



UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ciencias Químicas
Carrera de Ingeniería Ambiental

“Análisis de la variabilidad espacial y temporal de la calidad del agua en una zona de páramo húmedo al sur del Ecuador”.

*Trabajo de titulación previo la obtención
del título de Ingeniera Ambiental.*

AUTORA:

Gloria Verónica Guamán Chalco

C.I.: 0105402259

DIRECTOR:

Ing. Patricio Javier Crespo Sánchez, PhD.

C.I.: 0102572773

ASESOR:

Ing. Juan Patricio Pesántez Vallejo, MSc.

C.I.: 0104894530

Cuenca – Ecuador

11/04/2019

RESUMEN

Los ecosistemas de páramo proveen importantes servicios ambientales para la sociedad. Pese a su importancia, estos ecosistemas enfrentan presiones relacionadas a cambios de uso de suelo, lo cual podría tener influencia negativa en la calidad del agua. Ante ello, esta zona necesita ser caracterizada para evaluar los cambios a futuro. Para lo cual, se llevó a cabo un análisis de variabilidad temporal y espacial de la calidad del agua, y se evaluó la influencia de las variables hidrometeorológicas en los parámetros físico-químicos como compuestos orgánicos, aniones y cationes. El estudio se realizó en cinco microcuencas del páramo húmedo de Quimsacocha, localizado en la Provincia del Azuay al sur del Ecuador. Se elaboró una base de datos con información de calidad del agua comprendida durante el periodo 2003 -2018. Los resultados sugieren (1) una clara influencia de la cantidad de precipitación y caudal en la concentración de la mayoría de parámetros analizados; (2) la variabilidad espacial encontrada permitió clasificar las aguas en tres grupos; (3) se han encontrado concentraciones de metales pesados sobre el límite máximo permisible, lo cual se atribuye a características edafológicas y geológicas propias de la zona y (4) se han encontrado regresiones significativas entre parámetros de calidad del agua y variables meteorológicas. Los resultados obtenidos permiten tener una mejor comprensión de los procesos ecohidrológicos y contribuyen a establecer una línea base sobre los controladores de la calidad del agua en la zona de estudio.

Palabras clave: Páramo andino. Calidad del agua. Variabilidad espacial. Variabilidad temporal.

ABSTRACT

Páramo ecosystems provide important environmental services for society. In spite of its significance, this ecosystem faces pressures regarding the change of land use, which could have a negative influence on water quality. Faced with this, this area needs to be characterized to evaluate future changes. To this end, an analysis of temporal and spatial variability of water quality was carried out, and the influence of hydrometeorological variables on the physical- chemical results such as organic compounds, anions and cations parameters was evaluated. The study was carried out in five micro-basins of the humid páramo of Quimsacocha, located in the Province of Azuay in southern Ecuador. A database with water quality information comprised during the period 2003-2018 was elaborated. The results suggest (1) a clear influence of the amount of precipitation and flow in the concentration of most parameters analyzed; (2) the spatial variability found allowed to classify the waters into three groups; (3) concentrations of heavy metals have been found above the maximum permissible limit, which is attributed to the soil and geological characteristics of the area; (4) significant regressions have been found between water quality parameters and meteorological variables. The results obtained allow a better understanding about ecohydrological processes and contribute to establishing a baseline on the water quality controllers in the study area.

Keywords: Andean paramo. Water quality. Spatial variability. Temporal variability.



CONTENIDO

RESUMEN..... 2

ABSTRACT 3

1. **INTRODUCCIÓN**..... 13

2. **MATERIALES Y MÉTODOS** 16

 2.1. Descripción de la zona de estudio 16

 2.2. Sitios de muestreo..... 18

 2.3. Monitoreo y análisis..... 20

 2.3.1. Calidad del agua..... 20

 2.3.2. Variables hidrometeorológicas..... 21

 2.4. Análisis de la información 22

 2.4.1. Recopilación de datos 22

 2.4.2. Análisis de la variabilidad temporal de la calidad del agua..... 23

 2.4.3. Análisis de las relaciones existentes entre la calidad de agua y variables hidrometeorológicas 23

 2.4.4. Análisis de la variabilidad espacial de la calidad del agua 24

3. **RESULTADOS** 25

 3.1. Análisis de la información existente 25

 3.2. Análisis de la variabilidad temporal..... 27

 3.3. Análisis de las relaciones existentes entre la calidad de agua y variables hidrometeorológicas..... 30

 3.3.1. Análisis de la relación entre la concentración de parámetros químicos con la precipitación 30

 3.3.2. Análisis de la relación entre la concentración de parámetros químicos con el caudal 32

 3.3.3. Análisis de la relación entre la concentración de parámetros químicos con humedad relativa 45

 3.3.4. Análisis de la relación entre la concentración de parámetros químicos con temperatura del aire 46

 3.3.5. Análisis de la relación entre la concentración de parámetros químicos con radiación solar..... 47

 3.3.6. Análisis de la relación entre la concentración de parámetros químicos con evapotranspiración..... 49

 3.3.7. Análisis de la relación entre la concentración de parámetros químicos con velocidad del viento..... 50

 3.4. Análisis de variabilidad espacial 50

 3.4.1. Análisis de variabilidad espacial mediante diagramas de caja 50



3.4.2. Análisis de clúster..... 55

4. **DISCUSIÓN**..... 58

4.1. Análisis de parámetros químicos con precipitación y caudal 58

4.2. Variables meteorológicas 60

4.3. Variabilidad espacial..... 61

5. **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**..... 63

6. **BIBLIOGRAFÍA**..... 66

ANEXOS..... 72

ANEXO I. Resumen de parámetros por sitio de monitoreo..... 72

ANEXO II. Series de tiempo 92

ANEXO III. Resultados regresiones precipitación – parámetros calidad del agua ... 94

ANEXO IV. Resultados regresiones caudal – parámetros calidad del agua 95

ANEXO V. Resultados regresiones humedad relativa – parámetros calidad del agua 96

ANEXO VI. Resultados regresiones temperatura del aire– parámetros calidad del agua..... 97

ANEXO VII. Resultados regresiones radiación solar – parámetros calidad del agua 98

ANEXO VIII. Resultados regresiones evapotranspiración – parámetros calidad del agua..... 99

ANEXO IX. Resultados regresiones velocidad del viento – parámetros calidad del agua..... 100



TABLAS

Tabla 1. Descripción de los sitios de monitoreo de calidad del agua, designados por el Ministerio del Ambiente y PROMAS..... 17

Tabla 2. Características de las microcuencas de estudio 17

Tabla 3. Lista de sitios de muestreo de calidad del agua. Periodo septiembre 2003 - diciembre 2017. 19

Tabla 4. Lista de sitios de muestreo de calidad del agua. Periodo 2007 – 2012..... 19

Tabla 5. Resumen estadístico de la base de datos. <LC = valores menores al límite de cuantificación; NA = Valores no disponibles, Max = Valor máximo, Min = Valor mínimo, LMP = Límite máximo permisible. 25

Tabla 6. Número de eventos de caudal por sitio de monitoreo. 35

FIGURAS

Figura 1. Localización de la zona de estudio. Las abreviaciones se encuentran descritas en la Tabla 1.....	16
Figura 2. Series de tiempo para pH y conductividad eléctrica.	27
Figura 3. Series de tiempo para COD y DQO.....	28
Figura 4. Series de tiempo para Ca, Na, Bicarbonato y Sulfato.....	29
Figura 5. Series de tiempo para Al, Ba y Sr.	29
Figura 6. Relación de precipitación y concentración de parámetros en los sitios TAS, QUIV, ALU y JOR.	32
Figura 7. Relación de caudal y concentración de parámetros en los sitios BERM, TAS, QUIV, CALV, JOR y ALU.	34
Figura 8. Curvas de no excedencia de caudales para las microcuencas de estudio ..	35
Figura 9. Diagramas de cajas de los valores de pH y CE, para los sitios de monitoreo, agrupados por microcuenca en diferentes condiciones de caudal. A = Condiciones de caudal alto, M = Condiciones de caudal medio, B = Condiciones de caudal bajo.	36
Figura 10. Diagramas de caja de las concentraciones de COD, COT, DQO y Nitrógeno orgánico, para los sitios de monitoreo, agrupados por microcuenca en diferentes condiciones de caudal. A = Condiciones de caudal alto, M = Condiciones de caudal medio, B = Condiciones de caudal bajo. La línea roja indica el límite máximo permisible para el parámetro.	37
Figura 11. Diagramas de caja de las concentraciones de Ca, Mg, Na, K, Bicarbonato y Sulfato, para los sitios de monitoreo, agrupados por microcuenca en diferentes condiciones de caudal. A= Condiciones de caudal alto, M = Condiciones de caudal medio, B = Condiciones de caudal bajo.	39
Figura 12. Diagramas de caja de las concentraciones de metales pesados Al, As, Ba, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, para los sitios de monitoreo, agrupados por microcuenca en diferentes condiciones de caudal. A = Condiciones de caudal alto, M = Condiciones de caudal medio, B = Condiciones de caudal bajo. La línea roja indica el límite máximo permisible para el parámetro.	43
Figura 13. Diagramas de caja de las concentraciones de Ga, Si, Sr, Rb para los sitios de monitoreo, D1 y CCQ, en diferentes condiciones de caudal. A = Condiciones de caudal alto, M = Condiciones de caudal medio, B = Condiciones de caudal bajo.	44
Figura 14. Relación de Humedad relativa y concentración de parámetros en los sitios TAS, CCQ, QUIV y JOR.	46
Figura 15. Relación de Temperatura y concentración de parámetros para los sitios BERM y TAS.....	47



Figura 16. Relación de Radiación solar y concentración de parámetros en los sitios TAS, D1, QUIV. 48

Figura 17. Relación de la Evapotranspiración y la concentración de parámetros en los el sitio BERM. 49

Figura 18. Diagramas de caja de las concentraciones de pH y CE para los sitios de monitoreo, agrupados por microcuenca. 50

Figura 19. Diagramas de caja de las concentraciones de COT, COD, DQO, DBO Y Nitrógeno orgánico, para los sitios de monitoreo, agrupados por microcuenca. La línea roja indica el límite máximo permisible..... 51

Figura 20. Diagramas de caja de las concentraciones de Ca, Mg, K, Na, Bicarbonato, Sulfato, para los sitios de monitoreo, agrupados por microcuenca..... 52

Figura 21. Diagramas de caja de las concentraciones de Al, As, Ba, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn, para los sitios de monitoreo, agrupados por microcuenca. La línea roja indica el límite máximo permisible para el metal. 54

Figura 22. Diagramas de caja de las concentraciones de Ga, Si, Sr, y Rb, para los sitios de monitoreo, agrupados por microcuenca. 55

Figura 23. Dendograma resultante del análisis de clúster para los sitios BERM, TAS, D1, QUIV, CALV, JOR y ALU. 57



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Gloria Verónica Guamán Chalco en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Análisis de la variabilidad espacial y temporal de la calidad del agua en una zona de páramo húmedo al sur del Ecuador", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, abril de 2019

Gloria Verónica Guamán Chalco

C.I: 0105402259



Cláusula de Propiedad Intelectual

Gloria Verónica Guamán Chalco, autora del trabajo de titulación “Análisis de la variabilidad espacial y temporal de la calidad del agua en una zona de páramo húmedo al sur del Ecuador”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, abril de 2019

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "G. Verónica", written over a horizontal line.

Gloria Verónica Guamán Chalco

C.I: 0105402259



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme llegar a este momento de mi formación profesional.

Al Ing. Patricio Crespo, PhD. por su dirección, tiempo y contribución de sus valiosos conocimientos en la elaboración de este trabajo de titulación.

Al Ing. Juan Pesántez, MSc. por su asesoría y disposición a responder dudas e inquietudes durante toda la elaboración de este trabajo.

Agradezco a la empresa INV Metals INC por la información y apoyo oportuno, en especial al Ing. Vicente Jaramillo por su amabilidad y apoyo brindado.

A mis amigos, que han estado conmigo todo este tiempo.

Verónica Guamán Chalco

Cuenca, abril de 2019



DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres por todo el apoyo, paciencia, y motivación que me han brindado toda su vida, sin ellos no habría sido posible este logro.

A mis hermanos por su apoyo incondicional durante toda mi vida.

Verónica Guamán Chalco

Cuenca, abril de 2019

1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas andinos del Ecuador comprenden aproximadamente 34% de la superficie del país, representando un potencial económico y ecológico por los servicios que brindan a la sociedad (Célleri & Feyen, 2009). En la parte más alta de estos ecosistemas, debajo de los glaciares, se encuentran los páramos, cubriendo un 5% del territorio nacional (Carúa, Proaño, Suarez, & Podwojok, 2008). Este ecosistema de páramo constituye una fuente constante de agua, además, su capacidad de regulación hídrica, gracias a características ecológicas particulares, dan como resultado un gran excedente de agua que alimenta los ríos que descienden hacia la región costera y amazónica (Buytaert et al., 2006a). Los recursos hídricos presentes en este lugar cumplen funciones como provisión de agua para riego, agua para uso doméstico e industrial, generación de energía hidroeléctrica y servicios ecológicos, como el almacenamiento de carbono orgánico, considerado el servicio más importante brindado por el páramo (Buytaert, Célleri, Willems, Bièvre, & Wyseure, 2006b).

A pesar de la importancia de los ecosistemas de alta montaña, estos son lugares vulnerables, es así que los páramos enfrentan presiones en cuanto al cambio de uso de la tierra, principalmente por actividades humanas como el cultivo, intensificación del pastoreo de ganado, turismo, minería, entre otras las cuales tienden a incrementar con el paso del tiempo (Buytaert, Célleri, et al., 2006c). Tal situación podría tener influencia negativa en la calidad del agua, la cual es producto de un conjunto de interacciones entre los suelos, geología subyacente, topografía local, regímenes de precipitación, aportes atmosféricos y actividades antropogénicas (Rothwell et al., 2010).

