros incluidos en la Tabla 7.13, los cuales fueron seleccionados en referencia a la fuente generadora y parámetros de control para establecer relaciones hidroquímicas.

En todos los puntos de muestreo de agua residual industrial se analizaron *in situ* los parámetros de campo como temperatura, potencial hidrógeno (pH), conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y turbidez.

La Tabla 7.13 presenta los parámetros analizados en el agua residual industrial, a través de un laboratorio acreditado por el INACAL.

Tabla 7.13. Parámetros evaluados y métodos de análisis de agua residual industrial

Parámetros	Metodología	Laboratorio acreditado
Metales totales por ICP-MS + mercurio	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007	ALS LS PERU S.A.C. AGQ DEL PERÚ S.A.C. TYP SA PERÚ S.A.
Metales disueltos por ICP-MS + mercurio	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007	
Sulfatos	EPA METHOD 300.1, Rev. 1, 1997 (validado)	
Cloruros	EPA METHOD 300.1, Rev. 1, 1997 (validado)	
Carbonatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed. 2012	
Bicarbonatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed. 2012	
Nitratos	EPA METHOD 300.1 Rev. 1, 1997 (Validado)	
Silicatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-SiO ₂ , D, 22nd Ed. 2012	
Fosfatos	EPA METHOD 300.1, Rev. 1, 1997 (validado)	
Sólidos totales disueltos (STD)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 22nd Ed. 2012	

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Parámetros	Metodología	Laboratorio acreditado
Sólidos totales suspendidos (STS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012	

Fuente: Reportes de campo N.º 003-2019-STEC y 021-2019-STEC (Anexo 6) y Reportes de Laboratorio: RR_036-2019-STEC y RR_037-2019-STEC (Anexo 7).

EPA: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, SMEWW: Estándar Métodos para la Examinación de Agua y Agua Residuales, APHA-AWA-WEF: Asociación Americana de Trabajos en Agua-Salud Pública Americana-Federación Ambiental.

7.3.4 Equipos utilizados

Los equipos utilizados para la medición de parámetros *in situ*, certificados de calibración y la ubicación de los puntos de muestreo, se detallan en los reportes de campo N.º 003-2019-STEC y N.º 021-2019-STEC (Anexo 6).

7.3.5 Aseguramiento de la calidad

El aseguramiento de la calidad de los resultados de campo, incluyó la verificación y ajuste de los sensores de los equipos multiparámetro (Anexo 6). Por otro lado, el aseguramiento de los resultados de laboratorio consistió en la toma de una muestra duplicada, un blanco de campo y un blanco viajero, cuyos resultados se encuentran detallados en el Anexo 7.

7.3.6 Procesamiento de datos

Para la caracterización hidroquímica del agua subterránea en el área de estudio, se consideraron los mismos parámetros y softwares utilizados para el procesamiento de datos de agua superficial (Sección 7.1.6).

7.3.7 Criterios de evaluación

Los resultados obtenidos del monitoreo de calidad de agua subterránea fueron comparados con los Límites Máximos Permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de actividades Minero Metalúrgicas²⁴ según Decreto Supremo N.º 010-2010-MINAM (Tabla 7.14).

Tabla 7.14. Límites Máximos Permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de actividades Minero Metalúrgicas, Decreto Supremo N.º 010-2010-MINAM

Parámetro	Unidad	D.S. N.º 010-2010-MINAM
		Límite en cualquier momento
Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 – 9,0
Sólidos totales en suspensión	mg/L	50
Aceites y grasas	mg/L	20
Cianuro total	mg/L	1
Arsénico total	mg/L	0,1
Cadmio total	mg/L	0,05
Cromo hexavalente (*)	mg/L	0,1
Cobre total	mg/L	0,5
Hierro (disuelto)	mg/L	2
Plomo total	mg/L	0,2
Mercurio total	mg/L	0,002

24 Decreto Supremo N.º 010-2010-MINAM. Aprueban Límites Máximos Permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de actividades Minero Metalúrgicas, del 20 de agosto de 2010.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Parámetro	Unidad	D.S. N.° 010-2010-MINAM
		Límite en cualquier momento
Zinc total	mg/L	1,5

(*) En muestra no filtrada

7.4 Sedimento

A continuación, se proporciona la información relacionada con la metodología para la evaluación de la calidad del sedimento y aspectos relacionados con el análisis de los resultados obtenidos posterior a dicha toma de muestras.

7.4.1 Guías utilizadas para la evaluación

Se utilizó, a modo referencial, manuales y procedimientos de muestreo internacional, detallados en la Tabla 7.15.

Tabla 7.15. Referencias para el muestreo de sedimento

Protocolo	Institución	País	Sección	Sección
Manual técnico, métodos para colección, almacenamiento y manipulación de sedimento para análisis químicos y toxicológicos de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (<i>Methods for collection, storage and manipulation of sediments for chemical and toxicological analyses: technical manual, 2001</i>)	Agencia de Protección Ambiental EPA	Estados Unidos	Todo	2001
Procedimiento de Operación Estándar- <i>Standard Operating Procedure</i> (SOP). #2016, Muestreo de Sedimento, de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos ²⁵ .				2003

7.4.2 Ubicación de puntos de muestreo

La mayoría de los ríos y quebradas presentaron un sustrato rocoso, por tanto, la evaluación estuvo condicionada a la presencia de sedimento, el cual fue evaluado en las mismas fechas de muestreo de agua superficial (ríos y lagunas). En la Tabla 7.16 se detalla la ubicación de los puntos de muestreo y cuerpo de agua asociados.

Tabla 7.16. Ubicación de puntos de muestreo de sedimento en el área de estudio

N°	Nombre cuerpo de agua	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
Ríos y quebradas						
1	Río Michiquillay	RMich6	794976	9219905	3340	Río Michiquillay, aproximadamente a 340 m antes de la confluencia con el río Quinuamayo
2		RMich5	795140	9220359	3389	Río Michiquillay, aproximadamente a 800 m aguas abajo de la bocamina Michiquillay «El Túnel».
3		RMich2	797728	9222447	3711	Río Michiquillay, aproximadamente a 500 m al noreste de la antena de telefonía celular, parte alta del sector Michiquillay
4	Río Seco	RSeco2	795656	9223205	3733	Río Seco, aproximadamente a 1,5 km al noreste de la casa comunal del sector Quinuayoc

25 Environmental Protection Agency (EPA). Standard Operating Procedure-SOP #2016, Sediment Sampling https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/r8-src_eh-02.pdf.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

N°	Nombre cuerpo de agua	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
5	Río Challhuamayo	RChal2	794471	9219580	3304	Río Challhuamayo, aproximadamente a 140 m antes de la confluencia con el río La Encañada
Lagunas						
1	Laguna Cochecorral	LCoch1	798436	9221361	3791	Laguna Cochecorral, zona de ingreso de afluentes
2		LCoch2	798437	9221345	3791	Laguna Cochecorral, zona de descarga
3	Laguna Brava 2	LBrav3	798005	9221647	3861	Laguna Brava 2, zona de ingreso de afluentes
4		LBrav4	797981	9221597	3861	Laguna Brava 2, zona de descarga
5	Laguna Caballero	LCaba1	796614	9223454	3862	Laguna Caballero, zona de ingreso de afluentes
6		LCaba2	796573	9223379	3865	Laguna Caballero, zona de descarga
7	Laguna Huachacocha	LHuac1	796850	9223725	3892	Laguna Huachacocha, zona de descarga
8		LHuac2	796871	9223715	3892	Laguna Huachacocha, zona de ingreso
9	Laguna La Arena	LLAren1	796849	9223191	3873	Laguna La Arena, zona central
10	Laguna Señoracocha	LSCoch1	796444	9222869	3788	Laguna Señoracocha, zona de ingreso de afluentes
11		LSCoch2	796401	9222814	3788	Laguna Señoracocha, zona de descarga
12	Laguna Lipiac	LLipi1	796971	9225010	3871	Laguna Lipiac, zona central
13	Laguna Tarucacocha	LTaru1	799989	9223284	3819	Laguna Tarucacocha, zona de ingreso de afluentes noroeste
14		LTaru2	800081	9223285	3815	Laguna Tarucacocha, zona de descarga
15		LTaru3	800127	9223249	3815	Laguna Tarucacocha, zona este
16		LTaru4	799995	9223233	3815	Laguna Tarucacocha, zona de ingreso de afluentes suroeste
17		LTaru5	800061	9223247	3815	Laguna Tarucacocha, zona central
18	Laguna La Boya	LBoy3	799562	9224552	3663	Laguna La Boya, zona de ingreso de afluentes
19		LBoy4	799516	9224638	3663	Laguna La Boya, zona de descarga

Fuente: Reportes de campo RC N.º 003-2019-STEC y 021-2019-STEC (Anexo 6).

7.4.3 Parámetros y métodos de análisis

Para la selección de los parámetros a analizar, se priorizó en función a la actividad del administrado. En la Tabla 7.17, se presenta los parámetros, y métodos de análisis considerados por los laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Calidad (Inacal). La evaluación de sedimentos se realizó en las temporadas de avenida y estiaje.

Tabla 7.17. Parámetros evaluados y métodos de análisis de calidad de sedimento

N.º	Parámetro	Unidad	Métodos de análisis	Laboratorio
1	pH	Unidad de pH	PEC-001	AGQ PERÚ S.A.C.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

N.º	Parámetro	Unidad	Métodos de análisis	Laboratorio
2	Metales totales incluido mercurio	mg/kg PS	EPA 3050 B: 1996 / EPA 6010 B: 1996. EPA 7471 B, Rev. 2, February 2007.	ALS LS PERU S.A.C.
3	Análisis granulométrico	mg/kg PS	PE-4041; PE-4042; PE-4043; PE-4044; PE-4045; PE-4046; PE-4047; PE-4048; PEC-018	AGQ PERÚ S.A.C.
4	Sulfatos	mg/kg PS	PE-4005	AGQ PERÚ S.A.C.
5	Materia orgánica	mg/kg PS	Norma oficial Mexicana NOM-021-SERMANAT-2000; ítem 7.1.7. as-07 Determinación de materia orgánica (AS-07 Walkley y Black). (Validado) 2017 /	SGS DEL PERÚ S.A.C.

Fuente: Reportes de campo RC N.º 003-2019-STEC y 021-2019-STEC (Anexo 6).

7.4.4 Equipos utilizados

Los equipos, herramientas y materiales utilizados durante la evaluación en campo se detallan en los reportes de campo N.º 003-2019-STEC y 021-2019-STEC (Anexo 6).

7.4.5 Aseguramiento de la calidad

Debido a que no se cuenta con un protocolo nacional para el monitoreo y evaluación de sedimento de agua continental se tomó el mismo criterio de aseguramiento de calidad que para el de agua, realizándose duplicados al 10 % del total de muestras a ser analizadas para metales.

7.4.6 Criterios de evaluación

Los resultados de metales (arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc) fueron comparados referencialmente con los valores de la guía de calidad ambiental de Canadá (CEQG²⁶) que define dos valores límites. En la Tabla 7.18, se presentan los valores de comparación de la mencionada guía.

- *Interim Sediment Quality Guidelines* - ISQG (valores guía provisional de calidad de sedimento): representa el nivel por debajo del cual no se esperan efectos biológicos adversos.
- *Probable Effect Level* - PEL (nivel de efecto probable): representa el nivel de concentración química por debajo del cual usualmente o siempre- está asociado a efectos biológicos adversos.

Tabla 7.18. Valores de comparación para la calidad de sedimento de aguas continentales

Normativa	Parámetro	Unidad	Valor ISQG	Valor PEL
<i>Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life</i>	Arsénico	mg/kg MS	5,9	17
	Cadmio	mg/kg MS	0,6	3,5
	Cobre	mg/kg MS	35,7	197
	Cromo	mg/kg MS	37,3	90
	Mercurio	mg/kg MS	0,17	0,486
	Plomo	mg/kg MS	35	91,3
	Zinc	mg/kg MS	123	315

Fuente: (CCME) Consejo Canadiense de Ministerios del Ambiente.
MS: Peso en base a materia seca.

²⁶ Canadian Council of Ministers of the Environment (2014). *Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQG). Sediment. Quality Guidelines (SQG) for Protection of Aquatic Life – Fresh water* (Valores guía de calidad ambiental de Canadá para sedimentos en cuerpos de agua dulce). Disponible en: <http://st-ts.ccme.ca/en/index.html>.

7.5 Comunidades hidrobiológicas

7.5.1 Guías utilizadas para la evaluación

En la Tabla 7.19 se presentan las referencias que describen los criterios técnicos y los lineamientos generales para el muestreo de comunidades hidrobiológicas y el protocolo empleado para la estimación de la calidad ecológica de los ambientes acuáticos evaluados.

Tabla 7.19. Referencias para el muestreo de comunidades hidrobiológicas

Referencia	Sección	País	Institución	Año
Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos y necton (peces) en aguas continentales del Perú	Todas	Perú	Ministerio del Ambiente	2014
Protocolo Simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de los ríos andinos (CERA-S)	Todas	Ecuador	Universidad San Francisco de Quito y Universidad de Barcelona	2011

7.5.2 Ubicación de puntos de muestreo

El criterio de elección de los puntos de muestreo hidrobiológico fue el mismo que se empleó para la elección de los puntos de muestreo de agua superficial. Por tanto, se evaluaron 45 puntos de muestreo en ríos y quebradas, 9 puntos en bofedales, 24 puntos distribuidos en 12 lagunas, considerando la temporalidad, avenida (marzo) y estiaje (junio). La ubicación y descripción de los puntos de muestreo para comunidades hidrobiológicas son los mismos de agua superficial detallados en la sección 7.1.2. Adicionalmente, se consideró un punto de muestreo de perifiton en agua residual industrial (ARI-05).

7.5.3 Parámetros y métodos de análisis

En la Tabla 7.20 son presentados los métodos de análisis empleados para las comunidades hidrobiológicas. La identificación taxonómica se realizó tal como se describe a continuación.

Tabla 7.20. Parámetros evaluados y métodos de análisis de comunidades hidrobiológicas en avenida y estiaje

N.º	Parámetro	Unidad	Método de ensayo de referencia	Laboratorio de ensayo
1	Macroinvertebrados bentónicos	Org/m ²	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 500 C, 22nd Ed. 2012	OEFA*
2	Perifiton	Org/cm ²	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 300 C, 22nd Ed. 2012	
3	Fitoplancton	Org/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 200 C, 22nd Ed. 2012	
4	Zooplancton	Org/L	Standard Methods 10200C y 10200G.	
4	Peces	N.º de individuos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 600 D, 22nd Ed. 2012	

Fuente: Reportes de campo N.º 003-2019-STEC y 021-2019-STEC (Anexo 6) y Reportes de resultados N.º: 036-2019-STEC y RR N.º 037-2019-STEC (Anexo 7).

* Las muestras fueron evaluadas por taxónomos de la Dirección de Evaluación Ambiental del OEFA.

7.5.4 Equipos utilizados

Los equipos empleados para la ubicación de los puntos de muestreo y la correspondiente colecta de perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces, se presentan en mayor detalle

en los reportes de campo N.º 003-2019-STEC (avenida) y N.º 021-2019-STEC (estiaje), ubicados en el Anexo 6.

7.5.5 Aseguramiento de calidad

El aseguramiento de la calidad con respecto a las actividades en campo tuvo en cuenta lo descrito en el manual «Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: perifiton, bentos y necton (peces) en aguas continentales del Perú». Lo relacionado al análisis de las muestras obedeció a los criterios de los taxónomos de la Dirección de Evaluación Ambiental del OEFA.

7.5.6 Procesamiento de datos

En esta sección se describen las comunidades hidrobiológicas en cuanto a la composición, riqueza y abundancia, índice de diversidad alfa, índice de diversidad beta y calidad ecológica; obtenidos en función de los reportes emitidos en los análisis de identificación taxonómica para el perifiton, plancton y los macroinvertebrados bentónicos. En el caso del necton sólo se consideró la composición, riqueza y abundancia debido a que solo fueron reportados en algunos cuerpos de agua (Anexo 7).

a) Composición, riqueza y abundancia

Se representó la clasificación taxonómica (phylum, clase, orden, familia y especie) del perifiton, macroinvertebrados bentónicos, plancton y necton (peces) en los cuerpos de agua evaluados.

La evaluación de la riqueza y la abundancia del perifiton y plancton se desarrolló sobre la base de la categoría taxonómica «phylum»; y para los macroinvertebrados bentónicos y peces se desarrolló sobre la base de la categoría taxonómica «orden».

Los resultados se analizaron en base a la abundancia total; para esto, se utilizó el programa Excel en el que se sistematizó los nombres y números de cada especie por cada punto de muestreo; posteriormente, se realizó las representaciones mediante gráficas acumuladas por punto evaluado.

b) Diversidad alfa

Para la evaluación de diversidad de especies (diversidad alfa) se utilizaron los siguientes índices:

- Índice de diversidad Shannon-Wiener (H')

Para el análisis de diversidad se utilizó el índice de Shannon Wiener (H'). Es un índice basado en la abundancia relativa de especies y combina 2 propiedades de las comunidades: La riqueza o variedad de especies y la abundancia relativa de las mismas. Este es un método ampliamente usado para calcular la diversidad biótica en ecosistemas acuáticos y terrestres, y se expresa como:

$$H' = - \sum (P_i) (\log_2 P_i) \quad (\text{Ecuación 7.1})$$

Dónde:

H' = índice de diversidad de especies.

P_i = proporción del total de la muestra perteneciente a su especie i .

La expresión de Shannon Wiener mostrará valores altos cuando la zona de evaluación tenga un mayor número de especies o la distribución de sus abundancias sea homogénea. El valor del índice es cero en los casos en que todos los individuos recogidos pertenezcan a una sola especie (Magurran, 1988).

- Equidad de Pielou (J')

El índice de equidad de Pielou, mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Pielou, 1975; Peet, 1974).

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} \quad (\text{Ecuación 7.2})$$

Donde:

- J' : Índice de equidad de Pielou
- H' : Índice de diversidad de Shannon-Wiener
- H'_{max} : $\ln(S)$
- S : Número de especies

- Índice de dominancia de Simpson (λ)

Al igual que el índice de Shannon-Wiener es un índice basado en la abundancia relativa de especies, mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar de una población de N individuos, provengan de la misma especie.

$$\lambda = \sum p_i^2 \quad (\text{Ecuación 7.3})$$

Donde:

p_i : Proporción de individuos.

c) Diversidad beta

Para la evaluación de diversidad beta se utilizó el coeficiente de similitud de Bray Curtis en base a la similitud de taxa entre puntos de muestreo para cada comunidad hidrobiológica.

Para determinar el índice de Bray Curtis se empleó la fórmula que se indica en la ecuación 7.4.

$$IBC = 1 - \frac{(\sum x_i - y_i)}{(\sum x_i + y_i)} \quad (\text{Ecuación 7.4})$$

Donde:

IBC = índice de Bray Curtis

x_i = abundancia o densidad de especies i en un conjunto

y_i = abundancia o densidad de especies i en el otro conjunto.

Para facilitar el análisis de los valores de similitud de manera visual, se procedió a la elaboración de dendrogramas mediante la unión de pares promedio (Sokal y Michener, 1958; Crisci y López, 1983) utilizando el programa estadístico PAST (Hammer *et al.*, 2001).

d) Índices de calidad ecológica

- Índice biótico andino (ABI)

A partir de la identificación de las muestras de macroinvertebrados bentónicos se determinó la calidad ecológica del agua utilizando el ABI (*Andean Biotic Index*), este índice fue desarrollado para ríos altoandinos (sobre los 2000 m s.n.m.) y se obtiene sumando los valores de sensibilidad de cada familia de macroinvertebrados bentónicos (Tabla 7.21) presentes en cada punto de muestreo.

Tabla 7.21. Puntajes de sensibilidad asignadas a las familias de macroinvertebrados bentónicos para la obtención del índice ABI

Orden / Clase	Familia	Puntaje	Orden / Clase	Familia	Puntaje
Turbellaria	*	5	Trichoptera	Polycentropodidae	8
Hirudinea	*	3		Xiphocentronidae	8
Oligochaeta	*	1		Glossosomatidae	7
Gasteropoda	Ancylidae	6		Limnephilidae	7
	Hydrobiidae	3		Hydroptilidae	6
	Limnaeidae	3		Hydropsychidae	5
	Physidae	3		Lepidoptera	Pyralidae
Planorbidae	3	Dryopidae	5		
Bivalvia	Sphaeriidae	3	Coleoptera	Elmidae	5
Amphipoda	Hyalellidae	6		Hydraenidae	5
Hydracarina	*	4		Lampyridae	5
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	10		Psephenidae	5
	Oligoneuridae	10		Ptilodactylidae	5
	Leptohyphidae	7		Scirtidae (helodidae)	5
	Baetidae	4		Gyrinidae	3
Odonata	Polythoridae	10		Dytiscidae	3
	Calopterygidae	8		Hydrophilidae	3
	Gomphidae	8		Staphylinidae	3
	Aeshnidae	6	Diptera	Blepharoceridae	10
	Coenagrionidae	6		Athericidae	10
Libellulidae	6	Simuliidae		5	
Plecoptera	Perlidae	10		Tipulidae	5
	Gripopterygidae	10		Ceratopogonidae	4
Heteroptera	Corixidae	5		Dixidae	4
	Gerridae	5		Dolichopodidae	4
	Naucoridae	5		Empididae	4
	Notonectidae	5		Limoniidae	4
	Veliidae	5		Stratiomyidae	4
	Belostomatidae	4	Tabanidae	4	
Trichoptera	Anomalopsychidae	10	Psychodidae	3	
	Calamoceratidae	10	Chironomidae	2	
	Helicopsychidae	10	Culicidae	2	
	Odontoceridae	10	Ephydriidae	2	
	Hydrobiosidae	8	Muscidae	2	
	Leptoceridae	8	Syrphidae	1	
	Philopotamidae	8			

* Las valoraciones presentadas se basan en la categoría taxonómica Orden o Clase.

Fuente: Acosta *et al.* (2009)

La sumatoria obtenida se comparó con la tabla de «estados de calidad del cuerpo de agua» (Tabla 7.22) propuesta por Acosta *et al.* (2009).

Tabla 7.22. Estados de calidad ecológica del cuerpo de agua según el índice biótico andino (ABI)

Calidad ecológica	ABI	Color
Muy bueno	>74	Azul
Bueno	45 – 74	Verde
Moderado	27 – 44	Amarillo
Malo	11 – 26	Naranja
Pésimo	<11	Rojo

e) Análisis de componentes principales (ACP)

Para determinar el gradiente de presiones que afecta a las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos se realizó un análisis de componentes principales (ACP) utilizando las variables ambientales medidas en los puntos de muestreo utilizando el software Paleontological Data Analysis PAST, versión 3.15. Estas variables correspondieron a los parámetros fisicoquímicos tomados in situ; como son, temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica; así como, los metales considerados en el estándar de calidad ambiental para agua. Este análisis se realizó únicamente en la microcuenca La Encañada.

f) Análisis de correspondencia canónica (ACC)

Para determinar la relación entre las variables ambientales y las comunidades hidrobiológicas del perifiton y macroinvertebrados bentónicos se realizó el análisis de correspondencia canónica (ACC) utilizando el software Paleontological Data Analysis PAST versión 3.15. Dicho análisis aportará información importante sobre el porcentaje de variabilidad de las comunidades mencionadas que podrán ser explicadas por el efecto de las variables ambientales.

Para el análisis fueron seleccionadas como variables ambientales aquellas especies que presentaron una abundancia relativa (A.R.) ≥ 3 y una frecuencia relativa (F.R.) ≥ 30 en relación con el total de puntos evaluados. Mientras que, las variables ambientales correspondieron a los parámetros de campo y metales del primer componente del ACP. Este análisis se realizó únicamente en la microcuenca La Encañada.

7.6 Ruido

A continuación, se detalla la metodología para la evaluación de ruido. En primer lugar, se indica el protocolo de monitoreo, se precisa la ubicación de los puntos de monitoreo; luego, se indican los parámetros evaluados y equipos utilizados; por último, se menciona el procesamiento de datos.

7.6.1 Protocolo utilizado para la evaluación

Los protocolos de monitoreo utilizado se describen en la Tabla 7.23.

Tabla 7.23. Protocolo de monitoreo utilizado para la evaluación de ruido

Matriz	Protocolo	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Ruido	ISO 1996-1:2016. <i>Acoustics-Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 1: Basic quantities and assessment procedures</i>	Internacional	The International Organization for Standardization (ISO)	Decreto Supremo N.º 085-2003-PCM	2016
	ISO 1996-2:2017. <i>Acoustics-Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 2: Determination of sound pressure levels</i>				2017

7.6.2 Ubicación de puntos de monitoreo

La evaluación ambiental de ruido se realizó en 7 puntos de monitoreo abarcando cuatro sectores y un caserío. Los códigos, coordenadas y descripción se visualizan en la Tabla 7.24. El mapa con la ubicación de los puntos de monitoreo se presenta en el Anexo 6 (Reporte de campo N.º 037-2019-STEC).

Tabla 7.24. Puntos de monitoreo de ruido

Código OEFA	Distrito	Sector o Caserío	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
RU-01	La Encañada	Rodacocha	793757	9222356	3516	Caserío Rodacocha en el patio de la I.E. N.º 82158
RU-02		Quinuayoc	794779	9222085	3616	Sector Quinuayoc, aproximadamente a 300 metros de la casa comunal
RU-03		Michiquillay	794698	9220721	3449	Sector Michiquillay, aproximadamente a 50 metros al suroeste de la I.E. N.º 82154
RU-04		Michiquillay	797156	9222797	3896	Sector Michiquillay parte alta aproximadamente a 1,2 km al noroeste de la antena de telefonía celular
RU-05		Pampa Grande	797537	9219692	3528	Anexo Tuyupampa en el Sector Pampa Grande, aproximadamente a 20 metros de la casa comunal de Tuyupampa
RU-06		Michiquillay	799072	9222615	3800	Pampa del Punre aproximadamente a 10 m del cruce de las carreteras con dirección a Punre y Chim Chim
RU-07		Quinuamayo Bajo	798085	9218765	3502	Sector Quinuamayo Bajo, aproximadamente a 50 metros al noroeste de I.E. N.º 82159

Fuente: Reporte de campo RC N.º 037-2019-STEC (Anexo 6).

7.6.3 Parámetros y métodos de análisis

Algunos lineamientos generales respecto a la evaluación de ruido se brindan a continuación:

Se emplearon sonómetros Clase 1 que cumplen los requerimientos de la IEC 61672-1. *Electroacoustics- Sound level meters Part 1: Specifications.*

La evaluación de ruido se realizó durante un intervalo de tiempo que cubrió todas las variaciones significativas en la emisión de ruido (sonido total), estableciendo un intervalo de tiempo de medición de 20 minutos como mínimo.

Durante todo el periodo de monitoreo se realizaron las mediciones con una pantalla anti viento montada en el micrófono. Cabe indicar que, durante la medición no se presentaron lluvias o lloviznas.

Se realizaron las mediciones empleando la ponderación en frecuencia A y ponderación en el tiempo F.

Respecto a la ubicación del sonómetro:

- Las mediciones se desarrollaron en exteriores.
- Se procuró que los puntos de monitoreo sean elegidos de modo que en ellos el sonido residual alcance un nivel mínimo. A no ser que sea la condición general, se evitó la cercanía del punto de monitoreo a arboledas, banderas o protuberancias en el terreno que generen ruido al paso del viento.
- Se situó el micrófono en posiciones específicas de acuerdo a los receptores más cercanos al PM Michiquillay (viviendas e instituciones educativas), considerando además los siguientes criterios:
 - o A más de 2 m de cualquier superficie vertical reflectante.
 - o Entre 0,5 m y 2 m delante de la superficie vertical reflectante. En este tipo de ubicación se realizó un ajuste de 3 dB a las mediciones del nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A (L_{AeqT}).
- Respecto a la posición vertical del sonómetro este estuvo situado a $1,5 \text{ m} \pm 0,1 \text{ m}$ sobre el nivel del suelo.
- El micrófono se direccionó hacia la fuente, en este caso hacia el PM michiquillay
- Durante la medición se mantuvo una distancia mínima entre el evaluador y el sonómetro de 0,5 m para evitar interferencias, además de no interponerse entre la fuente y el micrófono.

7.6.4 Equipos utilizados

En el reporte de campo RC N.º 037-2019-STEC (Anexo 6) se muestra los equipos utilizados para la evaluación ambiental de ruido.

7.6.5 Aseguramiento de calidad

Antes y después de cada medición se verificó el sistema de medición de niveles de presión sonora a una frecuencia de 1000 Hz a 94 dB con un calibrador acústico de Clase 1 de acuerdo con la IEC 60942: Electroacoustics - Sound calibrators. En todas las mediciones se corroboró que la diferencia entre la lectura de dos verificaciones consecutivas sea menor o igual a 0,5 dB sin aplicar algún ajuste. En caso este valor sea excedido, los resultados de la medición realizados después de la última verificación satisfactoria se descartan. El registro de las verificaciones se puede revisar en el Anexo 6 (registro de verificaciones del sonómetro).

La instrumentación acústica empleada (sonómetros y calibradores) cuentan con certificado de calibración vigente durante el periodo de las mediciones (Anexo 6: reporte de campo N.º 037-2019-STEC).

7.6.6 Procesamiento de datos

El procesamiento de datos para los niveles de ruido consistió en evaluar el sonido total, el cual es definido a continuación de acuerdo a la ISO 1996-1:2016:

- Sonido total: es el sonido que abarca totalmente una situación dada en un momento dado, normalmente compuesto de sonido proveniente de muchas fuentes cercanas y lejanas. A efectos de este informe el sonido total corresponde al sonido generado por vehículos (motos, camionetas, etc.), sonidos de actividades domésticas, animales domésticos, silvestres, personas hablando, paso de personas, entre otros.

7.6.7 Criterios de evaluación

En la Tabla 7.25 se indican los valores de comparación de los niveles de presión sonora continuo equivalente con ponderación A (L_{AeqT}) en dB, establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para ruido (en adelante, ECA para ruido) aprobado mediante Decreto Supremo N.º 085-2003-PCM.

Tabla 7.25. Estándares de Calidad Ambiental para ruido (Decreto Supremo N.º 085-2003-PCM)

Zonas de aplicación	Valores expresados en L_{AeqT} (dB)	
	Horario diurno	Horario nocturno
Zona de protección especial	50	40
Zona residencial	60	50
Zona comercial	70	60
Zona industrial	80	70

Los horarios a los que hace referencia la Tabla 5.4 se encuentra definidos en el Decreto Supremo N.º 085-2003-PCM como:

- Horario diurno: período comprendido desde las 07:01 horas hasta las 22:00 horas.
- Horario nocturno: período comprendido desde las 22:01 horas hasta las 07:00 horas del día siguiente.

Las zonas de aplicación dadas en la Tabla 7.25 se determinaron en campo teniendo en cuenta las definiciones del Decreto Supremo N.º 085-2003-PCM:

- Zona comercial: área autorizada por el gobierno local correspondiente para la realización de actividades comerciales y de servicios.
- Zona industrial: área autorizada por el gobierno local correspondiente para la realización de actividades industriales
- Zonas de protección especial: es aquella de alta sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio que requieren una protección especial contra el ruido donde se ubican establecimiento de salud, establecimientos educativos, asilos y orfanatos.

- Zona residencial: área autorizada por el gobierno local correspondiente para el uso identificado con viviendas o residencias, que permite la presencia de altas, medias y bajas concentraciones poblacionales.

La determinación de las zonas de aplicación para la evaluación de ruido se realizó de acuerdo a las definiciones señaladas en los ECA para ruido y lo constatado en campo por los especialistas del OEFA.

8 RESULTADOS

Para una mejor interpretación y análisis de los resultados, estos fueron divididos en 2 capítulos: el primero contiene las matrices de agua superficial, agua subterránea, agua residual industrial, sedimento y comunidades hidrobiológicas, para lo cual el área de estudio fue dividida considerando la delimitación de microcuenca, asimismo teniendo en consideración la cantidad de puntos evaluados por microcuenca se subdividió en secciones, tal como detalla en la Tabla 8.1 y Figuras 8.1 y 8.2. El segundo capítulo presenta los resultados de ruido en el área de influencia del PM Michiquillay, considerando los centros poblados más cercanos, cuya ubicación fue detallada en la Tabla 7.24.

Tabla 8.1. Distribución del área de estudio por microcuenca y secciones de evaluación

Área	Microcuenca	Sección	Cuerpos de agua asociados
Proyecto Minero Michiquillay: Comunidades Campesinas de Michiquillay y La Encañada	La Encañada	Sección 1	Q. Oxa Segana, Río Seco, Q. Quishque, Q. Las Perlas y Q. Challhuamayo
		Sección 2	Río Michiquillay
		Sección 3	Q. Quinuamayo, Q. La Toma, Q. Las Nellas, Q. Jatunsacha y Río Quinuamayo
		Sección 4	Ríos Challhuamayo, Quinuamayo y La Encañada
	Yanacocha	-	Q. Yanacocha, Q. Lipiac y Q. Cashaquero
	Chanche	-	Q. Carbón, Q. El Lago, Q. Luchocolpana, Q. La Boya y Q. Chanche
	Cotocuna	-	Q. Vigón, Q. sin nombre y Q. Cotocuna

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

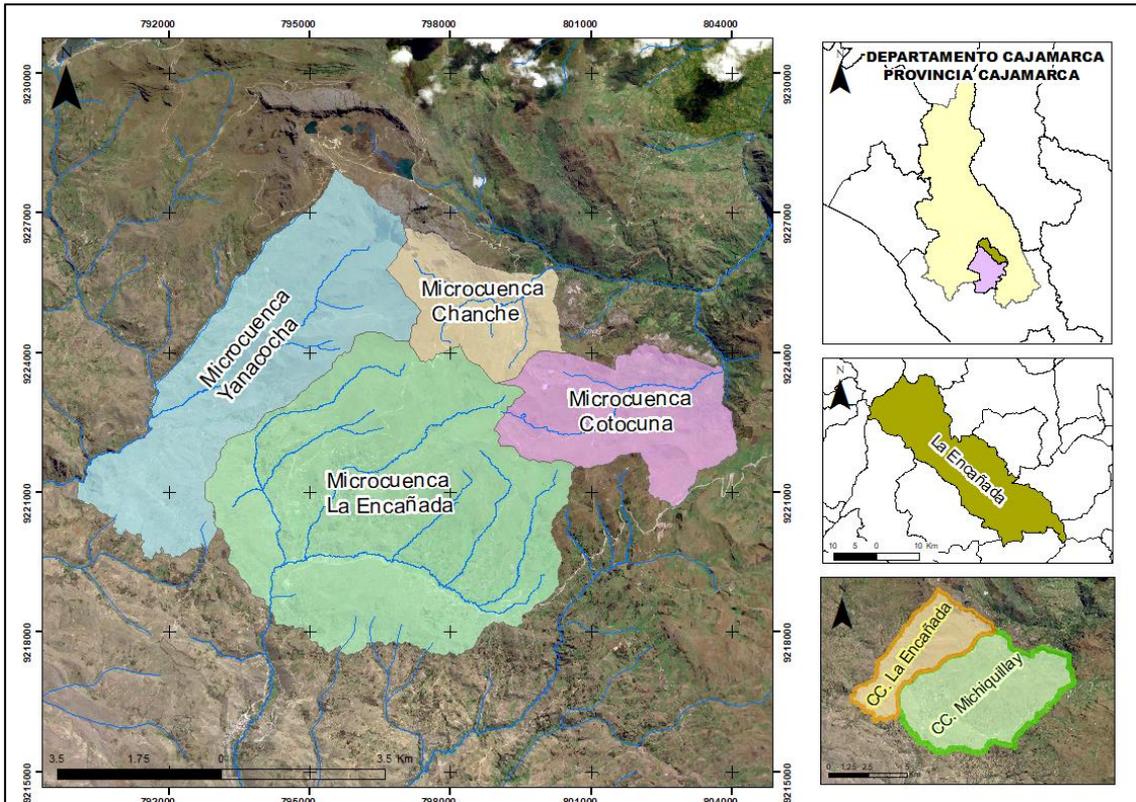


Figura 8.1. División del área de estudio por microcuencas

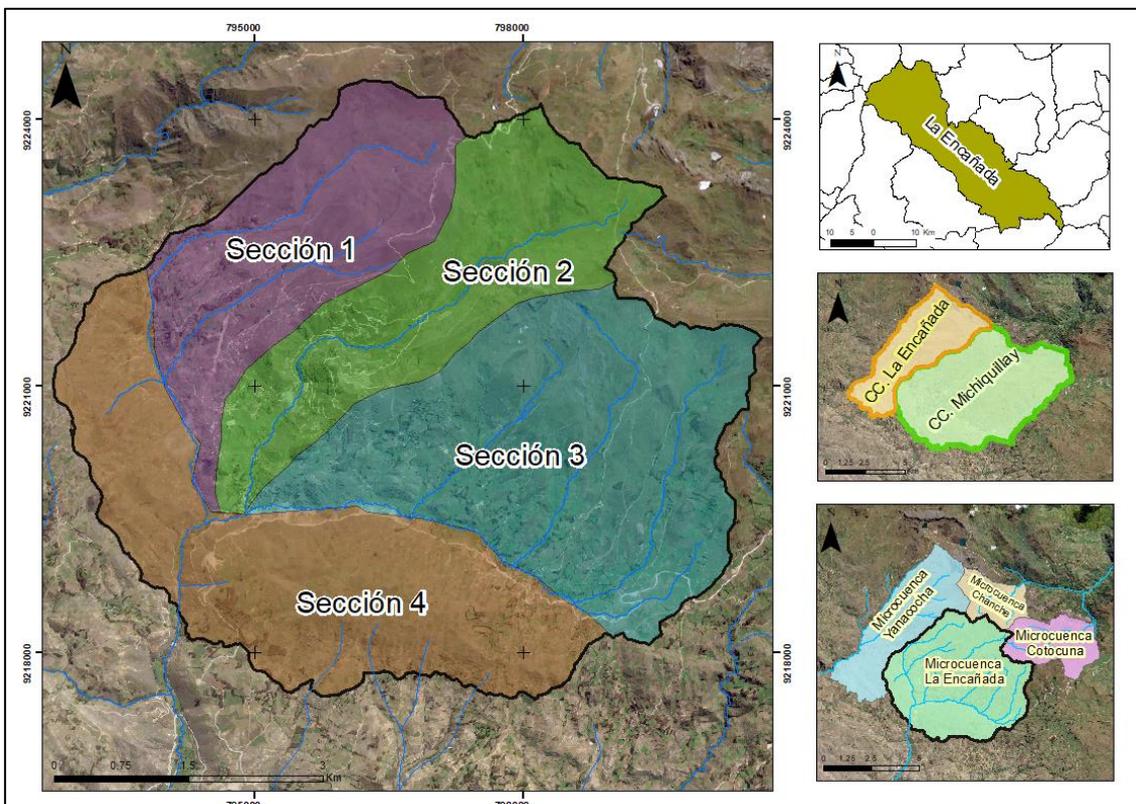


Figura 8.2. Subdivisión de la microcuenca La Encañada en secciones

Los componentes ambientales agrupados en el primer capítulo fueron evaluados durante las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) para cada una de las microcuencas y secciones, y son detallados a continuación en la Tabla 8.2.

Tabla 8.2. Componentes evaluados por microcuenca y sección

Microcuenca	Sección	Componentes ambientales					
		Agua superficial	Agua subterránea		Sedimento	Comunidades hidrobiológicas	Agua residual industrial
			Manantiales	Piezómetros			
La Encañada	Sección 1	x	x	-	x	x	-
	Sección 2	x	x	x	x	x	x
	Sección 3	x	x	-	x	x	-
	Sección 4	x	x	-	-	x	-
Yanacocha	-	x	-	-	-	x	-
Chanche	-	x	-	-	-	x	-
Cotocuna	-	x	-	-	-	x	-

Agua superficial: Ríos, quebradas, lagunas y bofedales

Comunidades hidrobiológicas: Ríos, quebradas, lagunas y bofedales

Sedimento: Ríos, quebradas y lagunas
-: No aplica

8.1 Microcuenca La Encañada

Esta microcuenca está conformada por ríos y quebradas que tienen como cuerpo principal al río La Encañada. En la Figura 8.2 se representan los puntos de muestreo por cada componente ambiental evaluado, los cuales se agruparon en cuatro secciones; la descripción y ubicación geográfica de cada punto de muestreo se presenta en los reportes de campo N.º 003-2019-STEC y 021-2019-STEC (Anexo 6).

En esta microcuenca se evaluó un total de 33 puntos de muestreo de agua superficial, 18 de sedimento, 45 de manantiales y 33 de comunidades hidrobiológicas. Los resultados por componente ambiental de esta sección se presentan en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

8.1.1 Sección 1

Esta sección comprende un total de 11 puntos de muestreo de agua superficial ubicados en el río Seco y las quebradas Oxa Segana, Quishque, Las Perlas y Challhuamayo, 10 manantiales que aportan sus aguas a los cuerpos de agua referidos, a excepción del manantial Peña Mala (AFPeñm) que descarga a la laguna Señoracocha. Además, se incluyen 6 puntos ubicados en las lagunas Huachacocha, La Arena, Caballero y Señoracocha, y 2 puntos en bofedales situados en la naciente de la quebrada Oxa Segana.

En cuanto al sedimento se establecieron 8 puntos, de los cuales 7 fueron distribuidos en las lagunas mencionadas y 1 en el río Seco (RSeco2). Las comunidades hidrobiológicas de perifiton y macroinvertebrados bentónicos fueron evaluados en los mismos puntos de los ríos, quebradas y bofedales; mientras que en lagunas se evaluó plancton (fitoplancton y zooplancton) y macroinvertebrados bentónicos (Figura 8.3).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

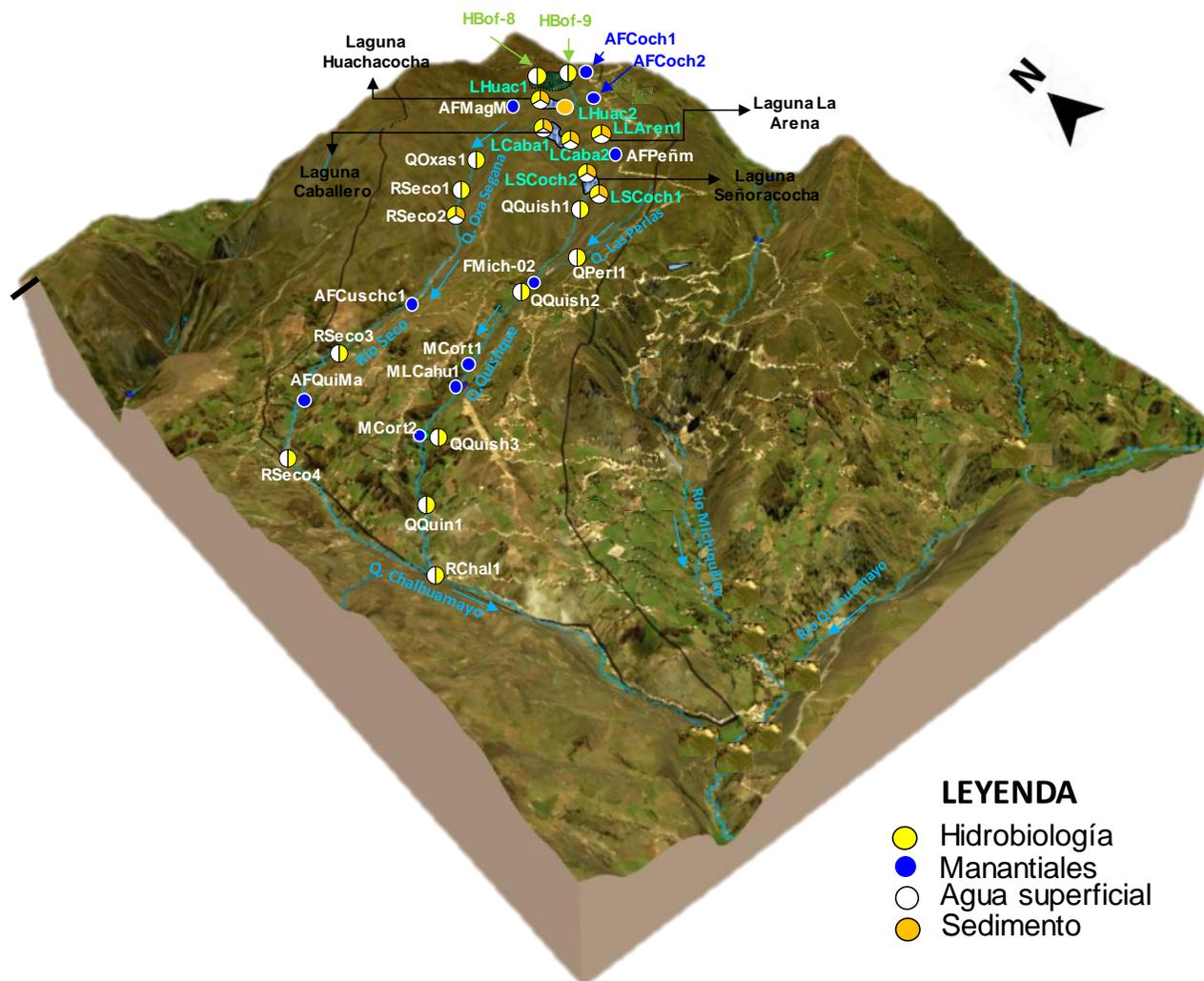


Figura 8.3. Distribución de los puntos de muestreo en la sección 1 de la microcuenca La Encañada

Agua superficial

I. Ríos y quebradas

Esta sección comprende un total de 11 puntos de muestreo. De estos puntos, 1 se encuentra en la quebrada Oxa Segana (QOxas), 4 en el río Seco (RSeco1 al RSeco4), 4 en la quebrada Quishque-Quinuayoc (QQuish1, QQuish2, QQuish3 y QQuin1), 1 en la quebrada Las Perlas (QPer1) y 1 en la quebrada Challhuamayo (RChal1).

De la comparación de resultados fisicoquímicos obtenidos en esta sección con los ECA para agua, categoría 3, las variables que se reportaron fuera del rango establecido o superaron la norma referida fueron el potencial de hidrógeno (pH) y manganeso (Tabla 8.3).

Tabla 8.3. Parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 en la microcuenca La Encañada - Sección 1

N.º	Cuerpo de agua	Punto de muestreo	ECA para agua			
			Categoría 3 (D1)		Categoría 3 (D2)	
			Avenida	Estiaje	Avenida	Estiaje
			Mar-19	Jun-19	Mar-19	Jun-19
1	Quebrada Oxa Segana	QOxas1	-	-	-	-
2	Río Seco	RSeco1	Mn	-	Mn	-
3		RSeco2	-	-	-	-
4		RSeco3	-	-	-	-
5		RSeco4	-	*	-	*
6	Quebrada Quishque- Quinuayoc	QQuish1	pH	*	pH	*
7		QQuish2	pH	pH	pH	pH
8		QQuish3	-	-	-	-
9		QQuin1	-	-	-	-
10	Quebrada Las Perlas	QPer1	-	-	-	-
11	Quebrada Challhuamayo	RChal1	-	-	-	pH

(-): No supera la norma referida.

pH: Potencial de hidrógeno; Mn: Manganeso

(*): Sin flujo de agua durante la temporada.

ECA agua 2017: Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.

El potencial de hidrógeno (pH) en el agua se encontró fuera del rango establecido en los ECA agua, Cat. 3 en la quebrada Quishque (QQuish1) en la temporada de avenida, y en el punto QQuish2 de la quebrada en mención en ambas temporadas, asimismo, en la quebrada Challhuamayo (RChal1) solo se superó el ECA para agua, Cat. 3 subcat. D2 en la temporada de estiaje (Figura 8.4).

La concentración de manganeso en el río Seco (RSeco1) durante la temporada avenida fue la única que superó los ECA para agua Cat.3 (Figura 8.5).

Con relación a los metales y metaloides que podrían generar algún tipo de toxicidad o efectos adversos al ambiente como As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mo, Ni, Pb y Zn, estos no superaron los ECA para agua categoría 3, reportándose bajas concentraciones e incluso por debajo del límite de detección del método del laboratorio, tal como se muestra en la Tabla 8.4.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

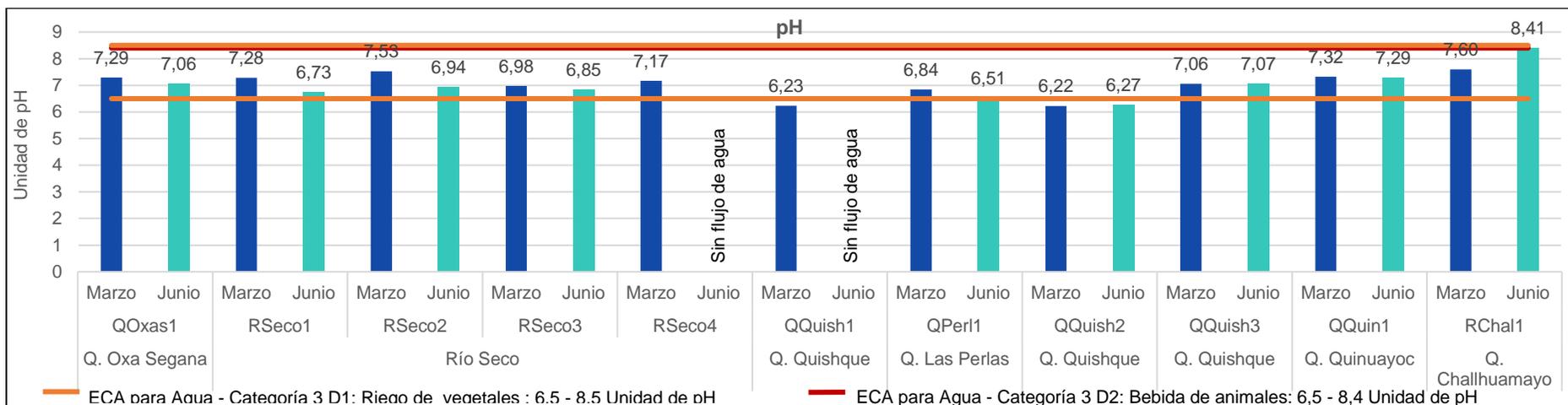


Figura 8.4. Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada – Sección 1

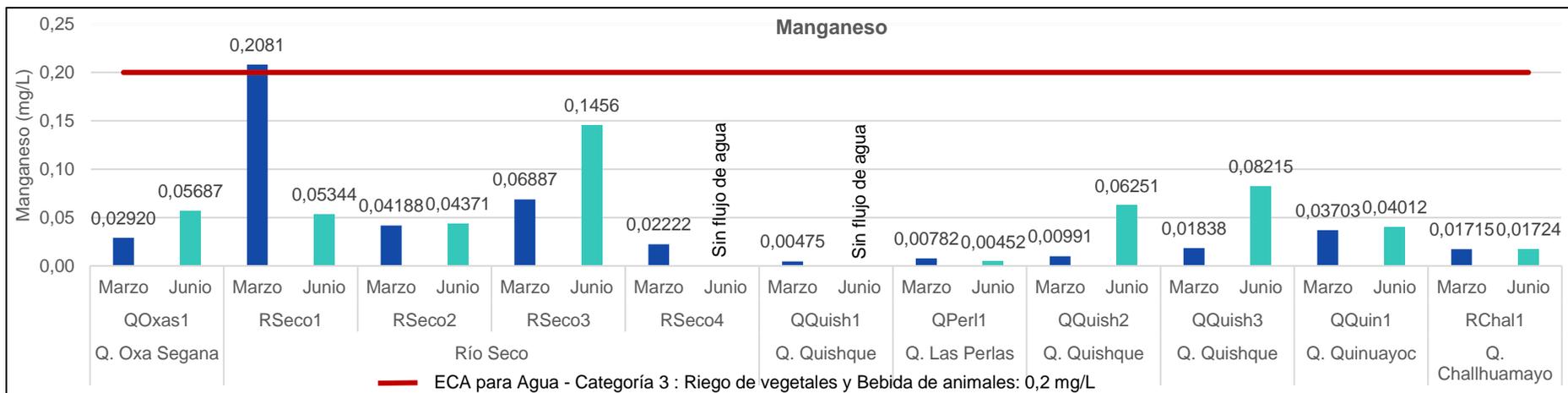


Figura 8.5. Concentraciones de manganeso en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada – Sección 1

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Tabla 8.4. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada - Sección 1

Metales y Metaloides	Unidad	Temporada evaluada				Punto de muestreo de agua asociado			
		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Arsénico (As)	mg/L	< 0,00003	0,006	0,00088	0,00319	RSeco2 y QOxas1	RSeco1	RSeco1	QQuish2
Cadmio (Cd)		< 0,00001	0,00074	< 0,00001	< 0,00001	-	RSeco1	<	
Cobalto (Co)		< 0,00001	0,00116	< 0,00003	0,00035	-	RSeco1	RSeco2, QPer1, QQuin1 y RChal1	QQuish3
Cromo (Cr)		< 0,0001	0,0014	< 0,001	< 0,001	*	RSeco1	<	
Cobre (Cu)		< 0,0003	0,002241	< 0,0003	0,0007	-	RSeco1	*	QQuish3
Hierro (Fe)		0,0378	1,565	0,12	1,7	QQuish1	RSeco1	RSeco2 y QPer1	QQuish2
Mercurio (Hg)		< 0,00003	< 0,00003	< 0,00007	< 0,00007	<		<	
Manganeso (Mn)		0,00475	0,20810	0,00452	0,1456	QQuish1	RSeco1	QPer1	RSeco3
Molibdeno (Mo)		< 0,00002	< 0,00002	< 0,00003	0,00017	<		-	QQuish3
Níquel (Ni)		< 0,0002	0,0023	< 0,0009	< 0,0009	-	RSeco1	<	
Plomo (Pb)		< 0,0002	0,0146	< 0,00006	0,00058	*	RSeco1	RSeco1, RSeco3, QPer1 y QQuin1	QQuish3
Zinc (Zn)		< 0,0100	0,2230	< 0,002	0,013	*	RSeco1	RSeco3 y QQuin1	QQuish3

(-): El resto de puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

(*): La mayoría de puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

(<): Todos los puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

Fuente: Reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7)

En la Tabla 8.4. se observa que las mayores concentraciones de metales se presentaron en el río Seco (RSeco1) en la temporada de avenida y principalmente en la quebrada Quisque (QQuish3) en la temporada de estiaje.

- **Hidroquímica**
- ✓ **Diagrama de Piper**

El agua de los ríos y quebradas de esta sección presentó facies hidroquímicas de tipo bicarbonatada cálcica. Los datos para realizar estas gráficas se encuentran detallados en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

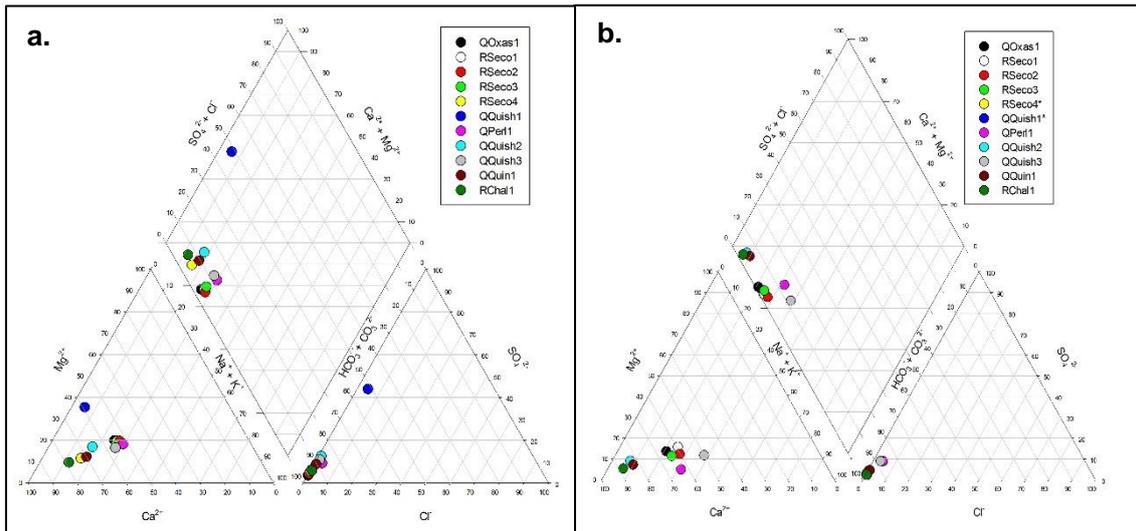
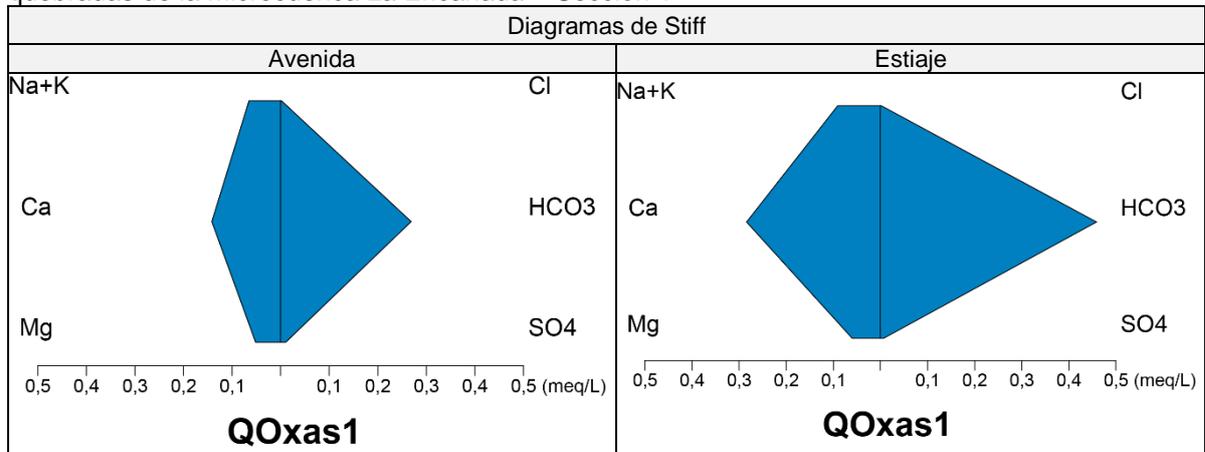


Figura 8.6. Diagrama de Piper por temporada **a.** avenida (marzo) y **b.** estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada – Sección 1
* Los puntos se encontraron sin flujo de agua en la temporada evaluada.

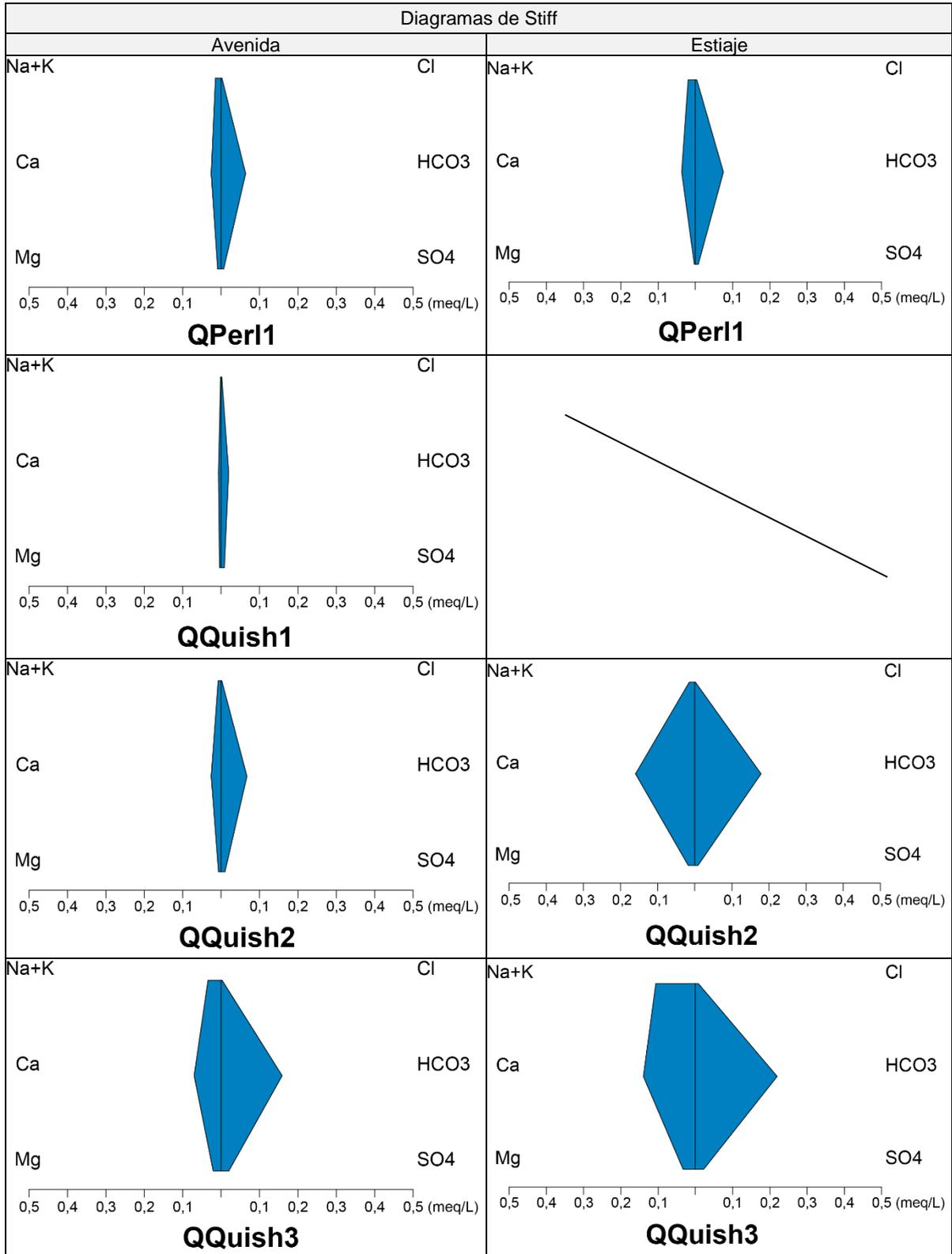
- ✓ **Diagrama de Stiff**

Los diagramas de Stiff muestran que las concentraciones de iones mayoritarios (Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+) en las muestras de agua superficial evaluados fueron de 0 a 1,73 meq/L (Figura 8.7).

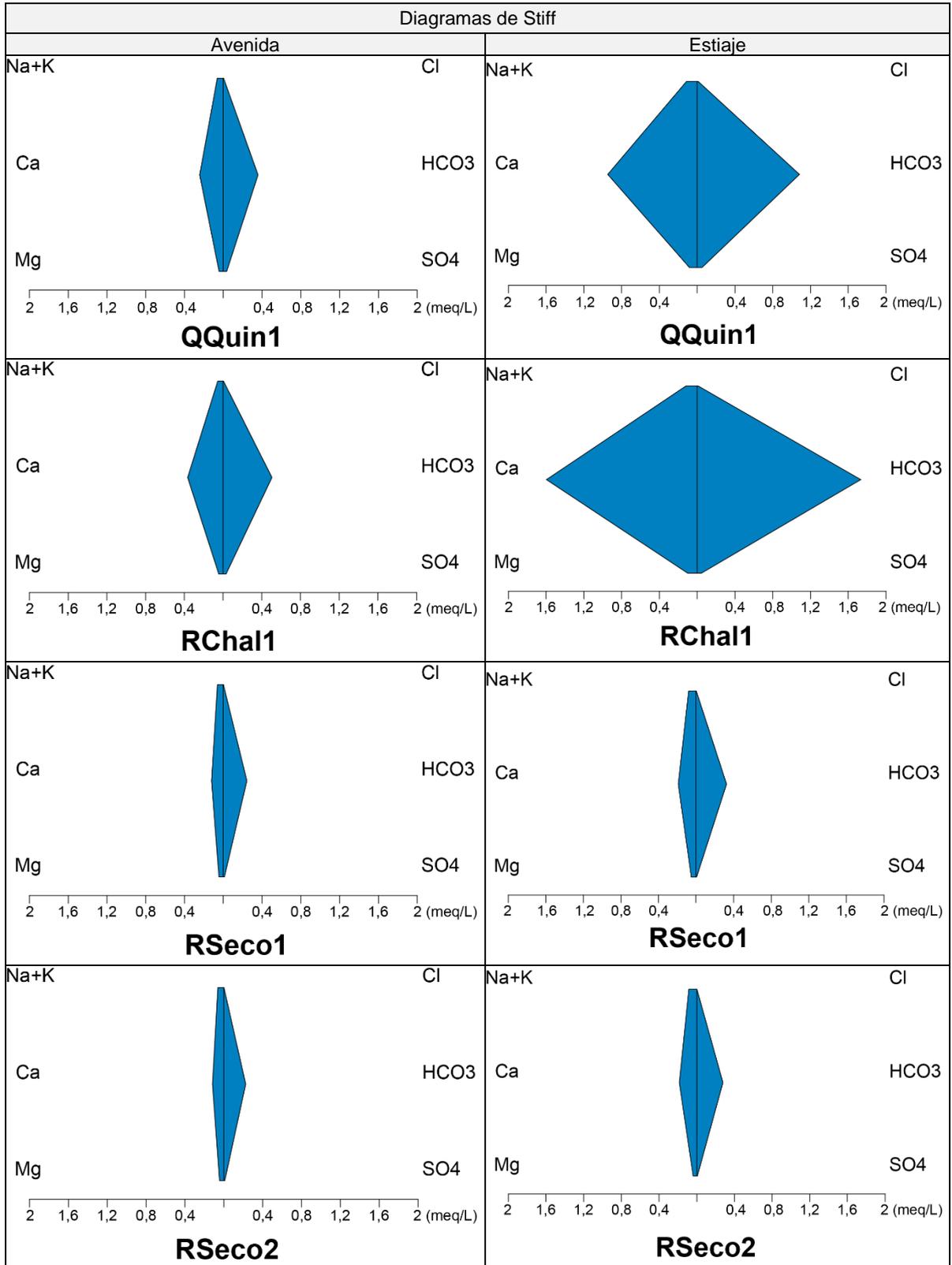
Figura 8.7. Diagramas de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en ríos y quebradas de la microcuenca La Encañada – Sección 1



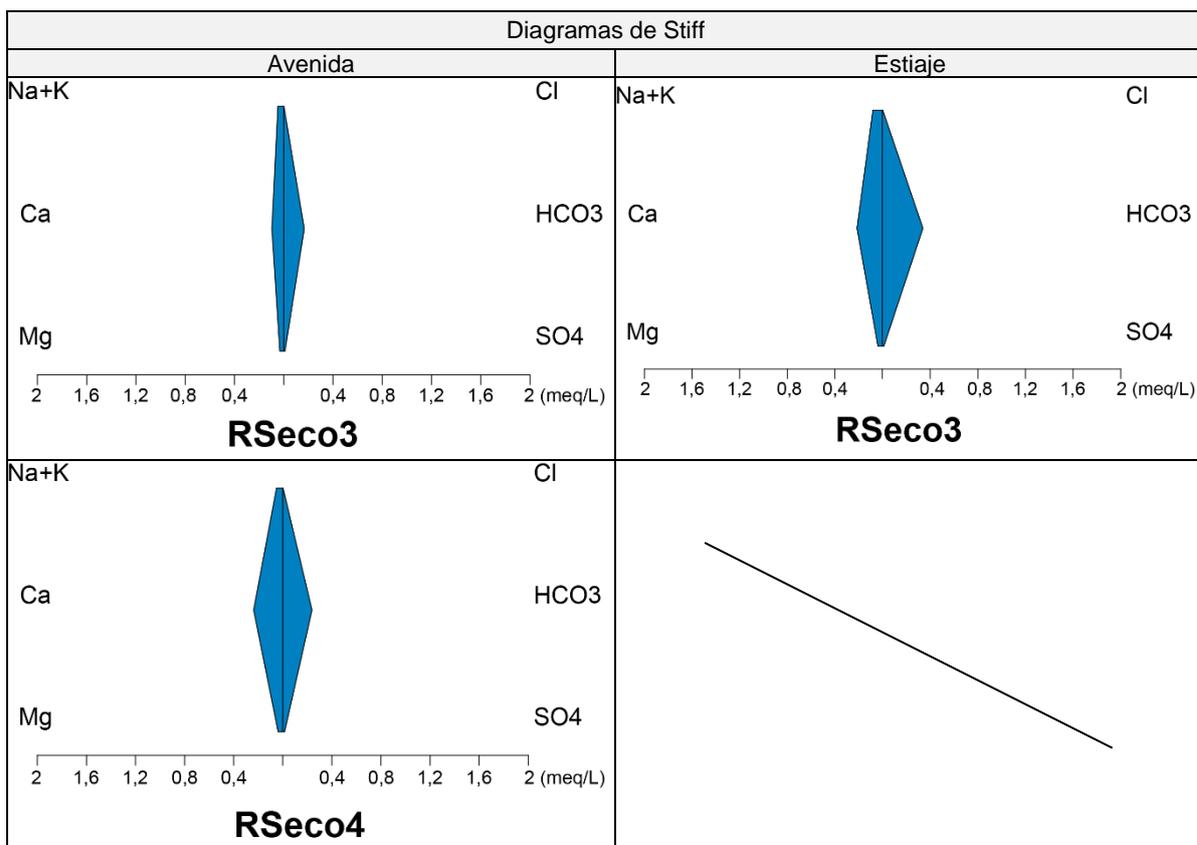
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



II. Bofedales

En esta sección se establecieron 2 puntos de muestreo en bofedales (HBof-8 y HBof-9), ubicados en la naciente de la quebrada Oxa Segana, la evaluación se desarrolló en ambas temporadas (avenida y estiaje).

De la comparación entre los parámetros de campo, fisicoquímicos e inorgánicos (metales y metaloides) con los ECA para agua, categoría 3, solo el potencial de hidrógeno (pH) se encontró fuera del rango establecido en dicha norma en el bofedral (HBof-8) durante las temporadas de avenida y estiaje, tal como se observa en la Figura 8.8.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

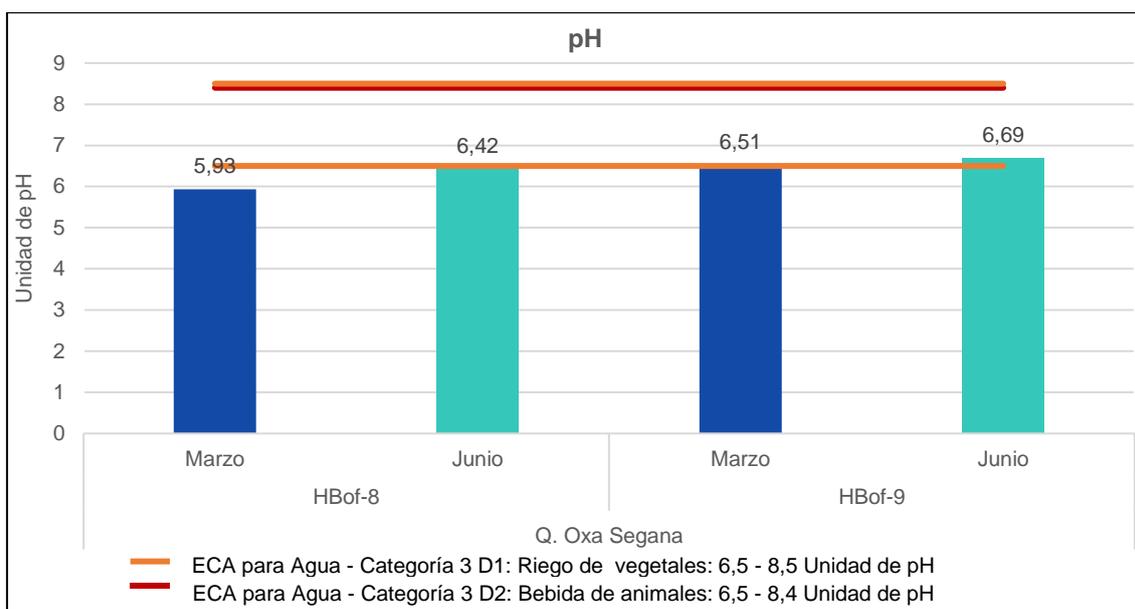


Figura 8.8. Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada – Sección 1

Con relación a los metales y metaloides que podrían generar algún tipo de toxicidad o efectos adversos al ambiente como As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb y Zn, estos no superaron los ECA para agua categoría 3, reportándose bajas concentraciones e incluso por debajo del límite de detección del método del laboratorio, tal como se muestra en la Tabla 8.5.

Tabla 8.5. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en bofedales de la microcuenca La Encañada – Sección 1

Metales y Metaloides	Unidad	Temporada evaluada				Cuerpo de agua asociado			
		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Arsénico (As)	mg/L	< 0,00003	< 0,00003	0,00084	0,00093	<		HBof-9	HBof-8
Cadmio (Cd)		< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	<		<	
Cobalto (Co)		< 0,00001	< 0,00001	< 0,00003	0,00011	<		HBof-8	HBof-9
Cromo (Cr)		< 0,0001	< 0,0001	< 0,001	< 0,001	<		<	
Cobre (Cu)		< 0,00003	< 0,00003	< 0,0003	0,0009	<		HBof-8	HBof-9
Hierro (Fe)		0,0387	0,063	0,04	0,15	HBof-9	HBof-8	HBof-8	HBof-9
Mercurio (Hg)		< 0,00003	< 0,00003	< 0,00007	< 0,00007	<		<	
Manganeso (Mn)		0,02192	0,0236	0,00438	0,06354	HBof-9	HBof-8	HBof-8	HBof-9
Molibdeno (Mo)		< 0,00002	< 0,00002	< 0,00003	0,00015	<		HBof-9	HBof-8
Níquel (Ni)		< 0,0002	0,0005	< 0,0009	< 0,0009	HBof-9	HBof-8	<	
Plomo (Pb)		0,0003	0,0003	0,00019	0,00131	=		HBof-8	HBof-9
Zinc (Zn)		< 0,0100	0,0153	0,010	0,019	HBof-9	HBof-8	HBof-8	HBof-9

(=): Los puntos evaluados presentaron las mismas concentraciones.

(<): Todos los puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

Fuente: Reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7)

En la Tabla 8.5 se observa que las mayores concentraciones de metales en los bofedales de esta sección se presentaron en el punto HBof-8 en la temporada de avenida y principalmente en el punto HBof-9 en la temporada de estiaje.

- **Hidroquímica**
- ✓ **Diagrama de Piper**

El agua de los bofedales de esta sección presentó facies hidroquímicas de tipo bicarbonatada cálcica (Figura 8.9). Los datos para realizar estas gráficas se encuentran detallados en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

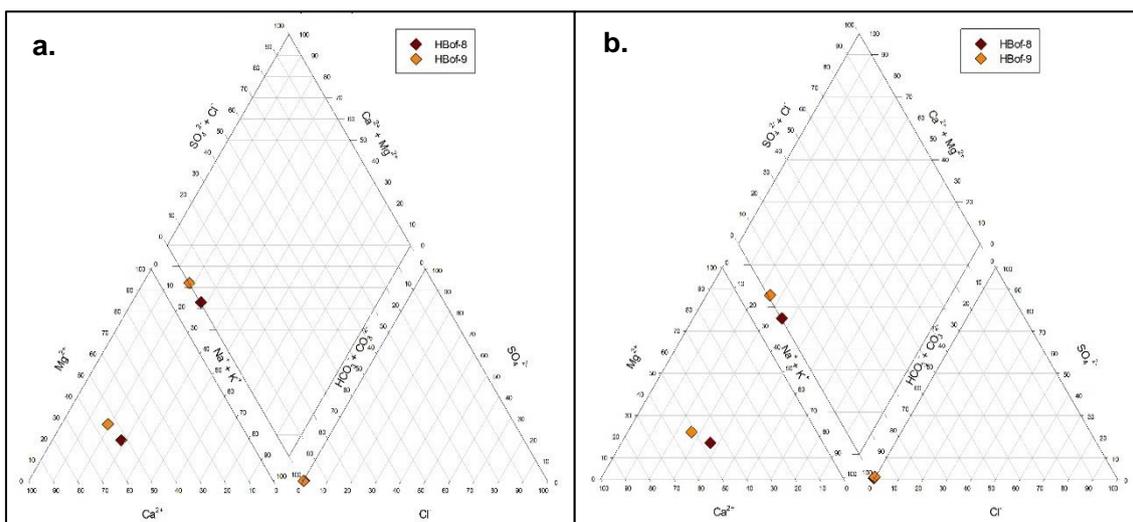
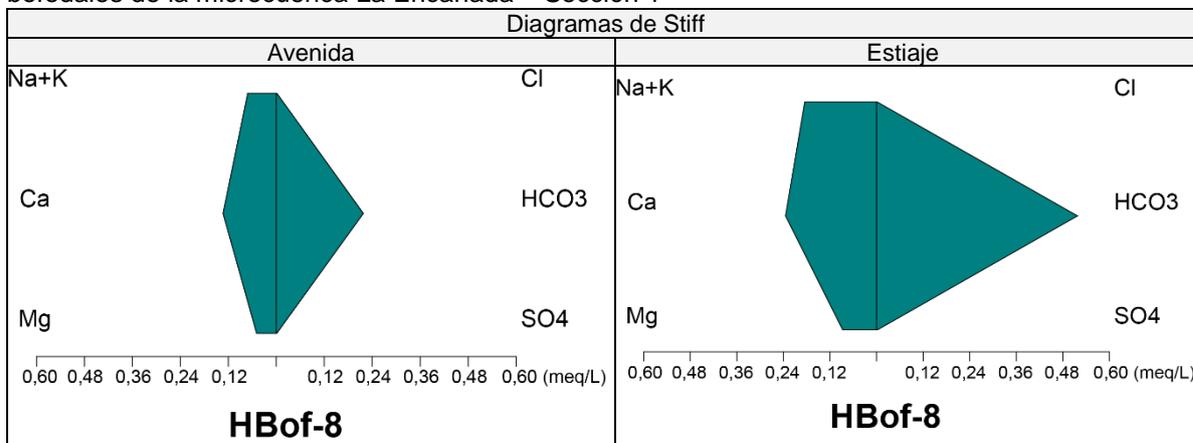


Figura 8.9. Diagrama de Piper por temporada **a.** avenida (marzo) y **b.** estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada – Sección 1

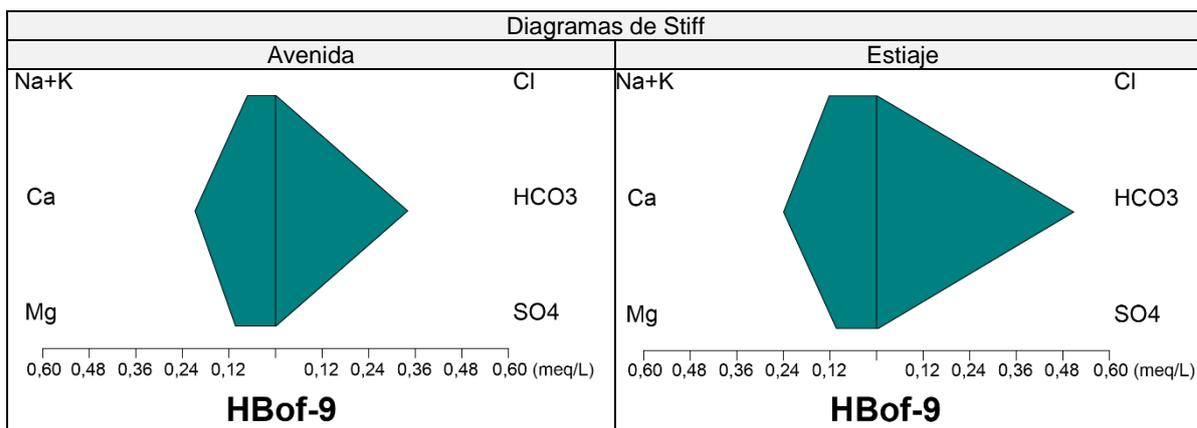
- ✓ **Diagrama de Stiff**

Los diagramas de Stiff (Figura 8.10) muestran que las concentraciones de iones mayoritarios (Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+) en las muestras de agua superficial evaluados fueron de 0 a 0,52 meq/L.

Figura 8.10. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada – Sección 1



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



III. Lagunas

Se consideró 6 puntos de muestreo distribuidos en 4 lagunas: Huachacochoa (LHuac1), Caballero (LCaba1 y LCaba2), La Arena (LLAren1) y Señoracochoa (LSCoch1 y LSCoch2).

De la comparación de los parámetros de campo, fisicoquímicos e inorgánicos (metales y metaloides) con los ECA para agua categoría 4, el potencial de hidrógeno (pH) se encontró fuera del rango establecido en dicha norma, en todas las lagunas evaluadas durante la temporada de avenida (Figura 8.11). Asimismo, el nitrógeno y fósforo total superaron los valores establecidos de la norma mencionada.

En cuanto a las concentraciones de nitrógeno total, estas superaron lo establecido en los ECA agua, Cat. 4, en todas las lagunas evaluadas en las temporadas de avenida y estiaje a excepción de la laguna Caballero (LCaba2) en la temporada de estiaje (Figura 8.12). Cabe indicar que las mayores concentraciones fueron reportadas en la Laguna La Arena.

Respecto a las concentraciones de fósforo, estas superaron lo establecido en los ECA agua, Cat. 4, solo en la laguna La Arena en las temporadas de avenida y estiaje (Figura 8.13).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

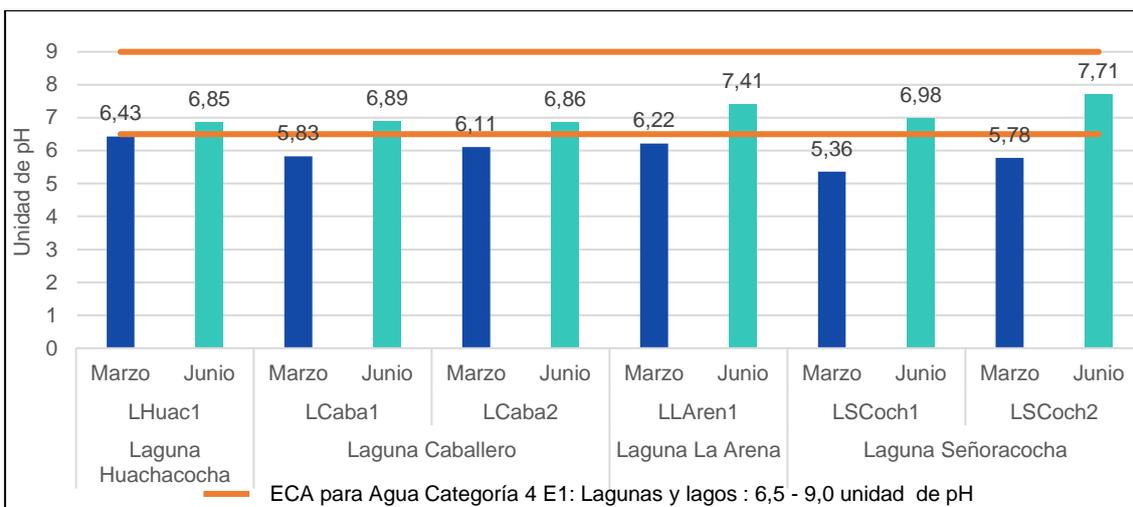


Figura 8.11. Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada – Sección 1

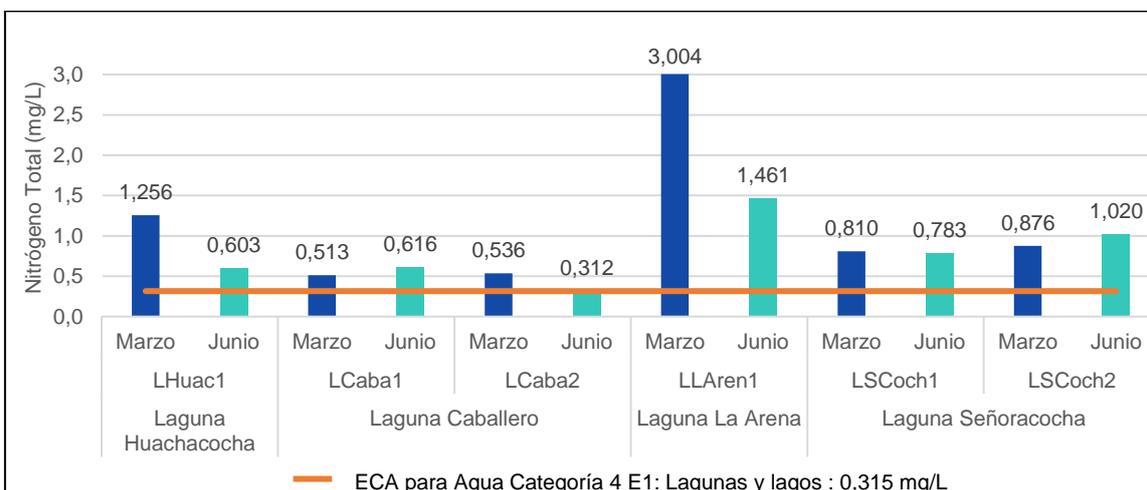


Figura 8.12. Concentraciones de nitrógeno total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada – Sección 1

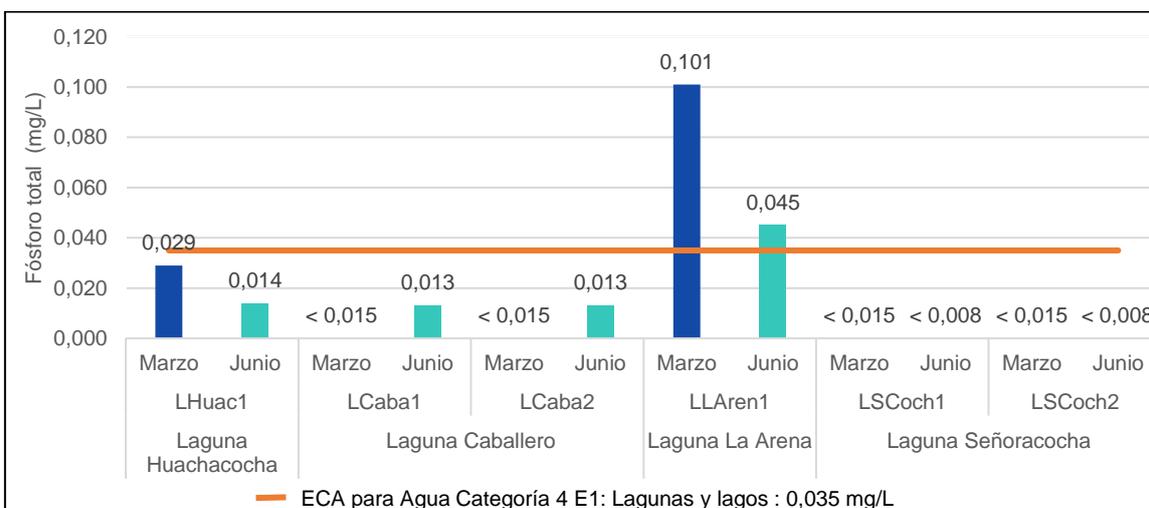


Figura 8.13 Concentraciones de fósforo total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada – Sección 1

Con relación a los metales y metaloides que podrían generar algún tipo de toxicidad o efectos adversos al ambiente como As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb y Zn, estos no superaron los ECA para agua categoría 4, reportándose bajas concentraciones e incluso por debajo del límite de detección del método del laboratorio, tal como se muestra en la Tabla 8.6.

Tabla 8.6. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en lagunas de la microcuenca La Encañada - Sección 1

Metales y Metaloides	Unidad	Temporada evaluada				Cuerpo de agua asociado			
		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Arsénico (As)	mg/L	< 0,00003	0,0261	0,00083	0,01454	-	LLAren1	LHuac1	LLAren1
Cadmio (Cd)		< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	<		<	
Cobalto (Co)		< 0,00001	< 0,00001	< 0,00003	< 0,00003	<		<	
Cromo (Cr)		< 0,0001	< 0,0001	< 0,001	< 0,001	<		<	
Cobre (Cu)		< 0,00003	0,01289	< 0,0003	0,001	LHuac1	LLAren1	LHuac1	LCaba1
Hierro (Fe)		0,0193	1,983	< 0,03	1,3	LSCoch1	LLAren1	LSCoch1 y LSCoch2	LLAren1
Mercurio (Hg)		< 0,00003	< 0,00003	< 0,00007	< 0,00007	<		<	
Manganeso (Mn)		0,00204	0,07451	0,0014	0,03334	LCaba1	LLAren1	LCaba2	LLAren1
Molibdeno (Mo)		< 0,00002	< 0,00002	< 0,00003	< 0,00003	<		<	
Níquel (Ni)		< 0,0002	< 0,0002	< 0,0009	< 0,0009	<		<	
Plomo (Pb)		< 0,0002	0,0017	< 0,00006	0,00059	-	LLAren1	LHuac1, LCaba2 y LSCoch1	LLAren1
Zinc (Zn)		< 0,0100	0,0264	< 0,002	0,017	LCaba1 y LSCoch1	LLAren1	LCaba1	LHuac1

(-): El resto de puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

(<): Todos los puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

Fuente: Reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7)

En la Tabla 8.6 se observa que las mayores concentraciones de metales se presentaron en la laguna La Arena en las temporadas de avenida y estiaje.

- **Hidroquímica**

- ✓ **Diagrama de Piper**

El agua de las lagunas de esta sección presentaron facies hidroquímica de tipo bicarbonatada cálcica en ambas temporadas, excepto la laguna Huachacocha que en estiaje que presentó facies bicarbonata sódico potásica (Figura 8.14). Los datos para realizar estas gráficas se encuentran detalladas en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

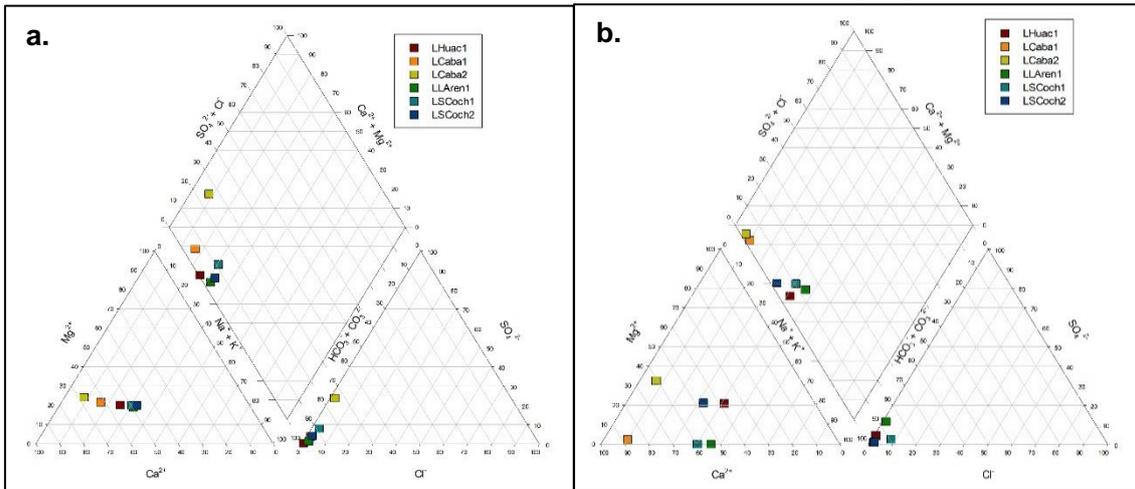
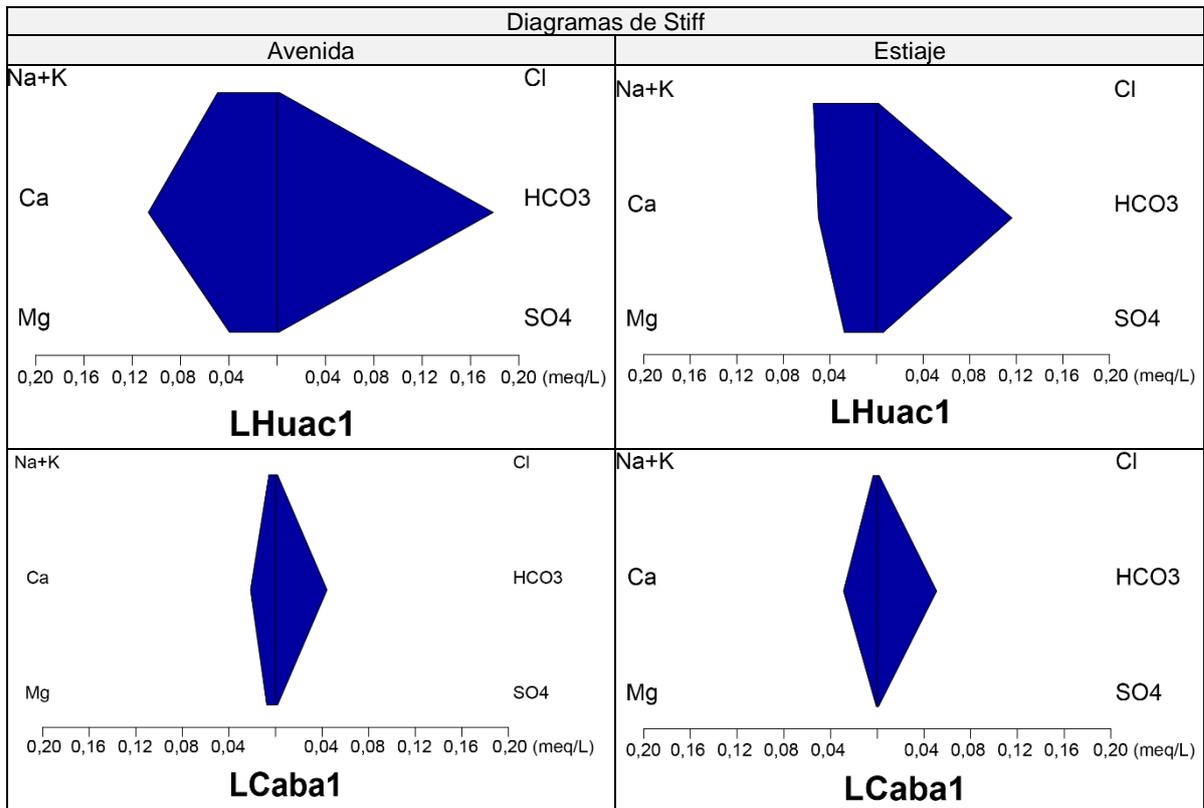


Figura 8.14. Diagrama de Piper por temporada **a.** avenida (marzo) y **b.** estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada – Sección 1

✓ **Diagrama de Stiff**

Los diagramas de Stiff (Figura 8.15) muestran que las concentraciones de iones mayoritarios (Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+) en las muestras de agua superficial evaluados fueron de 0 a 0,18 meq/L.



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

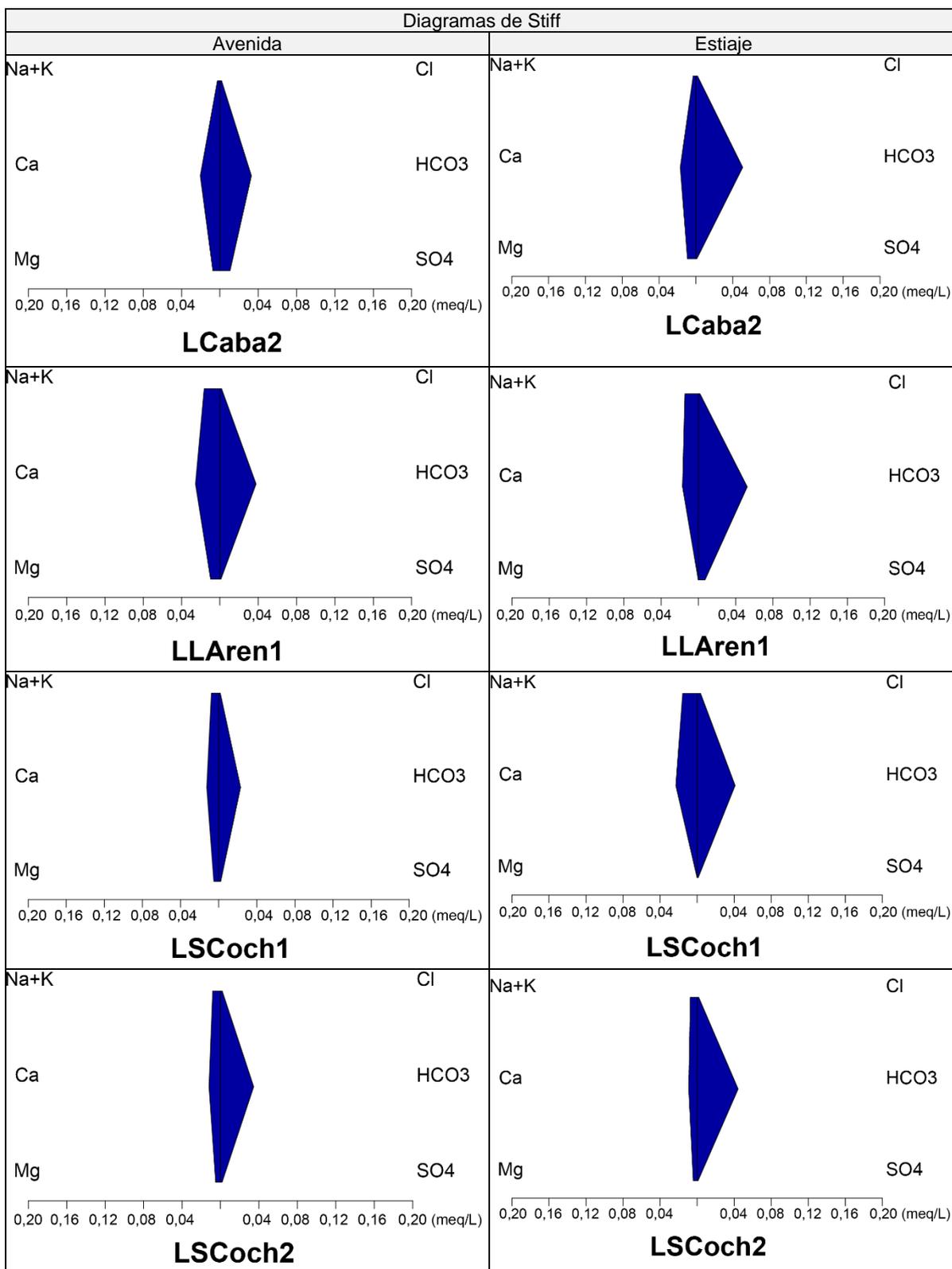


Figura 8.15. Diagramas de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada – Sección 1

IV. Manantiales

En esta sección se presenta los resultados de 10 manantiales evaluados en la temporada de avenida y estiaje, los mismos que se distribuyen en el área hidrográfica de las quebradas Oxa Segana, Quishque-Quinuayoc y Las Perlas, en el sector de Quinuayoc y el caserío de Rodacocha.

De la comparación de resultados con los ECA para agua, categoría 3, los parámetros que superaron la referida norma fueron oxígeno disuelto (OD), potencial de hidrógeno (pH) y manganeso total (Mn). Referente a la concentración de OD, las aguas subterráneas se caracterizan por presentar bajas concentraciones de oxígeno disuelto a causa de su baja interacción con la atmósfera y la acción fotosintética; por ello no se consideró este parámetro.

Tabla 8.7. Parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 en la microcuenca La Encañada - Sección 1

N.º	Cuerpo de agua**	Punto de muestreo	ECA para agua ¹			
			Categoría 3 (D1)		Categoría 3 (D2)	
			Avenida	Estiaje	Avenida	Estiaje
			Mar-19	Jun-19	Mar-19	Jun-19
1	Peña Mala	AFPeñm	pH	pH	pH	pH
2	Quinuayoc	FMich-02	pH	*	pH	*
3	La Cortadera	MCort1	pH	pH	pH	pH
4		MCort2	pH	pH	pH	pH
5	La Cahuiña	MLCahu1	NE	pH	NE	pH
6	Cocho Orco	AFCoch1	-	-	-	-
7		AFCoch2	pH	pH	pH	pH
8	Quinuayoc	AFQuiMa	-	-	-	-
9	Cushurito	AFCuschc1	-	pH	-	pH
10	Maque	AFMagM	-	Mn	-	Mn

(-): No supera la norma referida.

(NE): No evaluado en la temporada

(*): Sin flujo durante la temporada.

(**): Nombre local de los manantiales

pH: Potencial de hidrógeno y Mn: Manganeso total.

(1): ECA agua 2017: Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.

El potencial de hidrógeno (pH) en el agua de los manantiales se registró fuera del rango establecido en los ECA para agua Categoría 3, con características ácidas en Peña Mala (AFPeñm), La Cortadera (MCort1 y MCort2) y Cocho Orco (AFCoch2) en ambas temporadas; en La Cahuiña (MLCahu1) y Cushurito (AFCuschc1) en estiaje; y en Quinuayoc (FMich-02) en la temporada de avenida (Figura 8.16).

La concentración de manganeso total (0,32807 mg/L) en el manantial Maque (AFMagM) fue la única que superó los ECA para agua en la temporada de estiaje (Figura 8.17).

Con relación a los metales y metaloides que podrían generar algún tipo de toxicidad o efectos adversos al ambiente como As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mo, Ni, Pb y Zn, estos no superaron los ECA para agua categoría 3, reportándose bajas concentraciones e incluso por debajo del límite de detección del método del laboratorio (Tabla 8.8).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

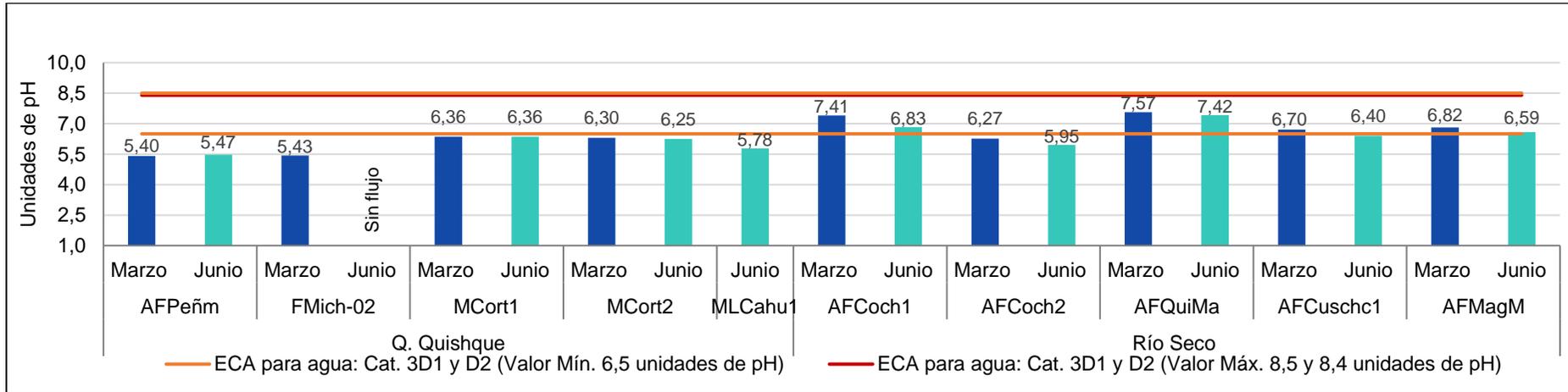


Figura 8.16. Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 1

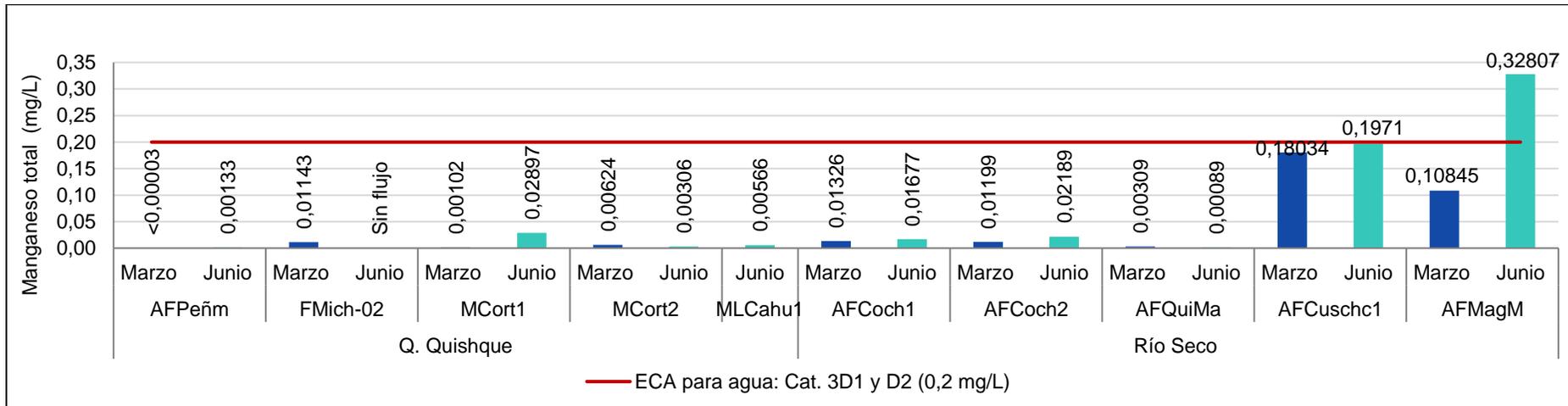


Figura 8.17. Concentraciones de manganeso total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 1

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Tabla 8.8. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 1

Metales y Metaloides	Unidad	Temporada evaluada				Punto de muestreo de agua asociado			
		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Arsénico (As)	mg/L	< 0,00003	0,00175	< 0,00004	0,00174	*	MCort2	AFCoch1 y AFCoch2	MCort2
Cadmio (Cd)		< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	0,00015	< LD		-	MCort2
Cobalto (Co)		< 0,00001	0,00104	< 0,00003	0,00108	-	AFCuschc1	*	AFCuschc1
Cobre (Cu)		< 0,00003	0,00424	< 0,0003	0,0032	MCort1, AFCoch1, AFQuiMa y AFCuschc1	MCort2	*	MCort2
Cromo (Cr)		< 0,0001	0,0006	< 0,001	< 0,001	-	AFMagM	< LD	
Hierro (Fe)		0,0093	1,867	0,040	1,90	FMich-02	AFCuschc1	AFQuiMa	AFCuschc1
Manganeso (Mn)		0,00102	0,18034	0,00089	0,32807	MCort1	AFCuschc1	AFQuiMa	AFMagM
Mercurio (Hg)		< 0,00003	< 0,00003	< 0,00007	< 0,00007	< LD		< LD	
Molibdeno (Mo)		< 0,00002	< 0,00002	< 0,00003	< 0,00003	< LD		< LD	
Níquel (Ni)		< 0,0002	0,0013	< 0,0009	0,0015	-	AFCuschc1	-	AFCuschc1
Plomo (Pb)		< 0,0002	0,0005	< 0,00006	0,00072	-	AFCoch1	*	AFMagM
Zinc (Zn)		< 0,0100	0,0530	0,007	0,060	*	AFCuschc1	MCort1	AFCuschc1

(-): El resto de puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

(*): La mayoría de puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

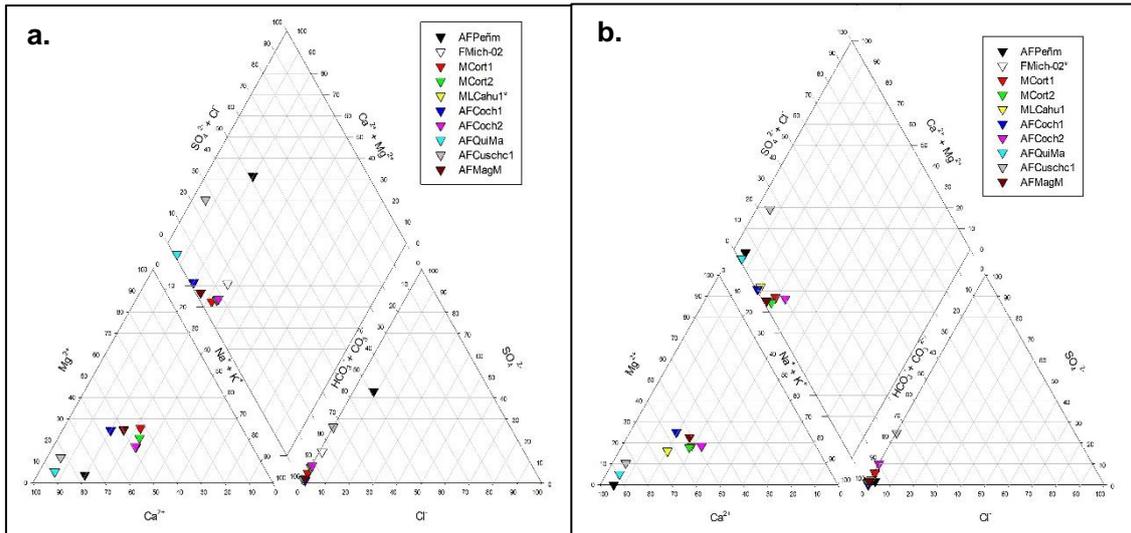
(< LD): Todos los puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

Fuente: Reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7)

En la Tabla 8.8 se observa que las mayores concentraciones de metales se presentaron principalmente en el manantial AFCuschc1 en las temporadas de avenida y estiaje.

- **Hidroquímica**
- ✓ **Diagrama de Piper**

El agua de los manantiales de esta sección presentó facies hidroquímica bicarbonatada cálcica (Figura 8.18). Los datos para realizar estas gráficas se encuentran detallados en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).



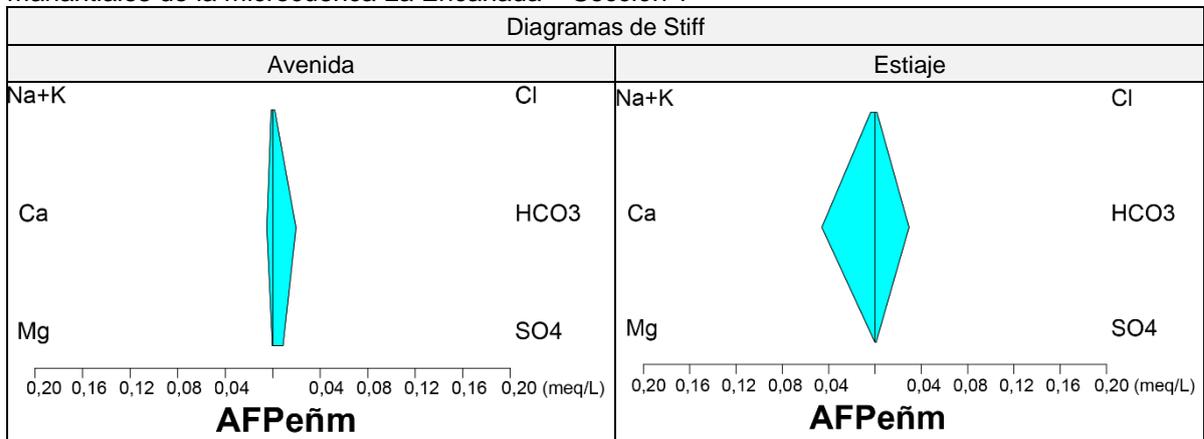
* Los puntos se encontraron sin flujo de agua en la temporada evaluada.

Figura 8.18. Diagrama de Piper por temporada **a.** avenida (marzo) y **b.** estiaje (junio) en manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 1

- ✓ **Diagrama de Stiff**

Los diagramas de Stiff (Figura 8.19) muestran que las concentraciones de iones mayoritarios (Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+) en las muestras de agua superficial evaluados fueron de 0 a 1,13 meq/L.

Figura 8.19. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 1





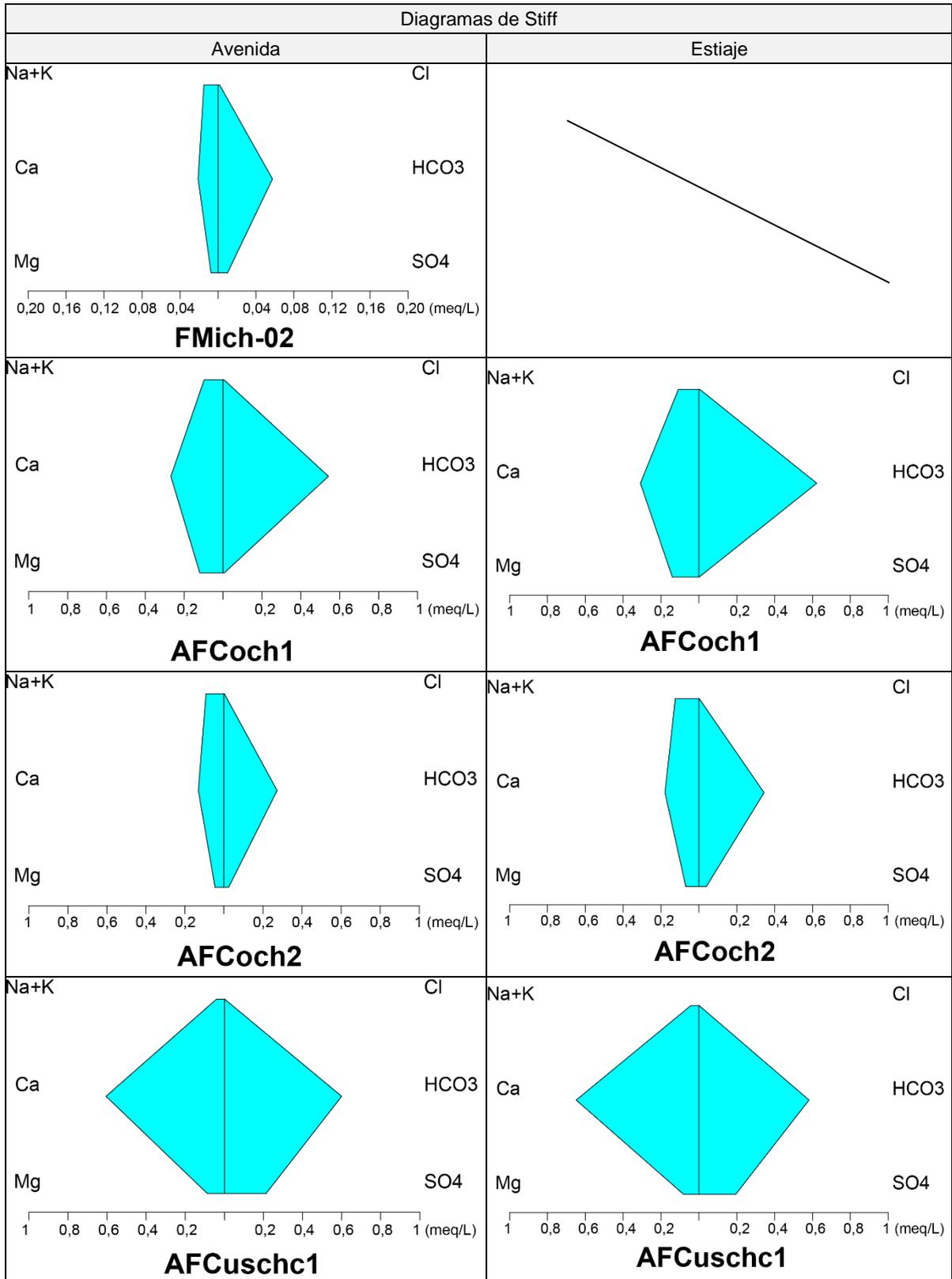
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad





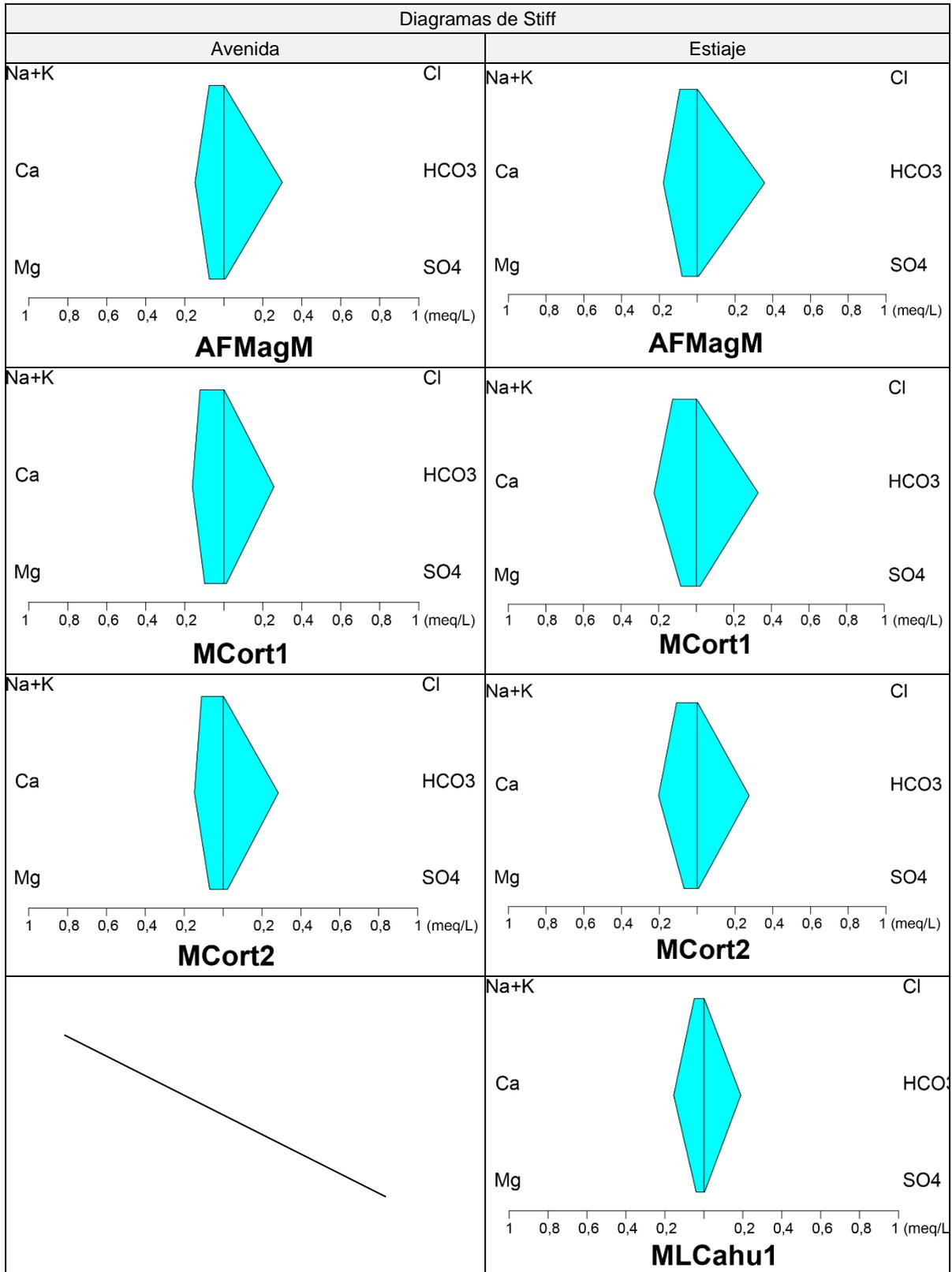
PERÚ

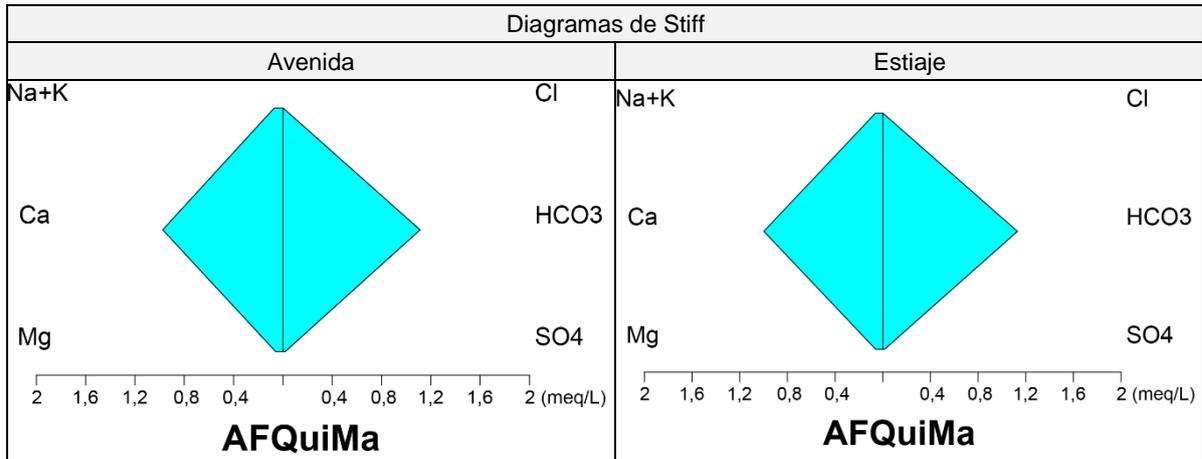
Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad





Sedimento

I. Ríos y quebradas

En esta sección como en la mayoría de los cuerpos lóticos del área de influencia, existe una predominancia de los materiales gruesos sobre los finos, por lo tanto, solo se encontró sedimento en el río Seco (RSeco2), en la temporada de avenida, el cual presentó una textura arenosa, pH ácido, ausencia de materia orgánica y una concentración de 100 mg/kg de sulfatos (Tabla 8.9).