En la provincia del Azuay, en el páramo de Quimsacocha, además de los servicios ecosistémicos que brinda, representa una zona de especial interés e importancia, dado que en este sitio se encuentra una de las principales concesiones mineras del Austro, como es el proyecto Loma Larga (Cisneros, Cajamarca, & Pacheco, 2010). Ante ello, esta zona necesita ser caracterizada para evaluar las actividades mineras a futuro. Bajo este contexto y considerando que el páramo es un ecosistema frágil y lento en recuperarse ante cualquier perturbación (Aguirre, Eguiguren, Ojeda, & Aguirre, 2015), son necesarios estudios que contribuyan a su mejor comprensión.

Al respecto, la evaluación de la variación espacial y temporal de la calidad del agua, influenciada por causas naturales o antropogénicas, es una herramienta necesaria para gestionar los recursos hídricos de manera sostenible en varias escalas de cuencas hidrográficas (Lam, Schmalz, & Fohrer, 2012). El análisis de variabilidad espacial y temporal, permite (i) establecer diferencias en la concentración de

parámetros de calidad del agua, entre cuencas o sitios de monitoreo analizados (Ochoa Sánchez & Rodas Ochoa, 2009) y (ii) la variabilidad atribuida a características climáticas (estaciones húmedas y secas) (Barakat, El Baghdadi, Rais, Aghezzaf, & Slassi, 2016). La comprensión de las relaciones entre las características de una cuenca y la calidad del agua proporciona una base para determinar cómo los cambios futuros en el uso del suelo y el clima tendrán un impacto en la calidad y dinámica del agua (Rothwell et al., 2010). El manejo eficiente de estos recursos hídricos requiere información sobre la calidad del agua y su variabilidad (Barakat et al., 2016).

Estudios relacionados a variabilidad temporal de la calidad del agua en páramos (Ochoa Sánchez & Rodas Ochoa, 2009), han encontrado que existe una relación directa entre variables meteorológicas y la química del agua. Se revelan tendencias en el aumento o disminución de la concentración de parámetros químicos, conforme existe o no entrada de agua en forma de lluvia. Aquello manifiesta una relación directa con las épocas húmedas y secas.

En lo referente a variación espacial, estudios evidencian que las características del agua cambian significativamente, enfatizando si las zonas están siendo influenciadas por actividad antrópica, cobertura vegetal, geología del lugar y tipo de suelo (Ochoa Sánchez & Rodas Ochoa, 2009). En este contexto, la expansión de actividades antropogénicas a estos ecosistemas, podrían afectar la calidad del agua, ya que se ha encontrado que el uso del suelo tiene efectos importantes en la variabilidad de la calidad del agua dentro de una cuenca (Bu, Meng, Zhang, & Wan, 2014).

Las variaciones espaciales y temporales en la hidroquímica de los ríos, requieren programas regulares de monitoreo, para obtener estimaciones confiables de la calidad del agua (Singh, Malik, Mohan, & Sinha, 2004). Bajo este contexto, la empresa INV METALS INC ha realizado un programa de monitoreo de calidad del agua en las diferentes microcuencas que comprenden el área de influencia del proyecto Loma Larga. Ante ello, mediante el análisis de variabilidad espacial y temporal se pretende obtener una mejor información sobre la calidad del agua para una gestión eficaz de los recursos hídricos presentes en la zona.

Por lo descrito con anterioridad, este estudio busca analizar la relación existente entre la calidad del agua y las características temporales y espaciales de 5 microcuencas ubicadas en los páramos de Quimsacocha. Para lo cual se han propuesto los siguientes objetivos:

- Analizar la variabilidad temporal de la calidad del agua.



- Determinar las relaciones existentes entre la calidad del agua y variables hidrometeorológicas (precipitación, caudal, humedad relativa, temperatura del aire, radiación solar, evapotranspiración y velocidad del viento).
- Analizar la variabilidad espacial de la calidad del agua.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Descripción de la zona de estudio

La zona de estudio se encuentra en el páramo Andino de Quimsacocha, el cual está localizado aproximadamente a 85 km de la ciudad de Cuenca, en la Provincia del Azuay al sur del Ecuador. El área de estudio considerada en esta investigación comprende 5 microcuencas hidrográficas: Bermejos, Tasqui, Quinuahuaycu, Calluancay y Jordanita, como se muestra en la Figura 1, las cuales pertenecen a los cantones Cuenca, Girón y San Fernando.

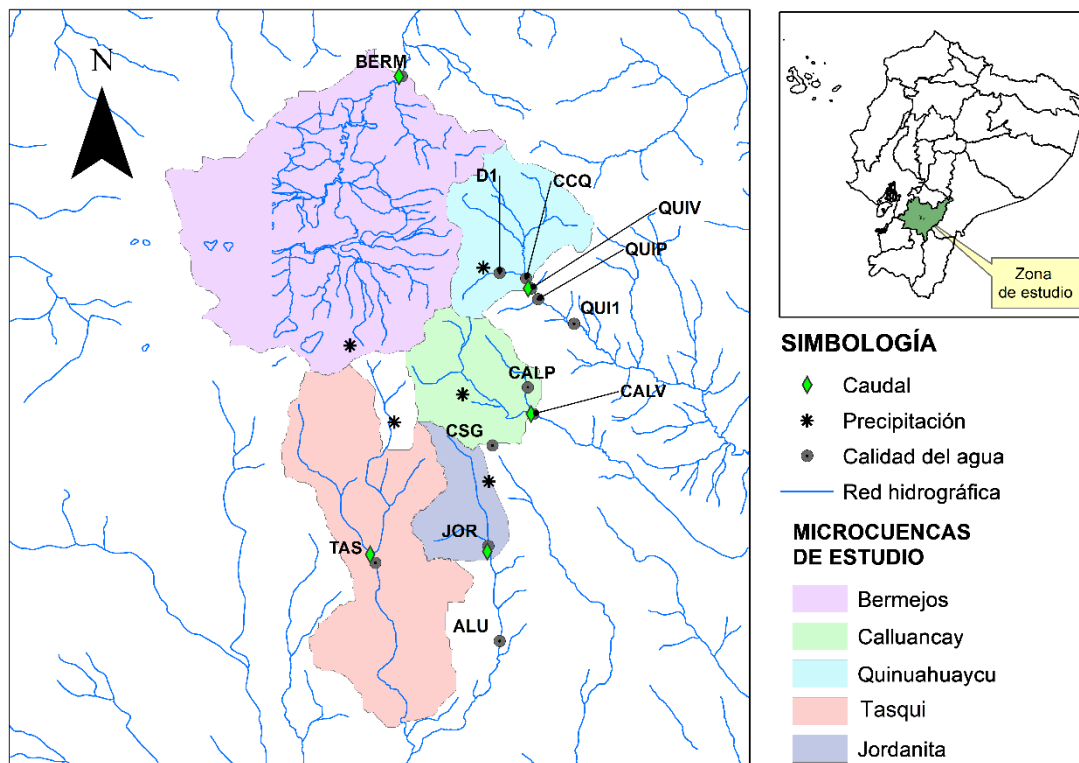


Figura 1. Localización de la zona de estudio. Las abreviaciones se encuentran descritas en la Tabla 1.

La zona de estudio se encuentra a una altitud que varía desde los 3000 msnm hasta los 3960 msnm y su pendiente promedio es de 20%. Los tipos de suelo más representativos de la zona son Andosoles e Histosoles (Quichimbo et al., 2012). Los Andosoles están ubicados principalmente en las laderas, mientras que los Histosoles en áreas planas donde la geología permite la acumulación de agua, formando humedales (Correa et al., 2017; Mosquera et al., 2016). Estos suelos se caracterizan por desempeñar un rol importante en el ecosistema, dado que participan dentro del proceso de regulación y almacenamiento de agua, por sus altas capacidades de infiltración y alto contenido de materia orgánica (Borja, Iñiguez, Crespo, Cisneros, &

Cisneros, 2008). Los Andosoles, en condiciones de humedad normal recargan a los Histosoles, y en condiciones secas los Histosoles controlan la capacidad de regulación de caudal en el ecosistema. En ambos casos, los Histosoles son una fuente importante de generación de caudal (Mosquera et al., 2016).

Tabla 1. Descripción de los sitios de monitoreo de calidad del agua, designados por el Ministerio del Ambiente y PROMAS.

No.	Lugar	Abreviación	X	Y	Altura	Periodo de muestreo
1.	Bermejós	BERM	696870	9667492	3740	2007-2011
2.	Tasqui	TAS	696386	9658636	3520	2007-2011
3.	D1 Chorrotasqui	D1	698651	9663916	3735	2003-2014
4.	Confluencia Chorrotasqui Quinuahuaycu	CCQ	699137	9663814	3760	2006-2018
5.	Quinuahuaycu Vertedero	QUIV	699222	9663631	3620	2006-2012
6.	Quinuahuaycu PMA	QUIP	699353	9663436	3603	2003-2014
7.	Quinuahuaycu 1	QUI1	700008	9662985	3550	2012-2018
8.	Calluancay Vertedero	CALV	699265	9661344	3600	2005-2012
9.	Calluancay PMA	CALP	699162	9661827	3600	2005-2014
10.	Canal San Gerardo	CSG	698519	9660771	3720	2007-2012
11.	Jordanita	JOR	698445	9658944	3600	2007-2012
12.	Alumbre	ALU	698651	9657213	3450	2007-2012

La cobertura vegetal de la zona está formada principalmente (>80% de cobertura) por pajonal (*Calamagrostis Intermedia*), otras especies endémicas como *Fetusca* sp, (<5%), almohadillas (<10%) y bosque de *Polylepis* sp y arbustos (<5%). Las interacciones entre la vegetación y condiciones climáticas, producen procesos de intercambio de gases tierra-atmósfera, en donde el páramo actúa como fuente de carbono atmosférico CO₂, y se ha encontrado que el 66% del tiempo libera CO₂ y un 34% del tiempo actúa como sumidero de carbono (Carrillo-Rojas, Silva, Rollenbeck, Céleri, & Bendix, 2019). Algunas características de las microcuencas de estudio se resumen a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2. Características de las microcuencas de estudio

Parámetro	Microcuenca					
	Bermejós	Zhurucay Bajo	Quinuahuaycu	Calluancay	Jordanita	
Área [Km ²]	21.64	12.58	5.01	4.39	2.70	
Altura promedio [msnm]	3781	3515	3739	3743	3709	
Pendiente [%]	19.31	25.54	19.31	17.53	7.14	
Distribución del suelo [%]	Andosol	30	85	81	88	87
	Histosol	70	15	19	12	13
	Pajonal	30	71	78	69	70
Cobertura vegetal [%]	Almohadilla	70	26	20	20	30
	Arbusto		2	2	11	

En zonas de páramo, la lluvia cae a intensidades bajas la mayor parte del tiempo. La precipitación promedio anual varía en un amplio rango (de 700 a 4000 mm) (Padrón, Wilcox, Crespo, & Célleri, 2015). La precipitación está influenciada por el régimen del Pacífico y las masas de aire continentales de la Amazonía, lo que da como resultado una precipitación anual ligeramente bimodal (Mosquera, Lazo, Cárdenas, & Crespo Sánchez, 2012), con una estación húmeda que va de diciembre a mayo y otra menos húmeda que va de junio a noviembre. Además, considerando eventos de muy baja intensidad (llovizna), el valor de la precipitación es 15% más alto de lo estimado (Padrón et al., 2015). Respecto a la evapotranspiración del referencia las estimaciones dan como resultado 723 mm/año, la temperatura de la zona varía entre -2.35 °C y 15.88 °C y la humedad relativa promedio es de 91.44 % (Córdova, Carrillo-Rojas, Crespo, Wilcox, & Célleri, 2015).

Además, la zona se localiza en la división continental, de manera que sus aguas drenan hacia el sureste (fluyen hacia el océano Atlántico) y sur (fluyen hacia el océano Pacífico), a través de los ríos Irquis y Portete, en el primer caso y a través del Río Zhurucay en el segundo (Cox et al., 2016). La zona posee un gran porcentaje de humedales, que generan agua que alimenta las diferentes quebradas del sector. La quebrada Bermejós es afluente del río Yanuncay. La quebrada Quinuahuaycu es afluente del río Irquis y la quebrada Calloancay del río Portete, posteriormente se unen y forman el río Tarqui, el cual se une con las aguas del río Cumbe y cruzan la ciudad de Cuenca, mientras que Jordanita se une con el río Zhurucay para formar el río Zhucay.

En lo referente a la geología, Quimsacocha se ubica en el terreno continental de Chaucha, el cual está limitado por fallas regionales, siendo las fallas Girón y Gañarín las que mayor influencia presentan en la zona, en la actualidad continúan activas y se manifiestan por la presencia de derrumbos y algunas modificaciones en el paisaje. La estratigrafía local de Quimsacocha está sustentada por rocas volcánicas y volcanoclásticas del Mioceno Superior, conformada de lavas, tobas y flujos de escombros andesíticos, de las formaciones Turi, Turupamba, Quimsacocha y Tarqui. La formación Quimsacocha y niveles superiores de la formación Turi, son las principales rocas responsables de la alteración y mineralización de Quimsacocha (IAMGOLD, 2009).

2.2. Sitios de muestreo

La empresa INV METALS INC, ha realizado un monitoreo de calidad del agua en varios sitios distribuidos en el páramo de Quimsacocha y su área de influencia. La

información ha sido levantada por disposición del Ministerio del Ambiente (MAE), con la finalidad de dar cumplimiento al Plan de Manejo Ambiental del proyecto Loma Larga, y por el Programa para el Manejo del Agua y Suelo (PROMAS), con el objetivo de levantar una línea base en hidrología para la zona mencionada. Para el presente estudio se consideran únicamente los sitios pertenecientes al ecosistema de páramo, los cuales se encuentran a una altura a partir de 3000 msnm (Sarmiento, Llambí, Escalona, & Marquez, 2003).

A continuación, en la Tabla 3 se indican los sitios de muestreo establecidos para el Ministerio del Ambiente, durante el periodo septiembre 2003 – marzo 2018.

Es importante indicar que el Ministerio del Ambiente durante todo el periodo de monitoreo, ha agregado y eliminado sitios de muestreo, o ha asignado una nueva identificación a un mismo sitio, de manera que, en total los sitios monitoreados son 8 y corresponden a:

Tabla 3. Lista de sitios de muestreo de calidad del agua. Periodo septiembre 2003 - diciembre 2017.

No.	Lugar	X	Y	Periodo de muestreo
1.	Quebrada Quinuahuaycu	699353	9663436	2003-2014
2.	Confluencia Chorrotasqui- Quinuahuaycu	699137	9663916	2003-2018
3.	D1 Quebrada Chorrotasqui	698651	9663916	2003-2014
4.	Quebrada Calluancay	699162	9661827	2003-2014
5.	Quebrada Quinuahuaycu 1	700008	9662985	2012-2018
6.	Quebrada Calluancay (aguas debajo de la unión de las Quebradas Rumiguaycu y Shipamba)	699249	9661368	2015-2018
7.	Quebrada Calluancay (Salida de la concesión)	699916	9660990	2015-2018
8.	Río Falso	699939	9658334	2015-2018

En la Tabla 4, se presentan los sitios de muestreo de calidad del agua determinados por el PROMAS, durante el periodo 2007 – 2012.

Tabla 4. Lista de sitios de muestreo de calidad del agua. Periodo 2007 – 2012.

No.	Lugar	X	Y	Periodo de muestreo
1.	Quinuahuaycu	699222	9663631	2007-2012
2.	D1 Chorrotasqui	698651	9663916	2007-2011
3.	Calluancay	699265	9661344	2007-2012
4.	Canal San Gerardo	698519	9660771	2007-2012
5.	Tasqui	696386	9658636	2007-2011
6.	Jordanita	698445	9658944	2007-2012
7.	Bermejos	696870	9667492	2007-2011
8.	Alumbre	698651	9657213	2007-2012

Para cumplir con los objetivos planteados en el presente estudio, se consideraron los sitios de muestreo que tengan un periodo significativo de información para el posterior análisis, por lo que se procedió a eliminar los sitios con poca información (sitios numerados como 6, 7 y 8 en la Tabla 3), los cuales correspondieron con muestras recolectadas durante el 2015, 2016, 2017 y el primer trimestre del 2018 con frecuencia trimestral.

La Tabla 1 presenta la descripción de los sitios de muestreo considerados para este estudio, 12 en total, con sus coordenadas geográficas, altura, periodo de muestreo y abreviación para facilitar su manejo. Los sitios presentados corresponden a los monitoreados por el Ministerio del Ambiente y el PROMAS (ver Figura 1).

2.3. Monitoreo y análisis

Los datos de calidad del agua y variables hidrometeorológicas para este estudio fueron provistos por la empresa INV METALS INC e iDRHiCA (Departamento de Recursos Hídricos y Ciencias Ambientales de la Universidad de Cuenca).

2.3.1. Calidad del agua

Para el levantamiento de información de calidad del agua, la empresa INV METALS INC ha seleccionado varios laboratorios a nivel nacional. Hasta octubre del 2007, los laboratorios considerados fueron ETAPA, ANNCY y CESEMIN, de los cuales, posterior a una evaluación realizada por la empresa, se obtuvo que ETAPA fue el mejor laboratorio entre los mencionados anteriormente (PROMAS, 2008). Sin embargo, a partir de diciembre del 2007, se seleccionó otro laboratorio (GRUNTEC Environmental Services) por su capacidad operativa, el cual a partir de la fecha indicada ha venido realizando los análisis de los parámetros de calidad del agua hasta la actualidad. Es decir, la información que se dispone corresponde a: ETAPA (periodo septiembre 2003– octubre 2007) y GRUNTEC (periodo diciembre 2007 – marzo 2018).

GRUNTEC dispone de un procedimiento de muestreo de campo, en el cual se especifican las instrucciones para la toma de muestras de agua. Para cada parámetro o grupo de parámetros se utilizan exclusivamente los frascos destinados con su debida etiqueta (Aniones, metales, bacterias, etc.). Las muestras fueron filtradas y acidificadas con ácido nítrico purificado, en campo, para evitar la precipitación y adsorción de metales. Las muestras se preservaron en oscuridad a 4°C, poniéndolas luego de su recolección en hieleras, para su posterior transporte al laboratorio. Todas las muestras fueron analizadas dentro de los dos meses después de ser tomadas (GRUNTEC, 2018).

La información de calidad del agua levantada por el PROMAS corresponde al periodo diciembre 2006 – junio 2012. Inicialmente el monitoreo se realizaba de manera mensual (diciembre 2006 – diciembre 2009), para el año 2010 se analizaron 5 meses, para el año 2011 se monitorearon 3 meses y para el 2012 únicamente el mes de junio. Mientras que la información levantada para el Ministerio del Ambiente corresponde al periodo septiembre 2003 – marzo 2018 y fue levantada de manera trimestral. De manera que la información disponible de ambos laboratorios corresponde al periodo 2003 – 2018.

2.3.2. Variables hidrometeorológicas

La zona de estudio cuenta con información de precipitación de cinco estaciones (Bermejós, Zhuruca, Calluancay, Jordanita, Quimsacocha 1) como se puede observar en la Figura 1, las cuales pertenecen a INV METALS INC, PROMAS e iDRHiCA. La información se ha obtenido de manera automática a través de sus pluviómetros de cubeta basculante (con 0.2 mm de resolución). Los vacíos de datos fueron rellenados identificando una estación de referencia (Zhuruca), mediante correlación lineal simple. Para obtener la precipitación antecedente a la toma de muestra se utilizó un agregado de 7 días previo a la toma de muestras.

Para la medición de caudal, se construyeron vertederos de cresta delgada sobre muros de hormigón, a la salida de las microcuencas: Quinuahuaycu, Calluancay, Bermejós, Jordanita y Tasqui. El caudal fue cuantificado de manera automática mediante un sensor de presión de la columna de agua, marca Global Water, cada 5 minutos. Los vacíos de información no pudieron ser rellenados con correlación lineal simple debido a que no existen buenas correlaciones entre las estaciones de caudal. Para completar la información faltante se utilizaron los registros extendidos, obtenidos mediante el uso del modelo hidrológico HEC-HMS, con el cual la empresa realizó la calibración y validación de las cuencas en mención, obteniendo una confiabilidad aceptable. Estos datos fueron proporcionados por la empresa INV METALS INC. Para el análisis estadístico, el caudal utilizado corresponde al caudal del día de la toma de muestra.

Los datos de clima se obtuvieron mediante estaciones meteorológicas, en donde las mediciones de temperatura del aire y humedad relativa se realizaron con un sensor CS-215 marca Campbell, velocidad del viento con un anemómetro Met-One 034BWind y la radiación solar con un piranómetro marca Campbell CS300. La evapotranspiración fue calculada con el método de Penman Monteith.

Debido a la existencia de vacíos de datos en las estaciones meteorológicas, se utilizaron los datos de una estación de referencia (Zhuruca), para la cual, mediante regresión lineal se rellenaron los datos faltantes. Es posible utilizar una sola estación meteorológica, debido a la poca variabilidad espacial de las variables de clima entre las estaciones del área de estudio. De la misma manera, los datos de clima fueron agregados 7 días anteriores a la toma de muestra.

2.4. Análisis de la información

2.4.1. Recopilación de datos

A partir de los informes de calidad del agua provenientes de los laboratorios, se procedió a elaborar una base de datos. En la primera columna se colocaron los sitios de muestreo y en las filas los parámetros analizados. Se rellenó la información de algunos datos faltantes de los parámetros: sólidos totales, sólidos disueltos, sólidos suspendidos, dureza cálcica, dureza magnésica (expresada como miligramos de carbonato de calcio por litro), calcio, magnesio, y bicarbonato, mediante las relaciones establecidas por Csuros (1997) para este fin:

- Sólidos Totales = Sólidos disueltos + Sólidos suspendidos
- Dureza magnésica (CaCO_3) y magnesio:

$$\frac{\text{Dureza Magnésica (CaCO}_3\text{)}}{50} = \frac{\text{Mg}}{12.16}$$

- Dureza cálcica (CaCO_3) y calcio:

$$\frac{\text{Dureza Cálcica (CaCO}_3\text{)}}{50} = \frac{\text{Ca}}{20}$$

- Bicarbonato:

$$\text{Bicarbonato (HCO}_3^-) = \text{Alcalinidad (CaCO}_3) \times \frac{61}{50}$$

Para los valores que se encontraban bajo el límite de cuantificación, se siguió la metodología propuesta por la EPA (2000), en donde, se reemplazó con 0.5 del límite de cuantificación reportado, los valores de los sitios que contengan un porcentaje menor al 20% de datos censores.

La información fue analizada con el programa R versión 3.5.1.

2.4.2. Análisis de la variabilidad temporal de la calidad del agua

Para este análisis se realizaron gráficos de series de tiempo con el objetivo de identificar posibles patrones temporales o estacionalidad en las concentraciones de los parámetros durante el período de monitoreo. Para lo anterior se consideró todas las muestras tomadas dentro del período de estudio. En los gráficos además se incluyó agregados semanales de volumen de precipitación para ser tomado en cuenta en el análisis de estacionalidad.

2.4.3. Análisis de las relaciones existentes entre la calidad de agua y variables hidrometeorológicas

Se analizó si la calidad del agua se ve influenciada por variables hidrometeorológicas. Para esto se investigó la relación estadística que existe entre las variables hidrometeorológicas (precipitación, caudal, humedad relativa, radiación solar, temperatura del aire, evapotranspiración y velocidad del viento) y las concentraciones de los parámetros de estudio. Esto se realizó a través de un análisis de regresión lineal simple, en donde se evaluaron cuatro tipos de correlación: Lineal, logarítmica, exponencial y potencial. Se identificó el grado de relación mediante el coeficiente de determinación R^2 , con el cual se cuantificó el porcentaje de parámetros de calidad del agua, cuya variación total, puede ser explicada por las variables hidrometeorológicas (Bouza-Herrera, 2018).

Para el caudal se realizó además un análisis mediante agrupación por tipos de flujo. Para esto se clasificaron los datos conforme a las condiciones de caudal, similar a Mosquera et al. (2015), el cual utiliza una curva de no excedencia de caudales. Para las condiciones de la zona de estudio se definió: caudal máximo y alto, cuyos valores se encuentren entre Q_{max} y Q_{90} ; caudal moderado, valores entre Q_{90} y Q_{15} ; y caudal bajo, con valores inferiores a Q_{15} . Las curvas de no excedencia se basaron en los datos de caudal diario de las microcuencas: Bermejós, Tasqui, Quinuahuaycu, Calluancay y Jordanita.

Para los sitios que no tenían estructuras de medición de caudal se tomó como referencia el caudal medido a la salida de la microcuenca a la que pertenecían. Para identificar las diferencias que pudieran existir entre los regímenes de caudal, se comparó la concentración media en cada condición de caudal. Se pretendía realizar una prueba estadística (prueba de Wilcoxon) para identificar las diferencias significativas que pudieran existir entre los regímenes de caudal, sin embargo, no se realizó debido al limitado número de muestras en cada condición de caudal.

2.4.4. Análisis de la variabilidad espacial de la calidad del agua

2.4.4.1. Variabilidad espacial mediante diagramas de caja

Se construyeron gráficos de caja y bigotes, con los cuales se evaluaron los diferentes parámetros asociados a las variaciones espaciales en la calidad del agua, ya que proporcionan una herramienta eficaz para visualizar las diferencias entre sitios (Alberto et al., 2001).

2.4.4.2. Variabilidad espacial mediante análisis de clúster

Para el presente objetivo se aplicó un análisis de clúster o grupos, esta técnica ha sido ampliamente utilizada en el análisis de datos de calidad del agua para obtener información significativa, debido a su capacidad para tratar un gran volumen de datos espaciales y temporales de una variedad de sitios de monitoreo. El análisis de clúster permite agrupar objetos (sitios de monitoreo en este caso) en clases (clúster), en donde se encontrarán similitudes dentro de una clase y diferencias entre las clases, que se pueden representar mediante un dendograma. Además, ofrecen una mejor comprensión de la calidad del agua y las posibles variables que influyen en el sistema estudiado (Singh et al., 2004; Xu, Xu, Wu, & Tang, 2012; Barakat et al., 2016; Wang, Liu, Liu, & Lam, 2017).

Inicialmente se consideraron los parámetros que tengan un porcentaje superior al 60% de datos. Con el conjunto de parámetros que cumplieron con este requisito, se realizó un análisis de componentes principales con el objetivo de reducir el número de parámetros para el análisis de clúster. El análisis de componentes principales es un procedimiento apropiado para la selección de variables y descartar parámetros redundantes o altamente correlacionados, los cuales no aportan en el análisis de clúster. Previo a este procedimiento, los datos fueron normalizados con la transformada de autoescala (también conocida como la transformada Z), para evitar la influencia de unidades diferentes en los parámetros medidos (Tripathi & Singal, 2019).

En el análisis de clúster es necesario seleccionar una técnica que se adapte al propósito de la evaluación, en este caso se eligió un método jerárquico, el cual requiere una medida de similitud o de divergencia y un algoritmo de agrupamiento que permita clasificar los diferentes objetos. Una de las medidas más utilizadas en calidad del agua para encontrar la similitud de casos, es la distancia euclidiana y uno de los algoritmos de agrupamiento más utilizados es el método de Ward (Hajjigholizadeh & Melesse, 2017), los cuales fueron utilizados en el presente análisis.

3. RESULTADOS

3.1. Análisis de la información existente

A partir de los datos proporcionados por INV, a través de los laboratorios de ETAPA y GRUNTEC, se realizó una base de datos de donde se obtuvieron 474 muestras de agua (observaciones), pertenecientes a 12 sitios de monitoreo en el páramo de Quimsacocha. A continuación (Tabla 5) se presenta un resumen de la base de datos, para todos los parámetros analizados. Se presentan porcentajes de: valores denominados datos (valores tabulados sobre el límite de cuantificación), valores menores al límite de cuantificación (<LC) y valores no disponibles (NA), es decir las muestras que no se evaluaron para determinado parámetro por lo que no existe información. Se presenta también un resumen estadístico que incluye valores máximos, mínimos, promedio y percentiles 25, 50 y 75. Además, se incluyeron los límites máximos permisibles (LMP) de aquellos parámetros establecidos por el Ministerio del Ambiente (MAE) para los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, de la Tabla 2 del Anexo 1. Libro VI del TULSMA.