Tabla 8.9. Valores de pH, materia orgánica, sulfatos y textura en sedimento del río Seco, ubicados en la microcuenca La Encañada - Sección 1

Punto de muestreo	Temporada	Mes	Cuerpo de agua asociado	pH	Materia orgánica (%)	Sulfatos (mg/kg)	Textura (%)			Clase textural
							Arena	Limo	Arcilla	
RSeco2	Avenida	Marzo	Río Seco	6,01	<0,3	100	90	5	5	Arenosa
	Estiaje	Junio		-	-	-	-	-	-	-

(-) No evaluado en esta temporada.

En cuanto a la concentración de metales, solo la concentración de plomo superó el valor ISQG, valor por debajo del cual no se espera efectos biológicos adversos en los macroinvertebrados bentónicos (Tabla 8.10). Los resultados de los demás elementos se detallan en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

Tabla 8.10. Comparación de las concentraciones de metales totales con los valores ISQG y PEL de la CEQG en sedimento del río Seco en la microcuenca La Encañada - Sección 1

Punto de muestreo	Temporada	Mes	Río principal o tributario	Metales totales (mg/kg)						
				Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo	Mercurio	Plomo	Zinc
RSeco2	Avenida	Marzo	Río Seco	< 17,5	< 1,0	12,8	6,2	< 0,10	39	75,1
	Estiaje	Junio		-	-	-	-	-	-	-
ISQG (mg/kg)				5,9	0,6	35,7	37,3	0,17	35	123
PEL (mg/kg)				17	3,5	197	90	0,486	91,3	315

 Superan los valores de ISQG: Interim Sediment Quality Guideline

 Superan los valores PEL: Probable Effect Level

(-) No evaluado en esta temporada.

(<) Valor por debajo del límite de detección del método del laboratorio.

II. Lagunas

Esta sección comprendió cuatro lagunas: Huachacocha, Caballero, La Arena y Señoracocha. En estas lagunas el sedimento presentó pH ácido que varió entre 3,83 y 5 unidades de pH. El porcentaje de materia orgánica presentó un valor mínimo de 1,2 y un máximo de 19,9, los mayores porcentajes fueron obtenidos en las lagunas Huachacocha y La Arena. Las concentraciones de sulfatos fluctuaron entre 122 y 2648 mg/kg, reportándose las mayores concentraciones en la laguna Caballero (Tabla 8.11).

En el sedimento de las lagunas presentó generalmente en similares proporciones de arena y limo en su composición, mientras que las fracciones de arcilla se hallaron en menor cantidad, teniendo como clase textural predominante Franca (Tabla 8.11).

Tabla 8.11. Valores de pH, materia orgánica, sulfatos y textura en sedimento de lagunas de la microcuenca La Encañada - Sección 1

Punto de muestreo	Temporada	Mes	Laguna	pH	Materia orgánica (%)	Sulfatos (mg/kg) PS	Textura (%)			Clase textural
							Arena	Limo	Arcilla	
LHuac1	Avenida	Marzo	Huachacocha	4,04	4	122	45	40	15	Franca
	Estiaje	Junio		4,27	8,00	183	50	35	15	Franca
LHuac2	Avenida	Marzo		4,46	10,4	911	90	10	0	Arenoso
	Estiaje	Junio		5	19,90	1188	80	10	10	Franco Arenoso
LCaba1	Avenida	Marzo	Caballero	4,02	1,5	298	30	45	25	Franca
	Estiaje	Junio		3,83	1,20	1720	60	30	10	Franco Arenoso
LCaba2	Avenida	Marzo		4,81	4,3	912	55	35	10	Franco Arenoso
	Estiaje	Junio		4,68	5,80	2648	50	35	15	Franca
LLAren1	Avenida	Marzo	La Arena	4,59	17,2	546	35	45	20	Franca
	Estiaje	Junio		4,77	12,90	1144	50	30	20	Franca
LSCoch1	Avenida	Marzo	Señoracocha	4,4	4,4	647	45	40	15	Franca
	Estiaje	Junio		4,37	2,50	2032	50	35	15	Franca
LSCoch2	Avenida	Marzo		4,2	3,3	254	40	45	15	Franca
	Estiaje	Junio		4,1	3,50	1530	60	30	10	Franco Arenoso

En cuanto a las concentraciones de metales (As, Cd, Cu, Cr, Hg, Pb y Zn) en el sedimento de las lagunas, estos se presentan en la Tabla 8.12.

Las concentraciones de arsénico superaron el valor PEL en las lagunas Caballero (LCaba2), La Arena (LLAren1) y Señoracocha (LSCoch1 y LSCoch2). Las concentraciones de cadmio excedieron el valor PEL solo en la laguna Señoracocha en la temporada de estiaje.

Las concentraciones de cobre excedieron el valor ISQG en la laguna Señoracocha, en ambas temporadas, Caballero (LCaba1 y LCaba2), en la temporada de estiaje, y Huachacocha (LHuac1) en la temporada de avenida. Además, en la laguna Caballero (LCaba1) se excedió el valor PEL en la temporada de avenida.

Las concentraciones de plomo superaron el valor PEL en las lagunas Huachacocha (LHuac1), Caballero, La Arena y Señoracocha en ambas temporadas de evaluación, en tanto en las lagunas La Arena y Huachacocha (LHuac1) excedieron el valor ISQG en esta temporada de estiaje.

Las concentraciones de zinc excedieron el valor PEL solo en las lagunas Caballero en la temporada de avenida y Huachacocha (LHuac1) en ambas temporadas.

Tabla 8.12. Comparación de las concentraciones de metales totales con los valores ISQG y PEL de la CEQG en lagunas de la microcuenca La Encañada - Sección 1

Punto de muestreo	Temporada	Mes	Laguna	Metales totales (mg/kg) PS							
				Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo	Mercurio	Plomo	Zinc (Zn)	
LHuac1	Avenida	Marzo	Huachacocha	< 17,5	< 1,0	42,5	9,6	< 0,10	57	140,1	
	Estiaje	Junio		< 17,5	< 1,0	24,4	6,2	0,11	46	142,3	
LHuac2	Avenida	Marzo		< 17,5	< 1,0	15,2	< 4,5	0,11	24	61,8	
	Estiaje	Junio		< 17,5	< 1,0	25,9	< 4,5	0,16	15	67	
LCaba1	Avenida	Marzo		Caballero	< 17,5	< 1,0	206,9	8,4	< 0,10	145	137
	Estiaje	Junio			< 17,5	< 1,0	51,0	< 4,5	< 0,10	93	37,1
LCaba2	Avenida	Marzo	< 17,5		< 1,0	21,4	< 4,5	0,15	66	26	
	Estiaje	Junio	22,4		< 1,0	42,2	< 4,5	< 0,10	106	35,3	
LLAren1	Avenida	Marzo	La Arena		53,8	< 1,0	32,2	9	< 0,10	99	29,9
	Estiaje	Junio			39,5	< 1,0	27,9	5,9	< 0,10	76	19,5
LSCoch1	Avenida	Marzo	Señoracocha	862,3	< 1,0	112,9	7,6	< 0,10	109	90,1	
	Estiaje	Junio		492,7	4,7	63,4	6,4	0,15	130	78,5	
LSCoch2	Avenida	Marzo		191,4	< 1,0	66,1	5,5	< 0,10	77	72,9	
	Estiaje	Junio		97,4	4,3	95,9	5,6	0,11	118	94,4	
ISQG (mg/kg)				5,9	0,6	35,7	37,3	0,17	35	123	
PEL (mg/kg)				17	3,5	197	90	0,486	91,3	315	

Superan los valores de ISQG: Interim Sediment Quality Guideline

Superan los valores PEL: Probable Effect Level

(-) No evaluado en esta temporada.

(<) Valor por debajo del límite de detección del método del laboratorio.

Comunidades hidrobiológicas

I. Ríos y quebradas

a. Macroinvertebrados bentónicos

✓ Riqueza

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos en esta sección estuvo representada por 65 especies agrupadas en 4 phyla, 6 clases y 14 órdenes. El orden Díptera registró la mayor riqueza con 26 especies seguida del orden Coleoptera con 13 especies. En el Anexo 7 se presenta el registro completo de macroinvertebrados bentónicos.

En la Figura 8.20, se muestran los resultados de la riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que los puntos RSeco2 y QQuin1 presentaron los mayores valores de riqueza durante la temporada de avenida y estiaje, respectivamente. En cambio, el punto QPer11 registró la menor riqueza durante la temporada de avenida. Los puntos RSeco4 y QQuish1 se encontraron sin flujo al momento de la evaluación durante la temporada de estiaje.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

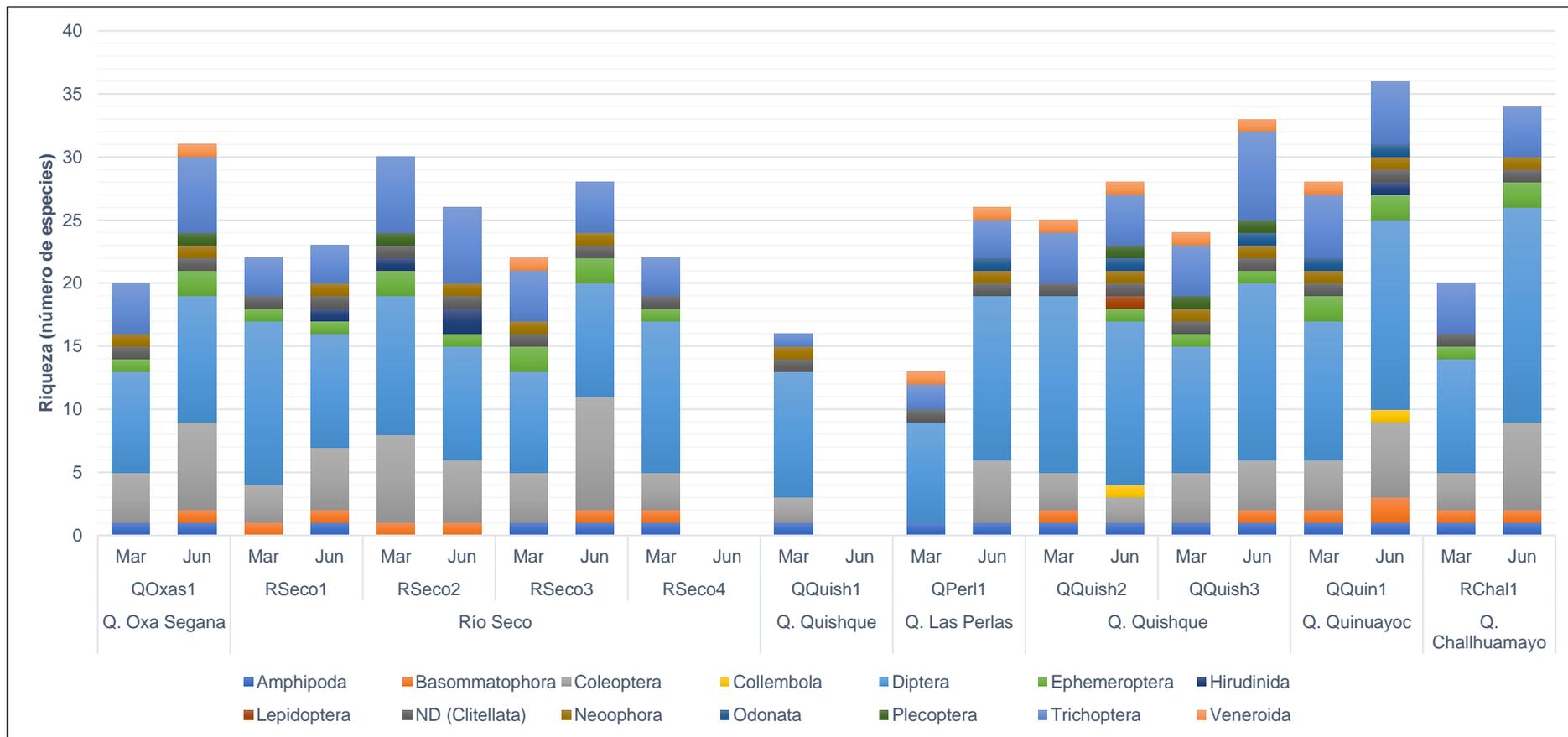


Figura 8.20. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 1



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección
Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

✓ **Abundancia**

En la Figura 8.21, se presentan los resultados de abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que los puntos QQuish1 y QOxas1 registraron los mayores valores de abundancias durante las temporadas de avenida y estiaje, respectivamente. Por otro lado, los puntos QPer11 y RSeco1 registraron los menores valores de abundancia durante la temporada de avenida y estiaje, respectivamente.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

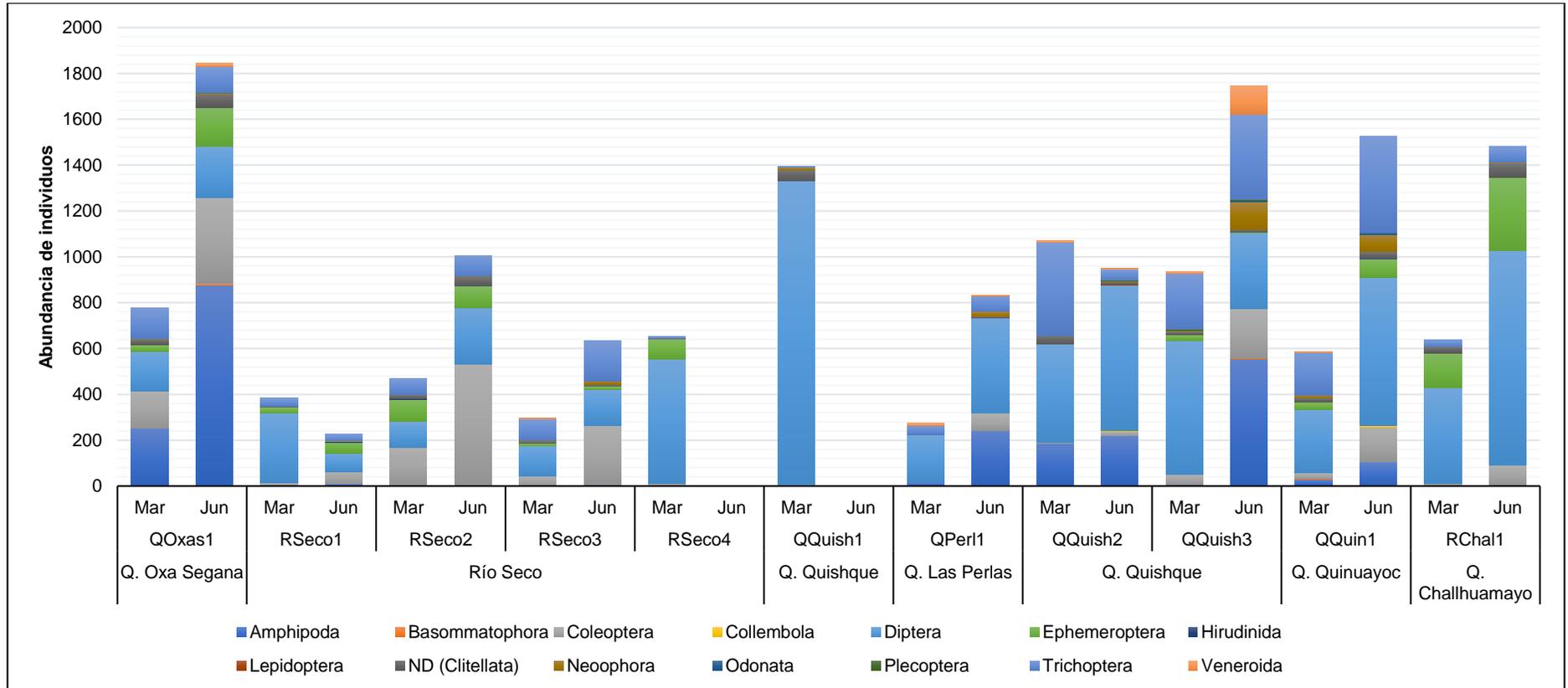


Figura 8.21. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 1

✓ Índices de diversidad

En la Tabla 8.13 se muestran los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por punto de muestreo y temporada de evaluación.

Durante la temporada de avenida se observó la mayor riqueza en el punto RSeco2 (30 especies); mientras que la menor riqueza se registró en el punto QPerl1 (13 especies) y QQuish1, este último tuvo la mayor abundancia, baja equidad y diversidad de Shannon-Wiener además de un valor alto en la dominancia de Simpson debido a la dominancia del orden Díptera.

La temporada de estiaje se caracterizó por presentar altos valores de riqueza (excepto el punto RSeco1 y abundancia (QOxas1, RSeco2, QPerl1, QQuish3, QQuin1 y RChal1) los cuales mostraron altos valores de equidad y diversidad de Shannon-Wiener además de una baja dominancia, evidenciando una distribución homogénea de la abundancia de los individuos por especie en esta sección.

Tabla 8.13. Índices de diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 1

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Riqueza de especies (S)		Abundancia de individuos (N)		Equidad de Pielou (J')		Diversidad de Shannon-Wiener (H')		Dominancia de Simpson (λ)	
		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Q. Oxa Segana	QOxas1	20	31	779	1844	0,64	0,59	2,76	2,90	0,20	0,26
Río Seco	RSeco1	22	23	383	226	0,66	0,81	2,93	3,67	0,18	0,11
	RSeco2	30	26	469	1006	0,77	0,61	3,77	2,87	0,11	0,23
	RSeco3	22	28	295	635	0,72	0,71	3,21	3,42	0,15	0,15
	RSeco4	22	-	652	-	0,64	-	2,85	-	0,18	-
Q. Quishque	QQuish1	16	-	1392	-	0,27	-	1,09	-	0,70	-
Q. Las Perlas	QPerl1	13	26	273	834	0,68	0,61	2,53	2,89	0,27	0,22
Q. Quishque	QQuish2	25	28	1071	948	0,61	0,63	2,84	3,05	0,21	0,18
	QQuish3	24	33	935	1745	0,58	0,65	2,66	3,29	0,24	0,16
Q. Quinuayoc	QQuin1	28	36	588	1525	0,76	0,68	3,65	3,50	0,11	0,15
Q. Challhuamayo	RChal1	20	34	638	1480	0,52	0,60	2,26	3,07	0,33	0,19

✓ Índice ABI

En la Tabla 8.14 se muestran los resultados de la calidad ecológica del agua por punto de muestreo y temporada de evaluación determinada a partir del índice biótico andino (ABI).

Durante la temporada de avenida se observó que sólo los puntos QQuish1 y QPerl1 presentaron una calidad ecológica «moderada» con un índice de 40 y 27, respectivamente; mientras que los demás puntos evaluados presentaron una calidad ecológica de «buena» a «muy buena» siendo el punto RSeco2 quien registró el mayor índice con 114 puntos.

La temporada de estiaje se caracterizó por presentar una calidad ecológica de «buena» a «muy buena» registrándose el mayor índice en el punto QOxas1 con 129 puntos.

Tabla 8.14. Índices biótico andino (ABI) y calidad ecológica del agua por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 1

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Temporada de evaluación			
		Avenida		Estiaje	
		Índice ABI	Calidad	Índice ABI	Calidad
Q. Oxa Segana	QOxas1	83	Muy buena	129	Muy buena
Río Seco	RSeco1	62	Buena	71	Buena
	RSeco2	114	Muy buena	92	Muy buena
	RSeco3	88	Muy buena	94	Muy buena
	RSeco4	57	Buena	-	-
Q. Quishque	QQuish1	40	Moderada	-	-
Q. Las Perlas	QPer1	27	Moderada	72	Buena
Q. Quishque	QQuish2	66	Buena	80	Muy buena
	QQuish3	72	Buena	117	Muy buena
Q. Quinuayoc	QQuin1	110	Muy buena	111	Muy buena
Q. Challhuamayo	RChal1	67	Buena	91	Muy buena

b. Perifiton

✓ Riqueza

El acumulado de ambas temporadas de evaluación del perifiton en la sección 1 estuvo representado por 256 especies de microalgas agrupadas en 6 phyla, 10 clases, 24 órdenes y 59 familias, y 27 especies de microorganismos agrupadas en 6 phyla, 7 clases, 9 órdenes y 16 familias.

El phylum Bacillariophyta fue el de mayor riqueza, seguida de los phyla Charophyta y Cyanobacteria. Mientras que en los microorganismos el phylum que predominó fue el Rotifera seguido de las amebas tecadas de los phyla Cercozoa y Amoebozoa. En el Anexo 7 se presenta el registro completo de perifiton.

En la Figura 8.22 se muestran los resultados de la riqueza de las microalgas del perifiton por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que los puntos QOxas1, RSeco2 y QPer1 presentaron los mayores valores de riqueza en ambas temporadas, observándose una diferencia en el número de especies entre avenida y estiaje en QOxas1 y RSeco2.

Los microorganismos de la comunidad del perifiton se observaron en todos los puntos de muestreo durante la evaluación de la temporada de avenida; mientras que, en las muestras RSeco3 y RChal1 no se registraron microorganismos. Cabe indicar que los puntos RSeco4 y QQuish1 se encontraron secos en temporada de estiaje. Se registraron más especies en avenida que en estiaje, en donde se observó una disminución de especies 12 a 4 para el phylum Rotifera (Figura 8.23).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

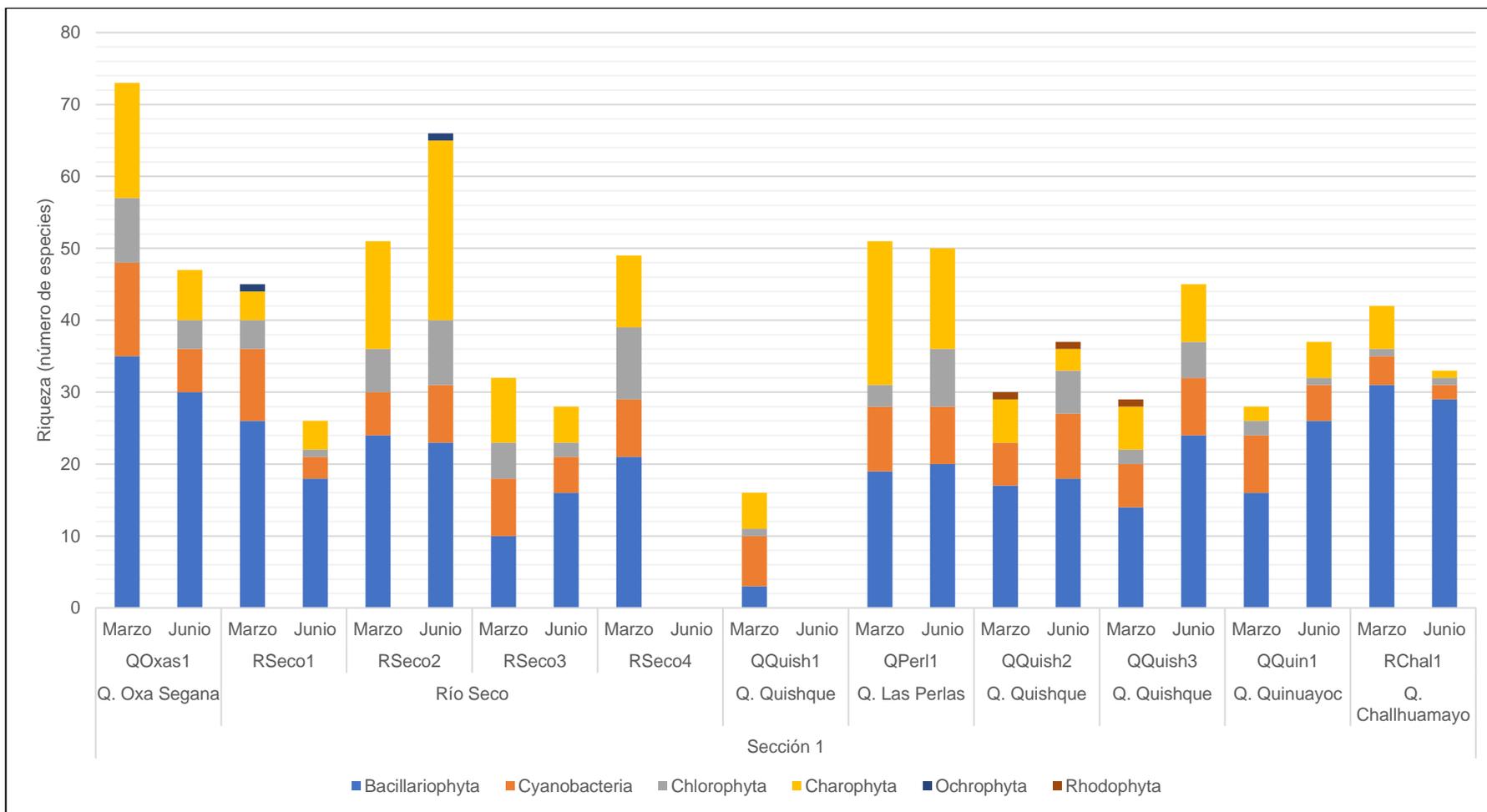


Figura 8.22. Riqueza de microalgas de la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada Sección 1

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

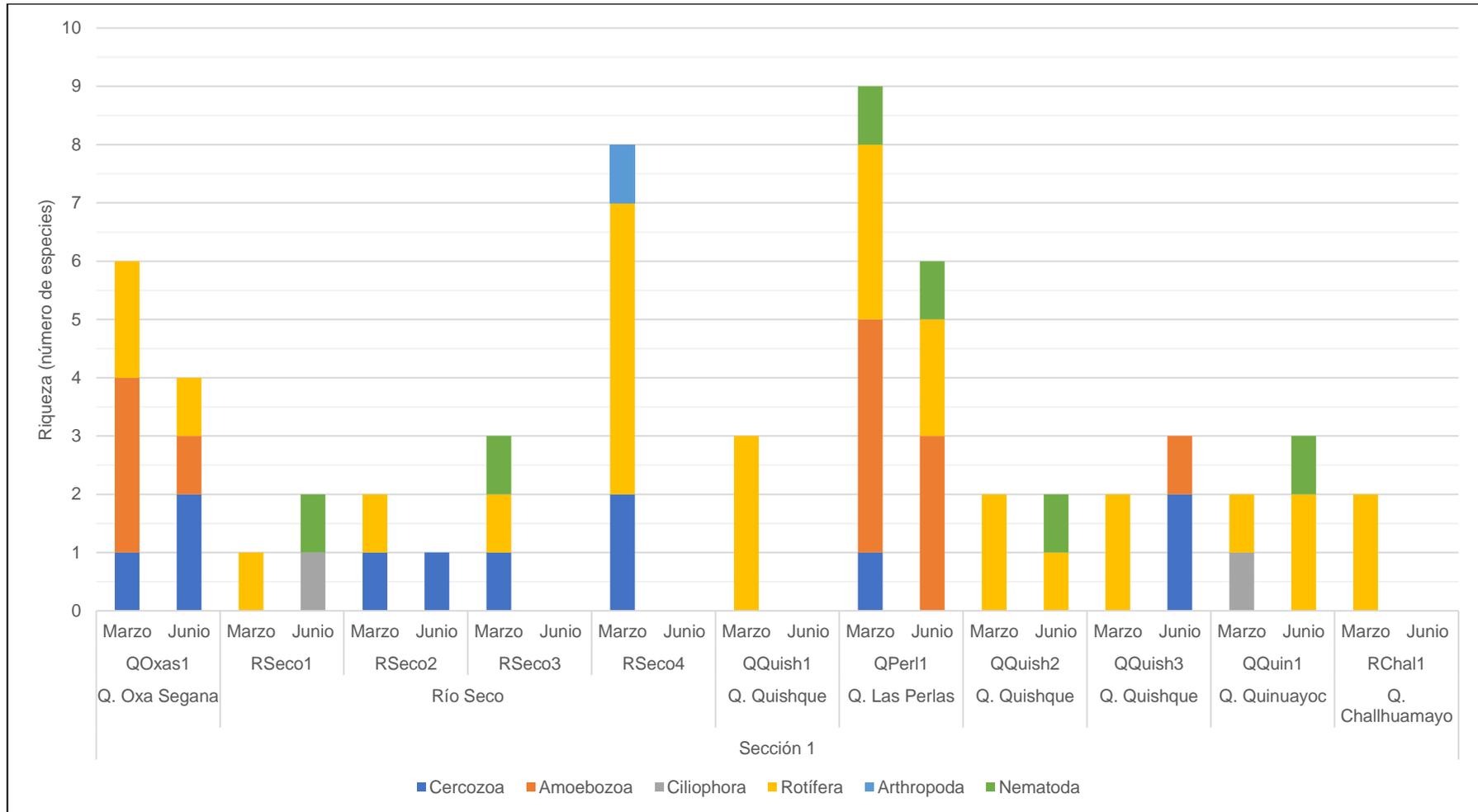


Figura 8.23. Riqueza de microorganismos la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 1

✓ **Abundancia**

En la Figura 8.24, se puede observar que la mayor abundancia para las microalgas se registró durante la temporada de avenida en QOxas1; por otro lado, la mayor abundancia de la temporada de estiaje se registró en QPer11 siendo menor a la registrada en avenida.

Los microorganismos registrados en las quebradas presentaron una mayor abundancia durante la temporada de avenida en comparación con la de estiaje, como se puede observar en la Figura 8.25. Solo en la muestra RSeco1 la abundancia de organismos fue mayor durante la época de estiaje, principalmente debido a la presencia del ciliado *Vorticella* sp.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

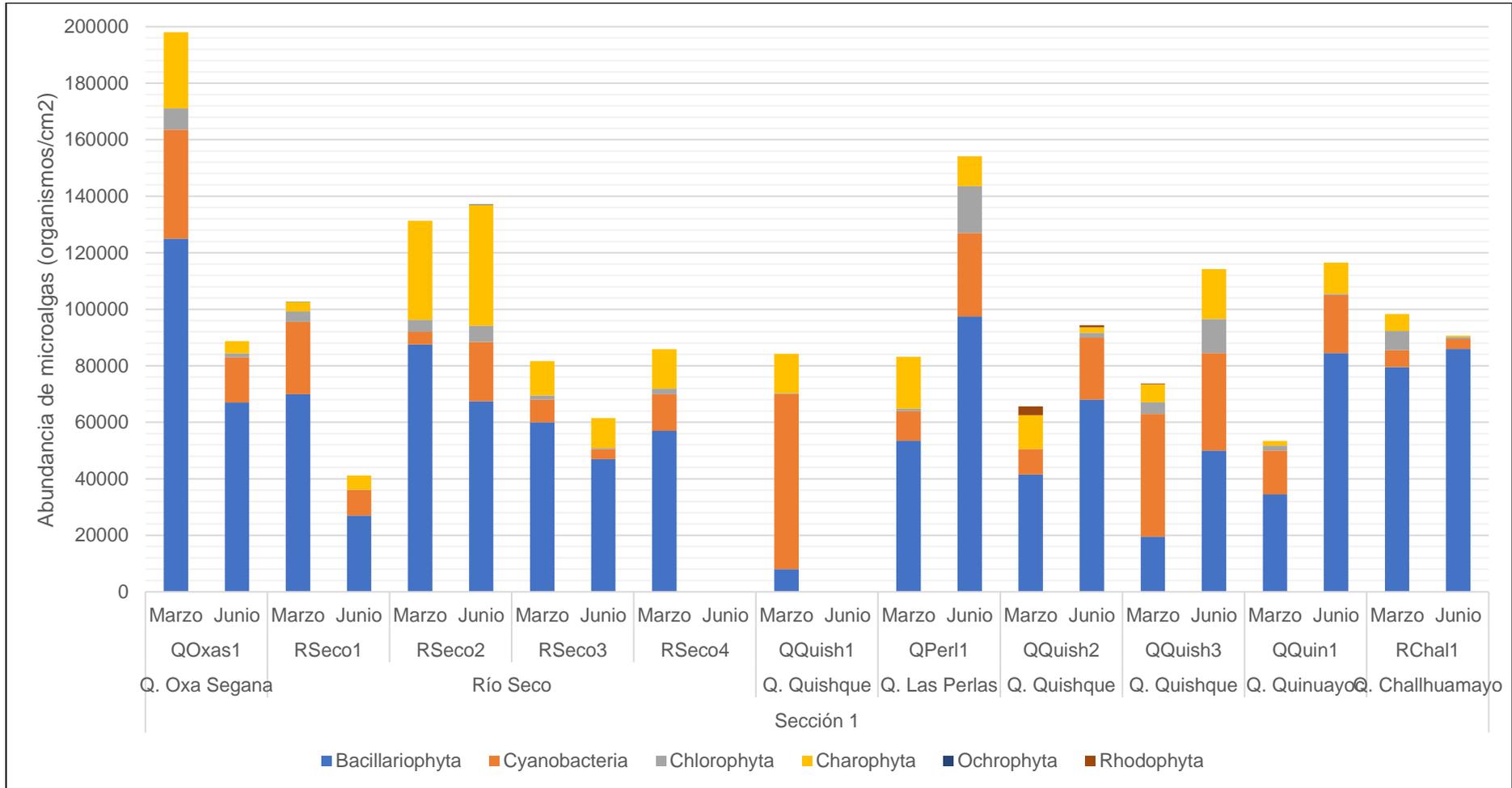


Figura 8.24. Abundancia de microalgas de la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada Sección 1

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

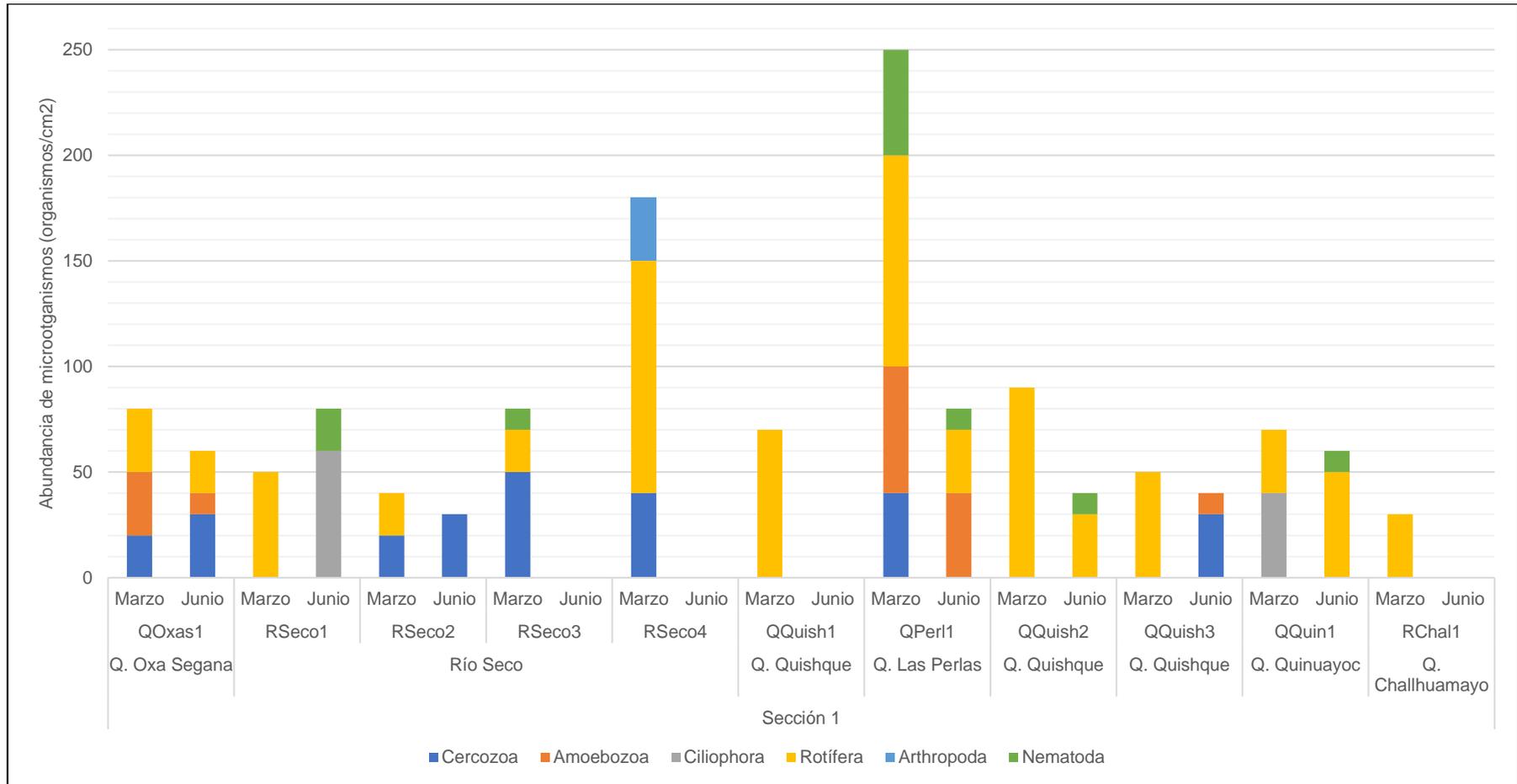


Figura 8.25. Abundancia de microorganismos de la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 1

✓ Índices de diversidad

Los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por punto de muestreo y temporada de evaluación se muestran en la Tabla 8.15 para microalgas y en la Tabla 8.16 para microorganismos.

En general, los resultados de las microalgas evidencian una baja equidad y un alto valor en la dominancia de Simpson, esto debido a que ciertas especies, en su mayoría diatomeas, han presentado poblaciones predominantes; la diversidad de Shannon-Wiener presentó el máximo valor en QOxas1 y el mínimo en QQuish1.

Tabla 8.15. Índices de la diversidad alfa de microalgas de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 1

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Riqueza de especies (S)		Abundancia de individuos (N)		Equidad de Pielou (J')		Diversidad de Shannon-Wiener (H')		Dominancia de Simpson (λ)	
		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Q. Oxa Segana	QOxas1	73	47	198050	88700	0,83	0,86	5,12	4,79	0,05	0,05
Río Seco	RSeco1	45	26	102650	41200	0,89	0,92	4,89	4,35	0,05	0,06
	RSeco2	51	66	131300	137085	0,84	0,84	4,75	5,10	0,06	0,05
	RSeco3	32	28	81650	61450	0,74	0,85	3,71	4,08	0,13	0,09
	RSeco4	49	0	85900	0	0,86	-	4,80	0,00	0,05	-
Q. Quishque	QQuish1	16	0	84250	0	0,77	-	3,08	0,00	0,20	-
Q. Las Perlas	QPerl1	51	50	83255	154140	0,82	0,78	4,66	4,40	0,08	0,09
Q. Quishque	QQuish2	30	37	65600	94350	0,83	0,78	4,08	4,07	0,11	0,11
	QQuish3	29	45	73735	114250	0,81	0,89	3,91	4,89	0,11	0,05
Q. Quinuayoc	QQuin1	28	37	53400	116500	0,84	0,89	4,02	4,66	0,09	0,05
Q. Challhuamayo	RChal1	42	33	98300	90700	0,91	0,87	4,92	4,36	0,04	0,07

Los microorganismos presentaron una mayor equidad y baja dominancia, teniendo en cuenta que la mayor riqueza fue de 9 especies en QPerl1 (marzo) en donde se registraron cuatro phyla; mientras que en algunas muestras registraron una o ninguna especie (Tabla 8.16).

Tabla 8.16. Índices de la diversidad alfa de microorganismos de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 1

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Riqueza de especies (S)		Abundancia de individuos (N)		Equidad de Pielou (J')		Diversidad de Shannon-Wiener (H')		Dominancia de Simpson (λ)	
		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Q. Oxa Segana	QOxas1	6	4	80	60	0,97	0,96	2,50	1,92	0,19	0,28
Río Seco	RSeco1	1	2	50	80	-	0,81	0,00	0,81	1,00	0,63

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Riqueza de especies (S)		Abundancia de individuos (N)		Equidad de Pielou (J')		Diversidad de Shannon-Wiener (H')		Dominancia de Simpson (λ)	
		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
	RSeco2	2	1	40	30	1,00	-	1,00	0,00	0,50	1,00
	RSeco3	3	0	80	0	0,82	-	1,30	0,00	0,47	-
	RSeco4	8	0	180	0	0,96	-	2,89	0,00	0,14	-
Q. Quishque	QQuish1	3	0	70	0	0,91	-	1,45	0,00	0,39	-
Q. Las Perlas	QPer1	9	6	250	80	0,88	0,97	2,80	2,50	0,17	0,19
Q. Quishque	QQuish2	2	2	90	40	0,76	0,81	0,76	0,81	0,65	0,63
	QQuish3	2	3	50	40	0,97	0,95	0,97	1,50	0,52	0,38
Q. Quinuayoc	QQuin1	2	3	70	60	0,99	0,92	0,99	1,46	0,51	0,39
Q. Challhuamayo	RChal1	2	0	30	0	0,92	-	0,92	0,00	0,56	-

c. Necton (Peces)

De los ríos y quebradas de esta sección, se determinó la presencia de 2 especies del género *Astroblepus* en la quebrada Quishque durante la temporada de estiaje; mientras que en la quebrada Quinuayoc se registraron hasta 4 especies del mismo género, 2 especies por cada temporada de evaluación; cuyas abundancias se detallan en la Tabla 8.17.

Tabla 8.17. Riqueza de la comunidad del necton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en ríos y quebradas de la Microcuenca La Encañada-Sección 1

Orden	Familia	Especie	Q. Quishque		Q. Quinuayoc	
			QQuish3		QQuin1	
			Mar	Jun	Mar	Jun
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus cf. simonsii</i>	0	7	0	6
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus longiceps</i>	0	0	1	0
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus rosei</i>	0	12	0	8
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus sp.</i>	0	0	11	0

II. Bofedales

a. Macroinvertebrados bentónicos

✓ Riqueza

En los bofedales de esta sección la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 13 especies agrupadas en 3 phyla, 4 clases y 6 órdenes. El orden Díptera registró la mayor riqueza con 6 especies seguido del orden Coleoptera con 3 especies. En el Anexo 7 se presenta el registro completo de macroinvertebrados bentónicos.

En la Figura 8.26 se muestran los resultados de riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo y temporadas de evaluación. Se observó que el punto HBof-8 registró la mayor riqueza de especies durante ambas

temporadas de evaluación resaltando el orden Díptera. Asimismo, se observó que el punto HBof-9 disminuyó su riqueza durante la temporada de estiaje registrándose especies sólo del orden Hirudinida y Amphipoda.

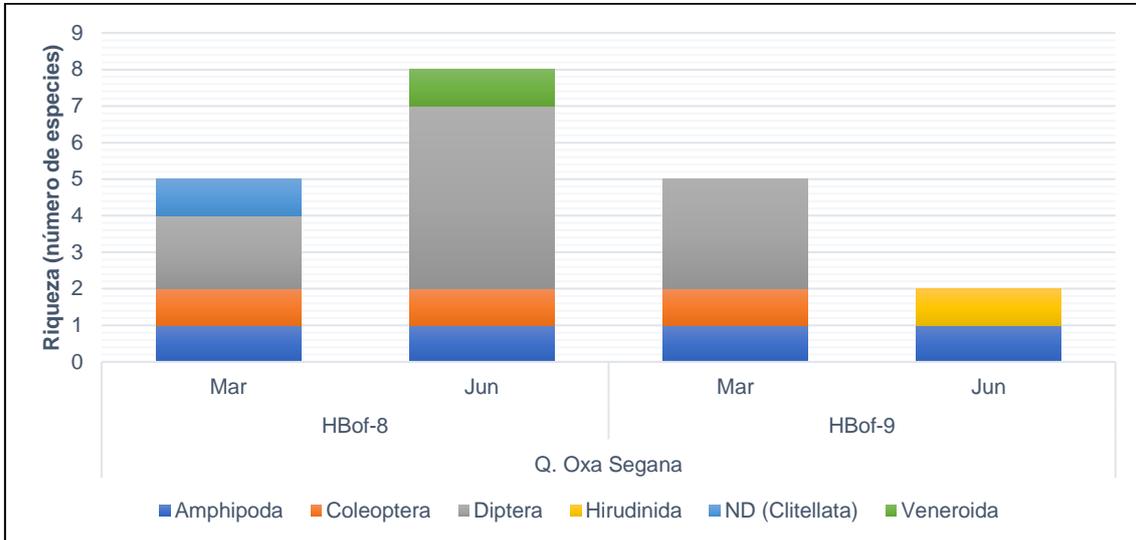


Figura 8.26. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada- Sección 1

✓ **Abundancia**

En la Figura 8.27, se presentan los resultados de abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo y temporadas de evaluación. Se observó que el punto HBof-8 presentó la mayor abundancia en ambas temporadas, resaltando los individuos del orden Clitellata durante la temporada de avenida y los Díptera durante la temporada de estiaje.

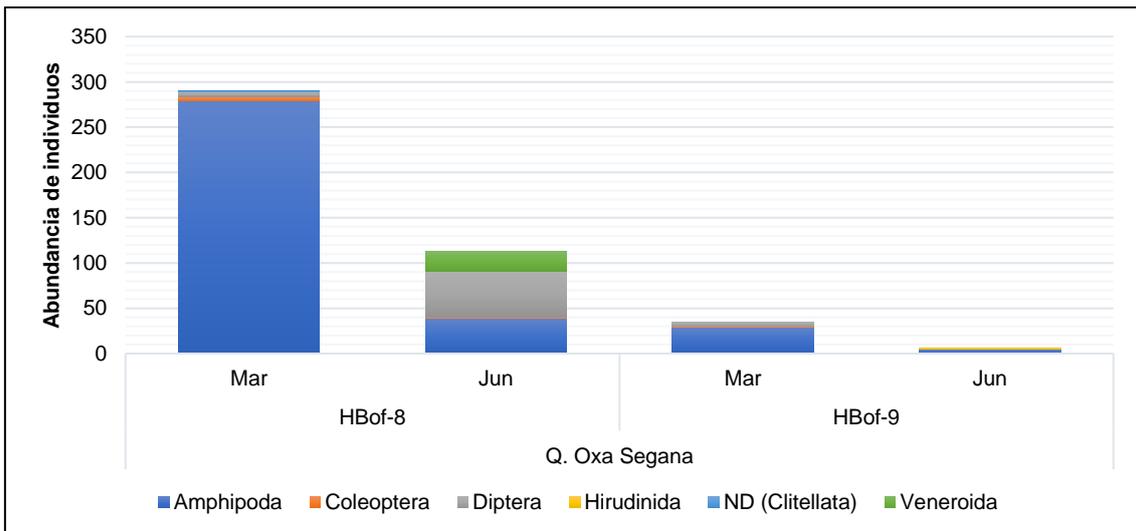


Figura 8.27. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada- Sección 1

✓ Índices de diversidad

En la Tabla 8.18 se muestran los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por punto de muestreo y temporada de evaluación.

Se observó que el punto HBof-8 durante la temporada de estiaje, presentó el mayor valor de diversidad Shannon-Wiener además de una alta equidad y baja dominancia de Simpson evidenciando una distribución homogénea de los individuos; esto a diferencia de los resultados obtenidos en el punto HBof-9 en ambas temporadas de evaluación y en el punto HBof-8 durante la temporada de avenida, donde de acuerdo su diversidad se observó una clara presencia de algunas especies dominantes.

Tabla 8.18. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada-Sección 1

Cuerpo de agua	Q. Oxa Segana				
	Punto de muestreo	HBof-8		HBof-9	
		Temporada de evaluación	Mar	Jun	Mar
Riqueza de especies (S)		5	8	5	2
Abundancia de individuos (N)		290	113	35	6
Equidad de Pielou (J')		0,13	0,71	0,42	0,65
Diversidad de Shannon-Wiener (H')		0,30	2,14	0,97	0,65
Dominancia de Simpson (λ)		0,93	0,27	0,70	0,72

b. Perifiton

✓ Riqueza

El perifiton de los bofedales de la sección 1 estuvo representada en el acumulado de ambas temporadas de evaluación por 114 especies de microalgas agrupadas en 6 phyla, 8 clases, 9 órdenes y 45 familias y 27 especies de microorganismos agrupadas en 4 phyla, 4 clases, 4 órdenes y 9 familias.

En las microalgas el phylum Bacillariophyta fue el de mayor riqueza, seguido de Cyanobacteria (Figura 8.28); mientras que en los microorganismos del perifiton tuvieron como grupo de mayor riqueza al phylum Amoebozoa. En el Anexo 7 se presenta el registro completo de perifiton (Figura 8.29).

Las microalgas presentaron mayor diversidad a nivel de phyla durante la temporada de avenida (6 phyla); mientras que, en la temporada de estiaje, si bien la riqueza aumentó en HBof-8 el número de phyla fue de 4.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

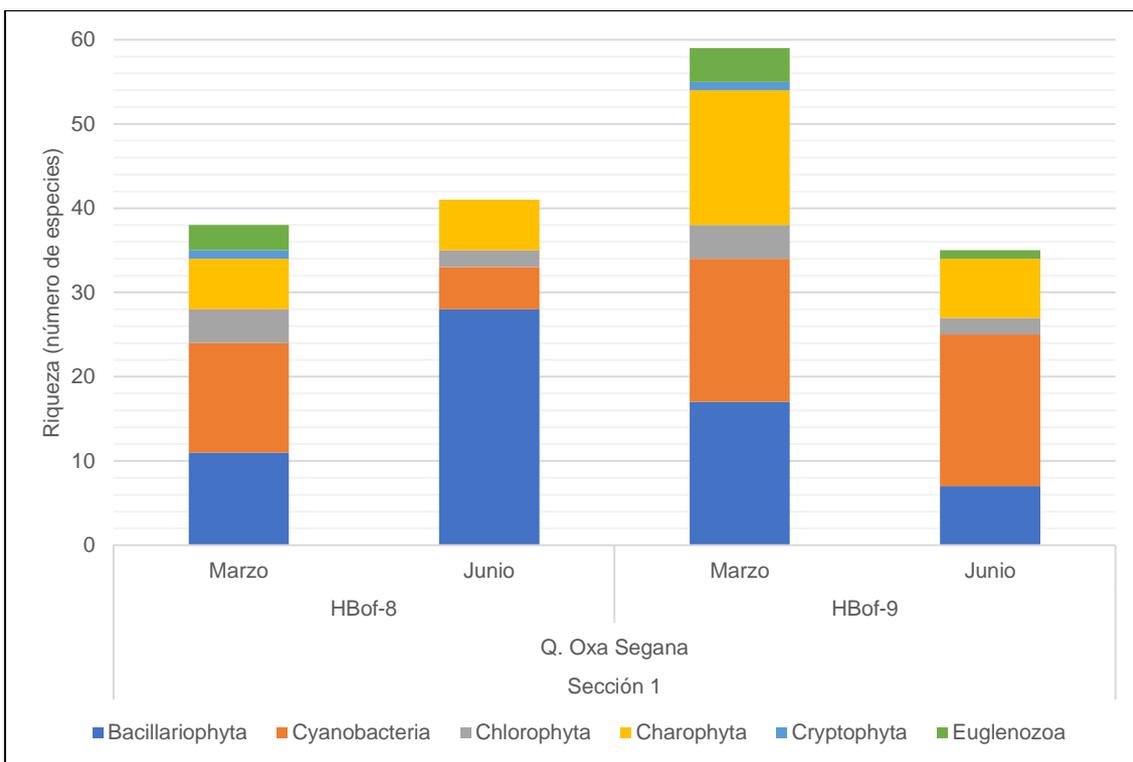


Figura 8.28. Riqueza de microalgas de la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada- Sección 1

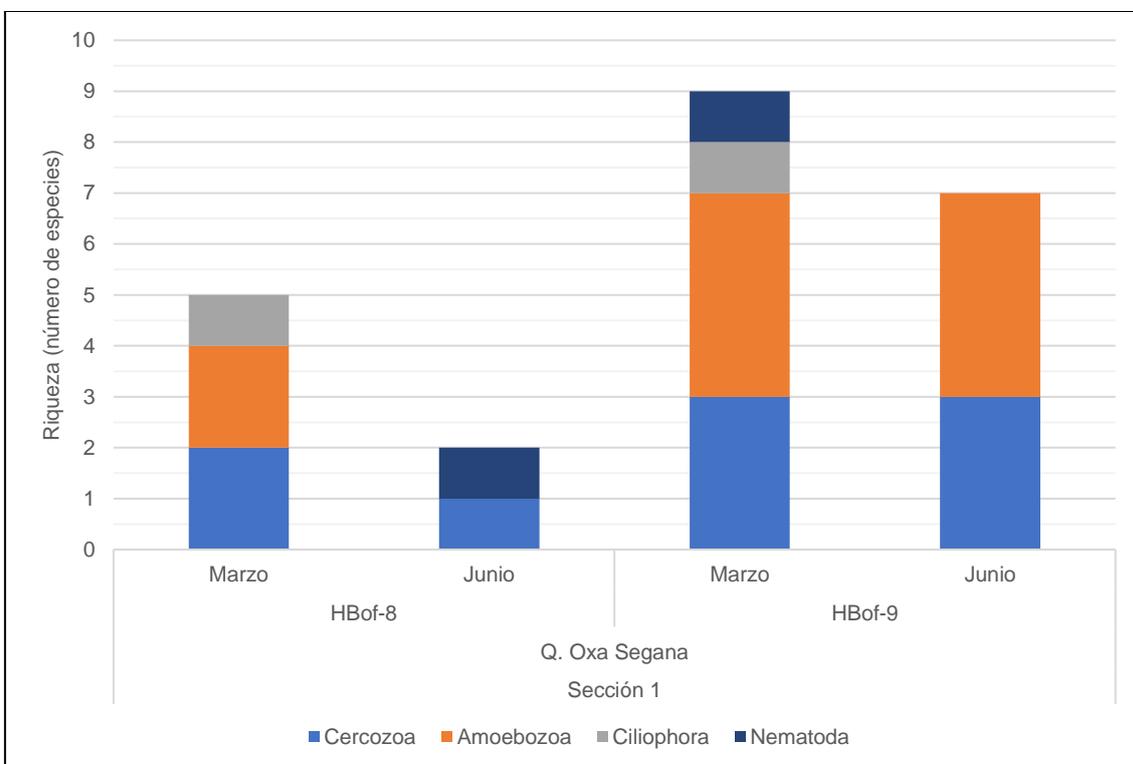


Figura 8.29. Riqueza de microorganismos de la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada- Sección 1

✓ **Abundancia**

La mayor abundancia de las microalgas se observó en el punto HBof-9; además, el phylum Cyanobacteria fue el de mayor abundancia para la temporada de avenida (Figura 8.30). En el punto HBof-8, las diatomeas (Bacillariophyta) presentaron la mayor abundancia durante la época de estiaje.

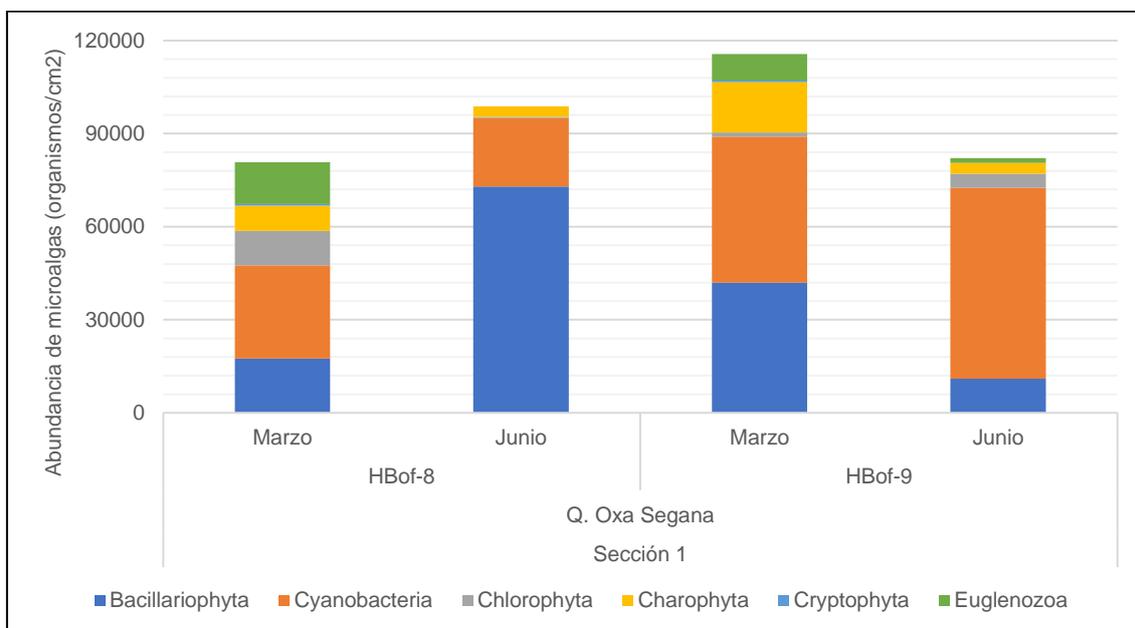


Figura 8.30. Abundancia de microalgas de la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada- Sección 1

En la Figura 8.31 se puede observar que la abundancia de los microorganismos para cada punto de muestreo fue mayor en la temporada de avenida en comparación con la de estiaje, el phylum Cercozoa se mantuvo en ambas temporadas y en todos los puntos de muestreo.

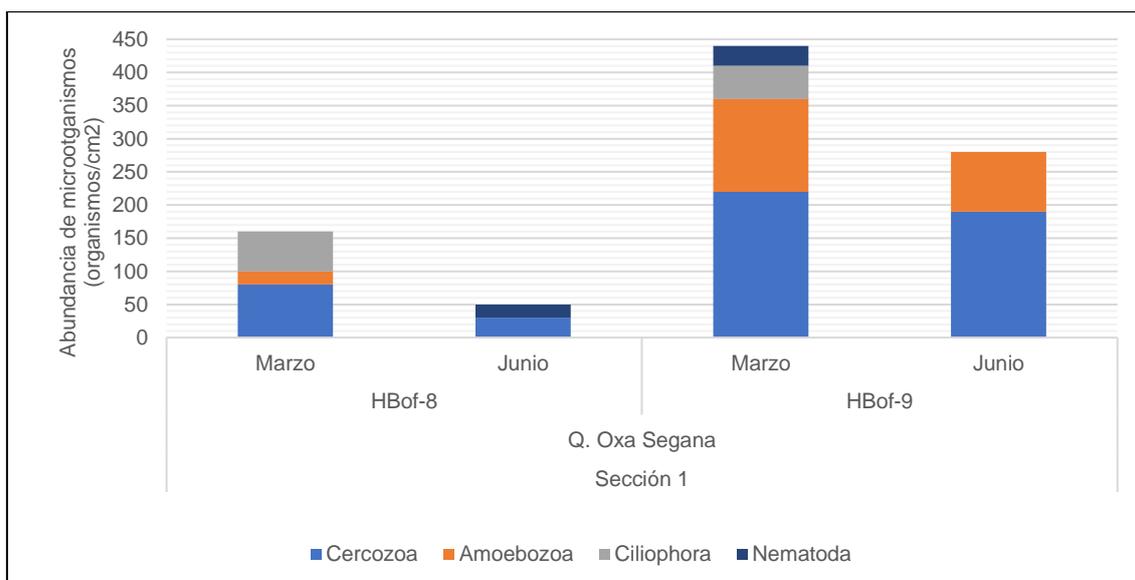


Figura 8.31. Abundancia de microorganismos de la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada- Sección 1

✓ Índices de diversidad

Los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por punto de muestreo y temporada de evaluación se muestran en la Tabla 8.19 para microalgas y en la Tabla 8.20 para microorganismos

En las microalgas la equidad se ve alterada por la dominancia de determinadas poblaciones en la comunidad; la diversidad de Shannon-Wiener es proporcional a la riqueza observada, presentando su máximo y mínimo valor en HBof-9.

Tabla 8.19. Índices de la diversidad alfa de microalgas de la comunidad del perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada-Sección 1

Cuerpo de agua	Q. Oxa Segana			
Punto de muestreo	HBof-8		HBof-9	
Temporada de evaluación	Avenida	Estiaje	Avenida	Estiaje
Riqueza de especies (S)	38	41	59	35
Abundancia de individuos (N)	80800	98800	115650	82100
Equidad de Pielou (J')	0,89	0,89	0,91	0,88
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	4,65	4,77	5,35	4,53
Dominancia de Simpson (λ)	0,05	0,05	0,03	0,06

En la Tabla 8.19 se puede observar que la dominancia de Simpson es menor en relación a las microalgas, del mismo modo, la equidad entre las poblaciones de las especies registradas es mayor.

Tabla 8.20. Índices de la diversidad alfa de microorganismos de la comunidad del perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada-Sección 1

Cuerpo de agua	Q. Oxa Segana			
Punto de muestreo	HBof-8		HBof-9	
Temporada de evaluación	Avenida	Estiaje	Avenida	Estiaje
Riqueza de especies (S)	5	2	9	7
Abundancia de individuos (N)	160	50	440	280
Equidad de Pielou (J')	0,83	0,97	0,93	0,81
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	1,94	0,97	2,94	2,26
Dominancia de Simpson (λ)	0,30	0,52	0,14	0,26

III. Lagunas

a. Macroinvertebrados bentónicos

✓ Riqueza

En las lagunas de la Sección 1, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 23 especies agrupadas en 4 phyla, 5 clases y 9 órdenes. El orden Díptera registró la mayor riqueza con 10 especies seguido del orden Coleóptera con 5 especies. En el Anexo 7 se presenta el registro completo de macroinvertebrados bentónicos.

La Figura 8.32 muestra los resultados de riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo y temporadas de evaluación. Se observó mayores valores de riqueza en las lagunas Caballero (LCaba2), La Arena y Señoracocha durante la temporada de avenida; mientras que la laguna Huachacocha registró el menor valor de riqueza durante la temporada de avenida.

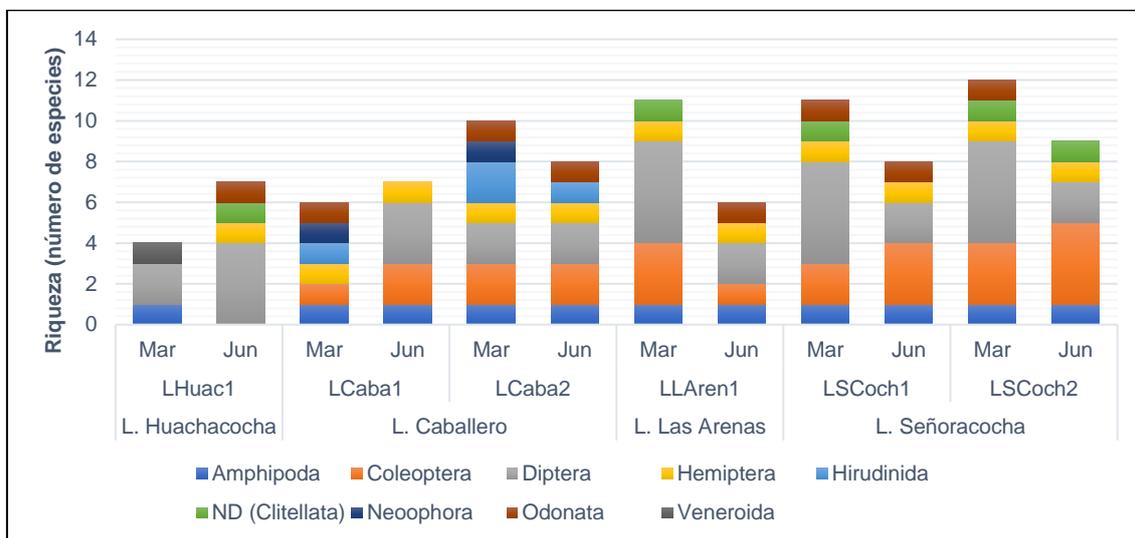


Figura 8.32. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuena La Encañada- Sección 1

✓ **Abundancia**

Respecto a la abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, la Figura 8.23 muestra los mayores registros en la laguna Caballero durante la temporada de avenida resaltando el orden Amphipoda; mientras que los valores más bajos de abundancia se reportaron en la laguna Huachacocha durante ambas temporadas de evaluación.

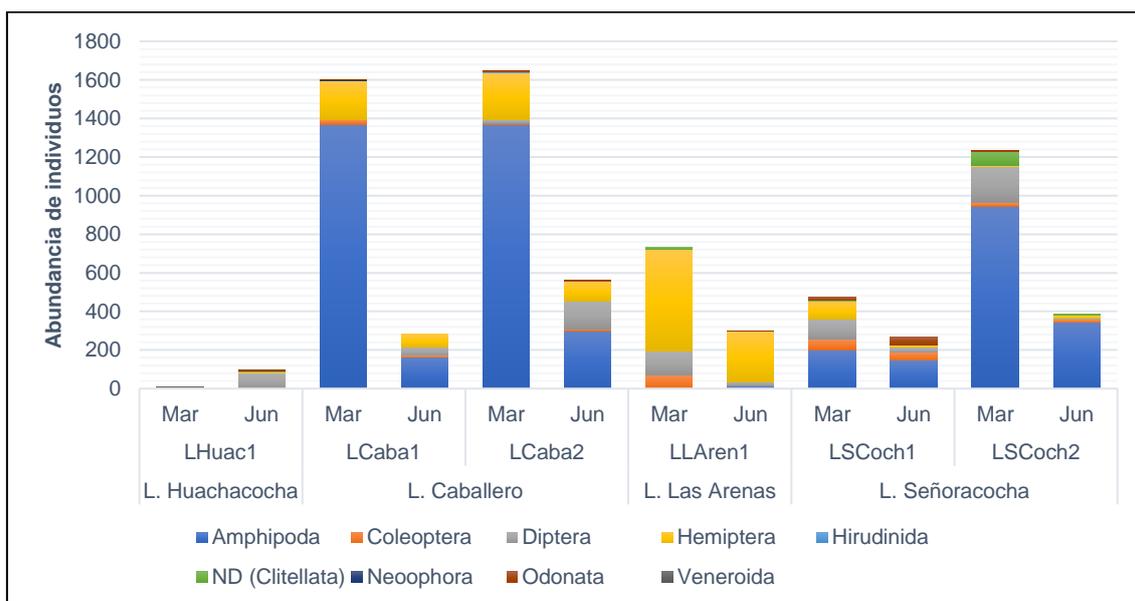


Figura 8.33. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuena La Encañada- Sección 1

✓ Índices de diversidad

La Tabla 8.21 muestra los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por puntos de muestreo y temporadas de evaluación.

Los resultados de diversidad muestran mayores valores de riqueza y abundancia durante la temporada de avenida, excepto en la laguna Huachacocha; en tanto que el mayor registro de diversidad Shannon-Wiener se determinó en el punto LSCoch1 también durante la temporada de avenida. Asimismo, de acuerdo a los resultados de equidad y dominancia de Simpson, durante ambas temporadas de evaluación, se evidenciaría la presencia de algunas especies dominantes.

Tabla 8.21. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada-Sección 1

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Riqueza de especies (S)		Abundancia de individuos (N)		Equidad de Pielou (J')		Diversidad de Shannon-Wiener (H')		Dominancia de Simpson (λ)	
		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Laguna Huachacocha	LHuac1	4	7	10	97	0,92	0,55	1,85	1,54	0,30	0,53
Laguna Caballero	LCaba1	6	7	1601	283	0,27	0,58	0,69	1,62	0,75	0,41
	LCaba2	10	8	1645	561	0,24	0,55	0,79	1,66	0,72	0,38
Laguna La Arena	LLAren1	11	6	735	298	0,42	0,31	1,44	0,81	0,55	0,77
Laguna Señoracocha	LSCoch1	11	8	474	268	0,70	0,66	2,44	1,98	0,26	0,35
	LSCoch2	12	9	1233	387	0,36	0,25	1,28	0,78	0,61	0,79

b. Plancton

✓ Riqueza

En las lagunas de la Sección I, la comunidad del fitoplancton estuvo representada por 142 especies agrupadas en 7 phyla, 11 clases y 26 órdenes. El phylum Charophyta registró la mayor riqueza con 44 especies seguido del phylum Bacillariophyta con 37 especies. En el Anexo 7 se presenta el registro completo del fitoplancton.

La Figura 8.34 muestra los resultados de riqueza de la comunidad del fitoplancton por puntos de muestreo y temporadas de evaluación. Se observó mayores valores de riqueza en la laguna Huachacocha durante ambas temporadas de evaluación. Los menores registros de riqueza se observaron en la zona de descarga de la laguna Caballero (LCaba2) y en la laguna La Arena, durante ambas temporadas de evaluación.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

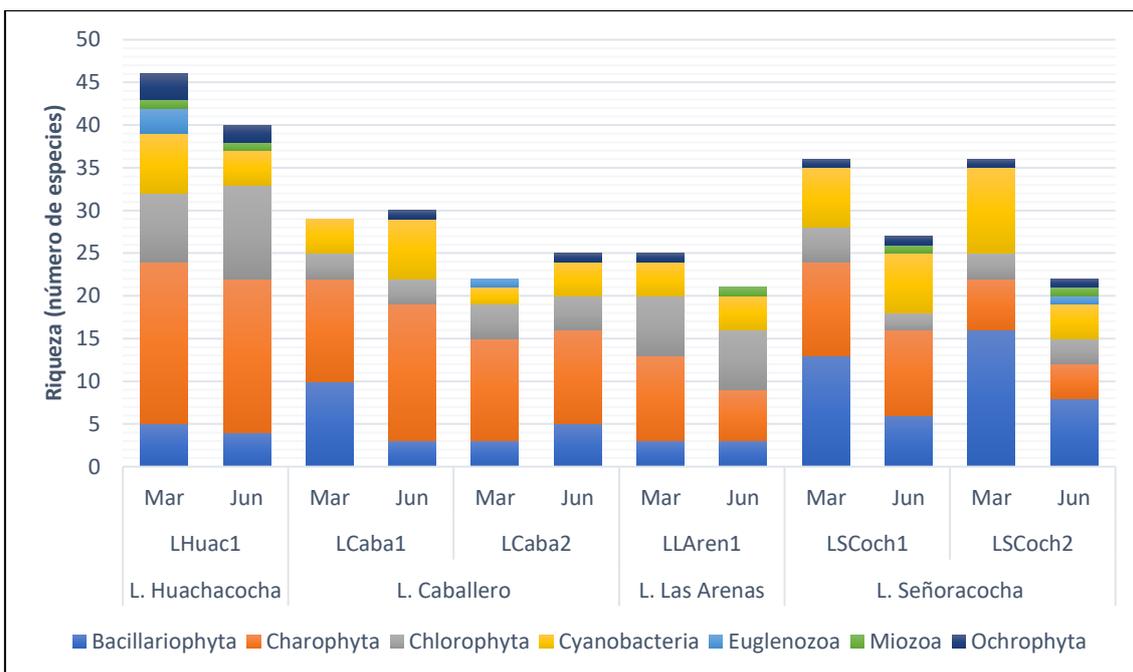


Figura 8.34. Riqueza de la comunidad del fitoplancton por phylum en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada-Sección 1

Respecto a la comunidad del zooplancton, en las lagunas de la sección 1, esta estuvo conformada por 32 especies agrupadas en 5 phyla, 7 clases y 8 órdenes. El phylum Amoebozoa registró la mayor riqueza con 9 especies seguido del phylum Rotífera con 8 especies. En el Anexo 7 se presenta el registro completo del zooplancton. Asimismo, la Figura 8.35 muestra mayores registros de riqueza durante la temporada de avenida, encontrándose el mayor número de especies en la zona de descarga de la laguna Señoracocha (LSCoch2); en tanto que la riqueza más pobre se determinó en la laguna La Arena durante ambas temporadas.

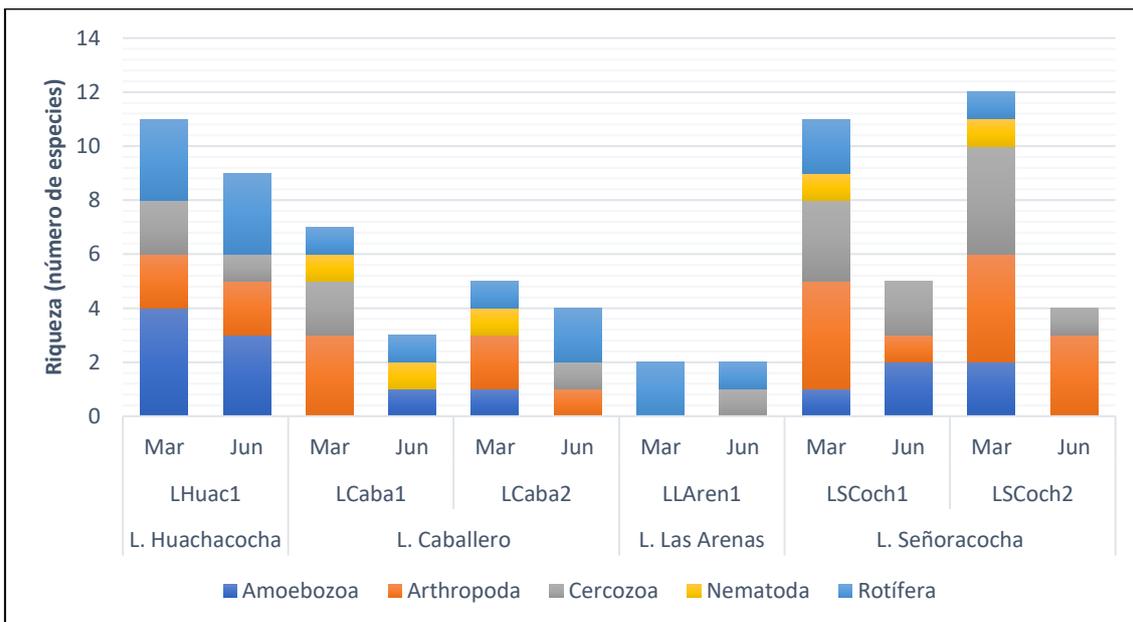


Figura 8.35. Riqueza de la comunidad del zooplancton por phylum en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada-Sección 1

✓ **Abundancia**

En cuanto a la abundancia de la comunidad del fitoplancton, la Figura 8.36 muestra una mayor abundancia de microorganismos en la laguna Huachacocha resaltando el phylum Charophyta sobre todo durante la temporada de avenida; mientras que el menor registro de abundancia del fitoplancton se determinó en la zona de descarga de la laguna Señoracocha durante la temporada de estiaje.

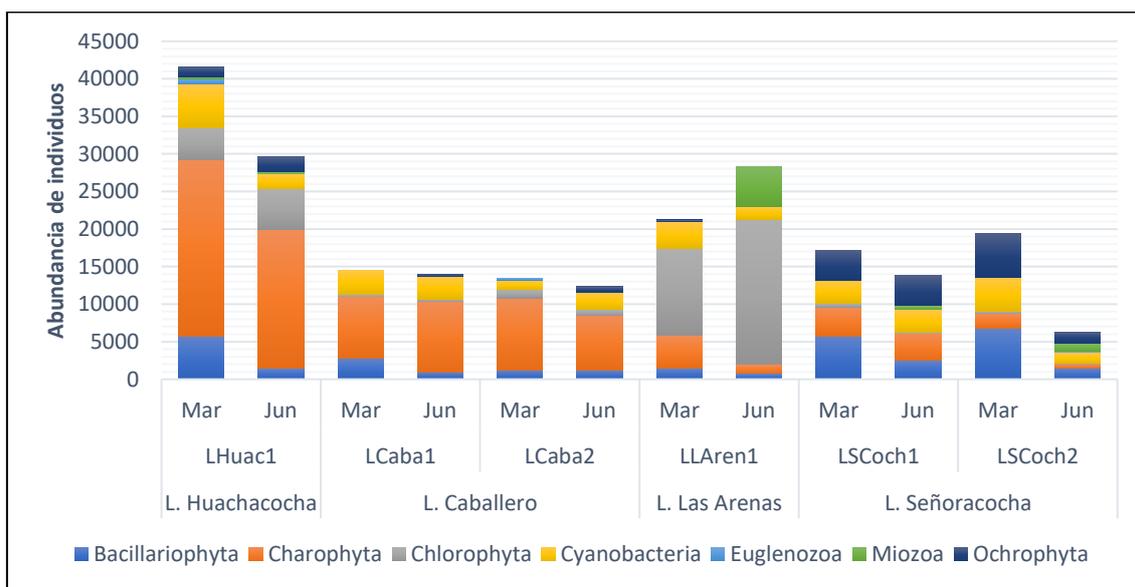


Figura 8.36. Abundancia de la comunidad del fitoplancton por phylum en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada-Sección 1

La comunidad del zooplancton fue más abundante durante la temporada de avenida excepto en el punto LLAren1 en la laguna La Arena, donde también se registró el menor valor de abundancia para esta comunidad (Figura 8.37).

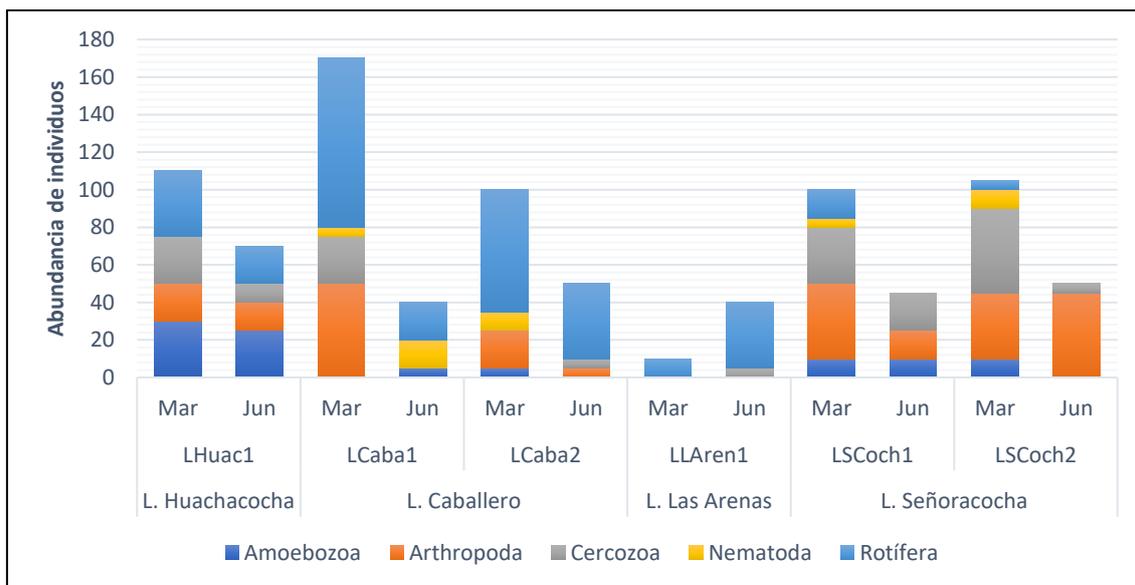


Figura 8.37. Abundancia de la comunidad del zooplancton por phylum en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada-Sección 1

✓ Índices de diversidad

Las Tablas 8.22 y 8.23 muestran los resultados de la diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por puntos de muestreo y temporadas de evaluación, del plancton.

Los resultados de diversidad Shannon-Wiener evidencian una alta diversidad de la comunidad fitoplanctónica en esta sección, registrándose sólo en la laguna Las Arenas un menor valor. Asimismo, los resultados de equidad y dominancia estarían mostrando una distribución homogénea de los individuos de las especies de la comunidad del fitoplancton excepto en la laguna Las Arenas donde se evidenciaría la presencia de algunas especies dominantes.

Tabla 8.22. Índices de diversidad alfa de la comunidad del fitoplancton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada-Sección 1

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Riqueza de especies (S)		Abundancia de individuos (N)		Equidad de Pielou (J')		Diversidad de Shannon-Wiener (H')		Dominancia de Simpson (λ)	
		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Laguna Huachacocha	LHuac1	46	40	41525	29580	0,81	0,85	4,46	4,54	0,08	0,08
Laguna Caballero	LCaba1	29	30	14550	13950	0,85	0,90	4,13	4,41	0,09	0,06
	LCaba2	22	25	13475	12320	0,82	0,85	3,65	3,96	0,12	0,10
Laguna Las Arenas	LLAren1	25	21	21200	28300	0,71	0,51	3,29	2,23	0,23	0,39
Laguna Señoracocha	LSCoch1	36	27	17175	13790	0,87	0,83	4,48	3,93	0,08	0,12
	LSCoch2	36	22	19350	6300	0,83	0,83	4,30	3,68	0,11	0,12

En cuanto a la comunidad del zooplancton se determinó mayores registros de riqueza y abundancia en las lagunas Huachacocha, Caballero y Señoracocha a diferencia de los resultados obtenidos en la laguna Las Arenas donde sólo se registraron dos especies de zooplancton. Se resalta la mayor diversidad Shannon-Wiener en la laguna Huachacocha y Señoracocha sobre todo durante la temporada de avenida. Asimismo, los resultados de dominancia de Simpson estarían evidenciando la presencia de algunas especies dominantes durante ambas temporadas de evaluación.

Tabla 8.23. Índices de diversidad alfa de la comunidad del zooplancton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada-Sección 1

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Riqueza de especies (S)		Abundancia de individuos (N)		Equidad de Pielou (J')		Diversidad de Shannon-Wiener (H')		Dominancia de Simpson (λ)	
		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Laguna Huachacocha	LHuac1	11	9	110	70	0,92	0,96	3,19	3,04	0,13	0,13
Laguna Caballero	LCaba1	7	3	170	40	0,73	0,89	2,04	1,41	0,34	0,41
	LCaba2	5	4	100	50	0,68	0,68	1,58	1,36	0,46	0,52
Laguna Las Arenas	LLAren1	2	2	10	40	1,00	0,54	1,00	0,54	0,50	0,78
Laguna Señoracocha	LSCoch1	11	5	100	45	0,93	0,91	3,20	2,11	0,13	0,26
	LSCoch2	12	4	105	50	0,96	0,68	3,43	1,36	0,10	0,52



8.1.2 Sección 2

Esta sección comprende un total de 6 puntos de muestreo de agua superficial ubicados en el río Michiquillay, 10 manantiales que aportan sus aguas al cuerpo de agua referido. Además, se incluyen 4 puntos en bofedales en la naciente del río Michiquillay. En cuanto al sedimento se tuvieron 3 puntos en el río Michiquillay, de los cuales 1 se encuentra en la parte alta (RMich2) y 2 fueron en parte baja del río (RMich5 y RMich6).

Adicionalmente, se incluyen 2 piezómetros alledaños al depósito de relaves y 5 puntos de agua residual industrial, de los cuales 4 puntos se ubicaron entorno al depósito referido y uno en la bocamina «El Túnel». Las comunidades hidrobiológicas de perifiton y macroinvertebrados bentónicos fueron evaluados en los mismos puntos de agua superficial de río y en bofedales, además, en el punto ARI-05 se evaluó perifiton (Figura 8.38).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

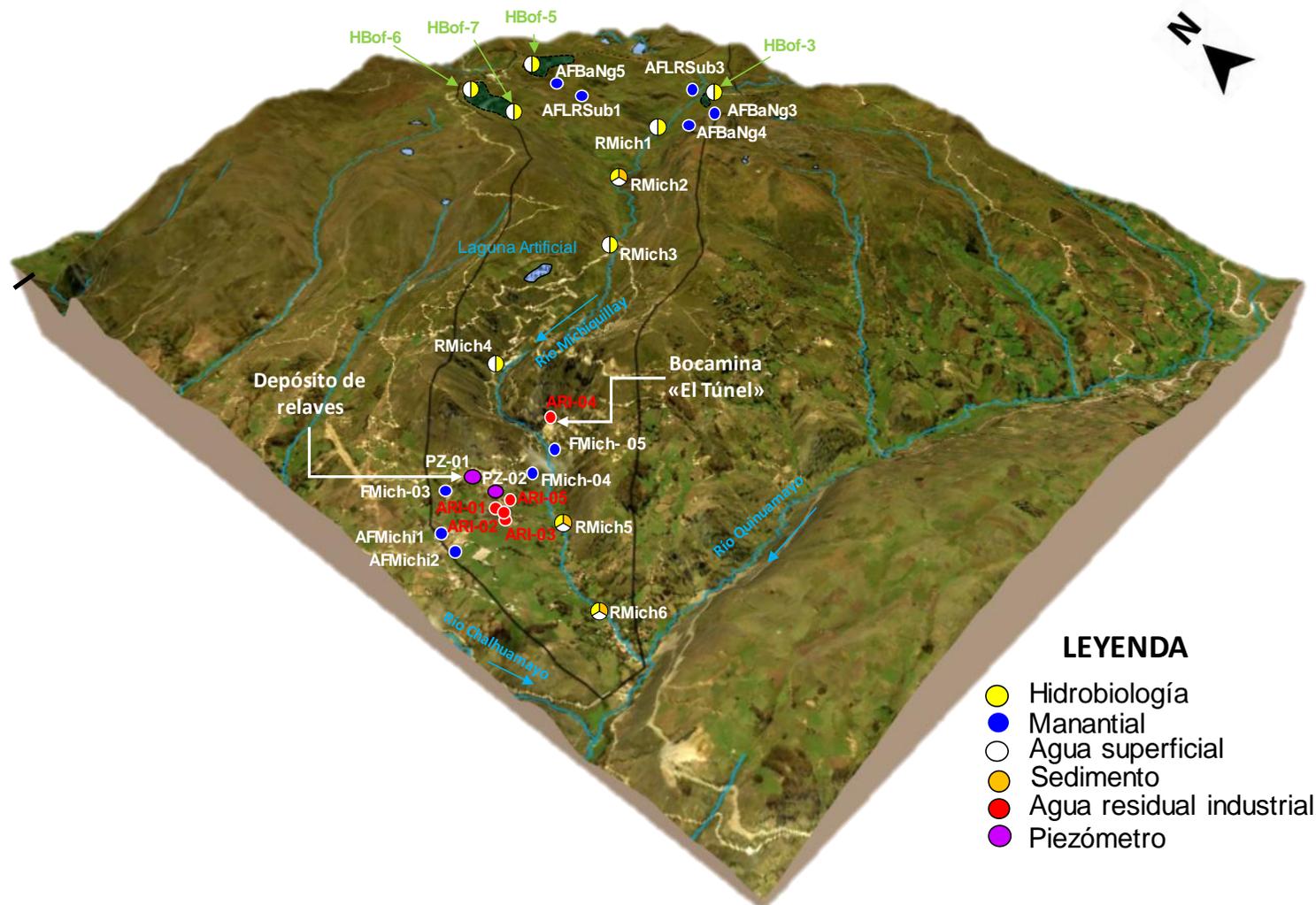


Figura 8.38. Distribución de puntos de muestreo en la sección 2 de la microcuenca La Encañada



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección
Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Agua superficial

I. Ríos y quebradas

Se evaluaron un total de 6 puntos de muestreo (RMich1 al RMich6), ubicados en el río Michiquillay desde su nacimiento hasta antes de su confluencia con el río Quinamayo.

De la comparación de resultados fisicoquímicos obtenidos en esta sección con los ECA para agua, categoría 3, las variables que se reportaron fuera del rango establecido o superaron la norma referida fueron el potencial de hidrógeno (pH) y cobre (Tabla 8.24).

Tabla 8.24. Parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 en la microcuenca La Encañada - Sección 2

N.º	Cuerpo de agua	Punto de muestreo	ECA para agua			
			Categoría 3 (D1)		Categoría 3 (D2)	
			Avenida	Estiaje	Avenida	Estiaje
			Mar-19	Jun-19	Mar-19	Jun-19
1	Río Michiquillay	RMich1	-	-	-	-
2		RMich2	-	-	-	-
3		RMich3	-	-	-	-
4		RMich4	-	pH	-	pH
5		RMich5	Cu	pH, Cu	-	pH, Cu
6		RMich6	Cu	pH, Cu	-	pH, Cu

(-): No supera la norma referida.

pH: Potencial de hidrógeno; Cu: Cobre

ECA agua 2017: Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.

El potencial de hidrógeno (pH) en el agua se encontró fuera del rango establecido en los ECA agua, categoría 3 en los puntos (RMich4, RMich5 y RMich6) del río Michiquillay en la temporada de estiaje (Figura 8.39).

Las concentraciones de cobre en la parte baja del río Michiquillay (RMich5 y RMich6) durante la temporada de avenida excedieron los ECA para agua Categoría 3 subcategoría D1, luego en la temporada de estiaje las concentraciones se acentuaron superando los ECA para agua Categoría 3 subcategoría D2 (Figura 8.40).

Con relación a los metales y metaloides que podrían generar algún tipo de toxicidad o efectos adversos al ambiente como As, Cd, Co, Cr, Fe, Hg, Mo, Ni, Pb y Zn, estos no superaron los ECA para agua categoría 3, reportándose bajas concentraciones e incluso por debajo del límite de detección del método del laboratorio, tal como se muestra en la Tabla 8.25.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

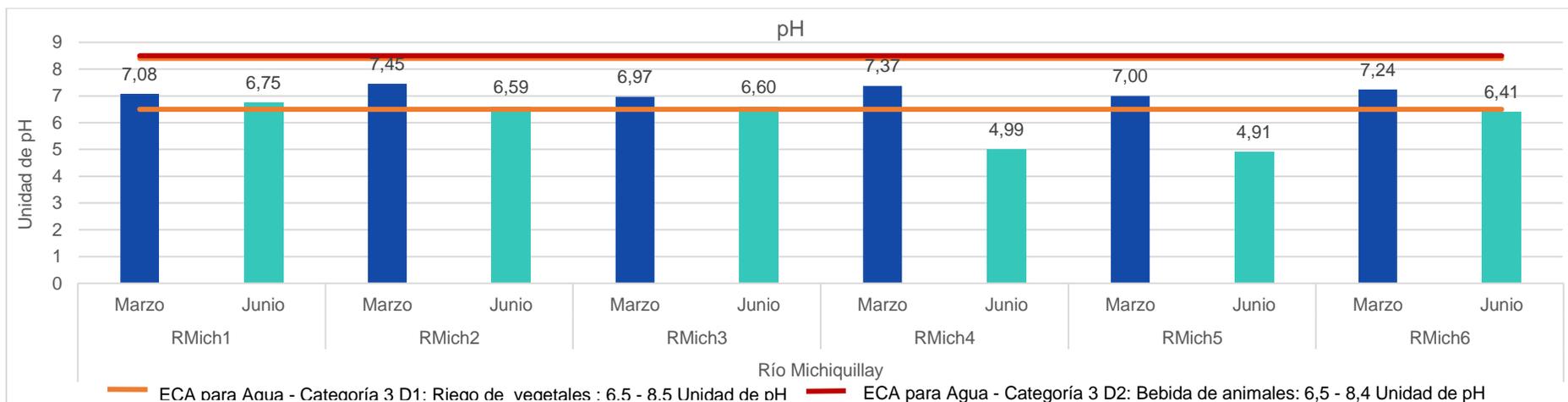


Figura 8.39 Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada - Sección 2

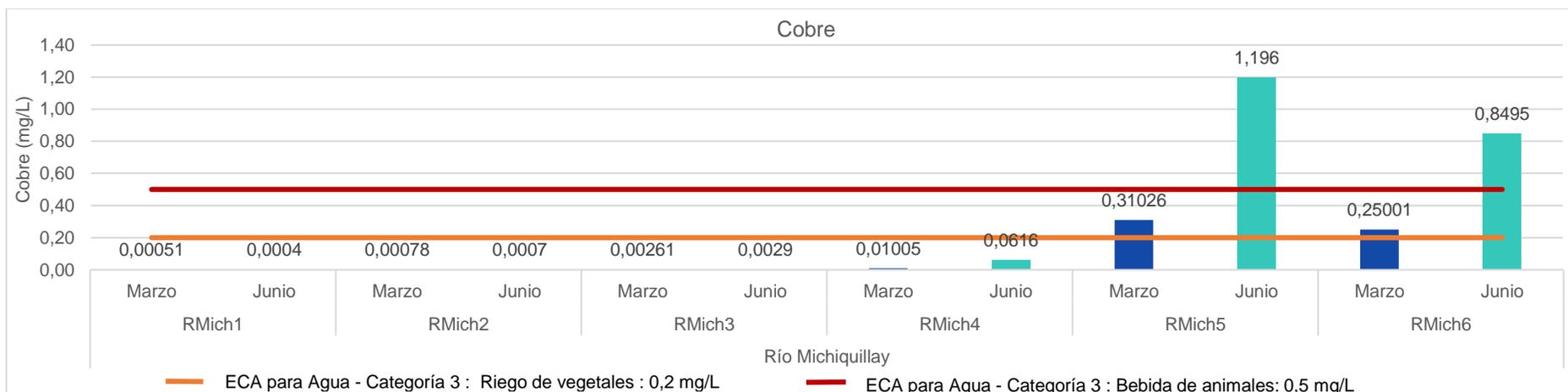


Figura 8.40 Concentraciones de cobre en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada - Sección 2

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Tabla 8.25. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada - Sección 2

Metales y Metaloides	Unidad	Temporada evaluada				Cuerpo de agua asociado			
		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Arsénico (As)	mg/L	< 0,00003	0,00099	0,00106	0,00322	RMich1	RMich5	RMich3	RMich5
Cadmio (Cd)		< 0,00001	< 0,0001	< 0,00001	0,00044	<		RMich1, RMich2 y RMich3	RMich5
Cobalto (Co)		< 0,00001	0,00194	0,00015	0,00687	RMich1, RMich2 y RMich3	RMich5	RMich1	RMich5
Cromo (Cr)		< 0,0001	< 0,0001	< 0,001	0,001	<		-	RMich6
Cobre (Cu)		0,00051	0,31026	0,0004	1,196	RMich1	RMich5	RMich1	RMich5
Hierro (Fe)		0,1979	0,7326	0,16	1,6	RMich1	RMich5	RMich1	RMich5
Mercurio (Hg)		< 0,00003	< 0,00003	< 0,00007	< 0,00007	<		<	
Manganeso (Mn)		0,02852	0,07772	0,08826	0,17301	RMich4	RMich3	RMich6	RMich4
Molibdeno (Mo)		< 0,00002	< 0,00002	< 0,00003	0,00045	<		*	RMich6
Níquel (Ni)		< 0,0002	0,0007	< 0,0009	0,0027	-	RMich5	RMich1, RMich2 y RMich3	RMich6
Plomo (Pb)		< 0,0002	0,0008	< 0,00006	0,00036	-	RMich1	RMich2	RMich6
Zinc (Zn)		< 0,0100	0,0377	0,009	0,094	RMich2 y RMich3	RMich5	RMich3	RMich4

(-): El resto de puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

(<): Todos los puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

Fuente: Reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7)

En la Tabla 8.25 se observa que las mayores concentraciones de metales en fueron reportadas en la parte baja del río Michiquillay principalmente en el punto RMich5 en las temporadas de avenida y estiaje.

• **Hidroquímica**

✓ **Diagrama de Piper**

El agua del río Michiquillay presentó facies hidroquímicas de tipo bicarbonatada cálcica en los puntos RMich1 al RMich3, ubicados en la parte alta del curso de agua, y de tipo sulfatada cálcica en los puntos RMich5 y RMich6 ubicados en la parte baja del río Michiquillay, en ambas temporadas evaluadas. El punto RMich4, ubicado en la parte media del curso del río Michiquillay, presentó facies de tipo bicarbonata cálcica en temporada de avenida y sulfatada cálcica en temporada de estiaje (Figura 8.41). Los datos para realizar estas gráficas se encuentran detallados en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

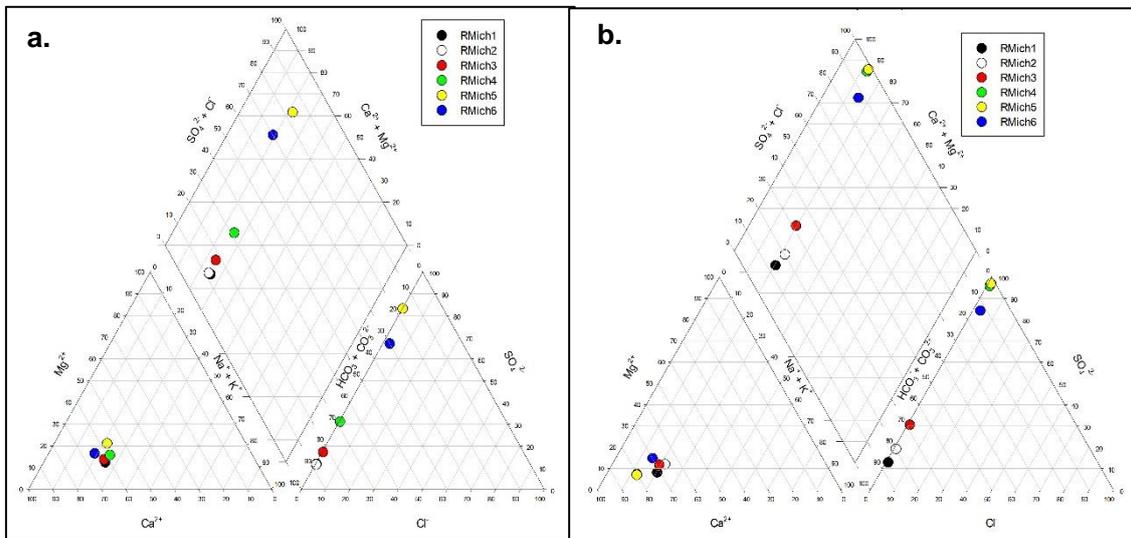
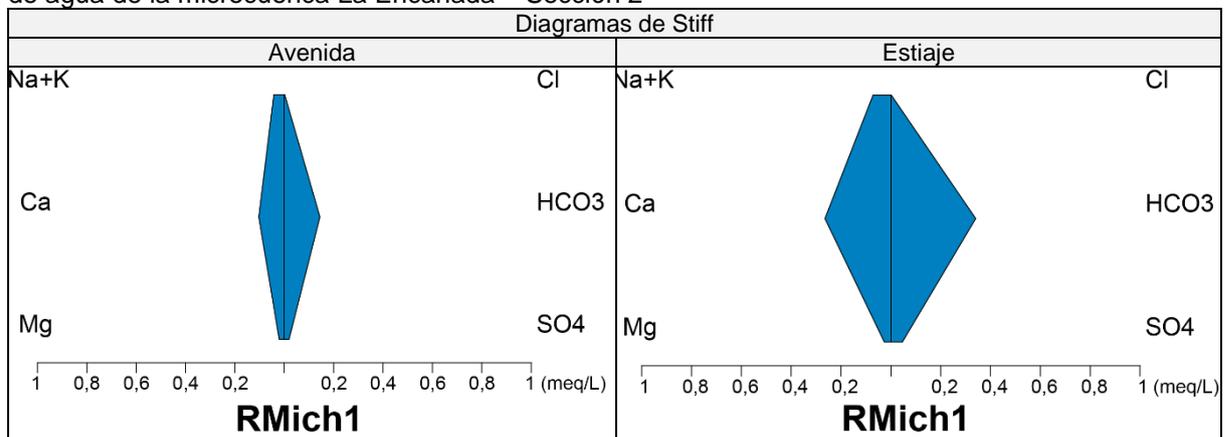


Figura 8.41. Diagrama de Piper por temporada **a.** avenida (marzo) y **b.** estiaje (junio) en cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada – Sección 2

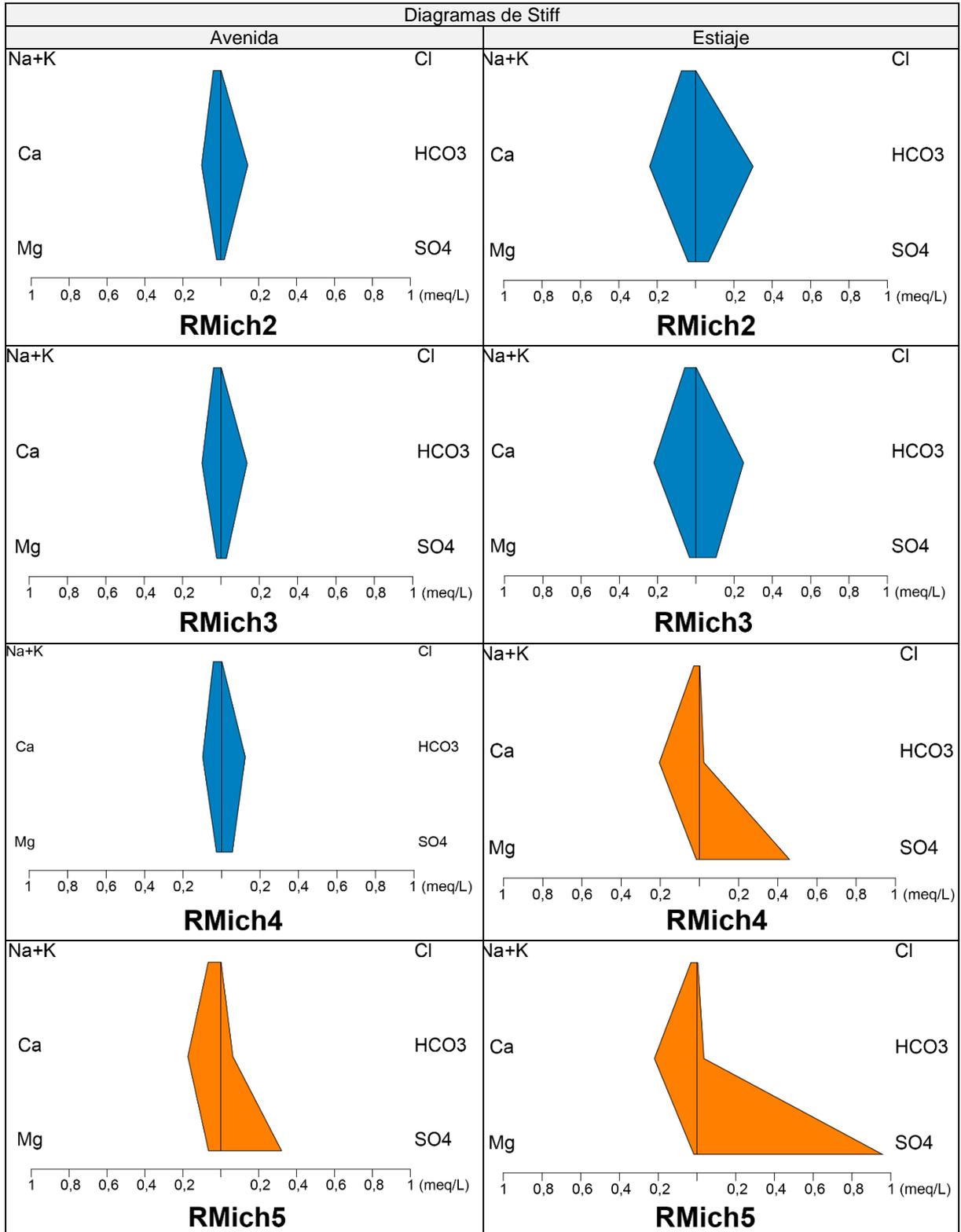
✓ **Diagrama de Stiff**

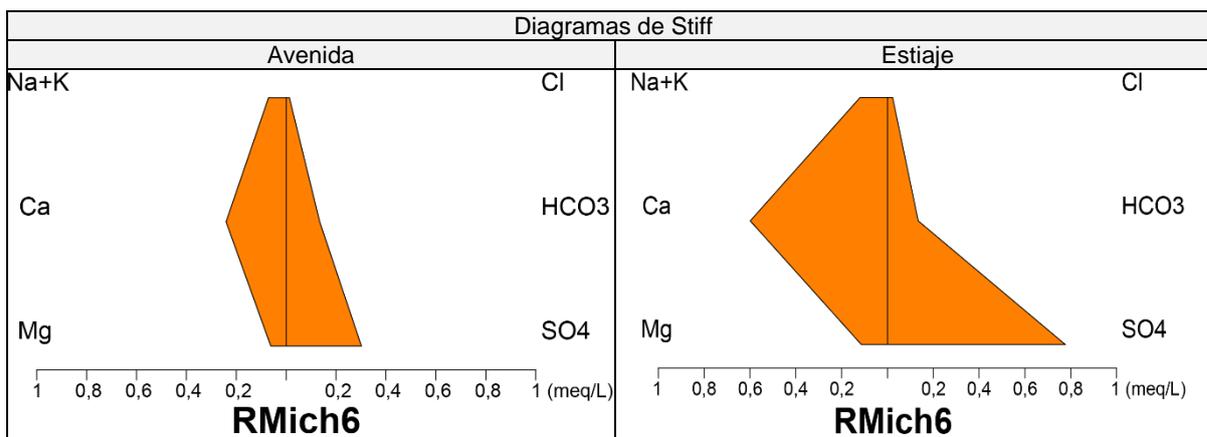
Los diagramas de Stiff muestran que las concentraciones de iones mayoritarios (Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+) en las muestras de agua superficial evaluados fueron de 0 a 0,96 meq/L (Figura 8-42).

Figura 8.42. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada – Sección 2



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad





II. Bofedales

Se estableció un total de 4 puntos de muestreo (HBof-3, HBof-5, HBof-6 y HBof-7) en bofedales ubicados en la naciente del río Michiquillay.

De la comparación de los parámetros de campo, fisicoquímicos e inorgánicos con los ECA para agua, categoría 3, solo el potencial de hidrógeno (pH) se encontró fuera del rango establecido en dicha norma, en los bofedales HBof-3 y HBof-6 en ambas temporadas, y en HBof-5 y HBof-7 en estiaje (Figura 8.43).

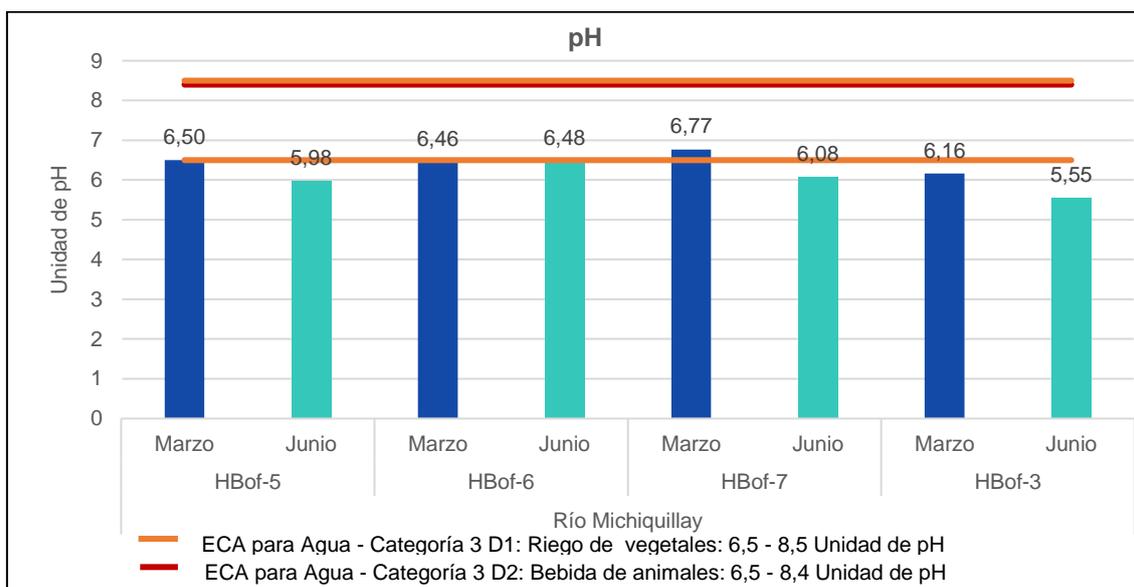


Figura 8.43 Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada – Sección 2

Con relación a los metales y metaloides que podrían generar algún tipo de toxicidad o efectos adversos al ambiente como As, Cd, Co, Cr, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb y Zn, estos no superaron los ECA para agua categoría 3, reportándose bajas concentraciones e incluso por debajo del límite de detección del método del laboratorio, tal como se muestra en la Tabla 8.26.

Tabla 8.26. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en bofedales de la microcuenca La Encañada - Sección 2

Metales y Metaloides	Unidad	Temporada evaluada				Cuerpo de agua asociado			
		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Arsénico (As)	mg/L	< 0,00003	0,00057	0,00066	0,00069	HBof-3 y HBof-6	HBof-7	HBof-3 y HBof-5	HBof-6
Cadmio (Cd)		< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	<	<	<	<
Cobalto (Co)		< 0,00001	0,00058	< 0,00003	0,00238	HBof-3 y HBof-7	HBof-5	HBof-3 y HBof-6	HBof-3
Cromo (Cr)		< 0,0001	0,0003	< 0,001	< 0,001	-	HBof-7	<	<
Cobre (Cu)		< 0,00003	0,00571	< 0,0003	< 0,0003	HBof-3	HBof-7	<	<
Hierro (Fe)		0,0876	0,6894	0,03	0,17	HBof-7	HBof-5	HBof-6	HBof-3 y HBof-5
Mercurio (Hg)		< 0,00003	< 0,00003	< 0,00007	0,00011	<	<	-	HBof-5
Manganeso (Mn)		0,00308	0,16073	0,0228	0,09743	HBof-3	HBof-6	HBof-5	HBof-3
Molibdeno (Mo)		< 0,00002	< 0,00002	< 0,00003	< 0,00003	<	<	<	<
Níquel (Ni)		< 0,0002	0,0007	< 0,0009	0,0011	HBof-6 y HBof-7	HBof-5	-	HBof-3
Plomo (Pb)		0,0003	0,0017	< 0,00006	0,00022	HBof-3 y HBof-7	HBof-5	HBof-6	HBof-3
Zinc (Zn)		< 0,0100	0,0362	0,008	0,013	HBof-3 y HBof-7	HBof-5	HBof-3	HBof-5

(-): El resto de puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

(<): Todos los puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

Fuente: Reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7)

En la Tabla 8.26 se observa que las mayores concentraciones de metales en fueron reportadas principalmente en el bofedal HBof-5 en la temporada de avenida, y en el bofedal HBof-3 en la temporada de estiaje.

- **Hidroquímica**

- ✓ **Diagrama de Piper**

Los bofedales ubicados en la naciente del río Michiquillay presentaron facies bicarbonatada cálcica, en ambas temporadas (Figura 8.44). Los datos para realizar estas gráficas se encuentran detallados en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

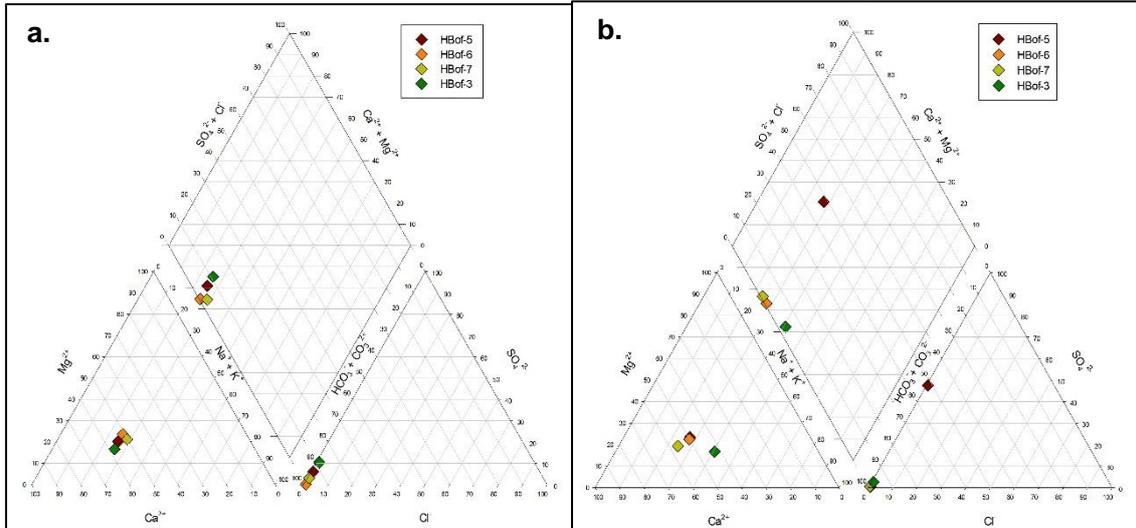
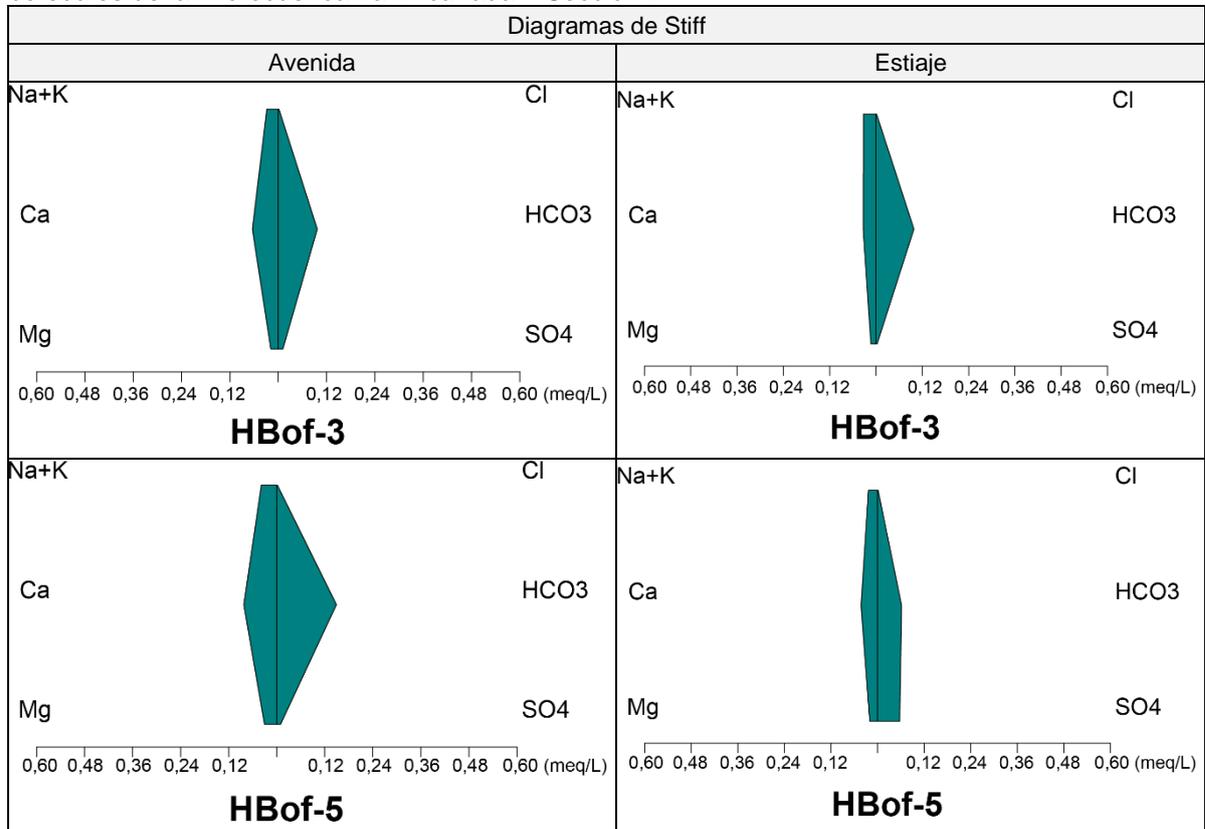


Figura 8.44. Diagrama de Piper por temporada **a.** avenida (marzo) y **b.** estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada – Sección 1

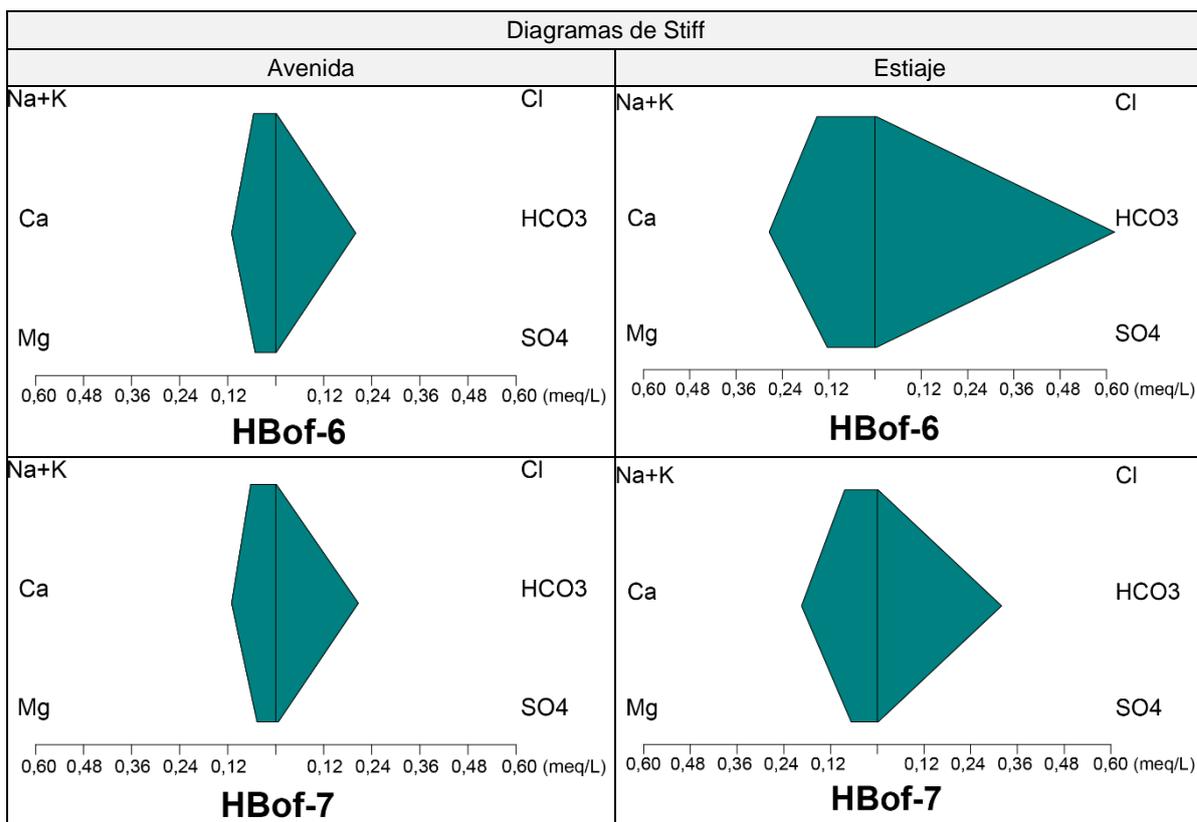
✓ **Diagrama de Stiff**

Los diagramas de Stiff muestran que las concentraciones de iones mayoritarios (Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+) en las muestras de agua superficial evaluados fueron de 0 a 0,62 meq/L (Figura 8-45).