Tabla 5. Resumen estadístico de la base de datos. <LC = valores menores al límite de cuantificación; NA= Valores no disponibles, Max = Valor máximo, Min = Valor mínimo, LMP = Límite máximo permisible.

Parámetros	Unidad	Datos [%]	<LC [%]	NA [%]	Max	Min	Media	Percentiles			LMP [mg/l]
								25	50	75	
pH	adim	100	0	0	8.4	3.01	6.82	6.49	7.1	7.4	
Conductividad	uS/cm	100	0	0	152	4	36.58	23	32	46	
Sólidos disueltos	mg/l	90	0	10	125	3.8	31.04	15.6	24.6	43.1	
Sólidos suspendidos totales	mg/l	42	38	19	59.36	1	4.98	1	4	7	
Sólidos totales	mg/l	90	2	8	125	3.8	33.68	17	25.8	46	
Sólidos sedimentables	ml/l	6	51	43	0.3	0.05	0.10	0.05	0.1	0.18	
Color real PtCp	APHA	46	4	50	136	5	43.23	21	38	62	
Color aparente PtCo	APHA	57	0	42	413	12	67.89	42	59	89.5	
Turbiedad	NTU	57	19	24	105	0.71	5.01	1.99	3.31	5.01	
Oxígeno disuelto	mg/l	73	0	27	9	5	7.27	7	7.28	7.5	
Oxígeno saturación	%	60	0	40	100	68	95.69	94.25	97	98.9	
Alcalinidad total	mg/l CaCO3	72	11	17	46.30	0.99	15.02	8.34	14.20	20.43	
Dureza total	mg/l CaCO3	82	0	18	36.96	2.69	12.29	7.65	11.05	16.03	
Dureza Cálctica	mg/l CaCO3	83	0	17	30.75	1	9.21	5.55	8.25	12	
Dureza Magnésica	mg/l CaCO3	82	0	18	17.87	0.29	3.10	1.36	2.04	3.96	
Óxido de silicio	mg/l	51	0	48	62	0.01	17.94	11.55	17	24	
Aceites y grasas	mg/l	1	74	25	1.38	0.2	0.76	0.33	0.7	1.23	
Carbono orgánico disuelto	mg/l	37	17	46	12.4	0.5	4.59	2.93	4.1	6	
Carbono orgánico total	mg/l	41	14	46	13	0.5	4.82	3	4.55	6.15	
Cianuro total	mg/l	0.4	55.6	44	0.02	-	-	-	-	-	
Coliformes fecales	NMP/100ml	22	55	23	110000	1	1392.12	40	40	90	
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	14	4	82	700	0.9	41.95	4.5	11.5	33	
Coliformes totales	NMP/100ml	77	4	19	110000	0.5	3958.18	110	430	2400	
DBO	mg/l	30	59	11	8.7	0.04	0.85	0.4	0.6	0.9	
DQO	mg/l	65	15	20	201.19	2	17.03	10	15	22	40
Hidrocarburos totales (TPH)	mg/l	1	74	25	1.5	0.2	0.61	0.3	0.4	0.8	
Nitrógeno orgánico	mg/l	51	29	20	6.31	0.07	0.36	0.2	0.29	0.42	
Nitrógeno total Kjeldahl	mg/l	26	32	42	2.7	0.07	0.41	0.2	0.3	0.4	
Sustancias solubles al Hexano	mg/l	35	1	65	126.8	0.67	8.68	2.4	4.8	8.8	
Cloruro	mg/l		22	38	40	2.7	0.0049	0.27	0.08	0.14	0.299



Continuación Tabla 5

Parámetro	Unidad	Datos [%]	<LC [%]	NA [%]	Max	Min	Media	Percentiles			LMP [mg/l]
								25	50	75	
Fluoruro	mg/l	18	36	46	1.46	0.03	0.14	0.07	0.10	0.14	
Fosfato	mg/l	8	46	46	1.6	0.07	0.36	0.19	0.28	0.4	
Sulfato	mg/l	53	10	36	43.52	0.03	5.64	0.54	2.55	5.48	
Nitrato	mg/l	15	28	57	0.84	0.01	0.16	0.03	0.08	0.22	
Nitrato como nitrógeno	mg/l	15	39	45	0.27	0.02	0.05	0.04	0.05	0.06	
Nitrito	mg/l	1	70	28	0.15	0.01	0.08	0.07	0.07	0.105	
Nitrógeno amoniacal	mg/l	25	3	72	0.78	0.05	0.14	0	0.1	0.21	
Bicarbonato	mg/l	69	12	19	56.4	1.27	18.49	10.6	17.58	25	
Aluminio	mg/l	92	4	4	1.45	0.0005	0.17	0.05	0.08	0.1525	0.1
Antimonio	mg/l	7	47	46	0.0036	0.0001	0.0004	0.0001	0.0002	0.0003	
Arsénico	mg/l	28	43	29	0.0665	0.0002	0.0059	0.001	0.0012	0.003	0.05
Azufre	mg/l	20	34	46	13.8	1	3.6396	1.4	2.22	4.96	
Bario	mg/l	83	6	11	0.1391	0.004	0.0233	0.017	0.024	0.03	1
Berilio	mg/l	2	69	29	0.0002	0.0001	0.00011	0.0001	0.0001	0.0001	0.1
Boro	mg/l	1	70	29	0.007	-	-	-	-	-	0.75
Bismuto	mg/l	0	20	80	-	-	-	-	-	-	
Bromo	mg/l	2	51	47	0.007	0.005	0.0057	0.005	0.005	0.0065	
Cadmio	mg/l	18	79	4	0.02	0.00002	0.002	0.0005	0.001	0.003	0.001
Calcio	mg/l	83	0	17	12.3	0.4	3.68	2.22	3.29	4.8	
Cesio	mg/l	28	24	48	0.0021	0.00002	0.0004	0.0001	0.0002	0.0003	
Cerio	mg/l	22	30	47	0.000841	0.00001	0.0002	0.0001	0.00012	0.00021	
Cobalto	mg/l	24	47	29	0.00591	0.00002	0.0008	0.0001	0.00021	0.0006	0.2
Cobre	mg/l	67	32	0	0.08	0.0001	0.01	0.001	0.002	0.01	0.005
Cromo	mg/l	12	88	0	0.012	0.0002	0.01	0.0009	0.001	0.002	0.032
Disproσιο	mg/l	9	43	47	0.00422	0.00001	0.0002	0.00001	0.00003	0.00014	
Erbio	mg/l	5	47	47	0.000131	0.00001	0.0001	0.00001	0.00002	0.00012	
Europio	mg/l	5	47	47	0.000288	0.00001	0.0001	0.00001	0.00001	0.0001	
Escandio	mg/l	8	11	80	0.004	0.001	0.0024	0.002	0.002	0.003	
Estaño	mg/l	5	54	40	0.00332	0.0001	0.0007	0.0001	0.00055	0.00106	
Estroncio	mg/l	54	0	46	0.169	0.0153	0.0532	0.0301	0.0485	0.064	
Fósforo total	mg/l	14	7	79	0.24	0.00168	0.0379	0.01	0.02	0.04	
Galio	mg/l	41	11	48	0.0048	0.000025	0.0016	0.001	0.0016	0.002	
Gadolinio	mg/l	12	41	47	0.0005	0.00001	0.0001	0.00002	0.000045	0.00012	
Germanio	mg/l	4	49	47	0.001	0.0001	0.0008	0.0008	0.0009	0.001	
Hierro	mg/l	98	0	2	4.53	0.02	0.60	0.29	0.47	0.71	0.3
Holmio	mg/l	1	19	80	-	-	-	-	-	-	
Iterbio	mg/l	8	45	47	0.000444	0.00001	0.0001	0.00001	0.0001	0.00015	
Itrio	mg/l	8	12	80	0.00028	0.00002	0.0001	0.00003	0.00005	0.00007	
Lantano	mg/l	14	40	46	0.000516	0.00001	0.0001	0.00002	0.00009	0.00014	
Litio	mg/l	20	34	46	0.02	0.0001	0.0025	0.0005	0.001	0.00361	
Lutecio	mg/l	5	47	47	0.0005	0.0001	0.0002	0.0001	0.0002	0.0003	
Magnesio	mg/l	81	1	18	4.35	0.025	0.73	0.33	0.49	0.95	
Manganeso	mg/l	92	1	7	0.60	0.00002	0.04	0.01	0.02	0.033	0.1
Mercurio	mg/l	4	67	29	0.0002	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.000104	0.0002
Molibdèno	mg/l	7	48	46	0.004	0.0001	0.001	0.0002	0.0003	0.00115	
Neodimio	mg/l	22	31	47	0.000622	0.00001	0.0002	0.0001	0.00011	0.0002	
Niobio	mg/l	4	49	47	0.0001	0.00001	0.00004	0.00001	0.00001	0.0001	
Níquel	mg/l	36	61	4	0.02	0.0002	0.005	0.0003	0.0012	0.007	0.025
Oro	mg/l	0	53	47	-	-	-	-	-	-	
Osmio	mg/l	3	49	47	0.009	0.0005	0.0027	0.0009	0.00115	0.00425	
Plata	mg/l	5	66	29	0.0058	0.0001	0.0008	0.0002	0.0006	0.00065	0.01
Platino	mg/l	1	51	47	-	-	-	-	-	-	
Plomo	mg/l	40	48	12	0.05	0.00005	0.004	0.0003	0.0011	0.004	0.001
Potasio	mg/l	81	1	18	4.46	0.025	0.58	0.37	0.50	0.696	
Praseodimio	mg/l	9	43	47	0.0002	0.00001	0.0001	0.00001	0.00002	0.0001	
Renio	mg/l	1	53	46	-	-	-	-	-	-	
Rodio	mg/l	1	52	47	-	-	-	-	-	-	
Rubidio	mg/l	54	0	46	0.009	0.00053	0.0018	0.001	0.0016	0.0025	
Samario	mg/l	8	45	47	0.0007	0.00002	0.0002	0.00002	0.000135	0.0005	
Selenio	mg/l	2	69	29	0.001	-	-	-	-	-	0.001
Silicio	mg/l	53	1	46	29	0.005	8.4249	5.47	8	11	
Sodio	mg/l	80	0	20	7.9	0.14	2.44	1.62	2.22	3.06	
Talio	mg/l	20	35	46	0.00247	0.000005	0.0006	0.00007	0.000471	0.001	
Terbio	mg/l	0	21	79	-	-	-	-	-	-	
Telurio	mg/l	3	51	46	0.001	0.0006	0.0009	0.0007	0.0009	0.001	
Titanio	mg/l	0	54	46	-	-	-	-	-	-	
Torio	mg/l	0	54	46	-	-	-	-	-	-	
Tulio	mg/l	5	47	47	0.00104	0.00001	0.0002	0.00001	0.000025	0.0001	
Uranio	mg/l	0	54	46	-	-	-	-	-	-	
Vanadio	mg/l	21	33	46	0.0189	0.0002	0.0011	0.0005	0.0007	0.0009	
Wolframio	mg/l	4	50	46	0.00164	0.00004	0.0003	0.00004	0.00025	0.0004	
Zirconio	mg/l	9	45	46	0.0009	0.00003	0.0001	0.00005	0.000095	0.0001	
Zinc	mg/l	81	19	1	1.01	0.00004	0.06	0.0043	0.01	0.0345	0.03

A partir de este resumen de datos, se consideraron los siguientes elementos para el posterior análisis: pH, Conductividad eléctrica (CE), Carbono orgánico disuelto (COD), Carbono orgánico total (COT), Demanda biológica de oxígeno (DBO), Demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno orgánico, sulfato, bicarbonato, Al, As, Ba, Ca, Cd, Cu, Fe, Ga, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Rb, Si, Sr, y Zn, los cuales presentaron un porcentaje superior al 30% de datos sobre el LC. Se incluyeron además el Cd y el As, dado que, en el resumen por sitios, (Anexo I) presentaron un porcentaje de datos superior al 40%, para la microcuenca Jordanita. Los demás elementos no serán reportados debido a la poca información existente para realizar un análisis robusto.

3.2. Análisis de la variabilidad temporal

Con la finalidad de determinar si existe variabilidad estacional, se realizaron series temporales, en donde se visualizó la variación en la concentración de parámetros de acuerdo a la estacionalidad. En las figuras 2 a 5 se presentan los gráficos de los parámetros que presentaron variabilidad definida, se graficó una serie temporal para cada parámetro, el resto se presenta en el Anexo II.

Para el pH y CE (Figura 2) las épocas con mayor precipitación registran los valores más bajos. El pH en el sitio QUIV presenta valores en un rango de 5.9 y 7.8. Se puede observar un descenso en sus valores durante los periodos más lluviosos (febrero, abril, mayo, junio). La CE en los sitios TAS y QUIV presenta valores en un rango de 10 y 67 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en donde los bajos valores corresponden con altos valores de precipitación (febrero, abril, mayo, junio, julio).

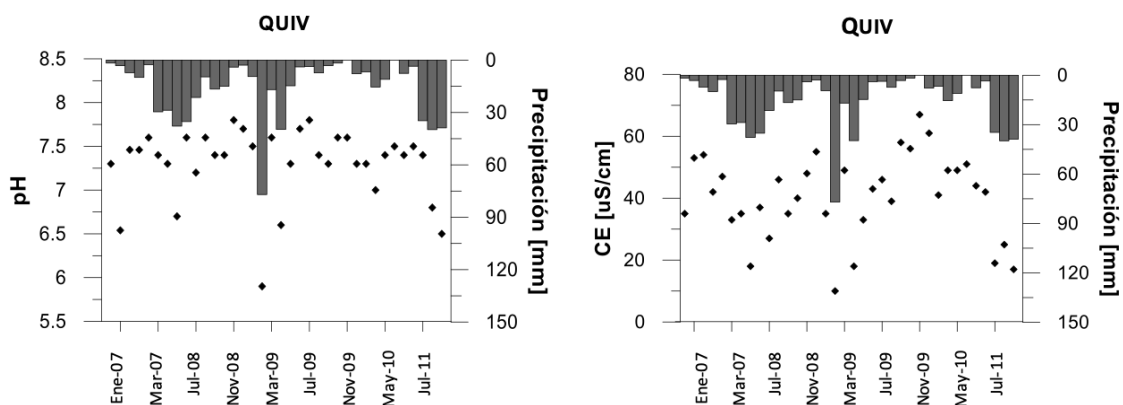


Figura 2. Series de tiempo para pH y conductividad eléctrica.