Figura 8.45. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada – Sección 2



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



III. Manantiales

En esta sección se presenta los resultados de 11 manantiales evaluados en ambas temporadas, los mismos que se distribuyen en el área hidrográfica del río Michiquillay en los sectores de Alto Michiquillay, Michiquillay y Pampa Grande.

De la comparación de resultados con los ECA para agua, categoría 3, los parámetros que se encuentran fuera de la referida norma fueron oxígeno disuelto (OD) y potencial de hidrógeno (pH). Referente a la concentración de OD, las aguas subterráneas se caracterizan por presentar bajas concentraciones de oxígeno disuelto a causa de su baja interacción con la atmósfera y la acción fotosintética; por ello no se consideró este parámetro (Tabla 8.27).

Tabla 8.27. Parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 en la microcuenca La Encañada - Sección 2.

N.º	Cuerpo de agua*	Punto de muestreo	ECA para agua ¹			
			Categoría 3 (D1)		Categoría 3 (D2)	
			Avenida	Estiaje	Avenida	Estiaje
			Mar-19	Jun-19	Mar-19	Jun-19
1	Subllaquero	AFLRSub3	-	pH	-	pH
2		AFLRSub1	pH	pH	pH	pH
3	Barro Negro	AFBaNg3	pH	-	pH	-
4		AFBaNg4	pH	pH	pH	pH
5		AFBaNg5	pH	pH	pH	pH
6	Segsec	FMich-01	pH	pH	pH	pH
7	Michiquillay	FMich-03	-	-	-	-
8		FMich-05	-	-	-	-

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

N.º	Cuerpo de agua*	Punto de muestreo	ECA para agua ¹			
			Categoría 3 (D1)		Categoría 3 (D2)	
			Avenida	Estiaje	Avenida	Estiaje
			Mar-19	Jun-19	Mar-19	Jun-19
9		FMich-04	pH	pH	pH	pH
10		AFMichi1	pH	pH	pH	pH
11		AFMichi2	pH	pH	pH	pH

(-): No excede la norma referida.

(*): Nombre local de los manantiales

pH: Potencial de hidrógeno

(1): ECA agua 2017: Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.

El potencial de hidrógeno (pH) en el agua de los manantiales se registró fuera del rango establecido en los ECA para agua, categoría 3, con características ácidas en: Subllaquero 1 (AFLRSub1), Barro Negro (AFBaNg4 y AFBaNg5), Segsec (FMich-01) y Michiquillay (FMich-04, AFMichi1 y AFMichi2) en ambas temporadas; en Barro Negro (AFBaNg3) en la temporada de avenida; y en Subllaquero 3 (AFLRSub3) en la temporada de estiaje (Figura 8.46).

Con relación a los metales y metaloides que podrían generar algún tipo de toxicidad o efectos adversos al ambiente como As, Cd, Co, Cr, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb y Zn, estos no superaron los ECA para agua categoría 3, reportándose bajas concentraciones e incluso por debajo del límite de detección del método del laboratorio, tal como se muestra en la Tabla 8.28.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

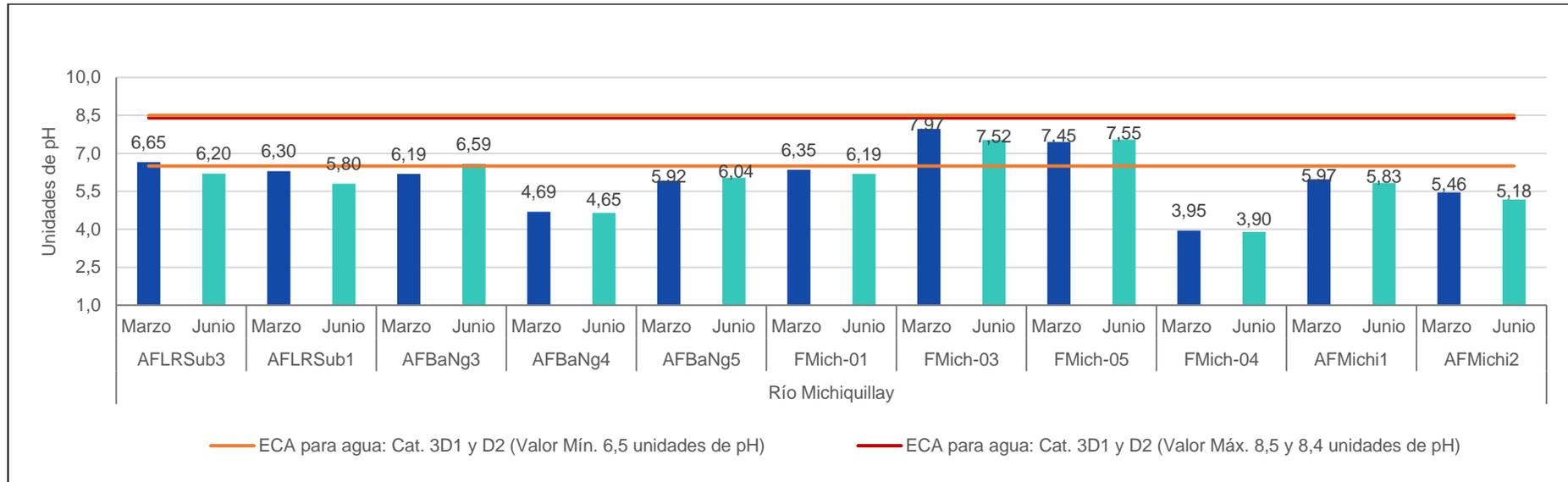


Figura 8.46. Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 2.

Tabla 8.28. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 2

Metales y Metaloides	Unidad	Temporada evaluada				Punto de muestreo de agua asociado			
		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Arsénico (As)	mg/L	< 0,00003	0,01083	< 0,00004	0,01601	*	FMich-05	AFBaNg3 y AFBaNg4	FMich-05
Cadmio (Cd)		< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	0,00013	< LD		-	AFBaNg4
Cobalto (Co)		< 0,00001	0,00130	< 0,00003	0,00131	*	FMich-04	*	AFBaNg4
Cobre (Cu)		< 0,00003	0,06252	< 0,0003	0,136	AFBaNg3 y FMich-03	AFMichi2	*	AFMichi2
Cromo (Cr)		< 0,0001	0,0005	< 0,001	< 0,001	-	AFLRSub3	< LD	
Hierro (Fe)		< 0,0004	0,4126	< 0,03	0,44	AFBaNg3, AFBaNg4 y FMich-01	AFLRSub3	FMich-01	AFLRSub1
Manganeso (Mn)		< 0,00003	0,08151	0,00088	0,12516	FMich-03	AFLRSub3	AFBaNg3	FMich-05
Mercurio (Hg)		< 0,00003	< 0,00003	< 0,00007	< 0,00007	< LD		< LD	
Molibdeno (Mo)		< 0,00002	0,00048	< 0,00003	0,0001	-	FMich-05	-	FMich-03
Níquel (Ni)		< 0,0002	0,0013	< 0,0009	0,0017	*	AFBaNg4	*	AFMichi2
Plomo (Pb)		< 0,0002	0,0013	< 0,00006	0,00183	*	AFLRSub1	*	AFLRSub1
Zinc (Zn)		< 0,0100	0,0407	0,002	0,061	*	AFBaNg4	AFBaNg5	AFBaNg4

(-): El resto de puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

(*): La mayoría de puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio (Anexo 7)

(<): Todos los puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

Fuente: Reportes de resultados N.° 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7)

En la Tabla 8.28 se observa que las mayores concentraciones de metales en fueron reportadas principalmente en el manantial AFLRSub3 en la temporada de avenida, y en el manantial AFBaNg4 en la temporada de estiaje.

• **Hidroquímica**

✓ **Diagrama de Piper**

Los manantiales AFRLSub1, AFRLSub3, AFBaNg3, AFBaNg5, FMich01, FMich03, FMich05 y AFMich1 de esta sección presentaron una facie hidroquímica de tipo bicarbonatada cálcica, en ambas temporadas evaluadas (Figura 8.47). Los manantiales AFBaNg4 y FMich04 presentaron facies de tipo sulfatada sódico potásicas, en ambas temporadas. Mientras que el manantial AFMichi2 presentó facies de tipo clorurada sódica potásica en la temporada de avenida y clorurada cálcica en estiaje. Los datos para realizar estas gráficas se encuentran detallados en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

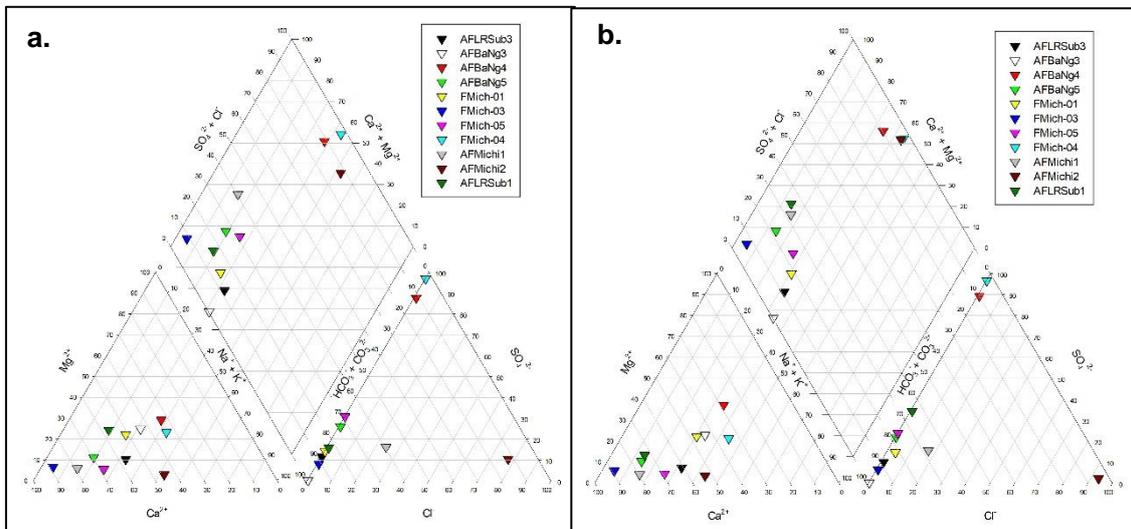
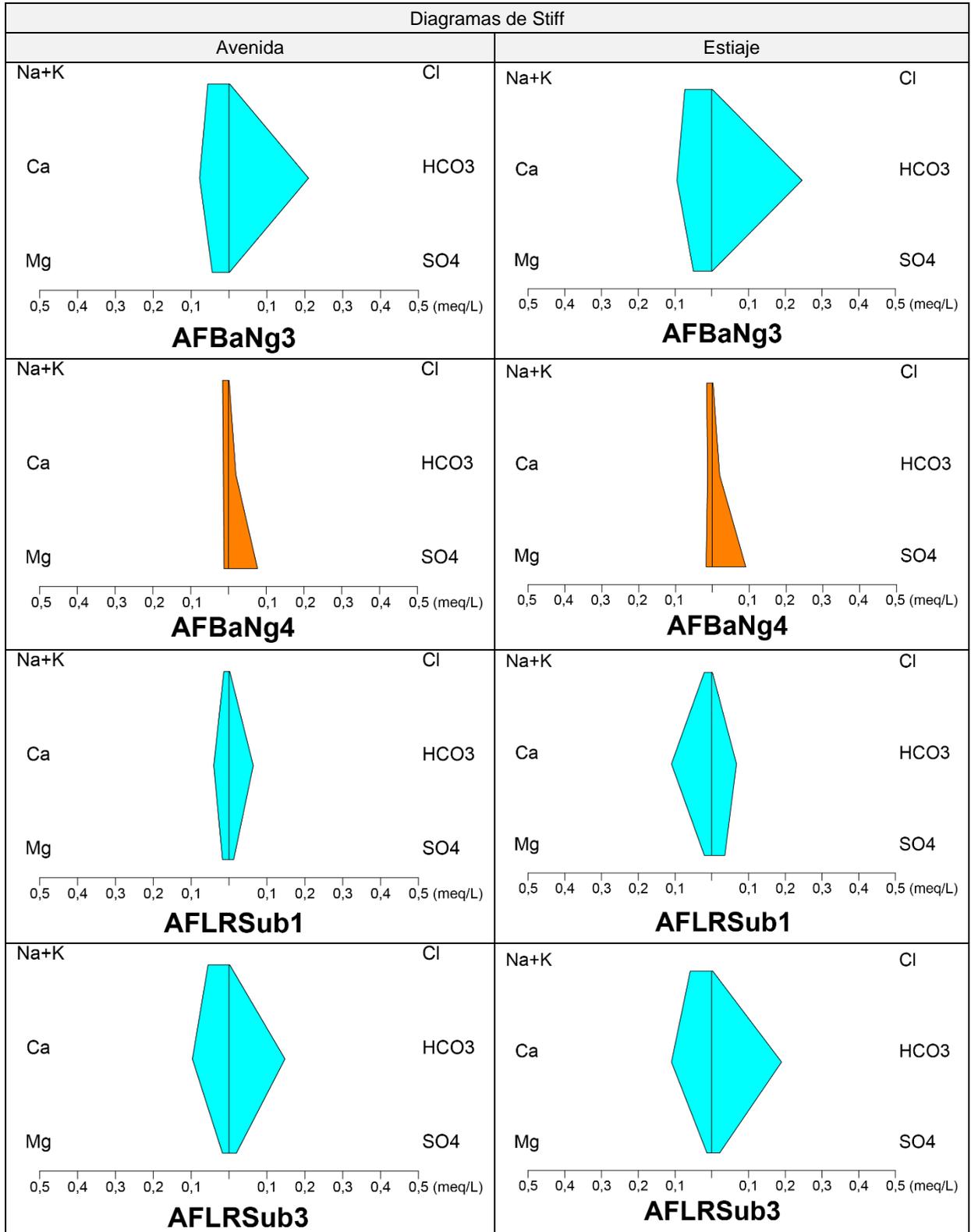


Figura 8.47. Diagrama de Piper por temporada **a.** avenida (marzo) y **b.** estiaje (junio) en manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 2

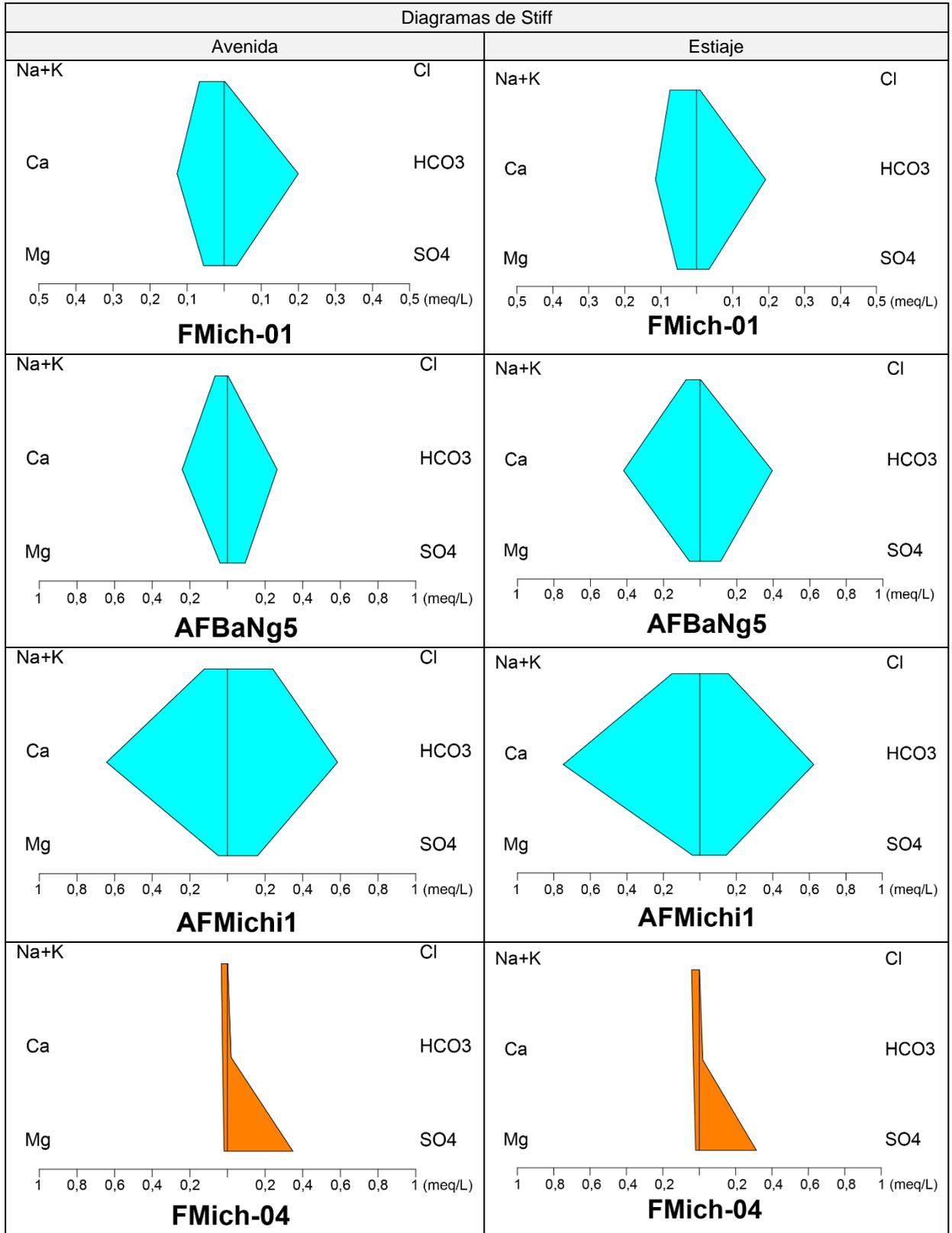
✓ **Diagrama de Stiff**

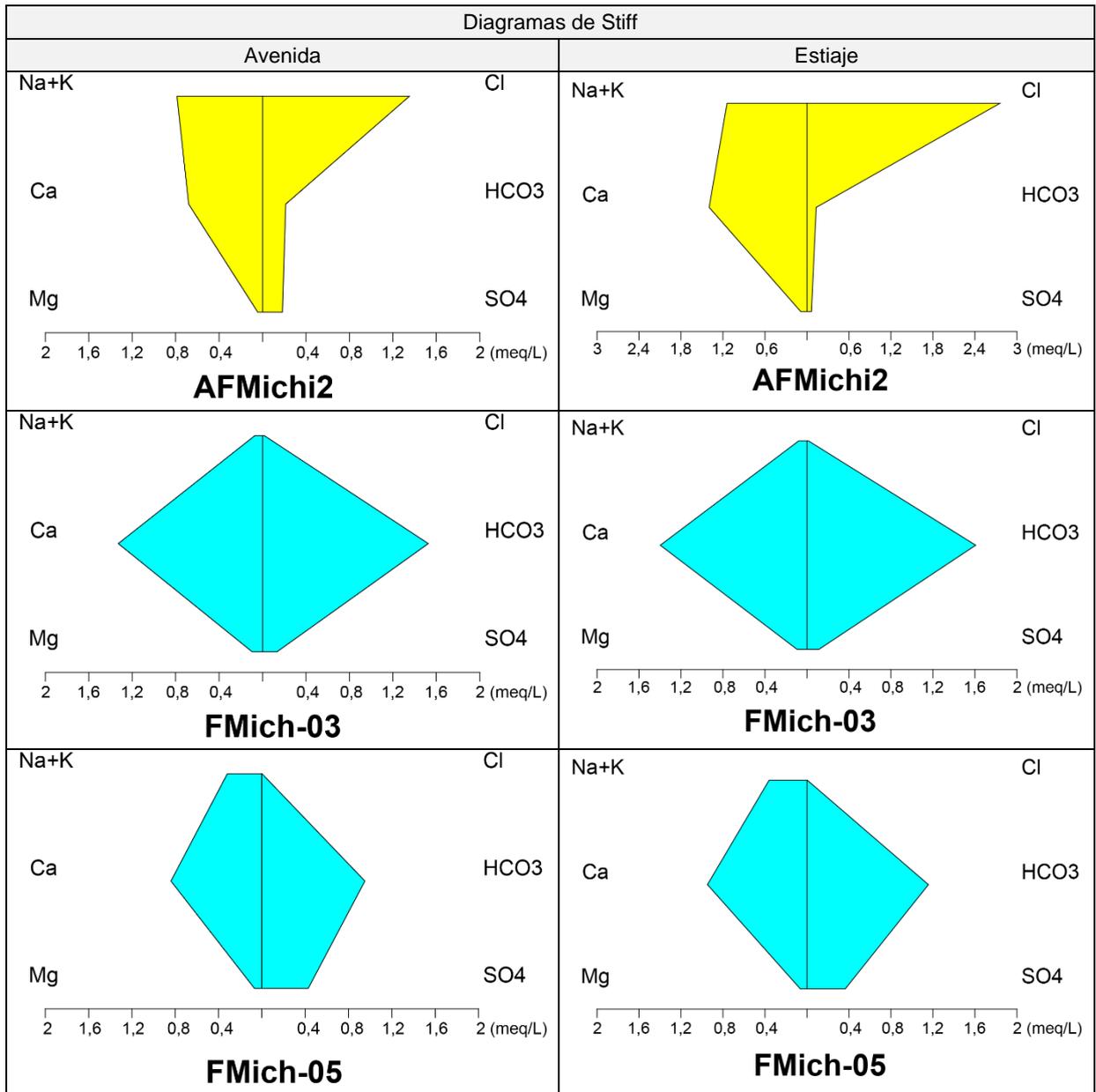
Los diagramas de Stiff muestran que las concentraciones de iones mayoritarios (Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+) en las muestras de agua superficial evaluados fueron de 0 a 2,76 meq/L (Figura 8-48).

Figura 8.48. Diagramas de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada – Sección 2



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad





Sedimento

En esta sección como en la mayoría de los cuerpos lóticos del área de influencia, existe una predominancia de los materiales gruesos sobre los finos, por lo tanto, solo se encontró sedimento en los puntos RMich2, RMich5 y RMich6 del río Michiquillay, en las temporadas de avenida y estiaje, presentando una textura que varió entre franco arenosa a arenosa.

El río Michiquillay presentó un pH que varió de ácido (5,73 unidades de pH) en la parte alta (RMich2) a alcalino (7,61 unidades de pH) en la parte baja (RMich6) antes de la confluencia con el río Quinamayo. El valor más ácido (pH: 5,21) fue registrado en RMich5 en la temporada de estiaje, aguas abajo de la bocamina Michiquillay conocida como «El Túnel».

En cuanto a la concentración de sulfatos estas fluctuaron entre 200 mg/kg en la parte baja (RMich6) a 1074 mg/kg (RMich5), aguas abajo de la bocamina «El Túnel».

En relación a la materia orgánica esta fue reportada en mayor porcentaje (5%) en la parte alta del río Michiquillay en comparación a la parte baja ($\leq 0,3\%$), Tabla 8.29.

Tabla 8.29. Valores de pH, materia orgánica, sulfatos y textura en sedimento del río Seco en la microcuenca La Encañada - Sección 2

Punto de muestreo	Temporada	Mes	Cuerpo de agua asociado	pH	Materia orgánica (%)	Sulfatos (mg/kg)	Textura (%)			Clase textural
							Arena	Limo	Arcilla	
RMich2	Avenida	Marzo	Río Michiquillay	5,73	5	400	65	25	10	Franco-Arenoso
	Estiaje	Junio		-	-	-	-	-	-	-
RMich5	Avenida	Marzo		5,97	<0,3	300	95	5	0	Arenosa
	Estiaje	Junio		5,21	0,30	1074	85	5	10	Areno-Francosa
RMich6	Avenida	Marzo		7,61	0,30	200	95	5	0	Arenosa
	Estiaje	Junio		-	-	-	-	-	-	-

(-) No evaluado en esta temporada.

(<) Valor por debajo del límite de detección del método del laboratorio.

Las concentraciones de arsénico, cadmio, plomo y zinc en la parte alta del río (RMich2) excedieron el valor PEL, valor usualmente asociado a efectos biológicos adversos en los macroinvertebrados bentónicos. En relación a las concentraciones de cobre, esta solo superó el valor ISQG, valor por debajo del cual no se espera efectos biológicos adversos en los macroinvertebrados bentónicos.

En la parte baja del río (RMich5 y RMich6), las concentraciones de arsénico, cobre y mercurio excedieron el valor PEL. En cuanto a las concentraciones de cadmio, solo se superó el valor ISQG en el punto RMich5, en la temporada de estiaje (Tabla 8.30). Los resultados de los demás elementos se detallan en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

Tabla 8.30. Comparación de las concentraciones de metales totales con los valores ISQG y PEL de la CEQG en sedimento del río Michiquillay en la microcuenca La Encañada - Sección 2

Punto de muestreo	Temporada	Mes	Río principal o tributario	Metales totales (mg/kg)						
				Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo	Mercurio	Plomo	Zinc
RMich2	Avenida	Marzo	Río Michiquillay	32,2	10,8	92,5	7,9	< 0,10	132	1303
	Estiaje	Junio		-	-	-	-	-	-	-
RMich5	Avenida	Marzo		56,3	< 1,0	231,9	< 4,5	0,66	13	26
	Estiaje	Junio		63,1	1,4	457,4	< 4,5	0,74	12	37,7
RMich6	Avenida	Marzo		100,7	< 1,0	330,6	< 4,5	0,55	19	44,1
	Estiaje	Junio		-	-	-	-	-	-	-
ISQG (mg/kg)				5,9	0,6	35,7	37,3	0,17	35	123
PEL (mg/kg)				17	3,5	197	90	0,486	91,3	315

Superan los valores de ISQG: Interim Sediment Quality Guideline

Superan los valores PEL: Probable Effect Level

(-) No evaluado en esta temporada.

(<) Valor por debajo del límite de detección del método del laboratorio.

Comunidades hidrobiológicas

I. Ríos y quebradas

a. Macroinvertebrados bentónicos

✓ Riqueza

En esta sección la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 75 especies agrupadas en 4 phyla, 6 clases y 15 órdenes. El orden Díptera registró la mayor riqueza con 29 especies seguido del orden Coleoptera con 14 especies. En el Anexo 7 se presenta el registro completo de macroinvertebrados bentónicos.

En la Figura 8.49 se muestran los resultados de la riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo y temporadas de evaluación. Se observó que los puntos RMich2 y RMich1, ambos ubicados en la parte alta del río Michiquillay, presentaron los mayores valores de riqueza durante la temporada de avenida y estiaje, respectivamente. En cambio, el punto RMich6, ubicado en la parte baja del río Michiquillay, registró los menores valores de riqueza durante ambas temporadas evaluadas.

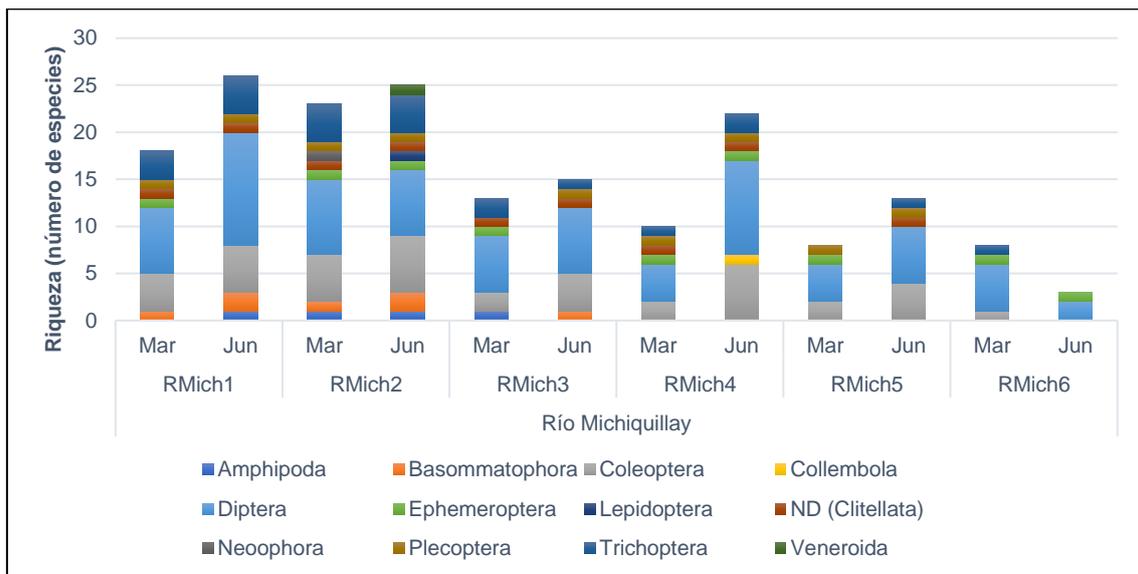


Figura 8.49. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 2

✓ Abundancia

En la Figura 8.50 se presentan los resultados de la abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo y temporadas de evaluación. Se observó que los puntos RMich1 y RMich2 registraron los mayores valores de abundancias durante las temporadas de avenida y estiaje, respectivamente, como también el punto RMich4 en temporada de estiaje. Asimismo, los puntos RMich5 y RMich6 registraron los menores valores de abundancia en ambas temporadas.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

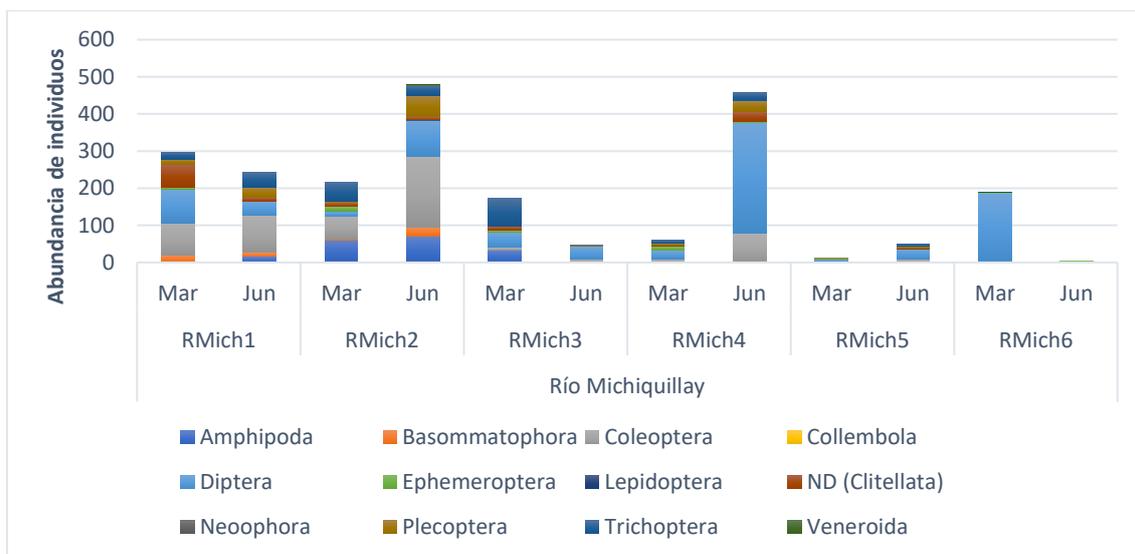


Figura 8.50. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada- Sección 2

✓ Índices de diversidad

En la Tabla 8.31 se muestran los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por punto de muestreo y temporada de evaluación.

Durante ambas temporadas de evaluación se observó que los puntos RMich1 y RMich2, ubicados en la parte alta del río Michiquillay, registraron los mayores valores de riqueza, diversidad de Shannon-Wiener y una baja dominancia de Simpson evidenciando una distribución homogénea de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos. En tanto que, el punto RMich6, ubicado en la parte baja del río Michiquillay, registró los menores valores de riqueza y diversidad de Shannon-Wiener además de evidenciar la presencia de sólo algunas especies dominantes.

Tabla 8.31. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada- Sección 2

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Riqueza de especies (S)		Abundancia de individuos (N)		Equidad de Pielou (J')		Diversidad de Shannon-Wiener (H')		Dominancia de Simpson (λ)	
		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Río Michiquillay	RMich1	18	26	297	243	0,82	0,83	3,41	3,90	0,12	0,09
	RMich2	23	25	217	478	0,74	0,76	3,35	3,51	0,15	0,11
	RMich3	13	15	174	48	0,82	0,72	3,03	2,80	0,16	0,27
	RMich4	10	22	60	458	0,90	0,59	2,98	2,63	0,15	0,28
	RMich5	8	13	13	49	0,96	0,84	2,87	3,11	0,15	0,17
	RMich6	8	3	189	5	0,24	0,87	0,72	1,37	0,81	0,44

✓ Índice ABI

En la Tabla 8.32 se muestran los resultados de la calidad ecológica del agua por punto de muestreo y temporada de evaluación determinada a partir del índice biótico andino (ABI).

Durante la temporada de avenida se observó que los puntos RMich1 y RMich2, ubicados en la parte alta del río Michiquillay, presentaron una calidad ecológica de «buena» y «muy buena» respectivamente, en tanto que los puntos RMich3, RMich4, RMich5 y RMich6 registraron una calidad ecológica «moderada».

En la temporada de estiaje se observó que los puntos RMich1 y RMich2 presentaron una calidad ecológica de «muy buena», mientras que en la parte media en los puntos RMich3 y RMich4 se registró una calidad ecológica de «buena» para pasar de «moderada» en el punto RMich5 a «mala» en RMich6, ubicado en la parte más baja de este sector.

Tabla 8.32. Índices biótico andino (ABI) y calidad ecológica del agua por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca La Encañada- Sección 2

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Temporada de evaluación			
		Avenida		Estiaje	
		Índice ABI	Calidad	Índice ABI	Calidad
Río Michiquillay	RMich1	55	Buena	75	Muy buena
	RMich2	83	Muy buena	93	Muy buena
	RMich3	33	Moderada	48	Buena
	RMich4	42	Moderada	57	Buena
	RMich5	28	Moderada	38	Moderada
	RMich6	28	Moderada	11	Mala

b. Perifiton

✓ Riqueza

Las microalgas del perifiton en la sección 2 presentó 185 especies de microalgas agrupadas en 7 phyla, 9 clases, 25 órdenes y 52 familias y 27 especies de microorganismos agrupados en 4 phyla, 6 clases, 8 órdenes y 11 familias.

El phylum Bacillariophyta fue el de mayor riqueza, seguido de los phyla Charophyta y Cyanobacteria en las microalgas; mientras que, en los microorganismos el phylum que predominó fue el Rotifera seguido de las amebas tecadas de los phyla Cercozoa y Amoebozoa. En el Anexo 7 se presenta el registro completo de perifiton.

El phylum Rodophyta estuvo presente únicamente en RMich1, RMich2 y RMich3; solo el punto RMich1 de la temporada de estiaje presentó los 6 phyla registrados en este sector. En la Figura 8.51 se puede observar que las riquezas de la temporada de avenida presentaron más especies en comparación con las de estiaje.

Los puntos de muestreo con menor riqueza son RMich5 y RMich6 para ambas temporadas, el menor valor de riqueza fue de 6 especies pertenecientes a 3 phyla en el punto RMich5 de la temporada de estiaje.

Se registraron más especies de microorganismos del perifiton en la temporada de avenida que de estiaje, en donde se observó la ausencia de especies del phylum Rotifera. El punto RMich6 no presentó microorganismos en ninguna temporada de evaluación; del mismo modo en la temporada de estiaje no se registró microorganismos en RMich3 y RMich5 como se muestra en la Figura 8.52.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

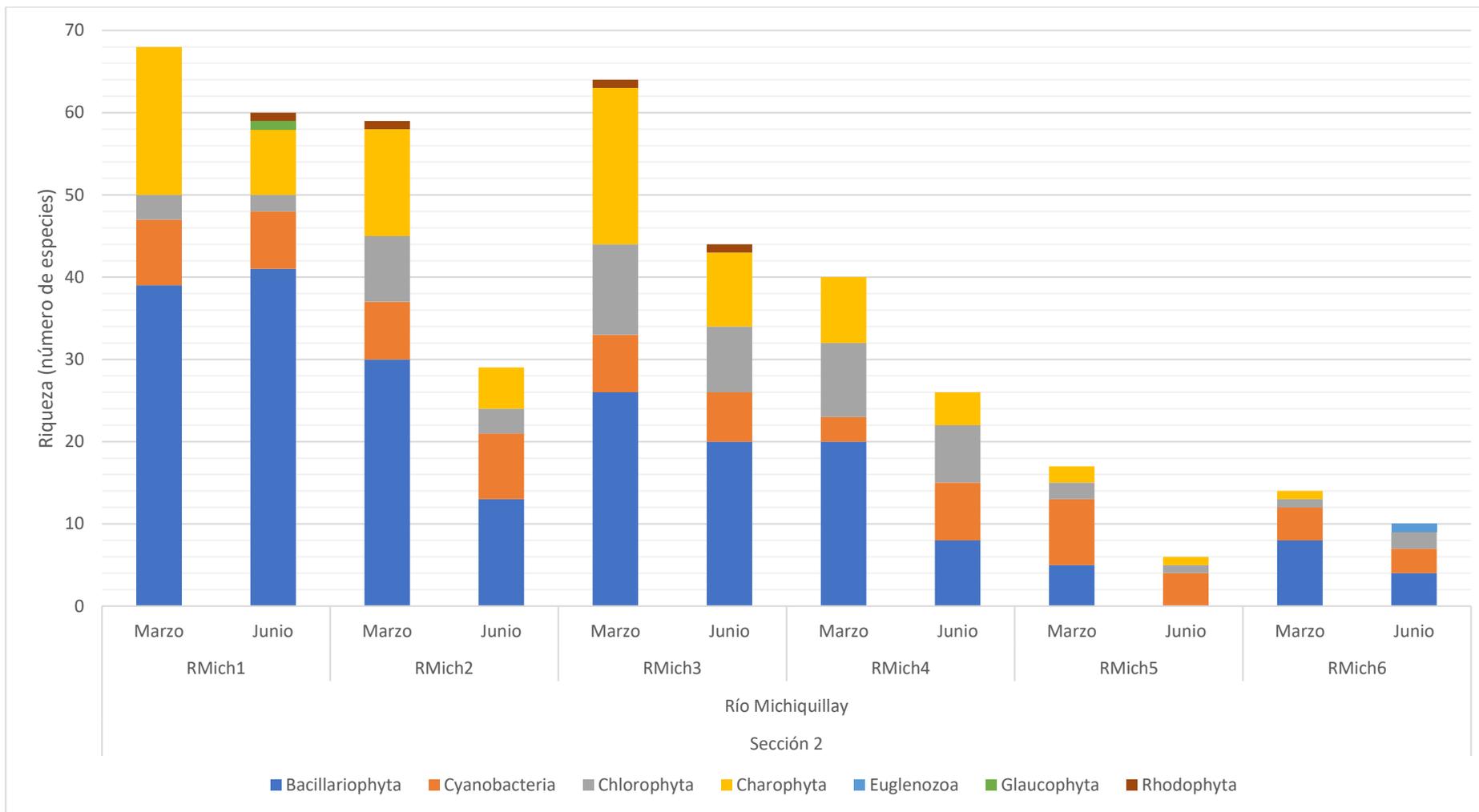


Figura 8.51. Riqueza de microalgas de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 2

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

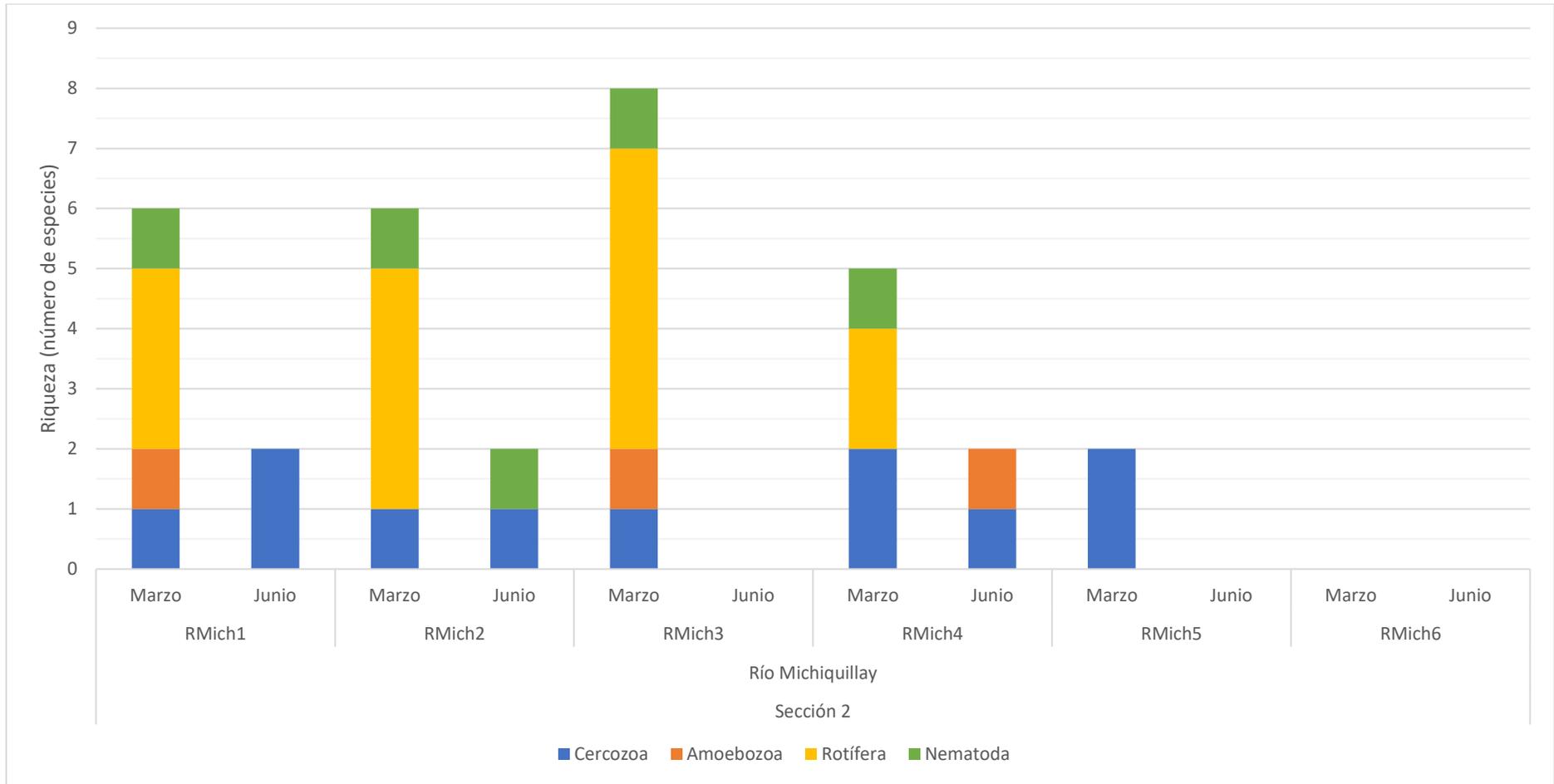


Figura 8.52. Riqueza de microorganismos de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 2

✓ **Abundancia**

La mayor abundancia para las microalgas se registró durante la temporada de avenida (Figura 8.53). El phylum Bacillariophyta registró la mayor abundancia en ambas temporadas en los puntos RMich1, RMich2 y RMich3. Los puntos que están debajo de la bocamina El Tunel (RMich5 y RMich6), fueron los de menor abundancia y predominó en ambos el phylum Cyanobacteria.

El phylum Rotifera presentó la mayor abundancia en el acumulado total durante la temporada de avenida; mientras que, en la época de estiaje, los puntos de muestreo que registraron microorganismos tuvieron al menos dos especies del phylum Cercozoa (Figura 8.54).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

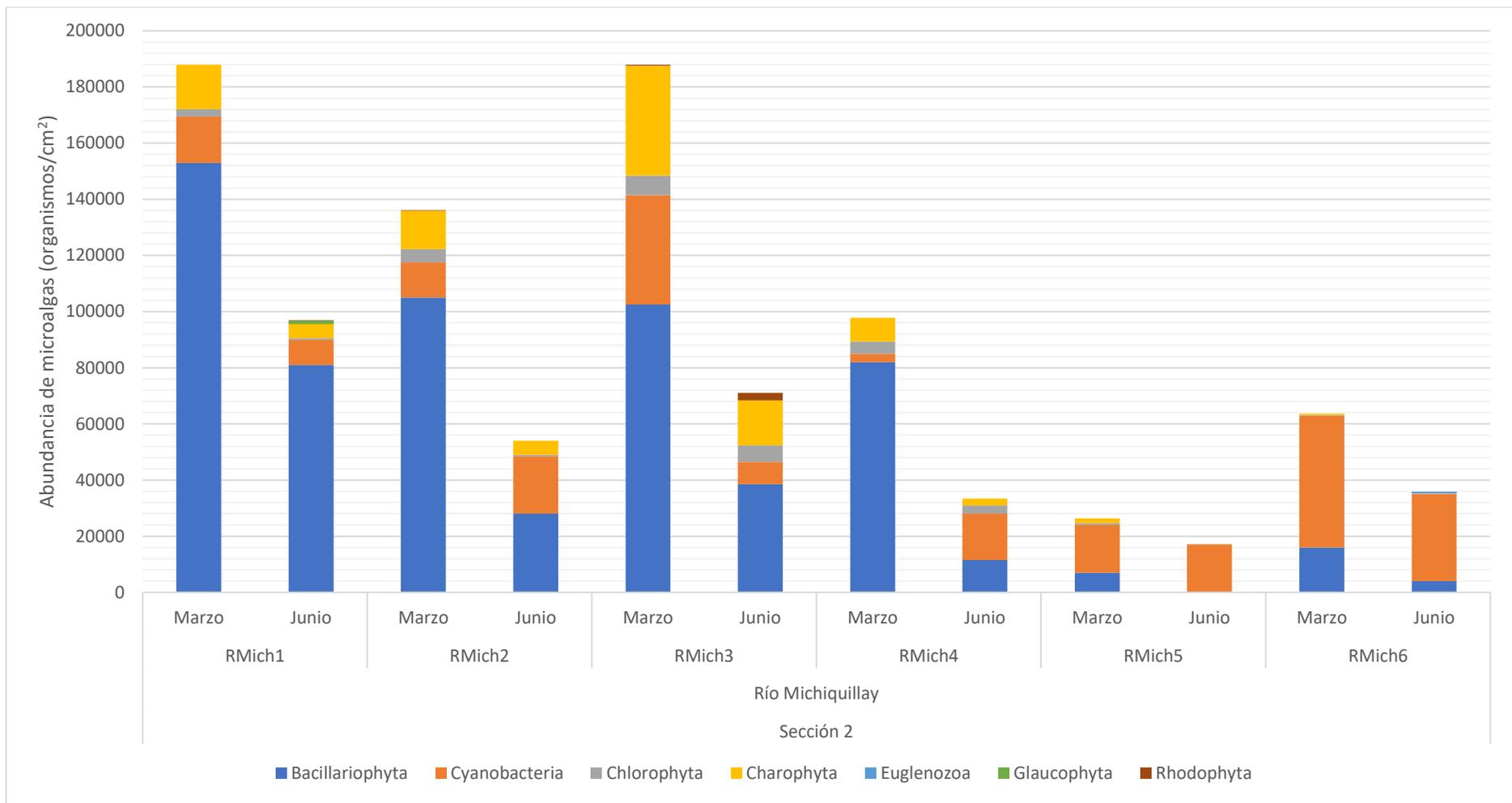


Figura 8.53. Abundancia de microalgas de la comunidad de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada- Sección 2

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

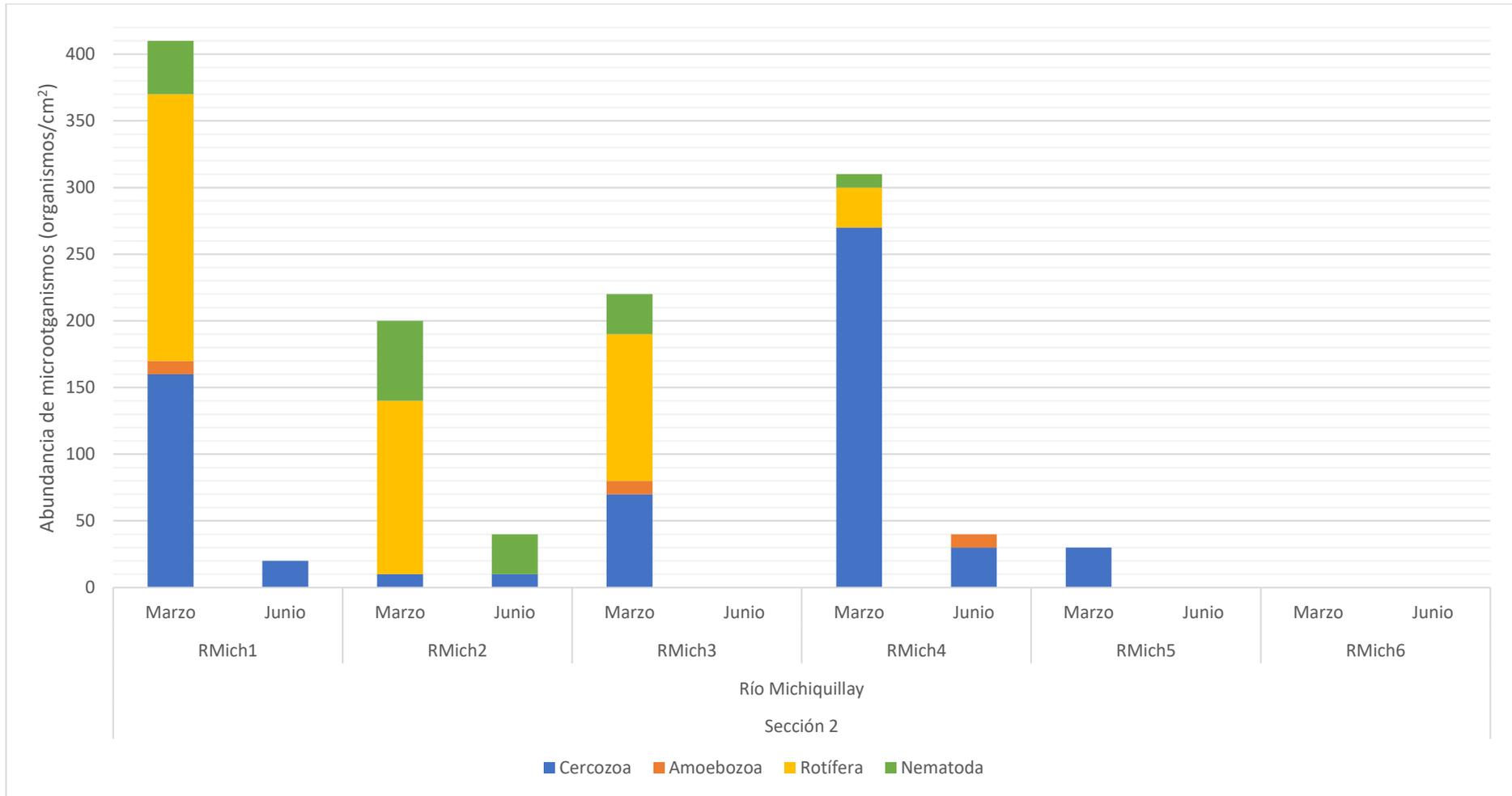


Figura 8.54. Abundancia de microorganismos la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada - Sección 2

✓ Índices de diversidad

Los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por punto de muestreo y temporada de evaluación se muestran en la Tabla 8.33 para microalgas y en la para microorganismos en la Tabla 8.34.

Se observa una mayor dominancia en la temporada de estiaje para los puntos ubicados arriba de la influencia de la bocamina «El Túnel» (RMich1, RMich2, RMich3 y RMich4); mientras que, los puntos RMich5 y RMich6 presentan una mayor equidad en la época de estiaje, teniendo en cuenta que la riqueza y abundancia en estos puntos corresponden a los menores valores de la sección 2 (Tabla 8.33).

Los valores máximo y mínimo de la diversidad de Shannon-Wiener corresponden a la época de estiaje; donde RMich1 tuvo el máximo y RMich6 el mínimo valor.

Tabla 8.33. Índices de la diversidad alfa de microalgas de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 2

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Riqueza de especies (S)		Abundancia de individuos (N)		Equidad de Pielou (J')		Diversidad de Shannon-Wiener (H')		Dominancia de Simpson (λ)	
		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Río Michiquillay	RMich1	68	60	187895	96975	0,85	0,90	5,18	5,30	0,04	0,03
	RMich2	59	29	136200	54000	0,79	0,86	4,63	4,18	0,09	0,08
	RMich3	64	44	187950	71100	0,73	0,84	4,37	4,58	0,12	0,08
	RMich4	40	26	97800	33400	0,69	0,85	3,66	4,01	0,21	0,09
	RMich5	17	6	26400	17250	0,88	0,52	3,60	1,36	0,10	0,52
	RMich6	14	10	63650	35700	0,64	0,34	2,42	1,14	0,27	0,69

Incluso en donde no se registró más de 2 especies, los microorganismos presentaron una mayor equidad y baja dominancia, teniendo en cuenta que la mayor riqueza fue de 8 especies en RMich3 (marzo) en donde se registraron 4 phyla (Tabla 8.34).

Tabla 8.34. Índices de la diversidad alfa de microorganismos de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada- Sección 2

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Riqueza de especies (S)		Abundancia de individuos (N)		Equidad de Pielou (J')		Diversidad de Shannon-Wiener (H')		Dominancia de Simpson (λ)	
		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Río Michiquillay	RMich1	6	2	410	20	0,82	1,00	2,13	1,00	0,27	0,50
	RMich2	6	2	200	40	0,82	0,81	2,11	0,81	0,28	0,63
	RMich3	8	0	220	0	0,88	-	2,64	0,00	0,19	-
	RMich4	5	2	310	40	0,61	0,81	1,41	0,81	0,50	0,63
	RMich5	2	0	30	0	0,92	-	0,92	0,00	0,56	-
	RMich6	0	0	0	0	-	-	0,00	0,00	-	-

c. Necton (peces)

En el río Michiquillay la comunidad del necton estuvo representada por 2 especies *Oncorhynchus mykiss* (trucha) y *Astroblepus* sp. (lifes), siendo estos últimos los más abundantes en el punto RMich1 del río Michiquillay (Tabla 8.35). También se registraron 3 individuos muertos de trucha en el punto RMich4 probablemente debido al desvío de aguas arriba en el río Michiquillay (reporte de campo N.º 021-2019- STEC, Anexo 6).

Tabla 8.35. Comunidad del necton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en ríos y quebradas de la microcuenca La Encañada-Sección 2

Orden	Familia	Especie	Río Michiquillay			
			RMich1		RMich3	
			Mar	Jun	Mar	Jun
Salmoniformes	Salmonidae	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	0	0	0	1
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus</i> sp.	1	6	0	0

II. Bofedales

a. Macroinvertebrados bentónicos

✓ **Riqueza**

En los bofedales de la sección 2 la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 36 especies agrupadas en 4 phyla, 6 clases y 11 órdenes. El orden Díptera registró la mayor riqueza con 18 especies seguido del orden Coleoptera con 6 especies. En el Anexo 7 se presenta el registro completo de macroinvertebrados bentónicos.

En la Figura 8.55 se muestran los resultados de la riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo y temporadas de evaluación. Se observó que los puntos HBof-5 y HBof-7, presentaron los mayores valores de riqueza durante las temporadas de avenida y estiaje, respectivamente. Asimismo, el punto HBof-3, ubicado en la parte baja del río Michiquillay, registró los menores valores de riqueza durante ambas temporadas de evaluación.

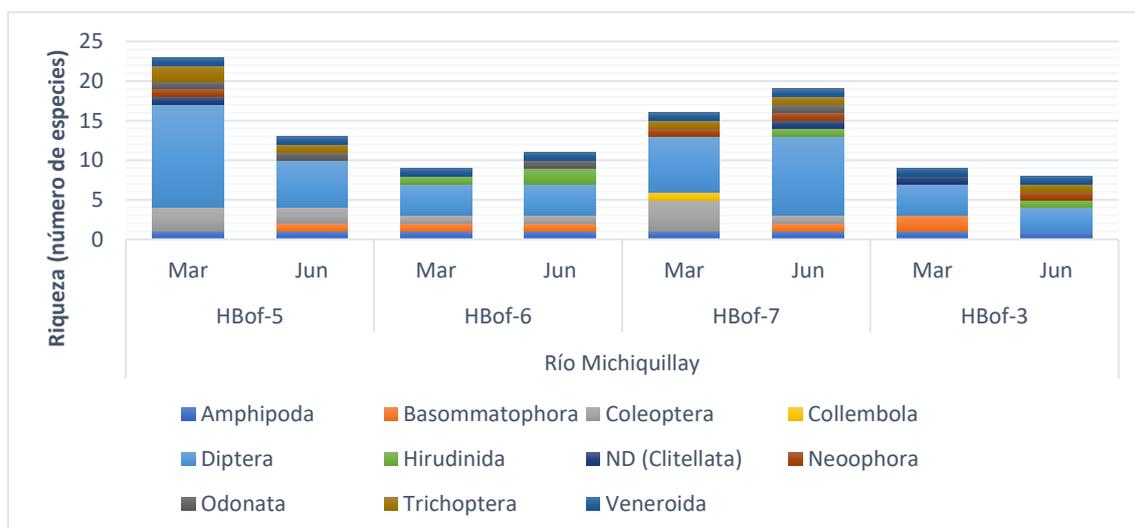


Figura 8.55. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la Microcuenca La Encañada-Sección 2

✓ **Abundancia**

En la Figura 8.56 se presentan los resultados de abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo y temporadas de evaluación. Se observó que el punto HBof-5 fue el más abundante durante ambas temporadas de evaluación resaltando la abundancia del orden Díptera. Asimismo, se registró que el punto HBof-3 presentó la menor abundancia de macroinvertebrados bentónicos durante ambas temporadas evaluadas.

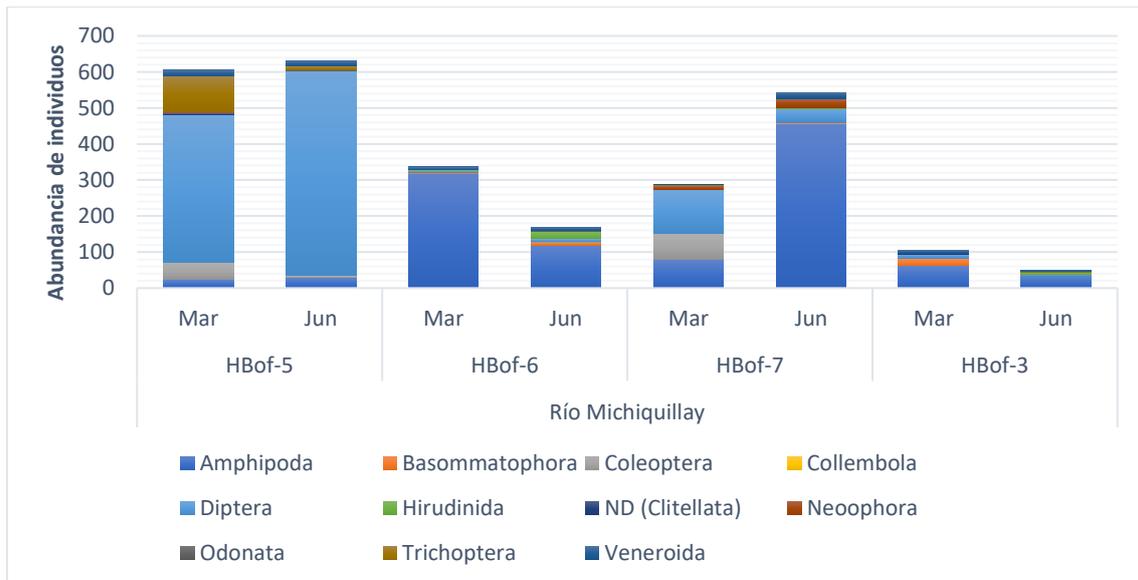


Figura 8.56. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la Microcuenca La Encañada- Sección 2

✓ **Índices de diversidad**

En la Tabla 8.36 se muestran los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por puntos de muestreo y temporadas de evaluación.

Durante ambas temporadas de evaluación se observó que el punto HBof-5 registró la mayor riqueza, equidad y diversidad Shannon-Wiener durante la temporada de avenida, evidenciando una distribución homogénea de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos; en tanto que los puntos HBof-6, durante ambas temporadas de evaluación, y HBof-7, durante la temporada de estiaje, registraron una baja equidad y diversidad Shannon-Wiener así como una alta dominancia de Simpson notándose la presencia de algunas especies dominantes.

Tabla 8.36. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada- Sección 2

Cuerpo de agua	Río Michiquillay									
	Punto de muestreo		HBof-5		HBof-6		HBof-7		HBof-3	
	Temporada de evaluación		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Riqueza de especies (S)	23	13	9	11	16	19	9	8		
Abundancia de individuos (N)	605	631	336	169	288	543	106	50		
Equidad de Pielou (J')	0,66	0,52	0,14	0,48	0,64	0,27	0,64	0,57		

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Cuerpo de agua	Río Michiquillay							
Punto de muestreo	HBof-5		HBof-6		HBof-7		HBof-3	
Temporada de evaluación	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	3,00	1,93	0,43	1,66	2,56	1,14	2,02	1,72
Dominancia de Simpson (λ)	0,18	0,35	0,90	0,52	0,21	0,71	0,38	0,48

b. Perifiton

Se registró 208 especies de microalgas y 28 especies de microorganismos en los bofedales de la sección 2. Las microalgas estuvieron agrupadas en 8 phyla, 11 clases, 29 órdenes y 45 familias y los microorganismos agrupados en 6 phyla, 6 clases, 8 órdenes y 61 familias.

En el acumulado total de las microalgas, el phylum Bacillariophyta fue el de mayor riqueza, seguida de Charophyta (Figura 8.57). Los microorganismos del perifiton tuvieron como grupo de mayor riqueza al phylum Amoebozoa, seguido por Cercozoa (Figura 8.58). En el Anexo 7 se presenta el registro completo de perifiton.

Las microalgas presentaron mayor diversidad a nivel de phyla en HBof-3 durante la temporada de estiaje (7 phyla); mientras que en el acumulado total de estiaje el phylum Bacillariophyta fue el de mayor riqueza de especies; por otro lado, en la temporada de avenida se presentó mayor diversidad de phyla en HBof-6 (5 phyla) siendo el de mayor riqueza Charophyta en el acumulado total de avenida.

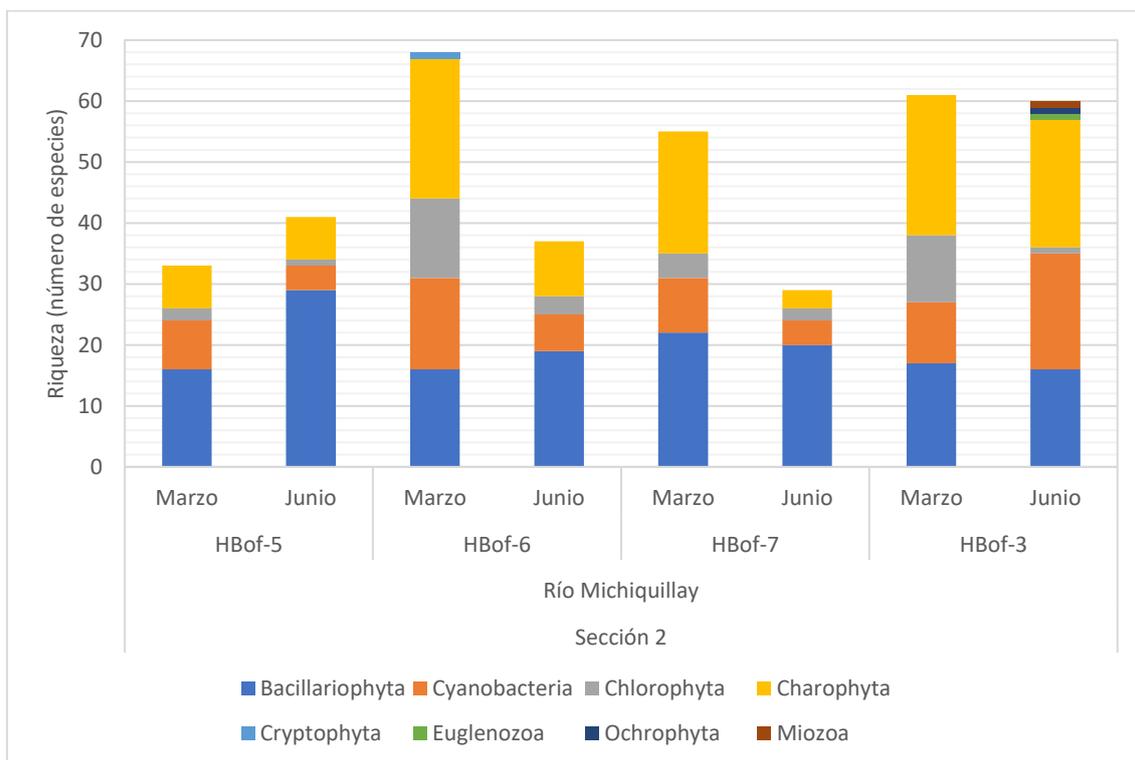


Figura 8.57. Riqueza de microalgas de la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada-Sección 2

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

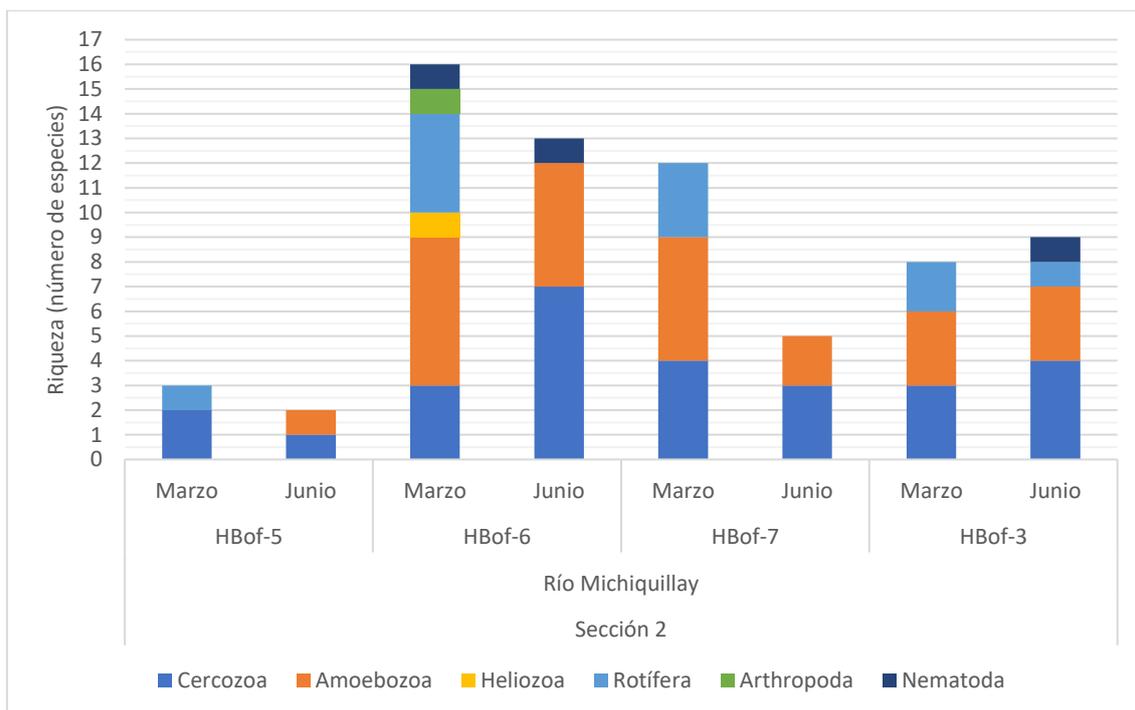


Figura 8.58. Riqueza de microorganismos de la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la Microcuenca La Encañada- Sección 2

✓ **Abundancia**

La mayor abundancia de las microalgas se observó en temporada de avenida; además, el phylum Bacillariophyta fue el de mayor abundancia total, seguido por Cyanobacteria (Figura 8.59). La mayor abundancia se presentó en HBof-6 durante la temporada de avenida el menor valor correspondió a la temporada de estiaje en el punto HBof-7.

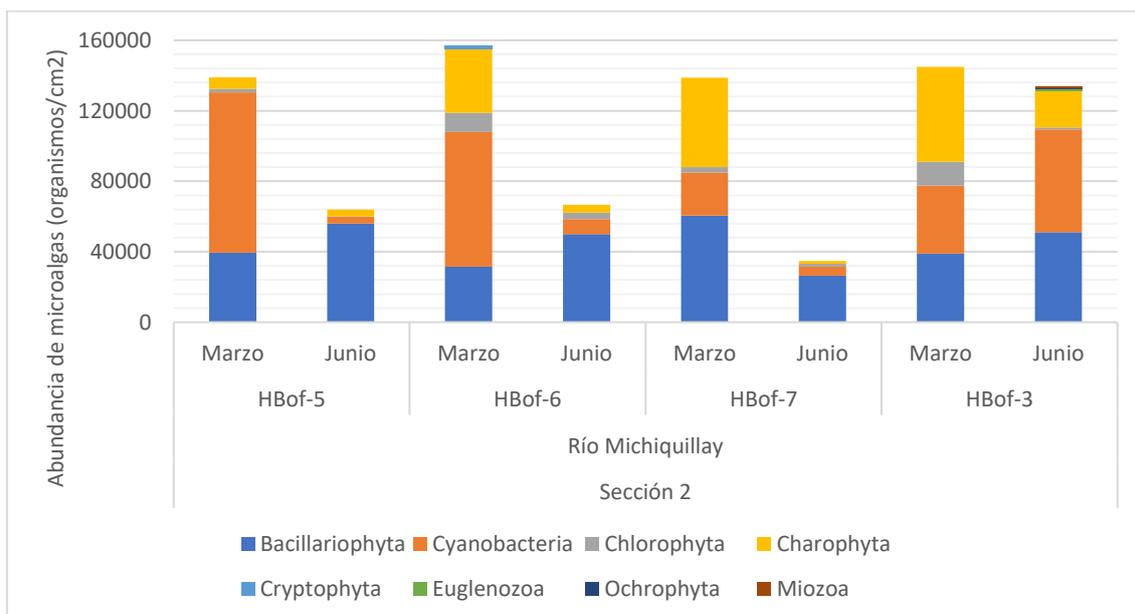


Figura 8.59. Abundancia de microalgas de la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada- Sección 2

La mayor abundancia de microorganismos se presentó en HBof-6 durante la temporada de avenida; la menor abundancia se registró en HBof-5 en la temporada de estiaje; el phylum Cercozoa se mantuvo en ambas temporadas y en todos los puntos de muestreo, como se puede observar en la Figura 8.60.

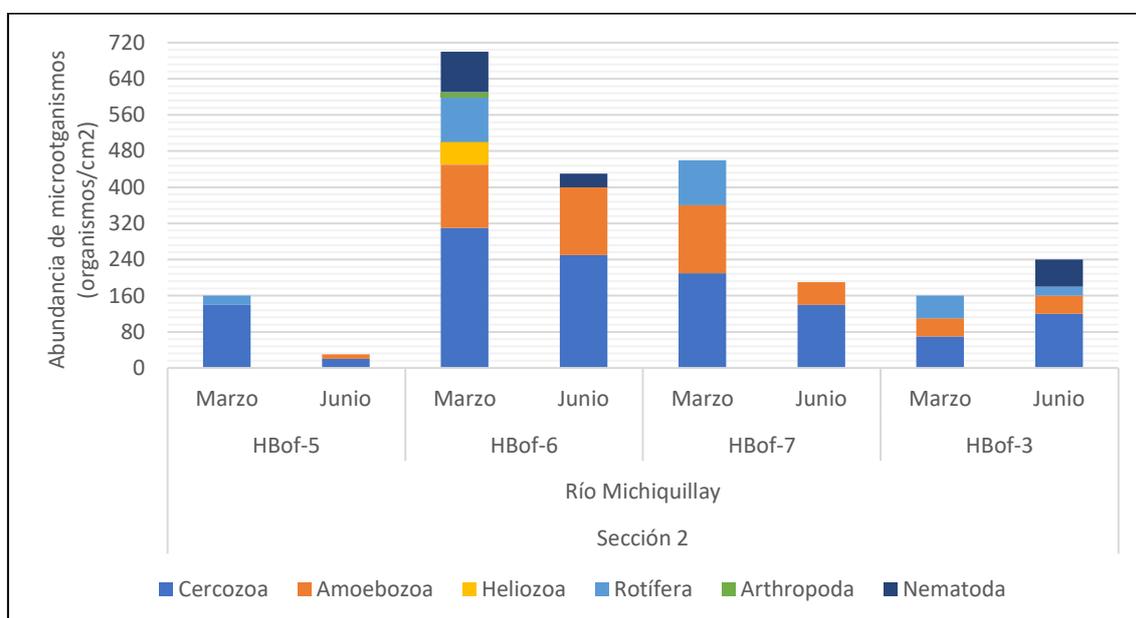


Figura 8.60. Abundancia de microorganismos de la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada- Sección 2

✓ Índices de diversidad

Los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por punto de muestreo y temporada de evaluación se muestran en la Tabla 8.37 para microalgas y en la Tabla 8.38 para microorganismos

En las microalgas la equidad se ve alterada por la abundancia de determinadas poblaciones de especies en la comunidad; el mayor valor de la diversidad de Shannon-Wiener se registró en la muestra HBof-7 y el menor en HBof-5 ambas en la temporada de avenida.

Tabla 8.37. Índices de la diversidad alfa de microalgas de la comunidad del perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada-Sección 2

Cuerpo de agua	Río Michiquillay							
	HBof-5		HBof-6		HBof-7		HBof-3	
	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Riqueza de especies (S)	33	41	68	37	55	29	61	60
Abundancia de individuos (N)	139000	63950	156955	66700	138785	34850	145015	134105
Equidad de Pielou (J')	0,71	0,89	0,87	0,89	0,93	0,93	0,87	0,89
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	3,56	4,77	5,29	4,66	5,36	4,51	5,16	5,24
Dominancia de Simpson (λ)	0,16	0,05	0,04	0,05	0,03	0,06	0,04	0,04

El punto HBof-6 presenta la mayor riqueza de especies, con una dominancia elevada de la ameba tecada *Trinema lineare* lo que influye en los valores de la equidad de Pielou; del mismo modo, en el punto HBof-7 la mayor abundancia de *T. lineare* corresponde cerca del 60% del total de individuos registrados mostrándose en el menor valor de equidad en este punto como se observa en la Tabla 8.35.

Tabla 8.38. Índices de la diversidad alfa de microorganismos de la comunidad del perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca La Encañada-Sección 2

Cuerpo de agua	Río Michiquillay									
	Punto de muestreo		HBof-5		HBof-6		HBof-7		HBof-3	
Temporada de evaluación	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Riqueza de especies (S)	3	2	16	13	12	5	8	9		
Abundancia de individuos (N)	160	30	700	430	460	190	160	240		
Equidad de Pielou (J')	0,82	0,92	0,87	0,88	0,93	0,74	0,91	0,93		
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	1,30	0,92	3,49	3,26	3,33	1,72	2,73	2,96		
Dominancia de Simpson (λ)	0,47	0,56	0,12	0,14	0,11	0,40	0,18	0,15		

Agua subterránea (Piezómetros)

En esta sección se presenta los resultados de 2 piezómetros (PZ-01 y PZ-02) evaluados en ambas temporadas (avenida y estiaje), los mismos que se encuentran aledaños al depósito de relaves, en la margen derecha del río Michiquillay, en el sector Michiquillay.

De la comparación referencial de los resultados con los ECA para agua, categoría 3, los parámetros que superaron la referida norma fueron oxígeno disuelto (OD) y manganeso total. Referente a la concentración de OD, las aguas subterráneas se caracterizan por presentar bajas concentraciones de oxígeno disuelto a causa de su baja interacción con la atmósfera y la acción fotosintética; por ello no se consideró éste parámetro (Tabla 8.39).

Tabla 8.39. Parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 en la microcuenca La Encañada - Sección 2.

N.º	Cuerpo de agua*	Punto de muestreo	ECA para agua ¹			
			Categoría 3 (D1)		Categoría 3 (D2)	
			Avenida	Estiaje	Avenida	Estiaje
			Mar-19	Jun-19	Mar-19	Jun-19
1	Piezómetros	PZ-01	Mn	Mn	Mn	Mn
2		PZ-02	-	-	-	-

Mn: Manganeso total

(1): ECA agua 2017: Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.

Las concentraciones de manganeso en el piezómetro (PZ-01) superaron el valor establecido en los ECA para agua, Cat. 3 en las dos temporadas (Figura 8.61).

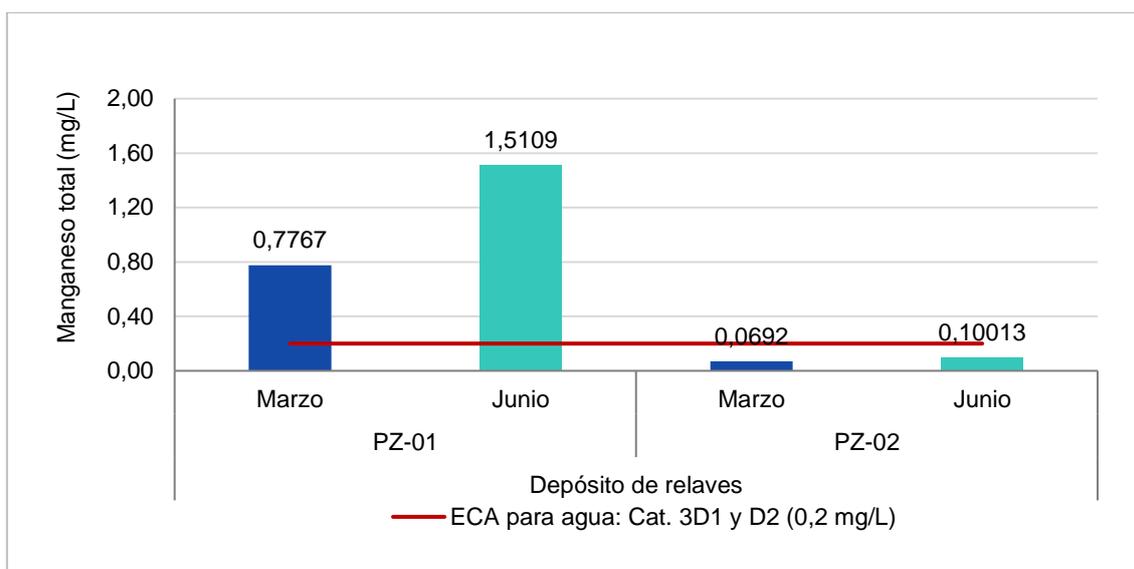


Figura 8.61. Concentración de manganeso total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los piezómetros de la microcuenca La Encañada – Sección 2.

Con relación a los metales y metaloides que podrían generar algún tipo de toxicidad o efectos adversos al ambiente como As, Cd, Co, Cr, Fe, Hg, Mo, Ni, Pb y Zn, estos no superaron los ECA para agua categoría 3, reportándose bajas concentraciones e incluso por debajo del límite de detección del método del laboratorio, tal como se muestra en la Tabla 8.40. Todos los resultados de los parámetros evaluados en esta sección se presentan en los reportes de resultados N.º 036-2019-STE C y 037-2019-STE C (Anexo 7).

Tabla 8.40. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en piezómetros aledaños al depósito de relaves – Sección 2

Metales y Metaloides	Unidad	PZ-02		PZ-01	
		Marzo	Junio	Marzo	Junio
Arsénico (As)	mg/L	0,00757	0,00553	0,01322	0,01072
Cadmio (Cd)		0,00012	0,00133	< 0,00001	< 0,00001
Cobalto (Co)		0,0002	0,00051	0,00068	0,00092
Cobre (Cu)		0,0007	0,01104	0,0054	0,00477
Cromo (Cr)		< 0,001	0,0014	< 0,001	< 0,0001
Hierro (Fe)		0,94	0,8416	0,85	0,7355
Manganeso (Mn)		0,10013	0,0692	1,5109	0,7767
Mercurio (Hg)		< 0,00007	< 0,00003	< 0,00007	< 0,00003
Molibdeno (Mo)		0,00011	< 0,00002	0,00016	0,00048
Níquel (Ni)		0,0011	0,0011	< 0,0009	0,0006
Plomo (Pb)		0,00189	0,0055	0,00123	0,002
Zinc (Zn)		0,058	0,1184	1,110	1,297

(<): Las concentraciones reportadas presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio
Fuente: Reportes de resultados N.º 036-2019-STE C y 037-2019-STE C (Anexo 7)

- **Hidroquímica**

- ✓ **Diagrama de Piper**

El agua de los piezómetros aledaños al depósito de relaves presentó una facie hidroquímica de tipo bicarbonatada cálcica, en ambas temporadas de evaluación (Figura 8.62). Los datos para realizar estas gráficas se encuentran detallados en los reportes de resultados N.º 036-2019-STE C y 037-2019-STE C (Anexo 7).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

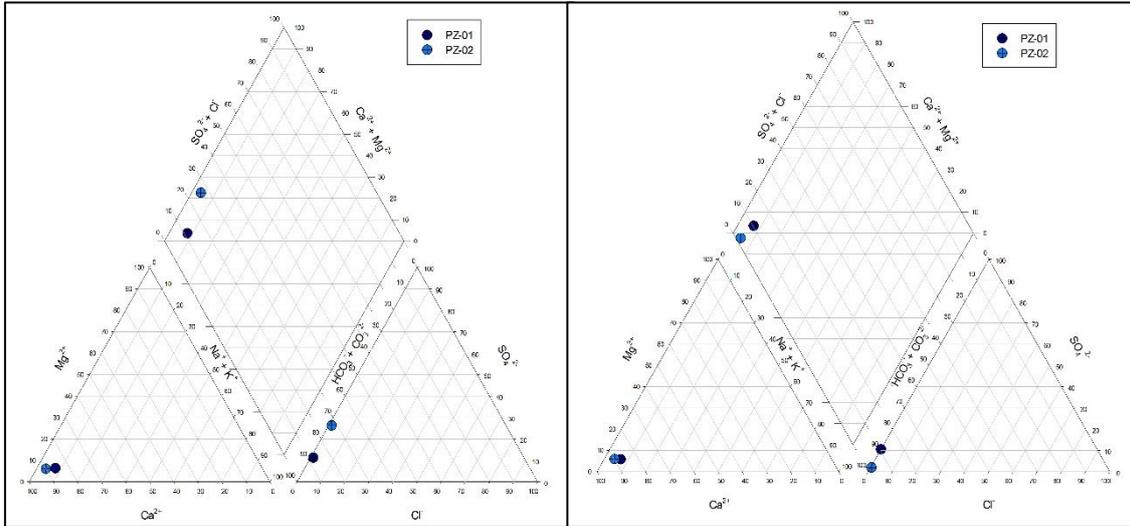
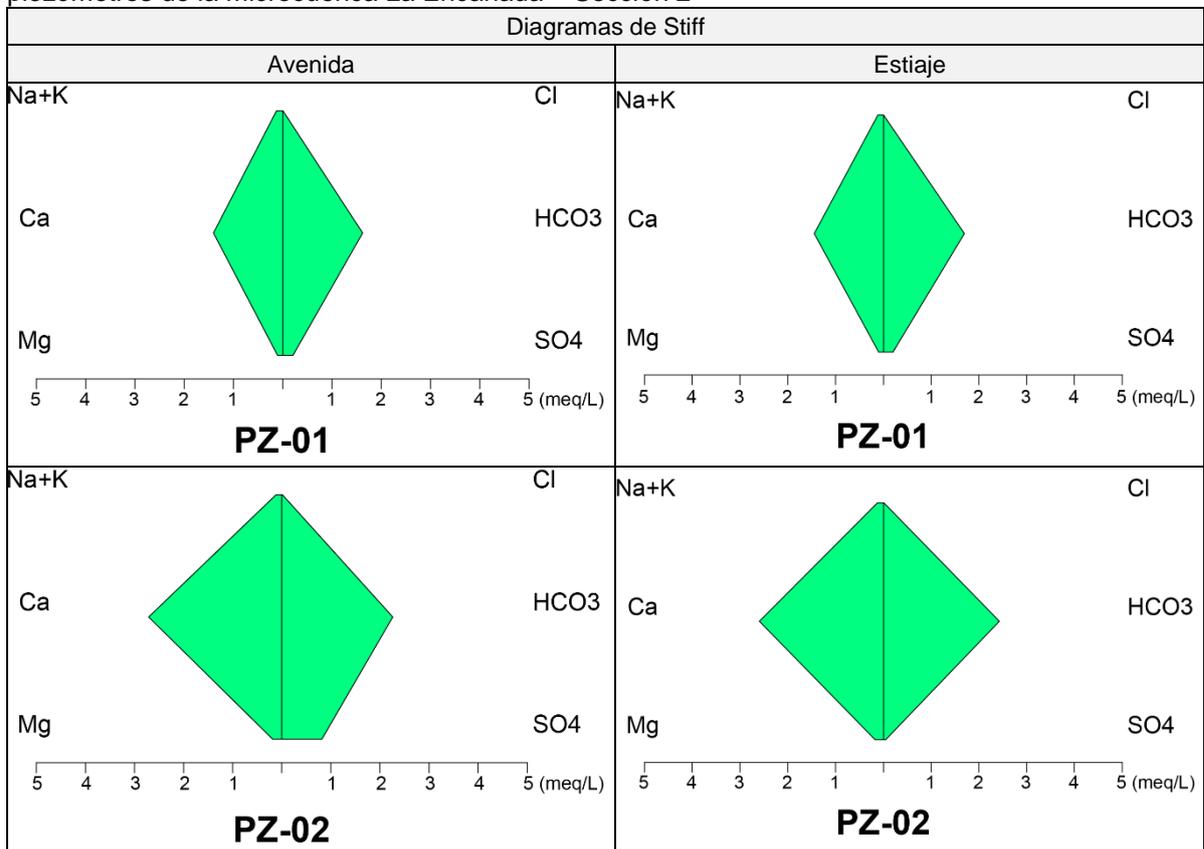


Figura 8.62. Diagrama de Piper por temporada **a.** avenida (marzo) y **b.** estiaje (junio) en el agua de los piezómetros aledaños al depósito de relaves de la microcuenca La Encañada – Sección 2

✓ **Diagrama de Stiff**

Los diagramas de Stiff muestran que las concentraciones de iones mayoritarios (Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+) en las muestras de agua subterránea evaluados fueron de 0 a 2,71 meq/L (Figura 8.63).

Figura 8.63. Diagramas de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en piezómetros de la microcuenca La Encañada – Sección 2



Agua residual industrial

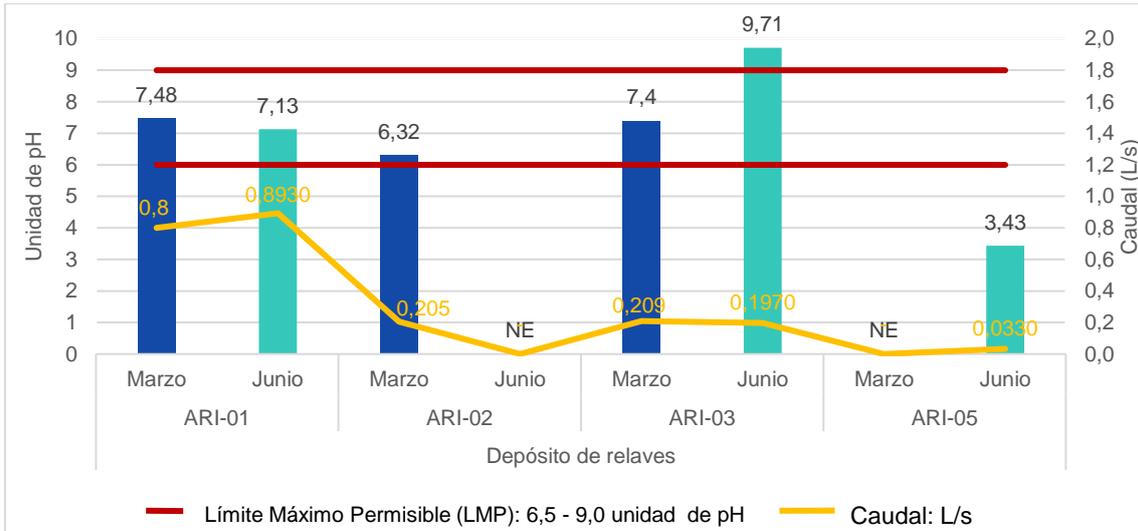
El muestreo de agua residual industrial se realizó en temporada de avenida (marzo) y estiaje (junio). En marzo se evaluaron cuatro puntos, de los cuales tres se encuentran relacionados al depósito de relaves (ARI-01, ARI-02 y ARI-03) y uno a la bocamina «El Túnel» (ARI-04). En junio, se evaluaron los mismos puntos a excepción del punto ARI-02; adicionalmente, se incluyó un punto (ARI-05).

- **Depósito de relaves**

La evaluación comprendió cuatro puntos de muestreo (ARI-01, ARI-02, ARI-03 y ARI-05), asociados al depósito de relaves: ARI-01 corresponde al agua del drenaje superficial del depósito; ARI-02 al agua de subdrenaje (filtraciones) del depósito previo a su ingreso al sistema de tratamiento artesanal (lechada de cal); ARI-03, corresponde a la descarga luego de su tratamiento a un canal de tierra que llega al río Michiquillay; y ARI-05 corresponde a tierras afectadas superficialmente por drenaje ácido de mineral y desmonte de mina.

En la Figura 8.64 se muestra los valores de potencial de hidrógeno, donde se aprecia que los puntos ARI-03 y ARI-05, durante la temporada de estiaje se encontraron fuera del rango establecido en los Límites Máximos Permisibles (LMP) con un pH alcalino (9,71 unidades de pH) y ácido (3,43 unidades de pH), respectivamente. En cuanto a los caudales estos variaron entre 0,033 L/s en ARI-05 a 0,893 L/s en ARI-01.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

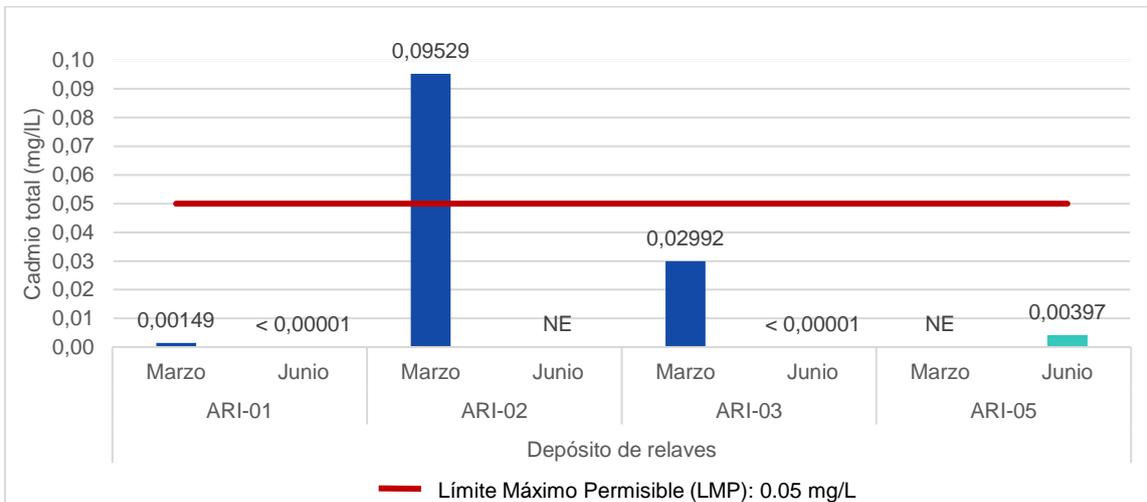


NE: No evaluado en la temporada correspondiente.

Nota: El punto ARI-02 es comparado referencialmente con los LMP, al no descargar al cuerpo receptor.

Figura 8.64. Valores de potencial de hidrógeno y caudal en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en agua residual industrial del depósito de relaves

En relación a los metales estos presentaron excedencias a los LMP para: cadmio, zinc y hierro disuelto en el punto ARI-02; cobre y zinc en el punto ARI-05; y zinc en el punto ARI-03 (Figuras 8.65 al 8.68). Los detalles de los resultados de metales se presentan en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

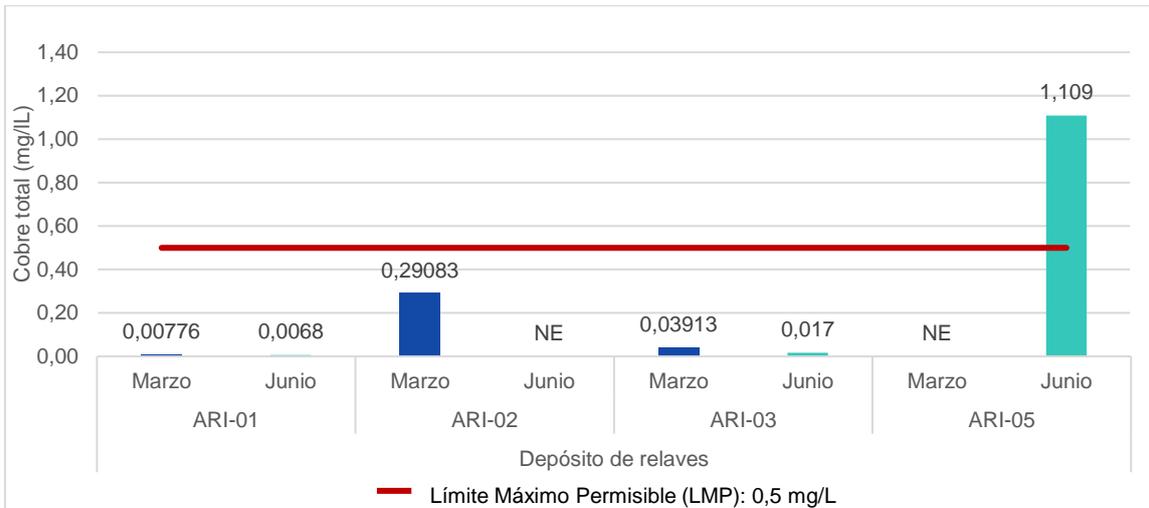


NE: No evaluado en la temporada correspondiente.

Nota: El punto ARI-02 es comparado referencialmente con los LMP, al no descargar al cuerpo receptor.

Figura 8.65. Concentraciones de cadmio total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en agua residual industrial del depósito de relaves

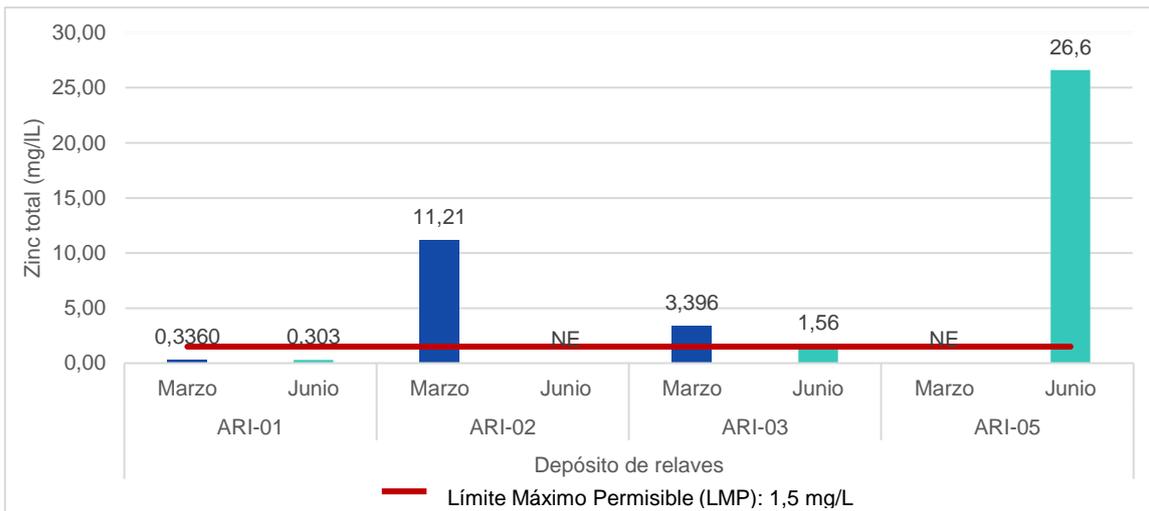
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



NE: No evaluado en la temporada correspondiente.

Nota: El punto ARI-02 es comparado referencialmente con los LMP, al no descargar al cuerpo receptor.

Figura 8.66 Concentraciones de cobre total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en agua residual industrial del depósito de relaves

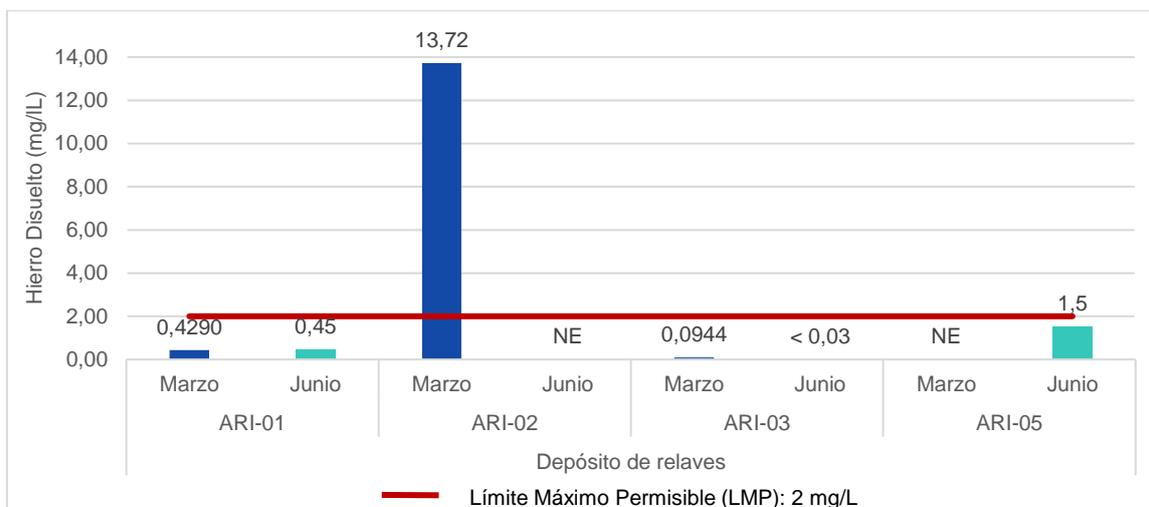


NE: No evaluado en la temporada correspondiente.

Nota: El punto ARI-02 es comparado referencialmente con los LMP, al no descargar al cuerpo receptor.

Figura 8.67 Concentraciones de zinc en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en agua residual industrial del depósito de relaves

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



NE: No evaluado en la temporada correspondiente.

Nota: El punto ARI-02 es comparado referencialmente con los LMP, al no descargar al cuerpo receptor.

Figura 8.68 Concentraciones de hierro disuelto en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en agua residual industrial del depósito de relaves

Comunidades hidrobiológicas

Se colectó una muestra de perifiton en una filtración del depósito de relaves (ARI-05) del sector de Michiquillay, en tierras afectadas por drenaje ácido de material de desmonte.

✓ Perifiton

El perifiton en esta filtración estuvo representado por 22 especies agrupadas en 5 phyla, 6 clases y 10 órdenes. El phylum Bacillariophyta presentó la mayor riqueza con 14 especies en tanto que los demás phyla registraron entre 1 a 4 especies. Respecto a los microorganismos sólo se encontraron 2 especies, *Trinema lineare* y *Centropyxis aculeata*, de los phyla Cercozoa y Amoebozoa respectivamente (Tabla 8.41). Los resultados del perifiton de esta filtración se presentan en el Anexo 7.

Tabla 8.41. Riqueza, abundancia e índices de diversidad alfa de la comunidad del perifiton (microalgas) registrados en el punto ARI-05

Phylum	ARI-05	
	S	N
Bacillariophyta	14	28500
Charophyta	1	850
Chlorophyta	4	3400
Euglenozoa	2	6000
Ochrophyta	1	2900
Riqueza de especies (S)	22	
Abundancia de individuos (N)	41650	
Equidad de Pielou (J')	0.8816	
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	3.931	
Dominancia de Simpson (λ)	0.09	

- **Bocamina Michiquillay «El Túnel»**

La muestra del efluente de la bocamina «El Túnel» (ARI-04), presentó un caudal constante de 19 L/s en ambas temporadas evaluadas. Los valores de potencial de hidrógeno se encontraron fuera del rango establecido en los Límites Máximos Permisibles (LMP) con un pH ácido (4,52 y 4,58 unidades), Figura 8.69.

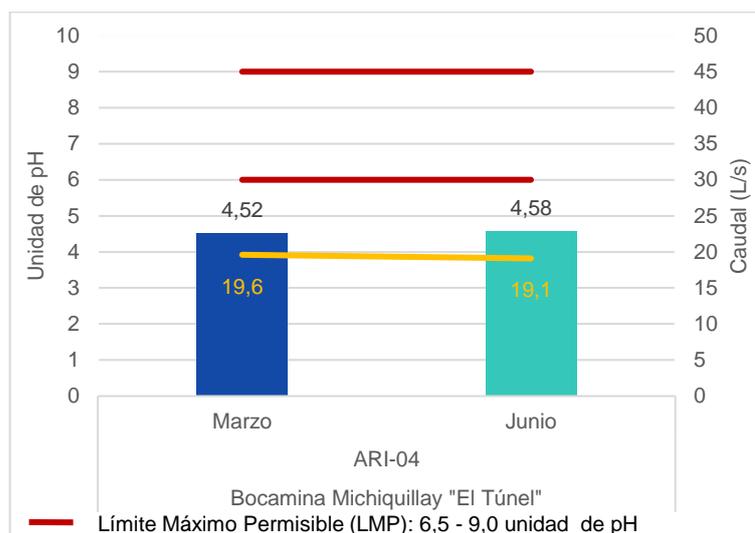


Figura 8.69 Valores de potencial de hidrógeno y caudal en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en agua residual industrial de la bocamina «El Túnel»

En relación a los metales estos presentaron excedencias a los LMP para cobre y hierro disuelto en el punto ARI-04 (Figura 8.70). El detalle de los resultados de metales se presentan en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

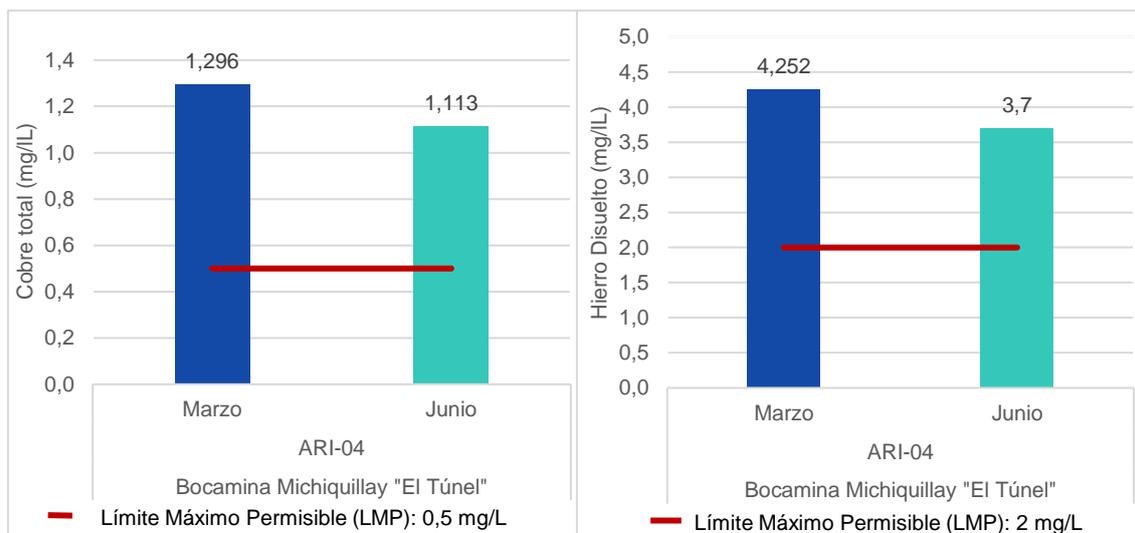


Figura 8.70 Concentraciones de cobre total y hierro disuelto en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en agua residual industrial de la bocamina Michiquillay

- **Hidroquímica**

- ✓ **Diagrama de Piper**

El agua residual industrial (ARI-02, ARI-03 y ARI-05) presentó facies hidroquímica de tipo sulfatada cálcica, en las temporadas de avenida y estiaje. En cambio, el agua de drenaje superficial de dicho depósito, presentó facies bicarbonatada cálcica, en ambas temporadas. Por otro lado, el efluente ARI-04 de la bocamina Michiquillay «El Túnel» presentó facies sulfatada cálcica en ambas temporadas evaluadas. Los datos para realizar estas gráficas se encuentran detallados en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

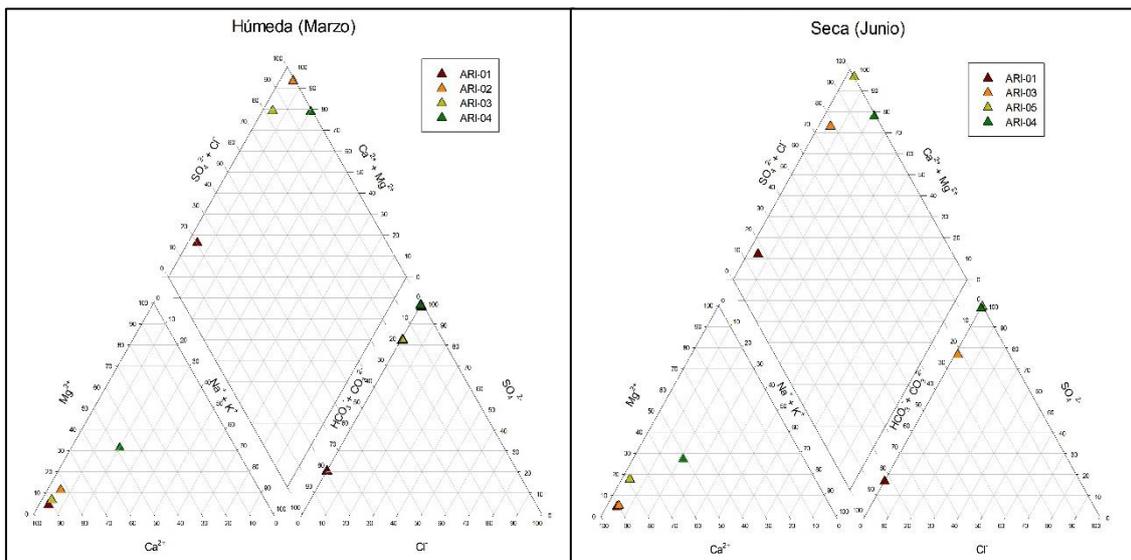
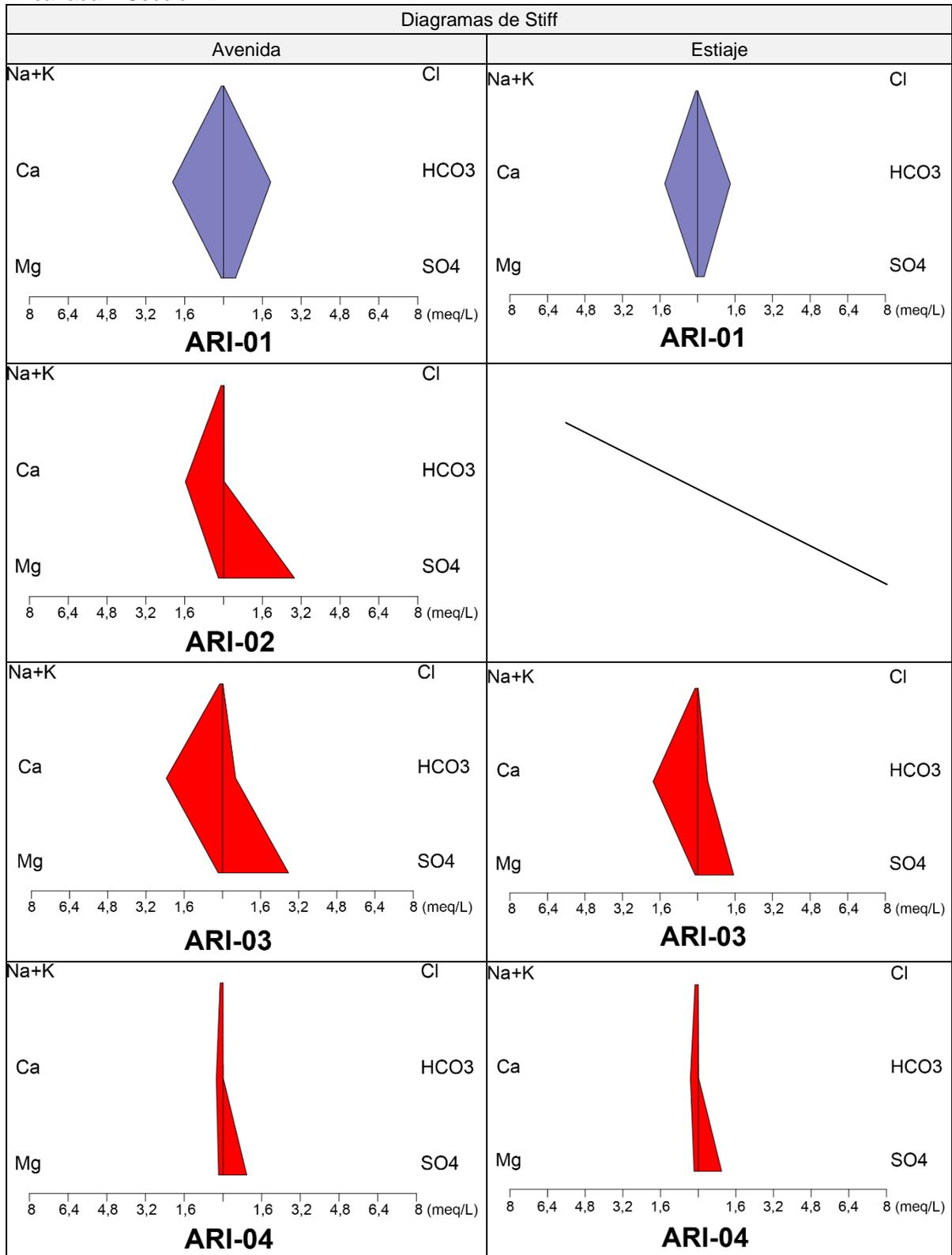


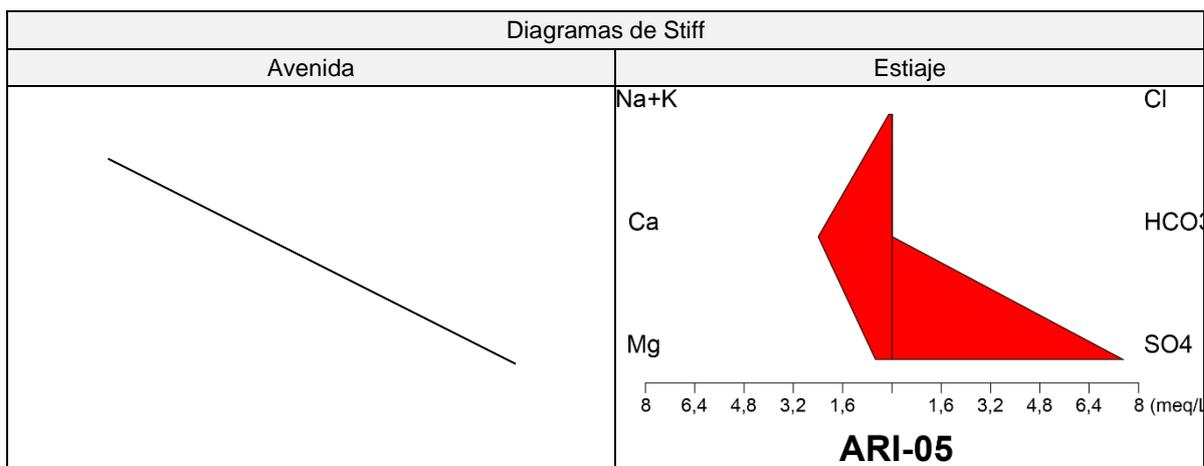
Figura 8.71. Diagrama de Piper en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en el agua residual industrial del depósito de relaves y efluente de bocamina en la microcuenca La Encañada – Sección 2

- ✓ **Diagrama de Stiff**

Los diagramas de Stiff muestran que las concentraciones de iones mayoritarios (Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+) en las muestras de agua superficial evaluados fueron de 0 a 7,49 meq/L (Figura 8.72).

Figura 8.72. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en el agua residual industrial del depósito de relaves y efluente de bocamina en la microcuenca La Encañada – Sección 2





8.1.3 Sección 3

Esta sección comprende un total de 13 puntos de muestreo de agua superficial ubicados en las quebradas Quinuamayo, La Toma, Jatunsacha, Las Nellas y el río Quinuamayo, 18 puntos en manantiales que aportan sus aguas a los cuerpos de agua referidos, a excepción del punto FMana1 que aporta a la quebrada Primer. Además, se incluyen 6 puntos distribuidos en las lagunas Brava 1, Brava 2 y Cochecorral. El sedimento solo fue evaluado en lagunas. Las comunidades hidrobiológicas de perifiton y macroinvertebrados bentónicos fueron evaluados en los mismos puntos de ríos y quebradas, de similar manera se evaluó las comunidades de plancton (fitoplancton y zooplancton) y macroinvertebrados bentónicos en lagunas (Figura 8.73).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

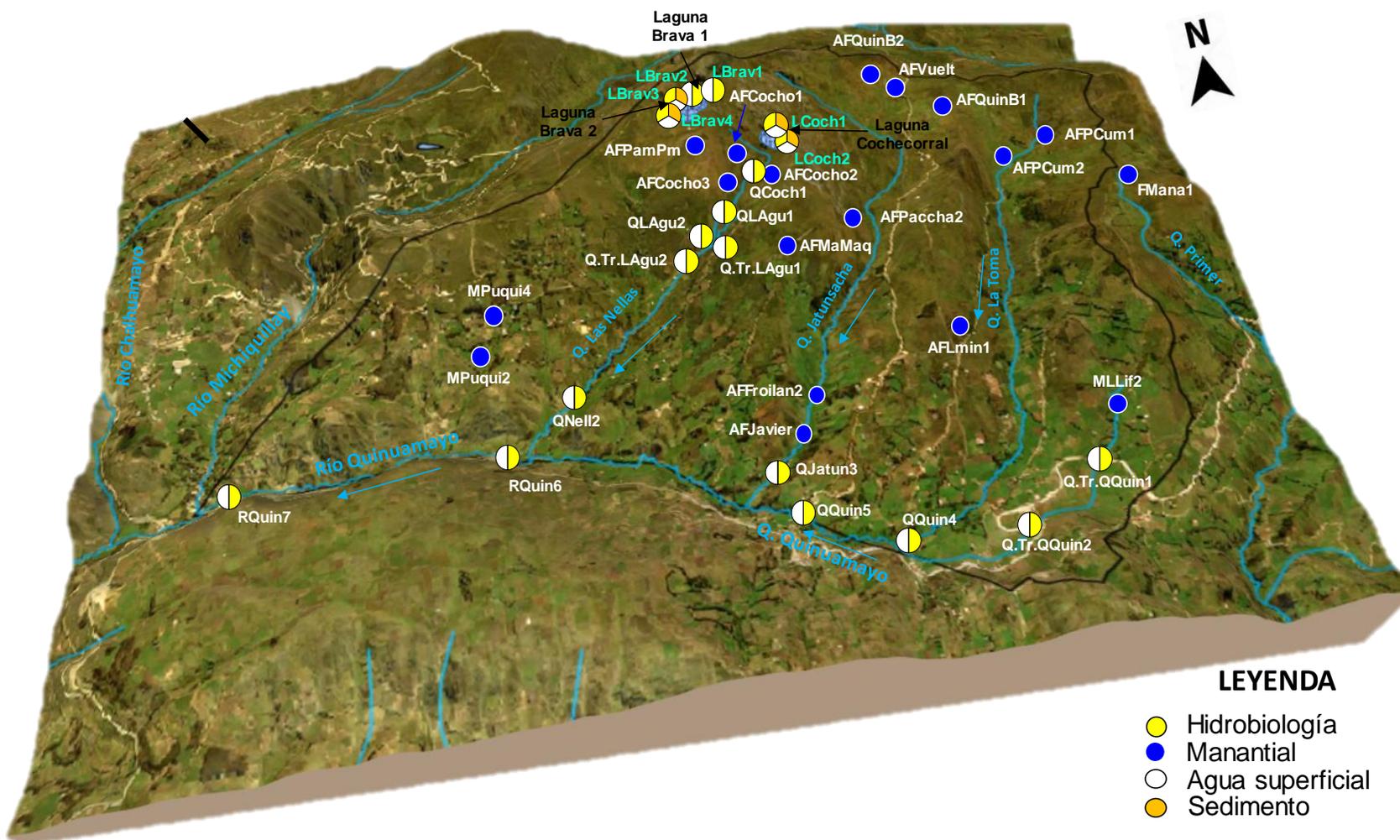


Figura 8.73. Distribución de puntos de evaluación en la sección 3 de la microcuenca La Encañada

Agua superficial

I. Ríos y quebradas

La evaluación en esta sección comprendió 13 puntos de muestreo, de los cuales 3 se ubicaron en la quebrada Quinuamayo (QQuin4) y tributarios (Q.Tr.QQuin1 y Q.Tr.QQuin2), 1 en la quebrada La Toma (QQuin4), 1 en la quebrada Jatunsacha (QJatun3), 4 en la quebrada Los Agujeros (QLAgu1 y QLAGu2) y tributarios (Q.Tr.QLAgu1 y Q.Tr.QLAgu2), 1 en la quebrada Cochecorral (QCoch1), 1 en la quebrada Las Nellas (QNell2) y 2 en el río Quinuamayo (RQuin6 y RQuin7).