Para el COT y DQO (Figura 3), los periodos de mayor precipitación que corresponden a los meses febrero, abril y julio, presentan concentraciones elevadas para ambos parámetros. El COT en el sitio TAS, presenta concentraciones en un rango

comprendido entre 2 y 7.1 mg/l. En el sitio ALU, las concentraciones de DQO se encuentran en un rango de 5 y 21 mg/l.

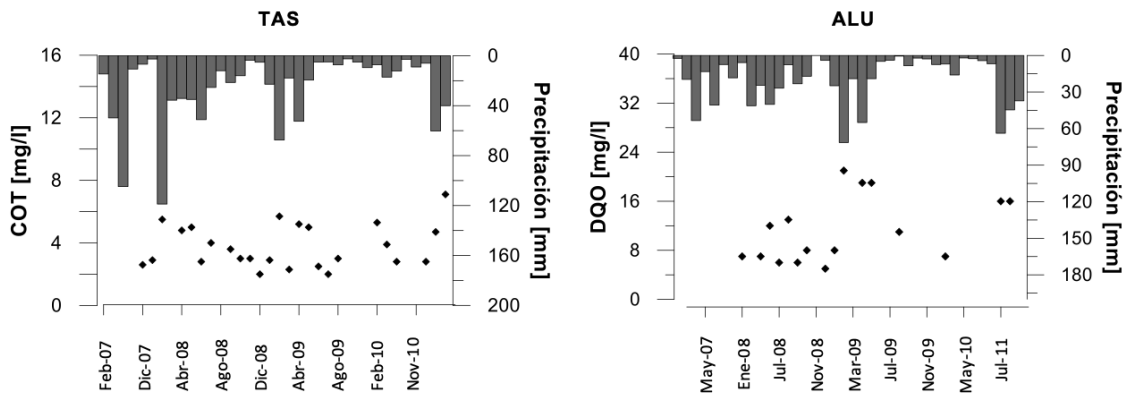
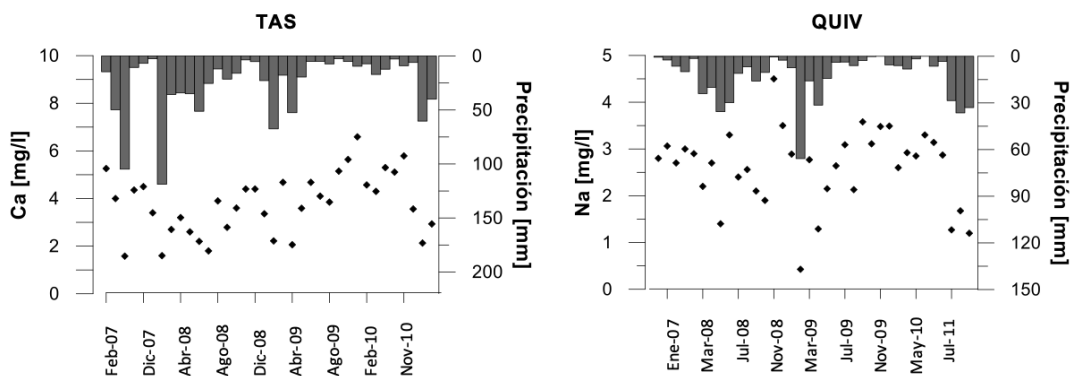


Figura 3. Series de tiempo para COD y DQO.

Para el caso de los parámetros Ca, Na, bicarbonato y sulfato, las concentraciones bajas se registraron durante los periodos de mayor precipitación. El Ca en los sitios TAS y QUIV presentaron concentraciones en un rango de 1.02 y 8.06 mg/l, observándose un descenso en la concentración cuando la precipitación incrementa. El Na presentó valores comprendidos entre 0.52 y 5.51 mg/l, para los sitios TAS, D1 y QUIV, presentando bajas concentraciones en periodos de mayor precipitación. El sulfato presentó concentraciones bajas de hasta 0.5 mg/l en periodos de mayor precipitación y concentraciones de hasta 27.3 mg/l en épocas de sequía, para el sitio TAS. El bicarbonato presentó variabilidad estacional para seis sitios (BERM, TAS, D1, QUIP, QUIV, CSG), se registraron concentraciones entre 3 y 56.4 mg/l, en donde las concentraciones bajas correspondieron con los periodos de mayor precipitación. En la Figura 4, se presenta una serie temporal para cada parámetro.



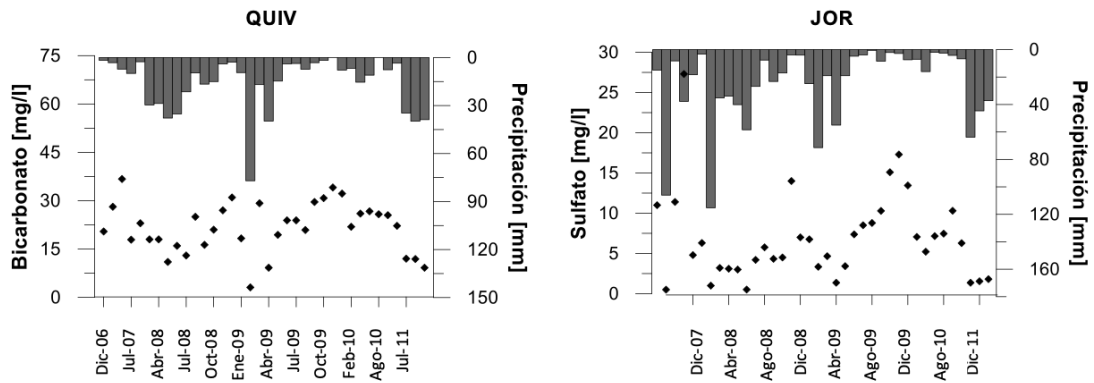


Figura 4. Series de tiempo para Ca, Na, bicarbonato y sulfato.

El Al presenta concentraciones elevadas que corresponden con los periodos que registran mayor cantidad de precipitación, no así el Ba y el Sr, en donde los periodos de mayor precipitación registran bajas concentraciones. El Al presenta valores en un rango de 0.01 a 0.15 mg/l para TAS. El Ba presenta valores entre 0.011 y 0.054 mg/l, para JOR y CALV. El Sr presenta valores comprendidos entre 0.01 y 0.17 mg/l para los sitios TAS, D1, QUIV, JOR Y CSG. La Figura 5 presenta una serie temporal para cada parámetro.

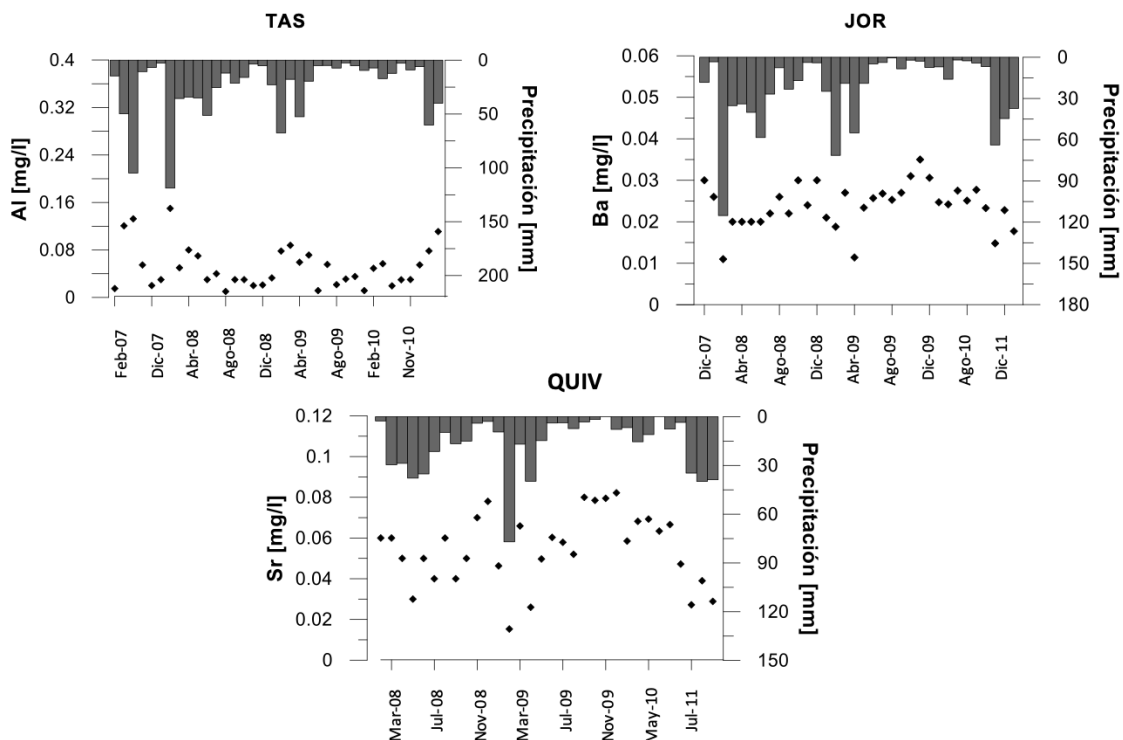


Figura 5. Series de tiempo para Al, Ba y Sr.

3.3. Análisis de las relaciones existentes entre la calidad de agua y variables hidrometeorológicas

Para este fin se analizó la relación estadística de variables hidrometeorológicas (precipitación, caudal, humedad relativa, radiación solar, temperatura, evapotranspiración y velocidad del viento) con 27 parámetros de calidad del agua, mediante regresiones, para lo cual fueron evaluados 4 tipos de correlación (lineal, potencial, logarítmica y exponencial). Estos resultados se presentan en los Anexos III a IX. Además, para el caso del caudal se realizó un análisis mediante agrupación por tipos de flujo.

3.3.1. Análisis de la relación entre la concentración de parámetros químicos con la precipitación

El Anexo III presenta los coeficientes de determinación R^2 para cada parámetro en todos los sitios de monitoreo y el tipo de correlación que mejor se ajusta al análisis.

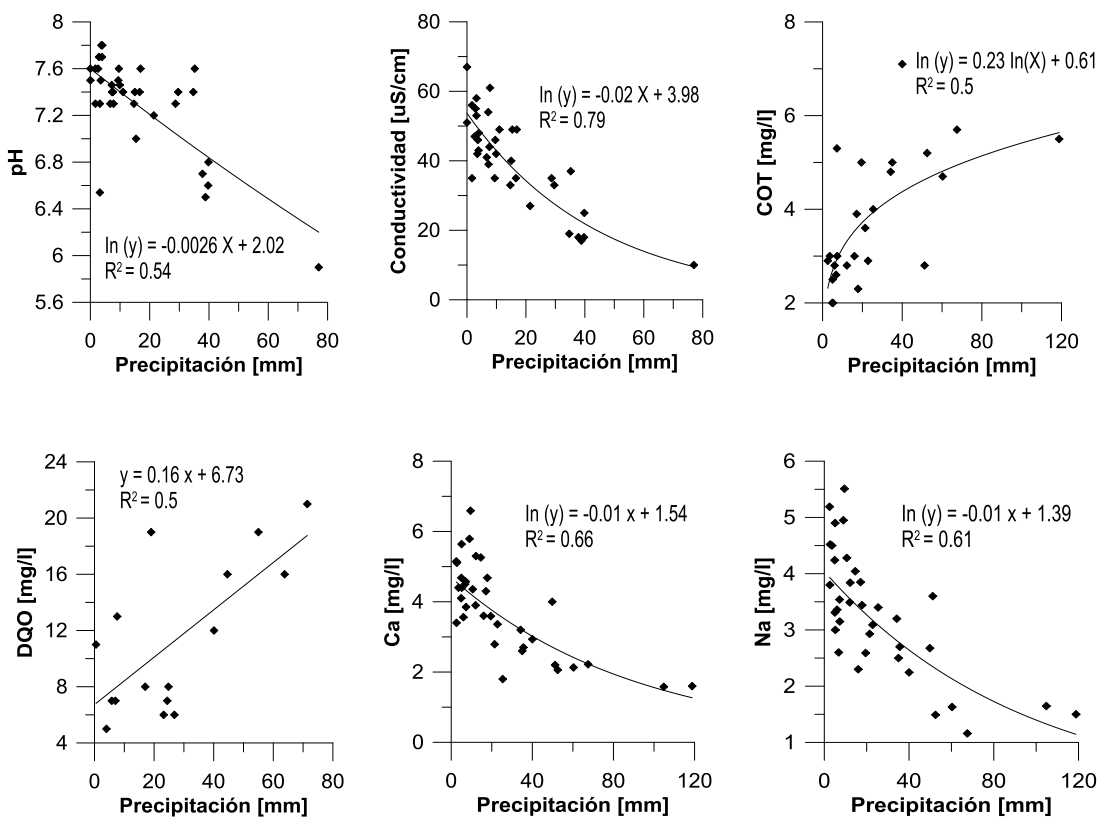
En general, de los resultados presentados se observó que los parámetros que presentaron correlaciones estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en al menos un sitio fueron: pH, CE, COT, COD, DQO, Nitrógeno orgánico, Ca, Na, Mg, K, Bicarbonato, Sulfato, Al, As, Ba, Cd, Cu, Fe, Ga, Mn, Pb, Rb, Si, Sr, y Zn. De los anteriores, pH, CE, COT, DQO, Ca, Na, bicarbonato, sulfato, Al, Cd, As, Ba y Sr, presentaron las mejores correlaciones $R^2 \geq 0.5$, como se muestra en la Figura 6.