De la comparación de resultados fisicoquímicos obtenidos en esta sección con los ECA para agua, categoría 3, el potencial de hidrógeno (pH) se encontró fuera del rango establecido en la norma referida, Tabla 8.42. Los resultados de los parámetros evaluados en esta sección se presentan en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

Tabla 8.42. Parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 en la microcuenca La Encañada - Sección 3

N.º	Cuerpo de agua	Punto de muestreo	ECA para agua			
			Categoría 3 (D1)		Categoría 3 (D2)	
			Avenida	Estiaje	Avenida	Estiaje
			Mar-19	Jun-19	Mar-19	Jun-19
1	Quebrada Quinuamayo	Q.Tr.QQuin1	-	-	-	-
2		Q.Tr.QQuin2	-	-	-	-
3	Quebrada La Toma	QQuin4	-	-	-	-
4	Quebrada Quinuamayo	QQuin5	-	-	-	-
5	Quebrada Jatunsacha	QJatun3	-	-	-	-
6	Quebrada Cochecorral	QCoch1	pH	pH	pH	pH
7	Quebrada Los Agujeros	QLAgu1	pH	pH	pH	pH
8		QLAgu2	pH	pH	pH	pH
9		Q.Tr.LAgu1	pH	pH	pH	pH
10		Q.Tr.LAgu2	pH	pH	pH	pH
11	Quebrada Las Nellas	QNell2	-	-	-	-
12	Río Quinuamayo	RQuin6	-	-	-	pH
13		RQuin7	-	-	-	-

El potencial de hidrógeno (pH) en el agua se encontró fuera del rango establecido en los ECA agua, Cat. 3 en los puntos ubicados en las quebradas Cochecorral (QCoch1) y Los Agujeros y sus tributarios (QLAgu1, QLAGu2, Q.Tr.QLAgu1 y Q.Tr.QLAgu2) durante las temporadas de avenida y estiaje (Figura 8.74).

Con relación a los metales y metaloides que podrían generar algún tipo de toxicidad o efectos adversos al ambiente como As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb y Zn, estos no superaron los ECA para agua categoría 3, reportándose bajas concentraciones e incluso por debajo del límite de detección del método del laboratorio, tal como se muestra en la Tabla 8.43.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

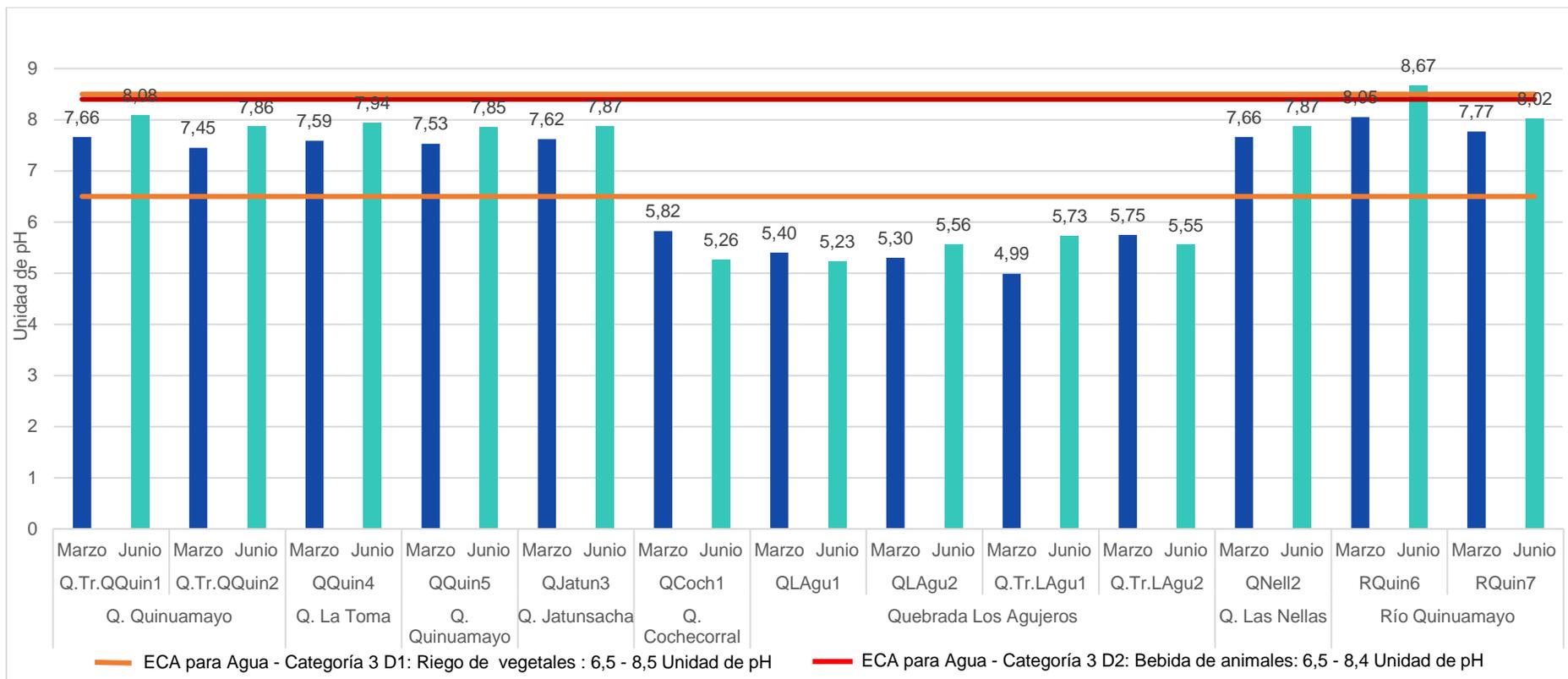


Figura 8.74 Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada – Sección 3

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Tabla 8.43. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada - Sección 3

Metales y Metaloides	Unidad	temporada evaluada				Cuerpo de agua asociado			
		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Arsénico (As)	mg/L	< 0,00003	0,00036	0,00104	0,0017	*	Q.Tr.LAgu1 y QNell2	QLAgu1	QLAgu2 y RQuin7
Cadmio (Cd)		< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	0,00005	<		-	Q.Tr.LAgu1
Cobalto (Co)		< 0,00001	0,00102	< 0,00003	0,00224	*	Q.Tr.LAgu1	RQuin6 y RQuin7	Q.Tr.LAgu1
Cromo (Cr)		< 0,0001	0,0008	< 0,001	< 0,001	*	Q.Tr.QQuin1	<	
Cobre (Cu)		< 0,00003	0,00606	< 0,0003	0,0111	Q.Tr.QQuin2	Q.Tr.LAgu1	Q.Tr.QQuin1 y Q.Tr.QQuin2,	Q.Tr.LAgu1
Hierro (Fe)		0,1196	0,4518	< 0,03	3,4	QCoch1	Q.Tr.QQuin1	RQuin7	Q.Tr.LAgu1
Mercurio (Hg)		< 0,00003	< 0,00003	< 0,00007	< 0,00007	<		<	
Manganeso (Mn)		0,00578	0,05327	0,00426	0,13684	Q.Tr.QQuin2	QNell2	RQuin7	QQuin5
Molibdeno (Mo)		< 0,00002	< 0,00002	< 0,00003	0,00008	<		-	Q.Tr.LAgu1
Níquel (Ni)		< 0,0002	0,0026	< 0,0009	0,0012	Q.Tr.QQuin1, Q.Tr.QQuin2, QQuin5, QCoch1, Q.Tr.LAgu2 y RQuin7	RQuin6	-	Q.Tr.LAgu1
Plomo (Pb)		< 0,0002	0,002	< 0,00006	0,00223	Q.Tr.QQuin2, QCoch1, QLAgu1, QNell2 y RQuin7	Q.Tr.QQuin1	RQuin7	Q.Tr.LAgu1
Zinc (Zn)		< 0,0100	0,0310	< 0,002	0,02	Q.Tr.QQuin1, Q.Tr.QQuin2, QLAgu1, Q.Tr.LAgu1 y RQuin7	QNell2	Q.Tr.QQuin2 y RQuin7	QJatun3

(-): El resto de puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

(*): La mayoría de puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

(<): Todos los puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

Fuente: Reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7)

En la Tabla 8.43 se observa que las mayores concentraciones de metales fueron reportadas en las quebradas Quinuamayo (Q.Tr.QQuin1), Los Agujeros (Q.Tr.QLAgu1) y Las Nellás (QNell2) en la temporada de avenida y principalmente en la quebrada Los Agujeros (Q.Tr.QLAgu1) temporada de estiaje.

• **Hidroquímica**

✓ **Diagrama de Piper**

El agua de ríos y quebradas de esta sección presentó facies hidroquímica de tipo bicarbonata cálcica, en las temporadas de avenida y estiaje (Figura 8.75), a excepción del punto Q.Tr.LAGu1 que varió de bicarbonatada cálcica en avenida a bicarbonatada sódico potásica en estiaje. Los datos para realizar estas gráficas se encuentran detallados en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

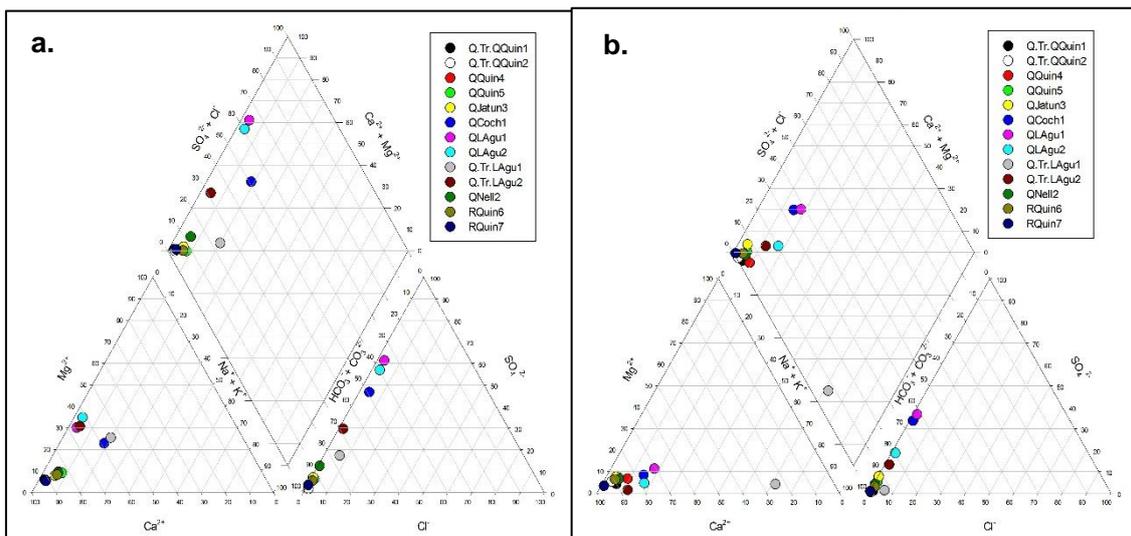
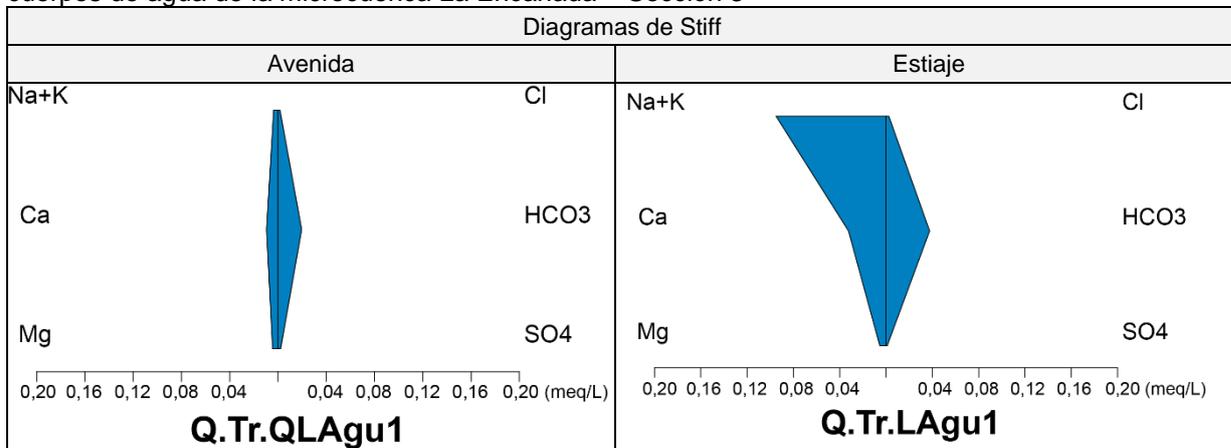


Figura 8.75. Diagrama de Piper por temporadas **a.** avenida (marzo) y **b.** estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada – Sección 3

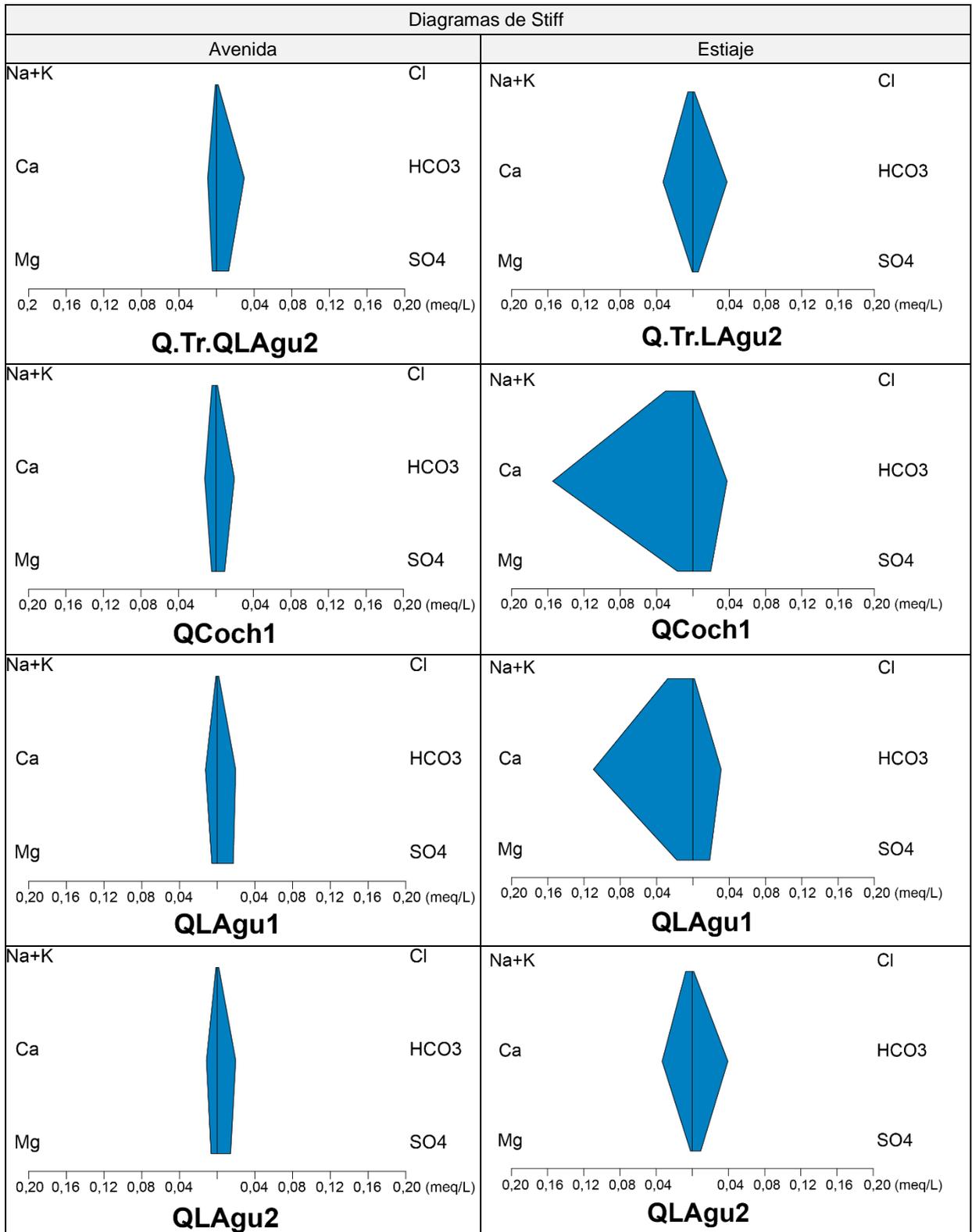
✓ **Diagrama de Stiff**

Los diagramas de Stiff muestran que las concentraciones de iones mayoritarios (Cl⁻, HCO₃⁻, CO₃²⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ y K⁺) en las muestras de agua superficial evaluados fueron de 0 a 3,64 meq/L (Figura 8.76).

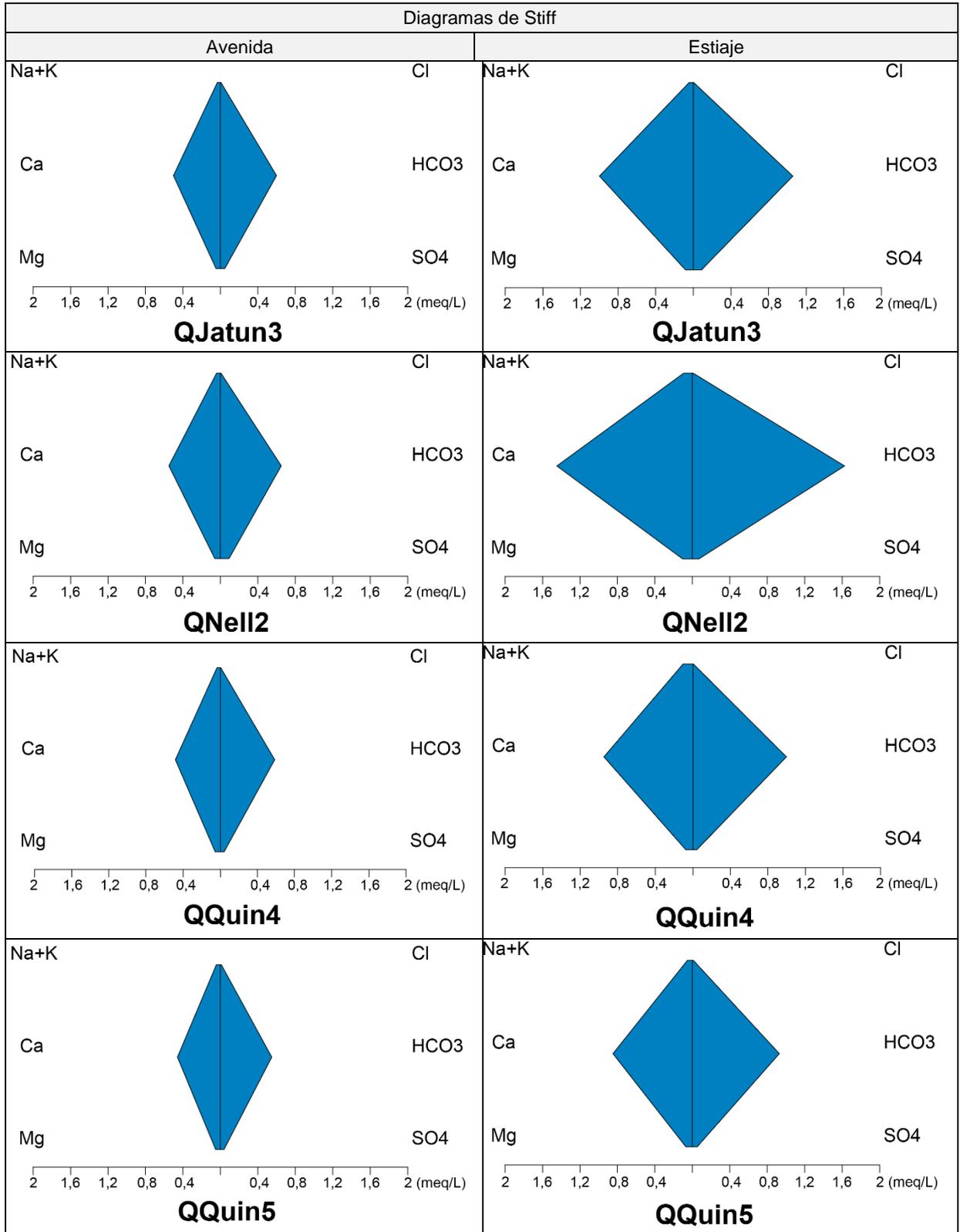
Figura 8.76. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada – Sección 3



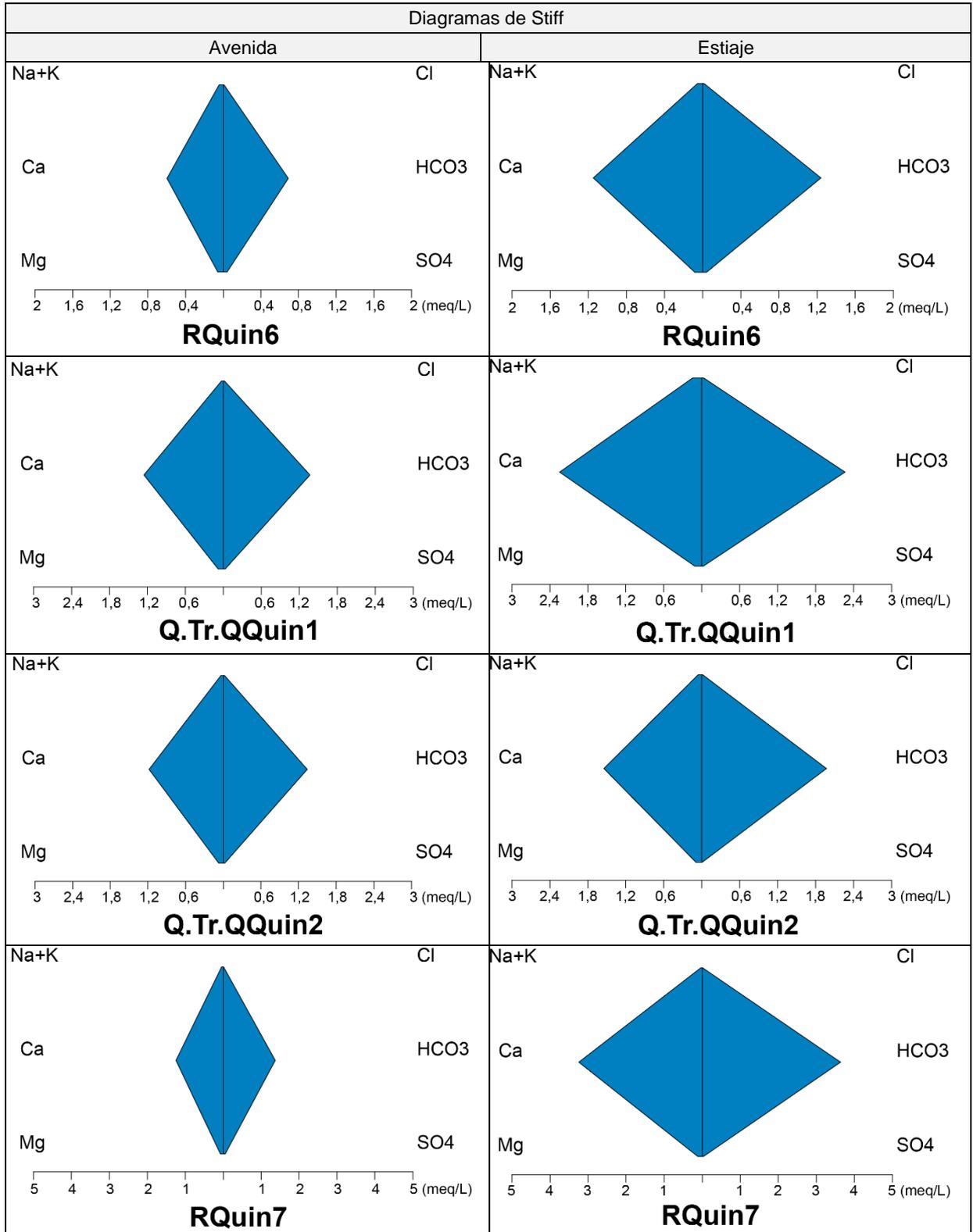
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



II. Lagunas

Esta sección comprendió 6 puntos de muestreo distribuidos en 3 lagunas: Brava 1 (LBrav1 y LBrav2), Brava 2 (LBrav3 y LBrav4) y Cochecorral (LCoch1 y LCoch2).

De la comparación entre los parámetros de campo, fisicoquímicos e inorgánicos (metales y metaloides) con los ECA para agua, categoría 4, el potencial de hidrógeno (pH) se encontró fuera del rango establecido en dicha norma, asimismo el nitrógeno total, mercurio y el fósforo excedieron los valores establecidos en la norma mencionada.

El potencial de hidrógeno (pH) se registró fuera del rango establecido en los ECA agua, Cat. 4, en todas las lagunas evaluadas durante la temporada de avenida y solo en las lagunas Brava 2 (LBrav4) y Cochecorral en la temporada de estiaje (Figura 8.77).

En cuanto a las concentraciones de nitrógeno total, estas superaron lo establecido en los ECA agua, Cat. 4, en todas las lagunas evaluadas en las temporadas de avenida y estiaje (Figura 8.78).

Respecto a las concentraciones de mercurio y fósforo, estas excedieron lo establecido en los ECA agua, Cat. 4, en la laguna Cochecorral (LCoch1) en la temporada de estiaje (Figuras 8.79 y 8.80).

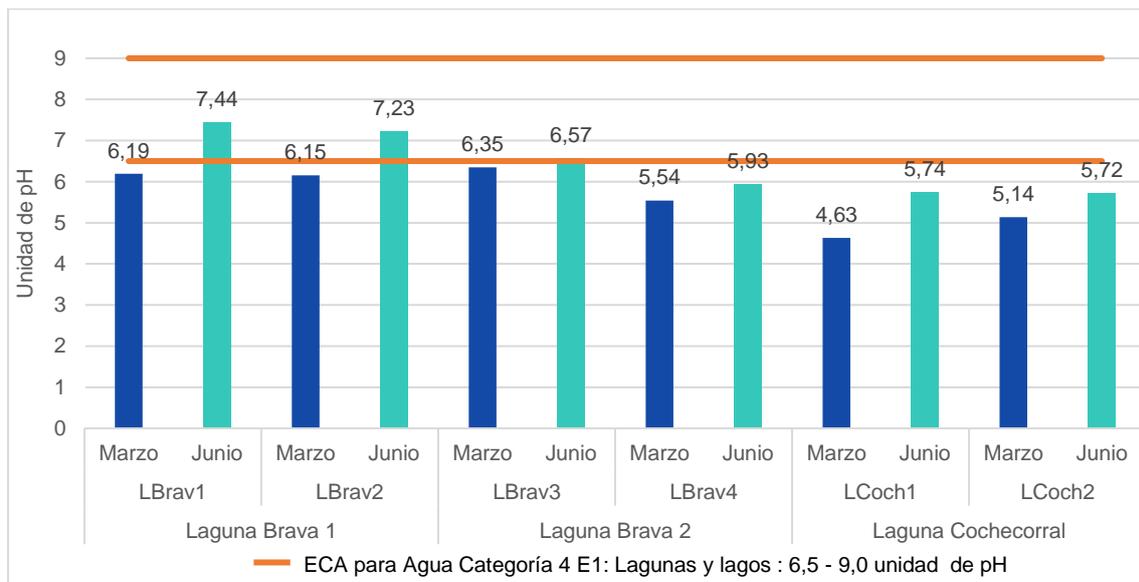


Figura 8.77. Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada – Sección 3

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

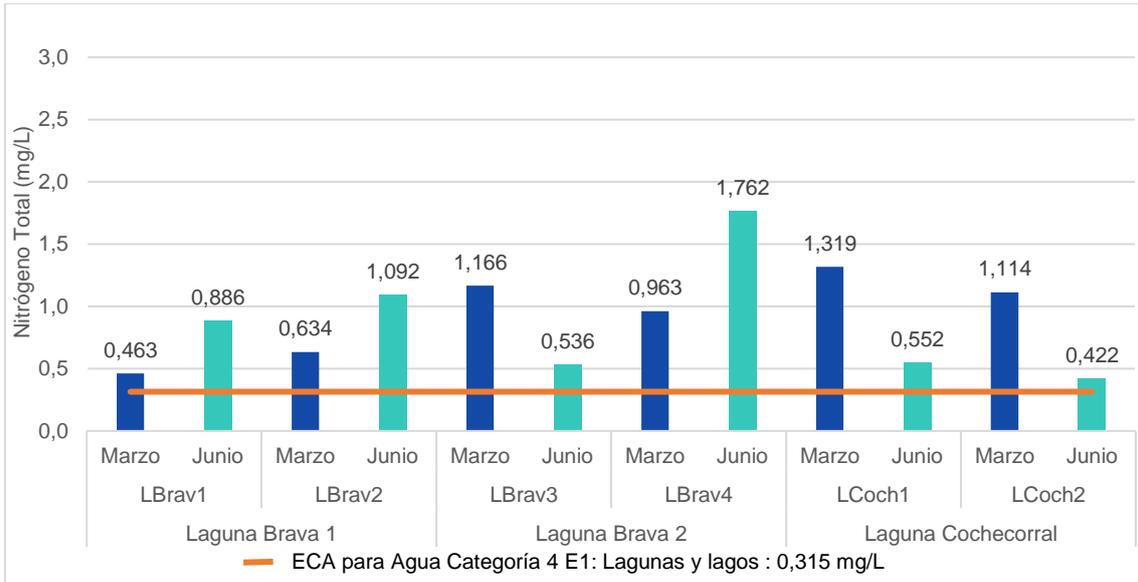


Figura 8.78. Concentraciones de nitrógeno total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada – Sección 3

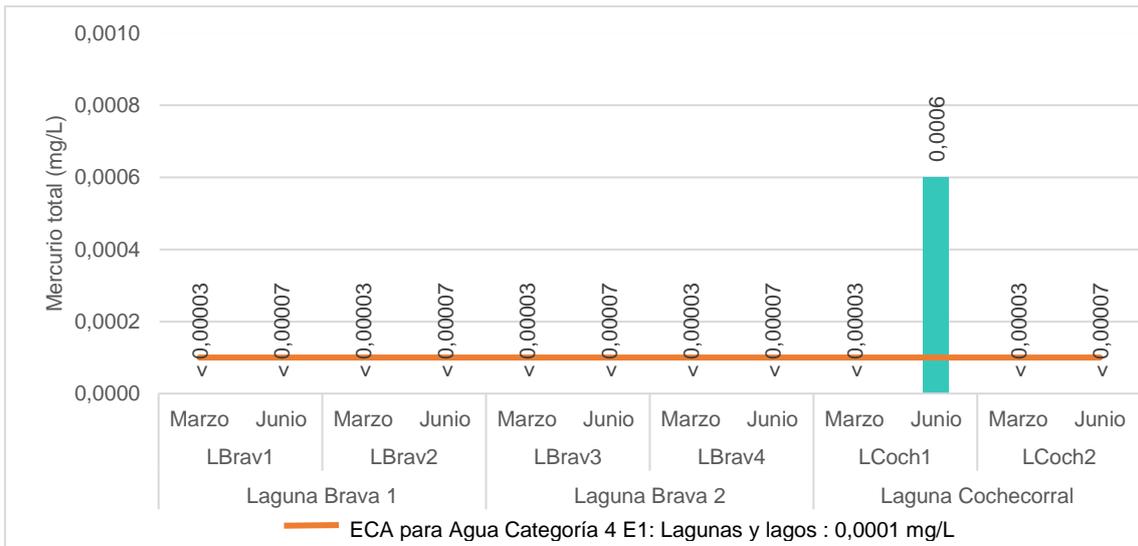


Figura 8.79. Concentraciones de mercurio total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada – Sección 3

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

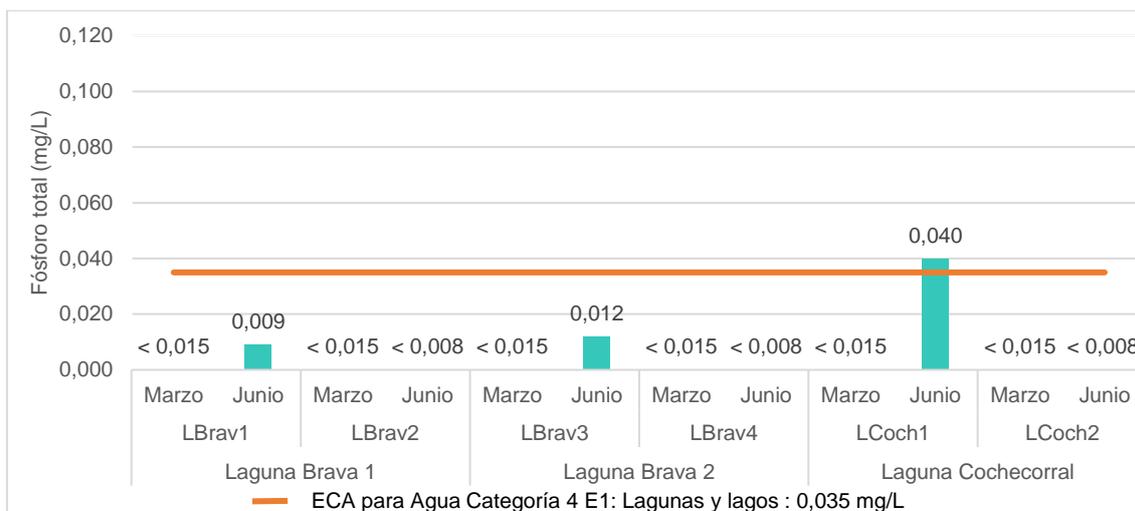


Figura 8.80. Concentraciones de fósforo total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada – Sección 3

Con relación a los metales y metaloides que podrían generar algún tipo de toxicidad o efectos adversos al ambiente como As, Cd, Co, Cr, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb y Zn, estos no superaron los ECA para agua categoría 4, reportándose bajas concentraciones e incluso por debajo del límite de detección del método del laboratorio, tal como se muestra en la Tabla 8.44.

Tabla 8.44. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en lagunas de la microcuenca La Encañada – Sección 3

Metales y Metaloides	Unidad	Temporada evaluada				Cuerpo de agua asociado			
		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Arsénico (As)	mg/L	< 0,00003	0,00044	0,00104	0,00544	*	LCoch1	LBrav4	LBrav3
Cadmio (Cd)		< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	<		<	
Cobalto (Co)		< 0,00001	0,00030	< 0,00003	0,00018	LBrav3 y LBrav4	LCoch1	*	LCoch1
Cromo (Cr)		< 0,0001	0,0006	< 0,001	< 0,001	-	LBrav4	<	
Cobre (Cu)		0,00168	0,00571	0,0009	0,0042	LBrav2	LCoch2	LBrav1, LBrav2 y LBrav4	LCoch2
Hierro (Fe)		0,0668	0,2996	0,03	0,42	LBrav2	LCoch1	LBrav4	LCoch2
Mercurio (Hg)		< 0,00003	< 0,00003	< 0,00007	0,0006	<		-	LCoch1
Manganeso (Mn)		0,00896	0,03731	0,00576	0,02991	LBrav3	LBrav1	LBrav4	LBrav2
Molibdeno (Mo)		< 0,00002	< 0,00002	< 0,00003	< 0,00003	<		<	
Níquel (Ni)		< 0,0002	0,0005	< 0,0009	< 0,0009	-	LCoch1	<	
Plomo (Pb)		< 0,0002	0,0006	< 0,00006	0,0003	*	LCoch1	*	LCoch1
Zinc (Zn)		< 0,0100	0,0184	0,003	0,014	*	LCoch2	LBrav2	LBrav1 y LBrav4

(-): El resto de puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

(*): La mayoría de puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

(<): Todos los puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

Fuente: Reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7)

En la Tabla 8.44 se observa que las mayores concentraciones de metales fueron reportadas principalmente en la Laguna Cochecorral (LCoch1 y LCoch2) en las temporadas de avenida y estiaje.

- **Hidroquímica**

- ✓ **Diagrama de Piper**

El agua de las lagunas Brava 1 presentó facies de tipo bicarbonatada sódico potásica, en ambas temporadas, Brava 2 fue de tipo bicarbonatada cálcica en temporada de avenida y bicarbonatada sódico potásica en estiaje. En cuanto a la laguna Cochecorral, esta presentó facies de tipo bicarbonatada cálcica en temporada de avenida y bicarbonatada sódico potásica en estiaje, estas variaciones hidroquímicas pueden ser atribuidas a las bajas concentraciones de iones mayoritarios, obtenidos en estas lagunas. Los datos para realizar estas gráficas se encuentran detallados en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

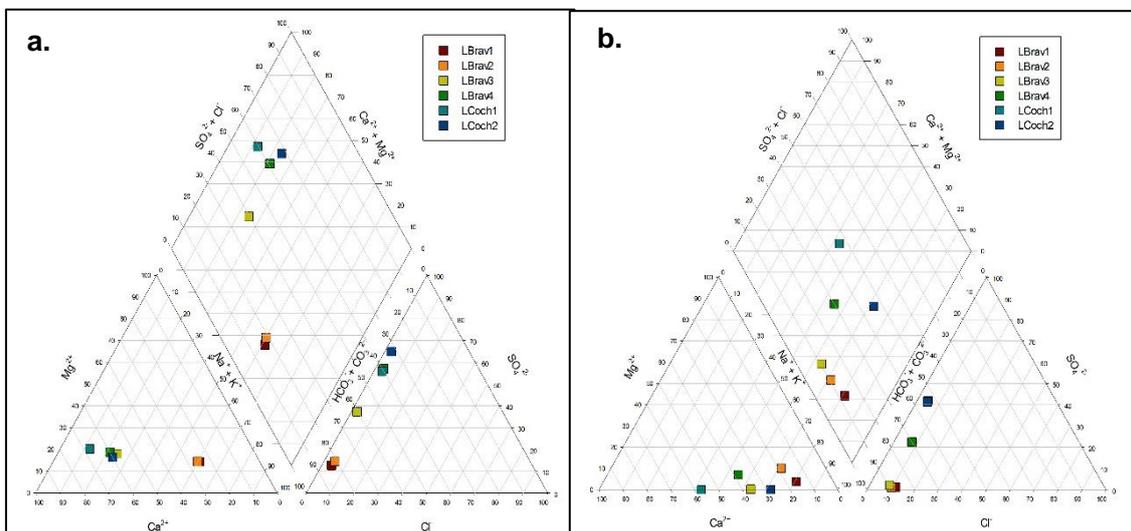
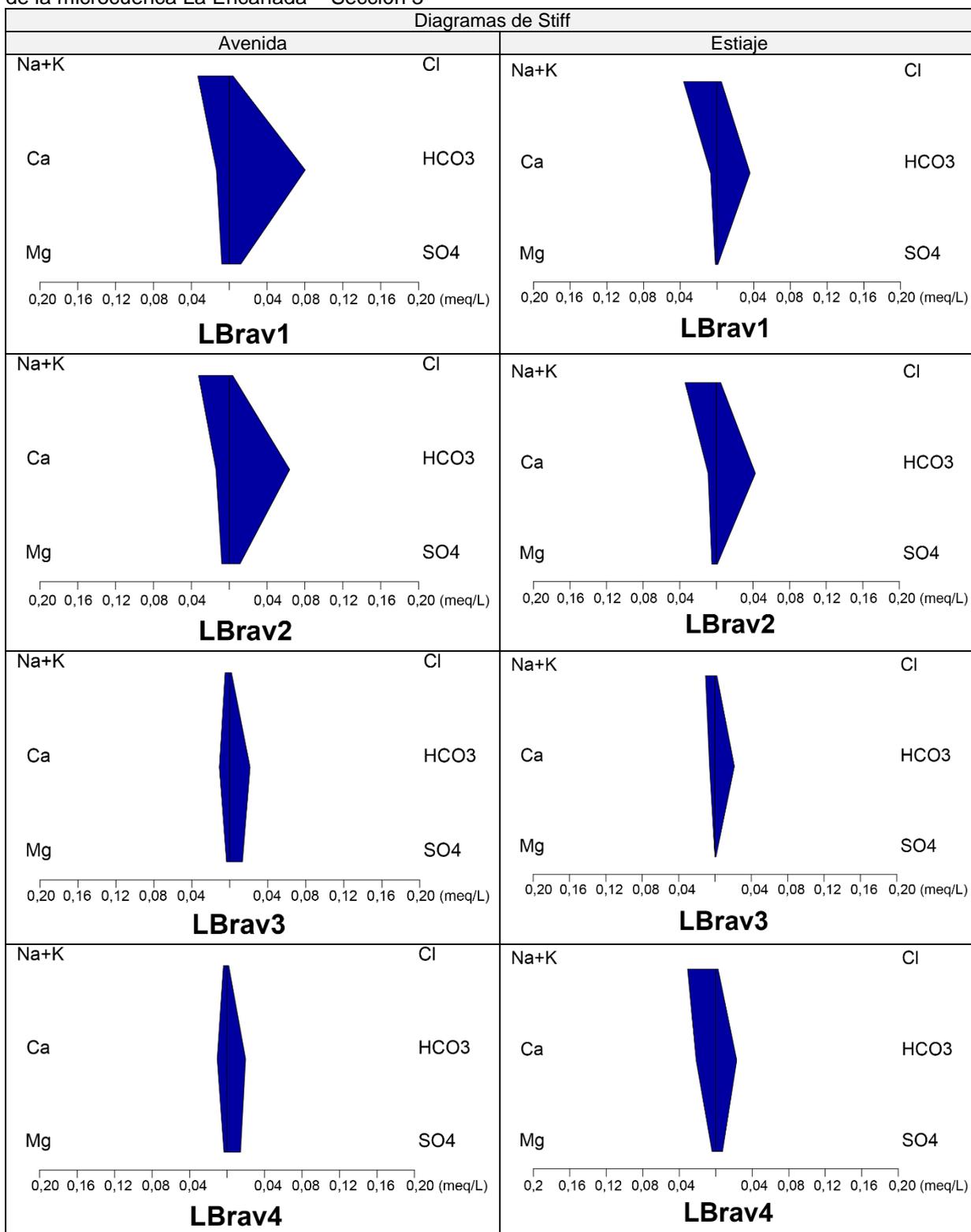


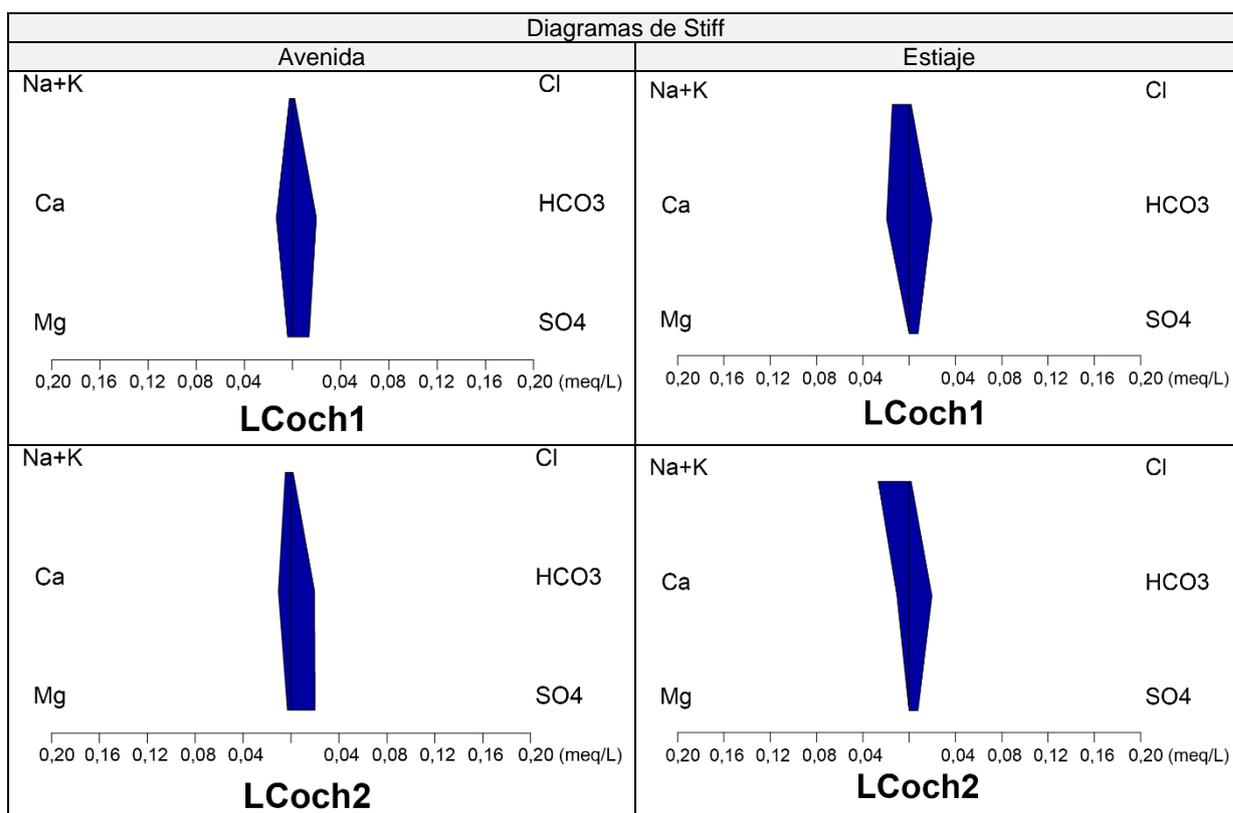
Figura 8.81. Diagrama de Piper por temporada **a.** avenida (marzo) y **b.** estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada – Sección 3

- ✓ **Diagrama de Stiff**

Los diagramas de Stiff muestran que las concentraciones de iones mayoritarios (Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+) en las muestras de agua superficial evaluados fueron de 0 a 0,08 meq/L (Figura 8.82).

Figura 8.82. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada – Sección 3





III. Manantiales

En esta sección se presenta los resultados de 18 manantiales de los cuales 2 estuvieron sin flujo en la temporada de estiaje, los mismos que se distribuyen en el área hidrográfica de las quebradas Quishuar, Quinuamayo, La Toma, Jatunsacha y Las Nellas, en los sectores Progreso La Toma, Quinuamayo Alto y Bajo, Tuyupampa y Pampa Grande de la comunidad campesina de Michiquillay.

De la comparación de resultados con los ECA para agua, categoría 3, los parámetros que superaron la referida norma fueron oxígeno disuelto (OD) y potencial de hidrógeno (pH). Referente a la concentración de OD, las aguas subterráneas se caracterizan por presentar bajas concentraciones de oxígeno disuelto a causa de su baja interacción con la atmósfera y la acción fotosintética; por ello no se considerará este parámetro (Tabla 8.45).

Tabla 8.45. Parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 en la microcuenca La Encañada – Sección3

N.º	Cuerpo de agua**	Punto de muestreo	ECA para agua ¹			
			Categoría 3 (D1)		Categoría 3 (D2)	
			Avenida	Estiaje	Avenida	Estiaje
			Mar-19	Jun-19	Mar-19	Jun-19
1	Quishuar	FMana1	pH	pH	pH	pH
2	Los Lifes	MLLif2	-	-	-	-
3	Pampa del Cumbe	AFPCum1	pH	pH	pH	pH
4		AFPCum2	pH	pH	pH	pH
5	La Mina	AFLmin1	pH	*	pH	*
6	Quinuamayo	AFQuinB2	-	-	-	-
		AFQuinB1	pH	pH	pH	pH
7	Las Vueltas	AFVuel1	-	pH	-	pH
9	Froilan	AFFroilan2	-	-	-	-

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

N.º	Cuerpo de agua**	Punto de muestreo	ECA para agua ¹			
			Categoría 3 (D1)		Categoría 3 (D2)	
			Avenida	Estiaje	Avenida	Estiaje
			Mar-19	Jun-19	Mar-19	Jun-19
10	Javier	AFJavier	pH	pH	pH	pH
11	Paccha	AFPaccha2	pH	pH	pH	pH
12	Maque	AFMaMaq	pH	pH	pH	pH
13	Cohecorral	AFCocho1	pH	pH	pH	pH
14		AFCocho2	pH	pH	pH	pH
15		AFCocho3	pH	pH	pH	pH
16	Pampa de la Piedra Mesa	AFPamPm	pH	*	pH	*
17	Puquio	MPuqui4	pH	pH	pH	pH
18		MPuqui2	-	-	-	-

(-): No excede la norma referida.

(*): Sin flujo en la temporada

(**): Nombre local de los manantiales

pH: Potencial de hidrógeno y OD: Oxígeno disuelto

(1): ECA agua 2017: Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias

El potencial de hidrógeno (pH) en el agua de los manantiales se registró fuera del rango establecido en los ECA para agua, Cat. 3, con características ácidas en los manantiales Quishuar (FMana1), Pampa del Cumbe (AFPCum1), Quinuamayo (AFQuinB1), Javier (AFJavier), Paccha (AFPaccha2), Maque (AFMaMaq), Cohecorral (AFCocho1, AFCocho2 y AFCocho3) y Puquio (MPuqui4) en ambas temporadas, en los manantiales La Mina (AFLmin1) y Pampa de la Piedra Mesa (AFPamPm) en la temporada de avenida y los manantiales Pampa del Cumbe (AFPCum2) y Las Vueltas (AFVuel) en temporada de estiaje (Figura 8.83 y 8.84).

Con relación a los metales y metaloides que podrían generar algún tipo de toxicidad o efectos adversos al ambiente como As, Cd, Co, Cr, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb y Zn, estos no superaron los ECA para agua categoría 4, reportándose bajas concentraciones e incluso por debajo del límite de detección del método del laboratorio, tal como se muestra en la Tabla 8.46.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

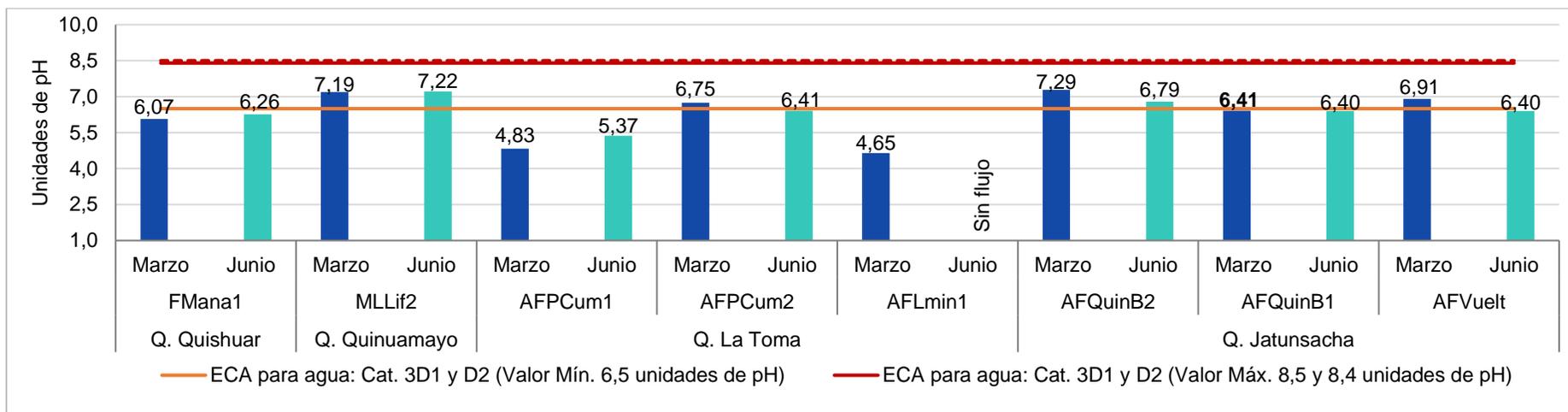


Figura 8.83. Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 3

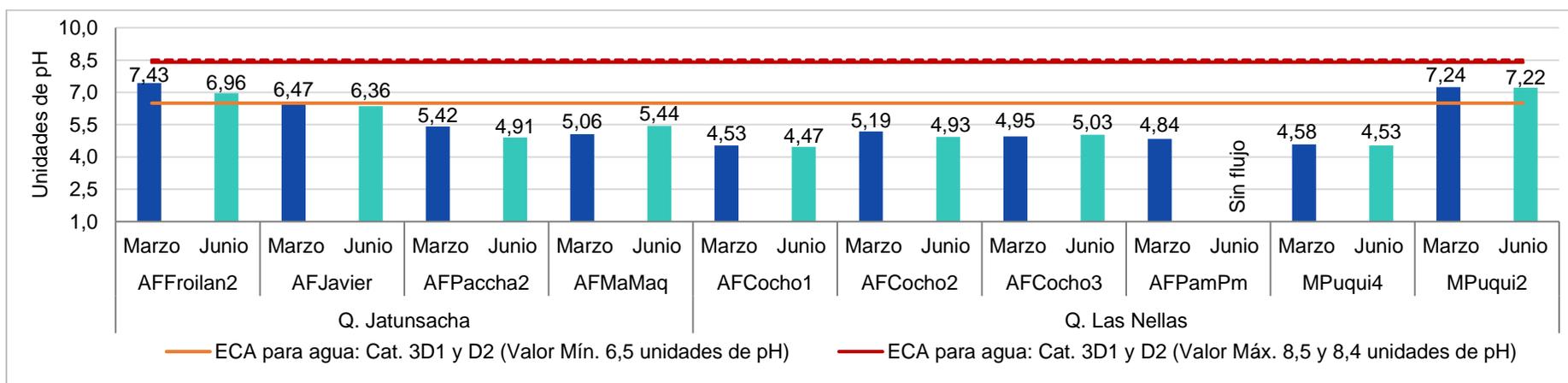


Figura 8.84. Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 3

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Tabla 8.46. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 3

Metales y Metaloides	Unidad	Temporada evaluada				Punto de muestreo de agua asociado			
		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Arsénico (As)	mg/L	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00004	0,00065	<LD		*	AFJavier
Cadmio (Cd)		< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	0,00019	<LD		-	AFCocho1
Cobalto (Co)		< 0,00001	0,00274	< 0,00003	0,00271	*	AFCocho1	*	AFCocho1
Cobre (Cu)		< 0,00003	0,00660	< 0,0003	0,0037	*	AFPamPm	*	MPuqui4
Cromo (Cr)		< 0,0001	< 0,0001	< 0,001	< 0,001	<LD		<LD	
Hierro (Fe)		< 0,0004	0,2249	< 0,03	1,30	AFMaMaq, AFCocho1, AFCocho2, AFCocho3 y MPuqui4	AFPCum2	FMana1, AFMaMq, AFCocho1, AFCocho2, AFCocho3 y MPuqui4	AFPCum1
Manganeso (Mn)		0,00123	0,04161	0,0012	0,05011	AFLmin1	AFCocho1	FMana1	AFPCum1
Mercurio (Hg)		< 0,00003	< 0,00003	< 0,00007	< 0,00007	<LD		< LD	
Molibdeno (Mo)		< 0,00002	< 0,00002	< 0,00003	< 0,00003	<LD		< LD	
Níquel (Ni)		< 0,0002	0,0019	< 0,0009	0,0035	*	AFCocho1 y AFCocho2	*	AFJavier
Plomo (Pb)		< 0,0002	0,0032	< 0,00006	0,00363	*	AFCocho1	FMana1, MLLif2, AFPCum2, AFQuinB2, AFFroilan2 y AFMaMq	AFCocho1
Zinc (Zn)		< 0,0100	0,0272	< 0,002	0,036	*	AFCocho1	FMana1 y AFQuinB2	AFCocho1

(-): El resto de puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

(*): La mayoría de puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

(<): Todos los puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

Fuente: Reportes de resultados N.° 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7)

En la Tabla 8.46 se observa que las mayores concentraciones de metales fueron reportadas principalmente en el manantial AFCocho1 en las temporadas de avenida y estiaje.

• **Hidroquímica**

✓ **Diagrama de Piper**

El agua de las lagunas Brava 1 presentó una facie de tipo bicarbonatada sódico potásica, en ambas temporadas, Brava 2 fue de tipo bicarbonatada cálcica en temporada de avenida y bicarbonatada sódico potásica en estiaje. En cuanto a la laguna Cochecorral, esta presentó una facie hidroquímica de tipo sulfatada cálcica en temporada de avenida y bicarbonatada sódico potásica en estiaje, esta variación puede ser atribuida a las bajas concentraciones de iones mayoritarios, obtenidas en esta laguna (Figura 8.85). Los datos para realizar estas gráficas se encuentran detallados en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

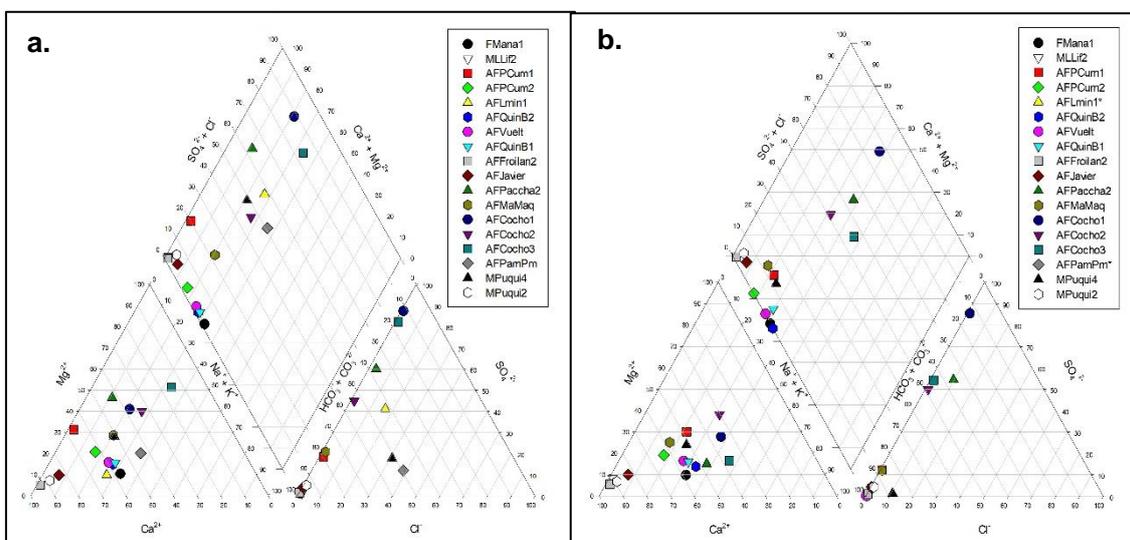
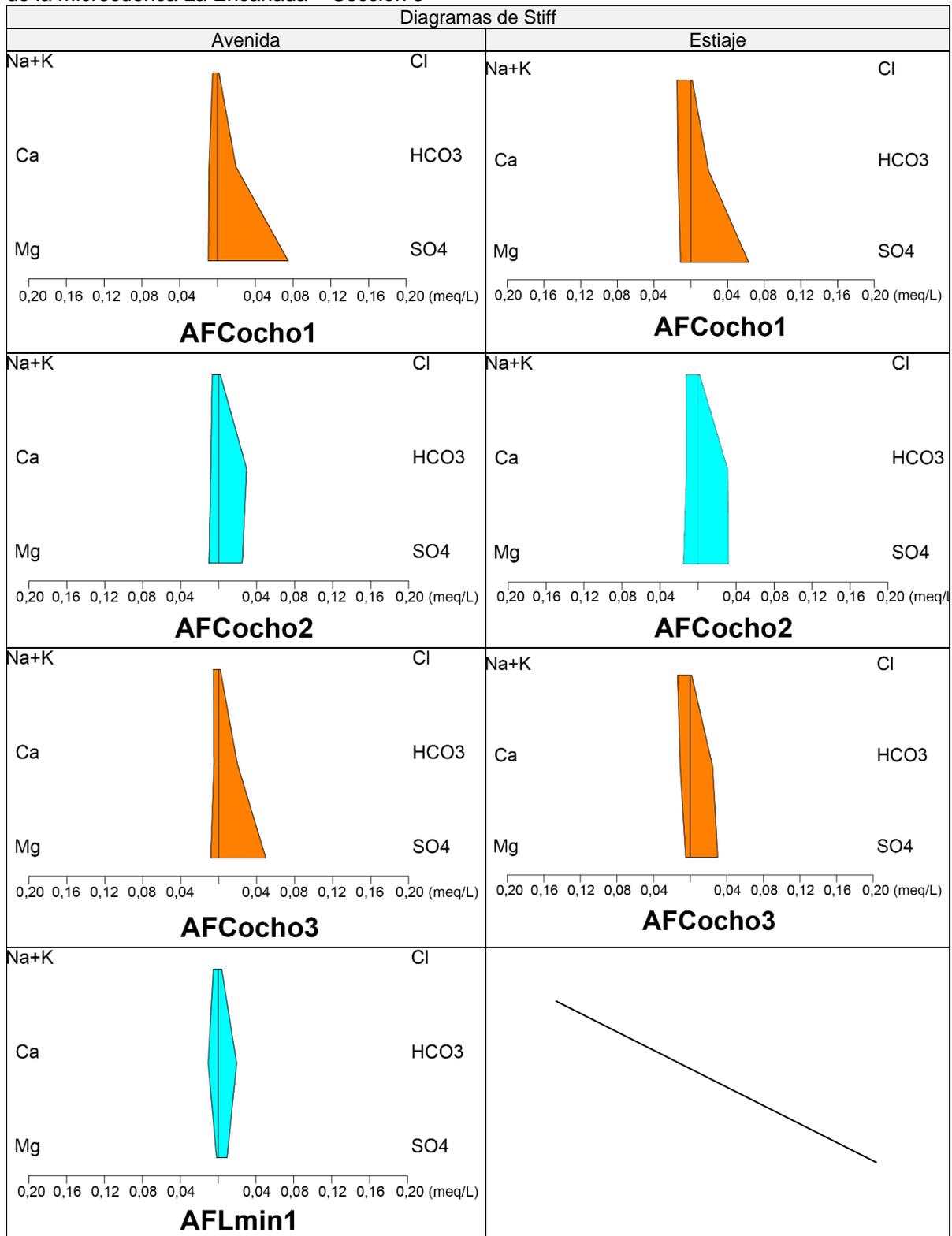


Figura 8.85. Diagrama de Piper por temporada **a.** avenida (marzo) y **b.** estiaje (junio) en manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 3

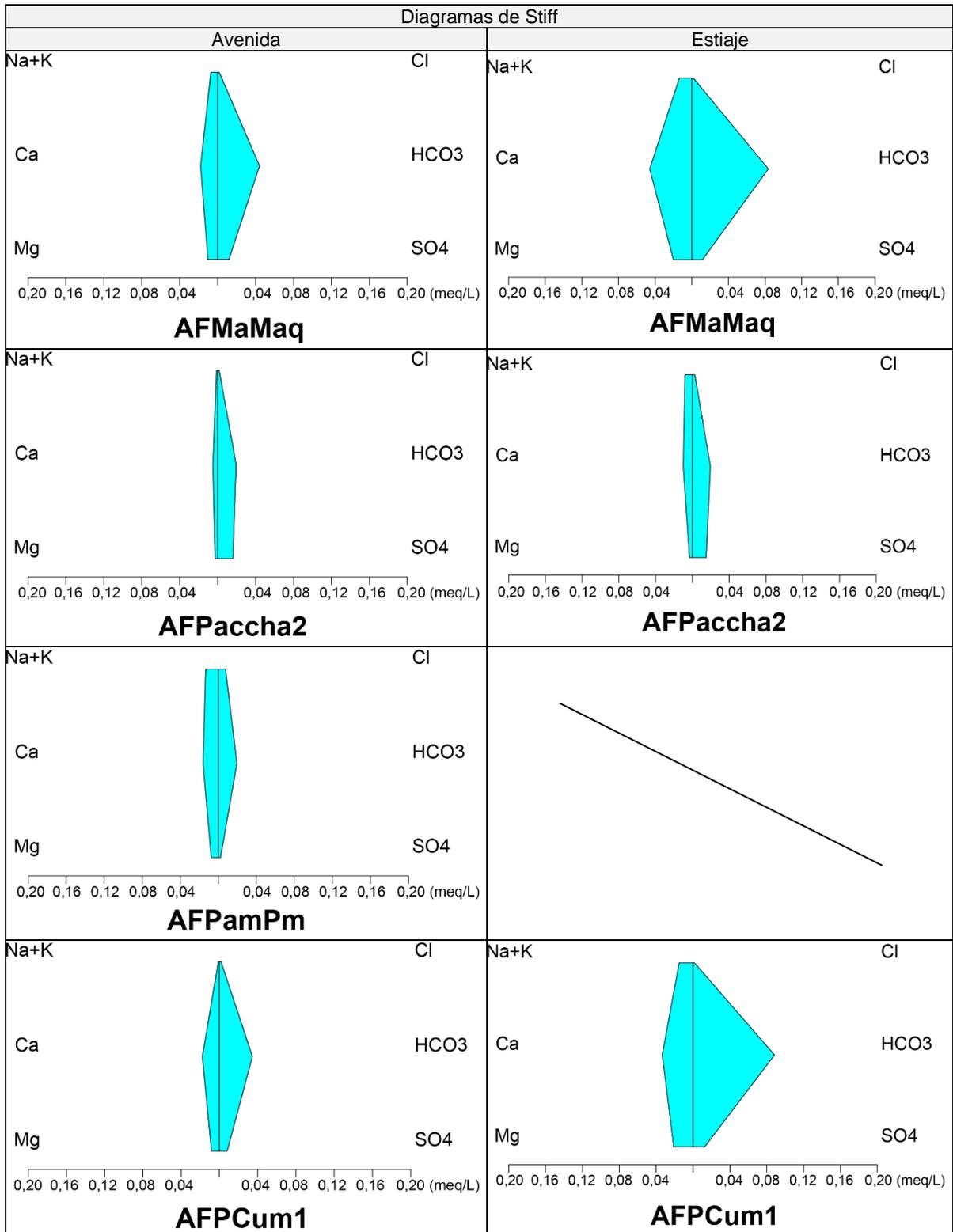
✓ **Diagrama de Stiff**

Los diagramas de Stiff muestran que las concentraciones de iones mayoritarios (Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+) en las muestras de agua superficial evaluados fueron de 0 a 3,1 meq/L (Figura 8.86).

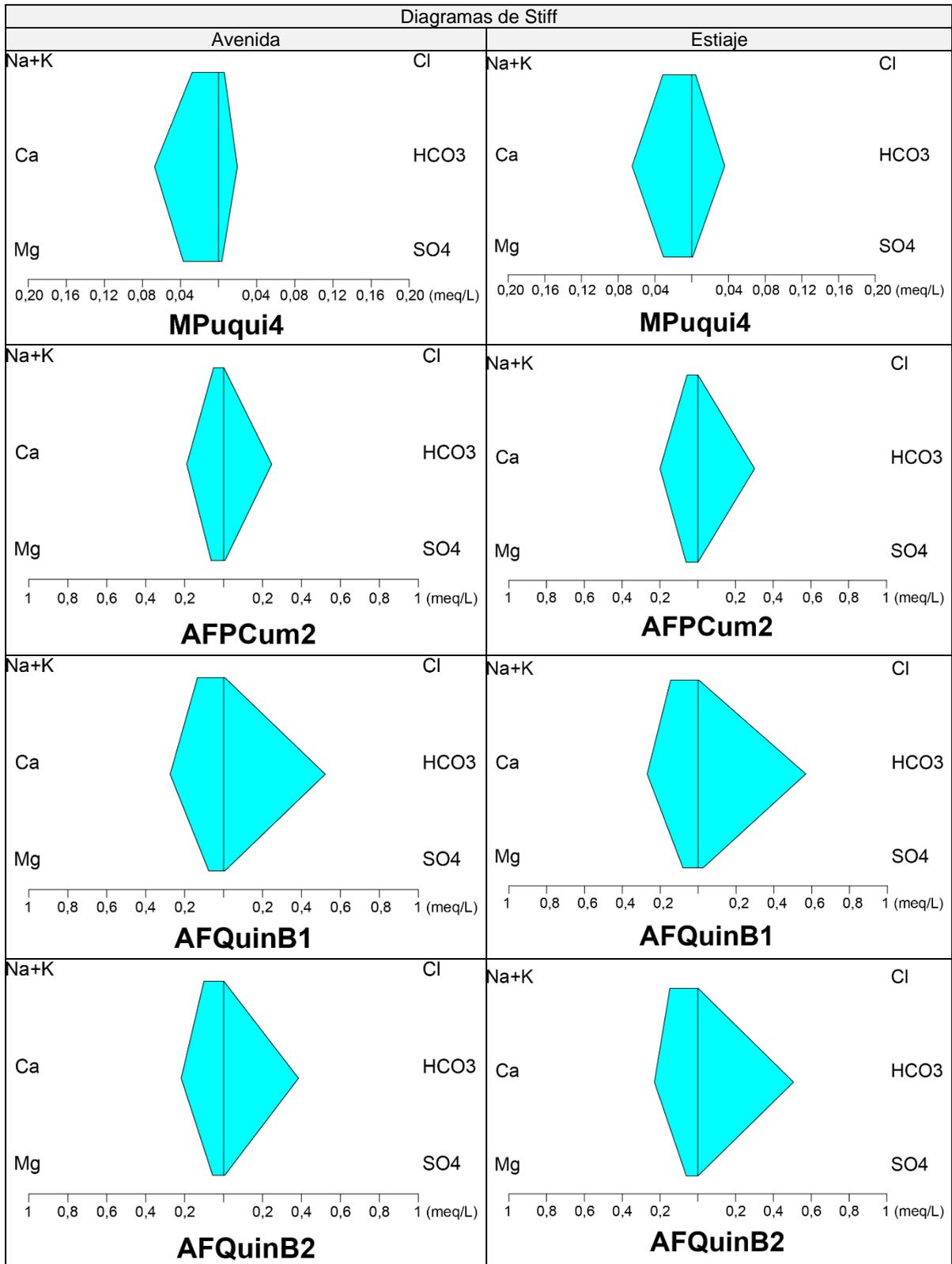
Figura 8.86. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada – Sección 3



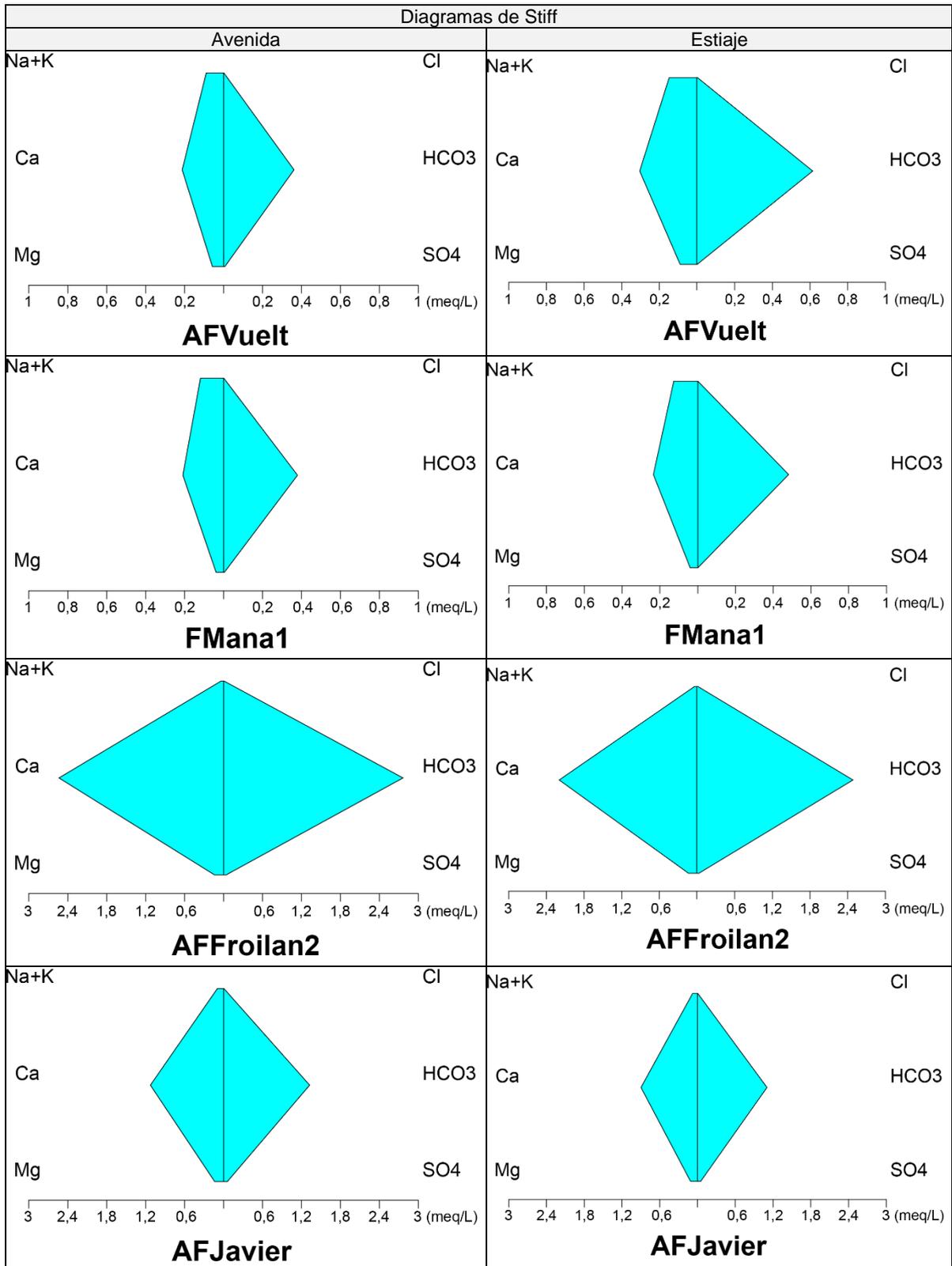
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

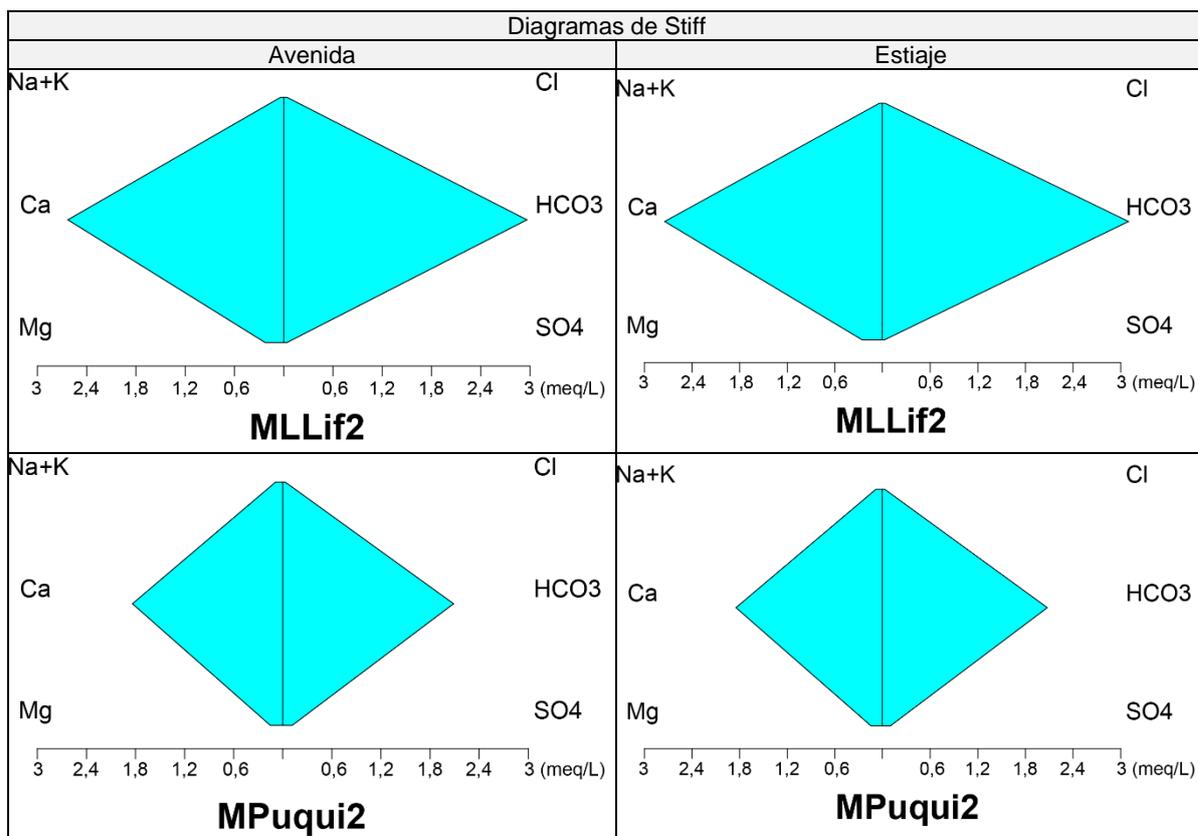


Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad





Sedimento

En esta sección comprendió las lagunas Brava 2 y Cochecorral. Cabe precisar que no se colectó muestras de sedimento en la laguna Brava 1 al presentar un sustrato rocoso. Estas lagunas presentaron un sedimento con pH ácido que varió entre 3,8 y 4,74 unidades de pH. El porcentaje de materia orgánica presentó un valor mínimo de 4,4, y un máximo de 22,4, los mayores porcentajes fueron obtenidos en la laguna Brava 2. Las concentraciones de sulfatos fluctuaron entre 305 y 1926 mg/kg, reportándose las mayores concentraciones en la laguna Cochecorral (Tabla 8.47).

En el sedimento de las lagunas muestra generalmente similares proporciones de arena y limo en su composición, mientras que las fracciones de arcilla se hallaron en menor cantidad, teniendo como clase textural predominante a la Franca (Tabla 8.47).

Tabla 8.47. Valores de pH, materia orgánica, sulfatos y textura en sedimento de lagunas de la microcuenca La Encañada - Sección 3

Punto de muestreo	Temporada	Mes	Laguna	pH	Materia orgánica (%)	Sulfatos (mg/kg) PS	Textura (%)			Clase textural
							Arena	Limo	Arcilla	
LBrav3	Avenida	Marzo	Brava 2	3,93	8	346	30	45	25	Franca
	Estiaje	Junio		3,97	22,40	560	40	40	20	Franca
LBrav4	Avenida	Marzo		4,2	4,2	305	30	40	30	Franco Arcilloso
	Estiaje	Junio		3,8	10,50	601	35	45	20	Franca
LCoch1	Avenida	Marzo	Cochecorral	4,25	4,4	613	30	40	30	Franco Arcilloso
	Estiaje	Junio		4,47	11,4	1063	40	45	15	Franca

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Punto de muestreo	Temporada	Mes	Laguna	pH	Materia orgánica (%)	Sulfatos (mg/kg) PS	Textura (%)			Clase textural
							Arena	Limo	Arcilla	
LCoch2	Avenida	Marzo		4,74	8,8	710	35	40	25	Franca
	Estiaje	Junio		4,7	16,00	1926	60	30	10	Franco Arenoso

En cuanto a las concentraciones de metales (As, Cd, Cu, Cr, Hg, Pb y Zn) en el sedimento de las lagunas, estas se presentan en la Tabla 8.48. Los resultados de los demás elementos se detallan en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

Las concentraciones de arsénico excedieron el valor PEL para sedimento de la laguna Cochecorral en ambas temporadas. Las concentraciones de cobre excedieron el valor PEL en las lagunas Brava 2 (LBrav3) y Cochecorral (LCoch2), asimismo, solo superaron el valor ISQG en los puntos LBRav4 y LCoch1 de las lagunas mencionadas.

Las concentraciones de mercurio superaron el valor PEL en la laguna Cochecorral en ambas temporadas de evaluación, a excepción del punto LCoch2 en temporada de estiaje que no superaron ningún valor límite.

Las concentraciones de plomo excedieron el valor PEL en el punto LCoch2 de la laguna Cochecorral, en las temporadas de avenida y estiaje. Además, en el punto LCoch1 de la laguna en mención solo se excedió el valor ISQG en ambas temporadas.

Tabla 8.48. Comparación de las concentraciones de metales totales con los valores ISQG y PEL de la CEQG en sedimento de lagunas en la microcuenca La Encañada - Sección 3

Punto de muestreo	Temporada	Mes	Laguna	Metales totales (mg/kg) PS						
				Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo	Mercurio	Plomo	Zinc
LBrav3	Avenida	Marzo	Brava 2	< 17,5	< 1,0	308,9	10,4	0,14	30	9,6
	Estiaje	Junio		< 17,5	< 1,0	276,3	5,7	0,13	23	6,3
LBrav4	Avenida	Marzo		< 17,5	< 1,0	76	7,2	< 0,10	20	9,7
	Estiaje	Junio		< 17,5	< 1,0	152,1	< 4,5	0,1	20	5,8
LCoch1	Avenida	Marzo	Cochecorral	43,4	< 1,0	189,5	10,1	0,19	84	21,5
	Estiaje	Junio		31,6	< 1,0	140,0	8,1	0,27	79	16,4
LCoch2	Avenida	Marzo		86,1	< 1,0	480,7	16	0,1	187	35,1
	Estiaje	Junio		43,00	< 1,0	355,5	11,4	0,38	144	23,8
ISQG (mg/kg)				5,9	0,6	35,7	37,3	0,17	35	123
PEL (mg/kg)				17	3,5	197	90	0,486	91,3	315

Superan los valores de ISQG: Interim Sediment Quality Guideline

Superan los valores PEL: Probable Effect Level

(-) No evaluado en esta temporada.

(<) Valor por debajo del límite de detección del método del laboratorio.

Comunidades hidrobiológicas

I. Ríos y quebradas

a. Macroinvertebrados bentónicos

✓ Riqueza

En la sección la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 69 especies agrupadas en 4 phyla, 6 clases y 14 órdenes. El orden Díptera registró la mayor riqueza con 27 especies seguido del orden Coleoptera con 14 especies. En el Anexo 7 se presenta el registro completo de macroinvertebrados bentónicos.

En la Figura 8.87 se muestran los resultados de la riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que los puntos Q.Tr.QQuin1 y QNell2, presentaron los mayores valores de riqueza durante la temporada de avenida. En tanto que en la temporada de estiaje el punto RQuin7, ubicado en el río Quinuamayo, registró el mayor valor de riqueza con 34 especies; mientras que el punto Q.Tr.LAgu1, ubicado en la quebrada Los Agujeros, presentó los más bajos registros de riqueza en ambas temporadas de evaluación.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

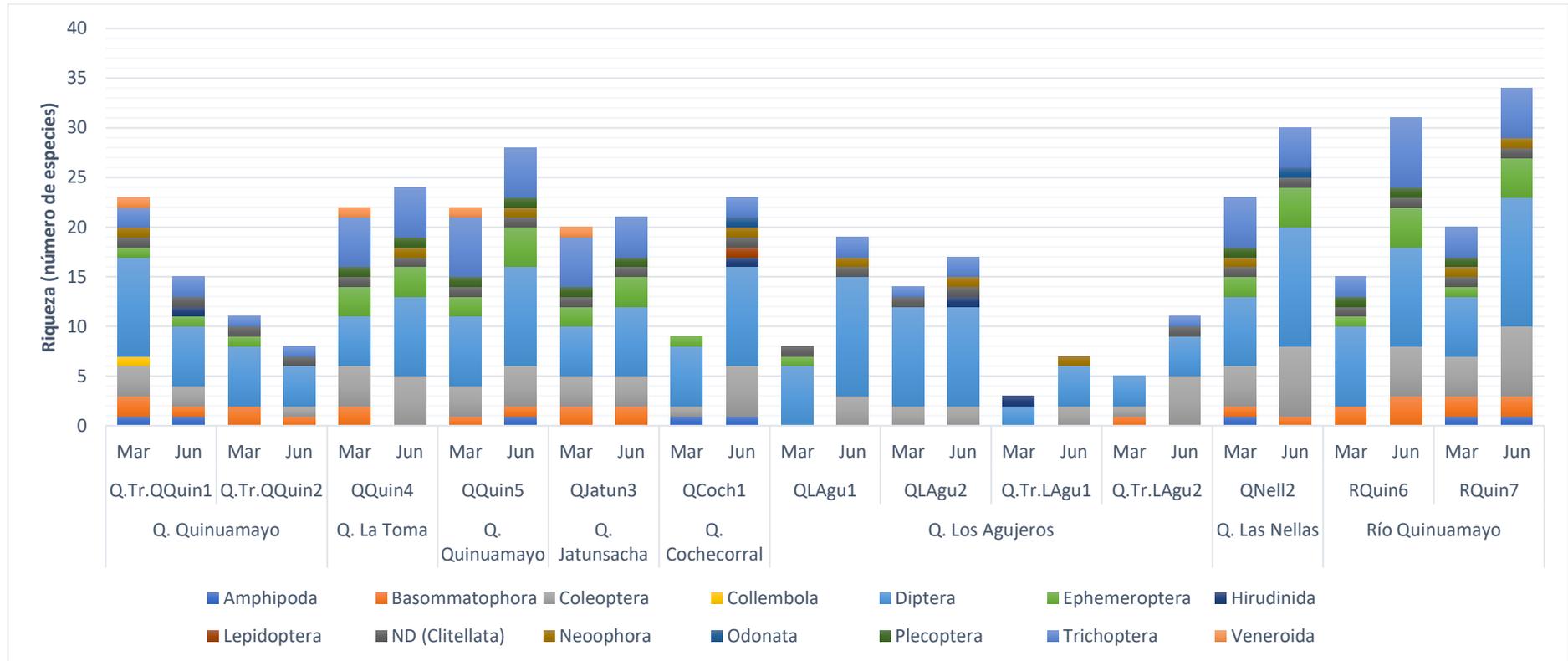


Figura 8.87. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 3



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección
Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

✓ **Abundancia**

En la Figura 8.88 se presentan los resultados de abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo y temporadas de evaluación. Se observó que los puntos QQuin4 y RQuin7 registraron los mayores valores de abundancias durante las temporadas de avenida y estiaje, respectivamente. Por otro lado, los puntos Q.Tr.LAgu1 y Q.Tr.LAgu2, ambos ubicados en la quebrada Los Agujeros, registraron los menores valores de abundancia durante ambas temporadas de evaluación.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

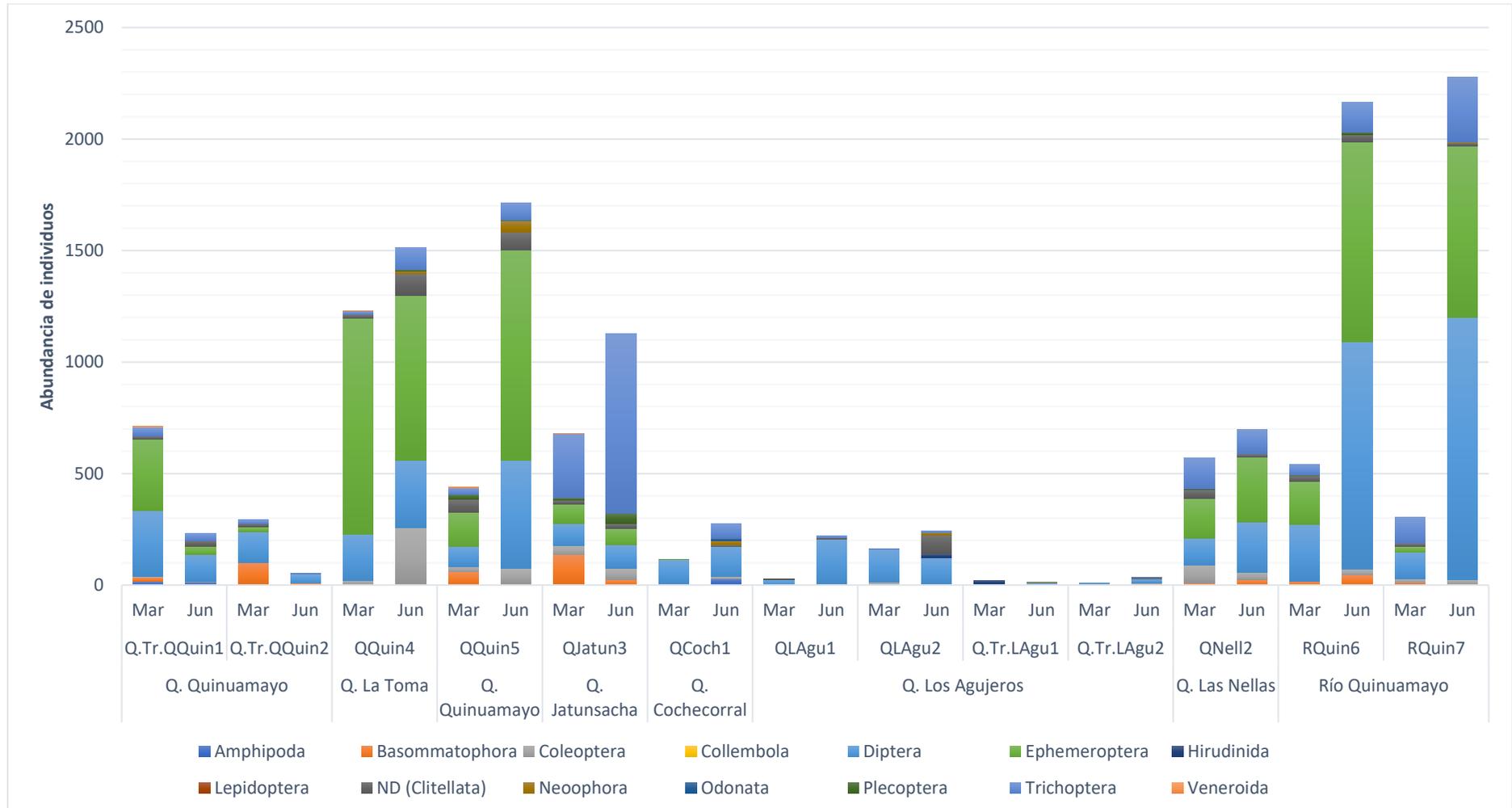


Figura 8.88. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca La Encañada-Sección 3

✓ Índices de diversidad

En la Tabla 8.49 se muestran los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por puntos de muestreo y temporadas de evaluación.

Durante la temporada de avenida se observó los mayores valores de riqueza en los puntos Q.Tr.QQuin1 y QNell2, además de registrarse la mayor abundancia en el punto QQuin4; sin embargo en este último punto se registró una baja equidad y alta dominancia a diferencia de los demás puntos evaluados lo que evidenciaría la presencia de algunas especies dominantes.

En la temporada de estiaje se observó un incremento de la riqueza y abundancia en la mayoría de puntos evaluados (excepto en los puntos Q.Tr.QQuin1 y Q.Tr.QQuin2 ambos ubicados en la quebrada Quinuamayo), resaltando el punto RQuin7 que registró 34 especies durante esta temporada. También se observó que los puntos Q.Tr.LAgu1 y Q.Tr.LAgu2, ambos ubicados en la quebrada Los Agujeros, registraron los menores valores de riqueza y abundancia en las temporadas evaluadas.

Tabla 8.49. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 3

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Riqueza de especies (S)		Abundancia de individuos (N)		Equidad de Pielou (J')		Diversidad de Shannon-Wiener (H')		Dominancia de Simpson (λ)	
		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Q. Quinuamayo	Q.Tr.QQuin1	23	15	711	232	0,55	0,75	2,47	2,93	0,28	0,16
	Q.Tr.QQuin2	11	8	293	54	0,66	0,77	2,28	2,32	0,28	0,25
Q. La Toma	QQuin4	22	24	1229	1514	0,28	0,57	1,23	2,61	0,63	0,28
Q. Quinuamayo	QQuin5	22	28	438	1714	0,66	0,55	2,95	2,64	0,19	0,30
Q. Jatunsacha	QJatun3	20	21	680	1128	0,76	0,44	3,26	1,95	0,14	0,48
Q. Cochecorral	QCoch1	9	23	115	274	0,42	0,78	1,32	3,51	0,58	0,12
Q. Los Agujeros	QLAgu1	8	19	27	220	0,71	0,57	2,13	2,41	0,33	0,33
	QLAgu2	14	17	161	242	0,59	0,73	2,25	2,99	0,31	0,19
	Q.Tr.LAgu1	3	7	22	14	0,77	0,94	1,22	2,65	0,52	0,17
	Q.Tr.LAgu2	5	11	10	35	0,84	0,89	1,96	3,07	0,32	0,14
Q. Las Nellas	QNell2	23	30	571	698	0,69	0,67	3,13	3,31	0,17	0,19
Río Quinuamayo	RQuin6	15	31	542	2164	0,65	0,56	2,54	2,77	0,22	0,22
	RQuin7	20	34	303	2278	0,57	0,50	2,47	2,52	0,28	0,25

✓ Índice ABI

En la Tabla 8.50 se muestran los resultados de la calidad ecológica del agua por puntos de muestreo y temporadas de evaluación determinada a partir del índice biótico andino (ABI).

Se observó que los puntos ubicados en la quebrada Quinuamayo Q.Tr.QQuin1 y Q.Tr.QQuin2; además los puntos QQuin4, QQuin5, QJatun3 y QNell2 no variaron su calidad ecológica durante ambas temporadas de evaluación. Asimismo, se observó que los puntos QCoch1, QLAgu1, QLAgu2 y Q.Tr.LAgu1 presentaron una mejora de la calidad ecológica durante la temporada de estiaje al igual que los puntos RQuin6 y RQuin7.

Se resalta que los mayores valores de este índice se obtuvieron en los puntos QQuin5 y RQuin6 con 104 y 113 puntos durante la temporada de avenida y estiaje, respectivamente.

Tabla 8.50. Índices biótico andino (ABI) y calidad ecológica del agua por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 3

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Temporada de evaluación			
		Mar		Jun	
		Índice ABI	Calidad	Índice ABI	Calidad
Q. Quinuamayo	Q.Tr.QQuin1	68	Buena	55	Buena
	Q.Tr.QQuin2	26	Mala	25	Mala
Q. La Toma	QQuin4	91	Muy buena	95	Muy buena
Q. Quinuamayo	QQuin5	104	Muy buena	108	Muy buena
Q. Jatunsacha	QJatun3	85	Muy buena	80	Muy buena
Q. Cochecorral	QCoch1	33	Moderada	64	Buena
Q. Los Agujeros	QLAgu1	21	Mala	48	Buena
	QLAgu2	37	Moderada	48	Buena
	Q.Tr.LAgu1	10	Pésima	22	Mala
	Q.Tr.LAgu2	13	Mala	26	Mala
Q. Las Nellas	QNell2	92	Muy buena	92	Muy buena
Río Quinuamayo	RQuin6	53	Buena	113	Muy buena
	RQuin7	70	Buena	108	Muy buena

b. Perifiton

✓ Riqueza

La sección 3 registró 231 especies de microalgas agrupadas en 6 phyla, 10 clases, 29 órdenes y 59 familias y 26 especies de microorganismos agrupados en 6 phyla, 7 clases, 8 órdenes y 18 familias.

En el acumulado total de las 2 temporadas evaluadas el phylum Bacillariophyta fue el de mayor riqueza, seguido de los phyla Cyanobacteria y Charophyta en las microalgas; los phyla que sobresalieron en riqueza en los microorganismos fue el phylum Rotifera seguido de las amebas tecadas de los phyla Cercozoa y Amoebozoa. En el Anexo 7 se presenta el registro completo de perifiton.

La temporada de avenida presentó mayor riqueza de especies de microalgas que la de estiaje, excepto QLAgu1, QNell2 y RQuin7, siendo el phylum Charophyta el que más disminuyó en especies entre ambas temporadas.

En la Figura 8.89 se observa que la presencia del phylum Ochrophyta se registró únicamente en la temporada de avenida en el punto QCoch1, siendo luego desplazado por el phylum Rodophyta en la temporada de estiaje; QCoch1 fue el punto de mayor riqueza a nivel de phylum en ambas temporadas. Por otro lado, la mayor riqueza correspondió al punto QJatun3 de la temporada de avenida y la menor riqueza en QQuin5 de la temporada de estiaje.

Se registraron más especies de microorganismos del perifiton en la temporada de avenida que de estiaje, observándose el desplazamiento del phylum Ciliophora por especies del phylum Arthropoda en la época de estiaje. Cuatro puntos de muestreo (QQuin4, QQuin5, RQuin6 y QLAgu1) presentaron al menos una época sin organismos como se muestra en la Figura 8.90.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

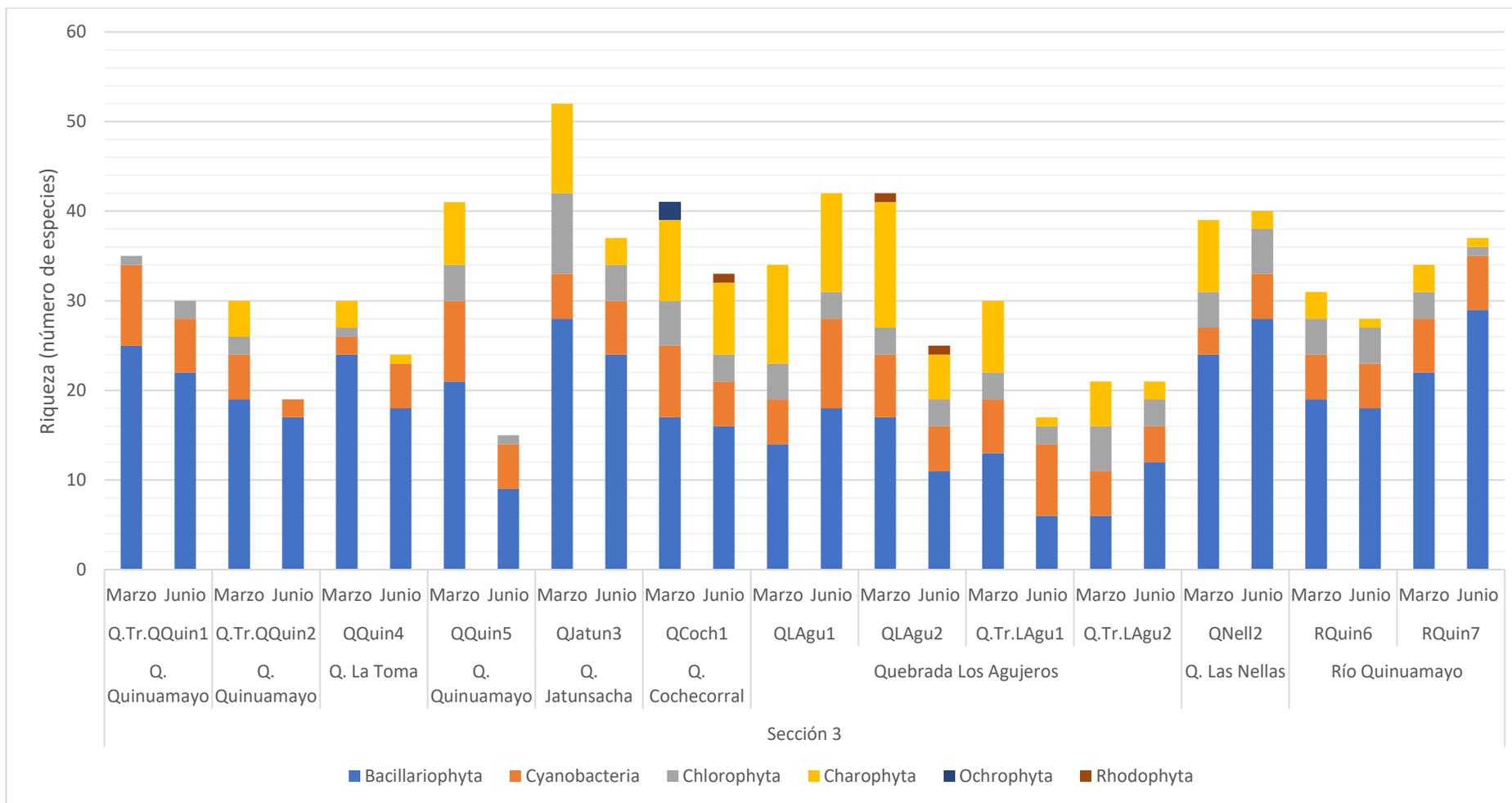


Figura 8.89. Riqueza de microalgas de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 3

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

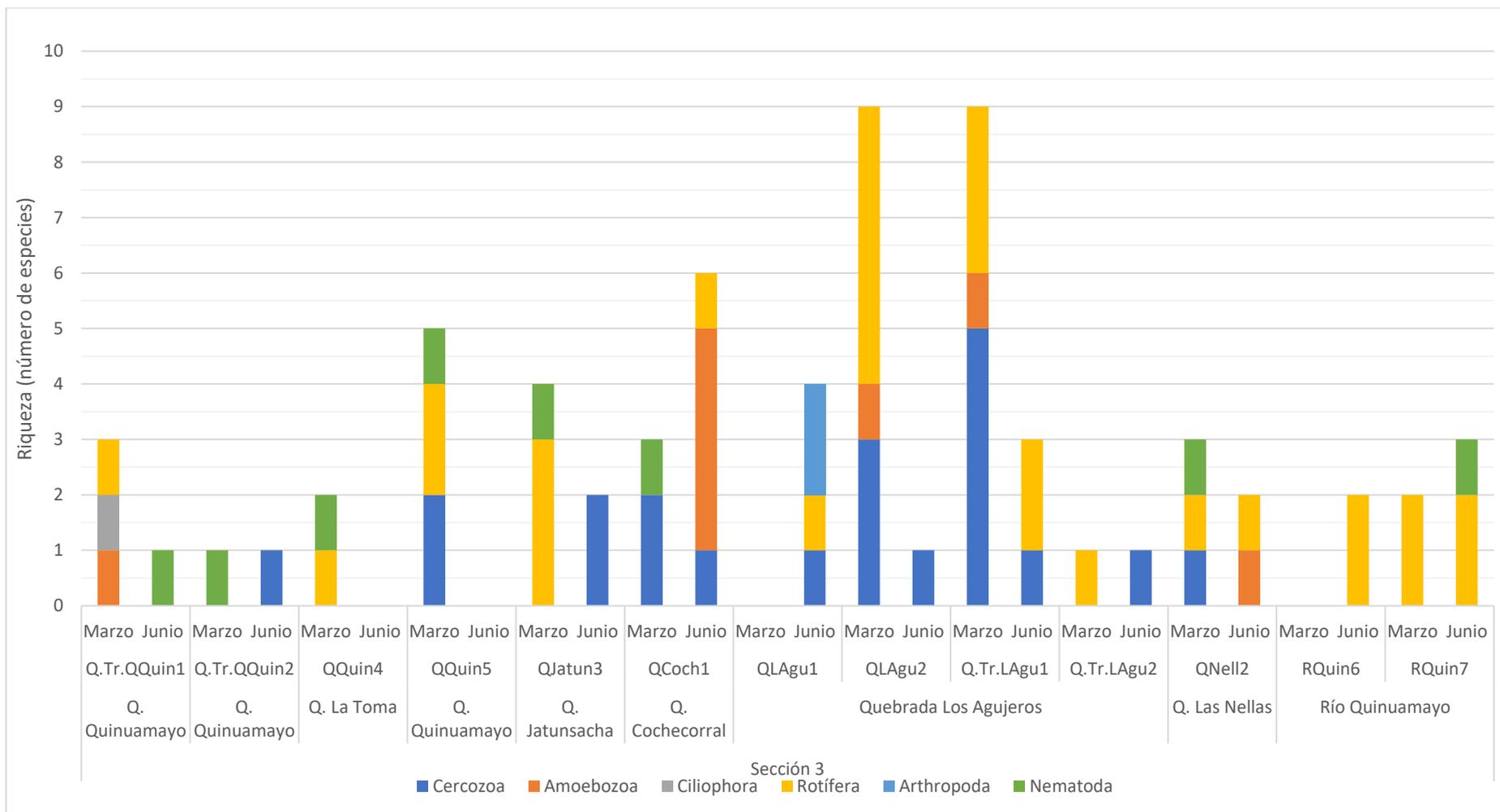


Figura 8.90. Riqueza de microorganismos de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 3

✓ **Abundancia**

La mayor abundancia del acumulado para las microalgas se registró durante la temporada de avenida (Figura 8.91) predominando el phylum Bacillariophyta el cual junto con las cianobacterias estuvieron presentes en todos los puntos de muestreo en ambas temporadas. Se registró la mayor abundancia en el punto QJatun3 de la temporada de avenida y la menor abundancia en Q.Tr.LAgu1 y QQuin5 de la temporada de estiaje.

En el acumulado total, los microorganismos registraron una mayor abundancia en la época de avenida especialmente en los puntos Q.Tr.LAgu1 y QLAgu2. Los phyla Rotifera y Cercozoa presentaron la mayor abundancia en ambas temporadas, (Figura 8.92).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

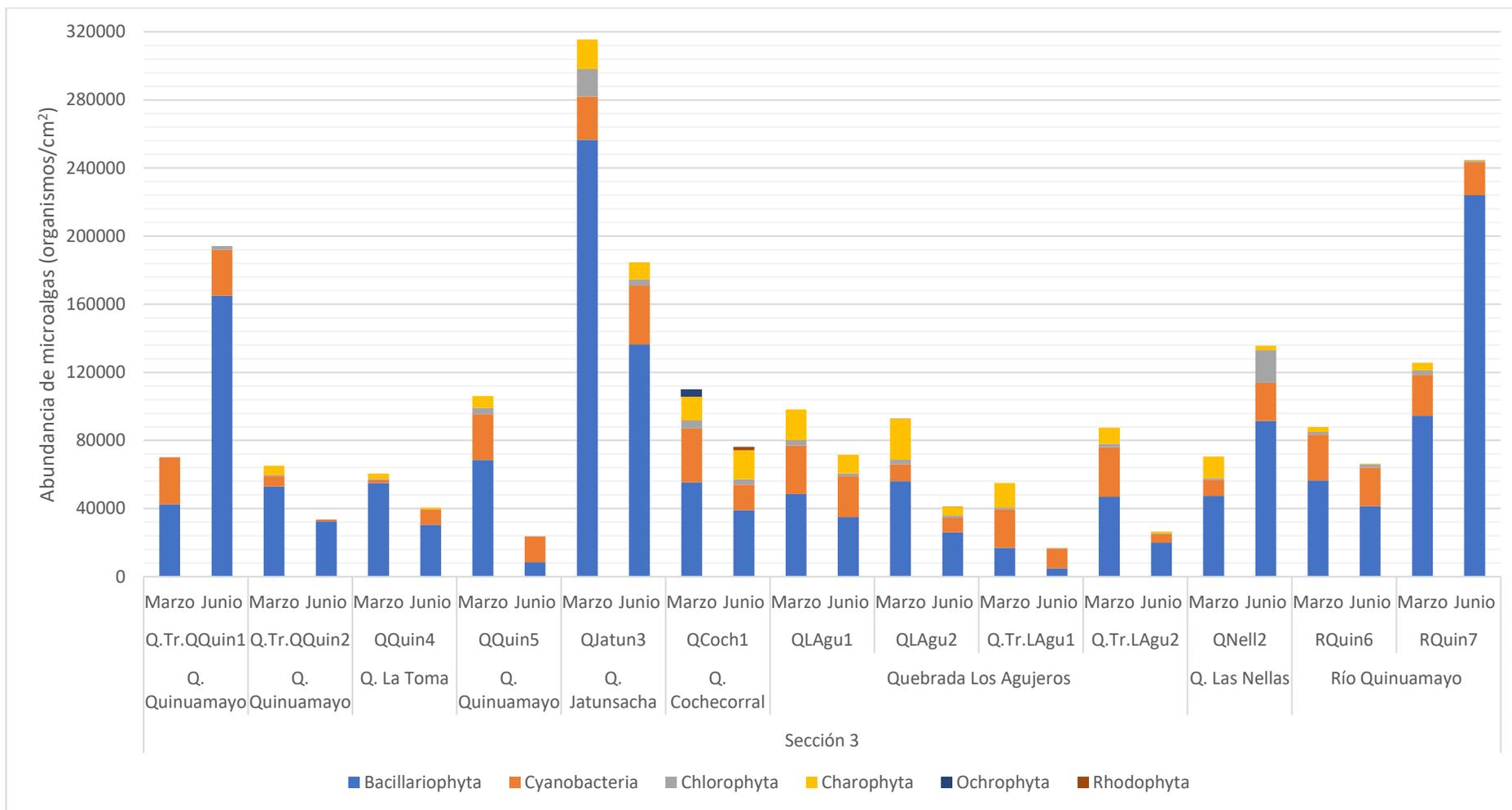


Figura 8.91. Abundancia de microalgas de la comunidad de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada- Sección 3

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

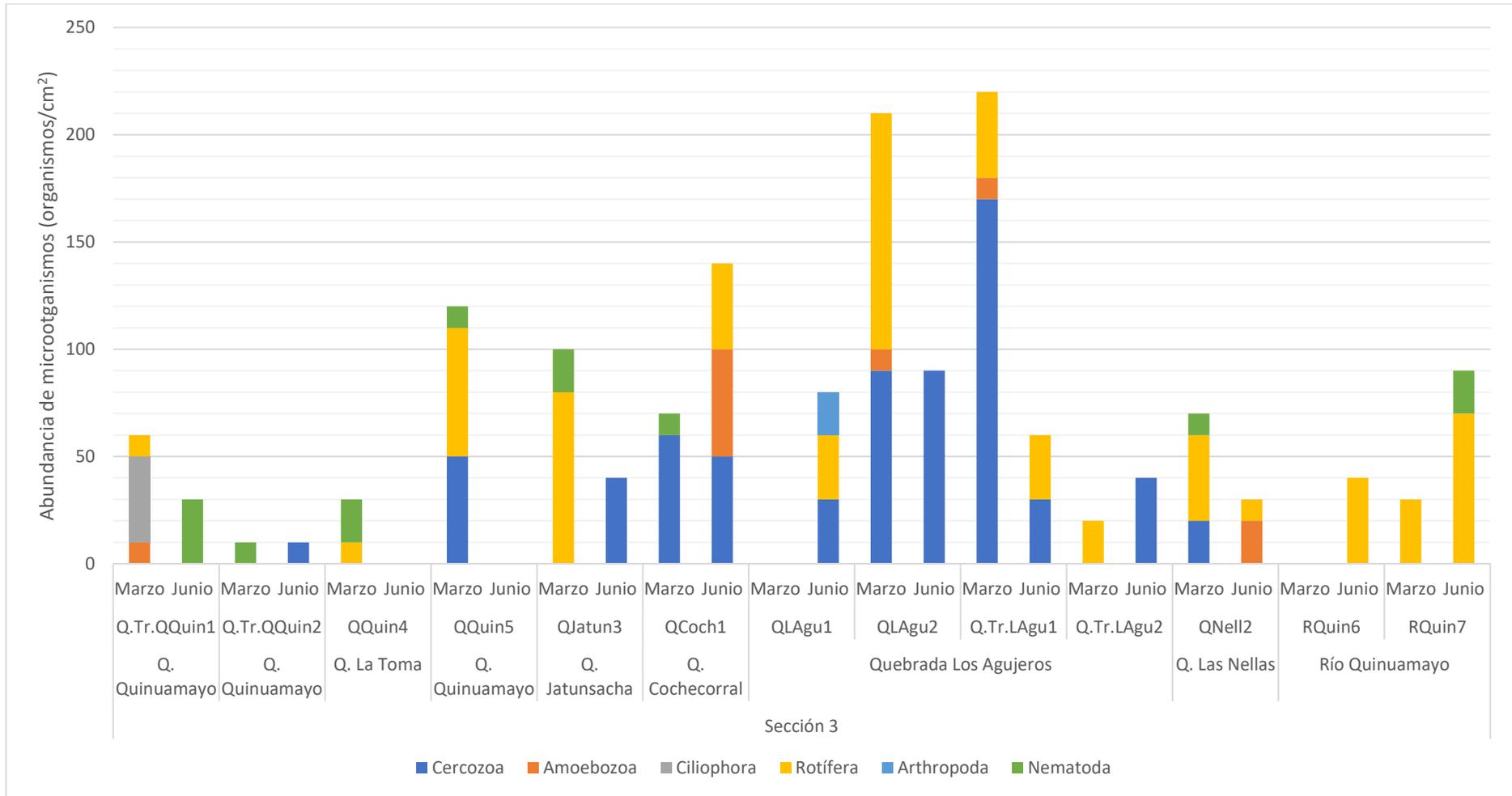


Figura 8.92. Abundancia de microorganismos la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada- Sección 3

✓ Índices de diversidad

En las microalgas todos los puntos presentan una dominancia de individuos de alguna especie en cada ensamblaje comunitario; sin embargo, los valores con una tendencia mayor de dominancia se observan durante la época de avenida que la de estiaje.

Los valores de equidad de Pielou no difieren mucho entre temporadas para cada estación, las mayores diferencias se observan en Q.Tr.QQuin1 en donde la abundancia entre una temporada y otra es mayor al doble; QQuin5 presenta una diferencia significativa en la riqueza entre las 2 temporadas, así como su abundancia que disminuye en la temporada de estiaje a la cuarta parte de lo que presenta durante la avenida. (Tabla 8.51).

Los valores máximo y mínimo de la diversidad de Shannon-Wiener corresponden a los valores de riqueza; donde QJatun3 tuvo el máximo y QQuin5 el mínimo valor.

Los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por punto de muestreo y temporada de evaluación se muestran para microalgas en la Tabla 8.51 y para microorganismos en Tabla 8.52.

Tabla 8.51. Índices de la diversidad alfa de microalgas de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 3

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Riqueza de especies (S)		Abundancia de individuos (N)		Equidad de Pielou (J')		Diversidad de Shannon-Wiener (H')		Dominancia de Simpson (λ)	
		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Q. Quinuamayo	Q.Tr.QQuin1	35	30	70100	194200	0,89	0,80	4,57	3,91	0,06	0,10
	Q.Tr.QQuin2	30	19	65150	33500	0,90	0,90	4,42	3,81	0,06	0,09
Q. La Toma	QQuin4	30	24	60500	40500	0,88	0,91	4,30	4,18	0,07	0,07
Q. Quinuamayo	QQuin5	41	15	106100	23550	0,88	0,74	4,72	2,88	0,05	0,25
Q. Jatunsacha	QJatun3	52	37	315450	184550	0,84	0,82	4,78	4,26	0,05	0,08
Q. Cochecorral	QCoch1	41	33	109800	76150	0,86	0,88	4,58	4,46	0,06	0,06
Q. Los Agujeros	QLAgu1	34	42	98300	71650	0,86	0,88	4,38	4,75	0,07	0,05
	QLAgu2	42	25	92850	41250	0,85	0,86	4,59	3,99	0,06	0,09
	Q.Tr.LAgu1	30	17	54950	16950	0,89	0,86	4,36	3,53	0,06	0,12
	Q.Tr.LAgu2	21	21	87450	26450	0,77	0,86	3,36	3,79	0,14	0,10
Q. Las Nellas	QNell2	39	40	70500	135600	0,91	0,85	4,83	4,52	0,04	0,06
Río Quinuamayo	RQuin6	31	28	88000	66350	0,86	0,90	4,28	4,32	0,07	0,06
	RQuin7	34	37	125700	244850	0,85	0,84	4,31	4,39	0,08	0,07

La riqueza de microorganismos estuvo entre 0 y 9 especies, presentándose la mayor dominancia durante la temporada de avenida en los puntos con 9 especies (QLAgu2 y Q.Tr.LAgu1), los mismos que presentaron la mayor diferencia entre los valores de una temporada y otro para la diversidad de Shannon-Wiener y la equidad, debido a la disminución de riqueza y abundancia de especies como se muestra en la Tabla 8.52.

Tabla 8.52. Índices de la diversidad alfa de microorganismos de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada- Sección 3

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Riqueza de especies (S)		Abundancia de individuos (N)		Equidad de Pielou (J')		Diversidad de Shannon-Wiener (H')		Dominancia de Simpson (λ)	
		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Q. Quinuamayo	Q.Tr.QQuin1	3	1	60	30	0,79	-	1,25	0,00	0,50	1,00
	Q.Tr.QQuin2	1	1	10	10		-	0,00	0,00	1,00	1,00

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Riqueza de especies (S)		Abundancia de individuos (N)		Equidad de Pielou (J')		Diversidad de Shannon-Wiener (H')		Dominancia de Simpson (λ)	
		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Q. La Toma	QQuin4	2	0	30	0	0,92	-	0,92	0,00	0,56	-
Q. Quinuamayo	QQuin5	5	0	120	0	0,90	-	2,08	0,00	0,26	-
Q. Jatunsacha	QJatun3	4	2	100	40	0,92	0,81	1,85	0,81	0,30	0,63
Q. Cochecorral	QCoch1	3	6	70	140	0,72	0,88	1,15	2,26	0,55	0,24
Q. Los Agujeros	QLAgu1	0	4	0	80	-	0,91	0,00	1,81	-	0,31
	QLAgu2	9	1	210	90	0,91	-	2,89	0,00	0,16	1,00
	Q.Tr.LAgu1	9	3	220	60	0,89	0,92	2,83	1,46	0,17	0,39
	Q.Tr.LAgu2	1	1	20	40	-	-	0,00	0,00	1,00	1,00
Q. Las Nellas	QNell2	3	2	70	30	0,87	0,92	1,38	0,92	0,43	0,56
Río Quinuamayo	RQuin6	0	2	0	40	-	1,00	0,00	1,00	-	0,50
	RQuin7	2	3	30	90	0,92	0,91	0,92	1,44	0,56	0,41

c. Necton (Peces)

De todos los cuerpos de agua evaluados en esta sección, sólo en 4 se registraron peces. Se registraron las mayores riquezas en las quebradas Jatunsacha, Las Nellas y Quinuamayo con 3 especies cada una, resaltando las especies del género *Astroblepus*. Respecto a la abundancia se determinó un mayor número de individuos en el río Quinuamayo con 54 peces de la especie *Astroblepus longiceps* en tanto que en la quebrada La Toma se registró la menor riqueza (2 especies) y abundancia (7 individuos) de peces, todos pertenecientes al género *Astroblepus* y durante la temporada de estiaje (Tabla 8.53).

Tabla 8.53. Comunidad del necton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en ríos y quebradas de la Microcuenca La Encañada-Sección 3

Orden	Familia	Especie	Q. La Toma		Q. Jatunsacha		Q. Las Nellas		Río Quinuamayo	
			QQuin4		QJatun3		QNell2		RQuin7	
			Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus</i> sp.	0	2	25	4	14	0	19	0
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus rosei</i>	0	0	0	0	0	0	0	7
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus longiceps</i>	0	0	2	0	4	5	0	54
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus cf. simonsii</i>	0	5	1	10	2	0	0	0

II. Lagunas

a. Macroinvertebrados bentónicos

✓ Riqueza

En las lagunas de esta sección la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 22 especies agrupadas en 3 phyla, 4 clases y 9 órdenes. El orden Díptera registró la mayor riqueza con 12 especies seguido del orden Coleoptera con 3 especies. En el Anexo 7 se presenta el registro completo de macroinvertebrados bentónicos.

Los valores más altos de riqueza durante ambas temporadas de evaluación fueron observados en los puntos LBrav4 (laguna Brava 2) y LCoch2 (laguna Cochecorral) con 13 especies cada uno resaltando en ambos puntos el orden Díptera; mientras que el valor más bajo de riqueza fue observado en el punto LBrav2 (laguna Brava 1) durante la temporada de avenida (Figura 8.93).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

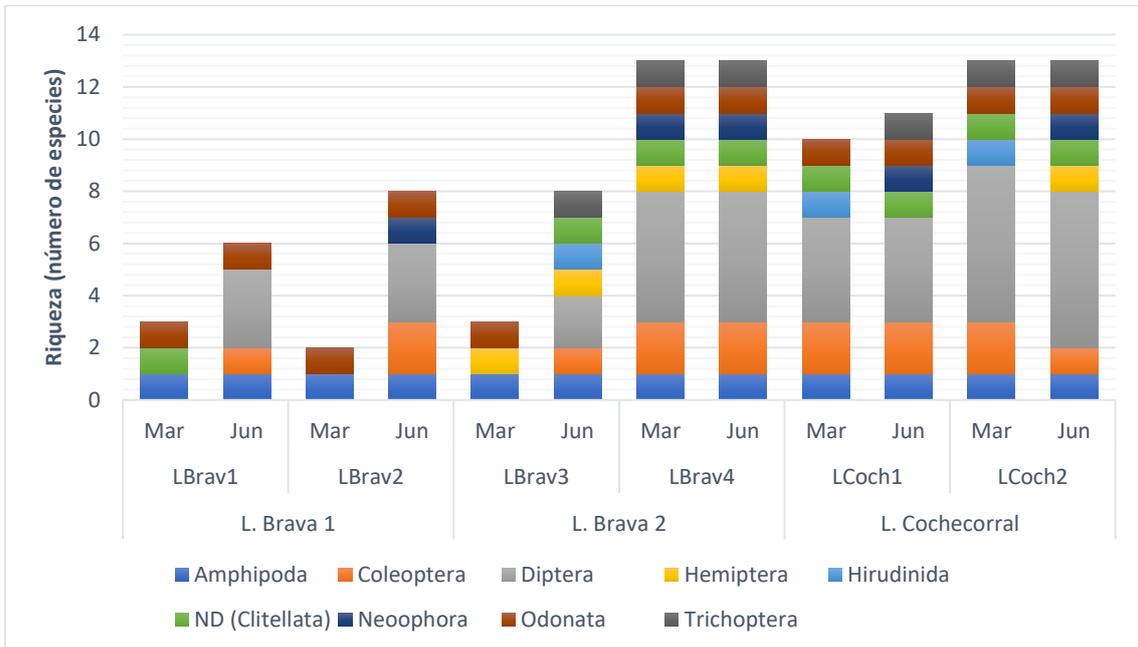


Figura 8.93. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada- Sección 3

✓ **Abundancia**

En la Figura 8.94 se presentan los resultados de abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo y temporadas de evaluación. Se observó el mayor registro de abundancia en el punto LBrav4 y el menor registro en LBrav3 ambos puntos durante la temporada de avenida y pertenecientes a la laguna Brava 2.

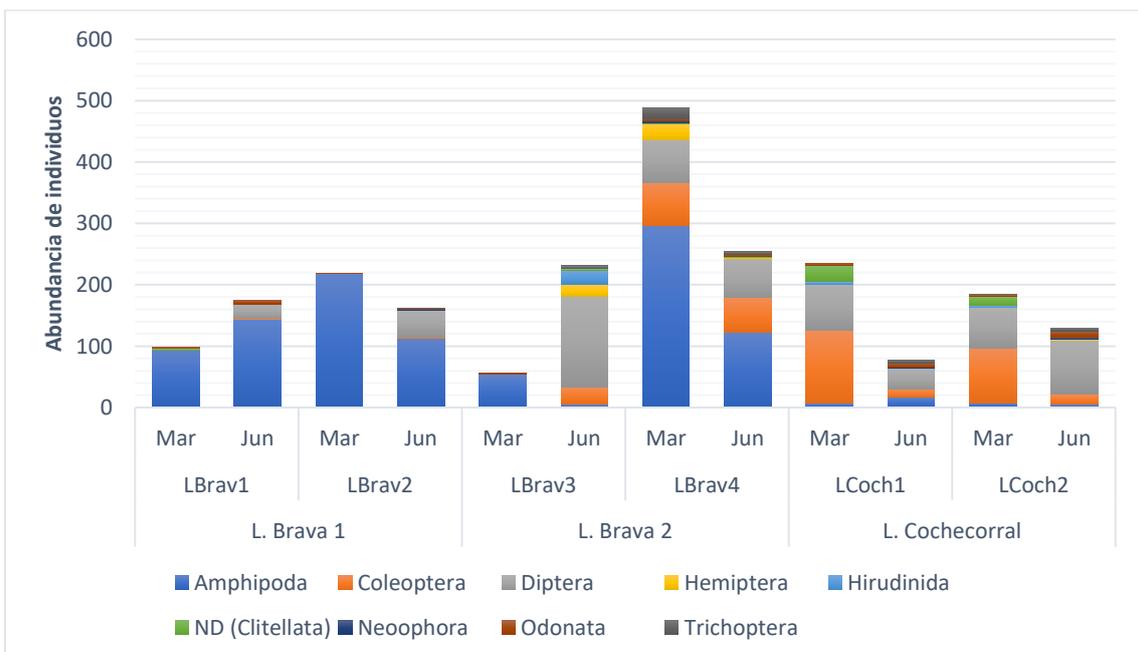


Figura 8.94. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada- Sección 3

✓ **Índices de diversidad**

En la Tabla 8.54 se muestran los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por puntos de muestreo y temporadas de evaluación.

Los resultados de la Sección 3 muestran en general bajos valores de riqueza y diversidad Shannon-Wiener; y, según la equidad y dominancia Simpson estarían evidenciando la dominancia de pocas especies.

Tabla 8.54. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la Microcuenca La Encañada-Sección 3

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Riqueza de especies (S)		Abundancia de individuos (N)		Equidad de Pielou (J')		Diversidad de Shannon-Wiener (H')		Dominancia de Simpson (λ)	
		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Laguna Brava 1	LBrav1	3	6	99	175	0,21	0,37	0,34	0,96	0,90	0,69
	LBrav2	2	8	219	162	0,04	0,40	0,04	1,20	0,99	0,55
Laguna Brava 2	LBrav3	3	8	56	231	0,16	0,60	0,26	1,79	0,93	0,43
	LBrav4	13	13	489	254	0,56	0,57	2,06	2,11	0,40	0,31
Laguna Cochecorral	LCoch1	10	11	235	77	0,67	0,85	2,21	2,93	0,31	0,16
	LCoch2	13	13	185	130	0,66	0,63	2,45	2,33	0,28	0,34

b. Plancton

✓ **Riqueza**

En las lagunas de la Sección 3, la comunidad del fitoplancton estuvo representada por 155 especies agrupadas en 7 phyla, 10 clases y 27 órdenes. El phylum Charophyta registró la mayor riqueza con 52 especies seguido del phylum Bacillariophyta con 36 especies. En el Anexo 4 se presenta el registro completo del fitoplancton.

La Figura 8.95 muestra los resultados de riqueza de la comunidad del fitoplancton por puntos de muestreo y temporadas de evaluación. Se observó que la riqueza fluctuó entre 36 y 52 especies, resaltando en todas las lagunas la riqueza del phylum Charophyta.

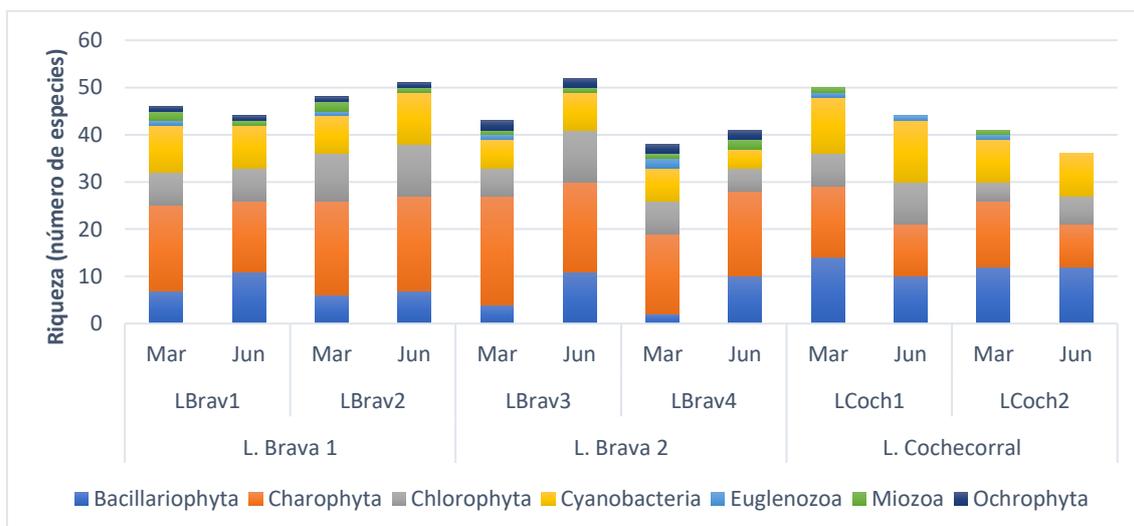


Figura 8.95. Riqueza de la comunidad del fitoplancton por phylum en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada-Sección 3

Respecto a la comunidad del zooplancton, en las lagunas de la sección III, esta estuvo conformada por 35 especies agrupadas en 5 phyla, 5 clases y 7 órdenes. En el Anexo se presenta el registro completo del zooplancton.

En la Figura 8.96 se observa que los valores de riqueza fueron mayores durante la temporada de avenida en comparación con la de estiaje; además el mayor registro de riqueza del zooplancton ocurrió en el punto LCoch1, ubicado en la zona de ingreso de afluentes de la laguna Cochecorral, con 14 especies.

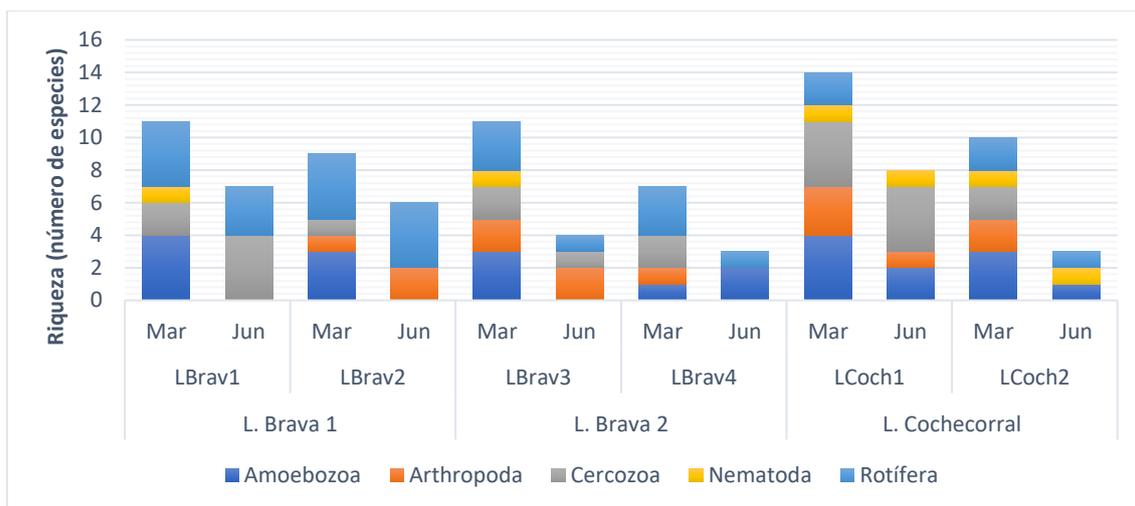


Figura 8.96. Riqueza de la comunidad del zooplancton por phylum en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la Microcuenca La Encañada-Sección 3

✓ **Abundancia**

En cuanto a la abundancia de la comunidad del fitoplancton, la Figura 8.97 muestra en general los mayores registros de abundancia durante la temporada de avenida resaltando la abundancia del phylum Charophyta en las lagunas Brava 1 y Brava 2; mientras que en la laguna Cochecorral se observó un mayor número de organismos del phylum Bacillariophyta.

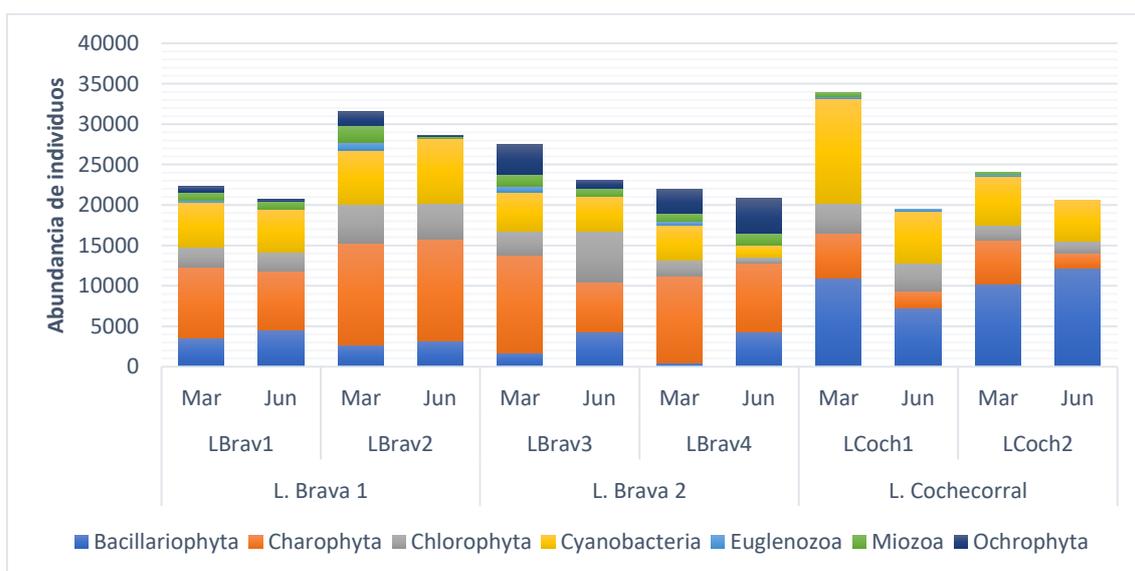


Figura 8.97. Abundancia de la comunidad del fitoplancton por phylum en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la Microcuenca La Encañada-Sección 3

La comunidad del zooplancton también presentó mayores registros de abundancia durante la temporada de avenida resaltando en su mayoría los phyla Rotífera y Cercozoa (Figura 8.98).

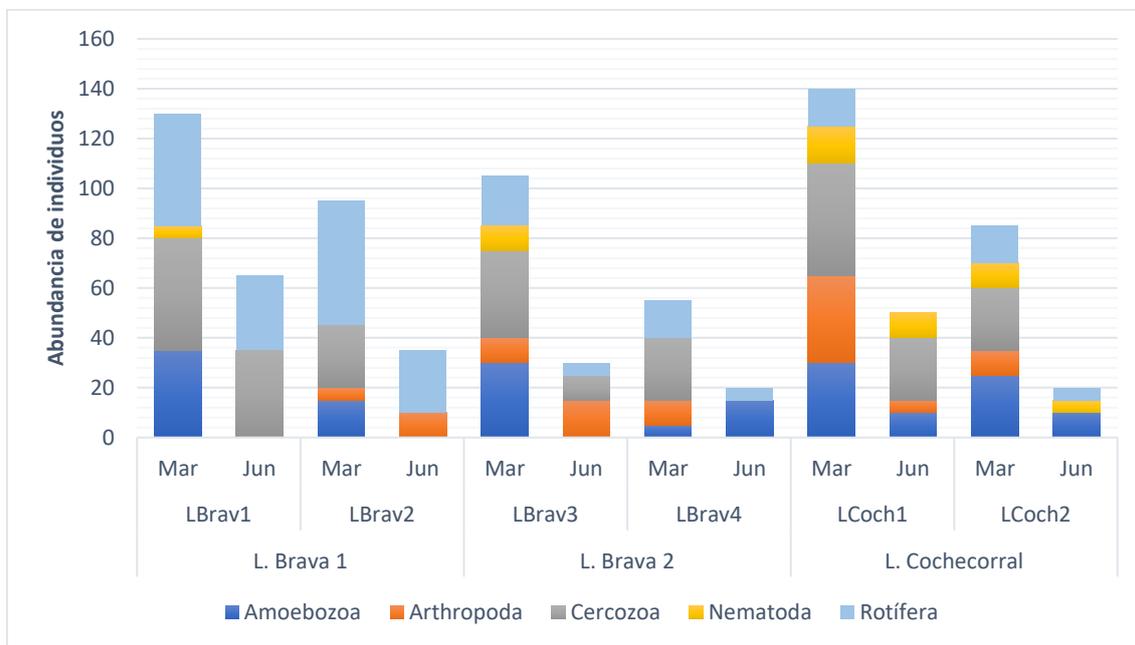


Figura 8.98. Abundancia de la comunidad del zooplancton por phylum en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la Microcuenca La Encañada-Sección 3

✓ **Índices de diversidad**

Las Tablas 8.55 y 8.56 muestran los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por puntos de muestreo y temporadas de evaluación, del plancton.

Los resultados muestran altos valores de diversidad Shannon-Wiener resaltando la laguna Brava 1 durante ambas temporadas de evaluación. Asimismo, de acuerdo a los resultados de equidad y dominancia de Simpson, durante ambas temporadas de evaluación se estarían evidenciando una distribución homogénea de los individuos de las especies de fitoplancton de las lagunas evaluadas en esta sección.

Tabla 8.55. Índices de diversidad alfa de la comunidad del fitoplancton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada-Sección 3

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Riqueza de especies (S)		Abundancia de individuos (N)		Equidad de Pielou (J')		Diversidad de Shannon-Wiener (H')		Dominancia de Simpson (λ)	
		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Laguna Brava 1	LBrav1	46	44	22300	20683	0,94	0,94	5,21	5,14	0,03	0,03
	LBrav2	48	51	31550	28655	0,92	0,90	5,12	5,09	0,04	0,04
Laguna Brava 2	LBrav3	43	52	27550	23108	0,91	0,90	4,92	5,11	0,04	0,04
	LBrav4	38	41	21950	20775	0,86	0,86	4,50	4,60	0,07	0,06
Laguna Cocheccorral	LCoch1	50	44	33950	19523	0,92	0,88	5,21	4,82	0,03	0,05
	LCoch2	41	36	24025	20535	0,92	0,86	4,94	4,47	0,04	0,06

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Respecto a la comunidad del zooplancton, los resultados de riqueza, abundancia y diversidad Shannon-Wiener muestran mayores valores durante la temporada de avenida en todos de puntos evaluados; asimismo los resultados de equidad y dominancia de Simpson evidenciarían una distribución homogénea de los individuos de las especies del zooplancton de las lagunas evaluadas en esta sección.

Tabla 8.56. Índices de diversidad alfa de la comunidad del zooplancton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca La Encañada-Sección 3

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Riqueza de especies (S)		Abundancia de individuos (N)		Equidad de Pielou (J')		Diversidad de Shannon-Wiener (H')		Dominancia de Simpson (λ)	
		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Laguna Brava 1	LBrav1	11	7	130	65	0,92	0,95	3,20	2,66	0,13	0,17
	LBrav2	9	6	95	35	0,82	0,98	2,60	2,52	0,22	0,18
Laguna Brava 2	LBrav3	11	4	105	30	0,95	0,96	3,27	1,92	0,12	0,28
	LBrav4	7	3	55	20	0,91	0,95	2,55	1,50	0,21	0,38
Laguna Cochecorral	LCoch1	14	8	140	50	0,94	0,97	3,58	2,92	0,10	0,14
	LCoch2	10	3	85	20	0,93	0,95	3,10	1,50	0,13	0,38

8.1.4 Sección 4

Esta sección comprende un total de 3 puntos de muestreo de agua superficial ubicados en los ríos Challhuamayo (RChal2), Quinuamayo (RQuin8) y La Encañada (RLEnc). El sedimento solo fue evaluado en el río Challhuamayo. Las comunidades hidrobiológicas de perifiton y macroinvertebrados bentónicos fueron evaluadas en los mismos puntos de los ríos. Adicionalmente, se evaluaron 5 manantiales, de los cuales 4 (AFMichi5, AFMichi7, AMuerte1 y AFShita) aportan sus aguas al río La Encañada, y uno (AFUsnio1) en el sector de Usnio.

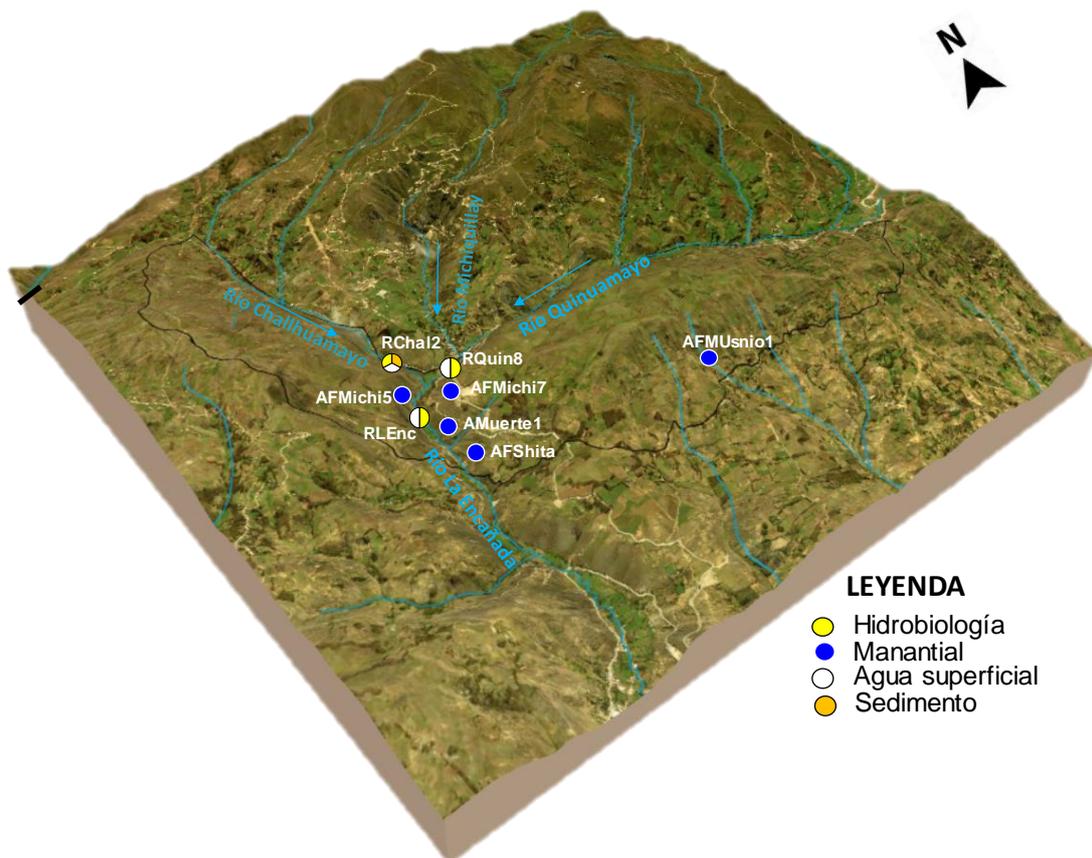


Figura 8.99. Distribución de puntos de evaluación en la sección 4 de la microcuenca La Encañada

Agua superficial

I. Ríos y quebradas

Esta sección comprende 3 puntos de muestreo ubicados en los ríos Challhuamayo (RChal2), Quinuamayo (RQuin8) y La Encañada (RLEnc), este último formado por la confluencia de los dos primeros ríos mencionados.

De la comparación de resultados fisicoquímicos obtenidos en esta sección con los ECA para agua, categoría 3, las variables que se reportaron fuera del rango establecido o superaron la norma referida fueron el potencial de hidrógeno (pH) y cobre (Tabla 8.57).

Tabla 8.57. Parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 en la microcuenca La Encañada - Sección 4

N.º	Cuerpo de agua	Punto de muestreo	ECA para agua			
			Categoría 3 (D1)		Categoría 3 (D2)	
			Avenida	Estiaje	Avenida	Estiaje
			Mar-19	Jun-19	Mar-19	Jun-19
1	Río Challhuamayo	RChal2	-	-	-	-
2	Río Quinuamayo	RQuin8	-	pH, Cu	-	pH
3	Río La Encañada	RLEnc	-	Cu	-	-

(-): No excede la norma referida.

pH: Potencial de hidrógeno; Cu: Cobre

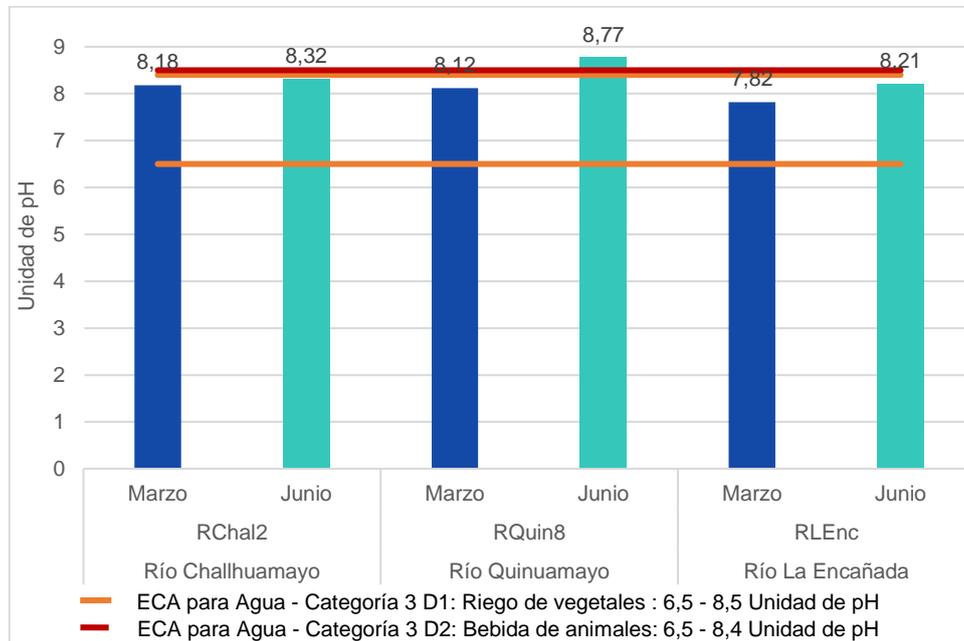
(*): Sin flujo de agua durante la temporada.

ECA agua 2017: Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.

El potencial de hidrógeno (pH) en el agua se encontró fuera del rango establecido en los ECA agua, Cat. 3 en el río Quinuamayo (RQuin8) durante la temporada de estiaje (Figura 8.100).

Las concentraciones de cobre en el río Quinuamayo (RQuin8) durante la temporada de estiaje excedieron los ECA para agua Cat. 3 subcat. D1 (Figura 8.101).

Con relación a los metales y metaloides como As, Cd, Co, Cr, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb y Zn, estos no superaron los ECA para agua categoría 3, presentaron bajas concentraciones, e incluso por debajo del límite de detección del método del laboratorio, tal como se muestra en la Tabla 8.58.


Figura 8.100 Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada – Sección 4

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

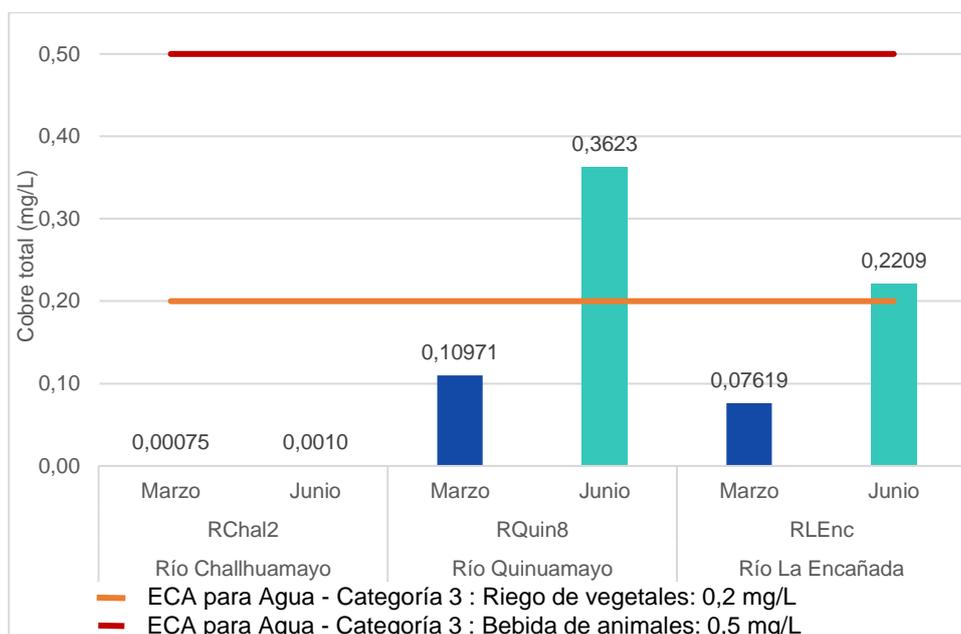


Figura 8.101. Concentraciones de cobre en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada – Sección 4

Tabla 8.58. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada - Sección 4

Metales y Metaloides	Unidad	Temporada evaluada				Cuerpo de agua asociado			
		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Arsénico (As)	mg/L	0,00055	0,00059	0,00194	0,00214	RQuin8	RChal2	REnc	RChal2
Cadmio (Cd)		< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	0,00017	<	<	REnc, RChal2	RQuin8
Cobalto (Co)		< 0,00001	0,00072	0,00016	0,00214	RChal2	RQuin8	RChal2	RQuin8
Cromo (Cr)		< 0,0001	< 0,0001	< 0,001	< 0,001	<	<	<	<
Cobre (Cu)		0,00075	0,10971	0,001	0,3623	RChal2	RQuin8	RChal2	RQuin8
Hierro (Fe)		0,221	0,3559	0,24	0,45	RChal2	RQuin8	RChal2	RQuin8
Mercurio (Hg)		< 0,00003	< 0,00003	< 0,00007	< 0,00007	<	<	<	<
Manganeso (Mn)		0,01139	0,02014	0,01855	0,04322	RChal2	RQuin8	RChal2	RQuin8
Molibdeno (Mo)		< 0,00002	< 0,00002	0,00016	0,00019	<	<	RChal2	REnc
Níquel (Ni)		< 0,0002	< 0,0002	< 0,0009	< 0,0009	<	<	<	<
Plomo (Pb)		< 0,0002	< 0,0002	< 0,00006	0,00026	<	<	REnc	RChal2
Zinc (Zn)		< 0,0100	0,0180	0,015	0,04	RChal2	RQuin8	RChal2	RQuin8

(<): Todos los puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio
Fuente: Reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7)

En la Tabla 8.58 se observa que las mayores concentraciones de metales fueron reportadas principalmente en el río Quinamayo (RQuin8) en las temporadas de avenida y estiaje.

• Hidroquímica

✓ Diagrama de Piper

El agua de los ríos Challhuamayo y Quinamayo presentó una facie hidroquímica de tipo bicarbonata cálcica, en las temporadas de avenida y estiaje. En relación al río La Encañada este presentó una facie de tipo bicarbonata cálcica en temporada de avenida y sulfatada cálcica en temporada de estiaje (Figura 8.102). Los datos para realizar estas gráficas se encuentran detallados en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

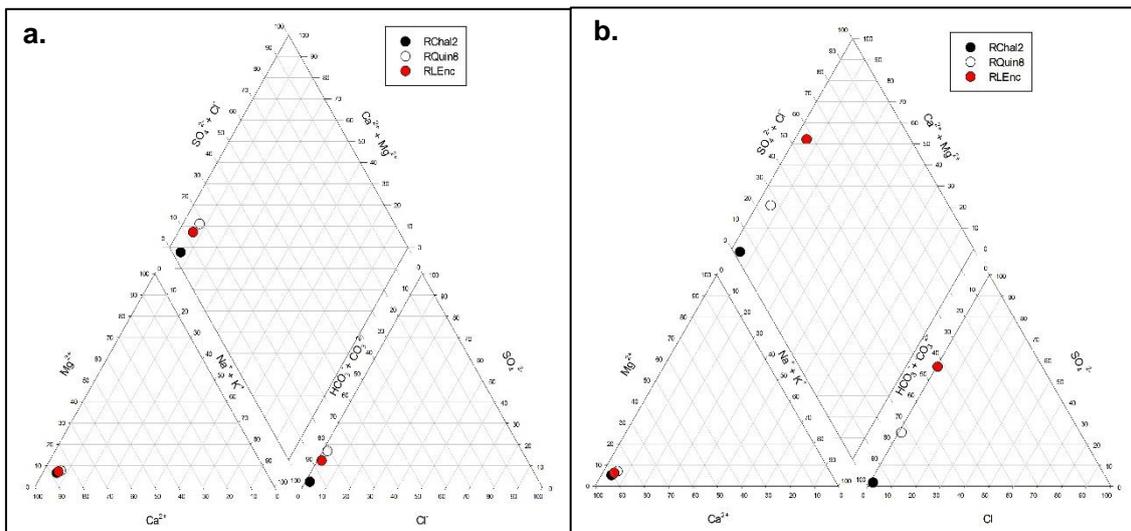
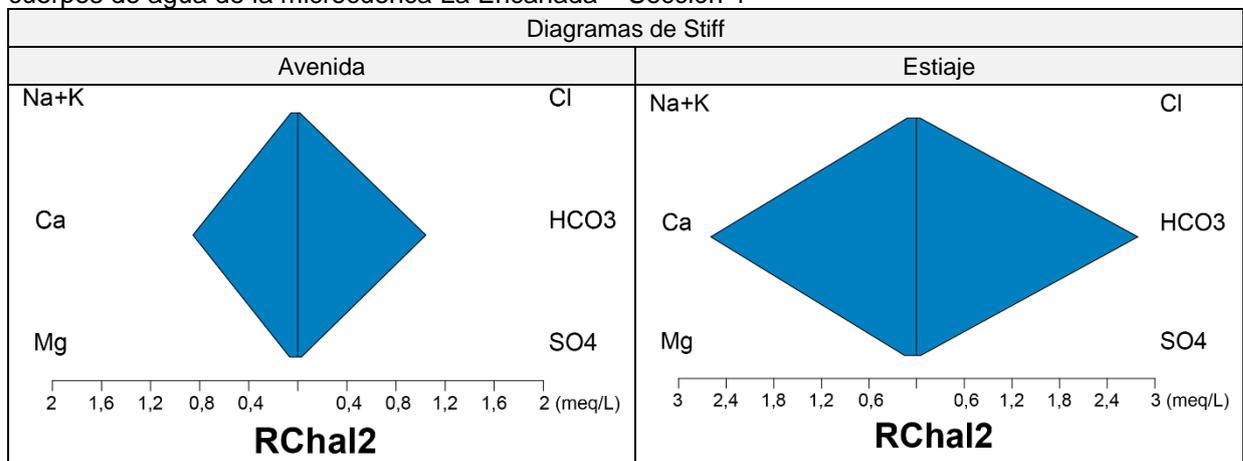


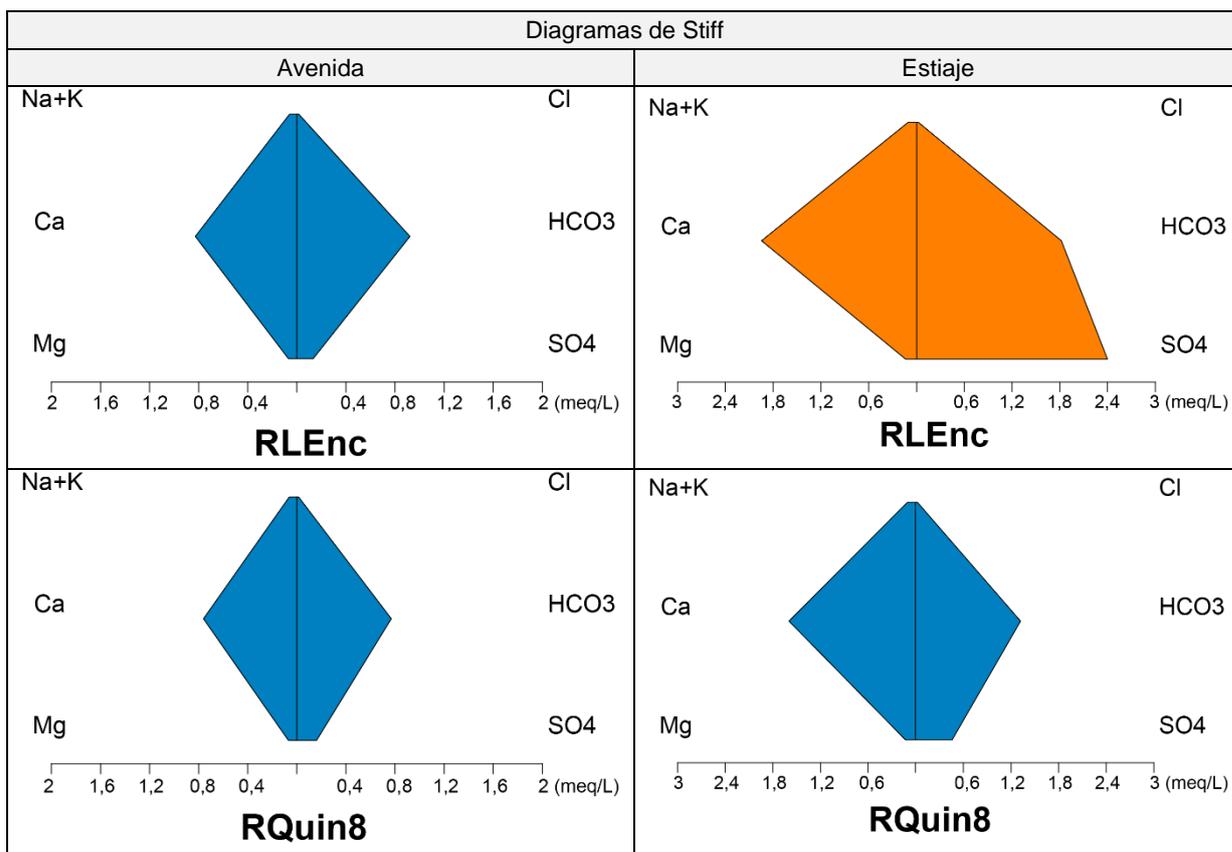
Figura 8.102. Diagrama de Piper por temporada a. avenida (marzo) y b. estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada – Sección 4

✓ Diagrama de Stiff

Los diagramas de Stiff muestran que las concentraciones de iones mayoritarios (Cl⁻, HCO₃⁻, CO₃²⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ y K⁺) en las muestras de agua superficial evaluados fueron de 0 a 2,80 meq/L (Figura 8.103).

Figura 8.103. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada – Sección 4





II. Manantiales

En esta sección se presenta los resultados de 5 manantiales evaluados en la temporada de estiaje, estos se distribuyen en el área hidrográfica del río La Encañada, sector Usnio y anexo Palpata de la comunidad campesina de Michiquillay.

De la comparación de resultados con los ECA para agua con la categoría 3 para los manantiales, ningún parámetro evaluado superó los valores de la referida norma, a excepción del oxígeno disuelto OD. En relación a la concentración de OD, las aguas subterráneas se caracterizan por presentar bajas concentraciones de oxígeno disuelto a causa de su baja interacción con la atmósfera y la acción fotosintética.

En cuanto a los metales y metaloides que podrían generar algún tipo de toxicidad o efectos adversos al ambiente como As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb y Zn, estos no superaron los ECA para agua categoría 3 y la y la Categoría 1A1, reportándose bajas concentraciones e incluso por debajo del límite de detección del método del laboratorio, tal como se presenta en la Tabla 8.59.

Tabla 8.59. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en manantiales y pozos artesianos en la temporada de estiaje de la microcuenca La Encañada – Sección 4

Metales y Metaloides	Unidad	Estiaje junio		Punto de muestreo de agua asociado	
		Manantiales		Manantiales	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Arsénico (As)	mg/L	0,00088	0,00105	AFMMuerte1	AFMichi7
Cadmio (Cd)		< 0,00001	< 0,00001	<LD	

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Metales y Metaloides	Unidad	Estiaje junio		Punto de muestreo de agua asociado	
		Manantiales		Manantiales	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Cobalto (Co)		< 0,00003	< 0,00003	<LD	
Cobre (Cu)		< 0,0003	0,0011	*	AFMMuerte1
Cromo (Cr)		< 0,001	< 0,001	<LD	
Hierro (Fe)		< 0,03	0,08	*	MUsnio1
Manganeso (Mn)		0,00073	0,00774	MUsnio1	AFMichi5
Mercurio (Hg)		< 0,00007	< 0,00007	<LD	
Molibdeno (Mo)		< 0,00003	0,00023	MUsnio1	AFShita
Níquel (Ni)		< 0,0009	< 0,0009	<LD	
Plomo (Pb)		< 0,00006	< 0,00006	<LD	
Zinc (Zn)		< 0,002	0,010	MUsnio1	AFMMuerte1

Fuente: Reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7)

En la Tabla 8.59 se observa que las mayores concentraciones de metales fueron reportadas principalmente en el manantial AFMMuerte1.

- **Hidroquímica**

- ✓ **Diagrama de Piper**

El agua de los manantiales de esta sección presentó una facie hidroquímica de tipo bicarbonata cálcica, en las temporadas de avenida y estiaje. Los datos para realizar estas gráficas se encuentran detallados en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

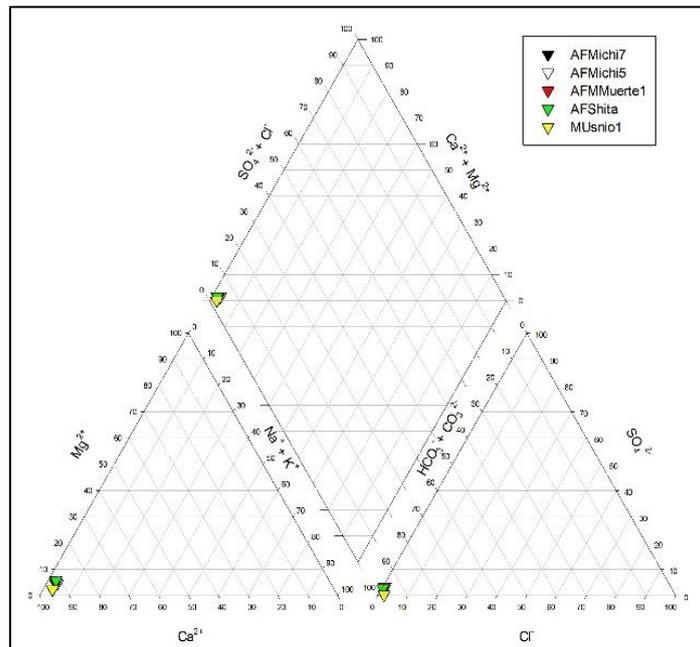
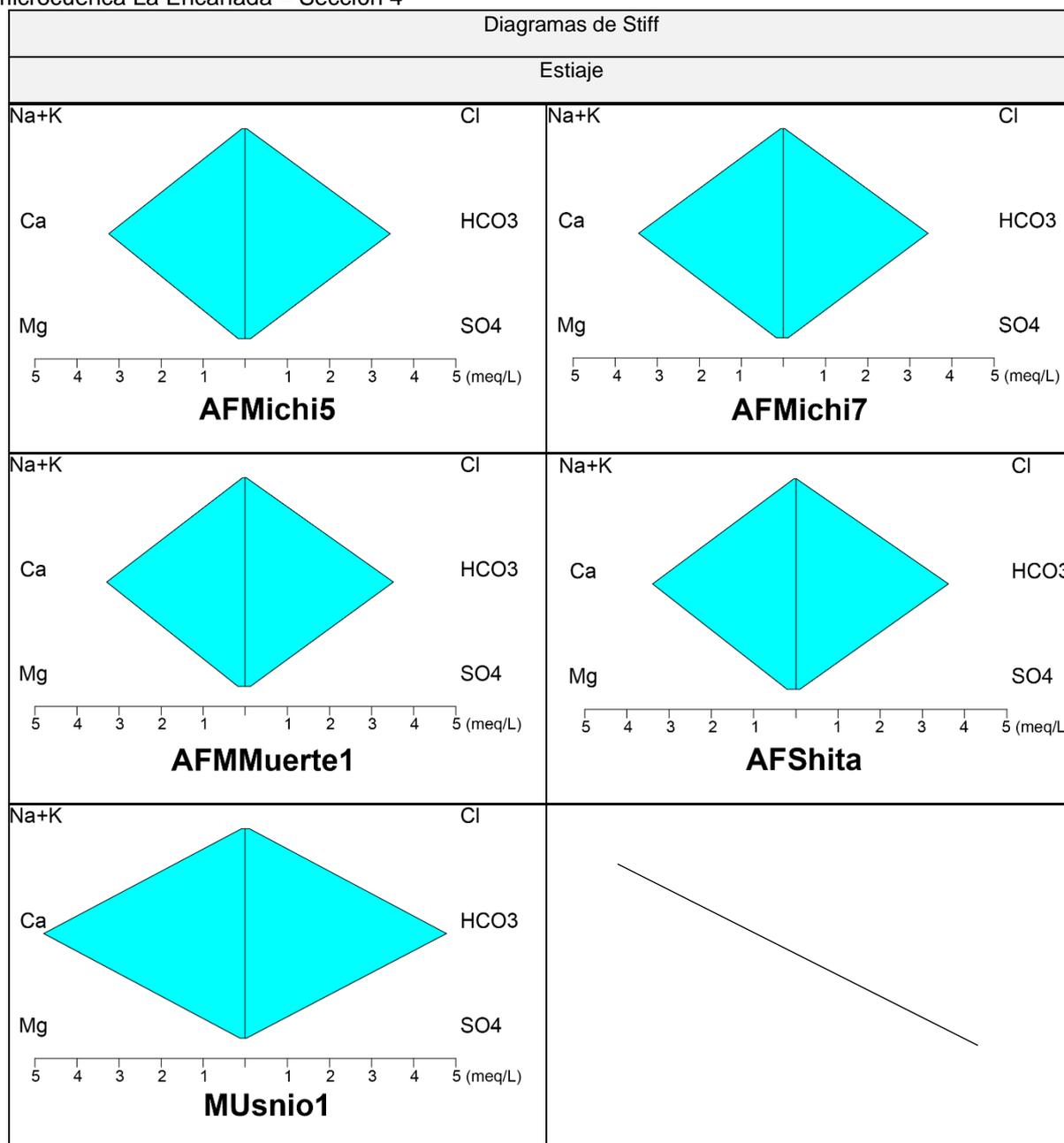


Figura 8.104. Diagrama de Piper en la temporada de estiaje (junio) en manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 4

✓ **Diagrama de Stiff**

Los diagramas de Stiff muestran que las concentraciones de iones mayoritarios (Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+) en las muestras de agua superficial evaluados fueron de 0 a 4,78 meq/L en manantiales (Figura 8.105).

Figura 8.105. Diagrama de Stiff en la temporada de estiaje (junio) en manantiales de la microcuenca La Encañada – Sección 4



Sedimento

En esta sección como en la mayoría de los cuerpos lóticos del área de influencia, existe una predominancia de los materiales gruesos sobre los finos, solo se encontró sedimento en el río Challhuamayo (RChal2), en un pequeño tramo del mismo en la temporada de estiaje, el

cual presentó una textura arenosa, pH alcalino, ausencia de materia orgánica y una concentración de 153 mg/kg de sulfatos (Tabla 8.60).

Tabla 8.60. Valores de pH, materia orgánica, sulfatos y textura en sedimento del río Seco, ubicados en la microcuenca La Encañada - Sección 4

Punto de muestreo	Temporada	Mes	Río principal o tributario	pH	Materia orgánica	Sulfatos	Textura			Clase textural
							Arena	Limo	Arcilla	
RChal2	Avenida	Marzo	Río Challhuamayo	-	-	-	-	-	-	-
	Estiaje	Junio		8,15	<0,3	153	90	5	5	Arenosa

En cuanto a la concentración de metales, ninguno excedió los valores ISQG o PEL de la guía de calidad ambiental de Canadá (CEQG), tal como se detalla en la Tabla 8.61. Los resultados de los demás elementos se detallan en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

Tabla 8.61. Comparación de las concentraciones de metales totales con los valores ISQG y PEL de la CEQG en sedimento del río Challhuamayo en la microcuenca La Encañada - Sección 4

Punto de muestreo	Temporada	Mes	Río principal o tributario	Metales totales (mg/kg)						
				Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo	Mercurio	Plomo	Zinc
RChal2	Avenida	Marzo	Río Challhuamayo	-	-	-	-	-	-	-
	Estiaje	Junio		< 17,5	< 1,0	17,1	< 4,5	< 0,10	< 10	< 2,5
ISQG (mg/kg)				5,9	0,6	35,7	37,3	0,17	35	123
PEL (mg/kg)				17	3,5	197	90	0,486	91,3	315

Superan los valores de ISQG: Interim Sediment Quality Guideline

Superan los valores PEL: Probable Effect Level

(-) No evaluado en esta temporada.

(<) Valor por debajo del límite detección del método del laboratorio.

Comunidades hidrobiológicas

I. Ríos y quebradas

a. Macroinvertebrados bentónicos

✓ Riqueza

En esta sección la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 40 especies agrupadas en 3 phyla, 4 clases y 9 órdenes. El orden Díptera registró la mayor riqueza con 16 especies seguido del orden Coleoptera con 11 especies. En el Anexo 7 se presenta el registro completo de macroinvertebrados bentónicos.

En la Figura 8.106 se muestran los resultados de riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo y temporadas de evaluación. Se observó que los puntos RChal2, RQuin8 y RLEnc presentaron menores valores de riqueza durante la temporada de avenida. Asimismo, se registró que el orden Díptera registró la mayor riqueza en todos los puntos evaluados y durante ambas temporadas de evaluación.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

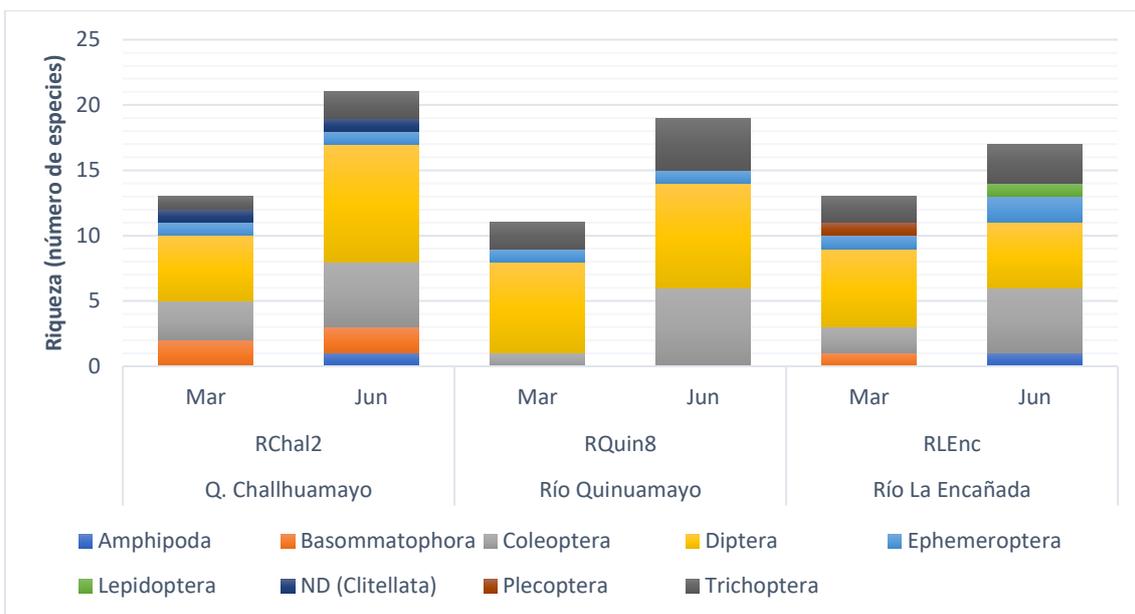


Figura 8.106. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 4

✓ **Abundancia**

En la Figura 8.107 se presentan los resultados de abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo y temporadas de evaluación. Se observó que los puntos RQuin8 y RLEnc registraron los mayores valores de abundancia durante la temporada de estiaje en comparación con la temporada de avenida a excepción del punto RChal2 que registró mayor abundancia durante la temporada de avenida respecto a la temporada de estiaje.

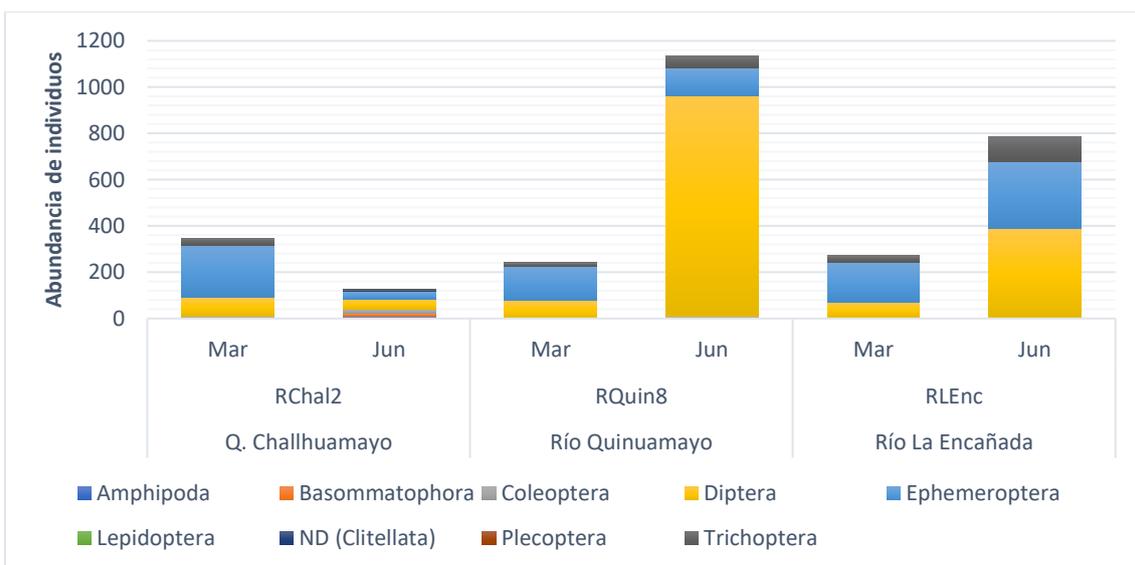


Figura 8.107. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada- Sección 4

✓ **Índices de diversidad**

En la Tabla 8.62 se muestran los resultados de la diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por puntos de muestreo y temporadas de evaluación.

Se registró mayores valores de riqueza durante la temporada de estiaje en comparación a la temporada de avenida en todos los puntos evaluados de este sector. Asimismo, se observó que el punto RQuin8, ubicado en el río Quinuamayo, presentó el mayor valor de abundancia durante la temporada de estiaje sin embargo registró una baja equidad y alta dominancia de Simpson evidenciando la presencia de algunas especies dominantes como las del orden Díptera.

Tabla 8.62. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 4

Cuerpo de agua	Q. Challhuamayo		Río Quinuamayo		Río La Encañada	
Punto de muestreo	RChal2		RQuin8		RLEnc	
Temporada de evaluación	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Riqueza de especies (S)	13	21	11	19	13	17
Abundancia de individuos (N)	347	125	241	1137	272	785
Equidad de Pielou (J')	0,48	0,82	0,51	0,28	0,51	0,42
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	1,77	3,61	1,75	1,19	1,88	1,71
Dominancia de Simpson (λ)	0,45	0,12	0,44	0,64	0,43	0,37

✓ **Índice ABI**

En la Tabla 8.63 se muestran los resultados de la calidad ecológica del agua por puntos de muestreo y temporadas de evaluación determinada a partir del índice biótico andino (ABI).

Se determinó que la calidad ecológica en los puntos RChal2 y RQuin8 presentó una mejora durante la temporada de estiaje respecto a la temporada de avenida, pasando de «moderada» a «buena». A su vez se determinó que el punto RLEnc no varió su calidad ecológica durante ambas temporadas de evaluación presentando una calidad de «buena».

Tabla 8.63. Índices biótico andino (ABI) y calidad ecológica del agua por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 4

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Temporada de evaluación			
		Mar		Jun	
		Índice ABI	Calidad	Índice ABI	Calidad
Q. Challhuamayo	RChal2	34	Moderada	56	Buena
Río Quinuamayo	RQuin8	39	Moderada	63	Buena
Río La Encañada	RLEnc	51	Buena	60	Buena

b. Perifiton

✓ **Riqueza**

El perifiton en el acumulado total de la sección 4 registró 115 especies de microalgas agrupadas en 5 phyla, 8 clases, 23 órdenes y 42 familias y 8 especies de microorganismos agrupados en 4 phyla, 4 clases, 4 órdenes y 7 familias.

En las 2 temporadas evaluadas el phylum Bacillariophyta fue el de mayor riqueza, seguido del phylum Cyanobacteria en las microalgas; en los microorganismos los phyla Rotifera y Cercozoa fueron los que sobresalieron en riqueza. En el Anexo 7 se presenta el registro completo de perifiton.

En el acumulado total, la temporada de avenida presentó mayor riqueza de especies de microalgas que la de estiaje, siendo el phylum Bacillariophyta el que más disminuyó en especies de 66 a 30 especies, entre ambas temporadas.

En la Figura 8.108 se observa que la presencia del phylum Euglenozoa se registró únicamente en la temporada de avenida en el punto RQuin8. Por otro lado, en el punto RLEnc, la mayor riqueza correspondió al de la temporada de avenida y la menor en la temporada de estiaje.

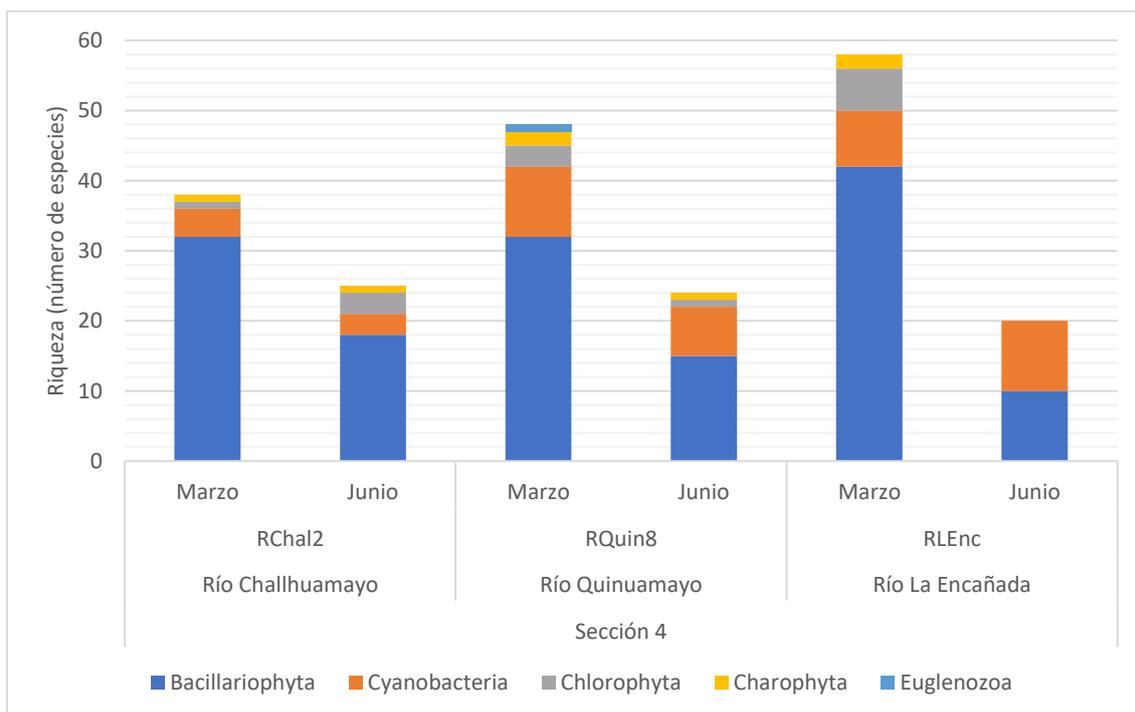


Figura 8.108. Riqueza de microalgas de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 4

Se registraron más especies de microorganismos del perifiton en la temporada de avenida que de estiaje en los puntos RQuin8 y RLEnc; mientras que en RChal2 la riqueza fue la misma en ambas temporadas, observándose el desplazamiento del phylum Cercozoa por especies del phylum Rotifera en la época de estiaje como se muestra en la Figura 8.109.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

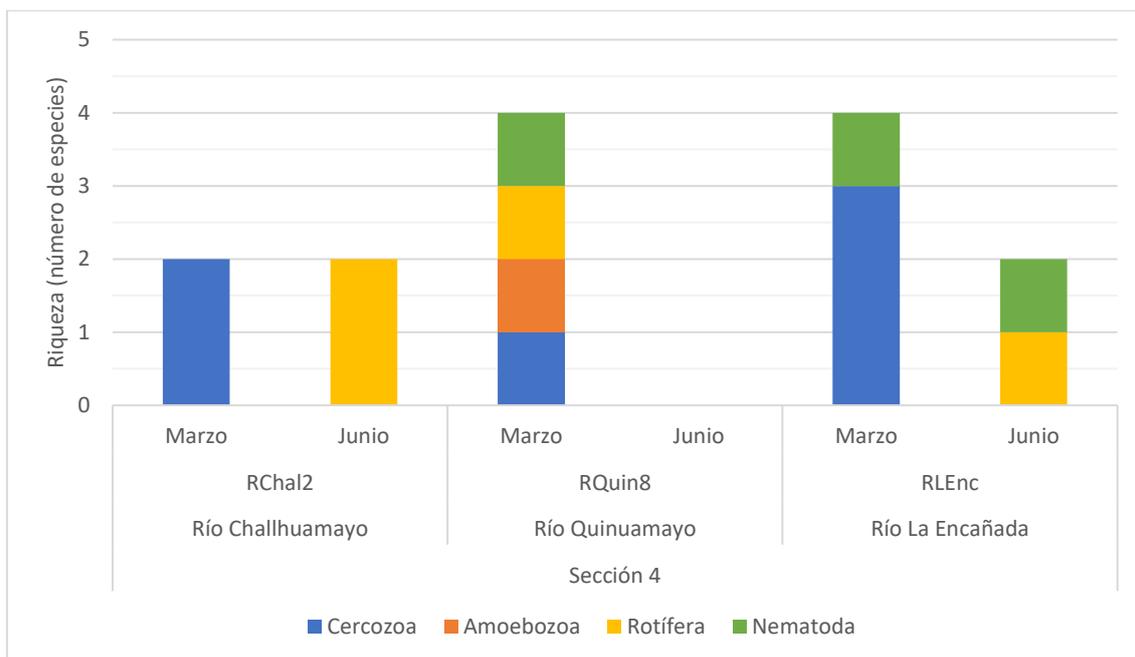


Figura 8.109. Riqueza de microorganismos la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca La Encañada-Sección 4.

✓ **Abundancia**

En el acumulado total, la mayor abundancia para las microalgas se registró durante la temporada de estiaje; asimismo en ambas predominó el phylum Bacillariophyta seguido por las cianobacterias las cuales incrementaron su abundancia en la temporada de estiaje (Figura 8.110). La mayor abundancia se registró en el punto RLEnc en la temporada de estiaje y la menor en RChal2 en la temporada de estiaje.

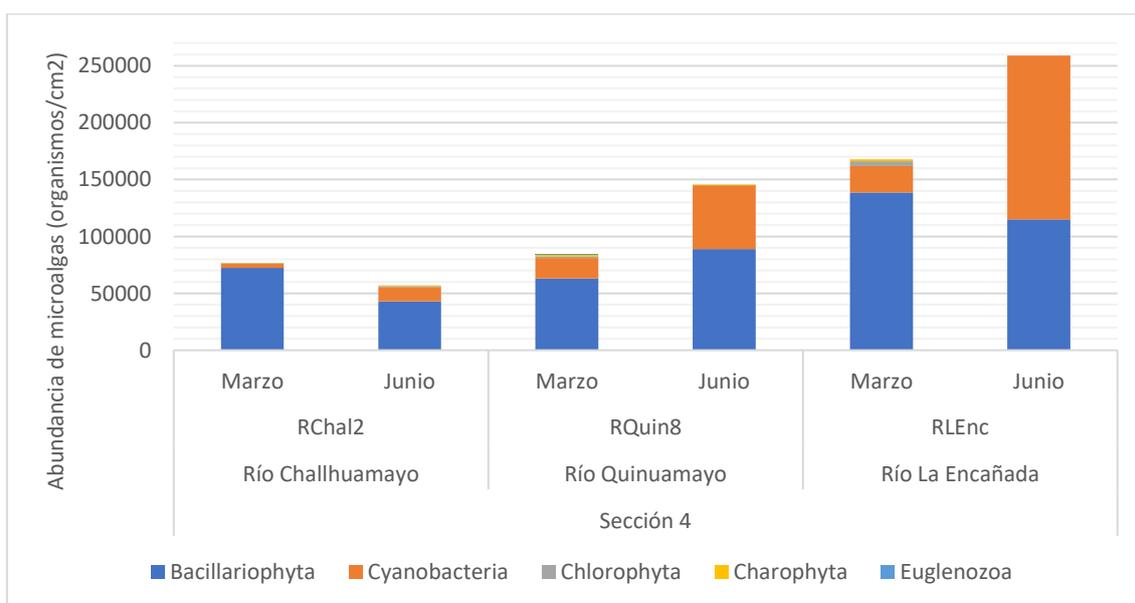


Figura 8.110. Abundancia de microalgas de la comunidad de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada- Sección 4

Los microorganismos registraron una mayor abundancia en la época de avenida; el punto RQuin8 no registró organismos en la época de estiaje. El phylum Cercozoa fue el predominante durante la temporada de avenida (Figura 8.111).

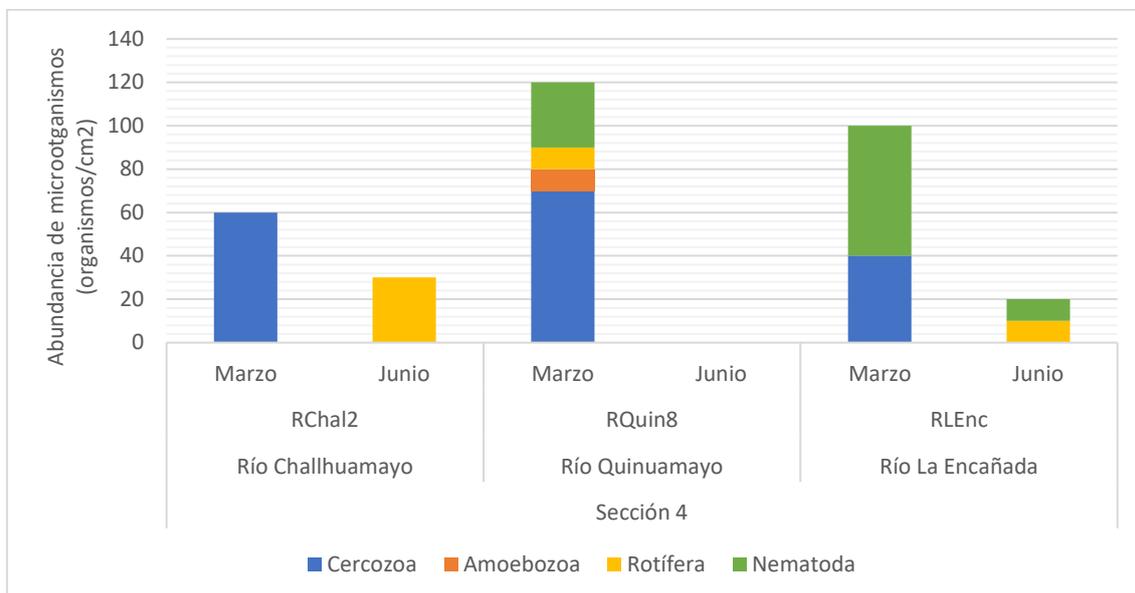


Figura 8.111. Abundancia de microorganismos la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada- Sección 4

✓ **Índices de diversidad**

En las microalgas todos los puntos presentan una dominancia de individuos de alguna especie en cada ensamblaje comunitario; sin embargo, los valores con una tendencia mayor de dominancia se observan durante la temporada de avenida que la de estiaje.

La mayor diferencia en los valores de equidad de Pielou se observa en RLEnc, el cual presenta una diferencia significativa en la riqueza entre las 2 temporadas, así como su abundancia que aumenta en la temporada de estiaje cerca del doble de lo que presenta durante la avenida. (Tabla 8.64).

Los valores máximo y mínimo de la diversidad de Shannon-Wiener corresponden a los de riqueza y se encontraron en el punto RLEnc.

Los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por punto de muestreo y temporada de evaluación se muestran para microalgas y en la Tabla 8.64 y para microorganismos en Tabla 8.65.

Tabla 8.64. Índices de la diversidad alfa de microalgas de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 4

Cuerpo de agua	Q. Challhuamayo		Río Quinuamayo		Río La Encañada	
Punto de muestreo	RChal2		RQuin8		RLEnc	
Temporada de evaluación	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Riqueza de especies (S)	38	25	48	24	58	20
Abundancia de individuos (N)	77000	56950	84300	145650	167750	259000
Equidad de Pielou (J')	0,92	0,89	0,89	0,77	0,89	0,72

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Cuerpo de agua	Q. Challhuamayo		Río Quinuamayo		Río La Encañada	
Punto de muestreo	RChal2		RQuin8		RLEnc	
Temporada de evaluación	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	4,83	4,13	4,95	3,51	5,21	3,11
Dominancia de Simpson (λ)	0,04	0,07	0,05	0,13	0,04	0,17

La riqueza de microorganismos estuvo entre 0 y 4 especies, los puntos que presentaron la mayor diferencia entre los valores de diversidad alfa fueron RQuin8 y RLEnc de una temporada como se muestra en la Tabla 8.65.

Tabla 8.65. Índices de la diversidad alfa de microorganismos de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca La Encañada-Sección 4

Cuerpo de agua	Q. Challhuamayo		Río Quinuamayo		Río La Encañada	
Punto de muestreo	RChal2		RQuin8		RLEnc	
Temporada de evaluación	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Riqueza de especies (S)	2	2	4	0	4	2
Abundancia de individuos (N)	60	30	120	0	100	20
Equidad de Pielou (J')	0,92	0,92	0,78	-	0,79	1,00
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	0,92	0,92	1,55	0,00	1,57	1,00
Dominancia de Simpson (λ)	0,56	0,56	0,42	-	0,42	0,50

(-): Valor no calculable

c. Necton

En esta sección se registraron dos especies del género *Astroblepus* en los ríos Quinuamayo y La Encañada, encontrándose una mayor abundancia de individuos en la temporada de estiaje (Tabla 8.66).

Tabla 8.66. Comunidad del necton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en ríos y quebradas de la Microcuenca La Encañada-Sección 4

Orden	Familia	Especie	Río Quinuamayo		Río La Encañada	
			RQuin8		RLEnc	
			Mar	Jun	Mar	Jun
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus</i> sp.	1	0	1	2
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus longiceps</i>	0	6	0	11

8.2 Microcuenca Yanacocha

Esta microcuenca comprende un total de 3 puntos de muestreo de agua superficial ubicados en la quebrada Yanacocha. Las comunidades hidrobiológicas de perifiton y macroinvertebrados bentónicos fueron evaluados en los mismos puntos de la quebrada. Adicionalmente, se evaluaron 4 pozos artesianos, que corresponden a manantiales captados por la población para consumo humano en el caserío Alto Sogoron (Figura 8.112).

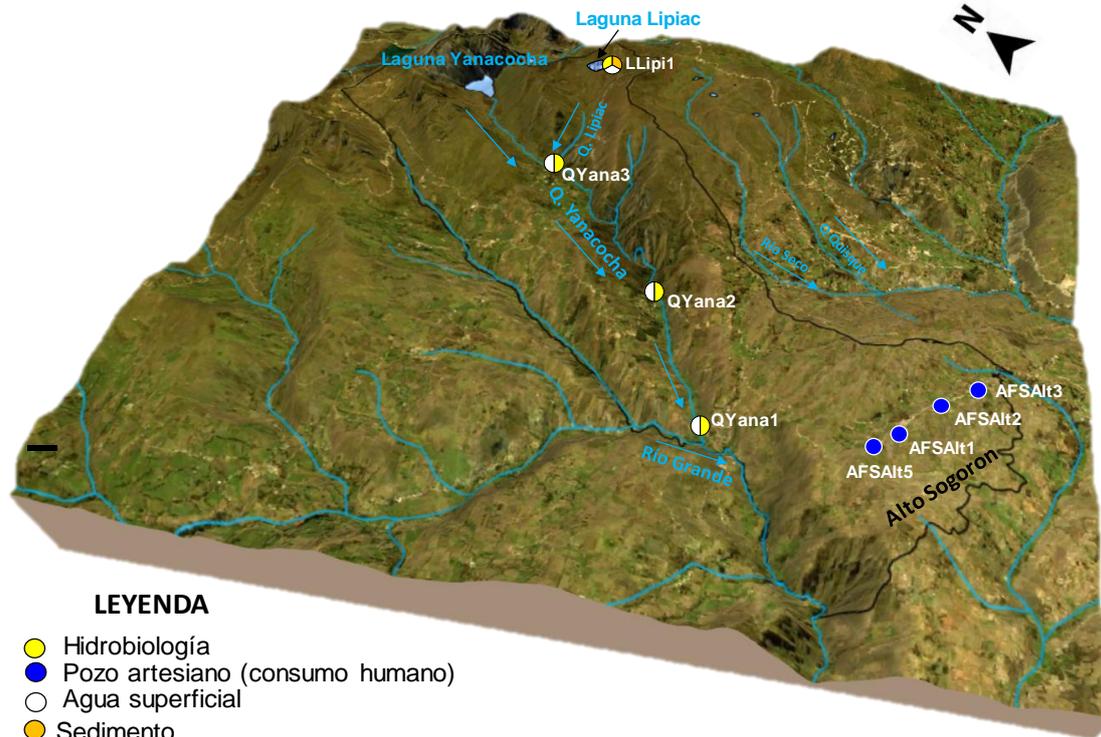


Figura 8.112. Distribución de puntos de evaluación en la microcuenca Yanacocha

8.2.1 Agua superficial

I. Ríos y quebradas

Esta microcuenca comprende la quebrada Yanacocha, en la cual se establecieron 3 puntos de muestreo de agua superficial y comunidades hidrobiológicas (QYana1, QYana2 y QYana3); En la Figura 8.112 se presentan los puntos de muestreo por cada componente ambiental evaluado, la descripción y ubicación geográfica de cada punto de muestreo se presenta en los reportes de campo N.º 003-2019-STEC y 021-2019-STEC (Anexo 6). Asimismo, los resultados de los parámetros evaluados en esta sección se presentan en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

De la comparación de resultados fisicoquímicos obtenidos en esta microcuenca con los ECA para agua, categoría 3, el potencial de hidrógeno (pH) se encontró fuera del rango establecido en la norma referida (Tabla 8.67).

El potencial de hidrógeno (pH) en el agua se encontró fuera del rango establecido en los ECA agua, Cat. 3 en la quebrada Yanacocha (QYana3) durante la temporada de estiaje (Figura 8.113).

Tabla 8.67. Parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 en la microcuenca Yanacochoa

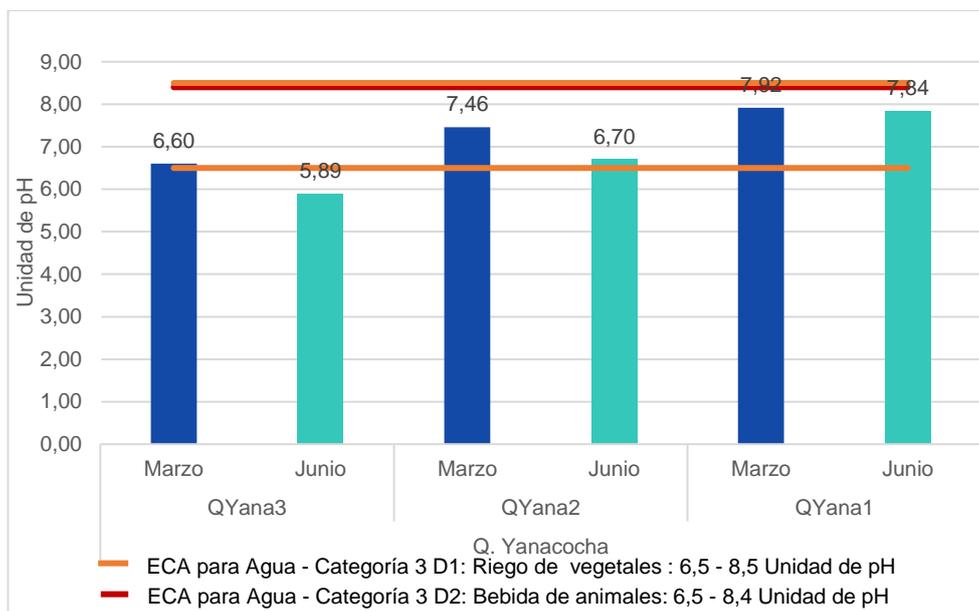
N.º	Cuerpo de agua	Punto de muestreo	ECA para agua			
			Categoría 3 (D1)		Categoría 3 (D2)	
			Avenida	Estiaje	Avenida	Estiaje
			Mar-19	Jun-19	Mar-19	Jun-19
1	Quebrada Yanacochoa	QYana3	-	pH	-	pH
2		QYana2	-	-	-	-
3		QYana1	-	-	-	-

(-): No supera la norma referida.

pH: Potencial de hidrógeno

(*): Sin flujo de agua durante la temporada.

ECA agua 2017: Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.


Figura 8.113. Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Yanacochoa

Con relación a los metales y metaloides que podrían generar algún tipo de toxicidad o efectos adversos al ambiente como As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb y Zn, estos no superaron los ECA para agua categoría 3, reportándose bajas concentraciones e incluso por debajo del límite de detección del método del laboratorio, tal como se muestra en la Tabla 8.68.

Tabla 8.68. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en los cuerpos de agua de la microcuenca Yanacochoa

Metales y Metaloides	Unidad	Temporada evaluada				Cuerpo de agua asociado			
		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Arsénico (As)	mg/L	< 0,00003	0,00071	0,00092	0,00137	QYana1	QYana2	QYana3	QYana1
Cadmio (Cd)		< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	<		<	
Cobalto (Co)		< 0,00001	0,00084	< 0,00003	0,00072	QYana1	QYana2	QYana1	QYana2
Cromo (Cr)		< 0,0001	< 0,0001	< 0,001	< 0,001	<		<	
Cobre (Cu)		0,00087	0,00345	< 0,0003	0,0065	QYana3	QYana2	QYana3	QYana2
Hierro (Fe)		0,2619	0,5898	0,13	0,3	QYana3	QYana2	QYana1	QYana3
Mercurio (Hg)		< 0,00003	< 0,00003	< 0,00007	< 0,00007	<		<	

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Metales y Metaloides	Unidad	Temporada evaluada				Cuerpo de agua asociado			
		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Manganeso (Mn)		0,02471	0,03657	0,00987	0,08367	QYana1	QYana2	QYana1	QYana3
Molibdeno (Mo)		< 0,00002	< 0,00002	< 0,00003	< 0,00003	<		<	
Níquel (Ni)		0,0007	0,0012	< 0,0009	< 0,0009	QYana1	QYana2	<	
Plomo (Pb)		< 0,0002	0,0026	0,00023	0,00259	QYana3	QYana2	QYana3	QYana2
Zinc (Zn)		0,0123	0,0270	0,009	0,016	QYana2	QYana3	QYana1	QYana3

(<): Todos los puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio.
Fuente: Reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7)

En la Tabla 8.68 se observa que las mayores concentraciones de metales se presentaron principalmente en el punto QYana2 de la quebrada Yanacocha en ambas temporadas de evaluación.

- **Hidroquímica**

- ✓ **Diagrama de Piper**

El agua de la quebrada Yanacocha en su curso alto (QYana3) presentó una facie hidroquímica de tipo sulfatada cálcica, mientras que los puntos del curso medio (QYana2) y bajo (QYana1) fue de tipo bicarbonata cálcica, en las temporadas de avenida y estiaje (Figura 8.114). Los datos para realizar estas gráficas se encuentran detallados en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

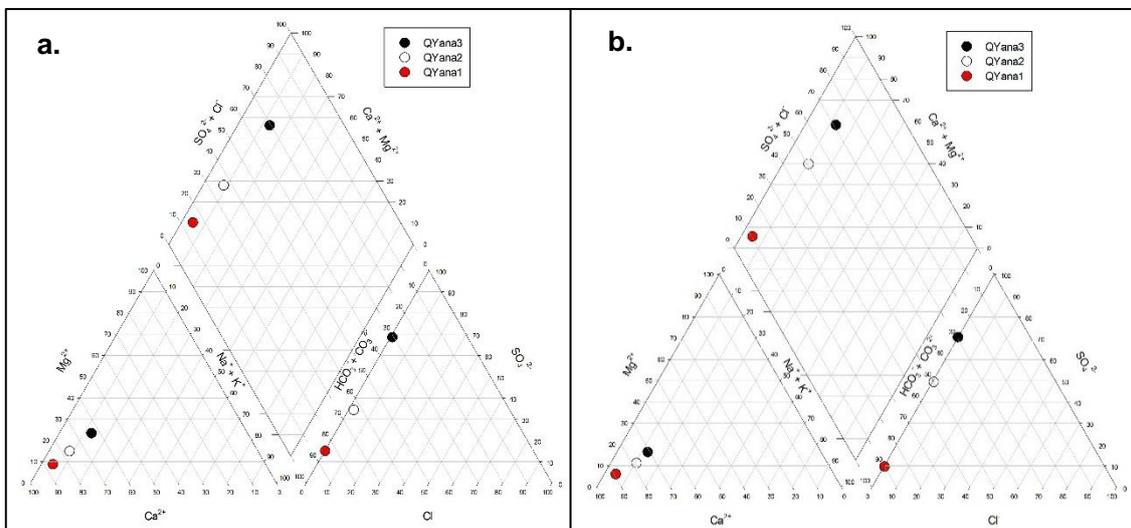
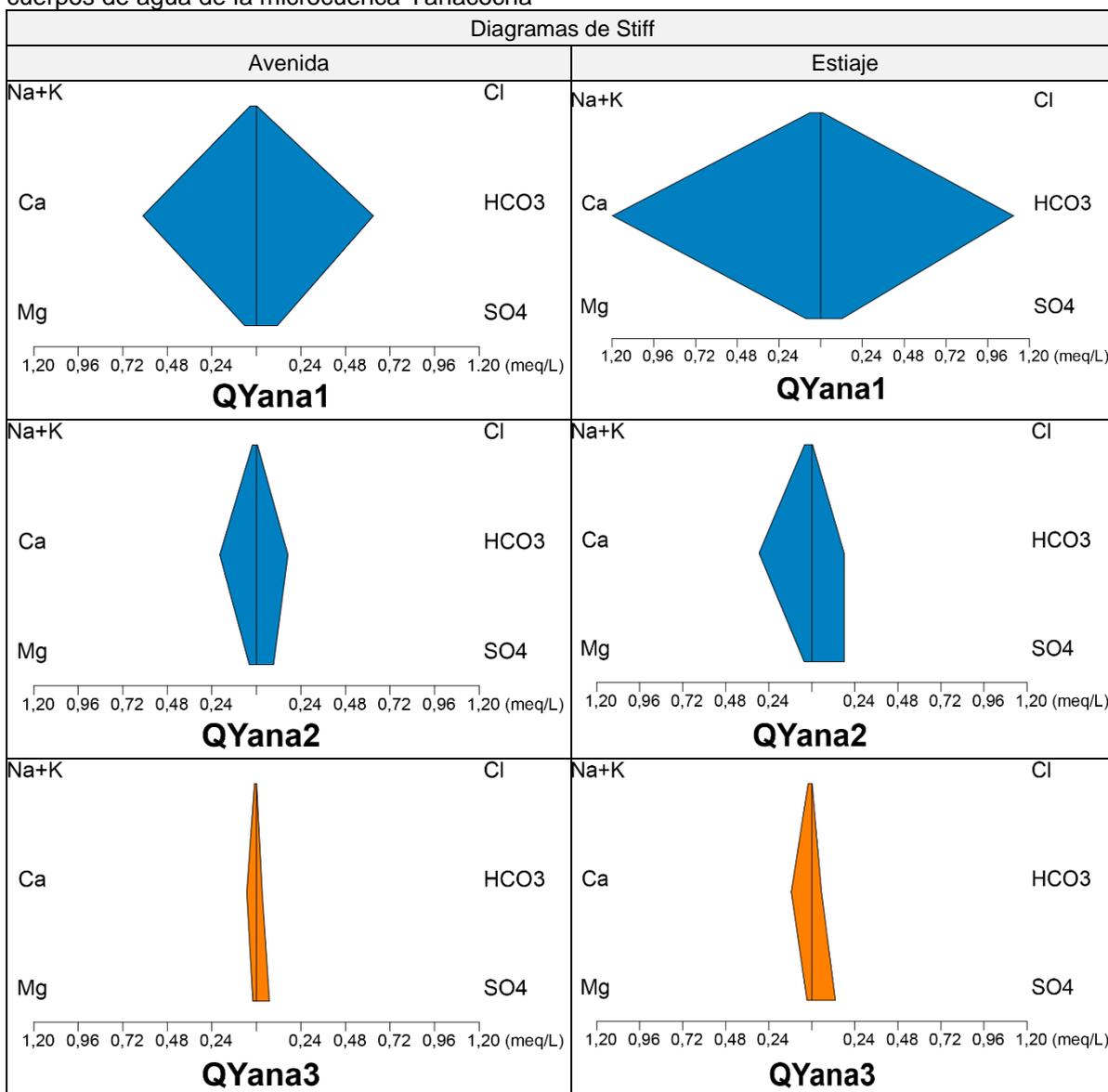


Figura 8.114. Diagrama de Piper por temporada **a.** avenida (marzo) y **b.** estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Yanacocha

- ✓ **Diagrama de Stiff**

Los diagramas de Stiff muestran que las concentraciones de iones mayoritarios (Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+) en las muestras de agua superficial evaluados fueron de 0 a 1,20 meq/L (Figura 8.115).

Figura 8.115. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Yanacocha



II. Lagunas

Esta sección comprende la laguna Lipiac con un punto de muestreo LLipi1.

De la comparación entre los parámetros de campo, fisicoquímicos e inorgánicos (metales y metaloides) con los ECA para agua, categoría 4, el potencial de hidrógeno (pH) se encontró fuera del rango establecido en dicha norma, asimismo el nitrógeno total excedió los valores establecidos en la norma mencionada.

El potencial de hidrógeno (pH) se registró fuera del rango establecido en los ECA para agua, categoría 4, en la laguna en las temporadas de avenida y estiaje (Figura 8.116a).

En cuanto a las concentraciones de nitrógeno total, estas superaron lo establecido en los ECA agua, categoría 4, en la laguna en las temporadas de avenida y estiaje (Figura 8.116b)

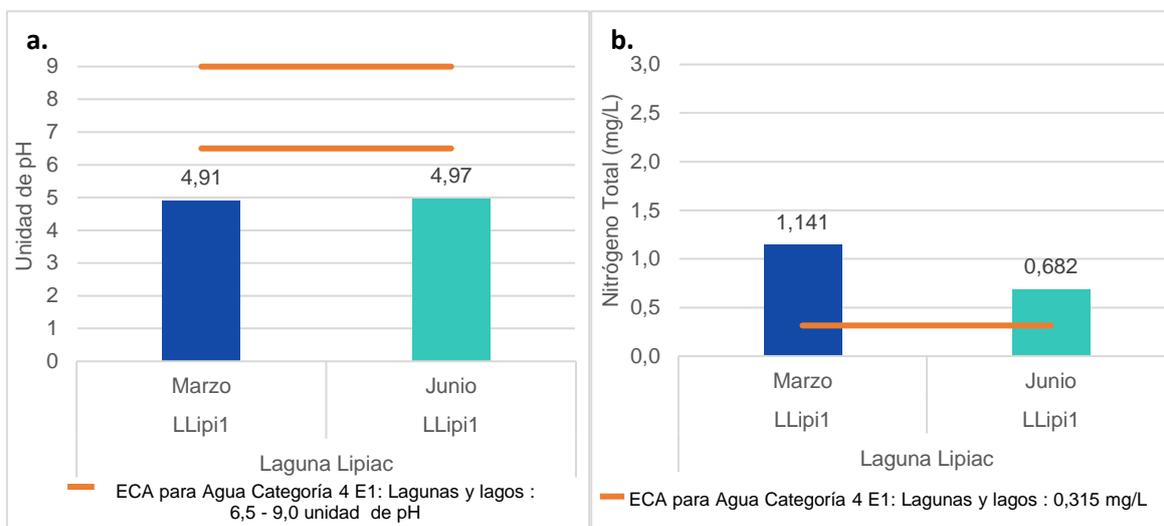


Figura 8.116 Valores de potencial de hidrógeno y concentraciones de nitrógeno total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Yanacocha

Con relación a los metales y metaloides que podrían generar algún tipo de toxicidad o efectos adversos al ambiente como As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb y Zn, estos no superaron los ECA para agua categoría 4, reportándose bajas concentraciones e incluso por debajo del límite de detección del método del laboratorio, tal como se muestra en la Tabla 8.69.

Tabla 8.69. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en la laguna Lipiac de la microcuenca Yanacocha

Metales y Metaloides	Unidad	Temporada evaluada	
		Avenida (marzo)	Estiaje (junio)
		Mínimo	Máximo
Arsénico (As)	mg/L	< 0,00003	0,00105
Cadmio (Cd)		< 0,00001	< 0,00001
Cobalto (Co)		0,00012	< 0,00003
Cromo (Cr)		< 0,0001	< 0,001
Cobre (Cu)		0,00104	< 0,0003
Hierro (Fe)		0,1218	0,06
Mercurio (Hg)		< 0,00003	< 0,00007
Manganeso (Mn)		0,00915	0,00912
Molibdeno (Mo)		< 0,00002	< 0,00003
Níquel (Ni)		< 0,0002	< 0,0009
Plomo (Pb)		0,0003	< 0,00006
Zinc (Zn)		< 0,0100	0,011

(<): Las concentraciones se encuentran por debajo del límite de detección del método del laboratorio

Fuente: Reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7)

• **Hidroquímica**

✓ **Diagrama de Piper**

El agua de la laguna Lipiac (LLipi1) presentó una facie hidroquímica de tipo bicarbonata cálcica, en las temporadas de avenida y estiaje (Figura 8.117). Los datos para realizar estas gráficas se encuentran detallados en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

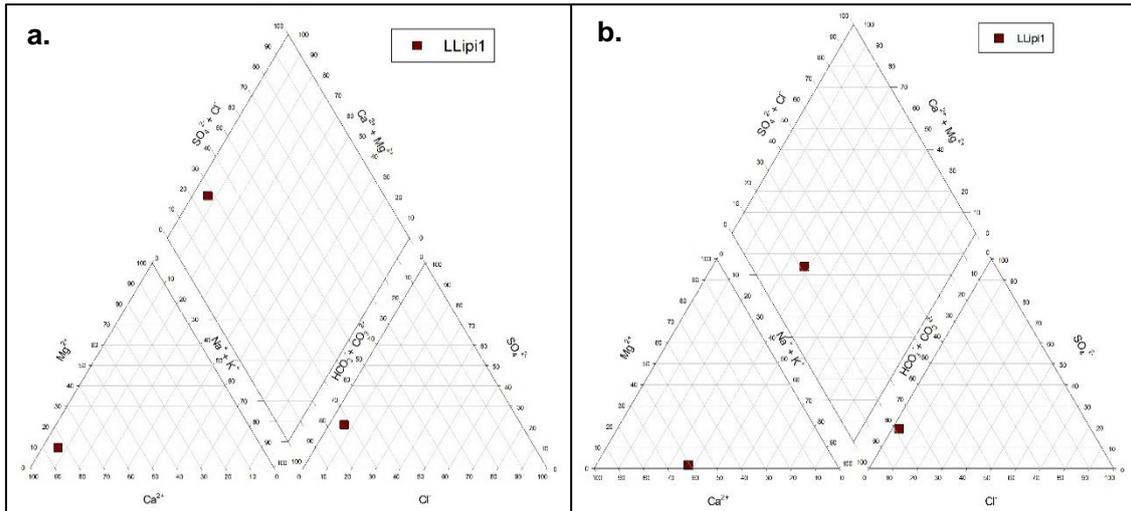
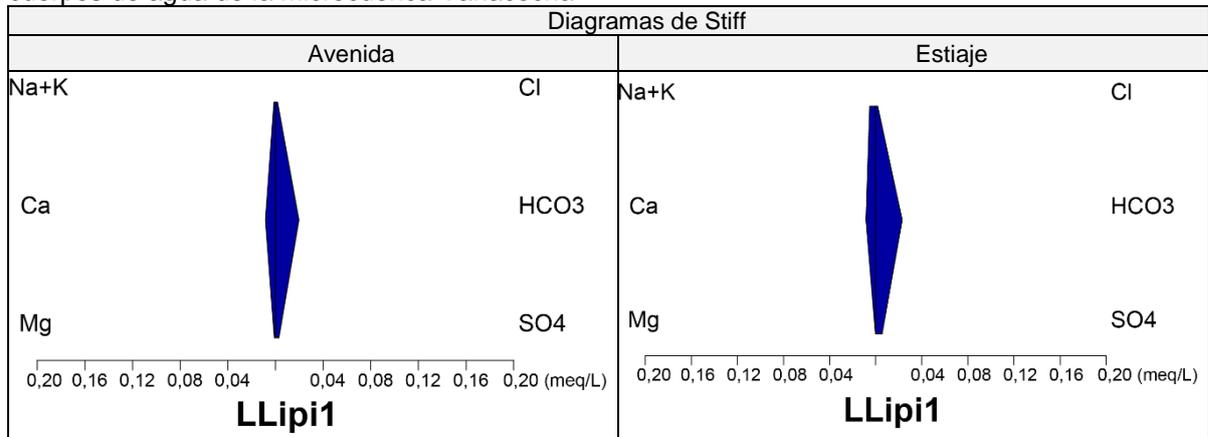


Figura 8.117. Diagrama de Piper por temporadas **a.** avenida (marzo) y **b.** estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Yanacocha

✓ **Diagrama de Stiff**

Los diagramas de Stiff muestran que las concentraciones de iones mayoritarios (Cl⁻, HCO₃⁻, CO₃²⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ y K⁺) en las muestras de agua superficial evaluados fueron de 0 a 0,02 meq/L (Figura 8.118).

Figura 8.118. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Yanacocha



III. Pozos artesianos de consumo humano

En esta sección se presenta los resultados de 4 pozos artesianos evaluados en la temporada de estiaje, ubicados en el caserío Alto Sogoron de la comunidad campesina La Encañada.

De la comparación de resultados con los ECA para agua con categoría 1 subcategoría A1, todos los parámetros evaluados no superaron los valores de la referida norma, a excepción del oxígeno disuelto OD. En relación a la concentración de OD, las aguas subterráneas se caracterizan por presentar bajas concentraciones de oxígeno disuelto a causa de su baja interacción con la atmósfera y la acción fotosintética.

En cuanto a los metales y metaloides que podrían generar algún tipo de toxicidad o efectos adversos al ambiente como As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb y Zn, estos no superaron los ECA para agua Categoría 1A1, reportándose bajas concentraciones e incluso por debajo del límite de detección del método del laboratorio, tal como se presenta en la Tabla 8.70. Todos los resultados de los parámetros evaluados en esta sección se presentan en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

Tabla 8.70. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en manantiales y pozos artesianos en la temporada de estiaje de la microcuenca La Encañada – Sección 4

Metales y Metaloides	Unidad	Estiaje (junio)		Punto de muestreo de agua asociado	
		Pozos artesianos		Pozos artesianos	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Arsénico (As)	mg/L	0,00069	0,00108	AFSAIt3	AFSAIt5
Cadmio (Cd)		< 0,00001	< 0,00001	<LD	
Cobalto (Co)		< 0,00001	< 0,00001	<LD	
Cobre (Cu)		< 0,0003	< 0,0003	<LD	
Cromo (Cr)		< 0,001	< 0,001	<LD	
Hierro (Fe)		< 0,03	0,05	AFSAIt3 y AFSAIt5	AFSAIt2
Manganeso (Mn)		0,00083	0,02735	AFSAIt1	AFSAIt5
Mercurio (Hg)		< 0,00007	< 0,00007	<LD	
Molibdeno (Mo)		< 0,00003	0,00023	AFSAIt3	AFSAIt5
Níquel (Ni)		< 0,0009	0,0016	AFSAIt2 y AFSAIt3	AFSAIt1
Plomo (Pb)		< 0,00006	< 0,00006	<LD	
Zinc (Zn)		0,013	0,023	AFSAIt3	AFSAIt5

Fuente: Reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7)

En la Tabla 8.70 se observa que las mayores concentraciones de metales fueron reportadas principalmente en el pozo AFSAIt5.

- **Hidroquímica**

- ✓ **Diagrama de Piper**

El agua de los pozos artesianos de esta sección presentó una facie hidroquímica de tipo bicarbonata cálcica, en las temporadas de avenida y estiaje (Figura 8.119). Los datos para realizar estas gráficas se encuentran detallados en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

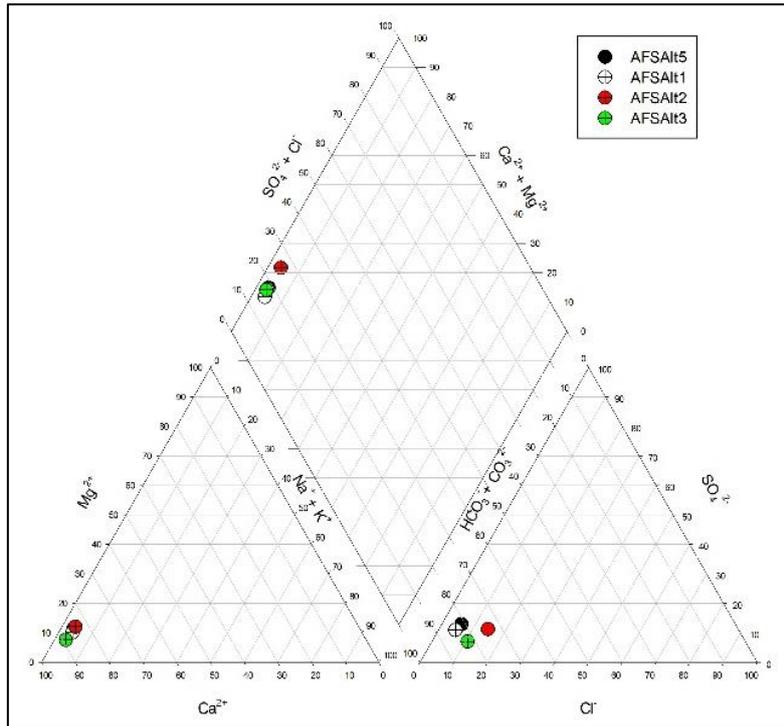
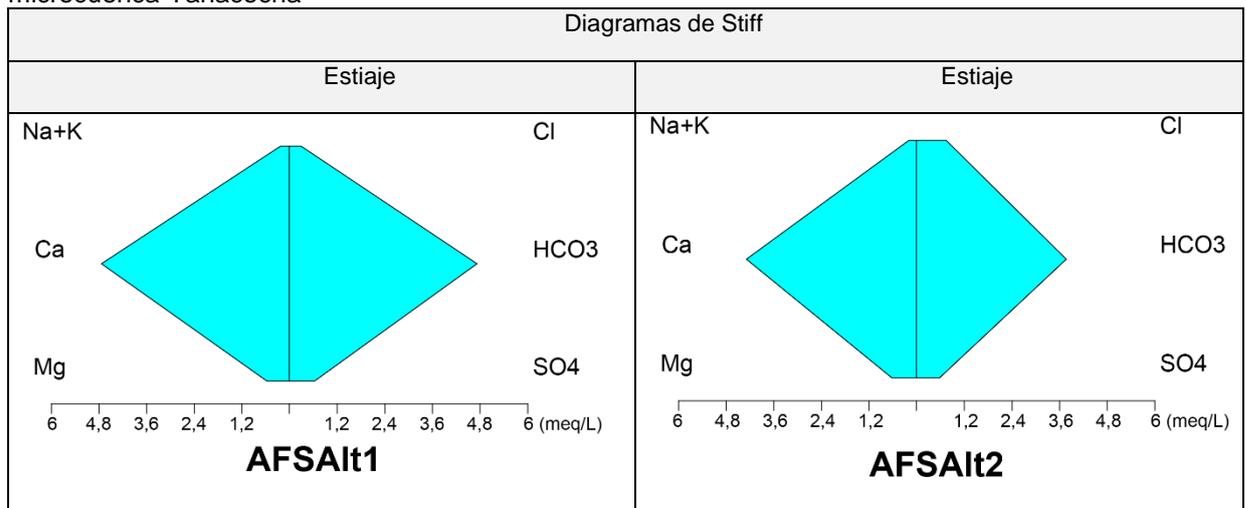


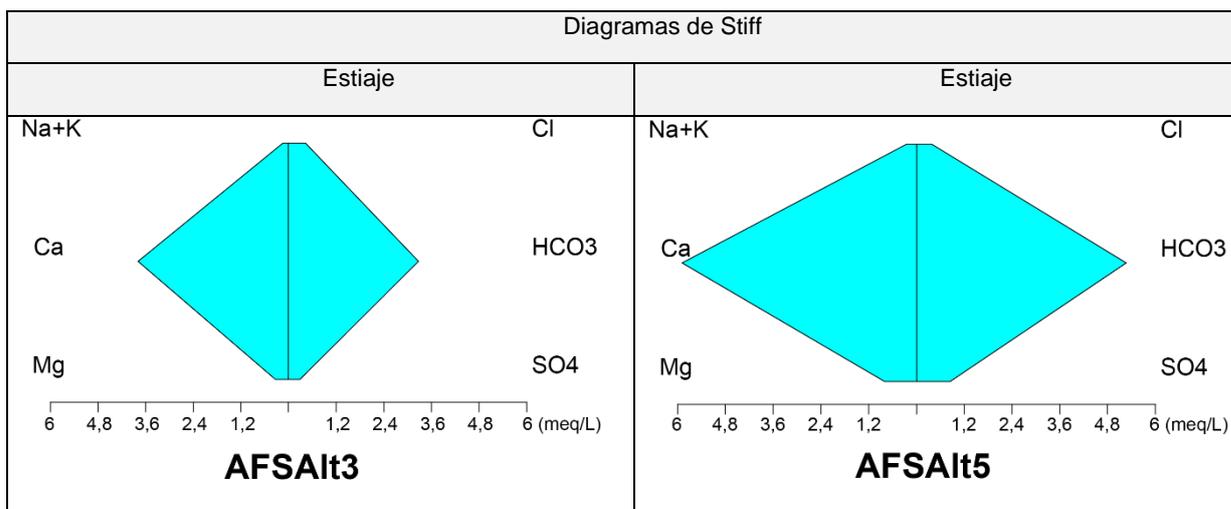
Figura 8.119. Diagrama de Piper en la temporada de estiaje (junio) en pozos artesianos de la microcuenca Yanacocha

✓ **Diagrama de Stiff**

Los diagramas de Stiff muestran que las concentraciones de iones mayoritarios (Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+) en las muestras de agua superficial evaluados fueron de 0 a 5,89 meq/L en pozos artesianos (Figura 8.120).

Figura 8.120. Diagramas de Stiff en la temporada de estiaje (junio) en pozos artesianos de la microcuenca Yanacocha





8.2.2 Sedimento

En esta microcuenca se evaluó la laguna Lipiac, la cual presentó un pH ácido. El porcentaje de materia orgánica presentó un valor mínimo de 11,2 y un máximo de 18,7%. Las concentraciones de sulfatos reportadas fueron de 665 y 1176 mg/kg, con una textura de Franca a Franca limosa (Tabla 8.71).

Tabla 8.71. Valores de pH, materia orgánica, sulfatos y textura en sedimento de lagunas de la microcuenca Yanacocha

Punto de muestreo	Temporada	Mes	Laguna	pH	Materia orgánica (%)	Sulfatos (mg/kg) PS	Textura (%)			Clase textural
							Arena	Limo	Arcilla	
LLip1	Avenida	Marzo	Lipiac	4,29	11,2	665	30	50	20	Franca Limosa
	Estiaje	Junio		4,40	18,70	1176	50	35	15	Franca

En cuanto a las concentraciones de metales (As, Cd, Cu, Cr, Hg, Pb y Zn) en el sedimento de las lagunas, estas se presentan en la Tabla 8.72. Los resultados de los demás elementos se detallan en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

Las concentraciones de arsénico excedieron el valor PEL para sedimento de la laguna Lipiac en la temporada de avenida. Por otro lado, las concentraciones de cobre y mercurio excedieron el valor ISQG en ambas temporadas evaluadas.

En relación a las concentraciones de plomo, estas excedieron el valor PEL en la temporada de avenida y el valor ISQG en la temporada de estiaje.

Tabla 8.72. Comparación de las concentraciones de metales totales con los valores ISQG y PEL de la CEQG en lagunas de la microcuenca Yanacocha

Punto de muestreo	Temporada	Mes	Laguna	Metales totales (mg/kg) PS						
				Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo	Mercurio	Plomo	Zinc
LLip1	Avenida	Marzo	Lipiac	17,7	< 1,0	96,6	16,5	0,25	70	5,9
	Estiaje	Junio		< 17,5	< 1,0	57,7	13,4	0,23	40	< 2,5
ISQG (mg/kg)				5,9	0,6	35,7	37,3	0,17	35	123
PEL (mg/kg)				17	3,5	197	90	0,486	91,3	315

Superan los valores de ISQG: Interim Sediment Quality Guideline

Superan los valores PEL: Probable Effect Level

(-) No evaluado en esta temporada.

(<) Valor por debajo del límite de detección del método del laboratorio.

8.2.3 Comunidades hidrobiológicas

I. Ríos y quebradas

a. Macroinvertebrados bentónicos

✓ Riqueza

En la microcuenca Yanacochoa la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo conformada por 58 especies agrupadas en 4 phyla, 6 clases y 13 órdenes. El orden Díptera registró la mayor riqueza con 23 especies seguido del orden Coleoptera con 11 especies. En el Anexo 7 se presenta el registro completo de macroinvertebrados bentónicos.

En la Figura 8.121 se muestran los resultados de riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó un incremento de la riqueza desde la parte alta (QYana3) hasta la parte baja de la quebrada Yanacochoa (QYana1) durante las 2 temporadas de evaluación. Respecto a la riqueza de especies por órdenes se registró que el orden Díptera presentó la mayor riqueza en todos los puntos evaluados y durante ambas temporadas de evaluación.

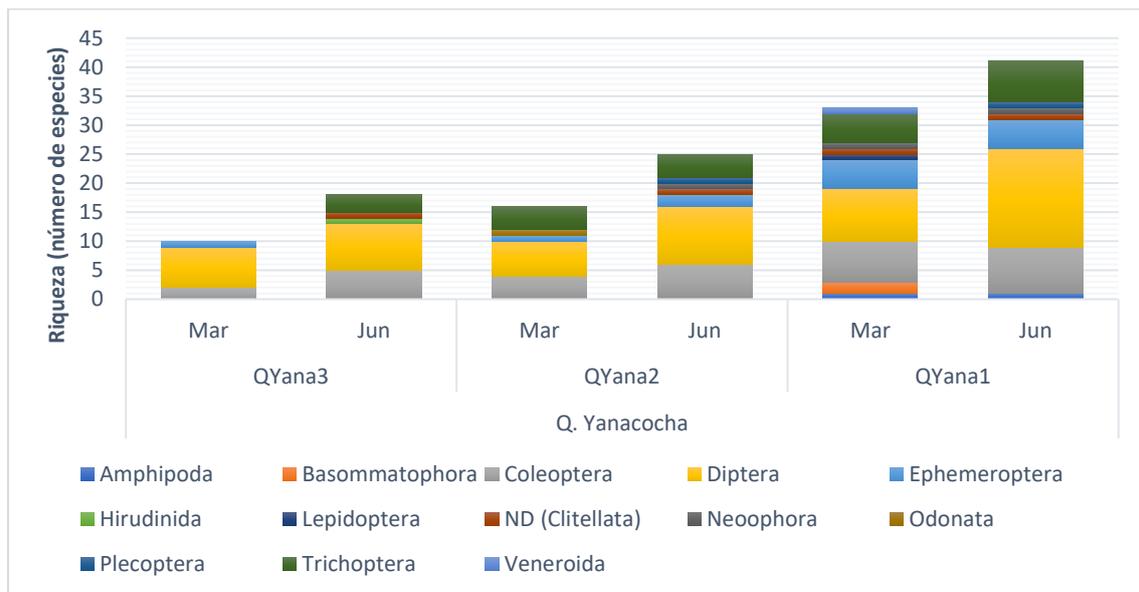


Figura 8.121. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Yanacochoa

✓ Abundancia

El punto QYana1, ubicado en la parte baja de la quebrada Yanacochoa, registró la mayor abundancia durante ambas temporadas de evaluación. Asimismo, se observa la preponderancia del orden Díptera en todos los puntos evaluados de la microcuenca Yanacochoa y durante ambas temporadas (Figura 8.122).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

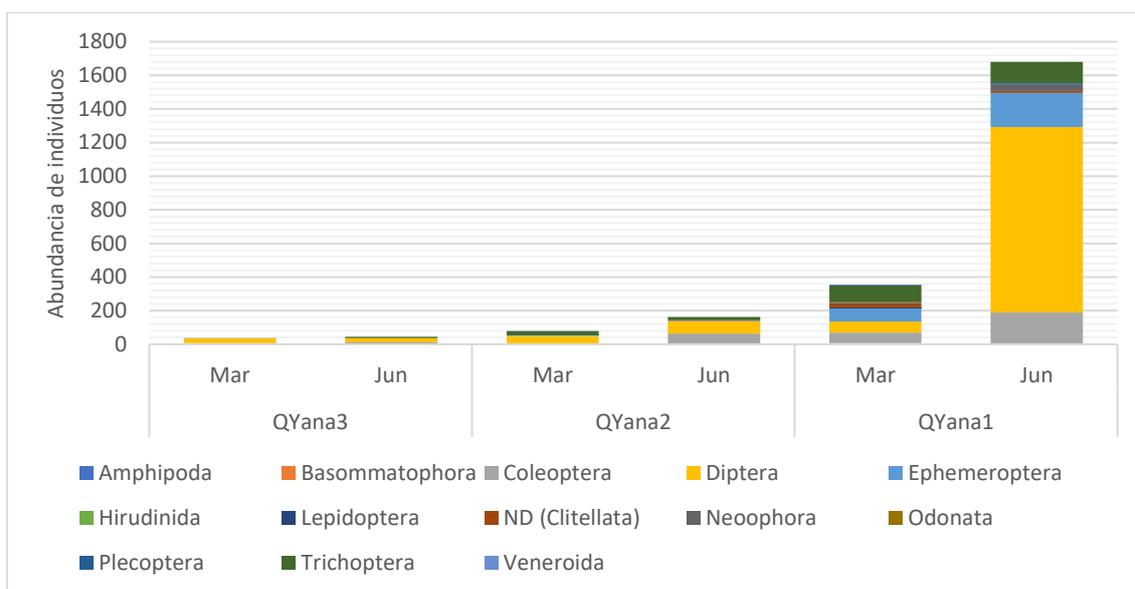


Figura 8.122. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Yanacocha

✓ Índices de diversidad

En la Tabla 8.73 se muestran los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por puntos de muestreo y temporadas de evaluación.

Se registró mayores valores de riqueza durante la temporada de estiaje en comparación a la temporada de avenida en todos los puntos evaluados de esta microcuenca; asimismo, los valores altos de equidad y diversidad de Shannon-Wiener así como una baja dominancia de Simpson mostraron una distribución homogénea de la abundancia de los individuos por especies de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca Yanacocha.

Tabla 8.73. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Yanacocha

Cuerpo de agua	Quebrada Yanacocha					
	QYana3		QYana2		QYana1	
Punto de muestreo	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Temporada de evaluación	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Riqueza de especies (S)	10	18	16	25	33	41
Abundancia de individuos (S)	37	45	79	162	351	1679
Equidad de Pielou (J')	0,72	0,89	0,84	0,83	0,79	0,61
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	2,40	3,71	3,35	3,84	3,99	3,27
Dominancia de Simpson (λ)	0,30	0,10	0,12	0,09	0,09	0,19

✓ Índice ABI

En la Tabla 8.74 se muestran los resultados de la calidad ecológica del agua por punto de muestreo y temporada de evaluación determinada a partir del índice biótico andino (ABI).

Se determinó que el punto QYana3 presentó una calidad ecológica de «mala» en la temporada de avenida y una calidad de «buena» en la temporada de estiaje; el punto QYana2 presentó una mejoría en su calidad ecológica pasando de «buena» a «muy buena»;

en tanto que el punto QYana1 no varió su calidad ecológica durante ambas temporadas de evaluación.

Tabla 8.74. Índices biótico andino (ABI) y calidad ecológica del agua por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Yanacocha

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Temporada de evaluación			
		Mar		Jun	
		Índice ABI	Calidad	Índice ABI	Calidad
Quebrada Yanacocha	QYana3	26	Mala	65	Buena
	QYana2	73	Buena	91	Muy buena
	QYana1	120	Muy buena	136	Muy buena

b. Perifiton

✓ **Riqueza**

En el acumulado se registró 91 especies de microalgas agrupadas en 5 phyla, 8 clases, 24 órdenes y 40 familias y 5 especies de microorganismos agrupados en 4 phyla, 4 clases, 4 órdenes y 5 familias.

La riqueza fue similar en las 2 temporadas; sin embargo, en el acumulado total el phylum Bacillariophyta, incrementó el número de especies en la temporada de estiaje, para ambas fue el phylum de mayor riqueza seguido por Cyanobacteria. En el Anexo 7 se presenta el registro completo de perifiton.

La temporada de avenida presentó mayor riqueza de especies que la de estiaje en los puntos QYana2 y QYana1. En la Figura 8.123 se observa que la presencia del phylum Ochrophyta se registró únicamente en la temporada de avenida (QYana3) mientras que Euglenozoa solo se registró en la temporada de estiaje (QYana1).

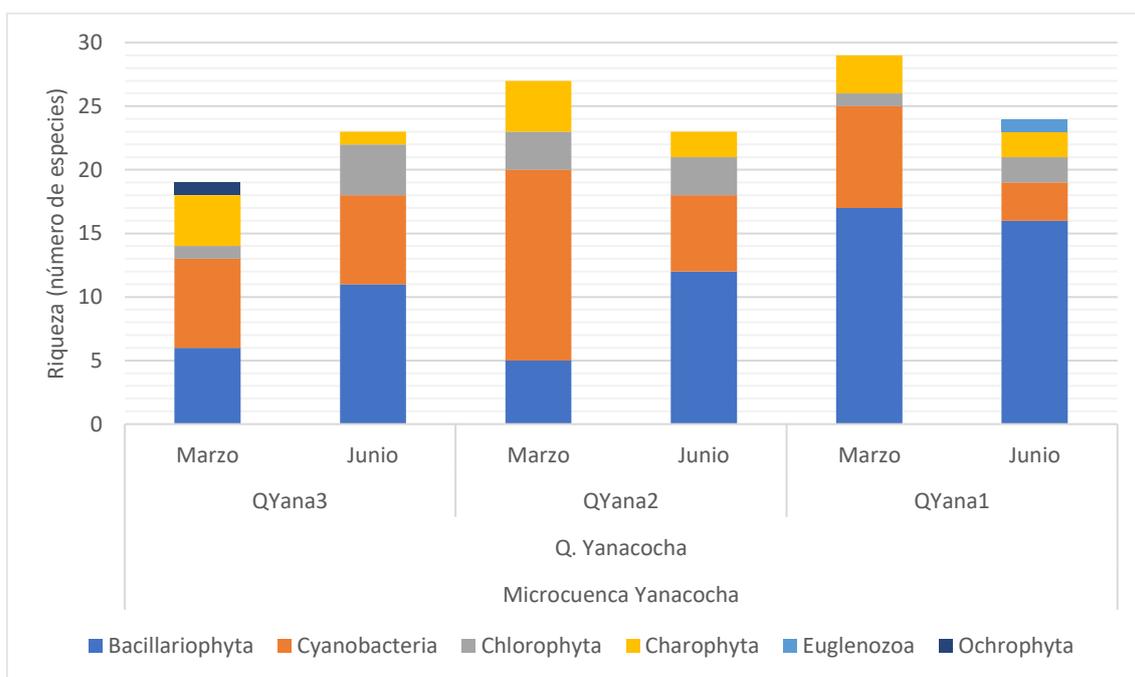


Figura 8.123. Riqueza de microalgas de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Yanacocha

En el acumulado total se presentó la misma riqueza de microorganismos en ambas temporadas del perifiton, la mayor riqueza se registró en el punto QYana1 en la temporada de estiaje. El punto QYana3 fue el de menor riqueza de microorganismos, llegando a tener ningún microorganismo en la temporada de estiaje como se muestra en la Figura 8.124.