A continuación se describen los sitios en donde los parámetros analizados presentaron correlaciones estadísticamente significativas. El pH, presentó correlaciones significativas para los sitios TAS, D1, QUIP, QUIV, CALP, ALU y CSG. La CE tuvo correlaciones significativas para todos los sitios excepto CALP. El COD y COT, tuvieron correlaciones significativas para los sitios TAS, D1 (solo para COT) QUIV, CALV y JOR. La DBO y Ni, no tuvieron ninguna relación significativa. La DQO tuvo correlaciones significativas para los sitios TAS, D1, QUIV, CALV, JOR y ALU. El nitrógeno orgánico para los sitios CALP y ALU presentó correlaciones significativas. El Al para los sitios BERM, TAS, D1, QUIV y CSG. El Cd únicamente para JOR. El Ca, para todos los sitios excepto BERM y QUI1. El Cu en los sitios JOR y CSG. El Fe en los sitios BERM, D1, CALP, JOR y CSG. El Mg en los sitios BERM, QUIV y CSG. El Mn en los sitios TAS, D1, JOR y ALU. El Pb en los sitios TAS, CALV y JOR. El K en los sitios BERM, TAS, ALU y CSG. El Na en todos los sitios excepto CCQ, QUI1 y CALP. El Zn en los sitios JOR y ALU. El sulfato en los sitios TAS, QUIV, CALV, JOR y ALU. El bicarbonato en todos los sitios excepto QUI1, CALP, JOR y ALU. El As únicamente en QUI1 y JOR. El Ba en los sitios TAS, D1, QUIV, CALV, JOR, ALU y

CSG. El Sr en todos los sitios, excepto CCQ, QUIP, QUI1 y CALP. El Ga únicamente en CSG. El Rb en los sitios TAS, D1, CALV, JOR, ALU y CSG. El Si en los sitios TAS, CALV, JOR y CSG.

Los parámetros COD, COT, DQO, Al, Cd y Cu, presentaron una relación directamente proporcional con la precipitación, es decir, a medida que la precipitación incrementa la concentración de estos parámetros también incrementa. Mientras que, el pH, CE, Nitrógeno orgánico, Ca, Na, Fe, Mg, K, Zn, bicarbonato, sulfato, As, Ba, Sr, Ga, Rb y Si, tuvieron una relación inversa, lo cual indica que a mayor precipitación menor será la concentración de los parámetros descritos. Los parámetros Mn y Pb presentaron relaciones directas e inversas. Relaciones directas para Mn y Pb en TAS. Relaciones inversas para Mn en D1, JOR y ALU; y Pb en CALV y JOR.

De lo anterior se puede indicar que la precipitación influye en el incremento o disminución de la concentración de parámetros, dado que las regresiones fueron significativas para la mayoría de parámetros analizados, únicamente para DBO y Ni, no se observaron relaciones significativas con la precipitación.



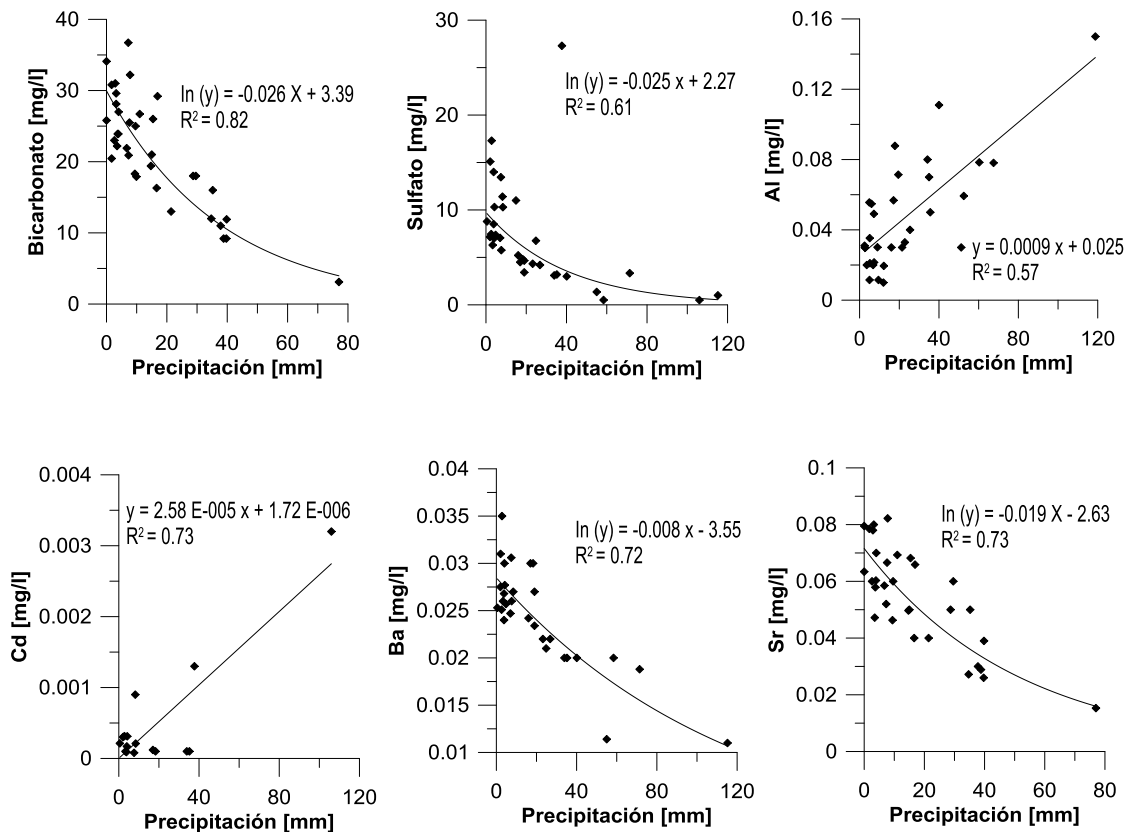


Figura 6. Relación de precipitación y concentración de parámetros en los sitios TAS, QUIV, ALU y JOR.

3.3.2. Análisis de la relación entre la concentración de parámetros químicos con el caudal

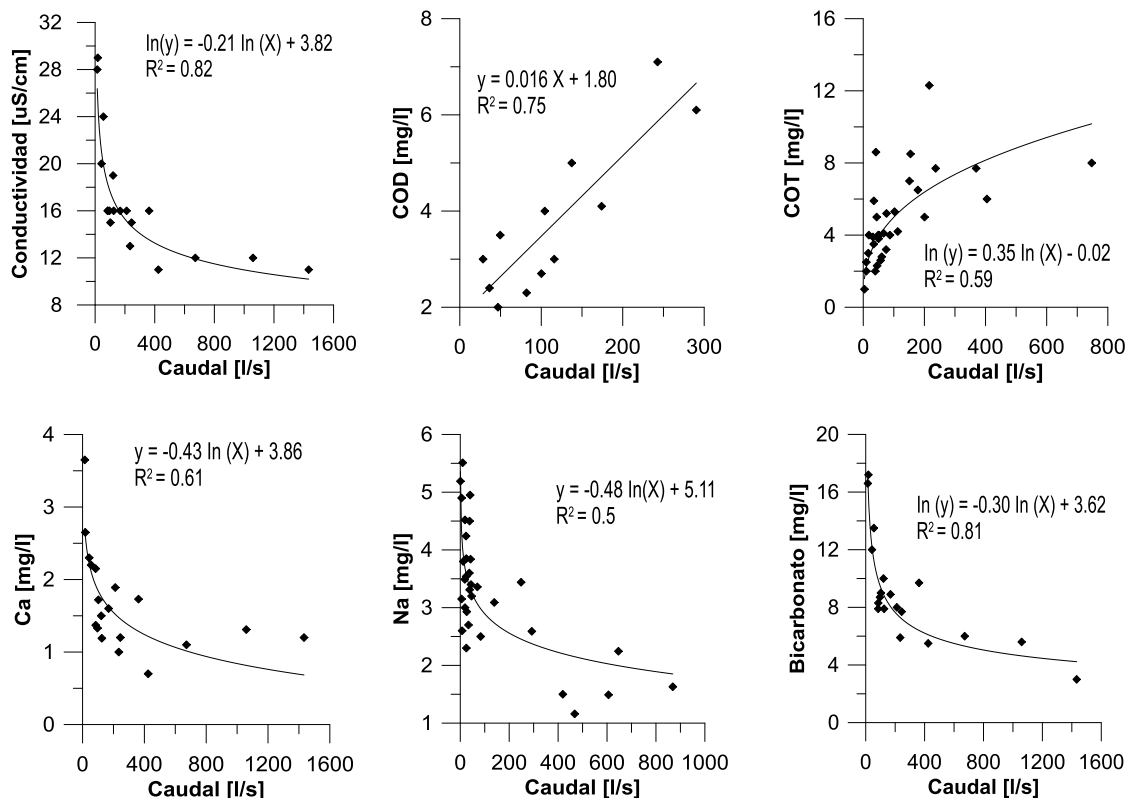
Para analizar las relaciones existentes entre la concentración de parámetros y el caudal, se escogieron los sitios más representativos (BERM, TAS, QUIV, CALV y JOR), los cuales tienen estructuras de medición de caudal. El Anexo IV presenta los coeficientes de determinación R² y el tipo de correlación que mejor se ajusta al análisis.

De los resultados presentados en el Anexo IV, se observa que los parámetros que presentaron correlaciones estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en al menos un sitio fueron: pH, CE, COT, COD, DQO, Ca, Na, Mg, K, bicarbonato, sulfato, Al, As, Ba, Cu, Fe, Ga, Mn, Pb, Rb, Si, Sr, y Zn. De los anteriores, los parámetros CE, COD, COT, Al, Ca, Fe, Na, bicarbonato, SO₄, As, Ba, Sr, Rb y Si, presentaron las mejores correlaciones $R^2 \geq 0.5$, como se muestra en la Figura 7.

Los sitios que presentaron correlaciones estadísticamente significativas se describen a continuación para cada parámetro. El pH únicamente presentó correlación significativa para QUIV. Los parámetros CE, COD, COT, Na y Sr presentaron correlaciones significativas para todos los sitios analizados. Caso contrario, los parámetros DBO,

nitrógeno orgánico, Cd y Ni no presentaron correlaciones significativas para ningún sitio. La DQO presentó correlaciones significativas para todos los sitios excepto TAS, así también el Al que tuvo correlaciones significativas en todos los sitios excepto JOR y también el Ca, que únicamente CALV no presentó correlaciones significativas. El Cu únicamente presentó una correlación significativa para BERM, mientras que los parámetros Pb, Zn y As presentaron correlaciones significativas únicamente para JOR. El Fe presentó correlaciones significativas para BERM, TAS y JOR. El Mn para TAS y JOR. El K tuvo correlaciones significativas para BERM y TAS; el sulfato para los sitios QUIV, CALV y JOR; el bicarbonato para los sitios BERM, TAS y QUIV. EL Ba y el Si presentaron correlaciones significativas para todos los sitios excepto BERM. El Ga presentó correlaciones significativas para QUIV y JOR; y el Rb para TAS, QUIV y JOR.

Los parámetros COD, COT, DQO, Al y Cu presentaron una relación directamente proporcional con el caudal, es decir, a medida que el caudal incrementa las concentraciones de estos parámetros también incrementan. Mientras que, el pH, CE, Ca, Mg, Pb, K, Na, Zn, bicarbonato, sulfato, As, Ba, Sr, Ga, Rb y Si, tuvieron una relación inversa, indicando que mientras el caudal incrementa, la concentración de los parámetros mencionados disminuye. El Mn y Fe, presentaron relaciones directas e inversas. Relaciones directas para Mn y Fe en TAS; y relaciones inversas para Mn en JOR y para Fe en BERM y JOR.



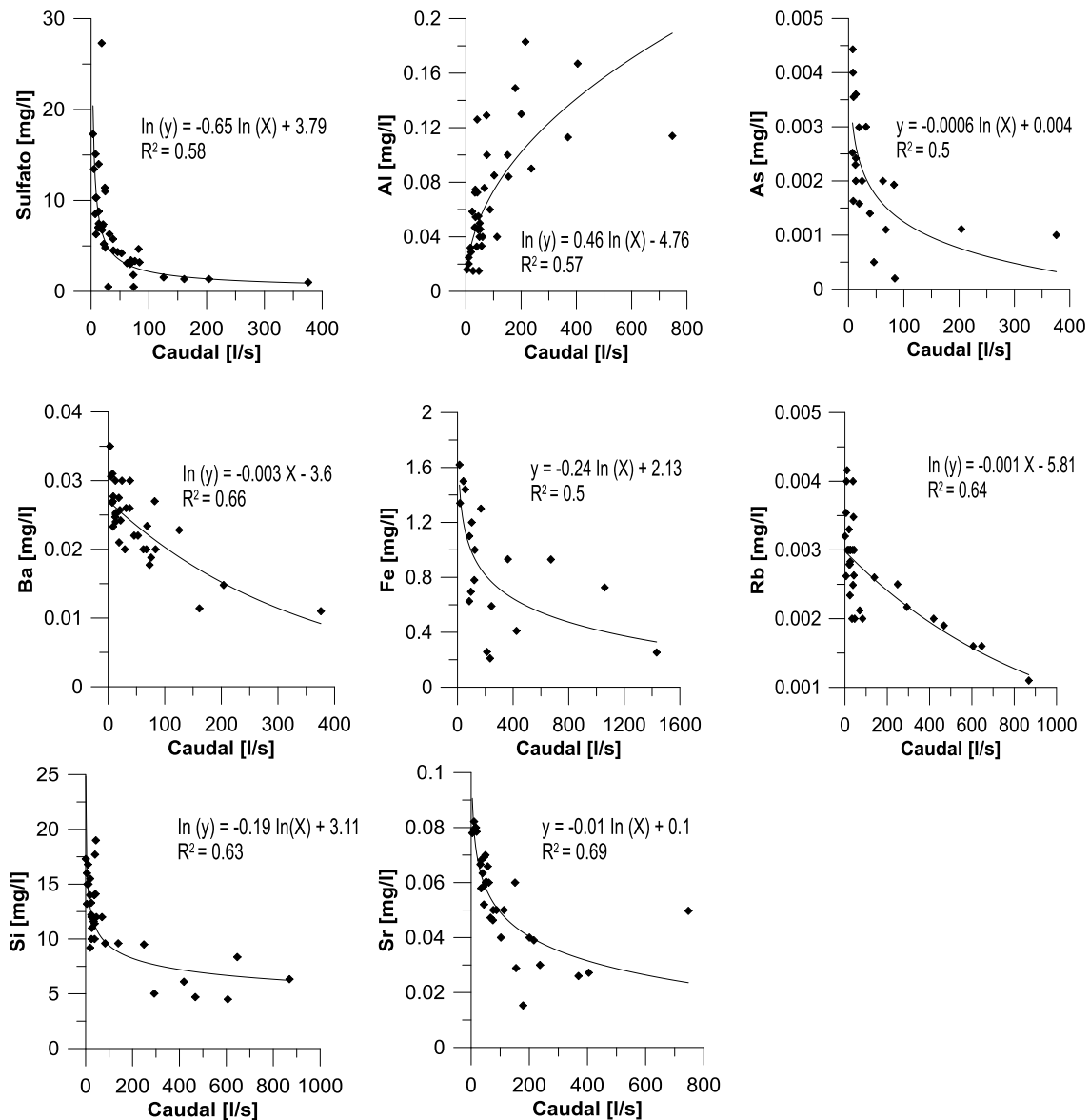


Figura 7. Relación de caudal y concentración de parámetros en los sitios BERM, TAS, QUIV, CALV, JOR y ALU.