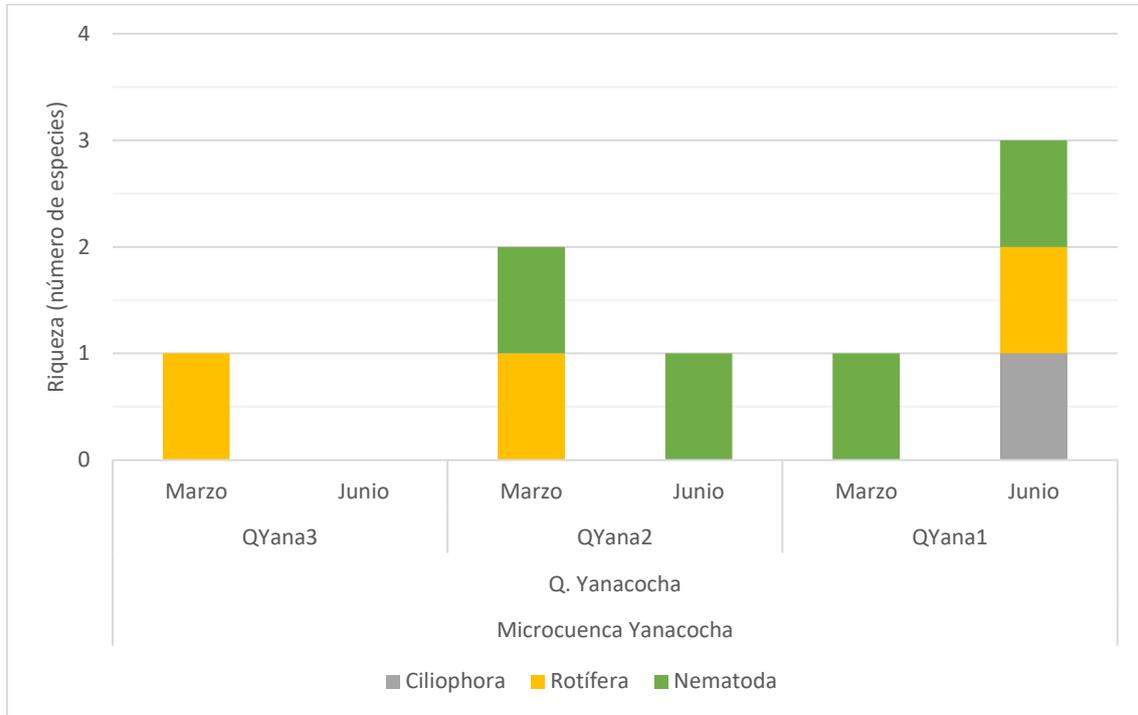


Figura 8.124. Riqueza de microorganismos la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Yanacocha

✓ **Abundancia**

La mayor abundancia para las microalgas se registró durante la temporada de estiaje; en el acumulado total predominó el phylum Bacillariophyta, seguido por las cianobacterias las cuales incrementaron su abundancia en la temporada de avenida (Figura 8.125). La mayor abundancia se registró en el punto QYana1 en la temporada de estiaje y la menor abundancia en QYana3 de la temporada de estiaje.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

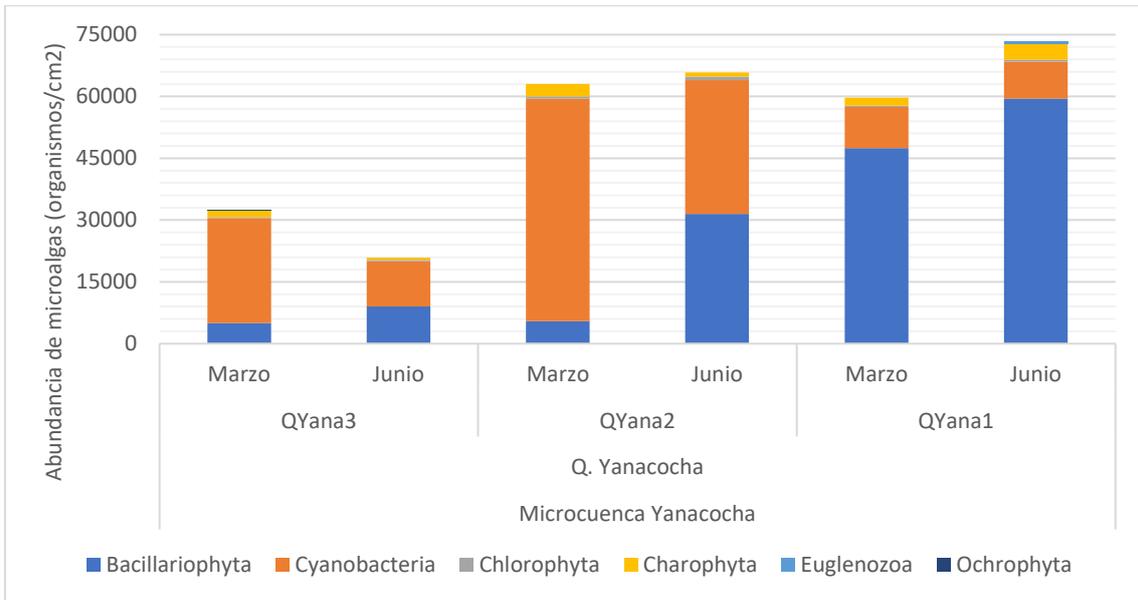


Figura 8.125. Abundancia de microalgas de la comunidad de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Yanacocha

Los microorganismos registraron una mayor abundancia en la época de estiaje, especialmente en el punto QYana1, el punto QYana3 no registró organismos en la época de estiaje. El phylum Ciliophora fue el predominante durante la temporada de avenida (Figura 8.126).

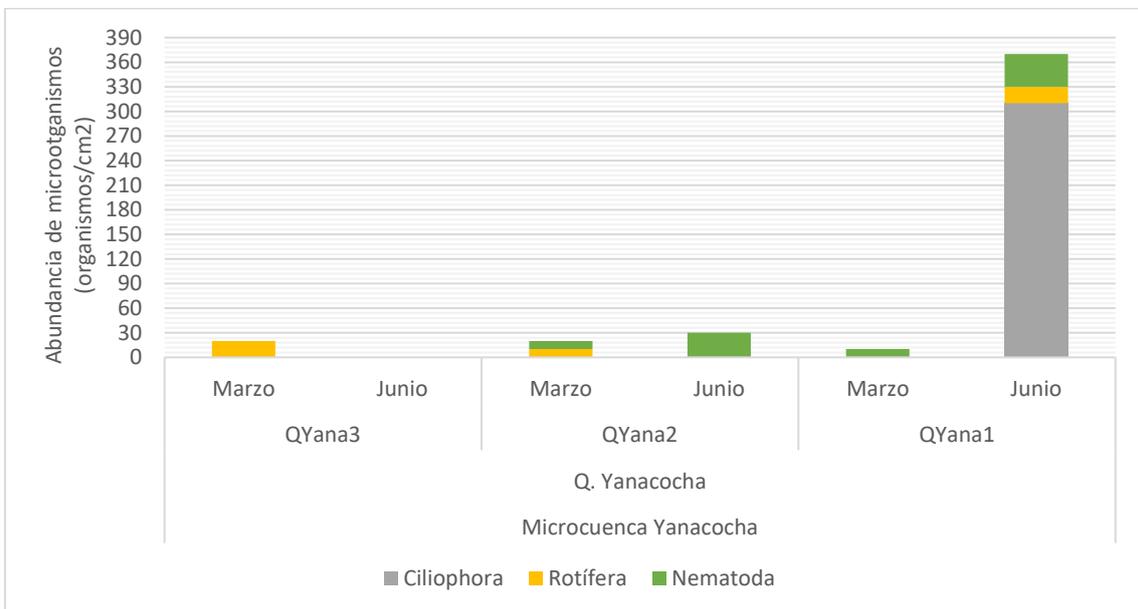


Figura 8.126. Abundancia de microorganismos la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Yanacocha

✓ Índices de diversidad

Los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por punto de muestreo y temporada de evaluación se muestran para microalgas y en la Tabla 8.75 y para microorganismos en Tabla 8.76.

En las microalgas todos los puntos presentan una dominancia de alguna especie en cada ensamblaje comunitario; sin embargo, la mayor diferencia en los valores de equidad de Pielou se observa en QYana3, el cual presenta una diferencia en la riqueza y abundancia entre las 2 temporadas (Tabla 8.75).

Tabla 8.75. Índices de la diversidad alfa de microalgas de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Yanacocha

Cuerpo de agua	Quebrada Yanacocha					
Punto de muestreo	QYana3		QYana2		QYana1	
Temporada de evaluación	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Riqueza de especies (S)	19	23	27	23	29	24
Abundancia de individuos (S)	32450	20850	63050	65800	59750	73400
Equidad de Pielou (J')	0,76	0,89	0,83	0,79	0,81	0,84
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	3,22	4,01	3,97	3,58	3,95	3,85
Dominancia de Simpson (λ)	0,17	0,08	0,09	0,12	0,12	0,09

Los microorganismos presentaron una especie en 3 de los 6 puntos de este sector, por lo que los valores de la diversidad alfa fueron diferentes a 1 en QYana1 la que muestra una dominancia de Ciliophora en el ensamblaje comunitario; por lo que la mayor diferencia en los valores de equidad de Pielou se observa en QYana1 (Tabla 8.76).

Tabla 8.76. Índices de la diversidad alfa de microorganismos de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Yanacocha

Cuerpo de agua	Quebrada Yanacocha					
Punto de muestreo	QYana3		QYana2		QYana1	
Temporada de evaluación	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Riqueza de especies (S)	1	0	2	1	1	3
Abundancia de individuos (S)	20	0	20	30	10	370
Equidad de Pielou (J')	-	-	1,00	-	-	0,50
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,79
Dominancia de Simpson (λ)	1,00	-	0,50	1,00	1,00	0,72

(-) valor no determinado

c. Necton (peces)

La comunidad del necton en la microcuenca Yanacocha estuvo conformada por dos especies *Oncorhynchus mykiss* (trucha) y *Astroblepus* sp (lifes). Los resultados de abundancia se muestran en la Tabla 8.77.

Tabla 8.77. Comunidad del necton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en ríos y quebradas de la microcuenca Yanacocha

Orden	Familia	Especie	Q. Yanacocha	
			QYana1	
			Mar	Jun
Salmoniformes	Salmonidae	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	1	0
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus</i> sp.	2	1

II. Lagunas

a. Macroinvertebrados bentónicos

✓ Riqueza

En la laguna Lipiac de la microcuenca Yanacocha la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo conformada por 10 especies agrupadas en 3 phyla, 4 clases y 9 órdenes. El orden Díptera registró 2 especies mientras que los demás órdenes registraron sólo una especie. En el Anexo 7 se presenta el registro completo de macroinvertebrados bentónicos.

En la Figura 8.127 se muestran los resultados de la riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el punto de muestreo y por temporadas de evaluación. Se registró 10 especies durante la temporada de avenida y 6 especies durante la temporada de estiaje en el punto LLipi1 de la laguna Lipiac.

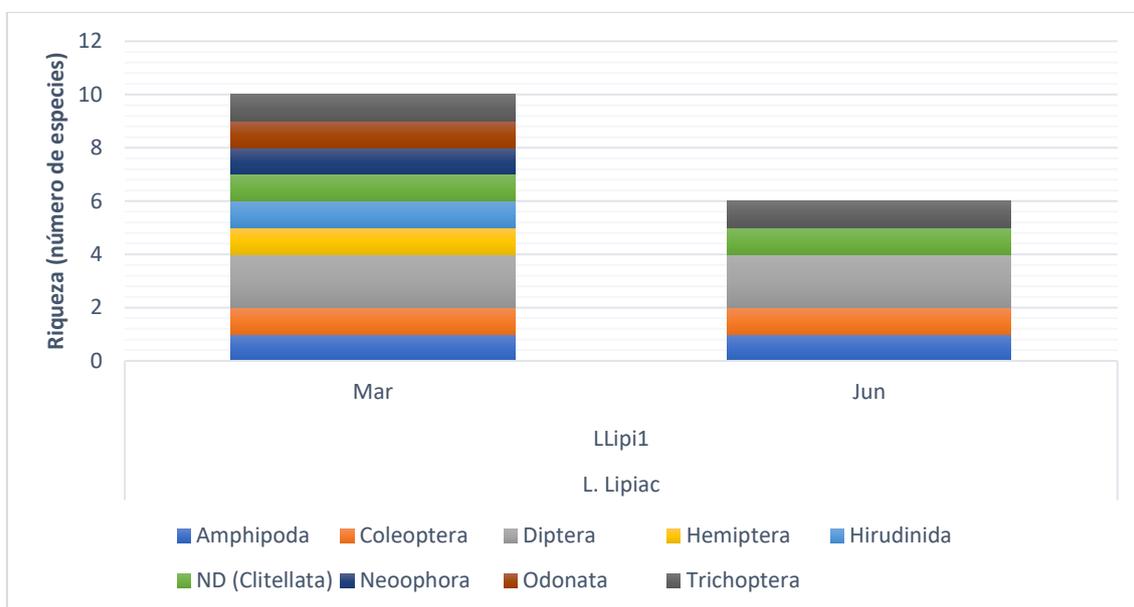


Figura 8.127. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Lipiac de la microcuenca Yanacocha

✓ Abundancia

En la Figura 8.128 se presentan los resultados de la abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó la mayor abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos durante la temporada de avenida, resaltando la abundancia de los individuos de los órdenes Amphipoda y Coleoptera.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

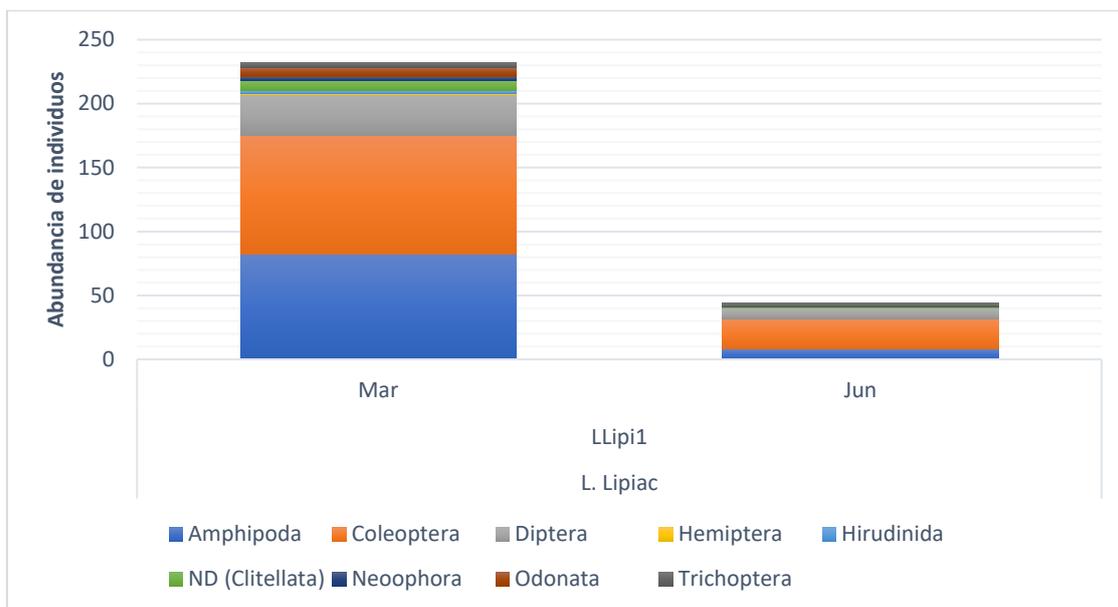


Figura 8.128. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Lipiac de la microcuenca Yanacocha

✓ **Índices de diversidad**

En la Tabla 8.78 se muestran los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ).

Los resultados de diversidad en el punto LLipiac muestran una mayor riqueza, abundancia y diversidad Shannon-Wiener durante la temporada de avenida; asimismo se evidencia la dominancia de algunas especies durante ambas temporadas de evaluación.

Tabla 8.78. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Lipiac de la Microcuenca Yanacocha

Cuerpo de agua	L. Lipiac	
Punto de muestreo	LLipiac	
Temporada de evaluación	Mar	Jun
Riqueza de especies (S)	10	6
Abundancia de individuos (N)	232	44
Equidad de Pielou (J')	0,62	0,72
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	2,08	1,86
Dominancia de Simpson (λ)	0,31	0,36

b. Plancton

✓ **Riqueza**

En la laguna Lipiac de la microcuenca Yanacocha la comunidad de fitoplancton estuvo conformada por 32 especies agrupadas en 4 phyla, 6 clases y 13 órdenes. El phylum Bacillariophyta registró la mayor riqueza con 13 especies seguido de los phyla Charophyta y Chlorophyta que registraron 7 especies cada uno en tanto que el phylum Cyanobacteria presentó sólo 5 especies.

Respecto a la comunidad del zooplancton esta estuvo conformada sólo por los phyla Amoebozoa (1 especie) y Cercozoa (2 especies), debido a su baja diversidad sólo se consideró el análisis de la comunidad del fitoplancton en esta microcuenca. En el Anexo 7 se presenta el registro completo del plancton.

En la Figura 8.129 se muestran los resultados de riqueza de la comunidad del fitoplancton en el punto de muestreo y por temporada de evaluación. Se registró 12 especies durante la temporada de avenida y 22 especies durante la temporada de estiaje en el punto LLipi1 de la laguna Lipiac.

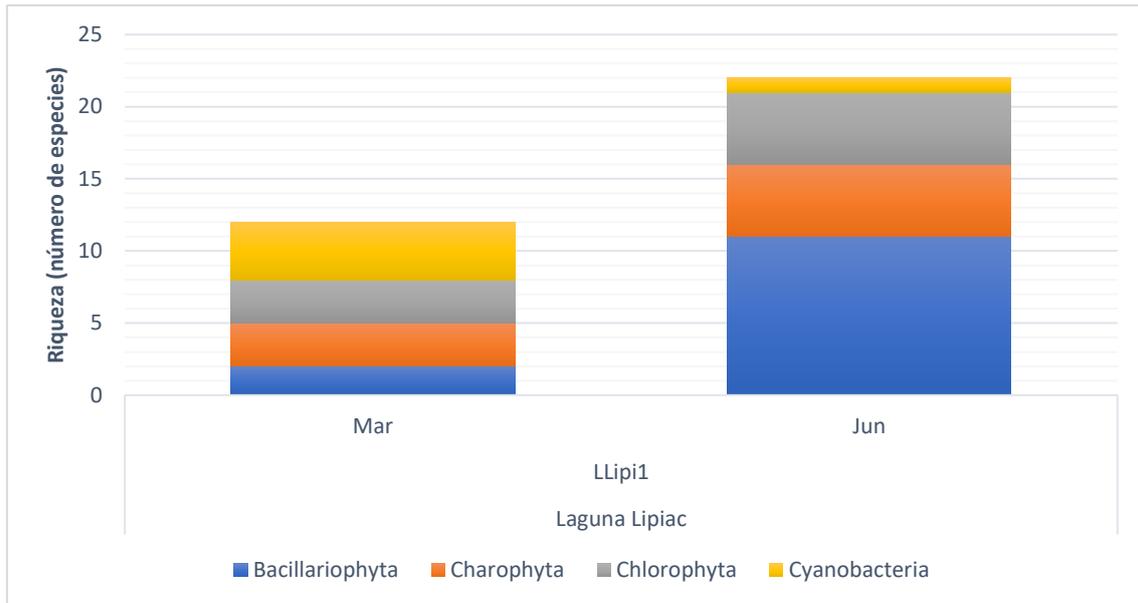


Figura 8.129. Riqueza de la comunidad de fitoplancton por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Lipiac de la microcuenca Yanacocha

✓ **Abundancia**

En la Figura 8.130 se presentan los resultados de abundancia de la comunidad de fitoplancton en el punto de muestreo y por temporada de evaluación. Se observó la mayor abundancia de la comunidad de fitoplancton durante la temporada de estiaje, resaltando la abundancia de los organismos del phylum Bacillariophyta.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

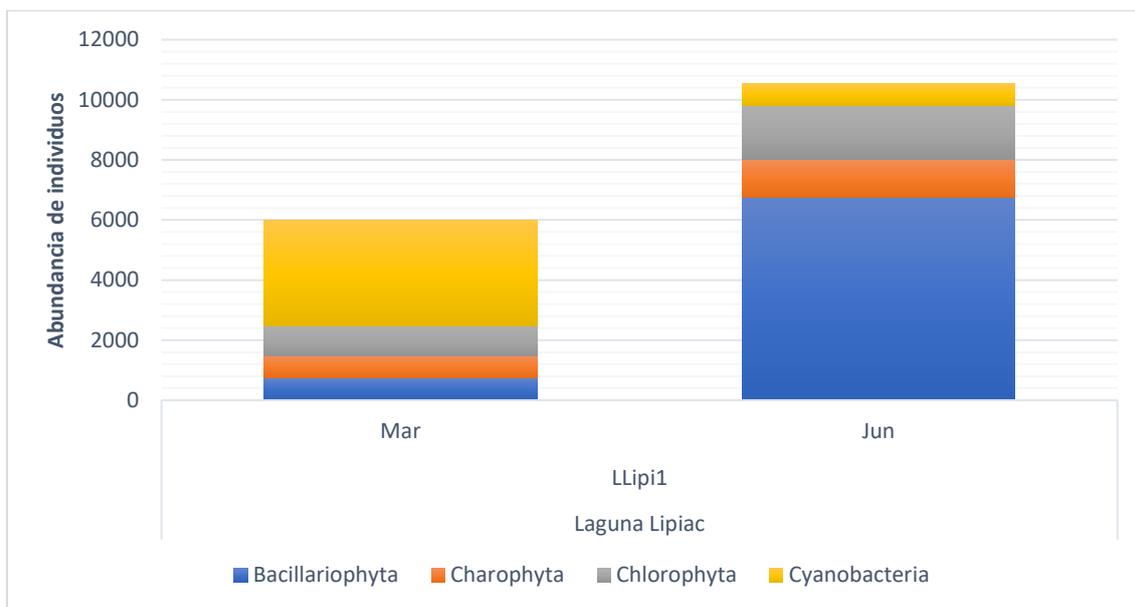


Figura 8.130. Abundancia de la comunidad de plancton por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Lipiac de la microcuenca Yanacocha

✓ **Índices de diversidad**

En la Tabla 8.79 se muestran los resultados de diversidad alfa del fitoplancton: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), en el punto de muestreo y por temporadas de evaluación.

Los resultados de diversidad en el punto LLipi1 muestran una mayor riqueza, abundancia, diversidad Shannon-Wiener y equidad de Pielou durante la temporada de estiaje; además junto a los resultados de dominancia de Simpson evidenciaría una distribución homogénea de la abundancia de individuos por especies del fitoplancton.

Tabla 8.79. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de plancton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Lipiac de la Microcuenca Yanacocha

Cuerpo de agua	L. Lipiac	
Punto de muestreo	LLipi1	
Temporada de evaluación	Mar	Jun
Riqueza de especies (S)	12	22
Abundancia de individuos (N)	5988	10553
Equidad de Pielou (J')	0,83	0,92
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	2,98	4,10
Dominancia de Simpson (λ)	0,17	0,07

8.3 Microcuenca Chanche

Esta microcuenca comprende un total de 6 puntos de muestreo de agua superficial ubicados en las quebradas Carbón (QCarb1 y QCarb2), El Lago (QELag), Luchocolpana (QLuch), La Boya (QLBoy) y Chanche (QChan). Las comunidades hidrobiológicas de perifiton y macroinvertebrados bentónicos fueron evaluados en los mismos puntos de las quebradas. Adicionalmente, se evaluaron 3 lagunas: La Boya Monte Redondo (LBoy1 y LBoy2), La Boya (LBoy3 y LBoy4) y El Carbón (LCarb1 y LCarb2), que aportan sus aguas a las quebradas La Boya y El Carbón, respectivamente. El sedimento solo fue evaluado en la laguna La Boya. En tanto que las comunidades hidrobiológicas de plancton (fitoplancton y zooplancton) y macroinvertebrados bentónicos fueron evaluadas en todas las lagunas (Figura 8-131).

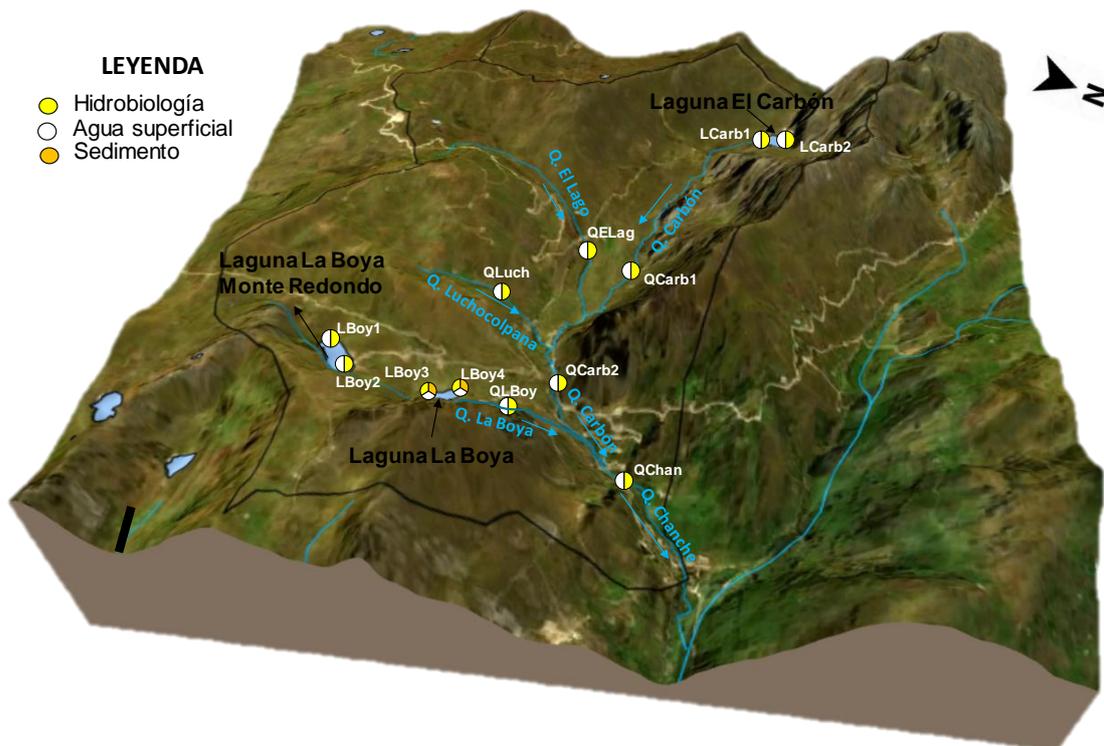


Figura 8.131. Distribución de puntos de evaluación en la microcuenca Chanche

8.3.1 Agua superficial

I. Ríos y quebradas

Para la evaluación de esta microcuenca se estableció 6 puntos de muestreo para agua superficial y comunidades hidrobiológicas, distribuidos en las quebradas Carbón (QCarb1 y QCarb2), El Lago (QELag), Luchocolpana (QLuch), La Boya (QLBoy) y Chanche (QChan); En la Figura 8.131 se representan los puntos de muestreo por cada componente ambiental evaluado, la descripción y ubicación geográfica de cada punto de muestreo se presenta en los reportes de campo N.º 003-2019-STEC y 021-2019-STEC (Anexo 6).

De la comparación de resultados fisicoquímicos obtenidos en esta microcuenca con los ECA para agua, categoría 3, las variables que se reportaron fuera del rango establecido o superaron la norma referida fueron el potencial de hidrógeno (pH) y manganeso (Tabla 8.80).

Tabla 8.80. Parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 en la microcuenca La Encañada – Sección 3

N.º	Cuerpo de agua	Punto de muestreo	ECA para agua			
			Categoría 3 (D1)		Categoría 3 (D2)	
			Avenida	Estiaje	Avenida	Estiaje
			Mar-19	Jun-19	Mar-19	Jun-19
1	Quebrada Carbón	QCarb1	-	pH	-	pH
2	Quebrada El Lago	QELag	Mn	pH	Mn	pH
3	Quebrada Luchocolpana	QLuch	-	-	-	-
4	Quebrada Carbón	QCarb2	-	pH	-	pH
5	Quebrada La Boya	QLBoy	-	-	-	-
6	Quebrada Chanche	QChan	-	pH	-	pH

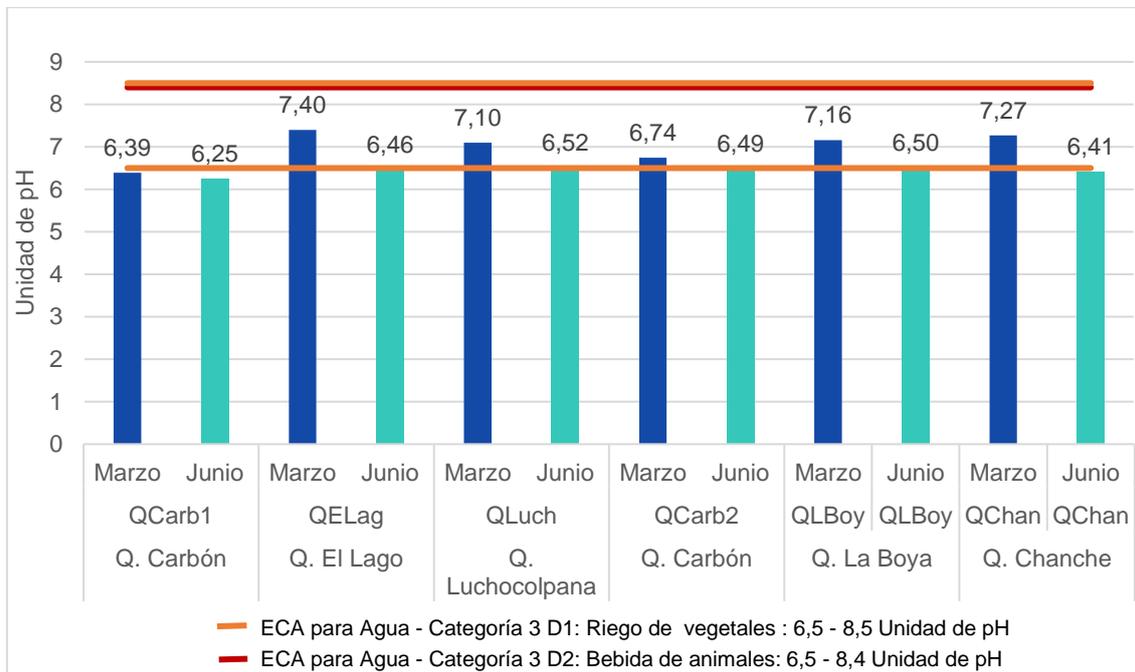
(-): No supera la norma referida.

pH: Potencial de hidrógeno; Mn: Manganeso

ECA agua 2017: Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.

El potencial de hidrógeno (pH) en el agua se encontró fuera del rango establecido en los ECA agua, Cat. 3 en las quebradas Carbón (QCarb1 y QCarb2), El Lago (QELag) y Chanche (QChan) durante la temporada de estiaje (Figura 8.132).

La concentración de manganeso en la quebrada El Lago (QELag) durante la temporada de estiaje excedió los ECA para agua Cat. 3 (Figura 8.133).


Figura 8.132 Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Chanche

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

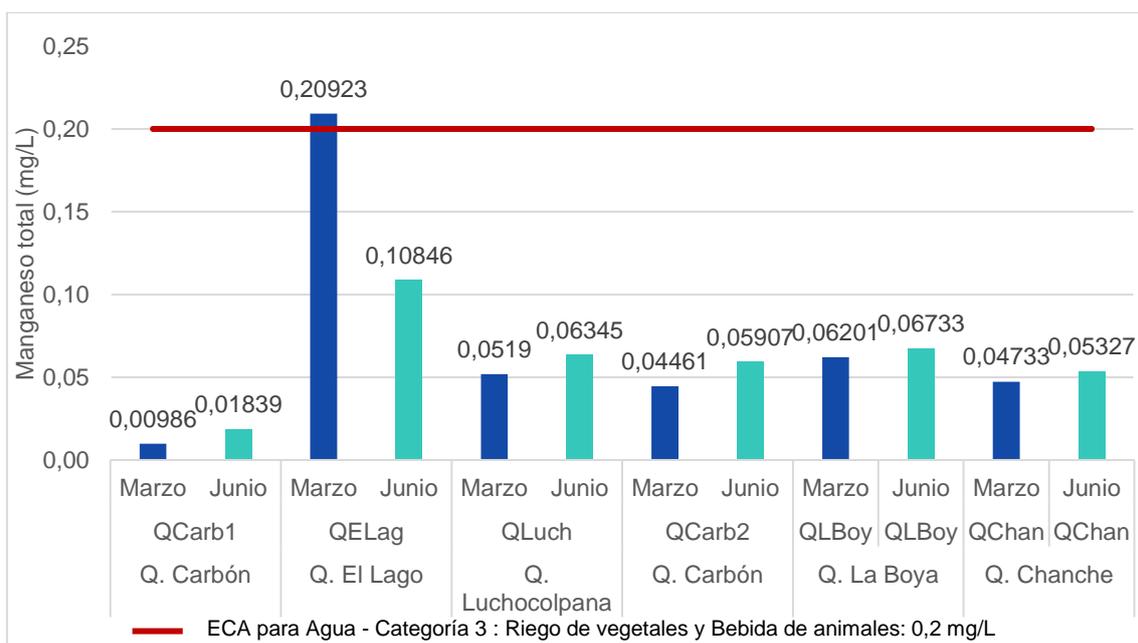


Figura 8.133 Concentraciones de manganeso en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Chanche

Con relación a los metales y metaloides que podrían generar algún tipo de toxicidad o efectos adversos al ambiente como As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mo, Ni, Pb y Zn, estos no superaron los ECA para agua categoría 3, reportándose bajas concentraciones e incluso por debajo del límite de detección del método del laboratorio, tal como se muestra en la Tabla 8.81.

Tabla 8.81. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en los cuerpos de agua de la microcuenca Chanche

Metales y Metaloides	Unidad	Temporada evaluada				Cuerpo de agua asociado			
		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Arsénico (As)	mg/L	< 0,00003	0,00168	0,0011	0,00312	QELag y QLuch	QCarb1	QLuch	QLBoy
Cadmio (Cd)		< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	0,00017	<	<	-	QChan
Cobalto (Co)		< 0,00001	0,00142	0,00018	0,00066	QCarb1	QELag	QLBoy	QChan
Cromo (Cr)		< 0,0001	< 0,0001	< 0,001	< 0,001	<	<	<	<
Cobre (Cu)		0,00067	0,04386	< 0,0003	0,0433	QLuch	QLBoy	QLuch	QChan
Hierro (Fe)		0,2797	1,84	0,29	0,81	QLuch	QELag	QLuch	QLBoy
Mercurio (Hg)		< 0,00003	< 0,00003	< 0,00007	< 0,00007	<	<	<	<
Manganeso (Mn)		0,00986	0,20923	0,01839	0,10846	QCarb1	QELag	QCarb1	QELag
Molibdeno (Mo)		< 0,00002	< 0,00002	< 0,00003	< 0,00003	<	<	<	<
Níquel (Ni)		< 0,0002	0,0022	< 0,0009	0,0013	QCarb1 y QLBoy	QELag	*	QLuch
Plomo (Pb)		< 0,0002	0,0017	< 0,00006	0,00273	QLuch	QChan	QCarb1 y QLuch	QChan
Zinc (Zn)		< 0,0100	0,0237	0,003	0,063	QCarb1 y QLBoy	QLuch	QELag y QLBoy	QChan

(-): El resto de puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

(*): La mayoría de puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

(<): Todos los puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

Fuente: Reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7)

En la Tabla 8.81 se observa que las mayores concentraciones de metales se presentaron principalmente en la quebrada El Lago en la temporada de avenida y en la quebrada Chanche en la temporada de estiaje.

- **Hidroquímica**
- ✓ **Diagrama de Piper**

El agua de las quebradas Carbón, Luchocolpana, La Boya y El Lago presentó facies bicarbonata cálcica, en las temporadas de avenida y estiaje. En tanto que el agua de la quebrada Chanche presentó facies bicarbonatada sódica en temporada de avenida y sulfatada cálcica en temporada de estiaje, una variación inversa fue observada en la quebrada La Boya (Figura 8.134). Los datos para realizar estas gráficas se encuentran detallados en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

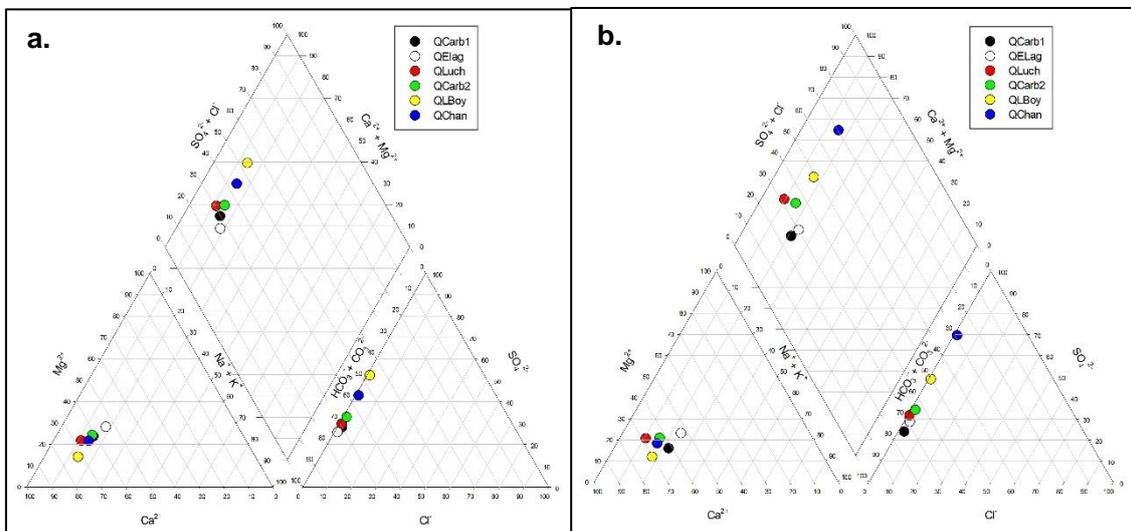
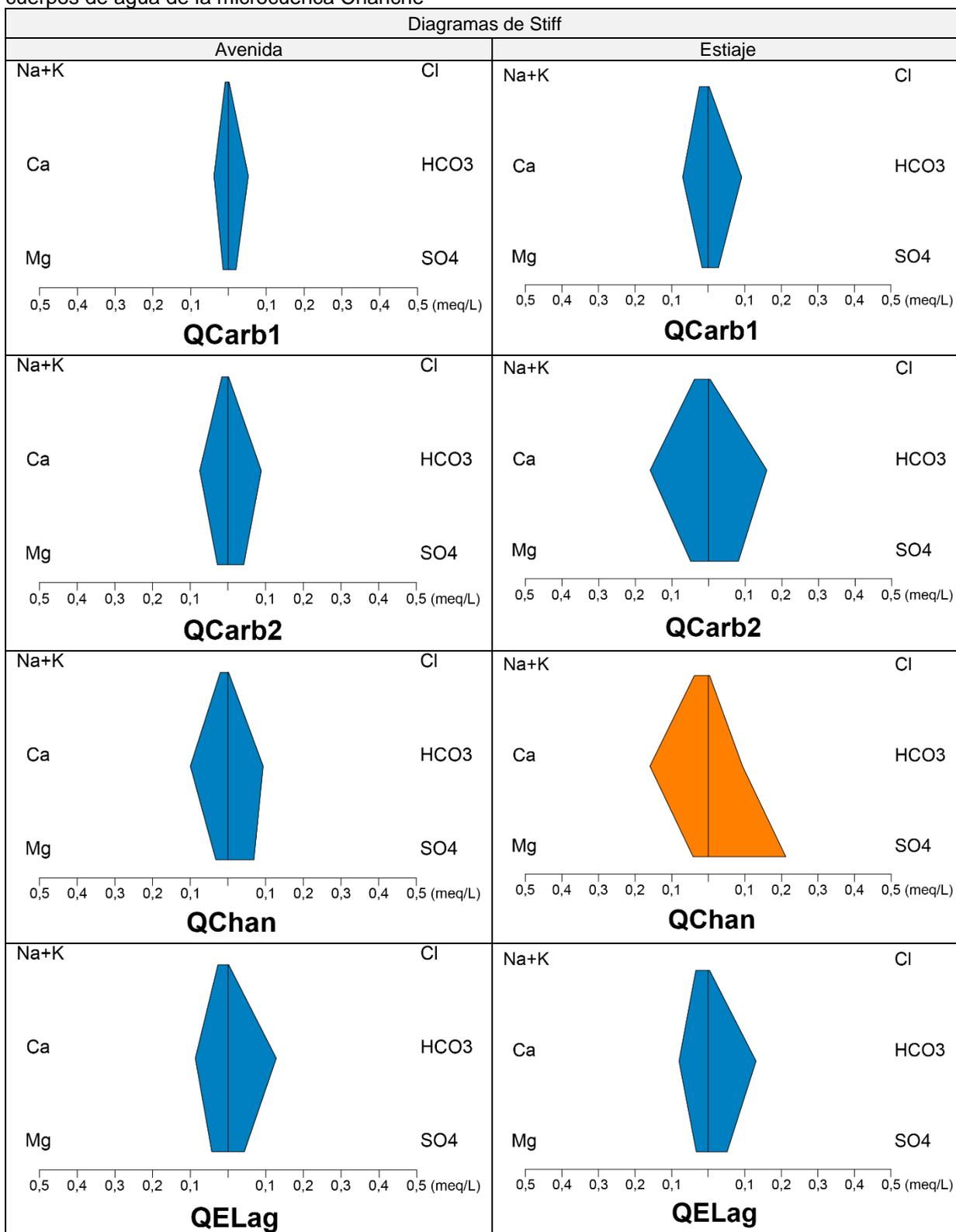


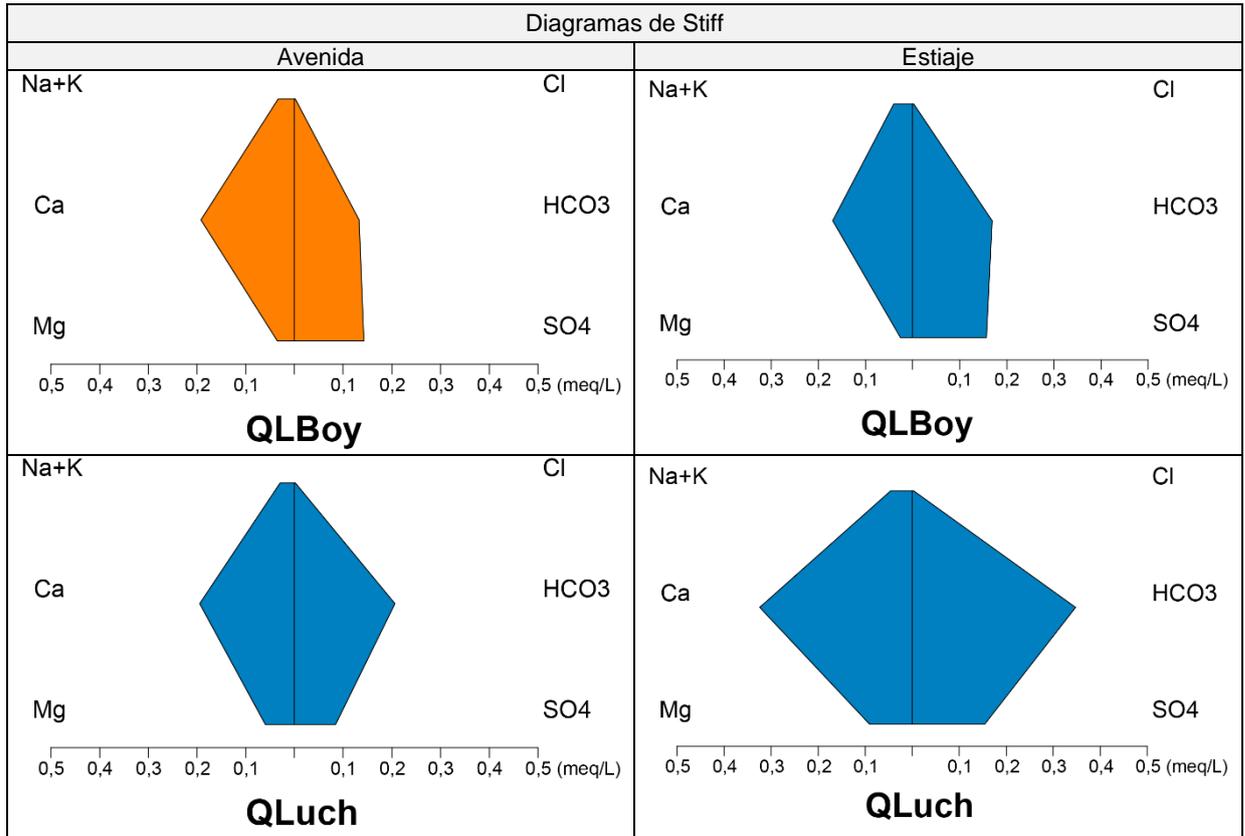
Figura 8.134. Diagrama de Piper por temporada **a.** avenida (marzo) y **b.** estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Chanche

- ✓ **Diagrama de Stiff**

Los diagramas de Stiff muestran que las concentraciones de iones mayoritarios (Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+) en las muestras de agua superficial evaluados fueron de 0 a 0,35 meq/L (Figura 8.135).

Figura 8.135. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Chanche





II. Lagunas

En este sector se evaluó 3 lagunas con 2 puntos de muestreo en cada una, laguna Carbón (LCarb1 y LCarb2), La Boya Monte Redondo (LBoy1 y LBoy2) y La Boya (LBoya3 y LBoya4).

De la comparación entre los parámetros de campo, fisicoquímicos e inorgánicos (metales y metaloides) con los ECA para agua, categoría 4, el potencial de hidrógeno (pH) se encontró fuera del rango establecido en dicha norma, adicionalmente, el nitrógeno total, cobre y plomo excedieron los valores establecidos en la norma mencionada.

El potencial de hidrógeno (pH) se registró fuera del rango establecido en los ECA agua, Cat. 4, en las lagunas Carbón y La Boya Monte Redondo en las temporadas de avenida y estiaje, y en la laguna La Boya (LBoya3) solo durante la temporada de avenida (Figura 8.136).

En cuanto a las concentraciones de nitrógeno total, estas superaron lo establecido en los ECA agua, Cat. 4, en todas las lagunas evaluadas en las temporadas de avenida y estiaje, a excepción de la laguna Carbón en la temporada de avenida. (Figura 8.137).

Respecto a las concentraciones de cobre y plomo, estas excedieron lo establecido en los ECA agua, Cat. 4, en la laguna La Boya Monte Redondo en la temporada de avenida (Figuras 8.138 y 8.139).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

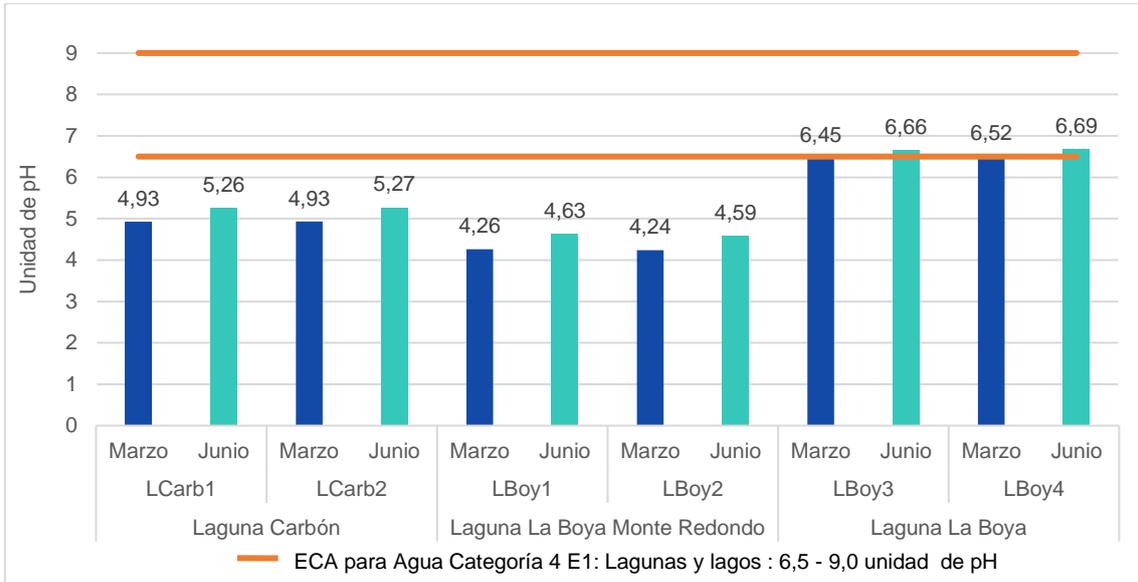


Figura 8.136 Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche

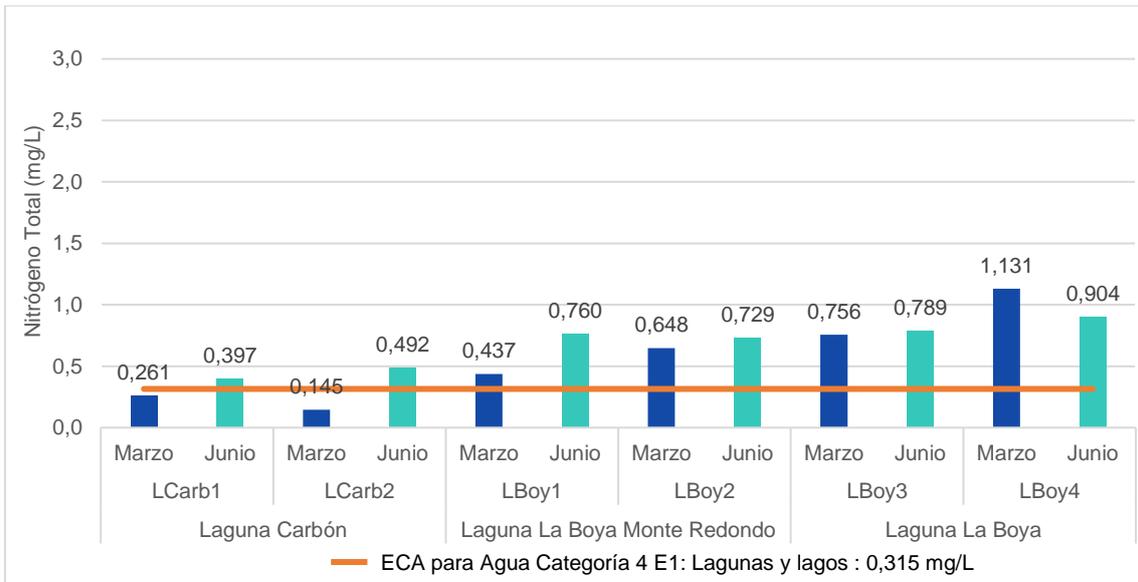


Figura 8.137 Concentraciones de nitrógeno total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

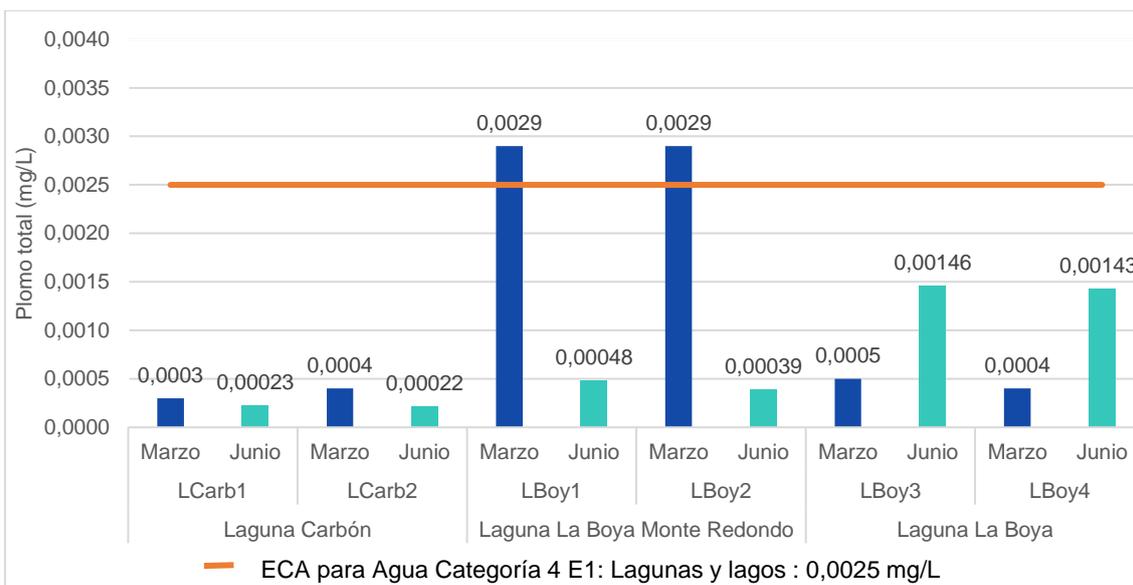


Figura 8.138 Concentraciones de plomo total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche

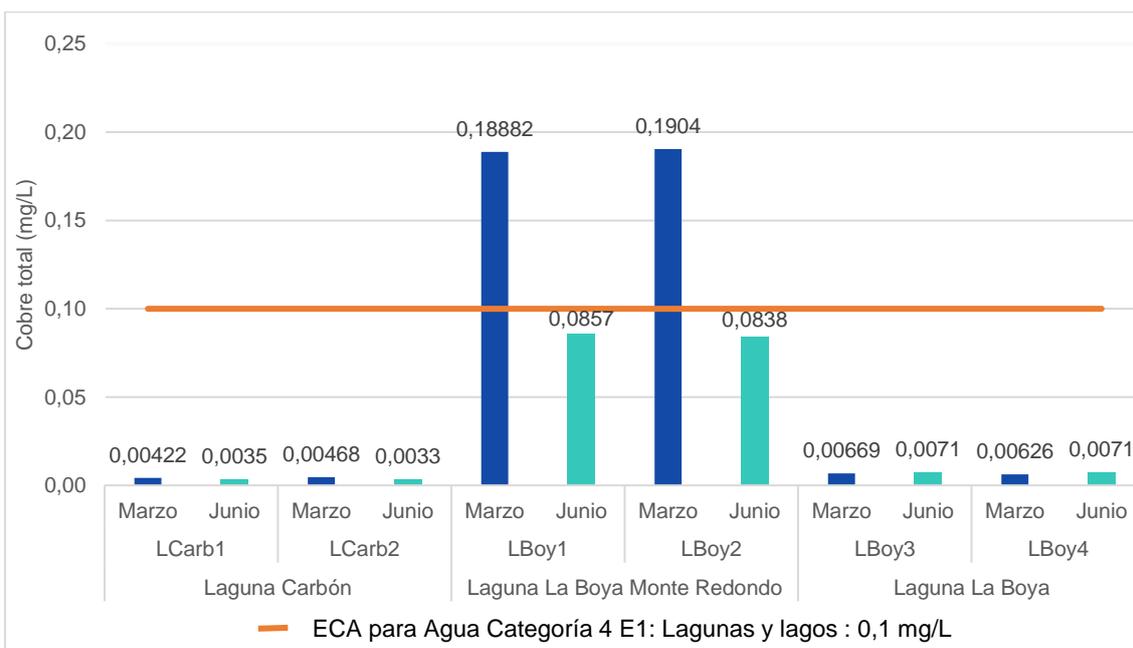


Figura 8.139 Concentraciones de cobre total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche

Con relación a los metales y metaloides que podrían generar algún tipo de toxicidad o efectos adversos al ambiente como As, Cd, Co, Cr, Fe, Hg, Mo, Ni y Zn, estos no superaron los ECA para agua categoría 4, reportándose bajas concentraciones e incluso por debajo del límite de detección del método del laboratorio, tal como se muestra en la Tabla 8.82.

Tabla 8.82. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en lagunas de la microcuenca Chanche

Metales y Metaloides	Unidad	Temporada evaluada				Cuerpo de agua asociado			
		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Arsénico (As)	mg/L	0,00138	0,00326	0,00325	0,00629	LBoy4	LCarb1	LBoy2	LCarb1
Cadmio (Cd)		< 0,00001	0,00018	< 0,00001	< 0,00001	*	LBoy1	<	
Cobalto (Co)		< 0,00001	0,00172	< 0,00003	0,00143	*	LBoy2	LCarb1 y LCarb2	LBoy1
Cromo (Cr)		< 0,0001	< 0,0001	< 0,001	< 0,001	<		<	
Cobre (Cu)		0,00422	0,1904	0,0033	0,0857	LCarb1	LBoy2	LCarb2	LBoy1
Hierro (Fe)		0,1977	1,063	0,34	1,6	LCarb1	LBoy2	LCarb2	LBoy4
Mercurio (Hg)		< 0,00003	< 0,00003	< 0,00007	< 0,00007	<		<	
Manganeso (Mn)		0,00359	0,14053	0,00533	0,16324	LCarb1	LBoy1	LCarb2	LBoy1
Molibdeno (Mo)		< 0,00002	< 0,00002	< 0,00003	0,00042	<		-	LBoy1
Níquel (Ni)		< 0,0002	0,0013	< 0,0009	< 0,0009	-	LBoy1 y LBoy2	<	
Plomo (Pb)		0,0003	0,0029	0,00022	0,00146	LCarb1	LBoy1 y LBoy2	LCarb2	LBoy3
Zinc (Zn)		< 0,0100	0,0485	0,002	0,026	LBoy3 y LBoy4	LBoy2	LCarb2 y LBoy4	LBoy2

(-): El resto de puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio.

(*): La mayoría de puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio.

(<): Todos los puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio.

Fuente: Reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7)

En la Tabla 8.82 se observa que las mayores concentraciones de metales se presentaron principalmente la laguna La Boya Monte Redondo (LBoy1 y LBoy2) en ambas temporadas de evaluación.

- **Hidroquímica**

- ✓ **Diagrama de Piper**

El agua de las lagunas El Carbón (LCarb1 y LCarb2) y La Boya (LBoy3 y LBoy4) presentó una facie hidroquímica de tipo bicarbonata cálcica, en las temporadas de avenida y estiaje. Mientras que, el agua de la laguna La Boya Monte Redondo (LBoy1 y LBoy2) presentó una facie de tipo sulfatada cálcica en ambas temporadas (Figura 8.140). Los datos para realizar estas gráficas se encuentran detallados en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

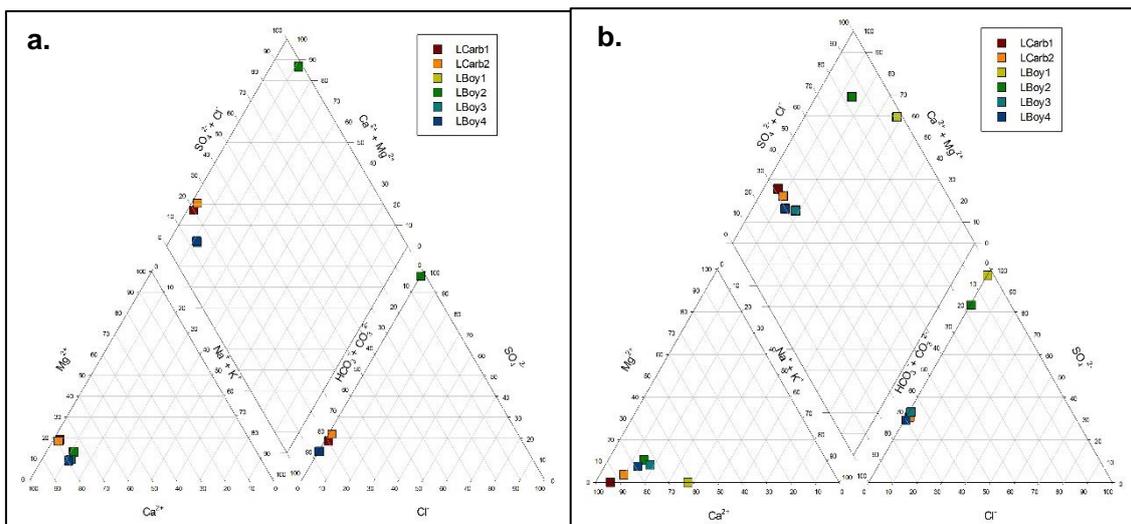
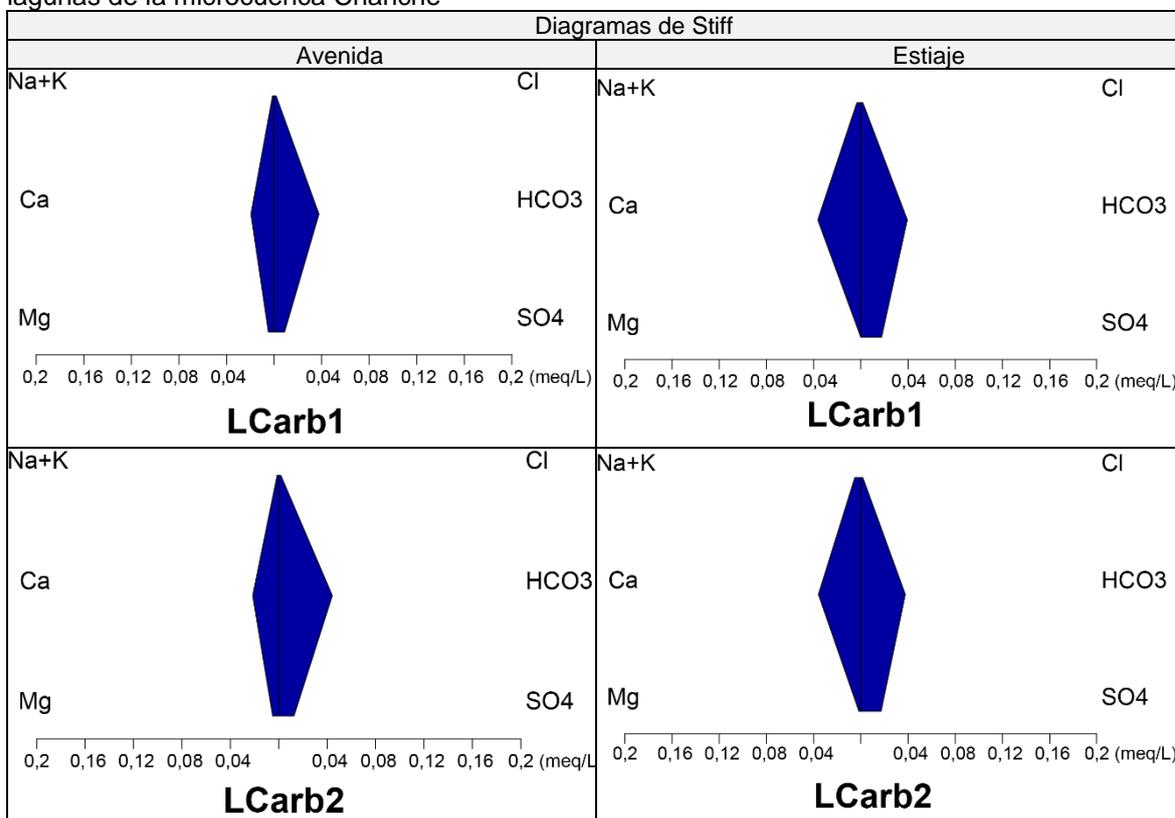


Figura 8.140. Diagrama de Piper por temporada **a.** avenida (marzo) y **b.** estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Chanche

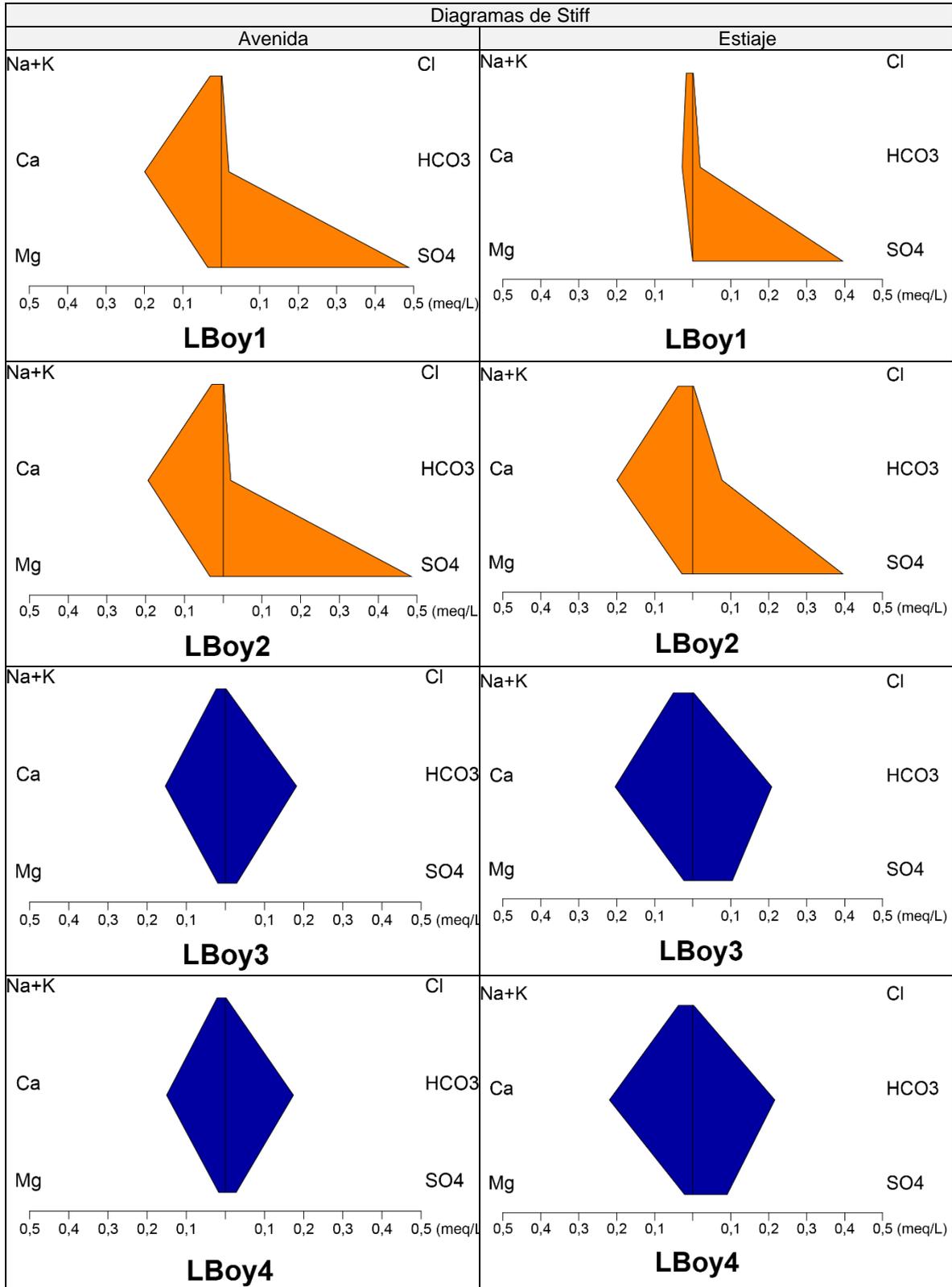
✓ **Diagrama de Stiff**

Los diagramas de Stiff muestran que las concentraciones de iones mayoritarios (Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+) en las muestras de agua superficial evaluados fueron de 0 a 0,49 meq/L (Figura 8.141).

Figura 8.141. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
 Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



8.3.2 Sedimento

En esta microcuenca se evaluó la laguna La Boya, la cual presentó un pH ácido (4,82 – 5,23 unidades de pH). El porcentaje de materia orgánica presentó un valor mínimo de 8,8 y un máximo de 32,6%. Las concentraciones de sulfatos reportadas fueron de 684 y 2205 mg/kg, con una textura predominante de Franca Arenosa (Tabla 8.83).

Tabla 8.83. Valores de pH, materia orgánica, sulfatos y textura en sedimento de lagunas de la microcuenca Chanche

Punto de muestreo	Temporada	Mes	Laguna	pH	Materia orgánica (%)	Sulfatos (mg/kg) PS	Textura (%)			Clase textural
							Arena	Limo	Arcilla	
LBoy3	Avenida	Marzo	La Boya	4,77	8,8	684	40	45	15	Franca
	Estiaje	Junio		5,08	22,60	2163	65	25	10	Franco Arenoso
LBoy4	Avenida	Marzo		4,82	20	1995	75	20	5	Franco Arenoso
	Estiaje	Junio		5,23	32,60	2205	75	15	10	Franco Arenoso

En cuanto a las concentraciones de metales (As, Cd, Cu, Cr, Hg, Pb y Zn) en el sedimento de las lagunas, estas se detallan en la Tabla 8.84. Los resultados de los demás elementos se detallan en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

Las concentraciones de arsénico excedieron los valores ISQG y PEL en la laguna La Boya en ambas temporadas. Por otro lado, las concentraciones de cadmio excedieron el valor ISQG en la temporada de estiaje.

Las concentraciones de cobre superaron los valores ISQG en la temporada de estiaje, adicionalmente, en el punto LBoy3 se excedió el valor PEL en la temporada de avenida.

Las concentraciones de mercurio excedieron el valor ISQG en los puntos evaluados, asimismo, en el punto LBoy3 en la temporada de avenida se excedió el valor PEL.

Las concentraciones de plomo sobrepasaron el valor PEL en el punto LBoy3, en ambas temporadas evaluadas. También se superó el valor ISQG en el punto LBoy4 en la temporada de estiaje.

Las concentraciones de zinc solo superaron el valor ISQG en el punto LBoy3, en la temporada de avenida.

Tabla 8.84. Comparación de las concentraciones de metales totales con los valores ISQG y PEL de la CEQG en lagunas de la microcuenca Chanche

Punto de muestreo	Temporada	Mes	Laguna	Metales totales (mg/kg) PS						
				Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo	Mercurio	Plomo	Zinc
LBoy3	Avenida	Marzo	La Boya	88,2	< 1,0	349,3	8,9	0,82	93	168,6
	Estiaje	Junio		78,3	1,8	169,1	6,1	1,63	130	73,1
LBoy4	Avenida	Marzo		34,8	< 1,0	18,9	4,5	0,18	34	38,1
	Estiaje	Junio		42,3	1,9	146,1	< 4,5	0,42	57	94,2
ISQG (mg/kg)				5,9	0,6	35,7	37,3	0,17	35	123
PEL (mg/kg)				17	3,5	197	90	0,486	91,3	315

 Superan los valores de ISQG: Interim Sediment Quality Guideline

 Superan los valores PEL: Probable Effect Level

(-) No evaluado en esta temporada.

(<) Valor por debajo del límite detección del método del laboratorio.

8.3.3 Comunidades hidrobiológicas

I. Ríos y quebradas

a. Macroinvertebrados bentónicos

✓ Riqueza

En la microcuenca Chanche la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 45 especies agrupadas en 3 phyla, 4 clases y 10 órdenes. El orden Díptera registró la mayor riqueza con 20 especies seguido del orden Coleoptera con 10 especies. En el Anexo 7 se presenta el registro completo de macroinvertebrados bentónicos.

En la Figura 8.142 se muestran los resultados de riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo y temporadas de evaluación. Se observó que los puntos QELag y QLBoy presentaron los mayores valores de riqueza durante las temporadas de avenida y estiaje, respectivamente. Asimismo, se registró que el orden Díptera presentó la mayor riqueza en todos los puntos evaluados y durante ambas temporadas de evaluación.

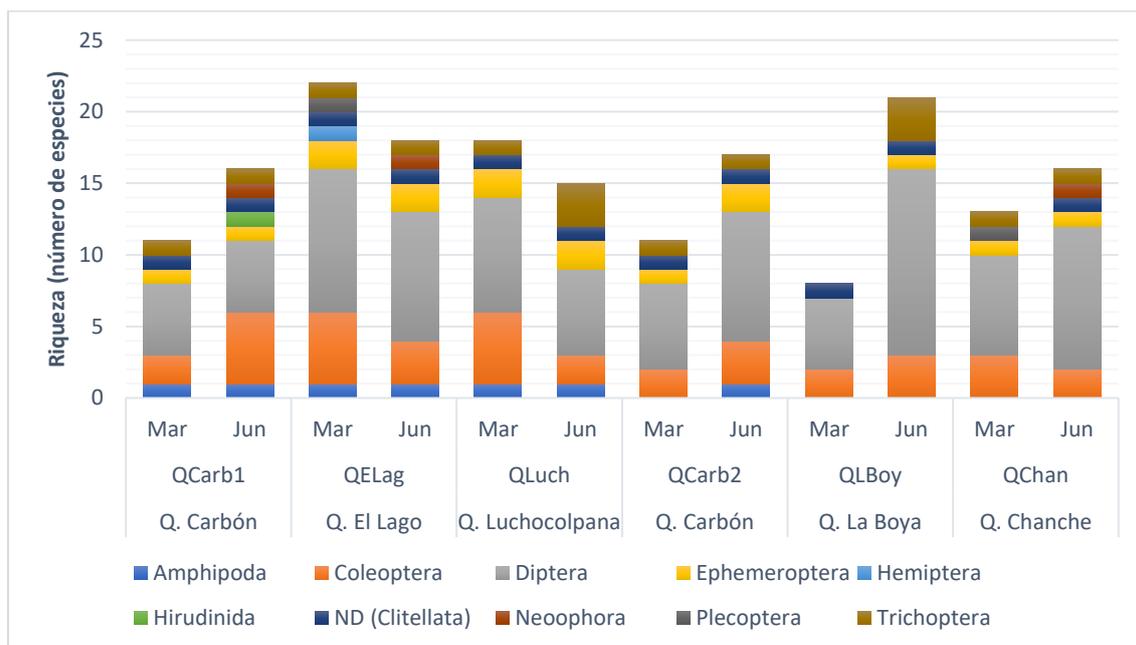


Figura 8.142. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Chanche

✓ Abundancia

En la Figura 8.143 se presentan los resultados de abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo y temporadas de evaluación. Se observó que el punto QELag registró la mayor abundancia de macroinvertebrados bentónicos durante ambas temporadas de evaluación, resaltando la abundancia de los órdenes Ephemeroptera y Díptera; mientras que, el punto QChan, ubicado en la quebrada Chanche, presentó valores bajos de abundancia en ambas temporadas de evaluación.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

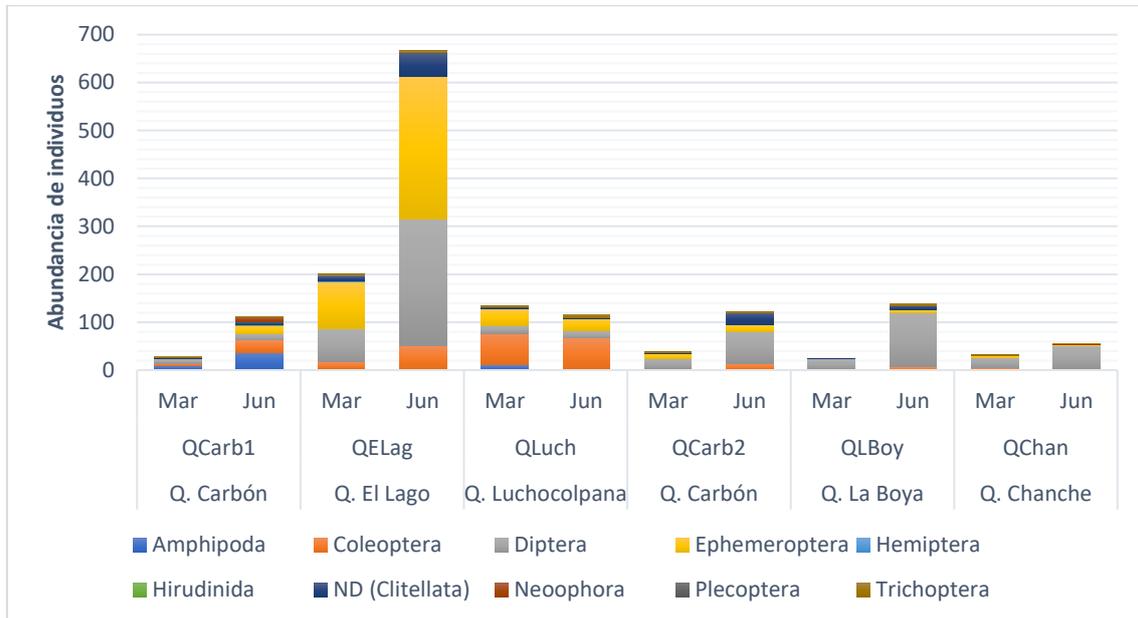


Figura 8.143. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Chanche

✓ **Índices de diversidad**

En la Tabla 8.85 se muestran los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por puntos de muestreo y temporadas de evaluación.

Se registró mayores valores de riqueza durante la temporada de estiaje, resaltando QELag y QLBoy. Los valores de abundancia fueron mayores durante la temporada de estiaje observándose que el punto QChan presentó poca variación de su abundancia. Los valores altos de equidad y diversidad de Shannon-Wiener así como una baja dominancia de Simpson mostraron una distribución homogénea de la abundancia de individuos por especies de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en esta microcuenca.

Tabla 8.85. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Chanche

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Riqueza de especies (S)		Abundancia de individuos (N)		Equidad de Pielou (J')		Diversidad de Shannon-Wiener (H')		Dominancia de Simpson (λ)	
		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Q. Carbón	QCarb1	11	16	29	112	0,87	0,79	3,00	3,17	0,17	0,16
Q. El Lago	QELag	22	18	200	666	0,60	0,62	2,69	2,58	0,28	0,25
Q. Luchocolpana	QLuch	18	15	134	116	0,66	0,61	2,76	2,40	0,25	0,33
Q. Carbón	QCarb2	11	17	38	121	0,82	0,85	2,84	3,46	0,19	0,13
Q. La Boya	QLBoy	8	21	24	139	0,66	0,65	1,98	2,86	0,41	0,26
Q. Chanche	QChan	13	16	32	56	0,89	0,84	3,29	3,37	0,13	0,14

✓ **Índice ABI**

En la Tabla 8.86 se muestran los resultados de la calidad ecológica del agua por puntos de muestreo y temporadas de evaluación determinada a partir del índice biótico andino (ABI).

Se determinó que los puntos QCarb1, QLuch y QChan presentaron una calidad ecológica de «buena» durante ambas temporadas de evaluación. También se observó una mejora de la calidad ecológica en los puntos QCarb2 y QLBoy que pasaron de tener una calidad de «moderada» y «mala» respectivamente, a una calidad «buena». Solo el punto QELag varió su calidad ecológica de «muy buena» en la temporada de avenida a «buena» en la temporada de estiaje.

Tabla 8.86. Índices biótico andino (ABI) y calidad ecológica del agua por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Chanche

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Temporada de evaluación			
		Mar		Jun	
		Índice ABI	Calidad	Índice ABI	Calidad
Q. Carbón	QCarb1	45	Buena	60	Buena
Q. El Lago	QELag	76	Muy buena	60	Buena
Q. Luchocolpana	QLuch	65	Buena	66	Buena
Q. Carbón	QCarb2	27	Moderada	53	Buena
Q. La Boya	QLBoy	22	Mala	64	Buena
Q. Chanche	QChan	49	Buena	46	Buena

b. Perifiton

✓ **Riqueza**

En el acumulado se registró 174 especies de microalgas agrupadas en 7 phyla, 9 clases, 26 órdenes y 51 familias; y 12 especies de microorganismos agrupados en 4 phyla, 4 clases, 5 órdenes y 8 familias.

En las microalgas el grupo predominante fue el phylum Bacillariophyta seguido por Charophyta y Cyanobacteria; la mayor riqueza se dio en el punto QLBoy durante la temporada de estiaje y la menor riqueza se presentó en QCarb2 en la temporada de avenida. En el Anexo 7 se presenta el registro completo de perifiton.

De los 7 phyla registrados en toda la microcuenca solo en QCarb1, QChan y QLBoy se registraron 5 phyla al menos en alguna temporada, en la Figura 8.144 se observa que la presencia del phylum Rodophyta, Ochrophyta y Glaucophyta se registró únicamente en estos puntos.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

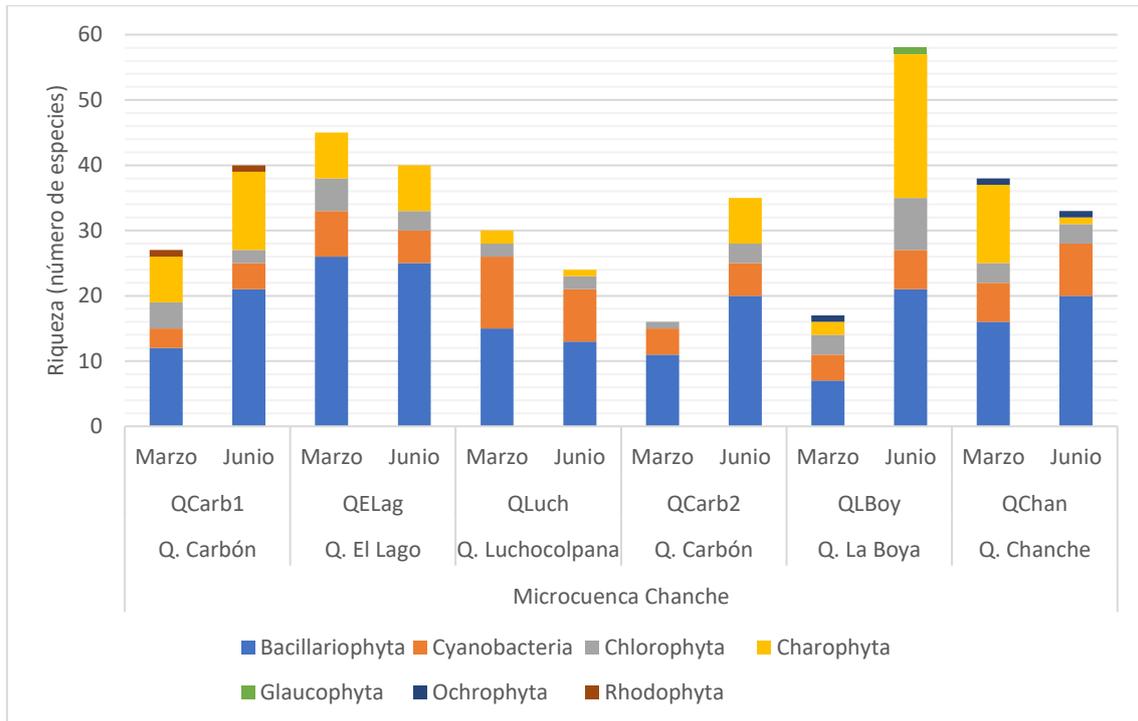


Figura 8.144. Riqueza de microalgas de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Chanche

De los 6 puntos evaluados en esta microcuenca, los 2 puntos relacionados a las lagunas (QLBoy y QLuch) presentaron organismos en ambas temporadas, 3 presentaron organismos en una sola temporada y QCarb1 no registró microorganismos. El punto QLBoy fue el de mayor riqueza de microorganismos en la temporada de estiaje como se muestra en la Figura 8.145.

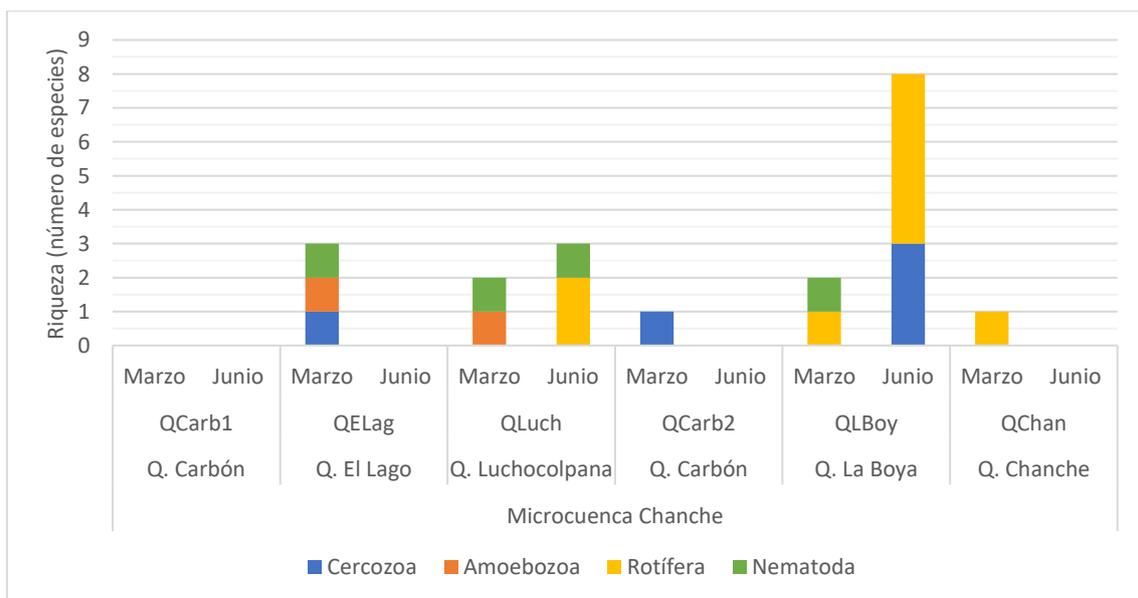


Figura 8.145. Riqueza de microorganismos la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Chanche

✓ **Abundancia**

La mayor abundancia para las microalgas se registró durante la temporada de estiaje, en ambas temporadas predominó el phylum Bacillariophyta; seguido por las cianobacterias (Figura 8.146). La mayor abundancia se registró en el punto QLBoy en la temporada de estiaje y la menor abundancia en QCarb1 de la temporada de estiaje.

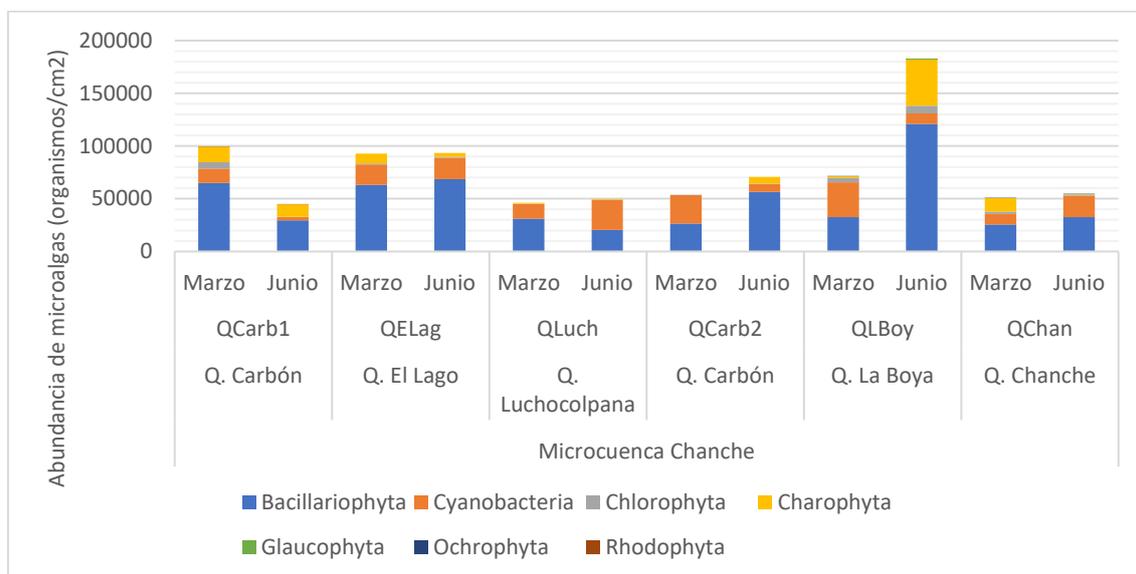


Figura 8.146. Abundancia de microalgas de la comunidad de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Chanche

Los 2 puntos que presentaron microorganismos en ambas temporadas registraron una mayor abundancia durante la temporada de estiaje, especialmente en el punto QLBoy, de aquellos puntos que presentaron organismos, QCarb2 y QChan registraron la menor abundancia d la temporada de avenida (Figura 8.147).

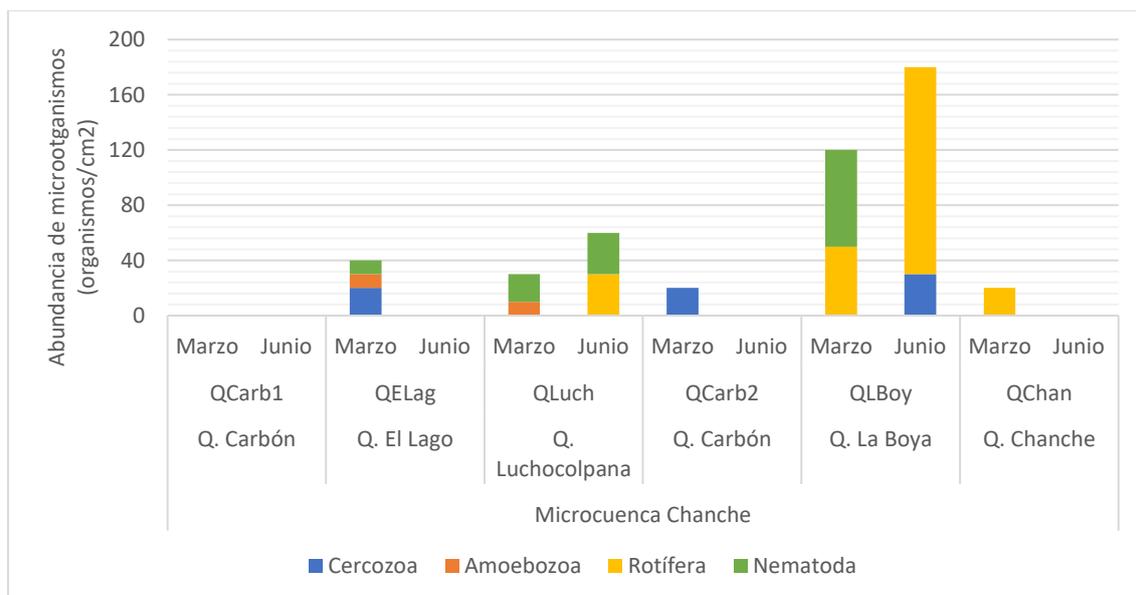


Figura 8.147. Abundancia de microorganismos la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Chanche

✓ Índices de diversidad

Los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por punto de muestreo y temporada de evaluación se muestran para microalgas en la Tabla 8.87 y para microorganismos en la Tabla 8.88.

Los puntos que presentaron menor dominancia fueron QCarb2 y QLBoy durante la temporada de avenida; la mayor diferencia en los valores de equidad de Pielou se observa en QCarb1, el cual presenta una diferencia significativa en la riqueza y abundancia entre las dos temporadas (Tabla 8.87).

Tabla 8.87. Índices de la diversidad alfa de microalgas de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Chanche

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Riqueza de especies (S)		Abundancia de individuos (N)		Equidad de Pielou (J')		Diversidad de Shannon-Wiener (H')		Dominancia de Simpson (λ)	
		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Q. Carbón	QCarb1	27	40	99700	44950	0,77	0,92	3,67	4,88	0,11	0,04
Q. El Lago	QELag	45	40	92950	93300	0,83	0,84	4,54	4,45	0,07	0,07
Q. Luchocolpana	QLuch	30	24	46200	49850	0,86	0,86	4,21	3,94	0,07	0,09
Q. Carbón	QCarb2	16	35	53600	70600	0,69	0,77	2,74	3,96	0,25	0,11
Q. La Boya	QLBoy	17	58	71450	182950	0,70	0,69	2,86	4,03	0,21	0,16
Q. Chanche	QChan	38	33	50650	54650	0,89	0,82	4,68	4,16	0,05	0,09

Los puntos evaluados que presentaron microorganismos y que dieron valores de la diversidad alfa diferentes a 1 presentaron estructuras comunitarias más homogéneas con valores mayores a 0,2 de dominancia de Simpson; por lo que la equidad de Pielou en las muestras donde se pudo calcular se aproximan en su mayoría a 1 (Tabla 8.88).

Tabla 8.88. Índices de la diversidad alfa de microorganismos de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Chanche

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Riqueza de especies (S)		Abundancia de individuos (N)		Equidad de Pielou (J')		Diversidad de Shannon-Wiener (H')		Dominancia de Simpson (λ)	
		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Q. Carbón	QCarb1	0	0	0	0	-	-	0,00	0,00	-	-
Q. El Lago	QELag	3	0	40	0	0,95	-	1,50	0,00	0,38	-
Q. Luchocolpana	QLuch	2	3	30	60	0,92	0,92	0,92	1,46	0,56	0,39
Q. Carbón	QCarb2	1	0	20	0	-	-	0,00	0,00	1,00	-
Q. La Boya	QLBoy	2	8	120	180	0,98	0,84	0,98	2,52	0,51	0,23
Q. Chanche	QChan	1	0	20	0	-	-	0,00	0,00	1,00	-

II. Lagunas

a. Macroinvertebrados bentónicos

✓ Riqueza

En las lagunas de la microcuenca Chanche la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 11 especies agrupadas en 3 phyla, 3 clases y 5 órdenes. El orden Díptera registró la mayor riqueza con 5 especies seguido del orden Coleoptera con 3 especies. En el Anexo 7 se presenta el registro completo de macroinvertebrados bentónicos.

En la Figura 8.148 se muestran los resultados de la riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo y temporadas de evaluación. Se observó que los puntos ubicados en las lagunas El Carbón y La Boya presentaron mayor riqueza durante ambas temporadas de evaluación a diferencia de los puntos ubicados en la laguna La Boya Monte Redondo que registraron entre una a tres especies.

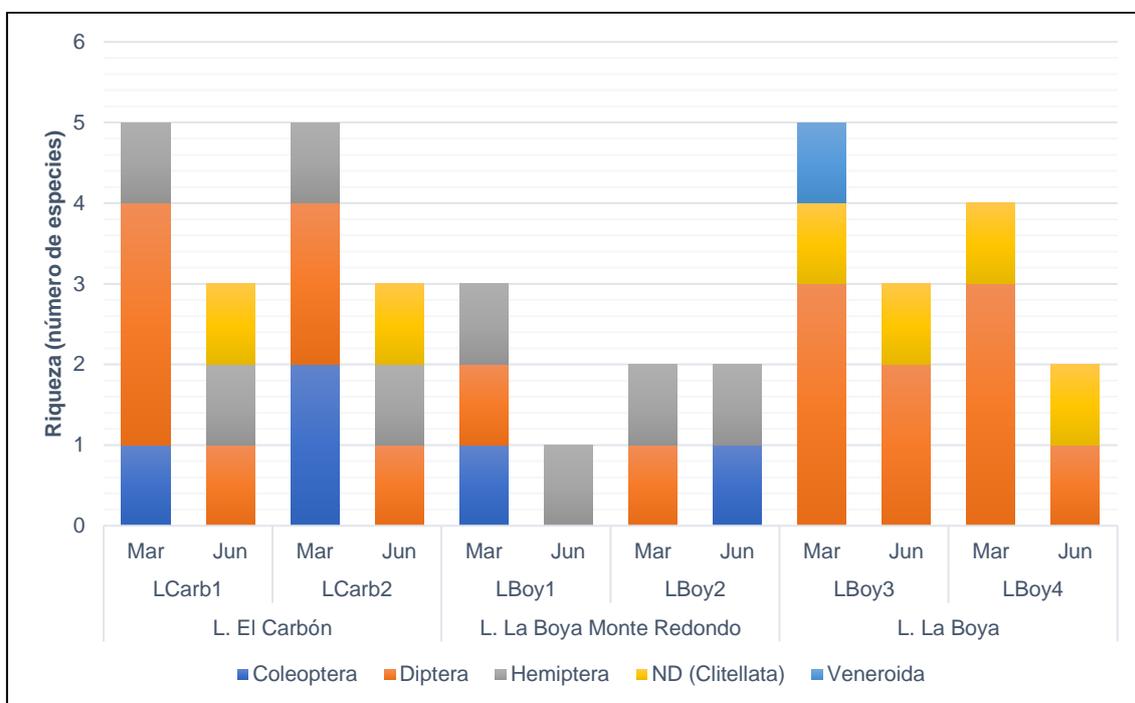


Figura 8.148. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche

✓ Abundancia

En la Figura 8.149 se presentan los resultados de la abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo y temporadas de evaluación. Se observó que durante ambas temporadas de evaluación el punto LBoy2, ubicado en la zona de descarga de la laguna La Boya Monte Redondo, la abundancia fue mayor que en el resto de los puntos evaluados; resaltando el orden Hemiptera.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

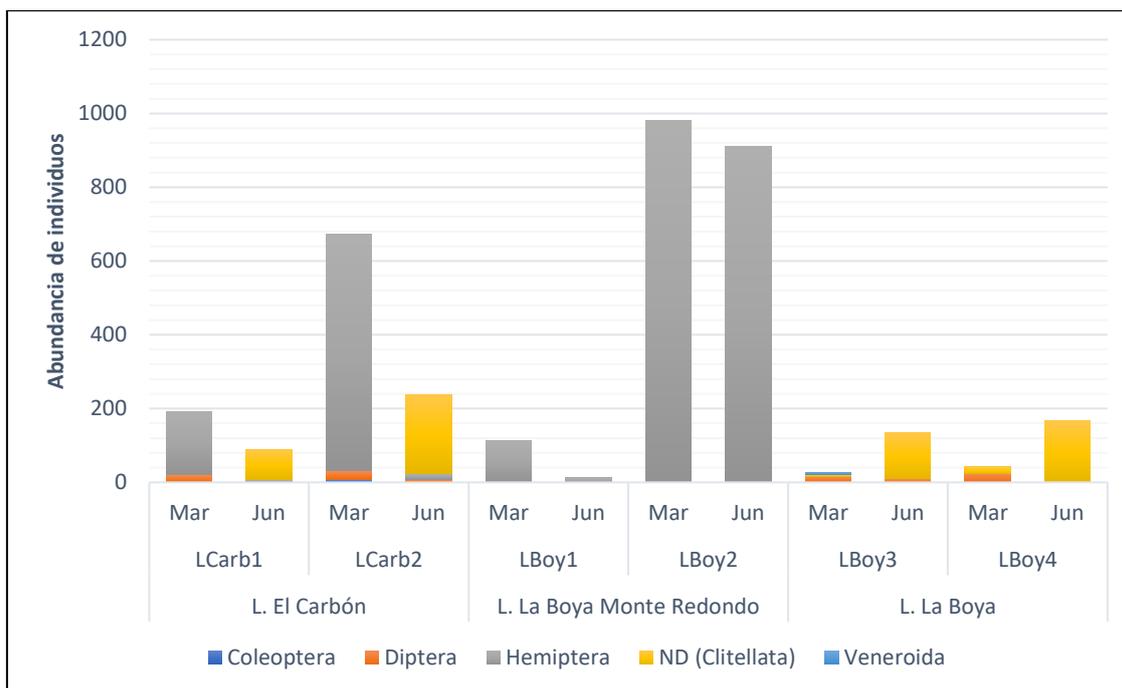


Figura 8.149. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche

✓ Índices de diversidad

En la Tabla 8.89 se muestran los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por puntos de muestreo y temporadas de evaluación.

Los resultados de diversidad durante ambas temporadas de evaluación, muestran bajos valores de riqueza y diversidad Shannon-Wiener y altos valores de dominancia evidenciando la presencia sólo algunas especies dominantes en todas las lagunas evaluadas de esta Microcuenca.

Tabla 8.89. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Riqueza de especies (S)		Abundancia de individuos (N)		Equidad de Pielou (J')		Diversidad de Shannon-Wiener (H')		Dominancia de Simpson (λ)	
		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
L. El Carbón	LCarb1	5	3	191	90	0,27	0,33	0,63	0,52	0,79	0,83
	LCarb2	5	3	672	237	0,15	0,37	0,36	0,59	0,91	0,81
L. La Boya Monte Redondo	LBoy1	3	1	114	13	0,09	-	0,15	-	0,97	1
	LBoy2	2	2	980	912	0,01	0,01	0,01	0,01	1	1
L. La Boya	LBoy3	5	3	27	135	0,88	0,29	2,05	0,46	0,28	0,85
	LBoy4	4	2	42	166	0,94	0,13	1,88	0,13	0,30	0,96

b. Plancton

✓ **Riqueza**

En las lagunas de la microcuenca Chanche la comunidad del fitoplancton estuvo representada por 129 especies agrupadas en 8 phyla, 12 clases y 31 órdenes. El phylum Charophyta registró la mayor riqueza con 41 especies seguido del phylum Bacillariophyta con 35 especies. En el Anexo 7 se presenta el registro completo del plancton.

En la Figura 8.150 se muestran los resultados de riqueza de la comunidad del fitoplancton por puntos de muestreo y temporadas de evaluación. Se observó que el punto LCarb1 (laguna El Carbón) ubicado en la zona de ingreso de afluentes, registró la mayor riqueza de fitoplancton con 36 especies durante la temporada de estiaje; asimismo los puntos LBoy2 (lagunas La Boya Monte Redondo) y LBoy3 (La Boya) presentaron los menores registros de riqueza durante las temporadas de avenida y estiaje, respectivamente. Se resalta la mayor riqueza del phylum Charophyta y Bacillariophyta en todas las lagunas evaluadas de esta microcuenca.

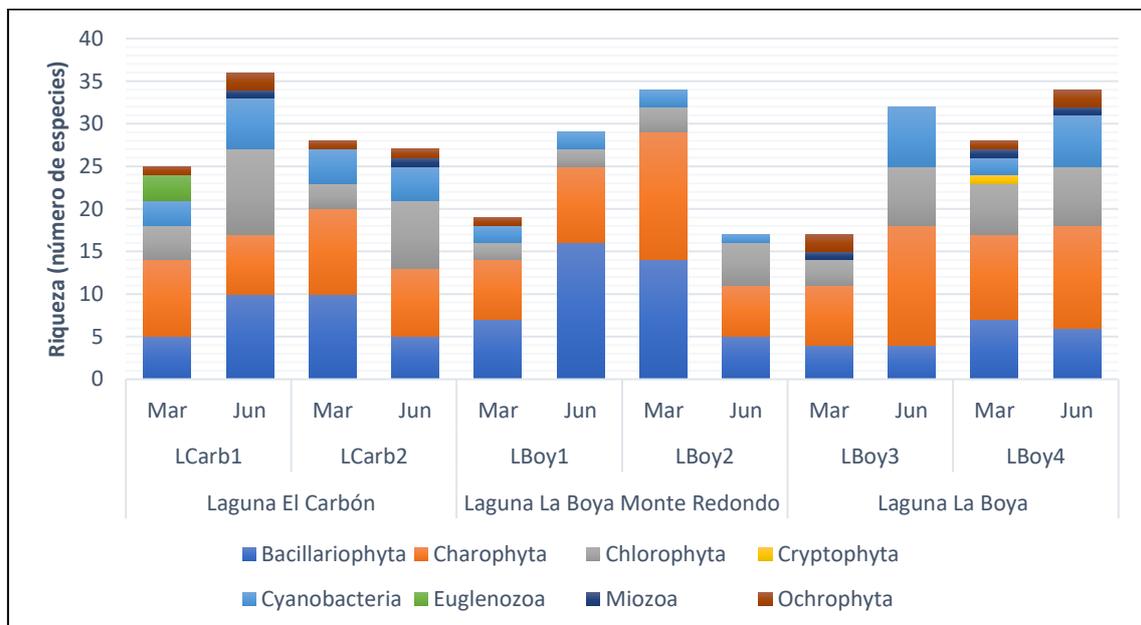


Figura 8.150. Riqueza de la comunidad de fitoplancton por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche

Respecto a la comunidad del zooplancton, esta estuvo conformada por 19 especies agrupadas en 6 phyla, 7 clases y 8 órdenes. En el Anexo 7 se presenta el registro completo del zooplancton.

La Figura 8.151 muestra los resultados de riqueza de esta comunidad por punto de muestreo y temporada de evaluación. La comunidad del zooplancton en la microcuenca Chanche se caracterizó por presentar bajos valores de riqueza durante ambas temporadas de evaluación, registrándose en el punto LBoy3 (laguna La Boya) ubicado en la zona de ingreso de afluentes, 6 especies durante la temporada de estiaje. En tanto que, no se obtuvieron registros de zooplancton en los puntos LBoy1 y LBoy4 durante las temporadas de avenida y estiaje, respectivamente.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

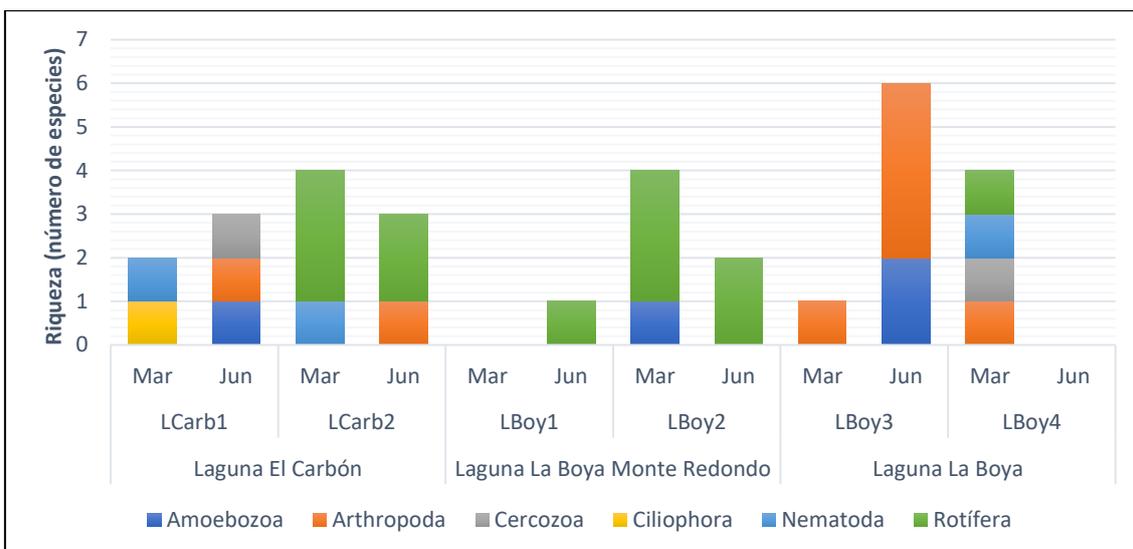


Figura 8.151. Riqueza de la comunidad de zooplancton por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche

✓ **Abundancia**

En la Figura 8.152 se presentan los resultados de abundancia de la comunidad del fitoplancton por puntos de muestreo y temporadas de evaluación. Se observó el mayor registro de organismos en el punto LBoy4 (laguna La Boya,) durante la temporada de estiaje; asimismo la laguna El Carbón también presentó mayores valores de abundancia durante la temporada de estiaje que durante la temporada de avenida. Por otro lado, el menor registro de organismos se observó en el punto LBoy1 durante la temporada de avenida.

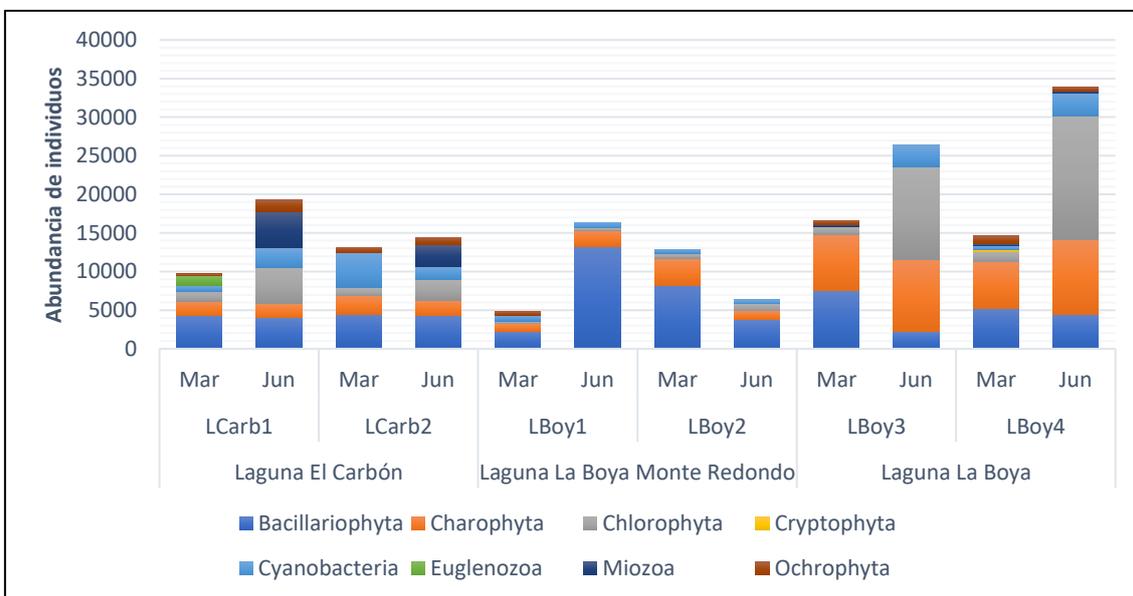


Figura 8.152. Abundancia de la comunidad de fitoplancton por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche

La Figura 8.153 muestra los resultados de abundancia de la comunidad del zooplancton por puntos de muestreo y temporadas de evaluación. Se reportó mayor abundancia de organismos en el punto LBoy3 (Laguna La Boya) durante la temporada de estiaje con 70 organismos/L; mientras que los demás puntos ubicados en las lagunas El Carbón y La Boya

Monte Redondo reportaron entre 15 a 25 organismos/L durante ambas temporadas de evaluación.

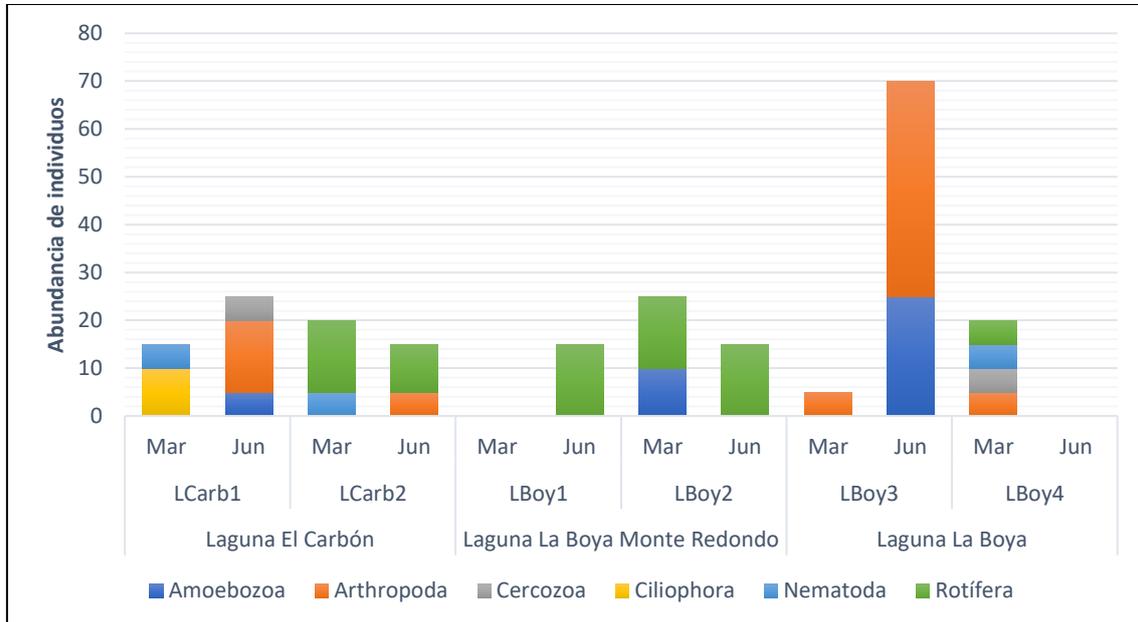


Figura 8.153. Abundancia de la comunidad de fitoplancton por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche

✓ **Índices de diversidad**

Las Tablas 8.90 y 8.91 muestran los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por puntos de muestreo y temporadas de evaluación, del plancton

Los resultados de diversidad durante ambas temporadas de evaluación, muestran mayores valores de riqueza y abundancia durante la temporada de estiaje excepto en los puntos LCarb2 y LBoy2. Respecto a los resultados de diversidad Shannon-Wiener todas las lagunas de esta microcuenca muestran altos valores de diversidad de fitoplancton excepto en el punto LBoy3 (laguna La Boya) durante la temporada de avenida. Asimismo, los resultados de equidad y dominancia de Simpson evidenciarían una distribución homogénea de la abundancia de los organismos por especie de esta comunidad.

Tabla 8.90. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de fitoplancton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Riqueza de especies (S)		Abundancia de individuos (N)		Equidad de Pielou (J')		Diversidad de Shannon-Wiener (H')		Dominancia de Simpson (λ)	
		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Laguna El Carbón	LCarb1	25	36	9700	19310	0,84	0,81	3,88	4,21	0,12	0,09
	LCarb2	28	27	13150	14440	0,84	0,80	4,04	3,82	0,10	0,11
Laguna La Boya Monte Redondo	LBoy1	19	29	4825	16375	0,93	0,80	3,95	3,87	0,07	0,13
	LBoy2	34	17	12875	6325	0,92	0,85	4,68	3,47	0,05	0,12
Laguna La Boya	LBoy3	17	32	16600	26348	0,68	0,72	2,79	3,60	0,24	0,17
	LBoy4	28	34	14600	33895	0,88	0,70	4,24	3,58	0,07	0,17

En cuanto a los resultados de riqueza, abundancia y diversidad Shannon-Wiener de la comunidad del zooplancton, estos fueron notablemente bajos en todas las lagunas evaluadas.

Tabla 8.91. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de zooplancton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Chanche

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Riqueza de especies (S)		Abundancia de individuos (N)		Equidad de Pielou (J')		Diversidad de Shannon-Wiener (H')		Dominancia de Simpson (λ)	
		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Laguna El Carbón	LCarb1	2	3	15	25	0,92	0,87	0,92	1,37	0,56	0,44
	LCarb2	4	3	20	15	1	1	2	1,59	0,25	0,33
Laguna La Boya Monte Redondo	LBoy1	-	1	-	15	-	-	-	-	-	1
	LBoy2	4	2	25	15	0,96	0,92	1,92	0,92	0,28	0,56
Laguna La Boya	LBoy3	1	6	5	70	-	0,90	-	2,33	1	0,22
	LBoy4	4	-	20	-	1	-	2	-	0,25	-

8.4 Microcuenca Cotocuna

Esta microcuenca comprende 3 puntos de agua superficial en las quebradas sin nombre, Vigón y Cotocuna, esta última formada por la confluencia de las dos primeras. Asimismo, se evaluaron 3 puntos en bofedales, 2 aledaños a la laguna Tarucacocha y 1 en la naciente de la quebrada Vigón. Adicionalmente, se incluyeron 5 puntos en la laguna Tarucacocha, en la que también se evaluó sedimento. Respecto a las comunidades hidrobiológicas, los macroinvertebrados bentónicos fueron evaluados en todos los puntos de las quebradas y bofedales y la laguna, asimismo, en ríos y quebradas se evaluó perifiton y plancton en la laguna.

En la Figura 8.157 se representan los puntos de muestreo por cada componente ambiental evaluado. La descripción y ubicación geográfica de cada punto de muestreo se presenta en los reportes de campo N.º 003-2019-STEC y 021-2019-STEC (Anexos 6).

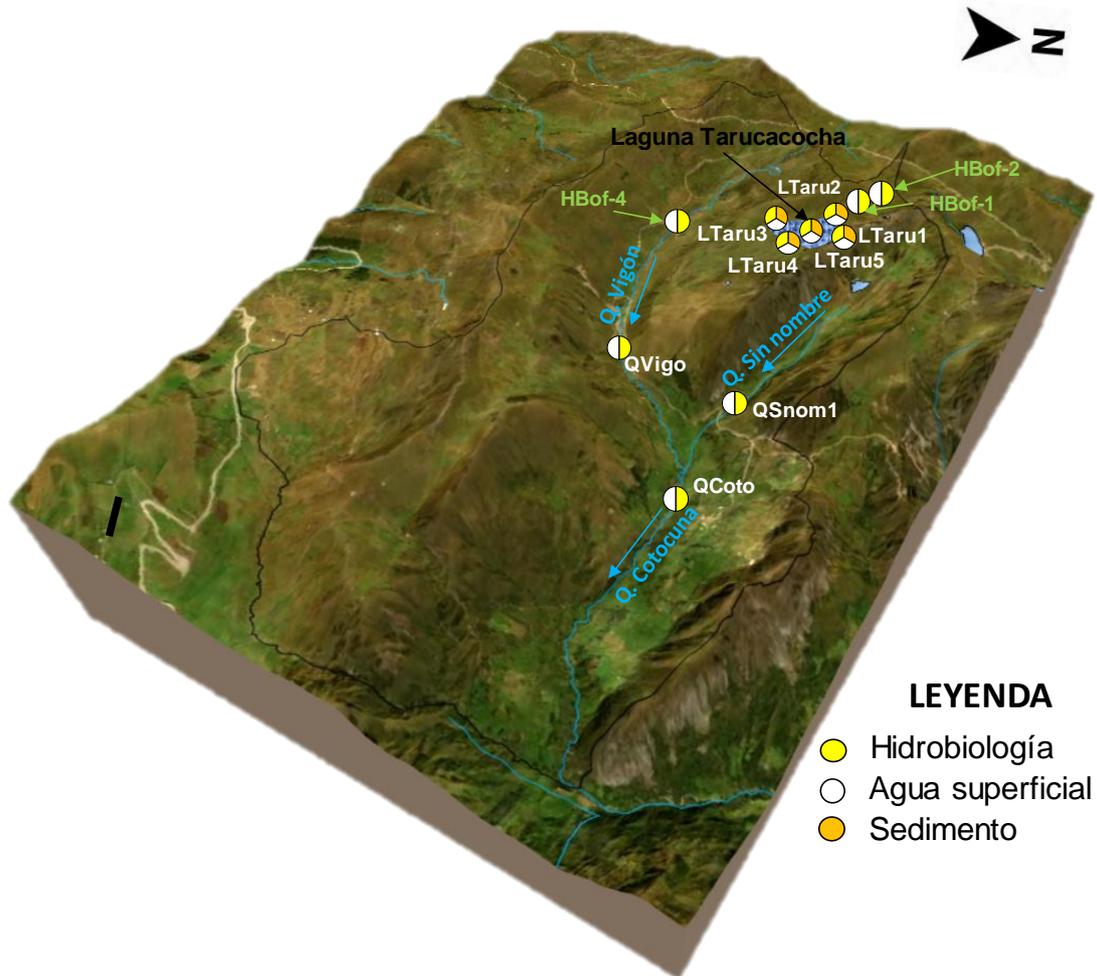


Figura 8.154. Distribución de puntos de muestreo en la microcuenca Cotocuna

8.4.1 Agua superficial

I. Ríos y quebradas

De la comparación de resultados fisicoquímicos obtenidos en esta microcuenca con los ECA para agua, categoría 3, ninguna variable superó o se encontró fuera del rango establecido en la norma referida.

Con relación a los metales y metaloides que podrían generar algún tipo de toxicidad o efectos adversos al ambiente como As, Cd, Co, Cr, Fe, Mo, Mn Ni, Pb y Zn, no superaron los ECA para agua categoría 3, reportándose bajas concentraciones e incluso por debajo del límite de detección del método del laboratorio, tal como se muestra en la Tabla 8.92.

Tabla 8.92. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en los cuerpos de agua de la microcuenca Cotocuna

Metales y Metaloides	Unidad	Temporada evaluada				Cuerpo de agua asociado			
		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Arsénico (As)	mg/L	< 0,00003	0,00052	0,00107	0,00169	QVigo	QSnom1	QVigo	QCoto
Cadmio (Cd)		< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	<		<	
Cobalto (Co)		< 0,00001	0,0003	< 0,00003	0,00016	QCoto y QSnom1	QVigo	QCoto y QSnom1	QVigo
Cromo (Cr)		< 0,0001	< 0,0001	< 0,001	< 0,001	<		<	
Cobre (Cu)		0,0004	0,00071	< 0,0003	< 0,0003	QVigo	QCoto	<	
Hierro (Fe)		0,1951	0,2275	0,09	0,27	QCoto	QSnom1	QCoto	QVigo
Mercurio (Hg)		< 0,00003	< 0,00003	< 0,00007	< 0,00007	<		<	
Manganeso (Mn)		0,02283	0,04541	0,00958	0,04468	QCoto	QSnom1	QCoto	QVigo
Molibdeno (Mo)		< 0,00002	< 0,00002	< 0,00003	< 0,00003	<		<	
Níquel (Ni)		< 0,0002	< 0,0002	< 0,0009	< 0,0009	<		<	
Plomo (Pb)		< 0,0002	0,0004	< 0,00006	0,00011	QVigo y QCoto	QSnom1	QVigo y QCoto	QSnom1
Zinc (Zn)		< 0,0100	0,0166	< 0,002	0,014	QCoto y QSnom1	QVigo	QVigo	QSnom1

(<): Todos los puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio
Fuente: Reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7)

En la Tabla 8.92 se observa que las mayores concentraciones de metales fueron reportadas principalmente en la quebrada sin nombre (QSnom1) en la temporada de avenida y en la quebrada Vigón (QVigo) en la temporada de estiaje.

- **Hidroquímica**

- ✓ **Diagrama de Piper**

El agua de las quebradas Vigón, sin nombre y Cotocuna presentó una facie hidroquímica de tipo bicarbonata cálcica, en las temporadas de avenida y estiaje (Figura 8.155). Los datos para realizar estas gráficas se encuentran detalladas en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

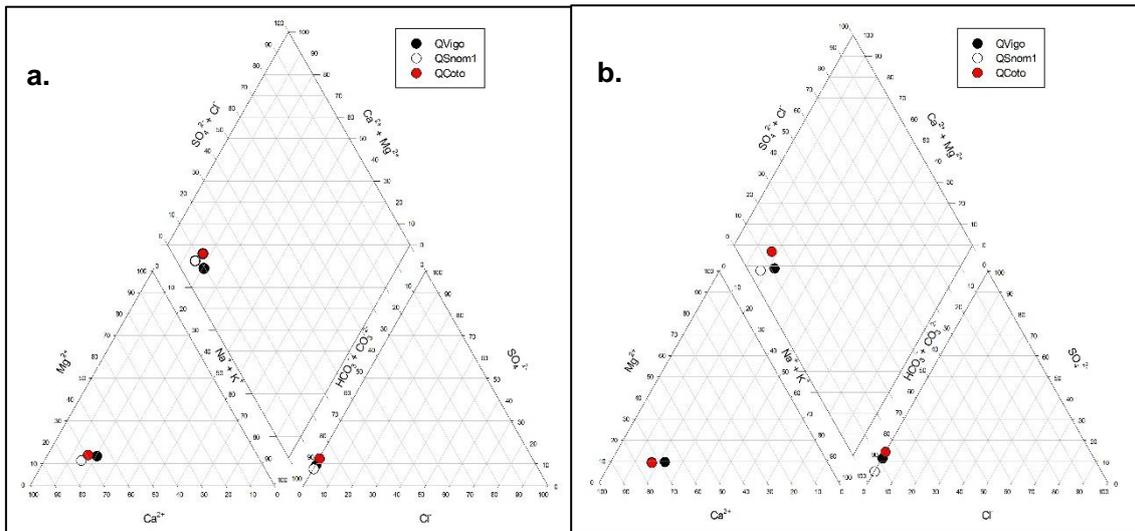
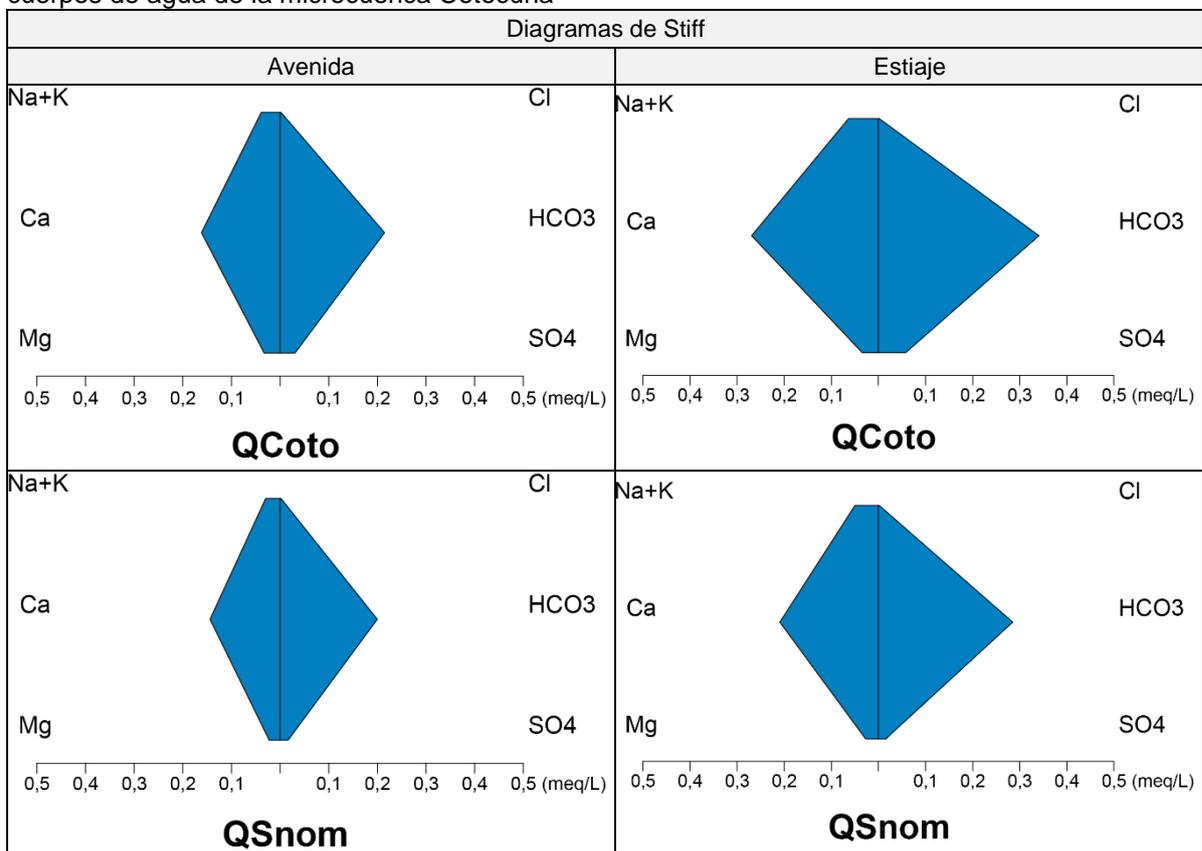


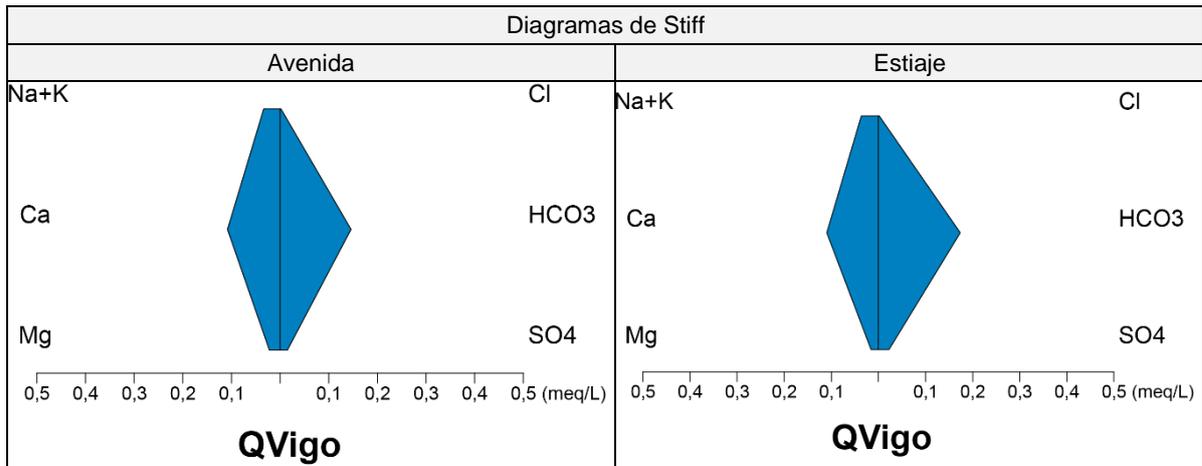
Figura 8.155. Diagrama de Piper por temporada **a.** avenida (marzo) y **b.** estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Cotocuna

✓ **Diagrama de Stiff**

Los diagramas de Stiff muestran que las concentraciones de iones mayoritarios (Cl⁻, HCO₃⁻, CO₃⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ y K⁺) en las muestras de agua superficial evaluados fueron de 0 a 0,34 meq/L (Figura 8.156).

Figura 8.156. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Cotocuna





II. Bofedales

Se evaluaron 3 puntos de muestreo en bofedales, 2 aledaños y tributarios a la laguna Tarucacocha (HBof-1 y HBof-2) y 1 en la naciente de la quebrada Vigón (HBof-4), en temporadas de avenida y estiaje.

De la comparación entre los parámetros de campo, fisicoquímicos e inorgánicos (metales y metaloides) con los ECA para agua, categoría 3 para el bofedal Hbof-4 y categoría 4 para los bofedales (HBof-1 y HBof-2) los parámetros como el potencial de hidrógeno (pH), nitrógeno total y el fósforo superaron o se encontraron fuera del rango establecido en dicha norma.

El potencial de hidrógeno (pH) en el agua se encontró fuera del rango establecido en los ECA agua, Cat. 4 en los bofedales aledaños a la laguna Tarucacocha (HBof-1 y HBof-2) durante las temporadas de avenida y estiaje, tal como se observa en la Figura 8.157.

El nitrógeno total en los bofedales aledaños a la laguna Tarucacocha (HBof-1 y HBof-2) excedió el valor establecido los ECA para agua, categoría 4, en ambas temporadas evaluadas (Figura 8.158).

El fósforo total en el bofedal HBof-1, excedió el valor establecido los ECA para agua, categoría 4, durante la temporada de avenida (Figura 8.159).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

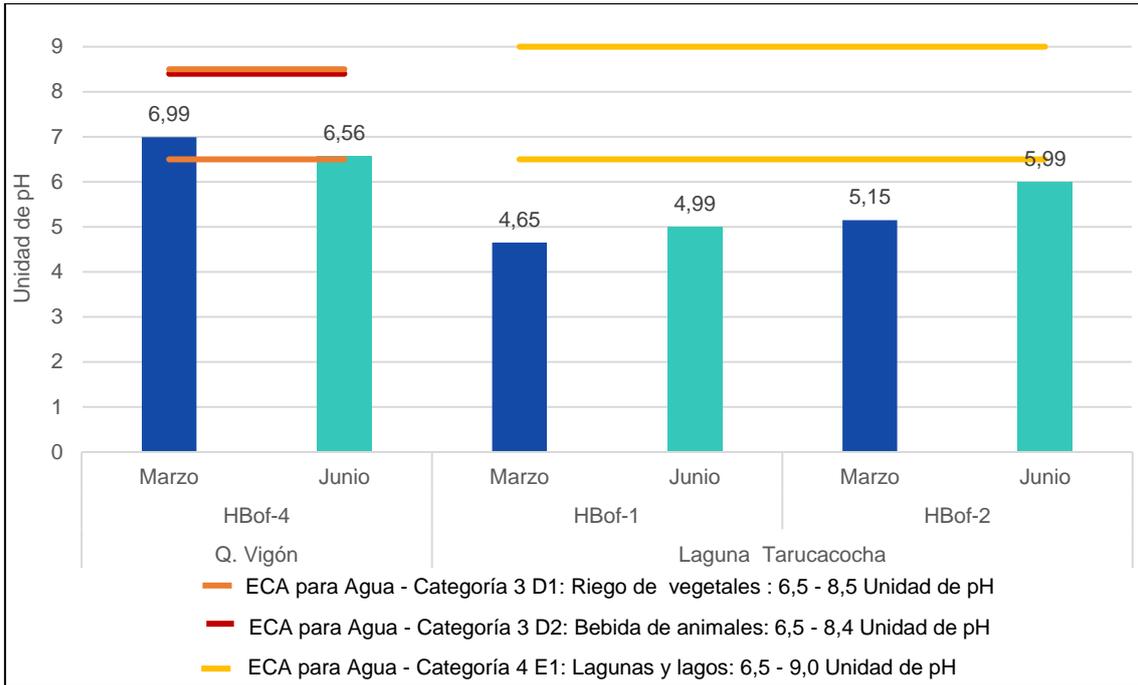


Figura 8.157 Valores de potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca Cotocuna

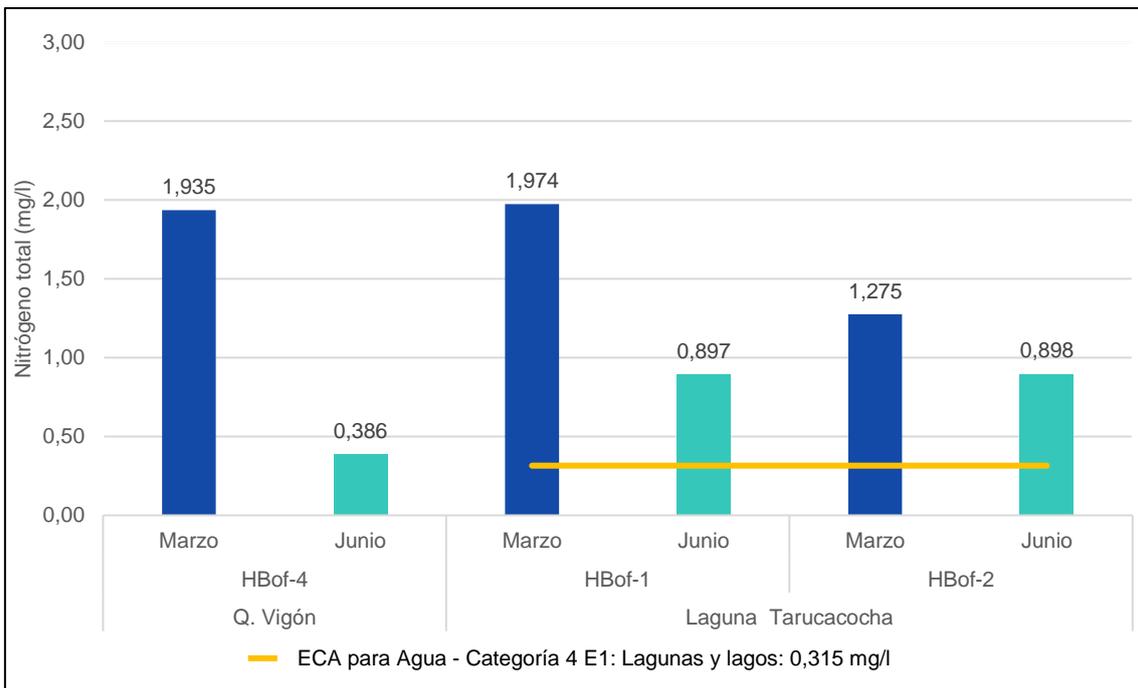


Figura 8.158 Concentraciones de nitrógeno total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca Cotocuna

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

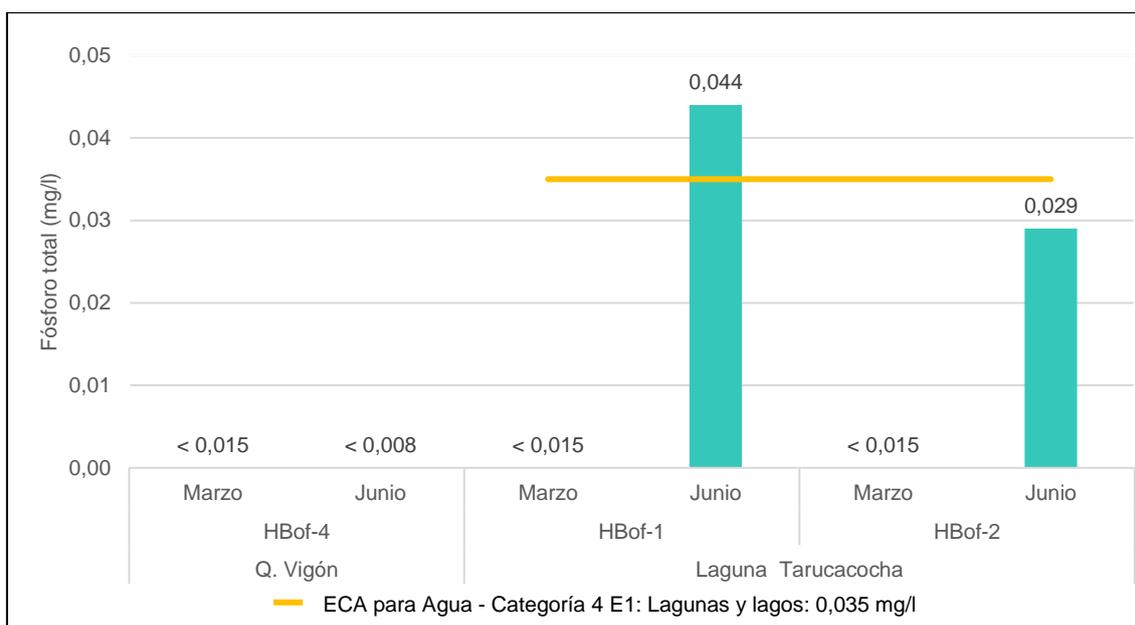


Figura 8.159 Concentraciones de fósforo total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca Cotocuna

Con relación a los metales y metaloides que podrían generar algún tipo de toxicidad o efectos adversos al ambiente como As, Cd, Co, Cr, Mn, Mo, Ni, Pb y Zn, estos no superaron los ECA para agua categoría 3 o 4, reportándose bajas concentraciones e incluso por debajo del límite de detección del método del laboratorio, tal como se muestra en la Tabla 8.93.

Tabla 8.93. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en bofedales de la microcuenca Cotocuna

Metales y Metaloides	Unidad	Temporada evaluada				Cuerpo de agua asociado			
		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Arsénico (As)	mg/L	< 0,00003	0,0024	0,00111	0,00703	HBof-4	HBof-2	HBof-4	HBof-2
Cadmio (Cd)		< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	<		<	
Cobalto (Co)		< 0,00001	0,00039	< 0,00003	0,00057	HBof-1	HBof-2	HBof-1	HBof-2
Cromo (Cr)		< 0,0001	< 0,0001	< 0,001	< 0,001	<		<	
Cobre (Cu)		< 0,00003	0,00052	< 0,0003	0,0011	Hbof-2 y HBof-4	HBof-1	Hbof-2 y HBof-4	HBof-1
Hierro (Fe)		0,1938	1,203	0,22	12	HBof-4	HBof-2	HBof-4	HBof-2
Mercurio (Hg)		< 0,00003	< 0,00003	< 0,00007	< 0,00007	<		<	
Manganeso (Mn)		0,00781	0,04187	0,01918	0,06218	HBof-1	HBof-4	HBof-1	HBof-4
Molibdeno (Mo)		< 0,00002	< 0,00002	< 0,00003	< 0,00003	<		<	
Níquel (Ni)		< 0,0002	0,0005	< 0,0009	< 0,0009	Hbof-1 y HBof-4	HBof-2	<	
Plomo (Pb)		< 0,0002	0,0007	< 0,00006	< 0,00006	Hbof-1 y HBof-4	HBof-2	<	
Zinc (Zn)		< 0,0100	0,016	< 0,002	0,02	Hbof-1 y HBof-2	HBof-4	HBof-4	HBof-1

(<): Todos los puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

Fuente: Reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7)

En la Tabla 8.93 se observa que las mayores concentraciones de metales en los bofedales de esta microcuenca se presentaron principalmente en el punto HBof-2, aledaño a la laguna Tarucacocha, en ambas temporadas de evaluación.

- **Hidroquímica**

- ✓ **Diagrama de Piper**

El agua del bofedal ubicado en la quebrada Vigón (HBof-4) presentó facies hidroquímica bicarbonata cálcica, en las temporadas de avenida y estiaje. En tanto en los bofedales HBof-1 y Hbof-2, aledaños a la laguna Tarucacocha, su facie hidroquímica fue de bicarbonatada cálcica en la temporada de avenida y bicarbonatada sódico potásica en temporada de estiaje (Figura 8.160). Los datos para realizar estas gráficas se encuentran detallados en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

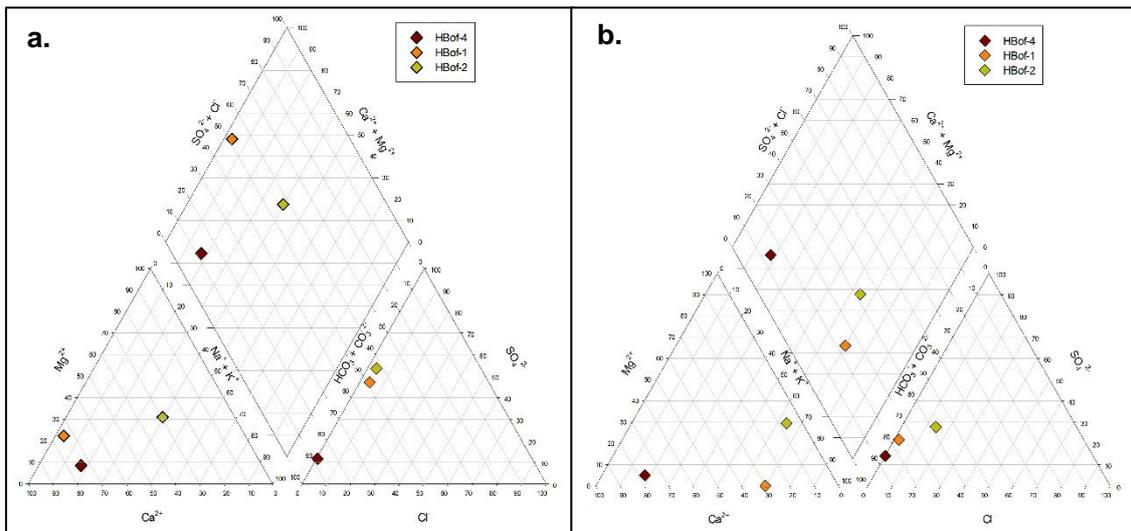
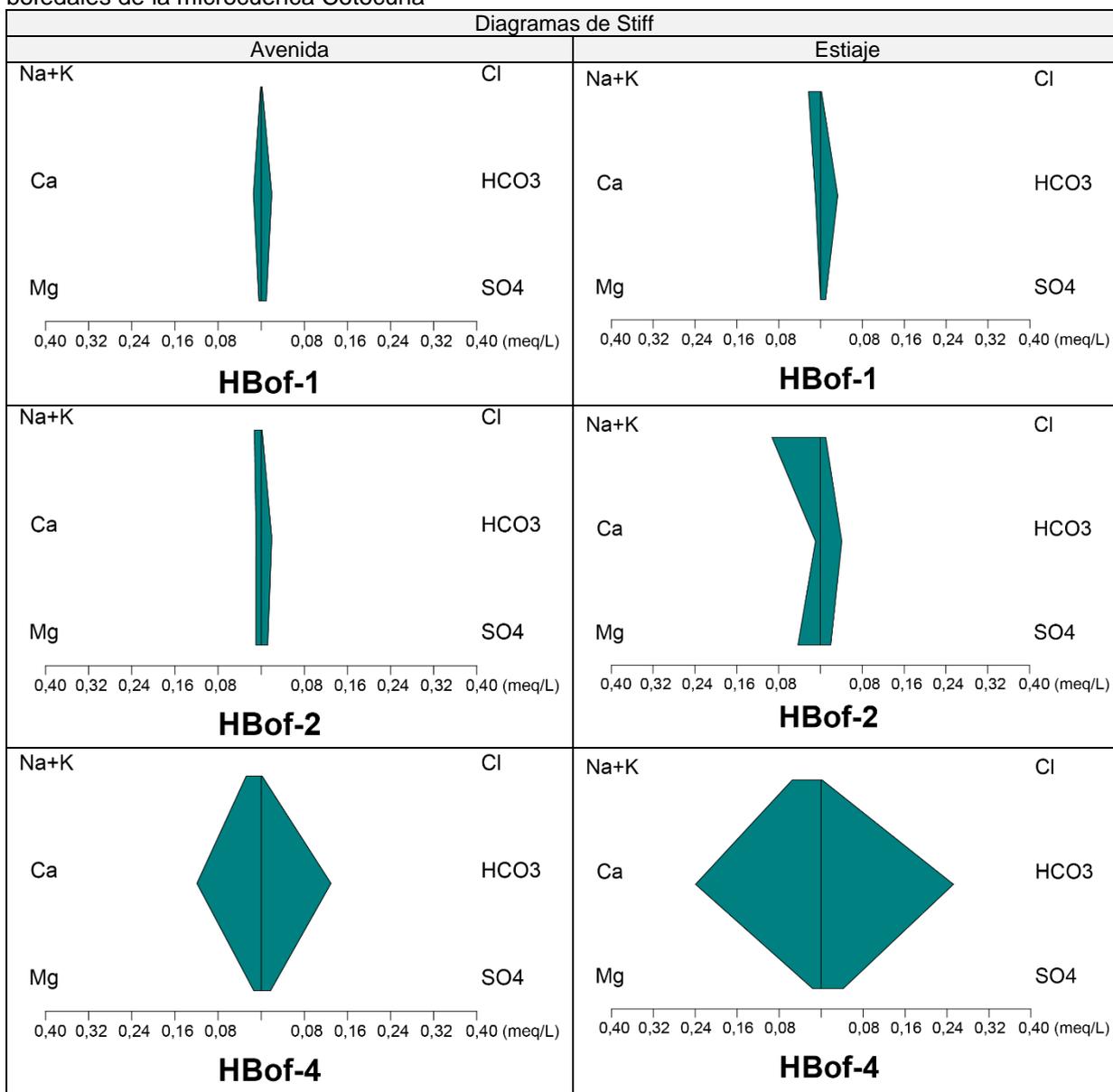


Figura 8.160. Diagrama de Piper por temporada **a.** avenida (marzo) y **b.** estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca Cotocuna

- ✓ **Diagrama de Stiff**

Los diagramas de Stiff muestran que las concentraciones de iones mayoritarios (Cl⁻, HCO₃⁻, CO₃²⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ y K⁺) en las muestras de agua superficial evaluados fueron de 0 a 0,25 meq/L (Figura 8.161).

Figura 8.161. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca Cotocuna



III. Lagunas

En esta microcuenca se evaluó la laguna Tarucacocha, en la que se distribuyó 5 puntos de muestreo (LTaru1 al LTaru5).

De la comparación entre los parámetros de campo, fisicoquímicos e inorgánicos (metales y metaloides) con los ECA para agua, categoría 4, el potencial de hidrógeno (pH) se encontró fuera del rango establecido en dicha norma, adicionalmente, el nitrógeno total superó el valor establecido en la norma mencionada.

El potencial de hidrógeno (pH) se registró fuera del rango establecido en los ECA agua, Categoría 4, solo en los puntos LTaru2 y LTaru4 durante la temporada de estiaje (Figura 8.162).

En cuanto a las concentraciones de nitrógeno total, estas superaron lo establecido en los ECA agua, categoría 4, en todos los puntos evaluados en la laguna en las temporadas de avenida y estiaje (Figura 8.163)

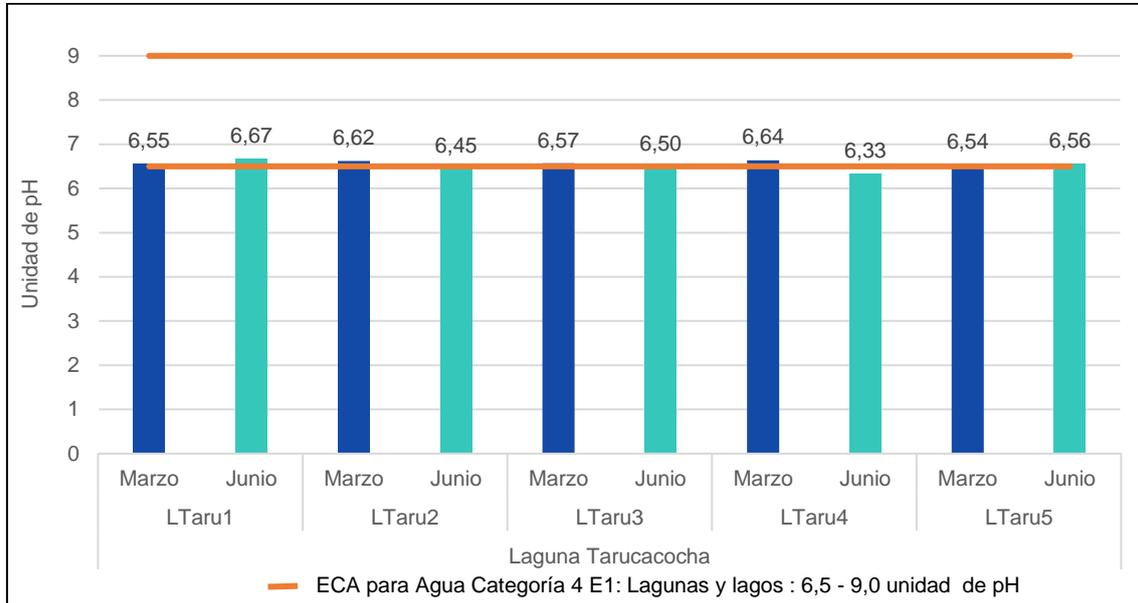


Figura 8.162 Valores de potencial de hidrógeno (pH) en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Cotocuna

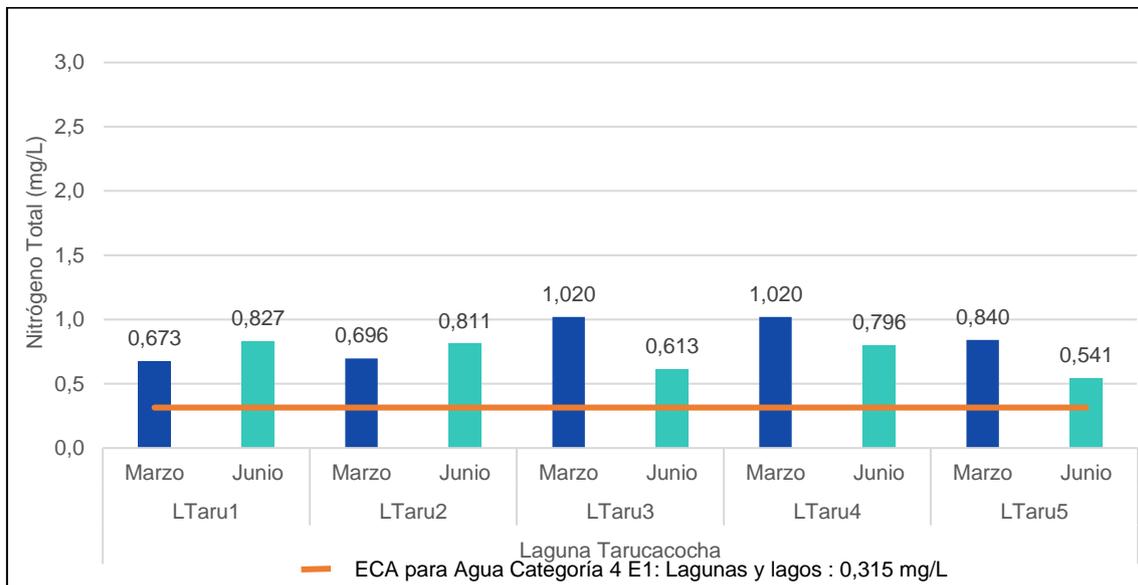


Figura 8.163. Concentraciones de nitrógeno total en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Cotocuna

Con relación a los metales y metaloides que podrían generar algún tipo de toxicidad o efectos adversos al ambiente como As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb y Zn, estos no superaron los ECA para agua categoría 4, reportándose bajas concentraciones e incluso por debajo del límite de detección del método del laboratorio, tal como se muestra en la Tabla 8.94.

En la Tabla 8.94 se observa que las mayores concentraciones de metales en se presentaron principalmente en el punto LTaru1 de la laguna Tarucacocha en las temporadas de avenida y estiaje.

Tabla 8.94. Concentraciones mínimas y máximas de metales y metaloides en lagunas de la microcuenca Cotocuna

Metales y Metaloides	Unidad	Temporada evaluada				Cuerpo de agua asociado			
		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)		Avenida (marzo)		Estiaje (junio)	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Arsénico (As)	mg/L	< 0,00003	< 0,00003	0,00014	0,00132	<		LTaru2	LTaru5
Cadmio (Cd)		< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	<		<	
Cobalto (Co)		0,00026	0,00028	0,00027	0,00035	LTaru2 y LTaru3	LTaru1 y LTaru5	LTaru5	LTaru1
Cromo (Cr)		< 0,0001	< 0,0001	< 0,001	< 0,001	<		<	
Cobre (Cu)		< 0,00003	< 0,00003	< 0,0003	< 0,0003	<		<	
Hierro (Fe)		0,5519	0,6744	0,67	0,84	LTaru1	LTaru2	LTaru3	LTaru1
Mercurio (Hg)		< 0,00003	< 0,00003	< 0,00007	< 0,00007	<		<	
Manganeso (Mn)		0,05158	0,19299	0,20632	0,34228	LTaru1	LTaru3	LTaru3	LTaru1
Molibdeno (Mo)		< 0,00002	< 0,00002	< 0,00003	0,00005	<		LTaru1 y LTaru5	LTaru2
Níquel (Ni)		< 0,0002	< 0,0002	< 0,0009	< 0,0009	<		<	
Plomo (Pb)		< 0,0002	0,0003	< 0,00006	0,00012	-	LTaru1	LTaru5	LTaru3
Zinc (Zn)		< 0,0100	0,0155	0,002	0,016	*	LTaru1	LTaru5	LTaru2

(-): El resto de puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

(<): Todos los puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite de detección del método del laboratorio

Fuente: Reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7)

- **Hidroquímica**

- ✓ **Diagrama de Piper**

El agua de la laguna Tarucacocha (LTaru1 al LTaru5) presentó facies hidroquímica de tipo bicarbonata cálcica, en las temporadas de avenida y estiaje (Figura 8.164). Los datos para realizar estas gráficas se encuentran detallados en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

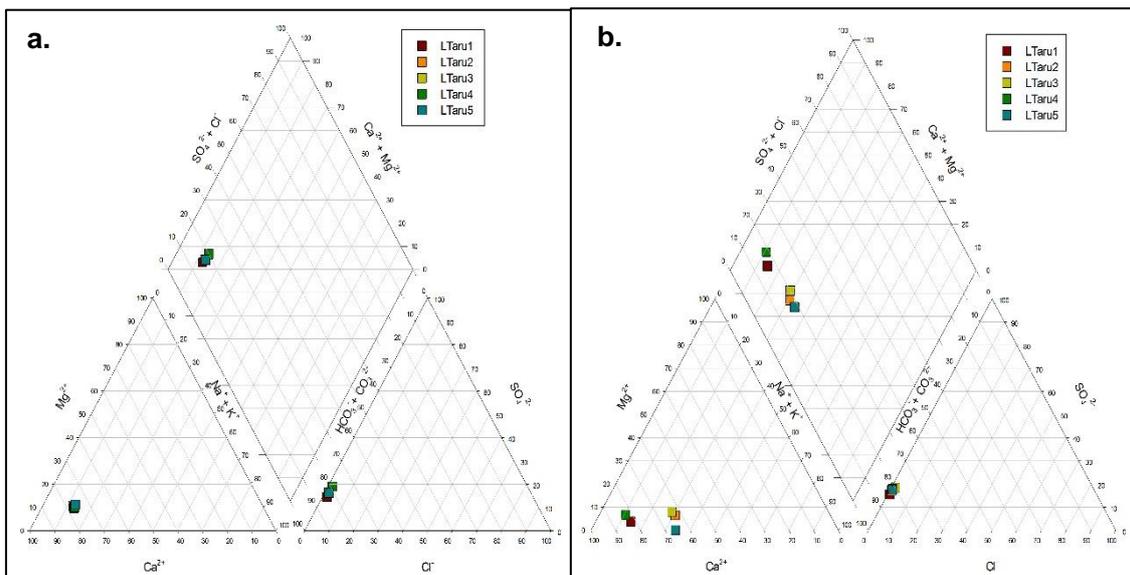
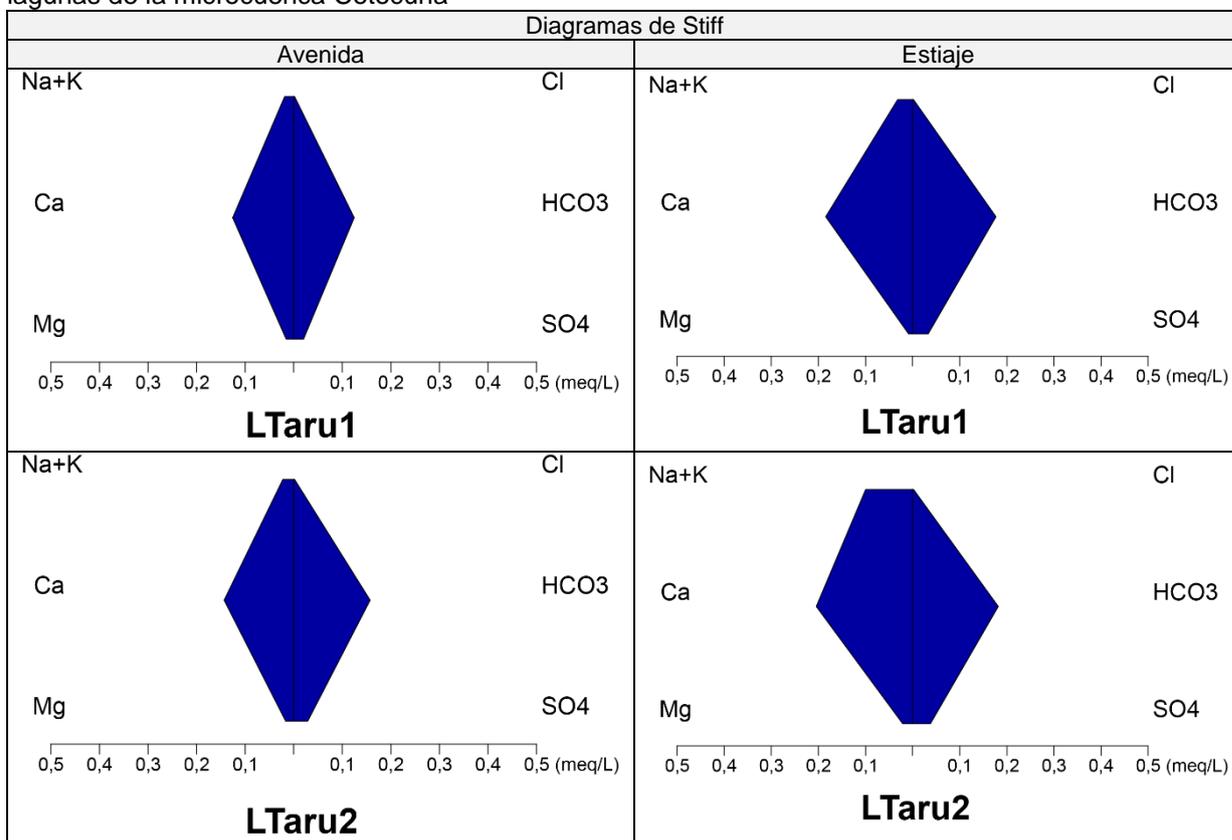


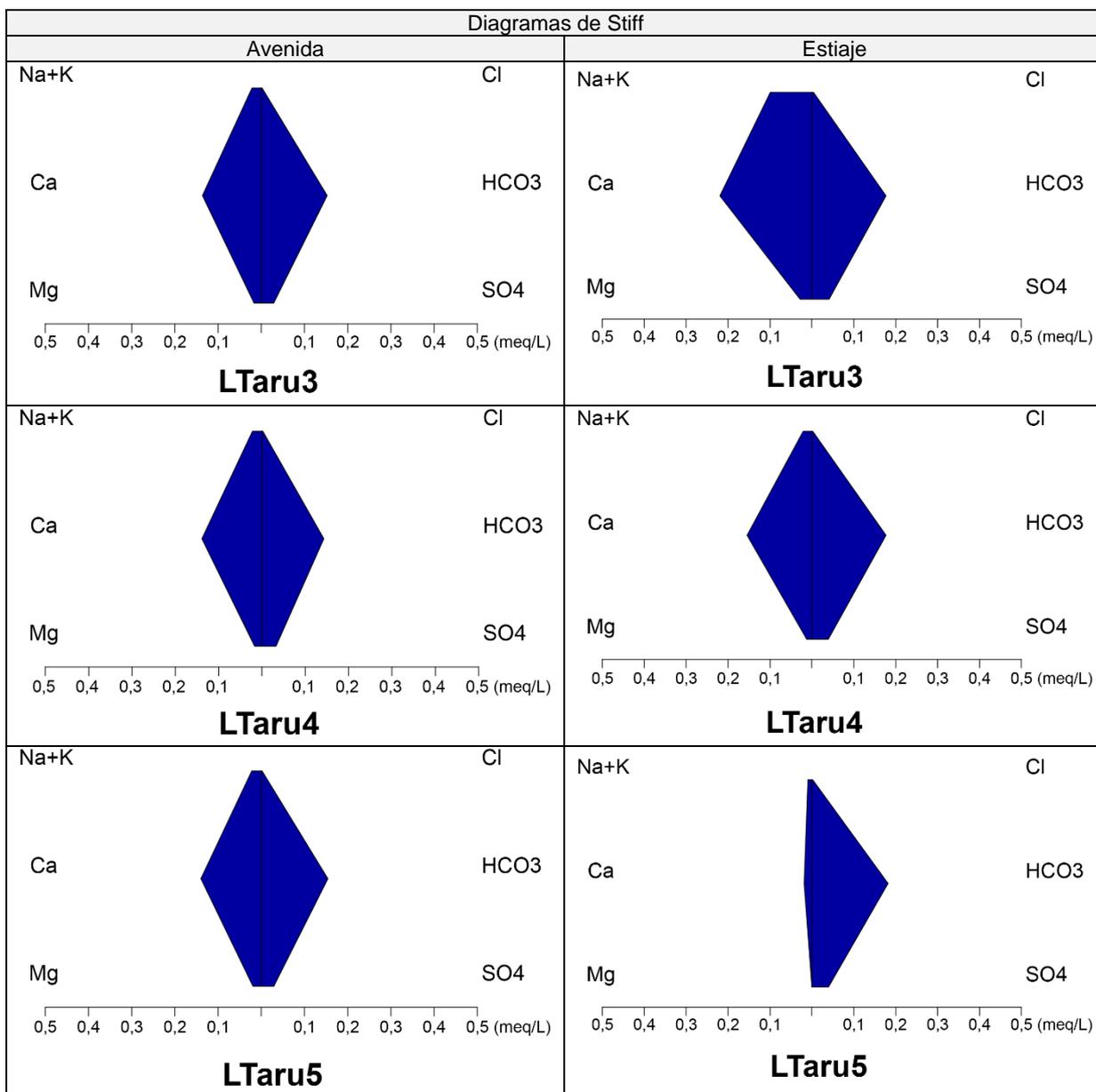
Figura 8.164. Diagrama de Piper por temporada **a.** avenida (marzo) y **b.** estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Cotocuna

✓ **Diagrama de Stiff**

Los diagramas de Stiff muestran que las concentraciones de iones mayoritarios (Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+) en las muestras de agua superficial evaluados fueron de 0 a 0,18 meq/L (Figura 8.165).

Figura 8.165. Diagrama de Stiff en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en lagunas de la microcuenca Cotocuna





8.4.2 Sedimento

En esta microcuenca se evaluó la laguna Tarucacocha, la cual presentó un pH ácido (4,16 – 5,6 unidades de pH). El porcentaje de materia orgánica presentó un valor mínimo de 8 y un máximo de 31,5%. Las concentraciones de sulfatos reportadas fueron de 451 mg/kg a 15810 mg/kg, con una textura predominante de Franca Arenosa (Tabla 8.95).

Tabla 8.95. Valores de pH, materia orgánica, sulfatos y textura en sedimento de lagunas de la microcuenca Cotocuna

Punto de muestreo	Temporada	Mes	Laguna	pH	Materia orgánica (%)	Sulfatos (mg/kg) PS	Textura (%)			Clase textural
							Arena	Limo	Arcilla	
LTaru1	Avenida	Marzo	Tarucacocha	4,73	25,3	451	70	25	5	Franco Arenoso
	Estiaje	Junio		4,83	19,10	4016	85	10	5	Areno Francosa
LTaru2	Avenida	Marzo		4,51	17,4	1567	35	45	20	Franca
	Estiaje	Junio		5,03	13,30	3874	55	35	10	Franco Arenoso
LTaru3	Avenida	Marzo		4,16	13,9	3036	45	40	15	Franca
	Estiaje	Junio		4,62	24,90	15810	85	10	5	Areno Francosa
LTaru4	Avenida	Marzo		5,05	16,6	1460	65	25	10	Franco Arenoso
	Estiaje	Junio		5,6	8,00	2797	40	40	20	Franca
LTaru5	Avenida	Marzo		4,99	31,5	1051	70	20	10	Franco Arenoso
	Estiaje	Junio		4,99	30,40	3390	80	10	10	Franco Arenoso

En cuanto a las concentraciones de metales (As, Cd, Cu, Cr, Hg, Pb y Zn) en el sedimento de las lagunas, estas se detallan en la Tabla 8.96. Los resultados de los demás elementos se detallan en los reportes de resultados N.º 036-2019-STEC y 037-2019-STEC (Anexo 7).

Las concentraciones de arsénico en los puntos LTaru1, LTaru3, LTaru5 excedieron los valores ISQG y PEL de las CEQG para sedimentos; en LTaru1 únicamente en la temporada de estiaje, en LTaru3 en ambas temporadas y en LTaru5 en la temporada de estiaje.

Las concentraciones de cadmio superaron los valores ISQG y PEL en los puntos LTaru1 y LTaru3, durante la temporada de estiaje. En los puntos LTaru2, LTaru4 y LTaru5 solo superaron el valor ISQG en la temporada estiaje.

Las concentraciones de cobre y plomo excedieron el valor ISQG en los puntos LTaru2 y LTaru3, en ambas temporadas evaluadas.

Las concentraciones de mercurio excedieron el valor ISQG en los puntos LTaru1, en ambas temporadas, y en LTaru2 en la temporada de avenida, adicionalmente, se superó el valor PEL en el punto LTaru1 en la temporada de avenida.

Las concentraciones de mercurio excedieron el valor ISQG en todos los puntos evaluados en la laguna Tarucacocha, a excepción del punto LTaru1 en la temporada de avenida. También, se excedieron los valores PEL en los puntos LTaru2 y LTaru3 en ambas temporadas, y LTaru 4 y LTaru5 en la temporada de avenida.

Tabla 8.96. Comparación de las concentraciones de metales totales con los valores ISQG y PEL de la CEQG en lagunas de la microcuenca Cotocuna

Punto de muestreo	Temporada	Mes	Laguna	Metales totales (mg/kg) PS						
				Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo	Mercurio	Plomo	Zinc
LTaru1	Avenida	Marzo	Tarucacocha	< 17,5	< 1,0	14	< 4,5	0,49	30	94,4
	Estiaje	Junio		28,8	5,0	< 4,0	< 4,5	0,23	< 10	151,3
LTaru2	Avenida	Marzo		< 17,5	< 1,0	65,5	9,6	0,2	44	563,2
	Estiaje	Junio		< 17,5	3,4	123,4	9,5	0,1	67	420,1
LTaru3	Avenida	Marzo		87,2	< 1,0	36	5,2	< 0,10	41	461,2

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Punto de muestreo	Temporada	Mes	Laguna	Metales totales (mg/kg) PS						
				Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo	Mercurio	Plomo	Zinc
	Estiaje	Junio		31	7,2	110,8	5,2	0,11	64	1901
LTaru4	Avenida	Marzo		< 17,5	< 1,0	26,2	< 4,5	0,11	29	421,8
	Estiaje	Junio		< 17,5	3,5	33,1	5,5	0,12	29	274,6
LTaru5	Avenida	Marzo		17,8	< 1,0	31,3	4,8	0,11	30	645
	Estiaje	Junio		< 17,5	1,8	10,9	< 4,5	< 0,10	< 10	253,6
ISQG (mg/kg)				5,9	0,6	35,7	37,3	0,17	35	123
PEL (mg/kg)				17	3,5	197	90	0,486	91,3	315

Superan los valores de ISQG: Interim Sediment Quality Guideline

Superan los valores PEL: Probable Effect Level

(<) Valor por debajo del límite de detección del método del laboratorio.

8.4.3 Comunidades hidrobiológicas

I. Ríos y quebradas

a. Macroinvertebrados bentónicos

✓ Riqueza

En la Microcuenca Cotocuna la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo conformada por 42 especies agrupadas en 3 phyla, 5 clases y 10 órdenes. El orden Díptera registró la mayor riqueza con 18 especies seguido del orden Coleoptera con 8 especies. En el Anexo 7 se presenta el registro completo de macroinvertebrados bentónicos.

En la Figura 8.166 se muestran los resultados de riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo y temporadas de evaluación. Se observó que los puntos QSnom1 y QVigo presentaron los mayores valores de riqueza durante las 2 temporadas de evaluación; en tanto que los menores valores de riqueza se registraron en el punto QCoto también para ambas temporadas de evaluación. Respecto a la riqueza de especies por órdenes se registró que el orden Díptera presentó la mayor riqueza en todos los puntos evaluados y durante ambas temporadas de evaluación.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

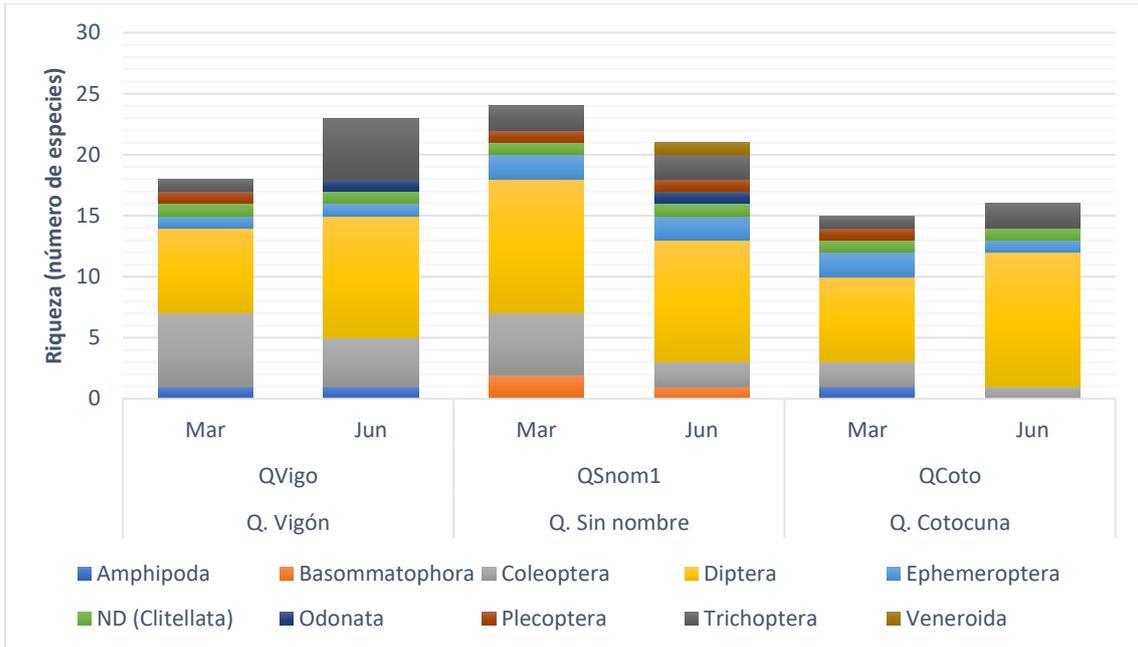


Figura 8.166. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Cotocuna

✓ **Abundancia**

En la Figura 8.167 se presentan los resultados de abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo y temporadas de evaluación.

La temporada de avenida se caracterizó por presentar una menor abundancia en los puntos QVigo y QCoto incrementando el número de individuos hacia la temporada de estiaje. En tanto que el punto QSnom1 registró una mayor abundancia durante la temporada de avenida a diferencia de la temporada de estiaje resaltando la mayor presencia del orden Díptera.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

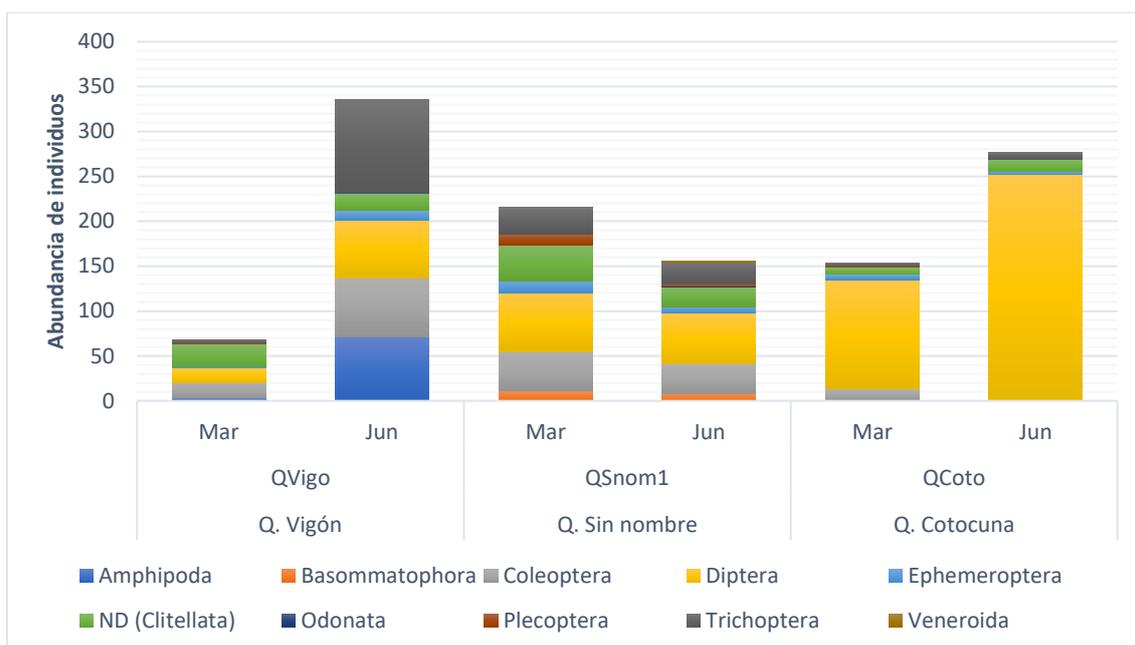


Figura 8.167. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Cotocuna

✓ **Índices de diversidad**

En la Tabla 8.97 se muestran los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por puntos de muestreo y temporadas de evaluación.

Según los resultados de riqueza, abundancia, equidad, diversidad de Shannon-Wiener y dominancia de Simpson de los puntos QVigo y QSnom1 muestran una distribución homogénea de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos a diferencia del punto QCoto, cuyos resultados de equidad y dominancia evidenciarían la presencia de algunas especies dominantes.

Tabla 8.97. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Cotocuna

Cuerpo de agua	Q. Vigón		Q. Sin nombre		Q. Cotocuna	
Punto de muestreo	QVigo		QSnom1		QCoto	
Temporada de evaluación	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Riqueza de especies (S)	18	23	24	21	15	16
Abundancia de individuos (N)	68	336	216	156	154	277
Equidad de Pielou (J')	0,81	0,73	0,79	0,73	0,47	0,56
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	3,37	3,32	3,61	3,22	1,86	2,23
Dominancia de Simpson (λ)	0,17	0,15	0,11	0,15	0,50	0,34

✓ **Índice ABI**

En la Tabla 8.98 se muestran los resultados de la calidad ecológica del agua por punto de muestreo y temporada de evaluación determinada a partir del índice biótico andino (ABI).

Se determinó que los puntos QVigo y QSnom1 presentaron una mejora en la calidad ecológica pasando de «buena» en la temporada de avenida a «muy buena» en la temporada de estiaje. Solo el punto QCoto varió su calidad ecológica obteniendo 54 puntos con una calidad ecológica de «buena» en la temporada de avenida a 40 puntos con una calidad ecológica de «moderada» durante la temporada de estiaje.

Tabla 8.98. Índices biótico andino (ABI) y calidad ecológica del agua por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Cotocuna

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Temporada de evaluación			
		Mar		Jun	
		Índice ABI	Calidad	Índice ABI	Calidad
Q. Vigón	QVigo	57	Buena	91	Muy buena
Q. Sin nombre	QSnom1	73	Buena	79	Muy buena
Q. Cotocuna	QCoto	54	Buena	40	Moderado

b. Necton

En cuanto a la comunidad del necton en la microcuenca Cotocuna, se registraron 5 individuos de la especie *Oncorhynchus mykiss* «trucha» en el punto QCoto, los cuales fueron devueltos a la quebrada luego de las medidas respectivas (Anexo 7, Fichas de campo de hidrobiología).

c. Perifiton

✓ **Riqueza**

En el acumulado se registró 113 especies de microalgas agrupadas en 5 phyla, 7 clases, 21 órdenes y 37 familias y 8 especies de microorganismos agrupados en 4 phyla, 4 clases, 5 órdenes y 8 familias.

En las microalgas el grupo predominante fue el phylum Bacillariophyta seguido por Charophyta; la mayor riqueza se dio en la temporada de estiaje. El punto QCoto presentó la mayor riqueza a nivel de especie en estiaje, mientras que QVigo tuvo el mayor registro de phyla, ambos durante la temporada de estiaje; por otro lado, la menor riqueza se presentó en QVigo durante la temporada de estiaje. En el Anexo 7 se presenta el registro completo de perifiton.

En la Figura 8.168 se observa que la presencia del phylum Rodophyta, se registró únicamente en la quebrada Vigón en la época de estiaje. Los phyla Bacillariophyta, Chlorophyta y Charophyta se observaron en todos los puntos de muestreo para las 2 temporadas.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

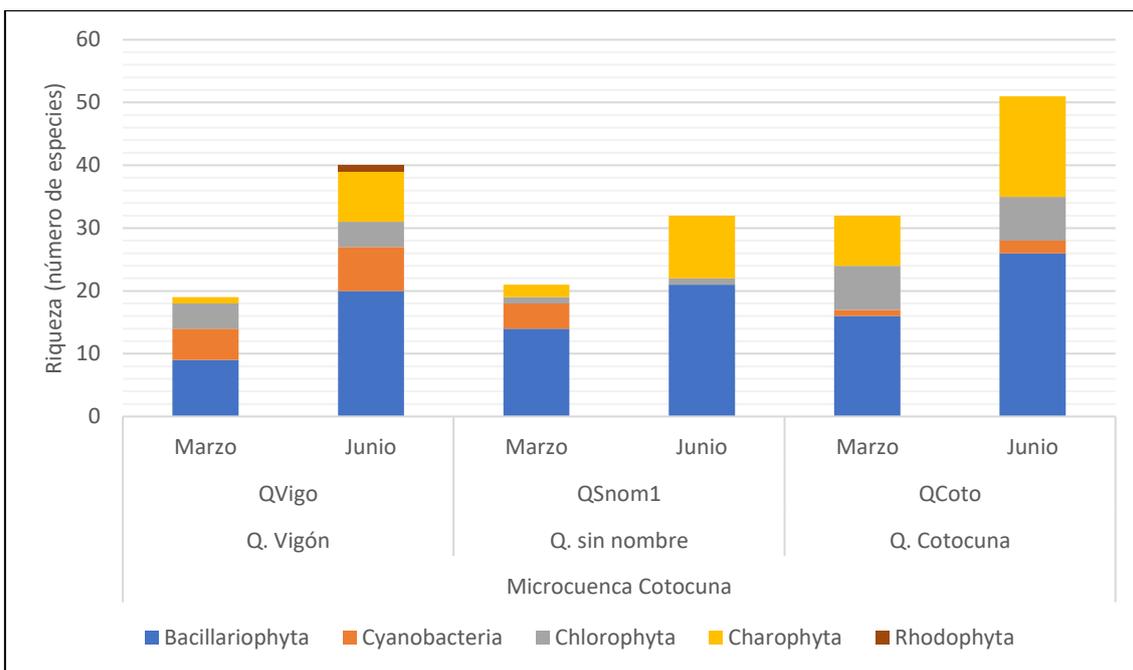


Figura 8.168. Riqueza de microalgas de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Cotocuna

De los 3 puntos evaluados en esta microcuenca, 2 presentaron organismos en ambas temporadas (QSnom1 y QCoto), en ambos la riqueza fue mayor en la temporada de estiaje. Solo en QSnom1 se registraron 3 de los 4 phyla reportados como se muestra en la Figura 8.169.

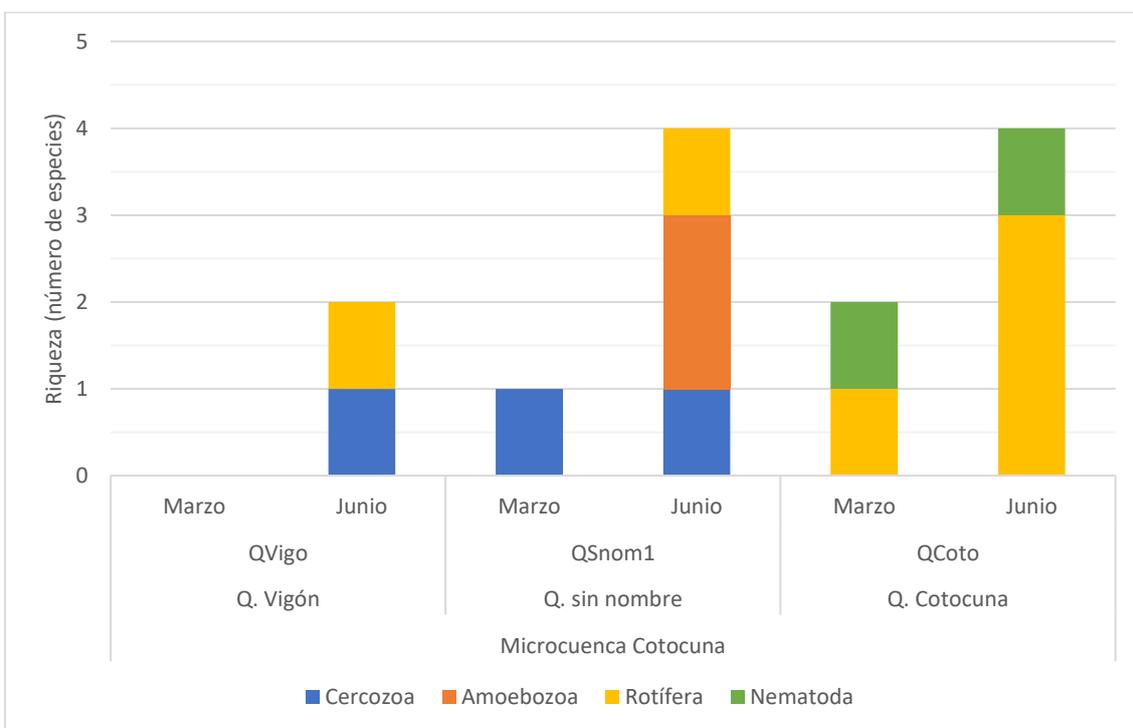


Figura 8.169 Riqueza de microorganismos la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Cotocuna

✓ **Abundancia**

La mayor abundancia para las microalgas se registró durante la temporada de estiaje, en ambas temporadas predominó el phylum Bacillariophyta en todos los puntos evaluados; seguido por especies del phylum Charophyta (Figura 8.170). La mayor abundancia se registró en el punto QCoto en la temporada de estiaje y la menor abundancia en QVigo de la temporada de avenida.

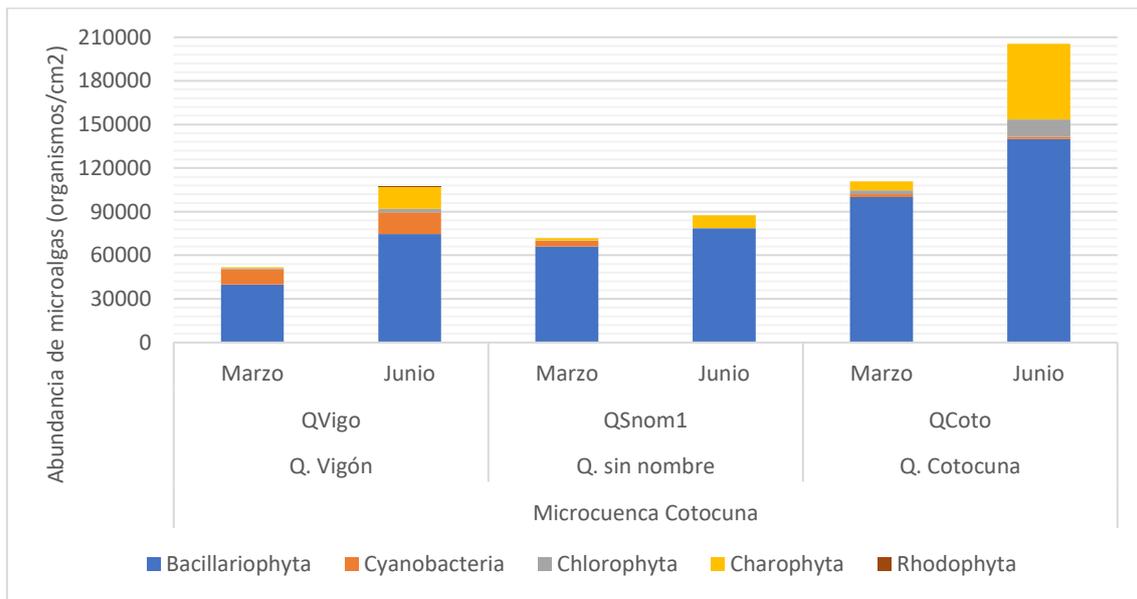


Figura 8.170. Abundancia de microalgas de la comunidad de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Cotocuna

En la temporada de estiaje la abundancia de los microorganismos fue mayor que en la avenida; los puntos QCoto y QSnom1 presentaron la mayor abundancia (Figura 8.171).

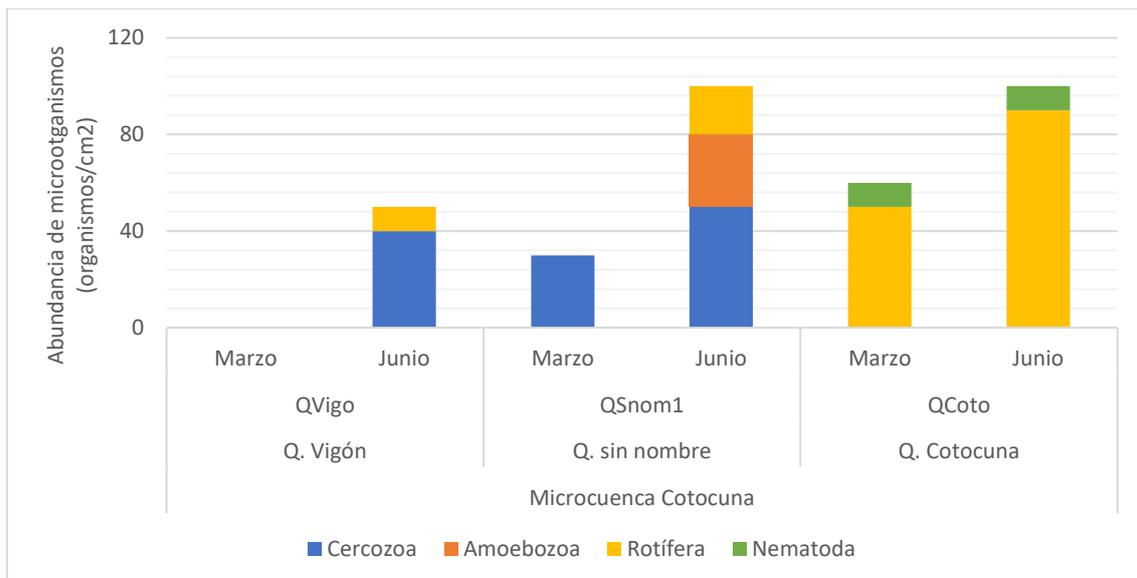


Figura 8.171. Abundancia de microorganismos la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la microcuenca Cotocuna

✓ Índices de diversidad

Los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por punto de muestreo y temporada de evaluación se muestran para microalgas y en la Tabla 8.99 y para microorganismos en Tabla 8.100.

Los puntos que presentaron mayor dominancia fueron QVigo y QCoto durante la temporada de avenida; la mayor diferencia en los valores de equidad de Pielou y de diversidad de Shannon-Wiener se observa en QCoto y QVigo, los cuales presentan una diferencia significativa en la riqueza y abundancia entre las dos temporadas como se observa en la Tabla 8.99.

Tabla 8.99. Índices de la diversidad alfa de microalgas de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Cotocuna

Cuerpo de agua	Q. Vigón		Q. Sin nombre		Q. Cotocuna	
Punto de muestreo	QVigo		QSnom1		QCoto	
Temporada de evaluación	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Riqueza de especies (S)	19	40	21	32	32	51
Abundancia de individuos (N)	51700	107400	71700	87500	110800	205500
Equidad de Pielou (J')	0,70	0,86	0,80	0,71	0,57	0,79
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	2,96	4,56	3,50	3,55	2,87	4,46
Dominancia de Simpson (λ)	0,22	0,06	0,12	0,19	0,33	0,07

La temporada de estiaje, que fue la de mayor riqueza y abundancia, y la que presentó valores de baja dominancia y una mayor equidad de Pielou, así como de diversidad de Shannon-Wiener en las muestras donde se pudo calcular (Tabla 8.100).

Tabla 8.100. Índices de la diversidad alfa de microorganismos de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en los cuerpos de agua de la Microcuenca Cotocuna

Cuerpo de agua	Q. Vigón		Q. Sin nombre		Q. Cotocuna	
Punto de muestreo	QVigo		QSnom1		QCoto	
Temporada de evaluación	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Riqueza de especies (S)	0	2	1	4	2	4
Abundancia de individuos (N)	0	50	30	100	60	100
Equidad de Pielou (J')	-	0,72	-	0,88	0,65	0,84
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	0,00	0,72	0,00	1,76	0,65	1,69
Dominancia de Simpson (λ)	-	0,68	1,00	0,34	0,72	0,36

II. Bofedales

a. Macroinvertebrados bentónicos

✓ Riqueza

En los bofedales de la microcuenca Cotocuna la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo conformada por 24 especies agrupadas en 4 phyla, 6 clases y 9 órdenes. El orden Díptera registró la mayor riqueza con 14 especies mientras que los demás órdenes

registrados sólo estuvieron representados por 1 especie excepto los órdenes Coleoptera y Trichoptera que tuvieron 2 especies cada uno. En el Anexo 7 se presenta el registro completo de macroinvertebrados bentónicos.

En la Figura 8.172 se muestran los resultados de riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo y temporadas de evaluación. Se observó que en el punto HBof-4, ubicado en la naciente de la quebrada Vigón, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos presentó una riqueza de 20 especies durante la temporada de avenida; en tanto que, en la temporada de estiaje sólo se registraron 5 especies; resaltando en ambas temporadas el orden Díptera. Respecto a los bofedales aledaños a la laguna Tarucacocha HBof-1 y HBof-2, estos registraron una baja riqueza durante ambas temporadas de evaluación.

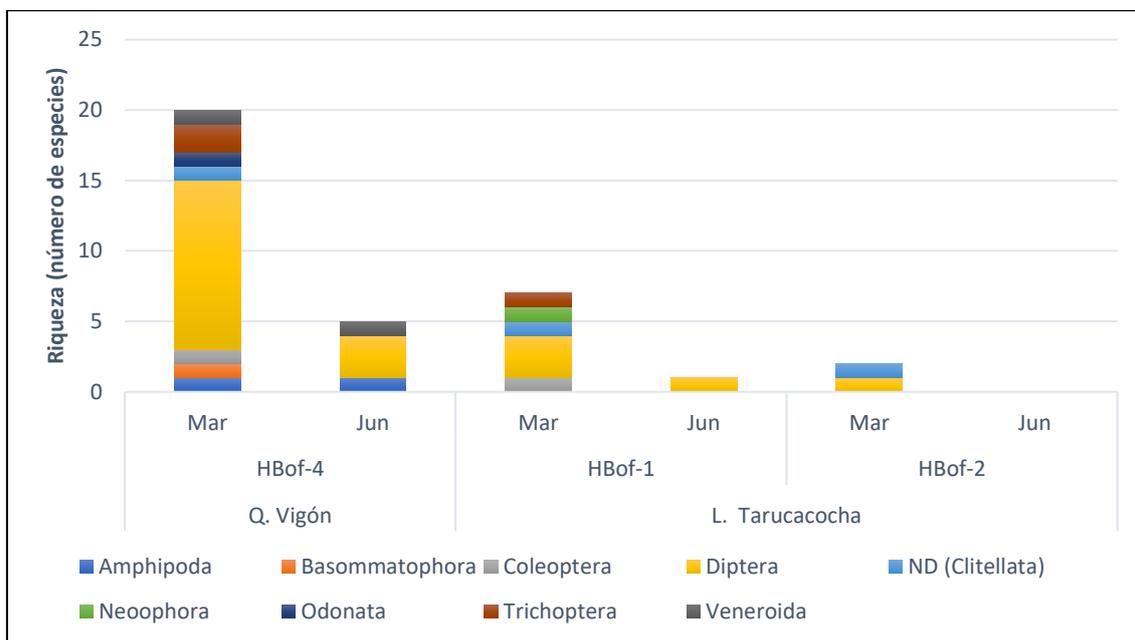


Figura 8.172. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca Cotocuna

✓ **Abundancia**

En la Figura 8.173 se presentan los resultados de abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo y temporadas de evaluación.

La abundancia en el punto HBof-4 fue mayor durante la temporada de avenida registrándose mayor número de individuos del orden Díptera y Clitellata. En relación a los bofedales aledaños a la laguna Tarucacocha, los puntos HBof-1 y HBof-2 se caracterizaron por presentar baja abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos incluso registrándose cero individuos en el punto HBof-2 durante la temporada de estiaje.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

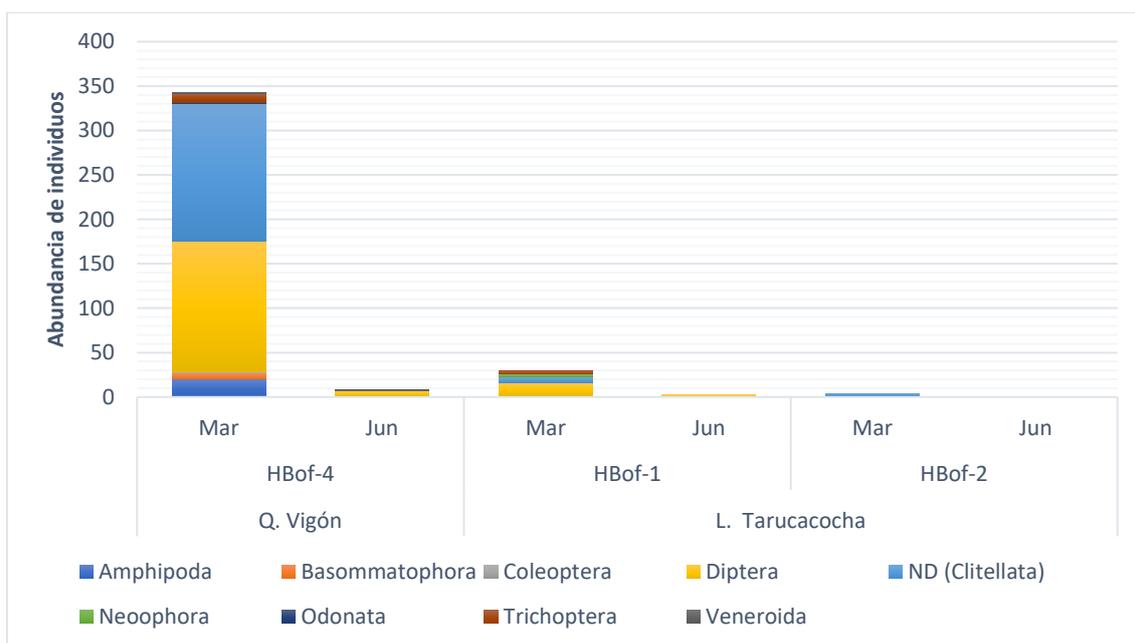


Figura 8.173. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la Microcuenca Cotocuna

✓ **Índices de diversidad**

En la Tabla 8.101 se muestran los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por puntos de muestreo y temporadas de evaluación.

El punto HBof-4, ubicado en la naciente de la quebrada Vigón, se caracterizó por presentar una mayor riqueza, abundancia, diversidad de Shannon-Wiener y dominancia de Simpson durante la temporada de avenida evidenciando a su vez la presencia de sólo algunas especies dominantes.

Tabla 8.101. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la microcuenca Cotocuna

Cuerpo de agua	Q. Vigón		L. Tarucacocha			
	HBof-4		HBof-1		HBof-2	
	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Riqueza de especies (S)	20	5	7	1	2	0
Abundancia de individuos (N)	343	8	29	3	4	0
Equidad de Pielou (J')	0,61	0,93	0,89	-	1	-
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	2,65	2,16	2,50	0	1	0
Dominancia de Simpson (λ)	0,26	0,25	0,21	1	0,5	-

b. Perifiton

✓ **Riqueza**

En el acumulado se registró 161 especies de microalgas agrupadas en 8 phyla, 12 clases, 27 órdenes y 52 familias y 23 especies de microorganismos agrupados en 6 phyla, 6 clases, 7 órdenes y 15 familias.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

El grupo predominante en las microalgas, fue el phylum Bacillariophyta seguido por Charophyta; la mayor riqueza se dio en la temporada de estiaje. El punto HBof-4 presentó el mayor valor; por otro lado, la menor riqueza se presentó en HBof-2 durante la temporada de avenida. En el Anexo 7 se presenta el registro completo de perifiton como se observa en la Figura 8.174.

En todas las muestras la mayor riqueza se da en el phylum Bacillariophyta excepto en HBof-2 de la temporada de avenida, en donde predominó el phylum Cyanobacteria.

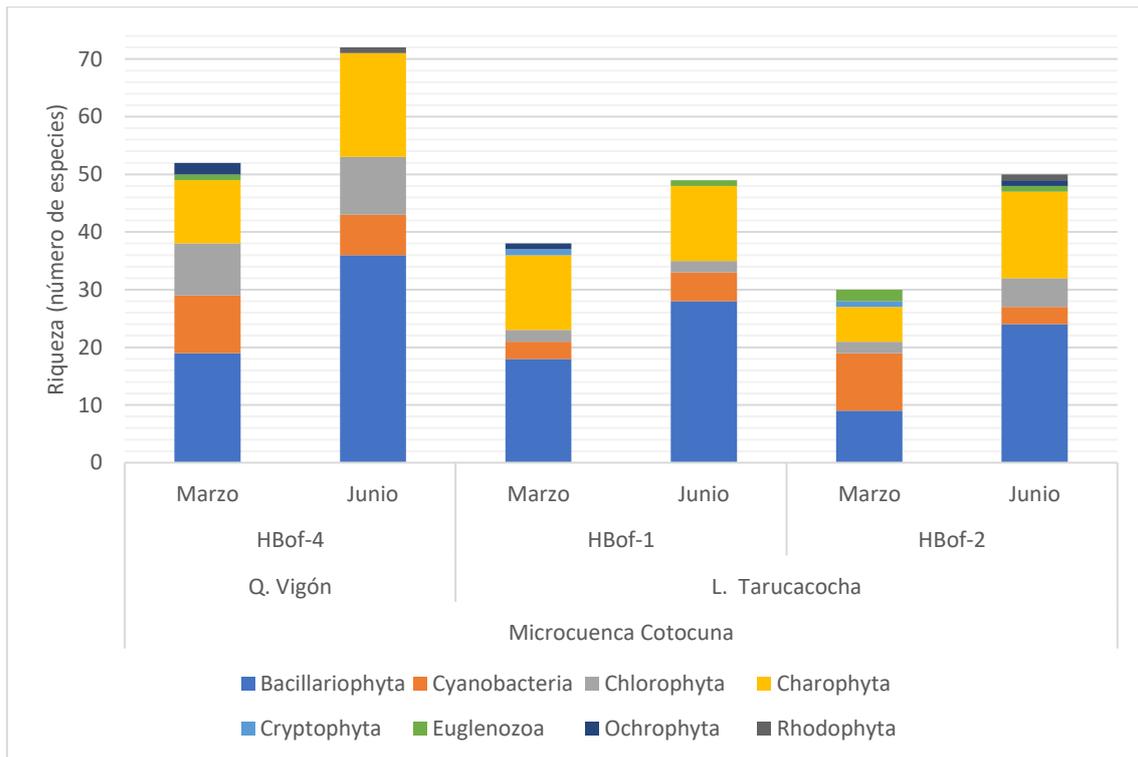


Figura 8.174. Riqueza de microalgas de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la Microcuencia Cotocuna

La mayor riqueza se presentó en los puntos HBof-1 y HBof-2; de los 3 puntos evaluados HBof-1 y HBof-4 presentaron mayor riqueza en la temporada de estiaje. Todos los puntos tienen al menos una especie del phylum Amoebozoa como se muestra en la Figura 8.175.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

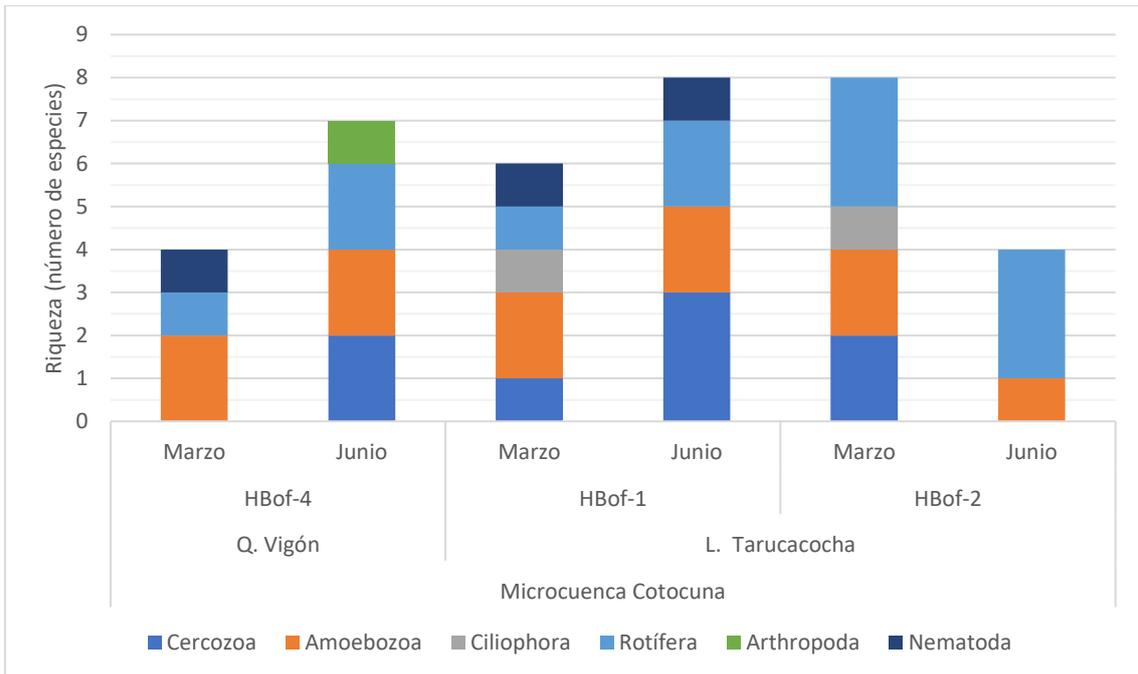


Figura 8.175 Riqueza de microorganismos la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la Microcuenca Cotocuna

✓ **Abundancia**

Como se observa en la Figura 8.176 la mayor abundancia para las microalgas se registró durante la temporada de estiaje, en ambas temporadas predominó el phylum Bacillariophyta en todos los puntos evaluados; seguido por especies del phylum Charophyta. La mayor abundancia se registró en el punto HBof-4 en la temporada de estiaje y la menor abundancia en HBof-2 de la temporada de avenida.

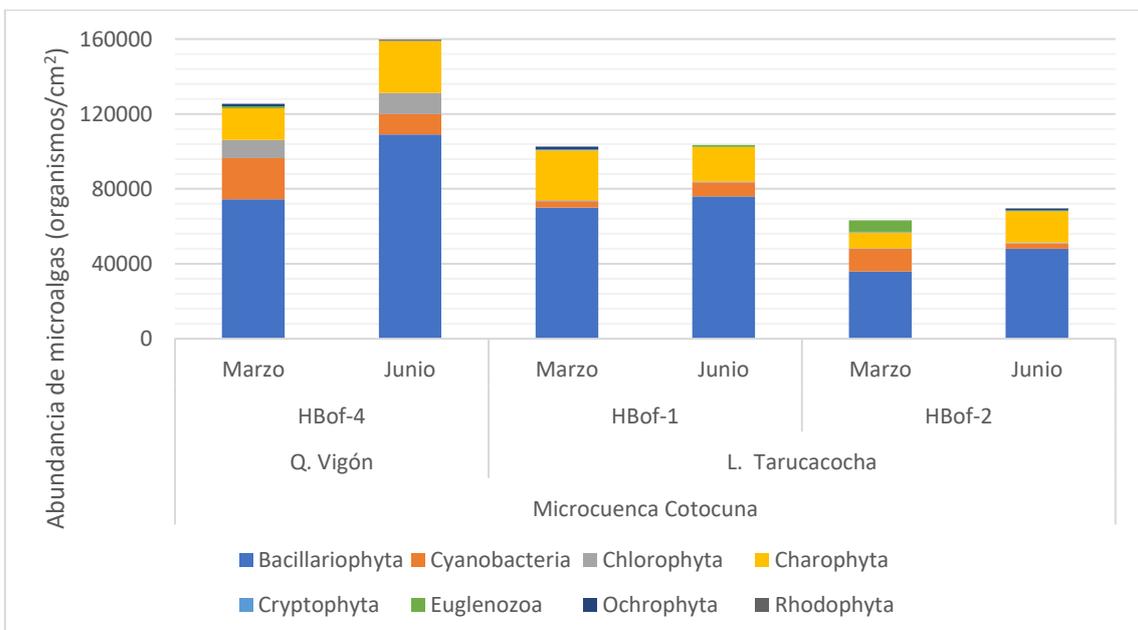


Figura 8.176. Abundancia de microalgas de la comunidad de perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la Microcuenca Cotocuna

En la temporada de avenida la abundancia de los microorganismos fue mayor que en la de estiaje en los puntos HBof-1 y HBof-2, los grupos representativos para todas las muestras fueron las amebas tecadas de los phyla Rotífera y Cercozoa (Figura 8.177).

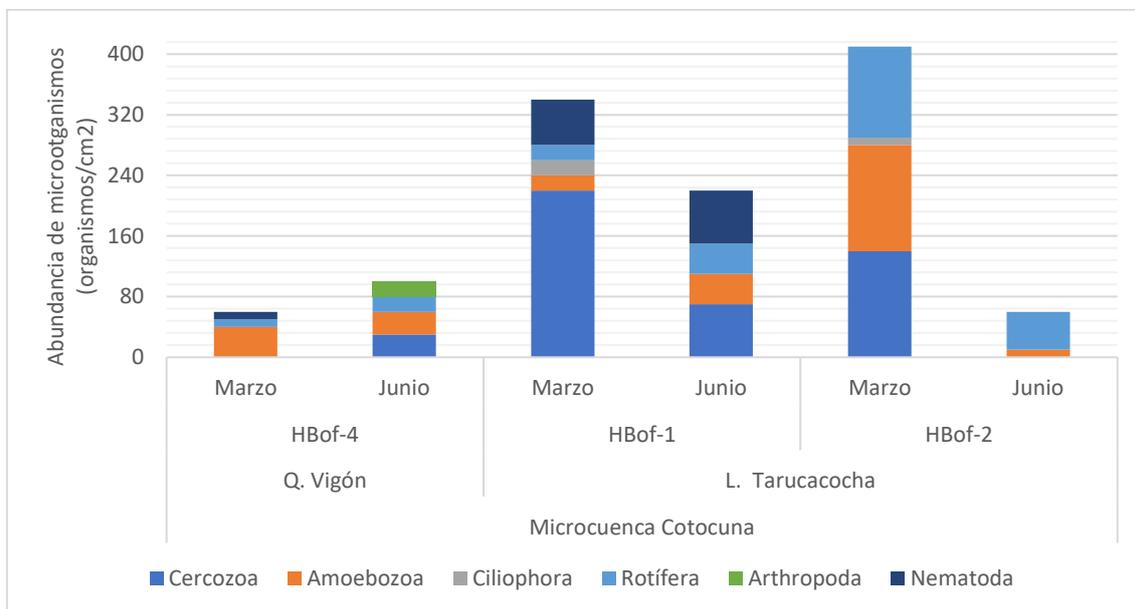


Figura 8.177. Abundancia de microorganismos la comunidad del perifiton, por phylum, en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la Microcuenca Cotocuna

✓ **Índices de diversidad**

Los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por punto de muestreo y temporada de evaluación se muestran para microalgas y en la Tabla 8.102 y para microorganismos en Tabla 8.103.

Los valores de equidad de Pielou y de diversidad de Shannon-Wiener no presentaron una diferencia significativa entre temporadas, como se observa en la Tabla 8.102.

Tabla 8.102. Índices de la diversidad alfa de microalgas de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la Microcuenca Cotocuna

Cuerpo de agua	Q. Vigón		L. Tarucacocha			
Punto de muestreo	HBof-4		HBof-1		HBof-2	
Temporada de evaluación	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Riqueza de especies (S)	52	72	38	49	30	50
Abundancia de individuos (N)	125485	159750	102550	103350	63150	69600
Equidad de Pielou (J')	0,84	0,82	0,89	0,91	0,86	0,86
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	4,77	5,04	4,69	5,10	4,20	4,86
Dominancia de Simpson (λ)	0,06	0,08	0,05	0,04	0,07	0,06

Los puntos de muestreo evaluados tuvieron como mínimo 4 especies por lo que las poblaciones presentaron una dominancia no marcada como la observada en las microalgas, la mayor diferencia entre temporadas se observó en la muestra HBof-1 donde la diferencia de equidad fue mayor en relación a los otros puntos como se observa en la Tabla 8.103.

Tabla 8.103. Índices de la diversidad alfa de microorganismos de la comunidad de perifiton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en bofedales de la Microcuenca Cotocuna

Cuerpo de agua	Q. Vigón		L. Tarucacocha			
Punto de muestreo	HBof-4		HBof-1		HBof-2	
Temporada de evaluación	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Riqueza de especies (S)	4	7	6	8	8	4
Abundancia de individuos (N)	60	100	340	220	410	60
Equidad de Pielou (J')	0,90	0,97	0,63	0,92	0,85	0,90
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	1,79	2,72	1,63	2,75	2,56	1,79
Dominancia de Simpson (λ)	0,33	0,16	0,46	0,18	0,20	0,33

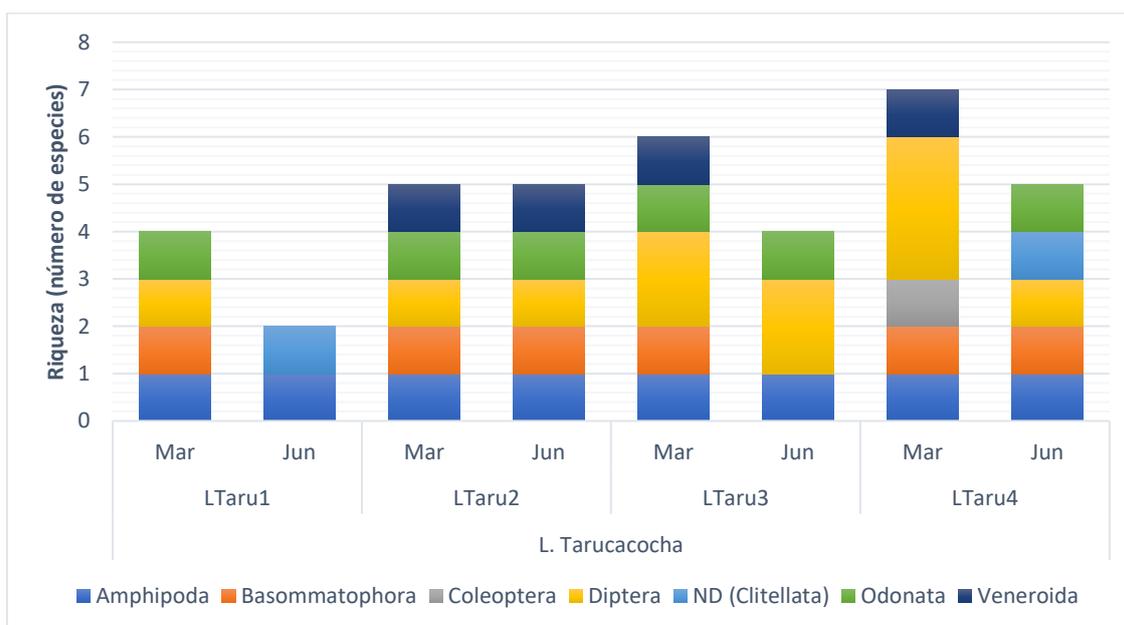
III. Lagunas

a. Macroinvertebrados bentónicos

✓ Riqueza

En las lagunas de la Microcuenca Cotocuna la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo conformada por 13 especies agrupadas en 3 phyla, 5 clases y 7 órdenes. El orden Díptera registró la mayor riqueza con 7 especies mientras que los demás órdenes registrados sólo estuvieron representados por una especie. En el Anexo 7 se presenta el registro completo de macroinvertebrados bentónicos.

En la Figura 8.178 se muestran los resultados de riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que la riqueza fue muy similar en todos los puntos de evaluación y durante ambas temporadas excepto en el punto LTaru1, ubicado al ingreso de la laguna Tarucacocha, que registró la menor riqueza durante la temporada de estiaje.


Figura 8.178. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Tarucacocha de la microcuenca Cotocuna

✓ **Abundancia**

En la Figura 8.179 se presentan los resultados de abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo y temporadas de evaluación.

Los resultados de abundancia en la laguna Tarucacocha evidencian mayores valores durante la temporada de avenida, resaltando el orden Amphipoda en todos los puntos de evaluación.

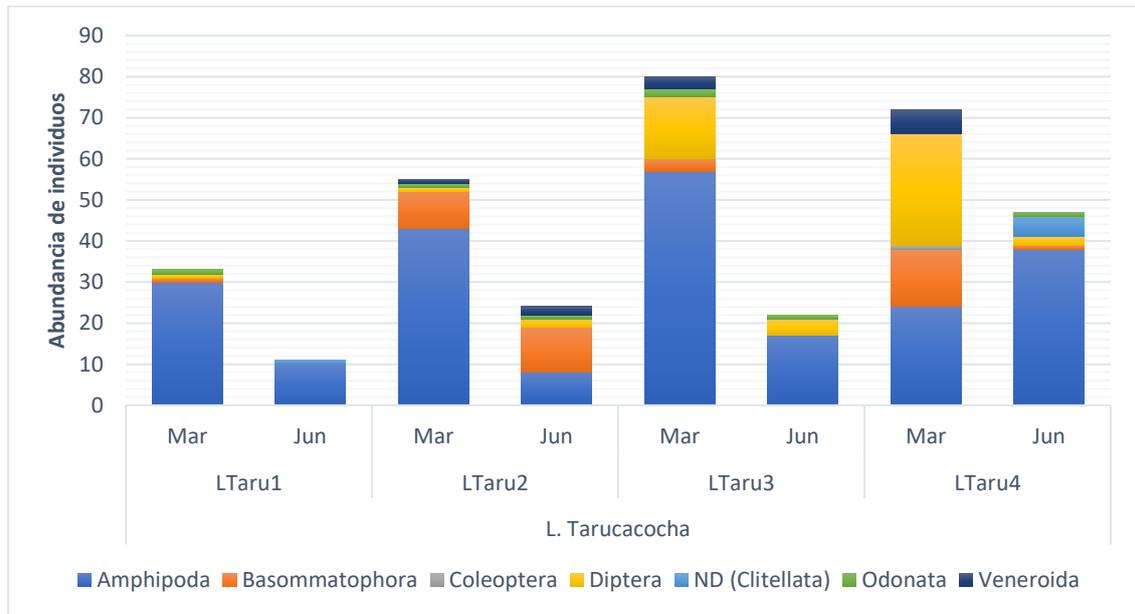


Figura 8.179. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Tarucacocha de la microcuenca Cotocuna

✓ **Índices de diversidad**

En la Tabla 8.104 se muestran los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por puntos de muestreo y temporadas de evaluación.

Los resultados muestran bajos valores de diversidad Shannon-Wiener en todos los puntos y temporadas de evaluación en la laguna Tarucacocha evidenciando a su vez la dominancia de sólo algunas especies.

Tabla 8.104. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Tarucacocha de la microcuenca Cotocuna

Cuerpo de agua	L. Tarucacocha									
	Punto de muestreo		LTaru1		LTaru2		LTaru3		LTaru4	
	Temporada de evaluación		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Riqueza de especies (S)	4	2	5	5	6	4	7	5		
Abundancia de individuos (N)	33	11	55	24	80	22	72	47		
Equidad de Pielou (J')	0,29	0,44	0,44	0,79	0,54	0,56	0,87	0,44		
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	0,58	0,44	1,02	1,83	1,40	1,12	2,44	1,02		
Dominancia de Simpson (λ)	0,83	0,83	0,64	0,34	0,54	0,62	0,21	0,67		

b. Plancton

✓ **Riqueza**

En las lagunas de la microcuenca Cotocuna la comunidad del fitoplancton estuvo conformada por 116 especies agrupadas en 7 phyla, 10 clases y 24 órdenes. El phylum Bacillariophyta registró la mayor riqueza con 43 especies seguido del phylum Charophyta con 36 especies. En el Anexo se presenta el registro completo del fitoplancton.

En la Figura 8.180 se muestran los resultados de riqueza de la comunidad del fitoplancton por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que la riqueza fue muy similar en todos los puntos evaluados de la laguna Tarucacocha, registrándose el mayor valor de riqueza en el punto LTaru1 con 51 especies durante la temporada de avenida y el menor valor de riqueza en los puntos LTaru2 y LTaru5 con 33 especies cada uno durante la temporada de avenida.

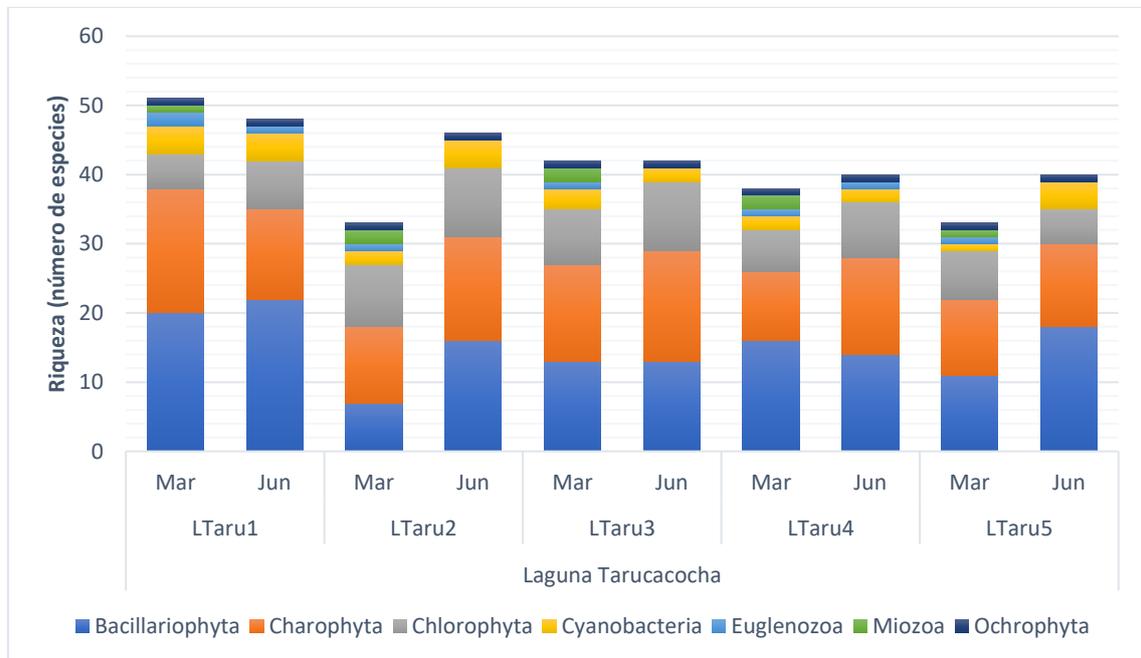


Figura 8.180. Riqueza de la comunidad de fitoplancton por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Tarucacocha de la microcuenca Cotocuna

Respecto a la comunidad del zooplancton, esta estuvo conformada por 29 especies agrupadas en 6 phyla, 8 clases y 8 órdenes. La Figura 8.181 muestra los resultados de riqueza por puntos de muestreo y temporadas de evaluación. Se reportó el mayor valor de riqueza en el punto LTaru1 con 14 especies durante la temporada de avenida; mientras que el menor valor se determinó en el punto LTaru3 con sólo una especie durante la temporada de estiaje.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

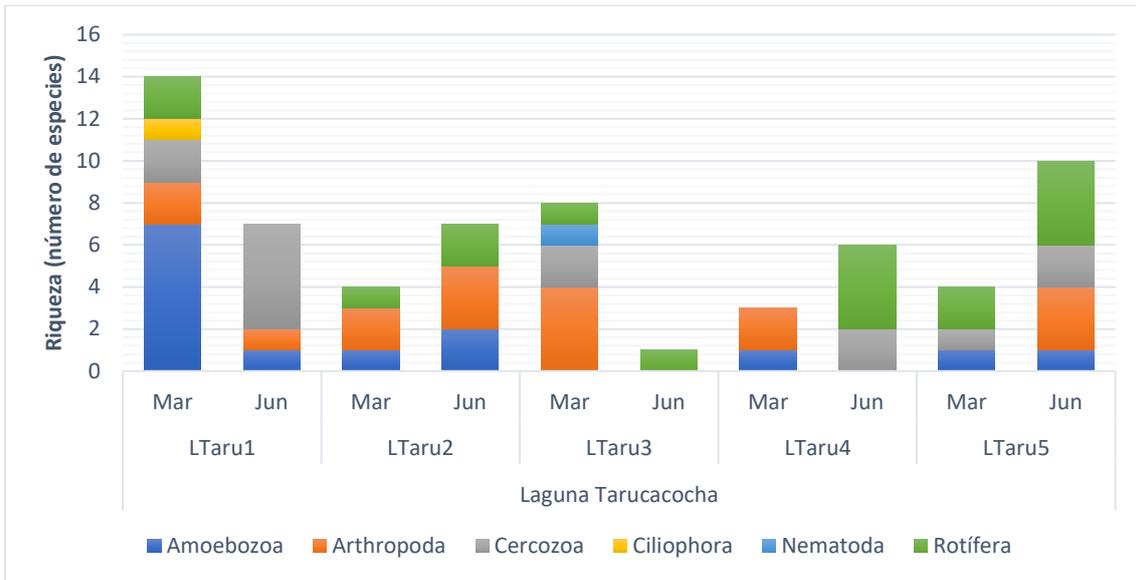


Figura 8.181. Riqueza de la comunidad de fitoplancton por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Tarucacocha de la microcuenca Cotocuna

✓ **Abundancia**

En la Figura 8.182 se presentan los resultados de abundancia de la comunidad del fitoplancton por puntos de muestreo y temporadas de evaluación; mostrando una mayor abundancia de la comunidad del fitoplancton en el punto LTaru1, ubicado en la zona de ingreso de afluentes noroeste, con un total de 48895 organismos/L durante la temporada de estiaje resaltando el phylum Bacillariophyta.

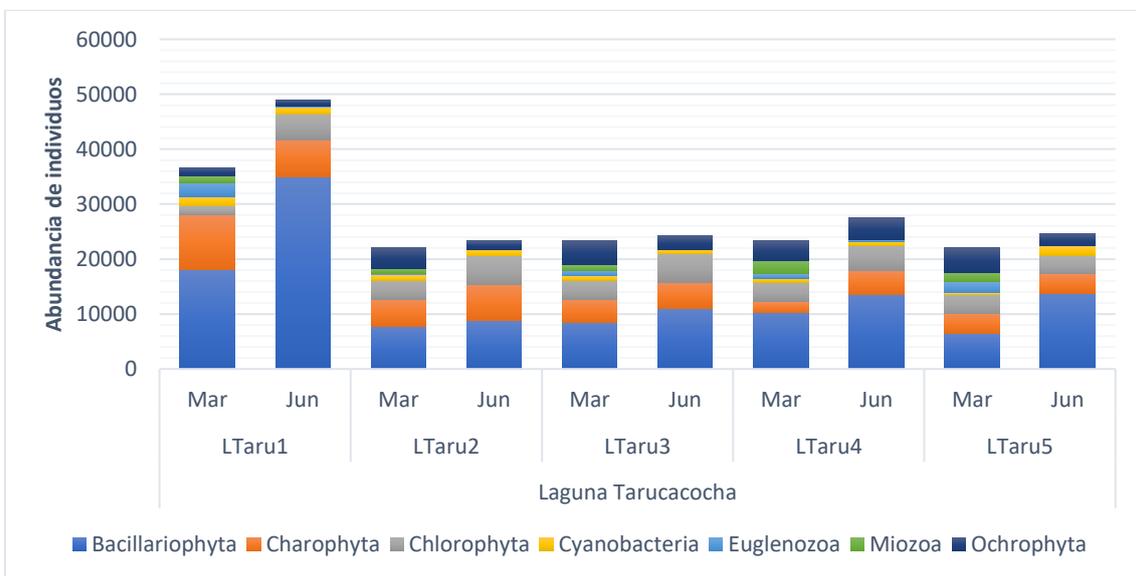


Figura 8.182. Abundancia de la comunidad de fitoplancton por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Tarucacocha de la microcuenca Cotocuna

La Figura 8.183 muestra los resultados de abundancia de la comunidad del zooplancton por puntos de muestreo y temporadas de evaluación, registrándose el mayor valor en el punto LTaru1 con 105 organismos/L durante la temporada de avenida y el menor valor en LTaru3 con 5 organismos/L durante la temporada de estiaje.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

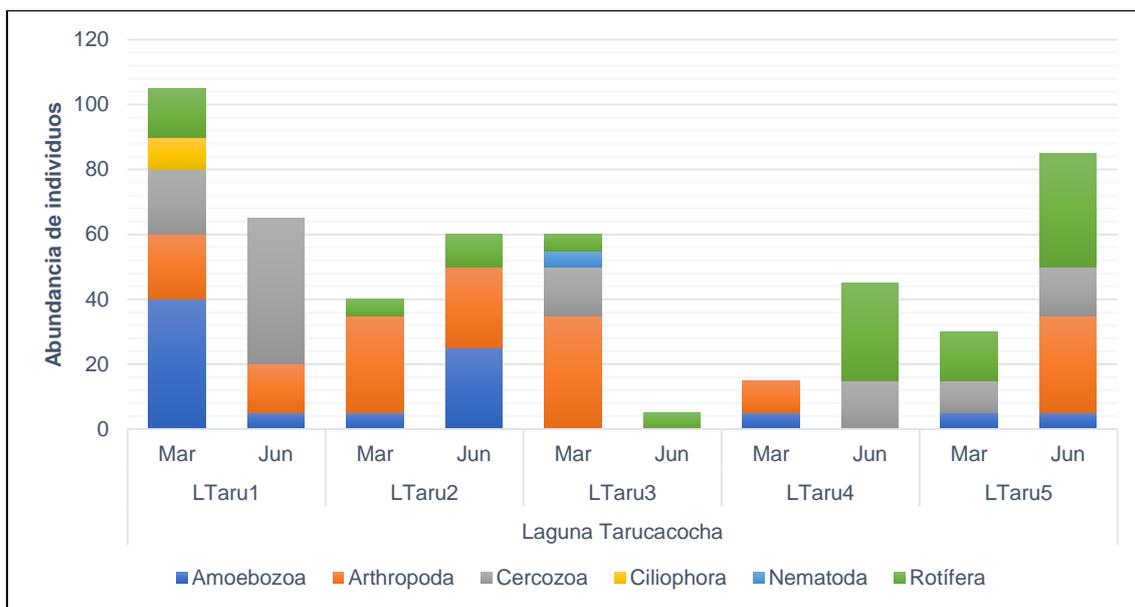


Figura 8.183. Abundancia de la comunidad de zooplancton por orden en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Tarucacocha de la Microcuenca Cotocuna

✓ Índices de diversidad

En las Tablas 8.105 y 8.106 se muestran los resultados de diversidad alfa: riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J'), diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (λ), por puntos de muestreo y temporadas de evaluación, del plancton.

Los resultados muestran que la riqueza fluctuó poco durante ambas temporadas de evaluación; sin embargo, la abundancia resultó ser mayor durante la temporada de estiaje en todos los puntos evaluados. Asimismo, los resultados de equidad, alta diversidad Shannon-Wiener y bajos valores de dominancia evidenciarían una distribución homogénea de los individuos por especie de la comunidad del fitoplancton.

Tabla 8.105. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de fitoplancton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2019) y estiaje (junio 2019) en la laguna Tarucacocha de la Microcuenca Cotocuna

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Riqueza de especies (S)		Abundancia de individuos (N)		Equidad de Pielou (J')		Diversidad de Shannon-Wiener (H')		Dominancia de Simpson (λ)	
		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Laguna Tarucacocha	LTaru1	51	48	36625	48895	0,85	0,72	4,83	4,05	0,06	0,15
	LTaru2	33	46	22100	23290	0,82	0,90	4,15	4,95	0,10	0,04
	LTaru3	42	42	23425	24238	0,85	0,87	4,56	4,71	0,07	0,05
	LTaru4	38	40	23275	27495	0,84	0,83	4,43	4,43	0,08	0,08
	LTaru5	33	40	22075	24610	0,84	0,85	4,26	4,51	0,08	0,07

Respecto al zooplancton, en general se determinó una baja riqueza de esta comunidad, registrándose la mayor diversidad Shannon-Wiener en el punto LTaru1 y LTaru5 durante las temporadas de avenida y estiaje, respectivamente.

Tabla 8.106. Índices de la diversidad alfa de la comunidad de zooplancton por puntos de muestreo en las temporadas de avenida (marzo) y estiaje (junio) en la laguna Tarucacocha de la Microcuenca Cotocuna

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Riqueza de especies (S)		Abundancia de individuos (N)		Equidad de Pielou (J')		Diversidad de Shannon-Wiener (H')		Dominancia de Simpson (λ)	
		Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun	Mar	Jun
Laguna Tarucacocha	LTaru1	14	7	105	65	0,96	0,95	3,65	2,66	0,09	0,17
	LTaru2	4	7	40	60	0,77	0,96	1,55	2,69	0,44	0,17
	LTaru3	8	1	60	5	0,95	-	2,86	-	0,15	1
	LTaru4	3	6	15	45	1	0,97	1,59	2,50	0,33	0,19
	LTaru5	4	10	30	85	0,96	0,96	1,92	3,18	0,28	0,12

8.5 Ruido

En este apartado se presentan los resultados de las mediciones de ruido en los puntos de monitoreo ubicados en el entorno al PM Michiquillay, en el distrito La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca, las cuales fueron realizadas el 8 de setiembre de 2019, involucrando mediciones en los siguientes sectores o caseríos: Rodacocha (RU-01), Quinuayoc (RU-02), Michiquillay (RU-03, RU-04 y RU-06), Pampa Grande (RU-05) y Quinuamayo Bajo (RU-07).

En el análisis de resultados de cada punto de monitoreo se presentan los resultados del sonido total (nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A - LAeqT), nivel de presión sonora mínima (LAFmin) y el nivel de presión sonora máxima (LAFmax).

Se detalla, asimismo, las fuentes de ruido por sonidos de actividades domésticas, animales domésticos, silvestres, personas hablando, paso de personas, viento, tránsito de vehículos, entre otros. Estos registros se precisan en el Anexo 6 (Reporte de campo N.º 037-2019-STEC). Cabe señalar que los resultados de los niveles de presión sonora se encuentran con ponderación en frecuencia A y en la unidad decibel (dB).

Tabla 8.107. Niveles de presión sonora en horario diurno en los puntos de monitoreo evaluados

Punto de monitoreo	Fecha	Hora	Duración	L _{AeqT} (sonido total)	L _{AFmin}	L _{AFmax}	Observaciones
				dB			
RU-01	08/09/2019	09:39:15	00:20:46	45,1	35,2	61,2	Aves, animales domésticos, aspersores de riego, sonido del viento, paso de personas.
RU-02		10:01:14	00:28:47	53,4	45,2	62,1	Sonido del viento, camioneta.
RU-03		11:09:20	00:20:41	54,4	39,3	72,0	Sonido del viento, animales domésticos, aves y paso de personas.
RU-04		11:40:11	00:19:50	57,4	37,5	75,8	Sonido del viento
RU-05		13:30:01	00:30:00	50,0	40,8	71,2	Sonido de aspersores de riego, viento, calaminas de viviendas.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Punto de monitoreo	Fecha	Hora	Duración	L _{AeqT} (sonido total)	L _{AFmin}	L _{AFmax}	Observaciones
				dB			
RU-06		14:00:01	00:26:38	52,9	30,7	70,1	Sonido de viento, tránsito de vehículo de transporte público (combi).
RU-07		15:08:17	00:21:44	46,1	37,5	68,5	Sonido del viento, aves, calaminas de viviendas, personas dialogando, paso de personas y niños jugando.

Fuente: Reporte de campo: RC 037-2019-STEC (Anexo 6).

 Excede el ECA para ruido para zona residencial para horario diurno (60 dB).

De acuerdo con la Tabla 8.107, el sonido total en los puntos de monitoreo evaluados estuvieron comprendidos entre 45,1 dB y 57,4 dB, de modo que, no exceden el ECA para ruido para zona residencial en horario diurno (60 dB).

9 DISCUSIÓN

Los intrusivos cercanos al complejo mineralizado presentaron mayores concentraciones de cobre y molibdeno, mientras que los alejados del complejo mineralizado presentaron mayores concentraciones de zinc. Además de estos elementos también se presentaron otros metales pesados como arsénico, plomo, cadmio y mercurio los mismos que se encontraron distribuidos en la roca encajante (calizas y cuarcitas)²⁷.

Estos elementos mencionados anteriormente son considerados como guías asociados a minerales de mena (*pathfinder*²⁸), para la detección de yacimientos tipo pórfido Cu-Mo por poseer mayor dispersión geoquímica a excepción del cadmio, que por su radio y carga iónica podría reemplazar al Hg o viceversa (Siegel, 2002).

En ese sentido, los bofedales formados a partir del material geológico parental presentaron estos mismos metales, cuyas abundancias están relacionadas a su ubicación²⁹. Este mismo patrón de distribución de metales pesados también ha sido observado en los sedimentos de lagunas y en el río Michiquillay, llegando incluso a superar los valores ISQG y PEL de la guía canadiense.

De similar manera, los suelos ubicados en la parte baja de la microcuenca La Encañada presentaron Cu, Zn, As, Pb y Mo los cuales estuvieron estrechamente relacionados con la litología (mineralización de la roca), tras ser liberados por meteorización, que en algunos casos llegaron a superar los ECA para suelo de uso agrícola tal como As y Pb, o los valores de la guía canadiense para suelos agrícolas como en el caso del Cu, Zn y Mo³⁰ (Figura 9.1).

²⁷ Informe N° 00278-2019-OEFA/DEAM-STEC. Caracterización geológica del área de las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada, y los pasivos ambientales mineros (depósitos de desmonte) ubicados en las márgenes del río Michiquillay, la quebrada Carbón y el sector aeropuerto.

²⁸ Peters (1978) y Rose *et al.*, (1979), citados en Alloway, 2013.

²⁹ Informe N° 00310-2019-OEFA/DEAM-STEC. Determinación de los valores de nivel de fondo y de referencia para metales y metaloides de los suelos Michiquillay, Michiquillay Misceláneo Roca, Quinuayoc Sogoron, Sogoron Misceláneo Roca y bofedales en las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada.