Un segundo análisis se realizó mediante agrupación por condiciones de caudal, debido a que no existen resultados claros en el análisis por correlaciones, en este análisis se incluyó el resto de sitios tomando como referencia el caudal medido a la salida de la microcuenca a la que pertenecían.

3.3.2.1. Análisis de la relación entre caudal y parámetros químicos mediante agrupación por condiciones de caudal

Con la finalidad de analizar la influencia del caudal en la concentración de parámetros, es necesario conocer la condición de caudal en la que fueron tomadas las muestras de agua. Para esto se elaboró una curva de no excedencia de caudales para las cinco

microcuencas de estudio (Figura 8), los caudales fueron separados en altos (Q_{max} - Q_{90}), medios ($Q_{90} - Q_{15}$) y bajos ($Q_{15} - Q_{min}$).

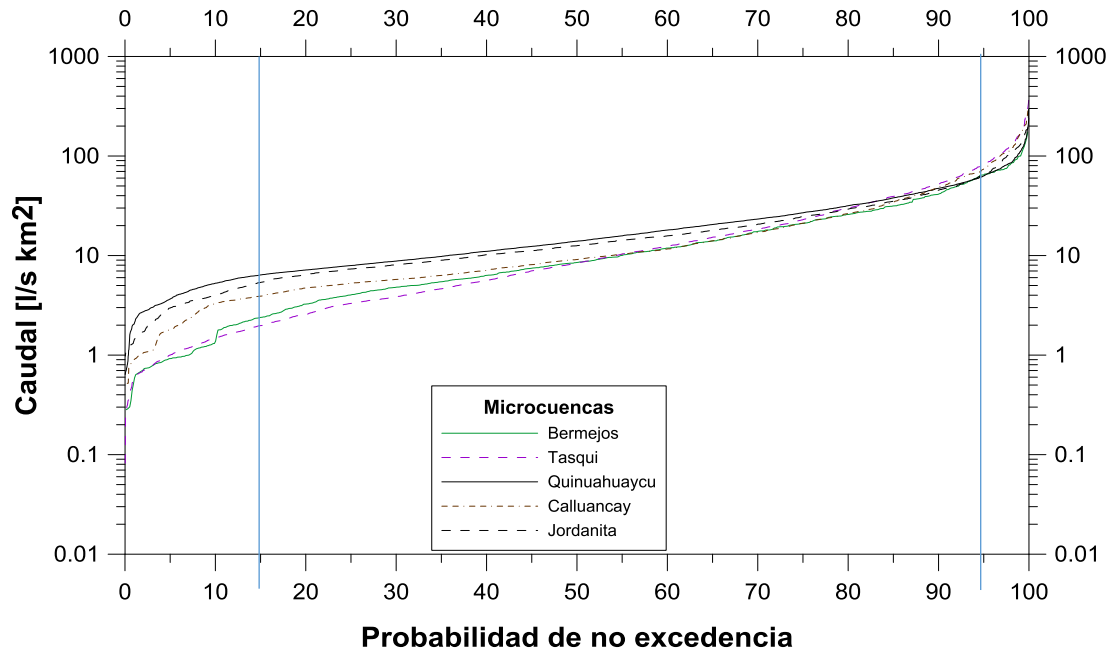


Figura 8. Curvas de no excedencia de caudales para las microcuencas de estudio.

La separación de eventos de caudal dio como resultado lo descrito a continuación en la Tabla 7, en promedio un 10% de muestras fueron tomadas en caudal alto, 65% en caudal medio y 25% en caudal bajo.

Tabla 6. Número de eventos de caudal por sitio de monitoreo.

Microcuenca	Sitio de monitoreo	Caudal alto	Caudal medio	Caudal bajo
Bermejos	BER	2	14	3
Tasqui	TAS	7	12	17
Quinuahuaycu	D1	5	49	12
	CCQ	3	22	7
	QUIV	3	27	8
Calluancay	QUIP	4	29	7
	CALV	3	22	4
Jordanita	JOR	4	22	12
	ALU	3	23	12

Después de clasificar las muestras, se procedió a elaborar diagramas de caja para los parámetros predominantes con la finalidad de observar las diferencias entre condiciones de caudal en cada microcuenca de estudio.

La Figura 9 presenta la variación del pH y conductividad de acuerdo a las condiciones de caudal. Para el pH, se observa que las microcuencas BERM y TAS no presentan una tendencia a incrementar o disminuir sus valores medios de acuerdo a la condición

de caudal. En Quinuahuaycu (D1, CCQ, QUIV, QUIP) y Calluancay (CALV) los valores medios del pH en las condiciones de caudal estuvieron en un rango de A: 6.44 – 7.4, M: 6.85 – 7.5, B: 6.8 – 7.62, en donde los valores medios tienden a incrementar cuando el caudal es bajo, lo cual contrasta con lo sucedido en Jordanita (JOR, ALU) en donde el pH tiende a disminuir conforme el caudal disminuye, JOR(A: 6.55, M: 6.3, B: 5.85) y ALU(A: 5.4, M: 4.4, B: 3.95).

Para la CE, en todas las microcuencas de estudio, se observa que conforme el caudal disminuye la CE tiende a incrementar. Para todos los sitios excepto ALU, los valores medios en los caudales están generalmente en un rango de A: 10 – 29 uS/cm, M: 16 – 40 uS/cm y B: 25.5 – 60.5 uS/cm. ALU presenta los valores de CE más elevados (A: 35, M: 51, B: 108.5 uS/cm), en comparación al resto de sitios.

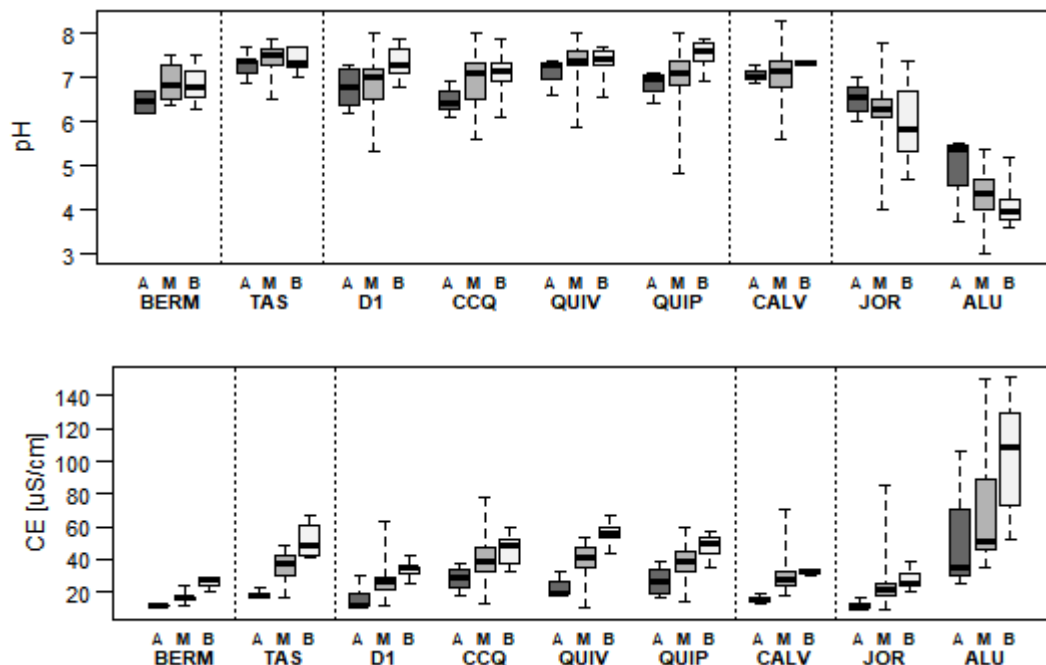


Figura 9. Diagramas de cajas de los valores de pH y CE, para los sitios de monitoreo, agrupados por microcuenca en diferentes condiciones de caudal. A = Condiciones de caudal alto, M = Condiciones de caudal medio, B = Condiciones de caudal bajo.

Las concentraciones medias de los parámetros COD, COT y DQO presentan una tendencia a incrementar cuando la condición de caudal es alta. En diferentes condiciones de caudal, las concentraciones medias de COT y COD están en un rango A: 3.55 – 8.55 mg/l, M: 2.7 – 7.2 mg/l y B: 2.5 – 6 mg/l. En el caso del DQO, las concentraciones medias en diferentes condiciones de caudal se encuentran en un rango A: 14 – 32.5 mg/l, M: 9 – 26 mg/l y B: 7 – 22 mg/l. La línea roja representa el LMP (40 mg/l) establecido en el TULSMA, las estaciones BERM, D1, CCQ y CALV exceden dicho límite especialmente en caudales medios y altos. Para el nitrógeno

orgánico, en CCQ y ALU la concentración media aumenta cuando el caudal es bajo. Sus valores están en un rango (A: 0.28 – 0.35 mg/l, M: 0.35 – 0.39 mg/l, B: 0.43 - 0.6 mg/l). Ver Figura 10.

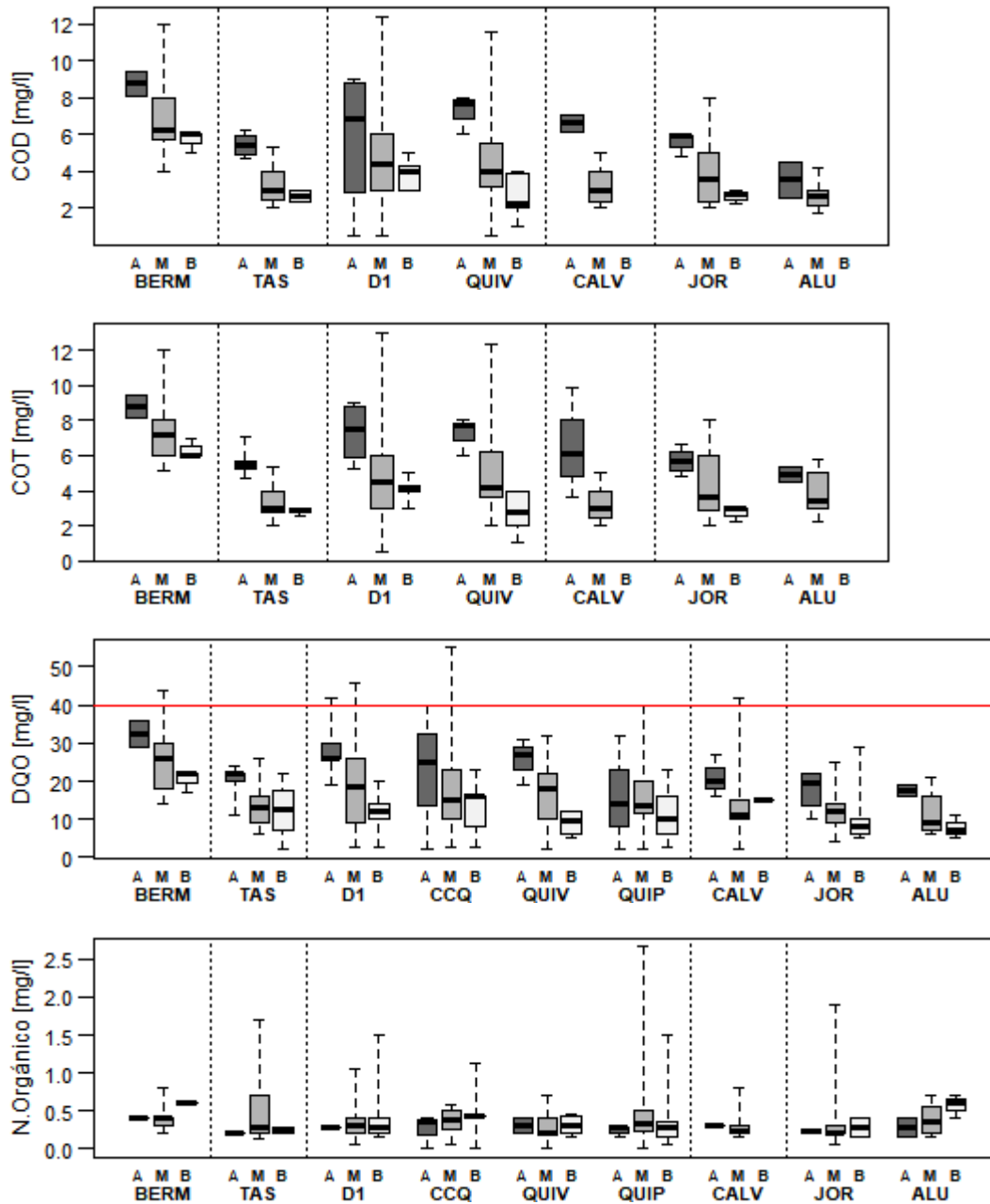


Figura 10. Diagramas de caja de las concentraciones de COD, COT, DQO y Nitrógeno orgánico, para los sitios de monitoreo, agrupados por microcuenca en diferentes condiciones de caudal. A = Condiciones de caudal alto, M = Condiciones de caudal medio, B = Condiciones de caudal bajo. La línea roja indica el límite máximo permisible para el parámetro.