³⁰ Informe N° 00310-2019-OEFA/DEAM-STEC. Determinación de los valores de nivel de fondo y de referencia para metales y metaloides de los suelos Michiquillay, Michiquillay Misceláneo Roca, Quinuayoc Sogoron, Sogoron Misceláneo Roca y bofedales en las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

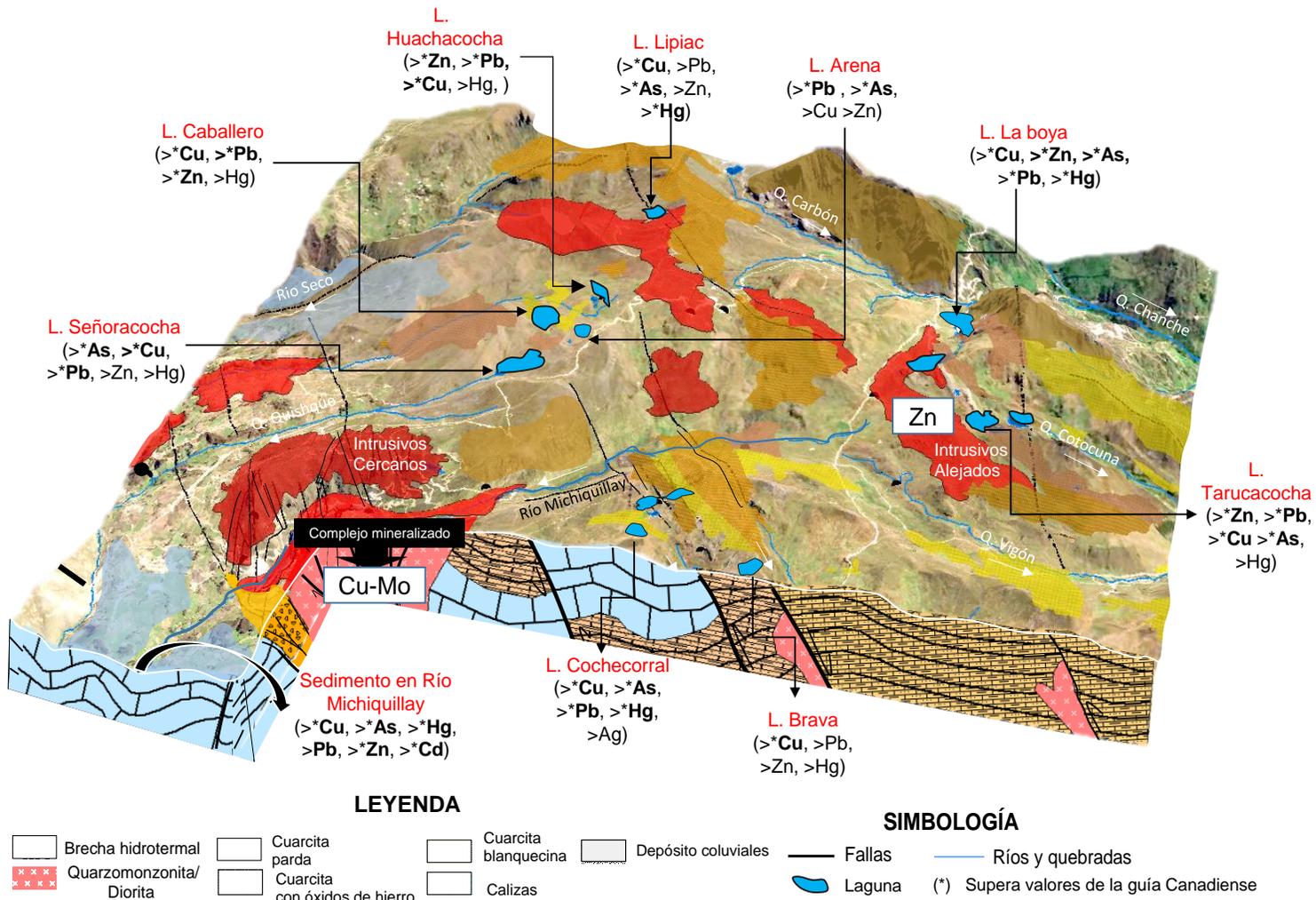


Figura 9.1. Elementos guía asociados al pórfido de Cu-Mo del yacimiento Michiquillay

9.1 Microcuenca La Encañada

Las rocas encajantes del complejo mineralizado están constituidas por cuarcitas y calizas, la primera de ellas corresponde a cuarcitas blanquecinas y pardas de la formación Farrat, distribuidas en los altos topográficos donde se encuentran las nacientes de las quebradas de la microcuenca La Encañada, caracterizadas por ser generadoras de acidez. Mientras que las calizas pertenecientes a la Formación Chulec, Pariatambo y Yumagual, se distribuyen la parte baja de la Microcuenca, proporcionando una ligera alcalinidad a los cuerpos de agua.

Los intrusivos correspondientes al complejo mineralizado y los que se encuentran al este y oeste del mismo, no generan drenaje ácido; no obstante, debido al intemperismo, oxidación e intenso fracturamiento generan drenaje ácido, como se evidencia en la bocamina «El Túnel».

Los manantiales, ríos, quebradas, bofedales y lagunas de esta microcuenca presentaron facies de tipo bicarbonatada cálcica, lo que nos sugiere que son producto de aguas de flujos locales, de corto recorrido. Excepcionalmente se presentaron cinco manantiales con diferentes facies hidroquímicas, de los cuales cuatro presentaron facies sulfatadas sódico potásicas (AFCocho1, AFCocho3, AFBaNg4 y FMich-04) y uno clorurada sódica potásica (AFMichi2), estas variaciones en los puntos AFBaNg4 AFCocho1 y AFCocho3 se deberían al contacto entre intrusivos y cuarcitas y por presentar componentes iónicos bajos; en cambio, en los puntos FMich-04 y AFMichi2 se deberían a las actividades de exploración realizadas en el entorno de estos manantiales.

En relación a las comunidades hidrobiológicas de ríos y quebradas evaluados en la microcuenca La Encañada, se determinó, a través de análisis de similaridad (ANOSIM), que existen diferencias significativas entre los puntos de muestreo de acuerdo al pH tanto para los macroinvertebrados bentónicos ($R_{\text{global}} = 0,342$ y $p = 0,1\%$) como para las microalgas del perifiton ($R_{\text{global}} = 0,547$ y $p = 0,1\%$). El análisis de correspondencia canónica también relacionó las especies con los puntos que estuvieron asociados a pH ácidos y alcalinos observándose la relación que guardan las comunidades biológicas con el medio abiótico (Figuras 9.2 y 9.3).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

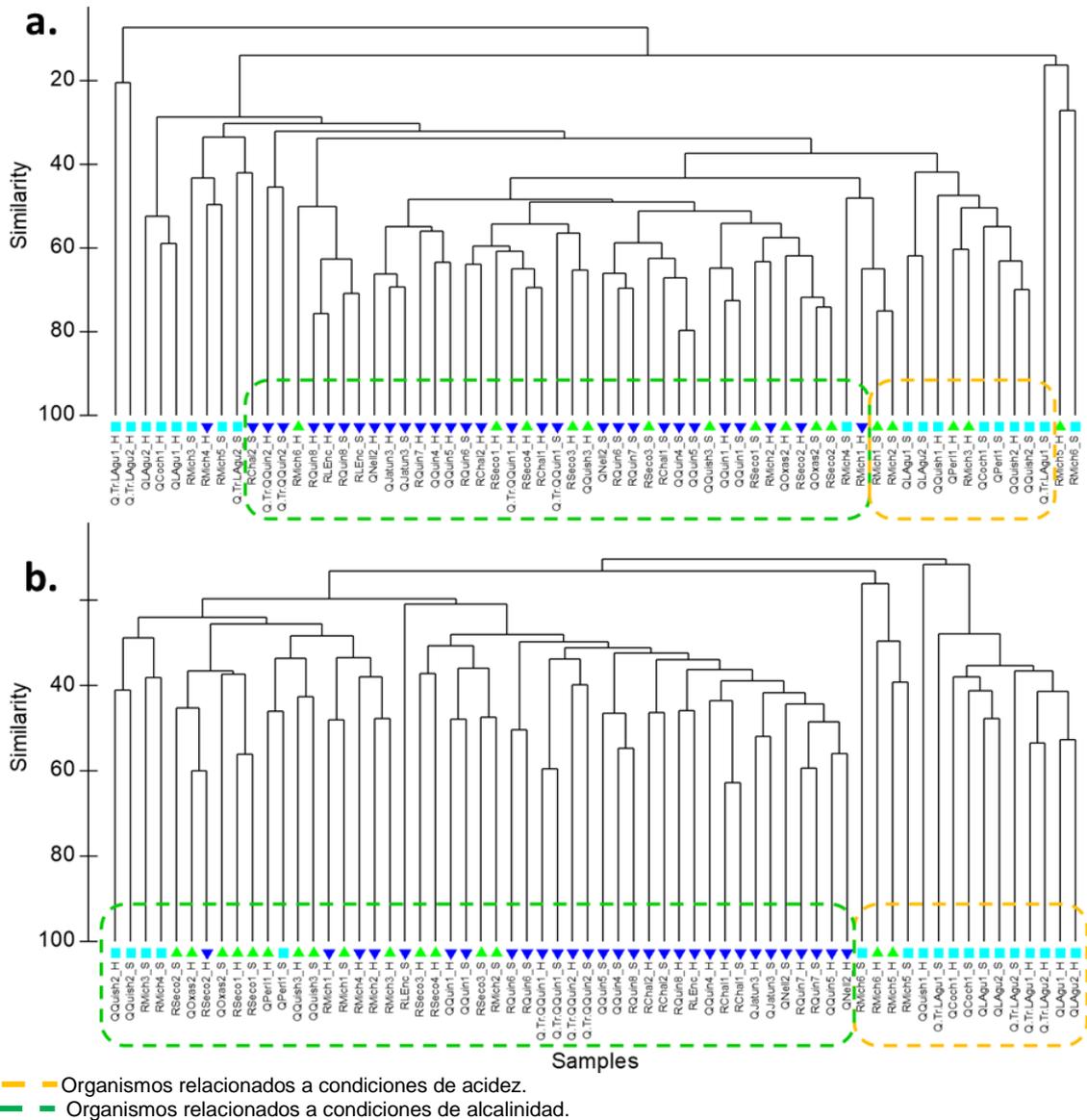


Figura 9.2. Agrupamiento de las comunidades hidrobiológicas **a.** macroinvertebrados bentónicos y **b.** microalgas en la microcuenca La Encañada

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

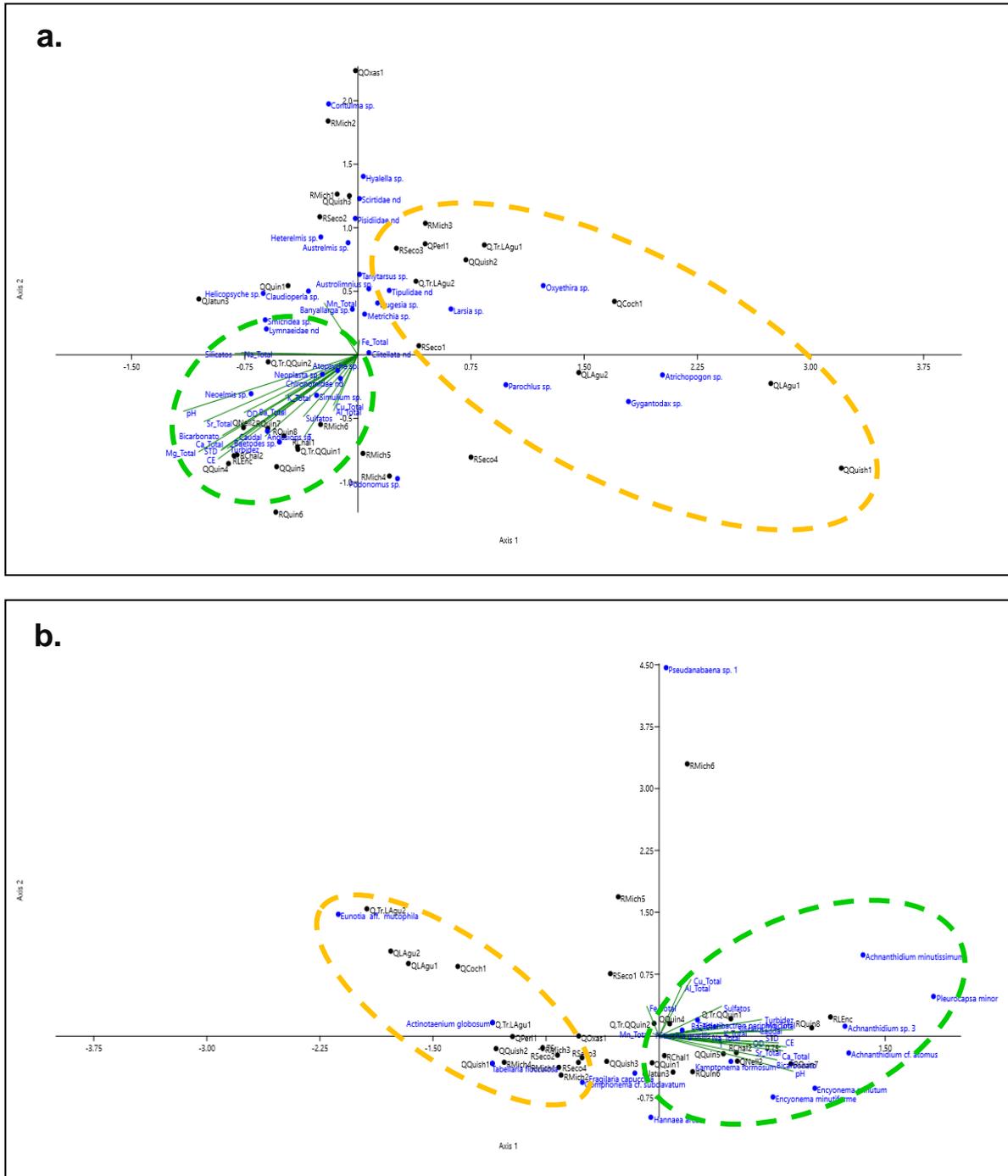


Figura 9.3. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre las variables ambientales y las comunidades hidrobiológicas de **a.** macroinvertebrados bentónicos y **b.** microalgas de la microcuenca La Encañada

Estos resultados muestran que las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y perifiton están relacionadas a las características fisicoquímicas del medio acuático dados por diversos factores como la temporalidad, actividades antropogénicas y principalmente por la litología local. Observándose que los puntos ubicados en la parte media y baja de esta

microcuenca, donde predominan las calizas, el agua presentó facies bicarbonatadas cálcicas confiriéndole condiciones alcalinas a los medios acuáticos.

Esto se manifestó con valores de diversidad media y alta en los puntos con características neutras-alcalinas resaltando la presencia de especies sensibles como *Atopsyche* sp., *Banyallarga* sp., *Meridialaris* sp., *Nectopsyche* sp., *Contulma* sp. entre otras; mientras que los valores bajos de diversidad estuvieron asociados a las condiciones de acidez de los cuerpos de agua donde se registraron especies del macrobentos tolerantes a las perturbaciones ambientales como los Chironomidae y oligochaeta; y especies de microalgas como *Tabellaria flocculosa*, *Eunotia* sp. y *Frustulia* sp. característicos de ambientes ácidos (Figura 9.4).

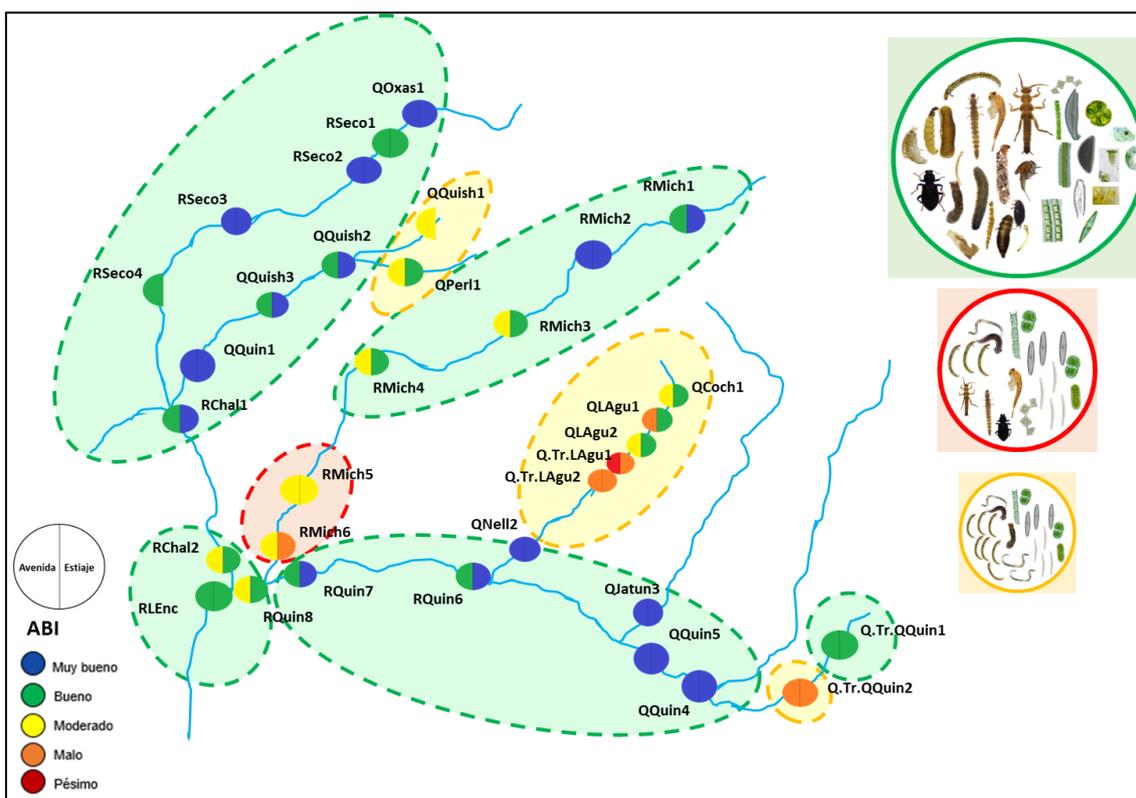


Figura 9.4. Calidad ecológica según ABI en la microcuenca La Encañada

Los bofedales ubicados en la naciente de la quebrada Oxa Segana (HBof-8 y HBof-9) y del río Michiquillay (HBof-3, HBof-5, HBof-6 y HBof-7) se caracterizaron por ser ácidos (pH: 5,55 – 6,77) incumpliendo el ECA Cat. 3 en los puntos HBof-3, HBof-5, HBof-7 y HBof-8. La acidez en los bofedales es una condición natural por la descomposición de la turba, que liberan sustancias ácidas ocasionando la disminución del pH (Charman, 2009; Vásquez *et al.*, 2006).

Las lagunas presentaron pH ácidos durante la temporada de estiaje, con elevadas concentraciones de nitrógeno total, parámetros relacionados a descomposición de materia orgánica (Roldan y Ramírez, 2008). Adicionalmente, la laguna La Arena presentó altas concentraciones de fósforo total, que estarían relacionadas con la eutrofización del agua, producto de actividades agrícola aledañas a la laguna.

El sedimento de las lagunas Huachacocha, Caballero, La Arena, Señoracocha, Brava 1 Brava 2 y Cochecorral se caracterizaron por presentar pH ácidos y altas concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, mercurio, plomo y zinc que superaron los valores de la guía canadiense, la presencia de estos elementos está relacionada a este tipo de yacimiento (pórfido Cu-Mo) por ser elementos guía (pathfinder).

En relación a las comunidades hidrobiológicas de las lagunas, el fitoplancton presentó en común la especie *Pinnularia* cf. *tsoneka* en todas las lagunas, esta especie cuenta con una distribución para los trópicos (Metzelin y Lange- Bertalot, 1998). En el acumulado total se observó la mayor abundancia de la especie *Dynobryon sertularia* que está relacionada a ambientes oligotróficos por tolerar un déficit de nutrientes (Reynolds, 2006) esta especie se presentó en las lagunas Señoracocha, Brava 1 y Brava 2.

En cuanto a las macroinvertebrados bentónicos de lagunas, se caracterizaron por presentar baja riqueza de taxa resaltando la dominancia de chironomidae y oligoquetos, organismos tolerantes a diversas condiciones ambientales.

Adicionalmente, en algunos puntos de esta microcuenca se registró la presencia de microplásticos, indicando la perturbación antrópica (Figura 9.5).

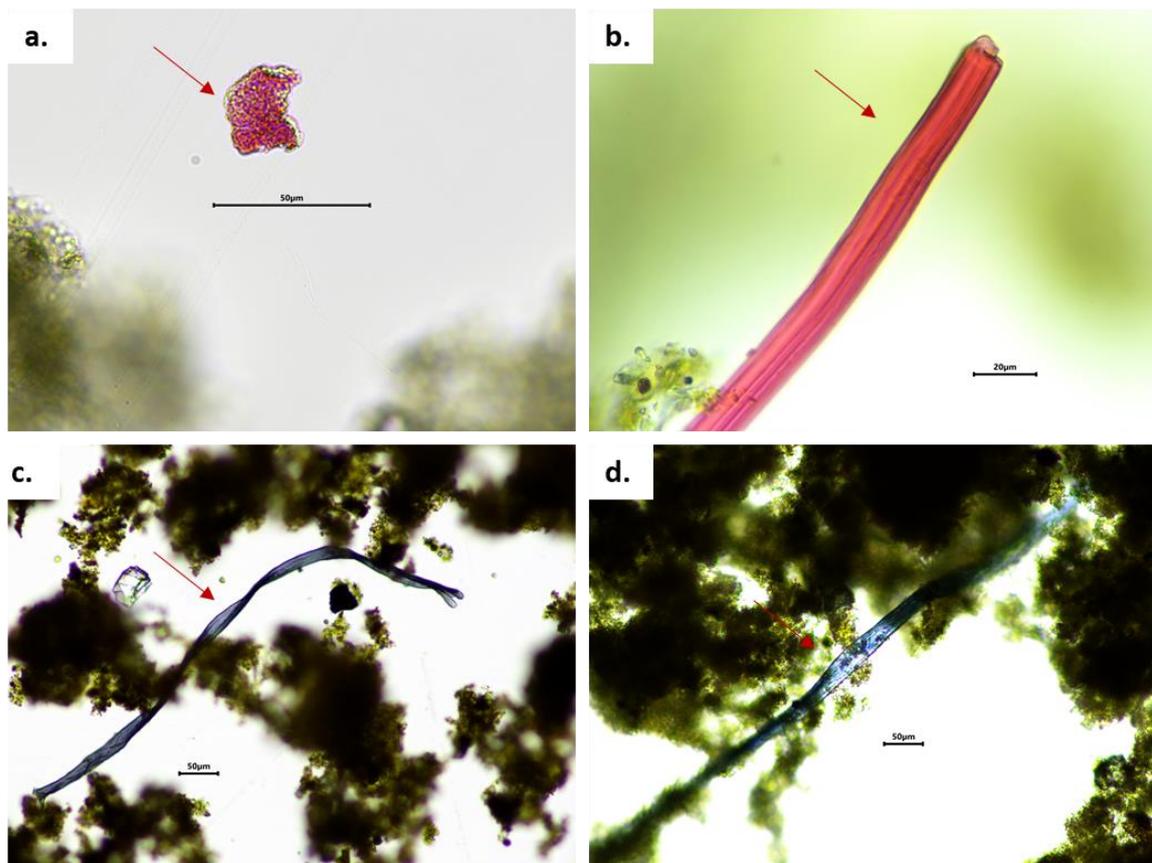


Figura 9.5. Microplásticos observados en la microcuenca La Encañada **a.** Tributario de la quebrada Quinuamayo (Q.Tr.QQuin2), **b.** Río Michiquillay (RMich4), **c.** y **d.** Río Seco (RSeco1 y RSeco4).

A continuación, se presenta una discusión detallada por cada sección y componente evaluado.

Sección 1

Los manantiales, bofedales, quebradas y ríos evaluados en esta sección presentaron mayormente una facie bicarbonatada cálcica en ambas temporadas de evaluación, propia de aguas meteóricas o recientes (flujos sub-superficiales) en interacción con el suelo y rocas sedimentarias y metamórficas (Custodio y Llamas, 1996).

En cuanto a los metales totales reportados en los ríos y quebradas de esta sección, se registró que solo en el río Seco (RSeco1), la concentración de manganeso superó el ECA para agua Cat. 3 durante la temporada de avenida; esto debido a la socavación del cauce y al mayor caudal en esta temporada (29 L/s) en comparación con la de estiaje (4,5 L/s), Figura 9.6.



Figura 9.6. Socavación en el río Seco en el punto RSeco1. **a.** Temporada de avenida y **b.** Temporada de estiaje.

La quebrada Quishque, en el punto QQuish1 registró pH ligeramente ácido (6,23 unidades) fuera del rango establecido en los ECA para agua Cat. 3, durante la temporada de avenida, debido al aporte de la laguna Señoracocha, ubicada aguas arriba, que también presentó características ácidas. Aguas abajo en el punto QQuish2 también se registraron pH ácidos fuera del rango del ECA para agua en ambas temporadas, posiblemente debido a una apertura de carretera en cuarcitas que atraviesa las quebradas Quishque y Las Perlas. Posteriormente, aguas abajo en la quebrada Challhuamayo (RChal1), el pH cambia de ligeramente ácido a básico (pH: 7,60 y 8,41), en ambas temporadas, incumpliendo la Cat. 3-D2 en estiaje; resultados que concuerdan con afloramientos calizas en la quebrada Challhuamayo.

Estas variaciones de pH también influyeron en la composición de las comunidades hidrobiológicas (macroinvertebrados bentónicos y perifiton) observándose menor riqueza del macrobentos (16 especies) y perifiton (16 especies) en el punto QQuish1 donde la presencia de oligoquetos y especies de la familia Chironomidae como *Podonomus* sp. (Domínguez y Fernández, 2009) así como cyanobacterias que estarían asociadas a situaciones de estrés ambiental; estas condiciones se reflejaron en la calidad ecológica según el ABI que calificó a los puntos QQuish1 y QPer1 con calidad ecológica «moderada» (Figura 9.4). Mientras que aguas abajo, donde el pH cambió a básico se observó que la calidad ecológica varió entre «buena» a «muy buena» durante ambas temporadas, debido al incremento de la riqueza del macrobentos en especial de especies sensibles de las familias Calamoceratidae, Gripopterygidae, Helicopsychidae, Leptophlebiidae y Perlidae (Anexo 10); además de registrarse un incremento en la riqueza y abundancia de la comunidad del perifiton sobre

todo durante el estiaje; temporada de mayor estabilidad ambiental para esta comunidad (Martínez y Donato, 2003).

Las lagunas Huachacocha, Caballero, La Arena y Señoracocha presentaron facies bicarbonatadas cálcicas, pH ácidos en estiaje y nitrógeno total fuera de lo establecido en los ECA para agua Cat. 4. Adicionalmente en la laguna La Arena se reportaron concentraciones de fósforo que excedieron el ECA referido. Los valores de pH y nitrógeno total se encuentran relacionados a procesos de descomposición de material vegetal en las lagunas, mientras que el fósforo estaría relacionado a un proceso de eutrofización, debido a las actividades agrícolas aledañas a la laguna (Figura 9.7).

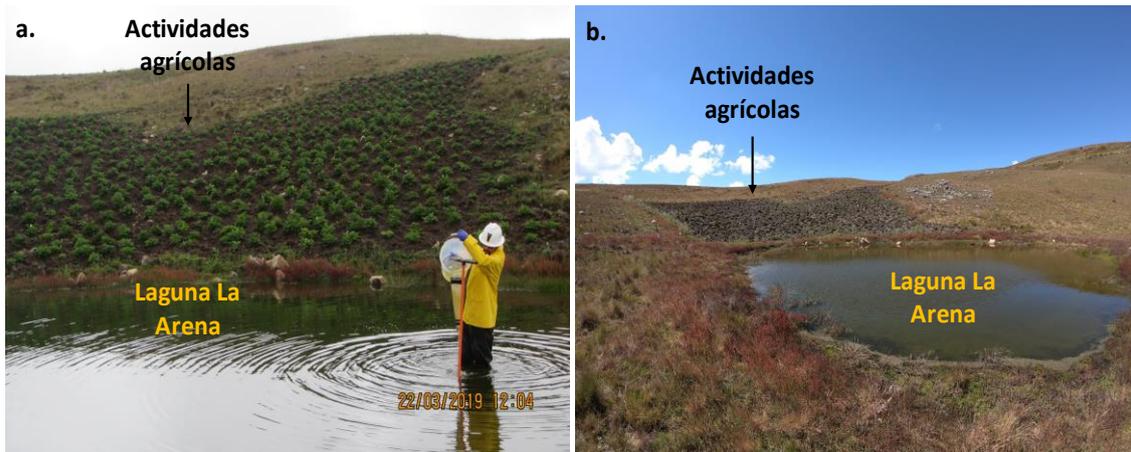


Figura 9.7. Actividades agrícolas aledañas a la laguna La Arena. **a.** Temporada de avenida y **b.** Temporada de estiaje.

En las lagunas Huachacocha y Caballero se observó en el fitoplancton la especie *Pandorina morum* con mayor abundancia en la temporada de avenida, este género de acuerdo a Reynolds (2006) es un alga de «estrategia CS» lo que significa que es un alga invasora oportunista (C) que tolera el estrés (S) pudiendo aumentar su población bajo condiciones de pocos nutrientes. Un mejor representante de un organismo invasor oportunista (C) se observa en la laguna La Arena durante la época de estiaje en la cual, la especie *Chlorella* sp. presentó más del 55% de la densidad total del punto, relacionado a la alta concentración de fósforo.

En relación al macrobentos estuvo conformado principalmente por los Amphipoda, Hemípteros y Chironomidae. La presencia de Chironomidae estaría relacionado a su capacidad de tolerancia diversas variaciones ambientales, mientras que la presencia de los Hemípteros como la especie *Ectemnostega* sp. estaría relacionado a su capacidad cosmopolita, adaptaciones para ecosistemas lénticos y hábitos alimenticios.

Sección 2

El río Michiquillay nace de flujos locales que interceptan la superficie formando manantiales y bofedales. Los manantiales ubicados en las laderas de la naciente del río presentaron pH ácidos y un menor caudal, estos manantiales presentan acidez debido a que atraviesan cuarcitas generadoras de acidez³¹; en cambio, el manantial Subllaquero III (AFLRSub3) aflora en un material cuaternario en el fondo de la quebrada, el cual presentó pH ligeramente ácido y con mayor caudal, otorgándole las características al río Michiquillay. Estas aguas fueron clasificadas como bicarbonatadas cálcicas propias de estos flujos locales (subsuperficiales), a excepción del manantial Barro Negro 4 (AFBaNg-4), al aflorar en una zona de contacto entre cuarcitas e intrusivos.

El río Michiquillay presentó pH entre 6,59 y 7,45, baja carga de metales y facies de tipo bicarbonatada cálcica en la parte alta (RMich1, RMich2 y RMich3). En cambio, en la parte media (RMich4) y baja (RMich5 y RMich6), sus facies hidroquímicas variaron a sulfatadas cálcicas y pH ácido (4,91 – 6,41) en temporada de estiaje, con elevados contenidos de cobre en la parte baja en ambas temporadas.

En el punto RMich4, el agua se acidifica en temporada de estiaje producto de la interacción con los materiales cuaternarios³² que son generadoras de acidez. En temporada de avenida esto no ocurre debido al mayor caudal del río, resaltando la influencia de la estacionalidad, asimismo, en temporada de estiaje sus aguas son captadas para actividades agrícolas del sector Michiquillay, reduciendo su caudal a 1,04 L/s.

Las concentraciones de cobre en el agua presentaron un ligero incremento en el punto RMich4, debido a los intrusivos mineralizados y depósitos cuaternarios que tienen mayores concentraciones de este elemento en comparación a otros afloramientos rocosos. Luego, aguas abajo entre el punto RMich4 y RMich5, el río Michiquillay recibe la descarga de un efluente (Bocamina «El Túnel») en la margen izquierda, el cual aporta elevadas concentraciones de cobre y acentúa las características ácidas y sulfatadas del río en la temporada de estiaje que se mantienen hasta el punto RMich5.

Posteriormente en el punto RMich6, antes de la confluencia con el río Quinamayo, se incrementa el pH y disminuyen las concentraciones de cobre, debido a los afloramientos de caliza. No obstante, aguas abajo en los ríos Quinamayo (RQuin8) y La Encañada (RLEnc) en temporada de estiaje, las concentraciones de cobre superaron los ECA para agua Cat. 3 Subcategoría D1. (Figura 9.8) Este patrón de comportamiento en la química del agua se mantiene desde el 2009 a la actualidad (2019), según el registro histórico reportado por Anglo American Michiquillay S.A., la dirección de supervisión del OEFA y en este estudio (Anexo 9).

³¹ Muestra de cuarcitas con código RM-09. Informe N° 00278-2019-OEFA/DEAM-STEC. Caracterización geológica del área de las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada, y los pasivos ambientales mineros (depósitos de desmonte) ubicados en las márgenes del río Michiquillay, la quebrada Carbón y el sector aeropuerto.

³² Muestra de cuarcitas con código RM-10. Informe N° 00278-2019-OEFA/DEAM-STEC. Caracterización geológica del área de las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada, y los pasivos ambientales mineros (depósitos de desmonte) ubicados en las márgenes del río Michiquillay, la quebrada Carbón y el sector aeropuerto.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

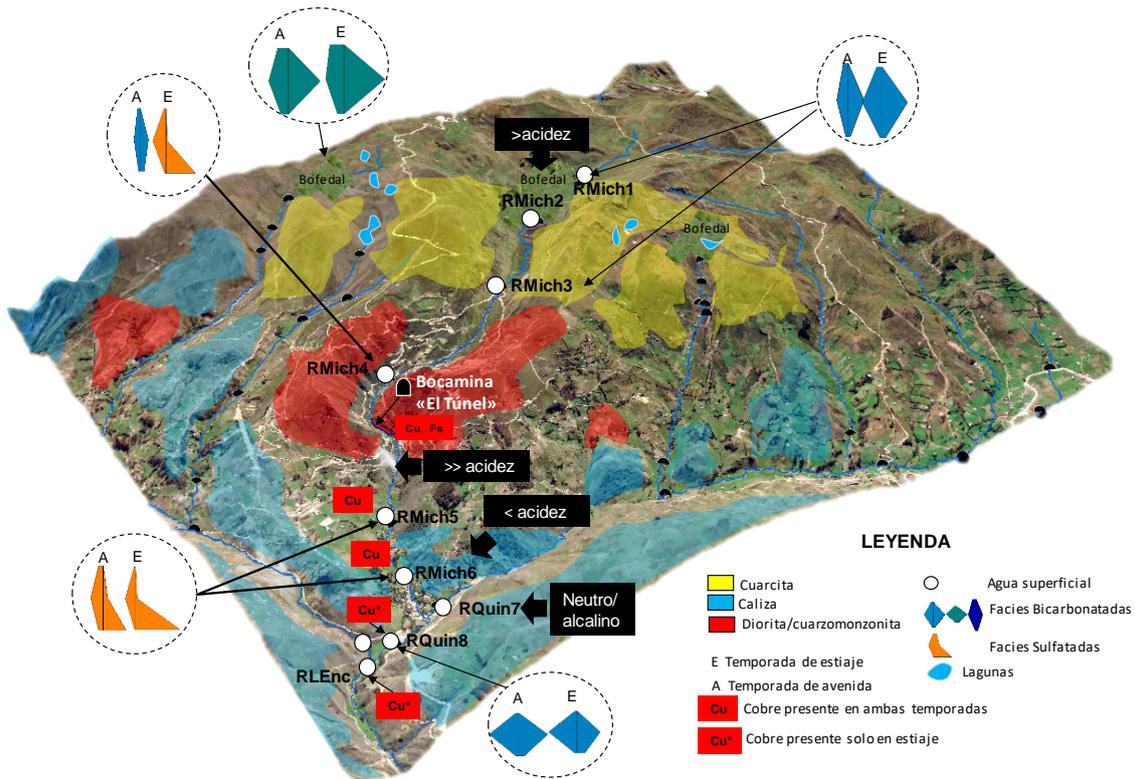


Figura 9.8. Representación gráfica de la microcuenca La Encañada - Sección 2

La composición de las comunidades hidrobiológicas macroinvertebrados bentónicos y perifiton, tuvieron un comportamiento similar a la calidad del agua, presentando mayor diversidad entre los puntos RMich1 y RMich4 a diferencia de lo reportado en los puntos ubicados aguas abajo del río Michiquillay (RMich5 y RMich6) en ambas temporadas de evaluación.

La riqueza del perifiton presentó más especies del phylum Bacillariophyta entre los puntos RMich1 y RMich4, en este último sólo durante la temporada de avenida; mientras que en los puntos RMich4 en estiaje, RMich5 y RMich6 en ambas temporadas registraron altas densidades de Cyanobacterias resaltando las especies de los géneros *Leptolyngbya* y *Pseudanabaena* tolerantes a altas concentraciones de cobre, cadmio y zinc (Rand *et al.*, 2010).

Sin embargo, a pesar de registrarse altas densidades de cyanobacterias en la parte baja del río Michiquillay aún se encontraron especies sensibles del macrobentos hasta el punto RMich5 como *Atopsyche* sp. y *Claudioperla* sp. pero en menor abundancia a lo reportando en la parte alta; en tanto que, en RMich6 dominaron las especies facultativas y tolerantes como los Chironomidae, organismos indicadores de contaminación ambiental (Domínguez y Fernández, 2009).

Estos resultados se reflejaron en la calidad ecológica según el ABI calificando a los puntos RMich1 y RMich2 con calidad ecológica entre «buena» a «muy buena» durante ambas temporadas; en tanto que los puntos RMich3, RMich4, RMich5 y RMich6 presentaron una calidad ecológica «moderada» en la temporada de avenida que mejora durante el estiaje en RMich3 y RMich4, mientras que en el punto RMich5 no varió su calidad y RMich6 cambió su calidad ecológica a «mala». Es decir, siguiendo el gradiente de color según el ABI se

observa una tendencia a disminuir la calidad ecológica de la parte alta a baja del río Michiquillay (Figura 9.4).

Por otro lado, la riqueza del macrobentos y perifiton encontrados en la parte alta del río Michiquillay se asoció a la presencia del necton como trucha (*Oncorhynchus mykiss*) y lifes (*Astroblepus*). Estas especies endémicas del género *Astroblepus* tiene relevancia dentro del nivel trófico de un ecosistema acuático cuya diversidad está relacionada a la altitud, temperatura, pendiente y velocidad del cuerpo de agua, presentando adaptaciones que les permite adherirse a los sustratos (Lowe McConnell, 1987; Halffer, 1998), lo cual resalta la importancia de conservación de microhábitats y de ribera en estos ecosistemas.

Adicionalmente, aguas arriba del punto RMich4 en temporada de estiaje, las aguas del río son derivadas para el riego de cultivos agrícolas del sector Michiquillay, lo que ocasionó que se observen individuos muertos de trucha arcoíris en RMich4 probablemente debido al bajo caudal (1,04 L/s) y a las condiciones de acidez antes mencionadas durante la temporada de estiaje.

El depósito de relave (7533 m²) es un pasivo ambiental minero³³ ubicado en el sector Michiquillay, emplazado directamente sobre depósitos cuaternarios, está compuesto por capas pseudoestratificadas de arcillas-limos arenosas, arena fina, limoarcilla con contenido variable de ganga de mineral como cuarzo, magnetita, pirita y óxidos de hierro (limonita y hematita), y es potencial generador de acidez. Por tal motivo, se realizaron trabajos de remediación que concluyeron el 2015, que constaron de una cobertura de geomembrana, una capa de arcilla (0,20 m) y una capa de suelo orgánico (0,30 m), así como un canal de coronación de concreto que deriva agua de escorrentía, red subterránea tipo de espina de pescado que drena hacia fuera del depósito, donde se ha instalado un sistema de tratamiento artesanal (lechada de cal), pozas de sedimentación antes de su vertimiento a un canal de tierra y luego al río Michiquillay³⁴.

El agua colectada de drenaje superficial (ARI-01) en una poza de concreto en la parte baja del depósito de relaves, presentó facies bicarbonatada cálcica, pH alcalino (pH: 7,48 y 7,13) y bajas concentraciones de metales, por lo que se infiere que su origen serían los flujos subsuperficiales. En cambio, las muestras que provienen del subdrenaje del depósito de relaves antes de su ingreso al sistema de tratamiento artesanal (ARI-02), lechada de cal, presentaron facies sulfatada cálcica, pH ligeramente ácido (pH: 6,32) y alta carga de metales como cadmio y zinc total, y hierro disuelto. Después del tratamiento en el efluente (ARI-03) el pH se alcalinizo a 7,40 unidades en avenida y 9,71 unidades en estiaje, y las concentraciones de metales disminuyeron; no obstante, el pH y zinc total en estiaje superaron los límites máximos permisibles (LMP).

Se identificó una filtración (ARI-05), en las tierras afectadas superficialmente por drenaje ácido y material de desmonte³⁵, aproximadamente a 50 m al sureste del mismo, que presentó una facie sulfatada cálcica, pH ácido (3,43 unidades), con elevadas concentraciones de cobre y zinc total que excedieron los LMP. Además, se identificaron especies como *Microspora quadrata* (Bray *et al.*, 2008) y *Eunotia cf. exigua* (DeNicola, 2000) ambas asociadas a drenaje ácido de mina (Figura 9.9 y 9.10).

³³ Resolución Ministerial N° 010-2019-MEM/DM. Actualizan el Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros. Aprobado el 11 de enero de 2019.

³⁴ Empresa Minera del Centro del Perú S.A. 2006. Plan de cierre de los Pasivos Ambientales Mineros del Proyecto Michiquillay de CENTROMIN PERÚ S.A. diciembre 2006. Aprobado mediante Resolución Directoral N.° 214- 2007-MEM/AAM de fecha 21 de junio del 2007. Plan de cierre ejecutado por Activos Mineros S.A.C.

³⁵ Empresa Minera del Centro del Perú S.A. 2006. Plan de cierre de los Pasivos Ambientales Mineros del Proyecto Michiquillay de CENTROMIN PERÚ S.A. diciembre 2006. Aprobado mediante Resolución Directoral N.° 214- 2007-MEM/AAM de fecha 21 de junio del 2007.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

El agua subterránea de los piezómetros ubicados aguas arriba (PZ-01) y aguas abajo (PZ-02) del depósito de relaves, presentaron facies bicarbonatadas cálcicas, valores de pH entre 6,74 y 8,04 unidades y bajas concentraciones de metales que se encuentran dentro de lo establecido en los ECA para agua Cat. 3, comparados referencialmente, a excepción del manganeso en el piezómetro PZ-01, en ambas temporadas, cuyas concentraciones tendrían su origen en el bofedal ubicado aguas arriba del referido piezómetro (Figura 9.9).

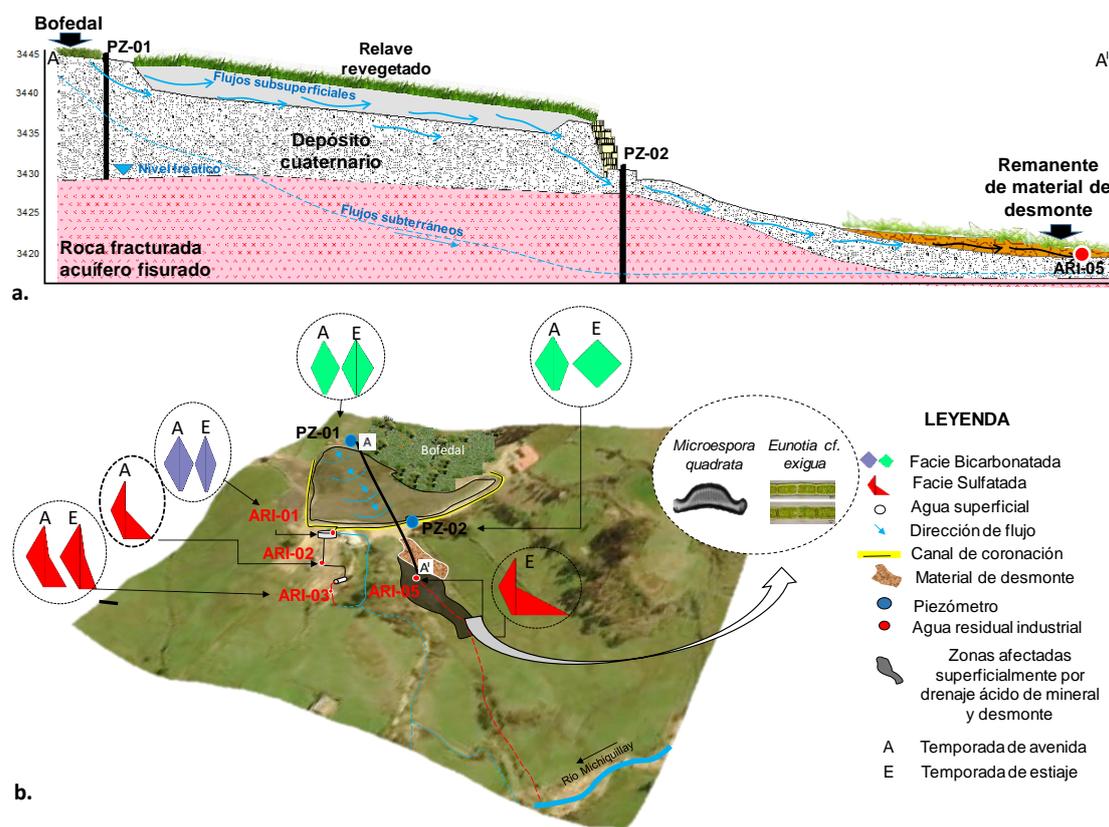


Figura 9.9. Vista esquemática del depósito de relaves **a.** Perfil del depósito de relaves y piezómetros asociados y **b.** Vista en planta del depósito de relaves y puntos de muestreo asociados

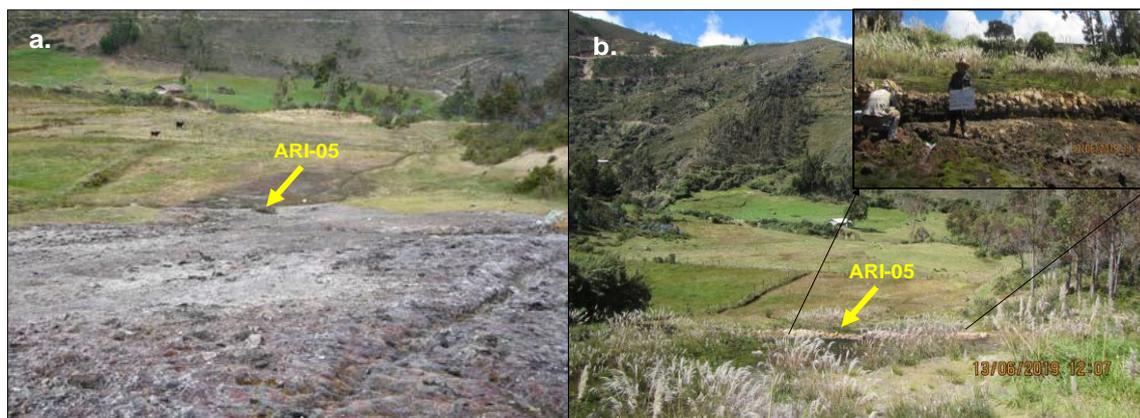


Figura 9.10. Tierras afectadas superficialmente por drenaje ácido y material de desmonte **a.** 2008 y **b.** 2019

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del Proyecto de Exploración Michiquillay aprobado con Resolución Directoral N.º 057- 2009-MEM/AAM el 12 de marzo de 2009 y este estudio.

La bocamina «El Túnel», presenta un efluente (ARI-04) de aproximadamente 19 L/s que mediante un canal de concreto y luego de tierra descarga en el río Michiquillay, entre los puntos RMich4 y RMich5. Este efluente presentó facies sulfatada cálcica, pH ácidos (4,52 y 4,58 unidades) y concentraciones de cobre total y hierro disuelto que excedieron los LMP en ambas temporadas. Este flujo de agua aflora en el interior del túnel posiblemente debido a una falla que intercepta el túnel en la progresiva 0+150 m, en el pórfido cuarzomonzónico con intenso fracturamiento y fallas, que favorecen la infiltración de agua pluvial³⁶, posee concentraciones de pirita de 8% a 25%³⁷, asimismo, se conoce de la presencia de 10 chimeneas verticales en comunicación con la superficie³⁸, de las cuales se sabe que solo una ha sido completamente sellada mediante una losa de concreto³⁹, las otras no pudieron ser identificadas⁴⁰; por tal motivo no se descartan como fuentes de ingreso de oxígeno y precipitación pluvial. Todas estas condiciones favorecen a la generación de drenaje ácido, liberación de sulfatos y metales principalmente, cobre y hierro.

Aledaño a la bocamina, se presenta un desmorte que no posee cobertura, carece de sistemas de drenaje⁴¹, lo cual permite la erosión del material (constituido principalmente, pirita, calcopirita, galena, esfalerita entre otros) debido a las precipitaciones, evidenciadas a través de surcos y carcavamientos⁴², que favorecidos por la pendiente estarían ingresando al río Michiquillay (Figura 9.11). Cabe indicar que este material es generador de acidez, tal como lo reportado por Anglo American Michiquillay S.A.⁴³, La Dirección de supervisión del OEFA⁴⁴ y este estudio.

³⁶ Informe de supervisión N.º 527-2018-OEFA/DSEM-CMIN. Verificación del cumplimiento de obligaciones fiscalizables a cargo de Activos Mineros S.A.C., en lo referido a la supervisión regular realizada del 26 al 28 de julio de 2018 a los Pasivos Ambientales Mineros del Proyecto Michiquillay.

³⁷ Empresa Minera del Centro del Perú S.A. 2006. Plan de cierre de los Pasivos Ambientales Mineros del Proyecto Michiquillay de CENTROMIN PERÚ S.A. diciembre 2006. Aprobado mediante Resolución Directoral N.º 214- 2007-MEM/AAM de fecha 21 de junio del 2007.

³⁸ Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del Proyecto de Exploración Michiquillay aprobado con Resolución Directoral N.º 057- 2009-MEM/AAM el 12 de marzo de 2009.

³⁹ Informe de supervisión N.º 527-2018-OEFA/DSEM-CMIN. Verificación del cumplimiento de obligaciones fiscalizables a cargo de Activos Mineros S.A.C., en lo referido a la supervisión regular realizada del 26 al 28 de julio de 2018 a los Pasivos Ambientales Mineros del Proyecto Michiquillay.

⁴⁰ Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del Proyecto de Exploración Michiquillay aprobado con Resolución Directoral N.º 057- 2009-MEM/AAM el 12 de marzo de 2009.

⁴¹ Informe de supervisión N.º 527-2018-OEFA/DSEM-CMIN. Verificación del cumplimiento de obligaciones fiscalizables a cargo de Activos Mineros S.A.C., en lo referido a la supervisión regular realizada del 26 al 28 de julio de 2018 a los Pasivos Ambientales Mineros del Proyecto Michiquillay. Informe de Geotecnia Ambiental de los componentes verificados.

⁴² Informe N.º 278-2019-OEFA/DEAM-STEC. Caracterización geológica del área de las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada, y los pasivos ambientales mineros (depósitos de desmorte) ubicados en las márgenes del río Michiquillay, la quebrada Carbón y el sector aeropuerto.

⁴³ Informe N.º 278-2019-OEFA/DEAM-STEC. Caracterización geológica del área de las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada, y los pasivos ambientales mineros (depósitos de desmorte) ubicados en las márgenes del río Michiquillay, la quebrada Carbón y el sector aeropuerto.

⁴⁴ Informe de supervisión N.º 527-2018-OEFA/DSEM-CMIN. Verificación del cumplimiento de obligaciones fiscalizables a cargo de Activos Mineros S.A.C., en lo referido a la supervisión regular realizada del 26 al 28 de julio de 2018 a los Pasivos Ambientales Mineros del Proyecto Michiquillay. Informe de Geotecnia Ambiental de los componentes verificados.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

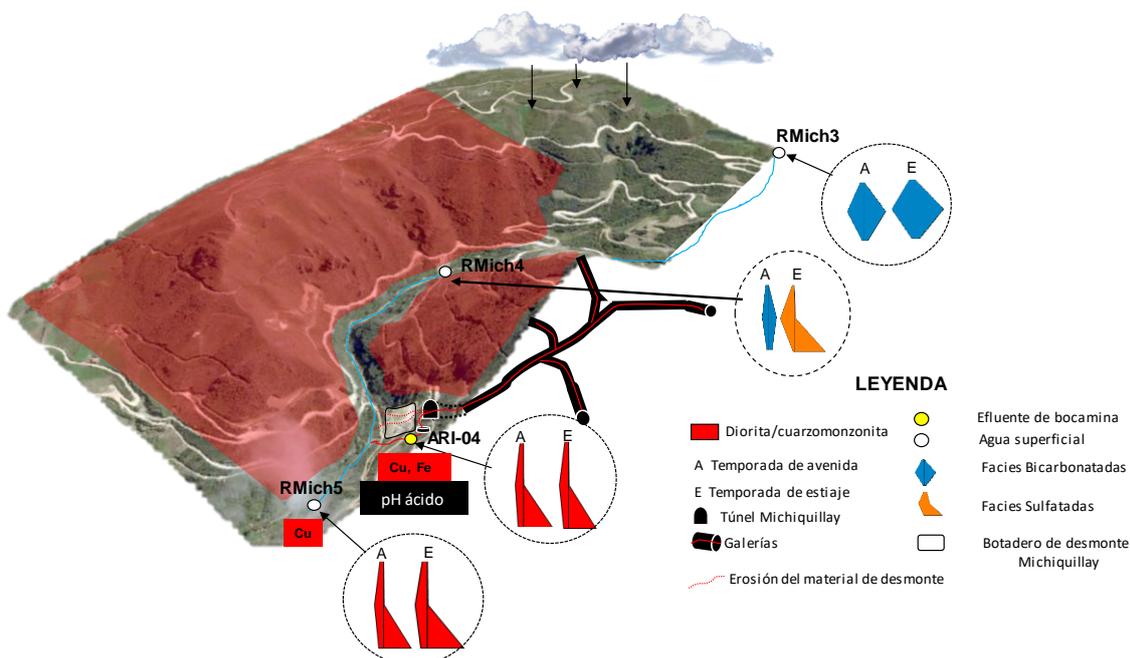


Figura 9.11. Representación gráfica del río Michiquillay y la influencia de la bocamina «El Túnel» y el desmonte aledaño.

Sección 3

Las nacientes de las quebradas Cochecorral, Los Agujeros, Jatunsacha, La Toma se encuentran sobre cuarcitas blanquecinas y pardas de la formación Farrat, que resultaron ser generadoras de acidez⁴⁵. Por tal motivo, la interacción entre el agua con estas rocas genera aguas ácidas, evidenciados en el pH de los manantiales de esta sección (excepto AFVuel, AFQuinB2 y AFPCum2) y en las nacientes de Cochecorral, Los Agujeros y sus tributarios, donde se registraron los menores valores en comparación con los demás cuerpos lóticos.

Estas condiciones se vieron reflejadas con la presencia de los géneros *Eunotia*, *Microspora* y *Frustulia* relacionados a ambientes ácidos en las quebradas Cochecorral, Los Agujeros y sus tributarios (Ramírez *et al.*, 2008). La riqueza del macrobentos también fue menor en estas quebradas y sus tributarios, resaltando la familia Chironomidae, organismos tolerantes a estas condiciones (Domínguez & Fernández, 2009). Además, según el índice de calidad ecológica (ABI) se presentó una baja calidad ecológica (< 37 puntos) durante la temporada de avenida; mientras que en estiaje las quebradas Cochecorral (QCoch1) y los Agujeros (QLAgu1, QLAgu2) mejoraron su calidad ecológica a «buena» y los tributarios de la quebrada Los Agujeros (Q.Tr.LAgu1 y Q.Tr.LAgu2) tuvieron una calidad ecológica «mala».

En la parte baja de la microcuenca se presentan afloramientos de calizas de la Formación Chulec, que les otorgaron características alcalinas a los manantiales (excepto AFLmin, pH: 4,65) y cuerpos de agua, como las quebradas Quinuamayo, Jatunsacha, La Toma, Las Nellas y el río Quinuamayo en ambas temporadas. Estas condiciones favorecieron al incremento de la riqueza de las comunidades hidrobiológicas, siendo el phylum Bacillariophyta la más predominante dentro del perifiton, y en macrobentos se registraron especies sensibles de las familias Anomalopsychidae, Calamoceratidae, Gripopterygidae,

⁴⁵ Muestras RM-01: cuarcita parda y RM-02: cuarcita blanquecina. Informe N° 278-2019-OEFA/DEAM-STEC. Caracterización geológica del área de las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada, y los pasivos ambientales mineros (depósitos de desmonte) ubicados en las márgenes del río Michiquillay, la quebrada Carbón y el sector aeropuerto.

Helicopsychidae, Hydrobiosidae y Leptophlebiidae, manifestándose en una calidad ecológica entre «buena» y «muy buena» en ambas temporadas. La alta riqueza del macrobentos y perifiton en los ríos y quebrabas se asoció con la presencia de «lifes» (*Astroblepus* sp.) género endémico, relacionadas a las características fisicoquímicas del agua y conservación de ribera y microhábitats (Lowe McConnell, 1987; Halffter, 1998).

Las lagunas Brava 1, Brava 2 y Cochecorral presentaron facies bicarbonatadas cálcicas en ambas temporadas, pH ácido y nitrógeno total fuera de lo establecido en los ECA para agua Cat. 4., a excepción del pH en las lagunas Brava 1 y Brava 2 (LBrav4) en estiaje; además, en la laguna Cochecorral (LCoch1) se presentaron concentraciones de mercurio y fósforo que superaron el ECA referido. Esto se debería a que las lagunas se encuentran emplazadas sobre cuarcitas generadoras de acidez⁴⁶, así como a la descomposición de material vegetal en las lagunas.

Las concentraciones de mercurio también fueron elevadas en el sedimento, y su presencia está relacionada a este tipo de yacimiento por ser un elemento guía (pathfinder), por lo tanto, pudo haberse resuspendido en el agua.

En relación a las comunidades hidrobiológicas, el fitoplancton de la Laguna Brava 2, durante la temporada de estiaje presentó el género *Ceratium* el cual de acuerdo con la clasificación de grupos funcionales del fitoplancton (Reynolds, 2006) es un representante típico de los epilimnion de verano en lagos eutróficos.

La laguna Cochecorral presentó en avenida la mayor riqueza, se observa una sucesión de especies del género *Merismopedia*, propio de ambientes mesotróficos, entre temporada de avenida (*Merismopedia glauca*) y estiaje (*M. punctata*), este género es tolerante a la segregación de nutrientes (Reynolds, 2006).

En el macrobentos se registró la dominancia del orden Amphipoda (*Hyallela* sp.) en las lagunas Brava 1 y Brava 2, encontrándose junto a las macrofitas de la zona litoral, lugar que probablemente les confiere protección y alimentación según lo mencionado por Granados-Ramírez et al. (2017); mientras que, en la laguna Huachacocha predominaron los Chironomidae organismos tolerantes a un alto contenido de materia orgánica.

Sección 4

La parte baja de la microcuenca La Encañada, está formada por los ríos Challhuamayo (estacional) y Quinuamayo que dan origen al río La Encañada. La litología que predomina en esta sección son las calizas de la Formación Yumagual y Pariatambo, cuyos manantiales presentaron mayor alcalinidad respecto con los manantiales de la formación Chulec. De la misma manera, los ríos adquirieron estas características básicas (pH: 7,82 – 8,77 unidades), con bajas concentraciones de metales pesados, en ambas temporadas. Cabe indicar que, se presenta un incremento en las concentraciones de nitratos en estiaje, relacionados a las actividades agrícolas y ganaderas. Además, el sedimento (RChal2) formado a partir de esta roca (calizas) presentó un pH de 8,15, y altas concentraciones de calcio.

Estos ríos presentaron facies bicarbonatadas cálcicas en ambas temporadas, a excepción del río La Encañada que varió a sulfatada cálcica en la temporada de estiaje, posiblemente debido al uso de fertilizantes para la agricultura. Esto podría estar influenciando en la riqueza

⁴⁶ Informe N° 278-2019-OEFA/DEAM-STEC. Caracterización geológica del área de las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada, y los pasivos ambientales mineros (depósitos de desmonte) ubicados en las márgenes del río Michiquillay, la quebrada Carbón y el sector aeropuerto

del perifiton que disminuye considerablemente, en temporada de estiaje donde solo se observó dos de los cuatro phyla registrados en el río.

Este patrón de comportamiento en la química del agua de los ríos Quinuamayo, Challhuamayo y La Encañada se mantienen desde el 2009 a la actualidad (2019), según el registro histórico reportado por Anglo American Michiquillay S.A., y este estudio (Anexo 9). Cabe indicar que se registró un comportamiento similar en cuanto a la concentración de los sulfatos en diciembre de 2009 (115 mg/L).

En relación a las comunidades hidrobiológicas, el perifiton registró mayor riqueza durante la temporada de avenida, conformado principalmente por el phylum Bacillariophyta resaltando las densidades de las especies *Achnanthydium* sp. 3, *Achnanthydium minutissimum*, *Achnanthydium* cf. *atomus* y *Pleurocapsa minor*. Además, predominaron especies como *Encyonema minutum* y *Melosira varians*, relacionadas a condiciones eutróficas con alta tolerancia a nitratos (Kivrak y Uygun, 2012).

En tanto que, en el macrobentos presentó mayor riqueza durante el estiaje resaltando la familia Chironomidae y Baetidae que según ABI tuvo una calidad ecológica entre «moderada» y «buena» durante ambas temporadas de evaluación, registrándose especies sensibles (Anexo 10) como *Atopsyche* sp., *Banyallarga* sp. y *Claudioperla* sp y peces nativos del género *Astroblepus* en el río Quinuamayo (RQuin8) y La Encañada (RLEnc).

9.2 Microcuenca Yanacocha

La quebrada Yanacocha nace en la laguna del mismo nombre, presentó características ácidas y facies sulfatada cálcica⁴⁷, aguas abajo confluye con la quebrada Lipiac; que nace de la laguna Lipiac (bicarbonatada cálcica) y bofedales hidromórficos emplazados en el contacto de cuarcitas con intrusivos, además, en el margen izquierdo de la quebrada Lipiac se han realizado perforaciones exploratorias⁴⁸, estos factores habrían generado la acidez y el cambio de facies a sulfatada cálcica.

Estas características hidroquímicas y pH ácido (pH: 5,89 - 6,60) se evidenciaron en el punto QYana3 ubicado después de la confluencia de las quebradas Yanacocha y Lipiac, además, en el perifiton se registraron especies de los géneros *Eunotia* y *Pinnularia* relacionadas a condiciones de baja conductividad y pH ácidos (Metzelin y Lange-Bertalot, 1998). Asimismo, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo conformada por especies tolerantes, facultativas y en menor proporción sensibles como *Atopsyche* sp. y *Banyallarga* sp. (Anexo 10) que se manifestaron en una calidad ecológica «mala» en avenida y «buena» en estiaje.

Aguas abajo, en el punto QYana2 se presentó facies bicarbonatada cálcica y un aumento de pH (6,70 - 7,46 unidades de pH), debido al aporte de los manantiales Ojo de Peje y Los Berros⁴⁹ (bicarbonatados cálcicos) y otros que afloran en rocas carbonatadas (calizas). Estas condiciones se mantienen hasta el punto QYana1, antes de la confluencia con el río Grande. Asimismo, en estos puntos se registró un incremento en las concentraciones de nitratos en comparación al QYana3, y en el perifiton predominaron especies como *Encyonema minutum* y *Melosira varians*, relacionadas a condiciones eutróficas con tolerancia a nitratos (Kivrak y Uygun, 2012), por lo que se infiere la influencia de las actividades ganaderas y agrícolas.

⁴⁷ Informe N.º 322-2018-OEFA-DEAM/STEC. Evaluación Ambiental Temprana en el área de influencia del proyecto de exploración minera El Galeno de Lumina Copper S.A.C, durante el 2017 y 2018.

⁴⁸ Declaración de Impacto Ambiental Proyecto de exploración Brechas Tingo. Compañía Minera Aurífera del Sur S.A. Constancia de aprobación automática N.º 049-2009-MEM-AAM.

⁴⁹ Informe N.º 322-2018-OEFA-DEAM/STEC. Evaluación Ambiental Temprana en el área de influencia del proyecto de exploración minera El Galeno de Lumina Copper S.A.C, durante el 2017 y 2018.

En relación a los macroinvertebrados bentónicos, se observó una tendencia a incrementar su riqueza principalmente en QYana1, observándose un mayor porcentaje de especies facultativas y sensibles manifestándose en una calidad ecológica que fluctuó de «buena» a «muy buena». Estas condiciones antes mencionadas en el punto QYana1 junto a la conservación de la ribera, disponibilidad de microhábitats y cercanía al río Grande favorecieron la presencia de peces, como «trucha arcoíris» (*Oncorhynchus mykiss*) y «lifes» (*Astroblepus* sp.), que persisten a pesar de las actividades de agricultura y ganadería que se desarrollan en torno al punto evaluado.

Adicionalmente, en todos los puntos evaluados en la quebrada Yanacocha se registró la presencia de microplásticos, indicando la perturbación antrópica (Figura 9.12).

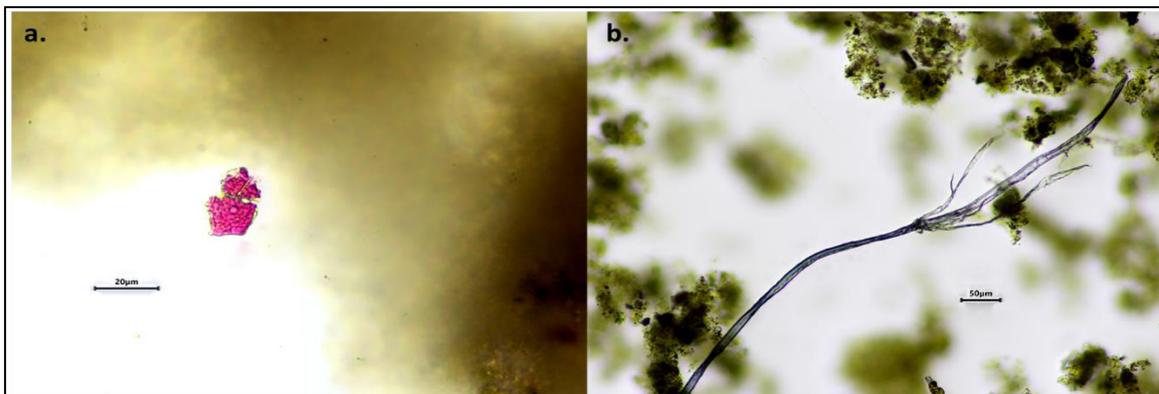


Figura 9.12. Microplásticos observados en la microcuenca Yanacocha a. QYana1 y b. QYana3

La laguna Lipiac, presentó agua de facies bicarbonatada cálcica, con pH ácido y nitrógeno total que incumplieron los ECA para agua Cat. 4. Ambos parámetros se encuentran relacionados a la descomposición de la materia orgánica (Roldan y Ramírez, 2008), y se descarta la influencia litológica (cuarcita) donde se emplaza esta laguna, como fuente generadora de acidez⁵⁰. Por otro lado, la presencia de materiales finos (limos y arcillas >50%) y materia orgánica (>11%) en el sedimento favorecieron la acumulación de arsénico, cobre, mercurio y plomo que superaron los valores de la guía canadiense, que a su vez están asociados a los elementos guía del pórfido cobre – molibdeno.

Las comunidades hidrobiológicas en esta laguna presentaron más especies del macrobentos durante la temporada de avenida, resaltando las familias Dytiscidae y Chironomidae, además de los oligoquetos, estos dos últimos taxa ya han sido descritos como tolerantes a cambios ambientales (Acosta *et al.*, 2009; Domínguez & Fernández, 2009). Respecto al plancton, presentó un patrón contrario al macrobentos con mayor riqueza durante el estiaje siendo más abundantes el phylum Bacillariophyta (64%) resaltando las especies *Eunotia mucophila* y *Frustulia* sp.; en tanto que, durante la temporada de avenida dominaron las Cyanobacterias (58%) principalmente la especie *Aphanocapsa* cf. *Delicatissima* y tuvo la menor riqueza de todas las lagunas evaluadas en el área de estudio. La presencia de estas especies podría estar relacionada a las condiciones ácidas de esta laguna donde autores como Roldán y Ramírez (2008) ya han resaltado el amplio rango de tolerancia ambiental.

En cuanto a los pozos artesianos de consumo humano, presentaron facies bicarbonatada cálcica, y los metales no excedieron los ECA para agua Categoría 1A1. Estas características se deben a que dichos manantiales, captados mediante pozos artesianos, afloran en rocas carbonatadas (calizas) de la Formación Yumagual (Figura 9.13).

⁵⁰ Informe N° 00278-2019-OEFA/DEAM-STEC. Caracterización geológica del área de las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada, y los pasivos ambientales mineros (depósitos de desmonte) ubicados en las márgenes del río Michiquillay, la quebrada Carbón y el sector aeropuerto.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

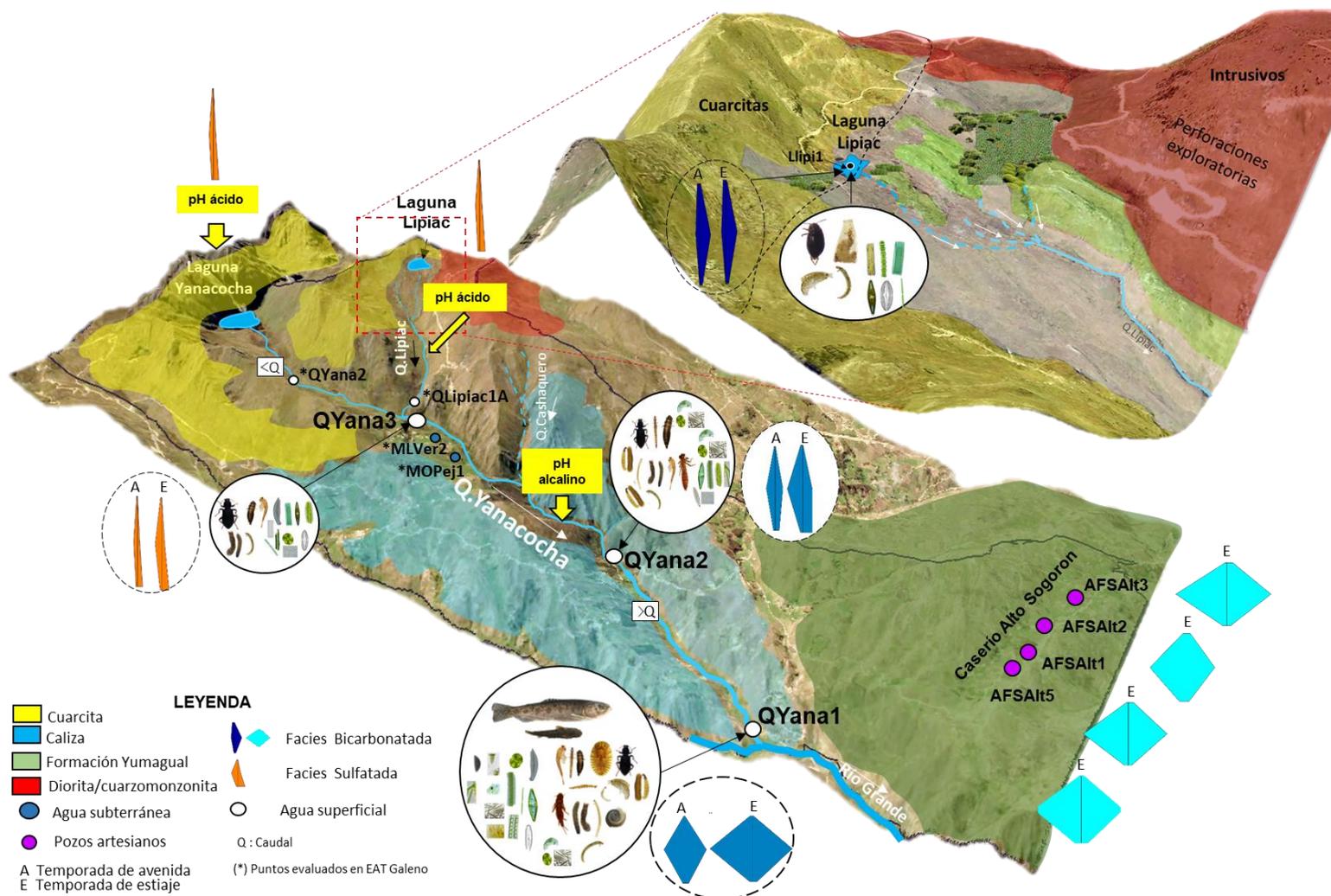


Figura 9.13. Representación gráfica de la microcuenca Yanacocha

9.3 Microcuenca Chanche

La quebrada El Carbón (QCarb1) nace de la laguna del mismo nombre, aguas abajo recibe aportes de la quebrada El Lago (QELag), Luchocolpana (QLuch) reunidas en la quebrada El Carbón (QCarb2), luego recibe el aporte de la quebrada La Boya (QLBoy), esta última formada de las lagunas La Boya y Monte Redondo, todas estas quebradas confluyen finalmente en la quebrada Chanche. Cabe indicar, que entre los puntos QCarb1 y QCarb2 se realizan actividades de minería informal. Asimismo, las lagunas se formaron por represamientos para actividades agrícolas (Figura 8.131).

Las quebradas El Carbón, Luchocolpana y El Lago presentaron facies bicarbonatada cálcica en ambas temporadas; mientras que la quebrada Chanche y La Boya presentaron cambios en sus facies hidroquímicas de acuerdo a la temporalidad. Asimismo, el pH registró valores ácidos fuera del rango de los ECA para agua Cat. 3 en los puntos: QCarb1 en ambas temporadas; y en QELag, QCarb2 y QChan en estiaje.

Las rocas (cuarcitas) donde se emplazan la quebrada y la laguna El Carbón no generan drenaje ácido; sin embargo, debido a actividades antrópicas como el represamiento de esta laguna desde 2015 y las actividades de extracción mineral (aproximadamente a 1,8 km aguas abajo de la laguna), expusieron una mayor superficie a oxidación, generando que el agua adquiera características ácidas (Figura 9.14).

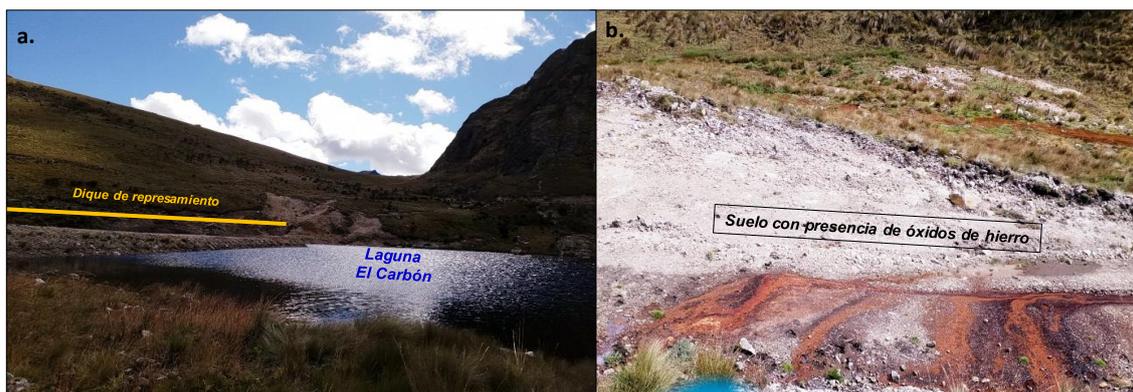


Figura 9.14. Vista panorámica de la laguna El Carbón **a.** Represamiento de la laguna y **b.** Presencia de óxidos de hierro al pie del dique de represamiento de la laguna

En cuanto al valor ligeramente ácido en la quebrada El Lago (pH: 6,46) estas tendrían su origen en la cuarcita por donde discurre el agua, la cual fue potencial generador de acidez⁵¹. Las quebradas El Lago y El Carbón confluyen en el punto QCarb2, y luego en la quebrada Chanche (QChan) las cuales adquirieron esta ligera acidez en temporada de estiaje.

En cuanto a los metales, el manganeso fue el único parámetro que superó el ECA para agua Cat. 3 en la quebrada El Lago (QELag) durante la temporada de avenida, esto debido a la erosión del suelo producto de las precipitaciones pluviales, evidenciado en los altos valores de turbidez (NTU: 63,3) y sólidos totales en suspensión (32 mg/L). Adicionalmente, la roca cuarcita que dio origen a los suelos de esta quebrada, presentó al manganeso como el más abundante de los elementos menores (Figura 9.15).

⁵¹ Muestra de cuarcita (RM-03). Informe N° 00278-2019-OEFA/DEAM-STEC. Caracterización geológica del área de las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada, y los pasivos ambientales mineros (depósitos de desmonte) ubicados en las márgenes del río Michiquillay, la quebrada Carbón y el sector aeropuerto.



Figura 9.15. Quebrada El Lago **a.** Temporada de avenida y **b.** Temporada de estiaje

La variación del caudal en esta microcuenca también influyó en el establecimiento de las comunidades hidrobiológicas (macroinvertebrados bentónicos y perifiton) observándose menor riqueza en los puntos QELag y QLuch durante el estiaje. La influencia del caudal sobre la dinámica de los organismos acuáticos ya ha sido descrita por varios autores (Jacobsen y Encalada, 1998; Domínguez y Fernández, 2009) donde la reducción natural del caudal puede afectar la composición de estas comunidades.

Pese a las características ligeramente ácidas registradas en esta microcuenca durante el estiaje y algunas variaciones hidroquímicas en el agua, la calidad ecológica en los puntos QCarb1, QLuch y QChan fue «buena» en ambas temporadas de evaluación; el punto QELag varió su calidad ecológica de «muy buena» en avenida a «buena» en estiaje debido a la reducción del caudal; mientras que los puntos QCarb2 y QLBoy pasaron de tener una calidad ecológica «moderada» y «mala» en avenida, debido a la influencia de las lagunas Monte Redondo y La Boya (pH ácidos), a una calidad «buena» durante el estiaje. La presencia de las familias Calamoceratidae, Gripopterygidae, Helicopsychidae, Leptophlebiidae y Perlidae indican la conservación del hábitat acuático, y su establecimiento está siendo principalmente afectado por la temporalidad (Anexo 10).

El punto QCarb2 que se encuentra después del aporte de la quebrada Luchocolpana, aguas abajo de las actividades de minería informal⁵² y aledaño a la carretera, en donde los macroinvertebrados presentaron una calidad ecológica «moderada», y se observó una estructura comunitaria menos compleja del perifiton resultando con menos especies que los demás puntos de la microcuenca.

La quebrada La Boya presentó facie sulfatada cálcica, además de una mayor diversidad de especies para el perifiton y los macroinvertebrados en relación a los otros puntos de la microcuenca en estiaje, apareciendo aquí el phylum Ochrophyta el cual también se registró en la quebrada Chanche.

En relación con las lagunas Monte Redondo, La Boya y El Carbón presentaron aguas ácidas (pH: 4,24 – 6,69) y concentraciones de nitrógeno total que superaron los ECA Cat. 4. Asimismo, solo la laguna Monte Redondo presentó facies sulfatada cálcica con concentraciones de plomo y cobre que excedieron el estándar referido, esto se debería a actividades de represamiento de la laguna, las cuales expusieron las rocas intrusivas a meteorización.

La laguna Monte Redondo presentó facies sulfatada cálcica, que por rebose en temporada de avenida tributa a la quebrada La Boya otorgándole estas características, en la parte baja

⁵² Ubicada en la margen izquierda de la quebrada El Carbón, con coordenadas UTM WGS 84: E: 799026; N:9225201; altitud 3707 m s.n.m.

se presenta la laguna La Boya que presentó características bicarbonatadas cálcicas, cuyas aguas también descargan a la quebrada La Boya en menor proporción. La quebrada Chanche (QChan) también presentó variación en cuanto a su hidroquímica de bicarbonatada cálcica en temporada de avenida a sulfatada cálcica en estiaje, esto se debería a los aportes de flujos subterráneos que atraviesan rocas intrusivas en el sector Punre (Figura 9.16).

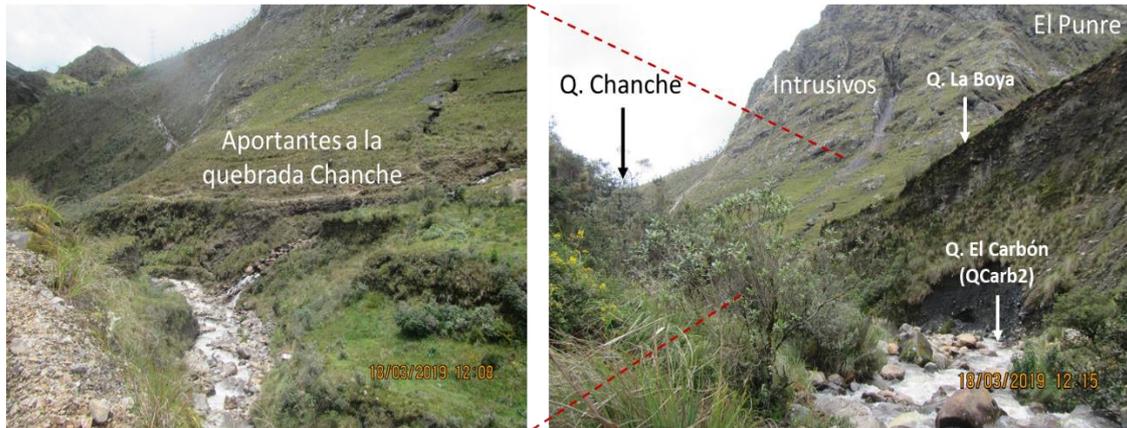


Figura 9.16. Afloramientos de agua subterránea que atraviesan intrusivos en el sector Punre que descargan a la quebrada Chanche

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos en las lagunas de esta microcuenca, presentaron mayor riqueza durante la temporada de avenida. En las lagunas El Carbón y La Boya Monte Redondo dominaron los Hemípteros de la especie *Ectemnostega* sp.; y en la laguna La Boya predominaron los oligoquetos y Chironomidae. Estos taxa han sido descritos como tolerantes a cambios ambientales (Acosta *et al.*, 2009; Domínguez & Fernández, 2009); en tanto que la alta abundancia del orden Hemiptera estaría relacionado a su capacidad cosmopolita para vivir en diferentes ambientes acuáticos, donde sus hábitos alimenticios (depredadores, detritívoros y alguívoros) favorecieron su permanencia en las lagunas donde se encontraron.

Respecto al plancton se observó una tendencia a incrementar su riqueza en estiaje; asimismo, el fitoplancton estuvo conformado principalmente por los phyla Bacillariophyta, Charophyta y Chlorophyta resaltando en todas las lagunas la densidad de la diatomea *Tabellaria flocculosa*. Otras especies como *Asterococcus superbis* (Chlorophyta) también presentaron altas densidades en las lagunas La Boya y El Carbón estando ausente en Monte Redondo, donde los pH fueron más ácidos (pH:4,24 - 4,63) registrándose más especies del phylum Charophyta y otras diatomeas asociadas a acidez de los géneros *Eunotia* y *Pinnularia* (Battarbee *et al.*, 1999; De Nicola, 2000). Al respecto, autores como Round *et al.* (1990) ya han señalado que muchas especies del género *Tabellaria* pueden vivir en ambientes acuáticos ligeramente ácidos, debido a la capacidad que tienen muchas diatomeas (Bacillariophyta) y algas verdes (Chlorophyta) de desarrollarse bajo una variada gama de condiciones (Roldán & Ramírez, 2008) como las presentadas en las lagunas de esta microcuenca (Figura 9.17).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

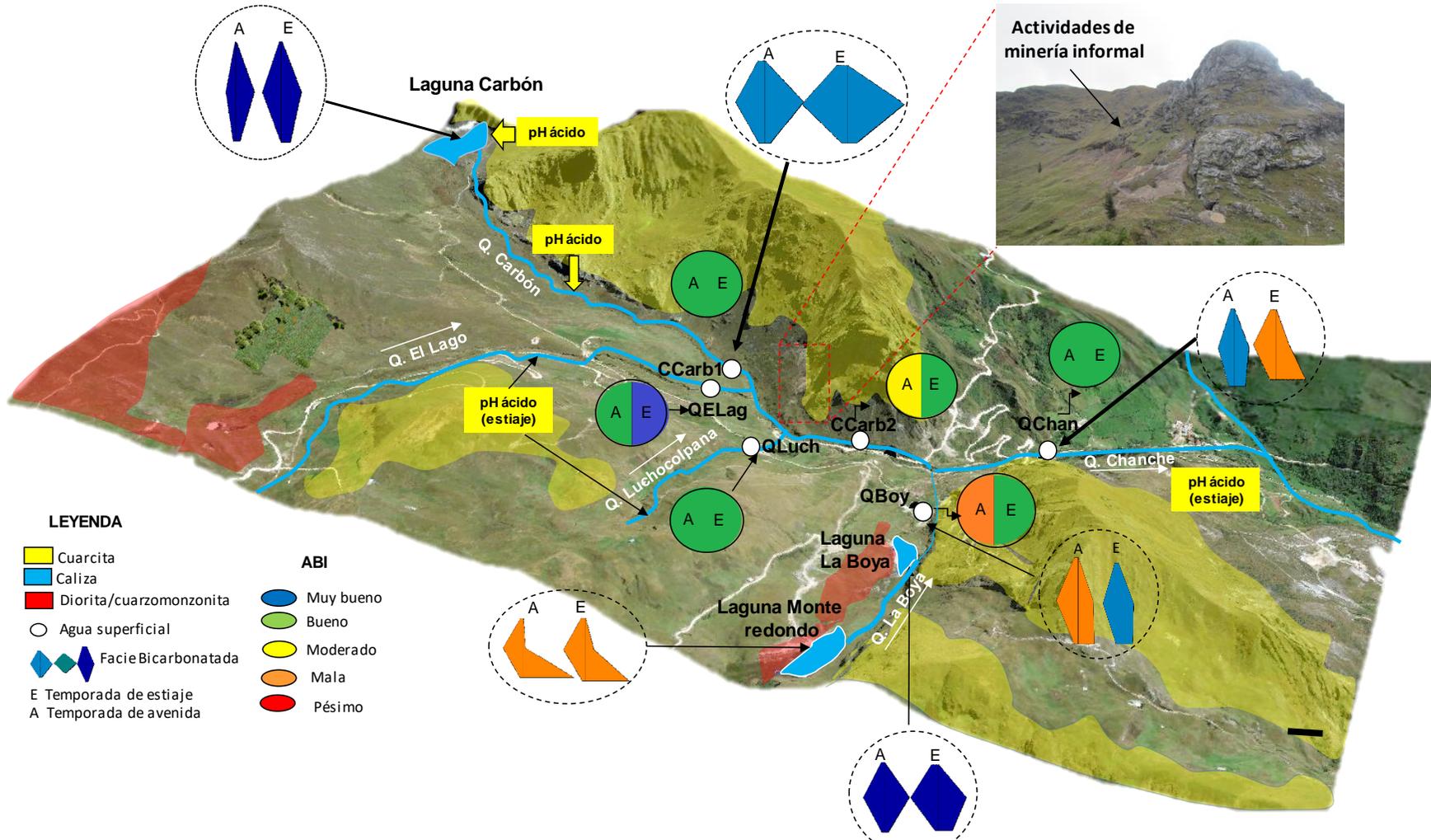


Figura 9.17. Representación gráfica de la microcuenca Chanche

9.4 Microcuenca Cotocuna

Esta microcuenca está formada por las quebradas sin nombre que nace en la laguna Tarucacocha, confluye con la quebrada Vigón y dan origen a la quebrada Cotocuna, resalta la presencia de bofedales en la naciente de la quebrada Vigón (HBoF-4) y aledaños a la laguna Tarucacocha (HBoF-1 y HBoF-2).

Las quebradas, lagunas y bofedales presentaron facies bicarbonatada cálcica, pH que variaron entre 4,65 – 7,23; siendo los bofedales los que presentaron valores más ácidos que los demás cuerpos de agua. Estas características de los bofedales se deberían a cuarcitas pertenecientes a la Formación Carhuaz, que son generadoras de acidez⁵³, así como la degradación de materia orgánica; evidenciándose en la presencia de los géneros *Pinnularia* y *Eunotia* asociados a baja conductividad y pH ácido (Metzelin & Lange-Bertalot, 1998).

En relación a las quebradas se presentaron bajas concentraciones de metales que no excedieron los ECA para agua Cat. 3. En las comunidades hidrobiológicas, el perifiton presentó mayor abundancia de diatomeas registrándose especies como *Tabellaria flocculosa* asociada a pH levemente ácidos (Krammer & Lange-Bertalot, 2000) y *Hannanea arcus* que es tolerante a la variación de nutrientes y a bajas temperaturas (Kim & Lee, 2017).

En cuanto a la calidad ecológica según el ABI las quebradas Vigón y Sin nombre pasaron de tener una calidad «buena» durante la temporada de avenida a «muy buena» durante el estiaje caracterizados por especies sensibles de las familias Calamoceratidae, Griptopterygidae, Leptophlebiidae e Hydrobiosidae (Anexo 10); mientras que la quebrada Cotocuna pasó de «buena» a «moderada» debido a la ausencia de especies sensibles en la temporada de estiaje y al incremento de especies tolerantes a cambios ambientales (Domínguez y Fernández, 2009) como los Chironomidae (Díptera). Estos resultados se relacionaron con la presencia de «trucha arcoíris» (*Oncorhynchus mykiss*) cuyos hábitos alimenticios tiene un rol importante en la cadena trófica de esta quebrada.

En la quebrada Vigón (QVigo) y el bofedal ubicado en su naciente (HBoF-4) se registró alga roja *Batrachospermum* sp. en estiaje, relacionada a aguas con baja velocidad de corriente, y alto contenido de sustancias húmicas, que pueden provenir del bofedal, este género es sensible a las modificaciones de su entorno (Eloranta, Eloranta & Peramaki, 2016).

En relación a la laguna Tarucacocha presentó pH ácido y nitrógeno total que se encontraron fuera de lo establecido en los ECA para agua Cat.4; parámetros asociados a la descomposición de la materia orgánica (Roldan y Ramírez, 2008). En sedimentos se presentaron pH ácidos, sulfatos (hasta 15810 mg/kg en estiaje); además, concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, mercurio, plomo y zinc que excedieron los valores de la guía canadiense. Estas condiciones en el sedimento nos permiten inferir que la degradación de rocas intrusivas mineralizadas aledaños a la laguna son la fuente de origen; además, se encuentra emplazada en cuarcitas generadoras de acidez.

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la laguna Tarucacocha fue más abundante durante la temporada de avenida resaltando el orden Amphipoda (66%). La importancia de este orden radica en su papel dentro de la cadena trófica, logrando alcanzar altas abundancias y biomasa dentro de un ecosistema acuático (Greene & Grizzle, 2007). En cuanto a la riqueza de la comunidad fitoplanctónica, estuvo representada por los phyla Bacillariophyta y Charophyta; y, la zooplanctónica por Arthropoda, Amoebozoa y Cercozoa

⁵³ Muestra RM-20. Informe N° 00278-2019-OEFA/DEAM-STEC. Caracterización geológica del área de las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada, y los pasivos ambientales mineros (depósitos de desmonte) ubicados en las márgenes del río Michiquillay, la quebrada Carbón y el sector aeropuerto.

(Figura 8.180 y 8.182). La alta abundancia del phylum Bacillariophyta (48% del total de microalgas) se debe a que este grupo está ampliamente diversificado en las aguas dulces (Roldán & Ramírez, 2008) resaltando la densidad de la diatomea *Tabellaria flocculosa* (46750 microalgas/L). Al respecto, autores como Round *et al.* (1990) ya han señalado que muchas especies del género *Tabellaria* pueden vivir en ambientes acuáticos ligeramente ácidos, como la laguna Tarucacocha que presentó pH entre 6,33 – 6,67 unidades durante ambas temporadas de evaluación.

Por otro lado, la laguna presentó alto contenido de nitrógeno y una alta densidad de especies propias de ambientes mesotróficos como *Tabellaria flocculosa*, *Cymbella cf. cistula*; por otro lado, la segunda especie con mayor abundancia fue *Dinobryon sertularia* propia de ambientes oligotróficos (Reynolds, 2006), por tanto, se deduce que la laguna se encuentra en una fase mesotrófica al presentar especies que toleran una deficiencia de nutrientes (Figura 9.18).

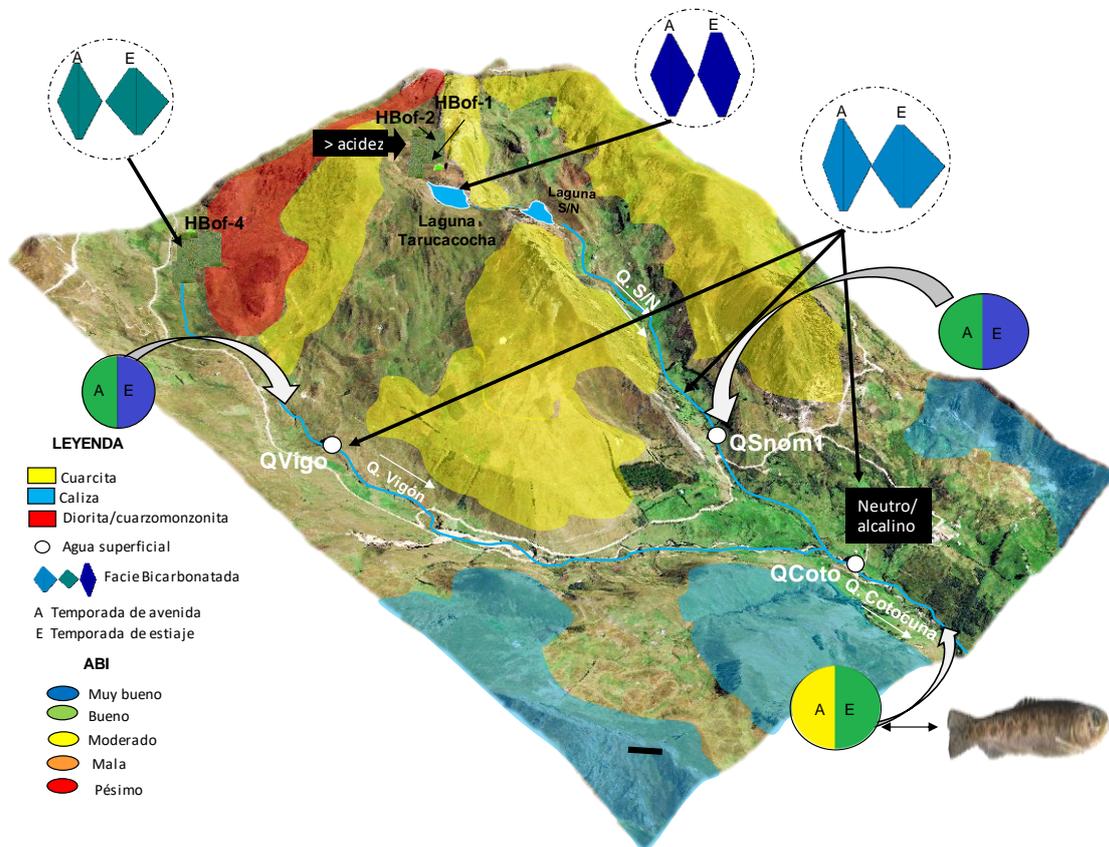


Figura 9.18. Representación gráfica de la microcuenca Cotocuna

Durante la evaluación del bofedal aledaño a la laguna Tarucacocha, se registró actividades de minería informal⁵⁴ que empezaron a desarrollarse después de la temporada de avenida, y perturbaron áreas aledañas a los bofedales, mediante la apertura de accesos (trocha carrozable) y disposición del material extraído. Cabe precisar que las actividades mineras informales se están desarrollando en la concesión minera Ayahuanca 328⁵⁵ perteneciente a

⁵⁴ Actividad minera ubicada aproximadamente a 60 m al norte del bofedal aledaño a la laguna Tarucacocha, con coordenadas UTM WGS 84: E: 799785; N:9223500; altitud 3835 m s.n.m.

⁵⁵ Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - Ingemmet, 2019. GEOCATMIN: Catastro Minero del Perú. Resumen de derecho minero. Código 010278603. Concesión: Ayahuanca 328. Disponible en: https://www.ingemmet.gob.pe/igm-sidemcat-portlet/ver-resumen?pCodigo_DM=010278603

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

la empresa Yanacocha S.R.L. (Figura 9.19). Adicionalmente, se ha registrado microplásticos en las quebradas Vigón y Cotocuna, así como la laguna Tarucacochoa (Figura 9.20).

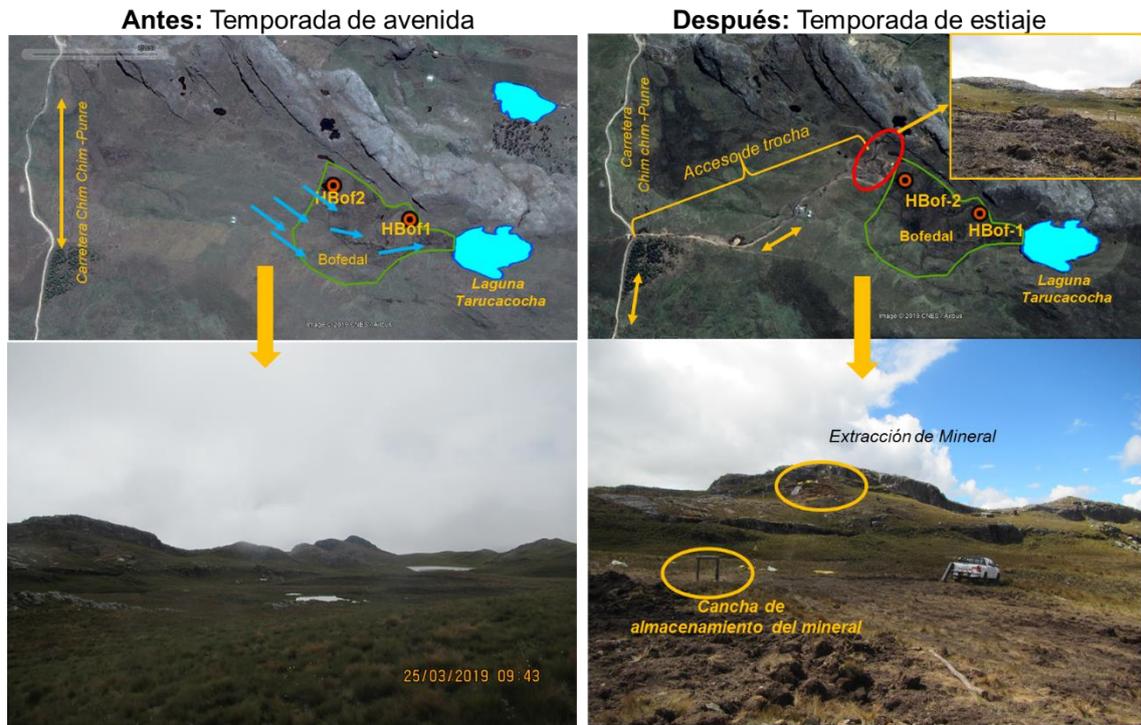


Figura 9.19. Perturbación de áreas aledañas a bofedales producto de actividades de minería informal en la concesión minera Ayahuanca 328.

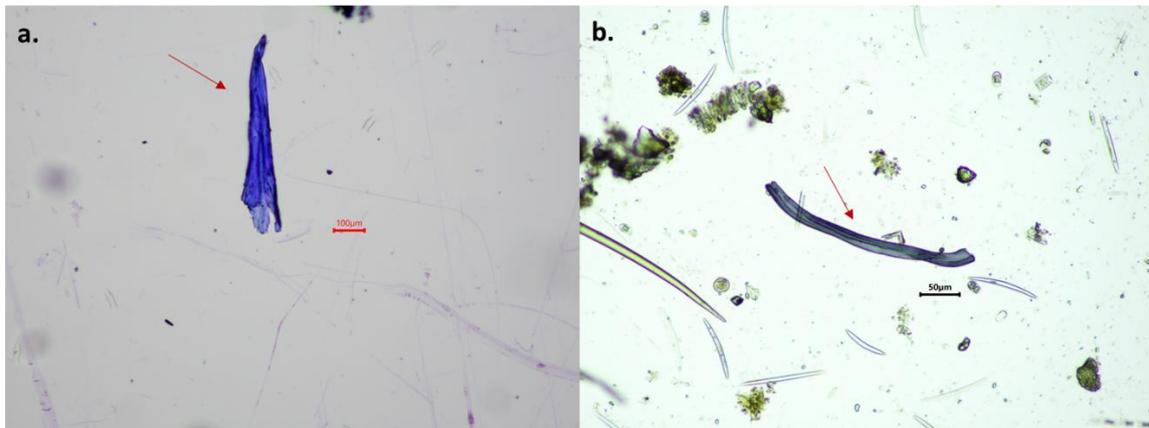


Figura 9.20. Microplásticos observados en la microcuenca Cotocuna a. Laguna Tarucacochoa y b. Quebrada Cotocuna

7 CONCLUSIONES

Microcuenca La Encañada

Las rocas encajantes del complejo mineralizado están constituidas por cuarcitas y calizas. Las cuarcitas se caracterizaron por ser generadoras de acidez y están distribuidas en las nacientes de las quebradas de la microcuenca La Encañada, donde se encuentran los bofedales y lagunas que, por procesos de descomposición de material vegetal, evidenciadas en el aumento del nitrógeno total, acentuaron estas características ácidas. Por otro lado, las calizas, que se distribuyen en la parte baja de la microcuenca proporcionan una ligera alcalinidad a los cuerpos de agua.

Las lagunas presentaron elevadas concentraciones de metales en sedimento como arsénico, cadmio, cobre, mercurio, plomo y zinc que excedieron los valores de la guía canadiense, la presencia de estos metales y metaloides están relacionados a este tipo de yacimiento (pórfido Cu-Mo) por ser elementos guía (*pathfinder*).

Los manantiales, bofedales, quebradas y ríos evaluados presentaron en su mayoría facies bicarbonatadas cálcicas en ambas temporadas, propia de aguas meteóricas o recientes (flujos sub-superficiales). Solo 5 manantiales presentaron diferentes facies hidroquímicas, 4 presentaron facies sulfatadas (AFCocho1, AFCohco3, AFBaNg4 y FMich-04) y uno clorurada (AFMichi2), estas variaciones se deberían al contacto entre intrusivos y cuarcitas, la presencia de componentes iónicos bajos y a las previas actividades de exploración.

En las comunidades hidrobiológicas de macroinvertebrados bentónicos y perifiton en ríos y quebradas se observó valores de diversidad media y alta en los puntos con características neutras-alcalinas; mientras que, los valores bajos de diversidad estuvieron asociados a las condiciones de acidez de los cuerpos de agua. En ambientes lenticos las comunidades hidrobiológicas están adaptadas a las características de cada laguna, presentando especies oportunistas y tolerantes que pueden aumentar su población de acuerdo a los cambios de nutrientes y temporalidad. En bofedales la comunidad de perifiton presentó mayor riqueza en comparación con los macroinvertebrados bentónicos, registrando especies adaptadas a la temporalidad de estos ecosistemas.

El río Michiquillay nace de flujos locales que interceptan la superficie formando manantiales y bofedales. Presentó facies bicarbonatada cálcica, pH alcalinos y baja carga de metales en la parte alta. Mientras que, en la parte media y baja, sus facies hidroquímicas variaron a sulfatadas cálcicas y pH ácido en temporada de estiaje, con elevados contenidos de cobre. Estos cambios son producidos en menor proporción por la presencia de intrusivos mineralizados y depósitos cuaternarios, y en mayor proporción por la descarga proveniente de la bocamina «El Túnel». Estas variaciones en el agua fueron evidenciadas en la composición de las comunidades hidrobiológicas, en perifiton se registraron los géneros *Leptolyngbya* y *Pseudanabaena* tolerantes a altas concentraciones de metales y en macrobentos se observó una tendencia a disminuir la calidad ecológica desde la parte alta hacia la baja.

El agua subterránea evaluada mediante los piezómetros ubicados aguas arriba y aguas abajo del depósito de relaves, presentó facies bicarbonatadas cálcicas, bajas concentraciones de metales y valores de pH que se encontraron dentro de los valores establecido en los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3, a excepción del manganeso, en el piezómetro ubicado aguas arriba del depósito.

El efluente (ARI-05) ubicado en tierras afectadas superficialmente por drenaje ácido y material de desmonte presentó facies sulfatada cálcica, pH ácido y elevadas concentraciones de cobre y zinc total que superaron los límites máximos permisibles (LMP) de efluentes líquidos de Actividades Minero Metalúrgicas (Decreto Supremo N.º 010-2010-MINAM). Asimismo, el efluente proveniente del subdrenaje del depósito de relaves (ARI-03) presentó facies sulfatada cálcica, pH alcalino (9,41 unidades) y concentraciones de zinc total que superaron los LMP.

La presión sonora en el caserío de Rodacocha y los sectores Quinuayoc, Michiquillay, Tuyupampa, y Quinuamayo Bajo varió entre 45,1 dB y 57,4 dB, no superando el valor (60 dB) los Estándares de Calidad Ambiental para ruido (Decreto Supremo N.º 085-2003-PCM) en horario diurno para zona residencial.

Microcuenca Yanacocha

Esta microcuenca presentó bajo contenido de metales que no superaron los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3., además de variaciones en sus facies hidroquímicas y pH influenciados por la litología; debido a que, en la parte alta se presentan rocas intrusivas y cuarcitas de la formación Farrat, en cambio en la parte media y baja se encuentran rocas carbonatadas de las formaciones Yumagual, Pariatambo y Chulec donde afloran manantiales que contribuyen con esta variación. Las condiciones descritas, así como la temporalidad, la agricultura y ganadería influyeron en la composición de la comunidad de perifiton y en la calidad ecológica.

La laguna Lipiac presentó facies bicarbonatada cálcica, pH ácido y nitrógeno total que superaron los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 4 subcategoría E1., estos valores están relacionados principalmente por proceso de humificación de la materia orgánica. En sedimento, las concentraciones de arsénico, cobre, mercurio y plomo superaron los valores de la guía canadiense, por ser elementos guía del pórfido cobre – molibdeno. En cuanto a las comunidades hidrobiológicas (macroinvertebrados bentónicos y plancton) la riqueza de esta laguna presentó bajos valores de diversidad en ambas temporadas.

Los pozos artesianos para consumo humano ubicados en el caserío «Alto Sogoron» presentaron facies bicarbonatada cálcica y bajo contenido de metales que no superaron los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 1 subcategoría A1, debido a que afloran en rocas carbonatadas de la formación Yumagual.

Microcuenca Chanche

Las quebradas El Carbón, Luchocolpana y El Lago presentaron facies bicarbonatadas cálcicas, bajas concentraciones de metales en ambas temporadas, valores de pH que se encontraron dentro de lo establecido en los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3, a excepción del pH en las quebradas El Carbón (QCarb1) en ambas temporadas, El Lago, El Carbón (QCarb2) y Chanche en estiaje, debido al aporte de aguas ácidas por el represamiento de la laguna El Carbón, minería informal y la presencia de cuarcitas. Asimismo, el manganeso superó los Estándares de Calidad Ambiental para agua referidos en la quebrada El Lago, producto de la erosión del suelo por precipitación.

Las quebradas La Boya y Chanche presentaron variaciones de facies hidroquímicas, pasando de sulfatada cálcica en avenida a bicarbonatada cálcica en estiaje en La Boya, y viceversa en Chanche. Las variaciones en la quebrada La Boya fueron originadas por el mayor aporte de aguas de la laguna Monte Redondo que presentó facies sulfatada cálcica, mientras que en la quebrada Chanche se deberían a los aportes de flujos subterráneos que atraviesan rocas intrusivas en el sector Punre. Ambas quebradas presentaron bajas

concentraciones de metales que no superaron los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 en ambas temporadas.

Las comunidades hidrobiológicas de las quebradas El Carbón (QCarb1), Luchocolpana, El Lago y Chanche presentaron mayor riqueza coincidiendo con el índice ABI que los calificó con una calidad ecológica entre «buena» y «muy buena», a diferencia de lo reportado en las quebradas El Carbón (QCarb2) y La Boya; que presentaron una calidad ecológica entre mala, moderada y buena. A pesar de las condiciones descritas en la quebrada La Boya y El Carbón (QCarb2), persisten especies sensibles del macrobentos como *Atopsyche* sp., *Meridialaris* sp. y *Banyallarga* sp., así como de microalgas adaptadas a una amplia tolerancia a cambios ambientales como *Tabellaria flocculosa*, *Fragilaria capuccina* y *Leptolyngbya* sp.1.

Las lagunas El Carbón y La Boya presentaron facies bicarbonatadas cálcicas y Monte Redondo sulfatada cálcica, todas presentaron pH ácidos y nitrógeno total que superaron los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 4 subcategoría E1; además, se registraron concentraciones de plomo y cobre que superaron el estándar referido en la laguna Monte Redondo. El pH ácido y nitrógeno total fueron relacionados a la descomposición de materia orgánica, mientras que los metales a las características geológicas (intrusivos) en la que se emplazan estas lagunas. Bajo estas condiciones predominaron los macroinvertebrados bentónicos de los taxa Oligochaeta y Chironomidae tolerantes a cambios ambientales y en el plancton especies del phylum Charophyta y otras diatomeas asociadas a acidez de los géneros *Eunotia* y *Pinnularia*.

Microcuenca Cotocuna

En la cabecera de la microcuenca se encuentran bofedales asociados a la laguna Tarucacocha y quebrada Vigón de facies bicarbonatadas cálcicas, con bajo contenido de metales que no superaron los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 y 4; presentándose pH ácidos en la laguna Tarucacocha y bofedales asociados, que estuvieron fuera de lo establecido en los estándares referidos. Los pH ácidos están asociados al emplazamiento de las cuarcitas de la formación Carhuaz y fueron incrementados por la degradación de la turba de los bofedales, el mismo que aumentó las concentraciones de nitrógeno total que superaron los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 4.

La laguna Tarucacocha a pesar de tener características ácidas y presencia de microplásticos, se encuentra en fase mesotrófica debido a la mayor abundancia de las especies *Tabellaria flocculosa* (especie mesotrófica) y *Dinobryon sertularia* (especie oligotrófica); además, de registrarse una alta abundancia del orden Amphipoda en los macroinvertebrados.

Las quebradas de esta microcuenca son de facies bicarbonatadas cálcicas, ligeramente ácidas, y con bajas concentraciones de metales que no superaron los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3; Condiciones que favorecieron al perifiton con el predominio de las especies *Tabellaria flocculosa* asociada a pH ligeramente ácidos y *Hannanea arcus* tolerante a la variación de nutrientes y bajas temperaturas.

Las quebradas Vigón y Sin nombre presentaron una calidad ecológica que varío de «buena» a «muy buena» caracterizadas por especies sensibles de las familias Calamoceratidae, Gripopterygidae, Leptophlebiidae e Hydrobiosidae. En cambio, la quebrada Cotocuna, tuvo una calidad ecológica «buena» en avenida y «moderada» en estiaje, debido a la ausencia de especies sensibles e incremento de especies tolerantes, además de la presencia de trucha arcoíris cuyos hábitos alimenticios tienen un rol importante en la cadena trófica de esta quebrada.

8 RECOMENDACIONES

Derivar el presente informe a la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas, Autoridad Nacional del Agua, Ministerio de Energía y Minas, Gobierno Regional de Cajamarca, Municipalidad distrital La Encañada, y a las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada.

9 ANEXOS

- Anexo 1: Informe N.º 364-2018-OEFA-DEAM-STEC. Evaluación Ambiental Temprana (Preliminar) en el área de influencia del proyecto de exploración minera Michiquillay, de Southern Perú Copper Corporation - Sucursal del Perú, en el distrito La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca, durante el 2018.
- Anexo 2: Informe N.º 00278-2019-OEFA/DEAM-STEC. Caracterización geológica del área de las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada, y los pasivos ambientales mineros (depósitos de desmonte) ubicados en las márgenes del río Michiquillay, la quebrada Carbón y el sector aeropuerto.
- Anexo 3: Informe N.º 301-2019-OEFA-DEAM-STEC. Evaluación de flora y fauna correspondiente a la evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Michiquillay, en el distrito de La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca.
- Anexo 4: Informe N.º 310-2019-OEFA-DEAM-STEC. Determinación de los valores de nivel de fondo y de referencia para metales y metaloides de los suelos Michiquillay, Michiquillay Misceláneo Roca, Quinuayoc Sogoron, Sogoron Misceláneo Roca y bofedales en las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada.
- Anexo 5: Informe N.º 311-2019-OEFA-DEAM-STEC. Diagnóstico de la situación comunitaria de las localidades ubicadas en el ámbito del proyecto de exploración Michiquillay.
- Anexo 6: Reportes de campo (RC)
RC 003-2019-STEC
RC 021-2019-STEC
RC 037-2019-STEC
- Anexo 7: Reportes de resultados (RR)
RR 036-2019-STEC
RR 037-2019-STEC
RR 038-2019-STEC
- Anexo 8: Mapas de clasificación hidroquímica
- Anexo 9: Resultados de informes de monitoreo de agua y efluentes realizados por Anglo American Michiquillay y el OEFA
- Anexo 10: Número de especies de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por grupos bioindicadores, definidos referencialmente a partir del índice ABI.

10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M. & Prat, N. (2009). Propuesta de un Protocolo de Evaluación de la Calidad Ecológica de Ríos Andinos (C.E.R.A) y su Aplicación a dos Cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1), 35-64.
- Battarbee, R.W., Charles, D.F., Dixit, S.S., Renberg, I. (1999). Diatoms as indicators of surface water acidity, In: *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences*, edited by E.F. Stoermer and J.P. Smol). Cambridge University Press, Cambridge.
- Bray J.P., Broady P.A., Niyogi D.K. & Harding J.S. (2008). Periphyton communities in New Zealand streams impacted by acid mine drainage. *Marine and Freshwater Research*. 59, 1084–1091
- Canadian Council of Ministers of the Environment (2002). Canadian Environmental Quality Guidelines. Sediment. Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life – Fresh water (Valores guía de calidad ambiental de Canadá para sedimentos en cuerpos de agua dulce).
- Centeno, E.R. (2014). Optimización en la estimación de recursos y límite de explotación en el proyecto Michiquillay. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/2441>
- CEPRI (2002) - Perú: Mining privatization process, p. 12. Ministerio de Energía y Minas.
- Charman, D. J. (2009). Peat and Peatlands. *Earth Systems and Environmental Sciences*, 541–548.
- Crisci J.V., López Armengol M.F. (1983). Introducción a la teoría and práctica de la taxonomía numérica. Washington: OEA. (serie de biología, no. 26);132.
- Custodio, E., y Llamas, M.R. (1996). Hidrología Subterránea. 2a ed. Barcelona, España: Omega.
- Davies, R.C. & Williams, P.J. *Miner Deposita* (2005) 40: 598. <https://doi.org/10.1007/s00126-005-0026-6>
- DeNicola, D.M. (2000). A review of diatoms found in highly acidic environments. *Hydrobiologia*, 433, 111-122.
- Domínguez, E. & Fernández, H. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología. 1era edición. Tucumán, Argentina. Fundación Miguel Lillo.
- Granados-Ramírez, JC; Barragán-Zaragoza, P; Trejo-Albarrán, R y Martínez-Alaní, M. (2017). Macroinvertebrados bentónicos de dos lagos de alta montaña en el estado de Morelos, México. *Rev. Intropica*. ISSN 1794-161X. Vol. 12. No. 1. 41 – 53. Santa Marta, Colombia. DOI: <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.2206>
- Greene, J. K. & R. E. Grizzle. (2007). Successional development of fouling communities on open ocean aquaculture fish cages in the western Gulf of Maine, USA. *Aquaculture*, 262: 289-301.
- Halffter, G. (1998) La Diversidad Biológica en Iberoamérica III, México, Instituto de Ecología, A.C., Volumen Especial, Acta Zoológica mexicana, nueva serie, 223 pp.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., and P. D. Ryan, (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontologia Electronica* 4(1): 9pp.

- Hollister, V. F. y Sirvas, E. B. (1974). The Michiquillay porphyry copper deposit. *Mineralium Deposita*, 9: 261-269.
- INGEMMET (1980) Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajambamba 15-f, 15-g, 16-g - [Boletín A 31]. Lima. Perú.
- INGEMMET (2007) -GR-4: Volcanismo cenozoico (Grupo Calipuy) y su asociación a los yacimientos epitermales, Norte del Perú.
- Eloranta, P.; Eloranta, A. & Perämäki P. (2016). Intensive study of freshwater red algae (Rhodophyta) in Finland. *Fottea*, 16(1):122-132 | DOI: 10.5507/fot.2015.025
- Jacobsen, D., & Encalada, A. (1998). The Macroinvertebrate fauna of Ecuadorian high-land streams in the wet and dry season. *Archiv fur Hydrobiologie*.
- Kim YJ. & Lee, OM. 2017. A study of low-temperature and mountain epilithic diatom community in mountain stream at the Han River system, Korea. Article in *Journal of Ecology and Environment* 41(1). DOI: 10.1186/s41610-017-0048-x
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (2000) Bacillariophyceae 5. English and French translation of the keys. In: Büdel, B., Gärtner, G., Krienitz, L. & Lokhorst, G. M. (eds.). *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. 2(5), 311 pp. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg-Berlin 142(1), 53-70.
- Kivrak, E., & Uygun, A. (2012). The structure and diversity of the epipellic diatom community in a heavily polluted stream (the Akarçay, Turkey) and their relationship with environmental variables. *Journal of Freshwater Ecology*, 27(3), 443–457.
- Lowe-Mac Connell, R. (1987). *Ecological studies in tropical fish communities*, Cambridge University Press.
- Martínez, L. & J. Donato. (2003). Efectos del caudal sobre la colonización de algas en un río de alta montaña tropical. *Caldasia*, 25(2): 337 – 354.
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey.
- Metzelin, D. & Lange-Bertalot, H. (1998). *Tropische Diatomeen in Südamerika I*. (H. Lange – Bertalot, Ed.), *Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs* (Vol. 5). Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.G.
- Minero Perú (1979). Proyecto en estudio Michiquillay. Informe de proyectos minerometalúrgicos. Minero Perú, Lima, 18 p.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Lima. Por Samanez, V. I., Rimarachín, C. V., Palma G. C., Arana, M. J., Ortega T. H., Correa, R. V. & Hidalgo, D. M.
- Peet, R.K. (1974). The measurement of species diversity. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 5, 285-307.
- Peters, W. C. (1978). *Exploration and mining geology*. New York: Wiley.
- Pielou, E. C. (1975). *Ecological diversity*. New York: John Wiley & Sons.

- Rand, G.M., Hoang, T.C. and Brausch, J.M., (2010). Effects of Zn on Freshwater Microcosms, Ecotoxicology & Risk Assessment Southeast Environmental Research Center. Florida International University.
- Ramírez, AM; Plata-Díaz, Y. (2008). Diatomeas perifíticas en diferentes tramos de dos sistemas lóticos de alta montaña (páramo de Suanturbán, Norte de Santander, Colombia) y su relación con las variables ambientales. *Acta biol. Colomb.*, Vol. 13 No. 1, 199 – 216
- Reynolds C. (2006). *Ecology of phytoplankton (Ecology, Biodiversity and Conservation)*. Ed. Cambridge Univ. Press, New York. 535 pp.
- Roldán, G. (2003). *La bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Editorial Universidad del Antioquia, Medellín. 170p
- Roldán, G. & Ramírez, J.J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical (2da. edición)*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
- Round F, Crawford R, Mann DG. (1990). *The diatoms: biology and morphology of the genera*. Cambridge: Cambridge University Press. p. 747
- Rose, A. W., Hawkes, H. E., & Webb, J. S. (1979). *Geochemistry in mineral exploration (2nd ed.)*. London: Academic.
- Siegel, F.R., (2002). *Environmental geochemistry of potentially toxic metals*. Springer-Verlag, Berlin, 218 pp.
- Shibata, K., and Uchida, K. (1976). K-Ar ages of altered rocks from the Michiquillay mine, Peru. *Bulletin of the Geological Survey of Japan* 27,745-749.
- Sokal, R.R. & Michener, C.D. (1958) *A Statistical Methods for Evaluating Relationships*. University of Kansas Science Bulletin, 38, 1409-1448.
- Vásquez, C., Ariza, A.; Pinilla, G. (2006). Descripción del estado trófico de diez humedales del altiplano cundiboyacense. *Universitas Scientiarum*, 11 (2): 61-75.
- Zamora, H. (2000). Adaptación del índice BMWP para la evaluación biológica de la calidad de las aguas epicontinentales en Colombia. *Unicauca Ciencia* 4: 47-59