La Figura 11 presenta las concentraciones de Ca, Na, Mg, K, bicarbonato y sulfato en diferentes condiciones de caudal. Para el Ca en la mayoría de sitios (excepto CALV y ALU), sus concentraciones medias (A: 1.17 – 4.78 mg/l, M: 1.43 – 5.2 mg/l y B: 1.80 –

7.42 mg/l) incrementaron con la disminución de caudal. El Na en los sitios BERM, TAS, D1, QUIV, CALV y JOR, presenta una tendencia a incrementar su concentración cuando la condición de caudal es baja, sus concentraciones medias en diferentes condiciones de caudal estuvieron en un rango de A: 0.72 – 1.63 mg/l, M: 1.42 – 3.4 mg/l y B: 1.72 – 5.04 mg/l. El Mg para los sitios BERM, TAS, D1, QUIV, JOR y ALU, presenta una tendencia a incrementar su concentración media cuando la condición de caudal es baja y sus concentraciones varían en un rango A: 0.2 – 0.4 mg/l, M: 0.26 – 0.80 mg/l, y B: 0.4 – 1.16 mg/l. El sitio CCQ difiere de la tendencia presentada, dado que el Mg presenta concentraciones elevadas en caudales altos (A: 1.94, M: 1, B: 0.96 mg/l). El K presenta una tendencia a incrementar sus concentraciones medias en caudales bajos en los sitios BERM, TAS y JOR, en diferentes tipos de caudal sus concentraciones varían en un rango A: 0.32 – 0.63 mg/l, M: 0.44 – 0.99 mg/l, y B: 0.45 – 1.33 mg/l.

El bicarbonato reveló una tendencia a incrementar su concentración en caudales bajos para los sitios BERM, TAS, D1, CCQ, QUIV y QUIP, en donde sus concentraciones medias en diferentes tipos de caudal variaron en un rango de A: 4.3 – 16.62 mg/l, M: 8.15 – 25 mg/l, y B: 16.6 – 38.2 mg/l. Para el sulfato, en todos los sitios sus concentraciones medias incrementaron cuando la condición de caudal era baja (A: 0.29 – 14.49 mg/l, M: 0.53 – 18 mg/l y B: 0.64 – 27.56 mg/l). Los sitios JOR y ALU presentaron las concentraciones medias más elevadas para este parámetro.

En general, se observa que las concentraciones medias incrementan cuando el caudal es bajo y esto es evidente en las estaciones en donde se realiza la medición de caudal (BERM, TAS, QUIV, CALV, JOR).

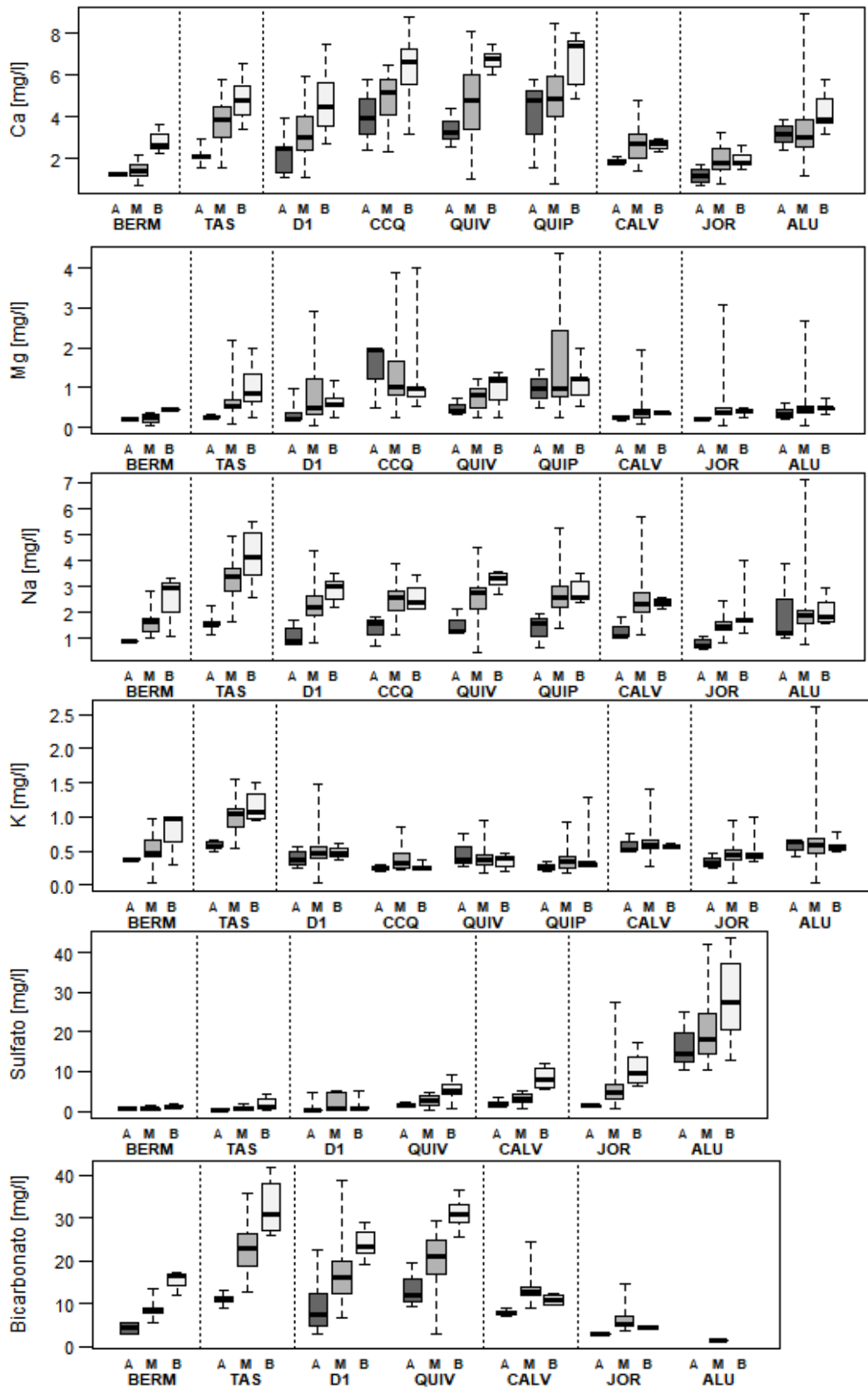


Figura 11. Diagramas de caja de las concentraciones de Ca, Mg, Na, K, Bicarbonato y Sulfato, para los sitios de monitoreo, agrupados por microcuenca en diferentes condiciones de caudal. A= Condiciones de caudal alto, M = Condiciones de caudal medio, B = Condiciones de caudal bajo.

La Figura 12 presenta los diagramas de caja para los parámetros Al, As, Ba, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn, que incluyen límites máximos permisibles de acuerdo al TULSMA. Las concentraciones medias de Al (A: 0.06 – 0.13 mg/l, M: 0.03 – 0.09 mg/l, B: 0.02 – 0.07) tienden a disminuir cuando la condición de caudal es baja, para las estaciones BERM, TAS, D1, QUIV y CALV, mientras que para las estaciones JOR y ALU la concentración media (A: 0.15 – 0.21 mg/l, M: 0.16 – 0.54 mg/l, B: 0.2 – 0.78 mg/l) incrementa cuando el caudal es bajo, además, a excepción de BERM todas las estaciones exceden el LMP (0.1 mg/l), en particular JOR y ALU, en donde las concentraciones medias de todas las condiciones de caudal están sobre dicho límite.

Para el caso del As, únicamente los sitios JOR (A: 0.001, M: 0.0017, B: 0.002 mg/l) y ALU (A: 0.0191, M: 0.0193, B: 0.027 mg/l), presentaron concentraciones altas durante condiciones de caudal bajas. El LMP (0.05 mg/l) excede únicamente en ALU.

El Ba presenta una tendencia a incrementar su concentración cuando la condición de caudal es baja (A: 0.013 – 0.023 mg/l, M: 0.02 – 0.033 mg/l, B: 0.023 – 0.043 mg/l), esta tendencia es clara en los sitios en donde se realiza medición de caudal (BERM, QUIV, CALV, JOR y TAS), ningún sitio excede el LMP (1 mg/l).

Para el Cd no se observaron tendencias, la mayoría de sitios tuvieron observaciones con valores menores al límite de cuantificación a excepción del sitio ALU, sin embargo, se observó que en todas las estaciones (excepto BERM) se reportó al menos un valor sobre el LMP (0.001 mg/l), en especial ALU, sitio donde las concentraciones medias de Cd en todas las condiciones de caudal están sobre el LMP y además, este sitio alcanza las concentraciones más altas (0.015 mg/l) en comparación a las otras estaciones.

El Cu, únicamente para D1 (A: 0.005, M: 0.003 y B: 0.0009 mg/l) y ALU (A: 0.0033, M: 0.0030 y B: 0.0015 mg/l) es posible observar que las concentraciones medias disminuyen cuando el caudal es bajo. Todas las estaciones exceden el LMP (0.005 mg/l) en al menos un valor.

Para el caso del Fe, en las estaciones BERM, D1, CCQ, CALV Y JOR, la concentración media incrementa cuando la condición de caudal es baja (A: 0.21 – 0.53 mg/l, M: 0.26 – 0.85 mg/l, y B: 0.32 – 1.5 mg/l). Para la estación TAS el patrón es contrario al caso anterior, la concentración media disminuye cuando el caudal disminuye (A: 0.17, M: 0.15, y B: 0.08 mg/l). El LMP (0.3 mg/l) es excedido por todos los sitios, excepto TAS, este parámetro excede el LMP la mayor parte del tiempo, dado que las concentraciones medias en todas las condiciones de caudal están sobre el límite establecido.

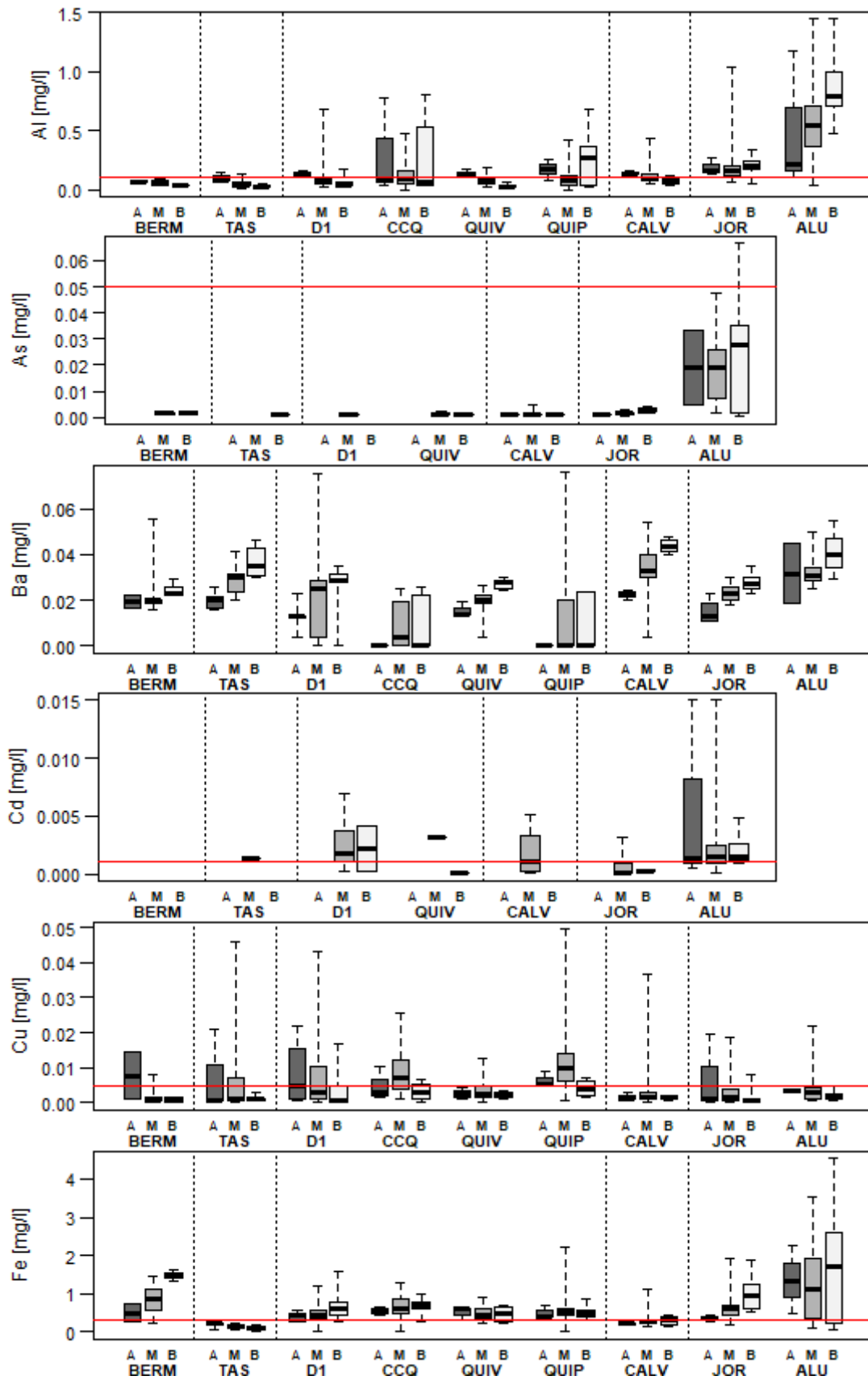


El Mn, para los sitios D1, CCQ y JOR tiende a incrementar su concentración en caudales bajos (A: 0.012 – 0.021 mg/l, M: 0.02 – 0.032 mg/l, B: 0.027 – 0.038 mg/l), a diferencia de QUIV, QUIP y CALV, que disminuyen su concentración en caudales bajos (A: 0.012 – 0.025 mg/l, M: 0.012 – 0.019 y B: 0.009 – 0.01 mg/l). En cuanto al LMP (0.1 mg/l), todas las microcuencas (excepto TAS), exceden el LMP en al menos un sitio. ALU se encuentra excediendo el LMP la mayor parte del tiempo, además este sitio alcanza las concentraciones más elevadas de este parámetro (0.6 mg/l) especialmente en caudales bajos.

El Ni únicamente en CCQ, presenta una tendencia a disminuir su concentración media cuando la condición de caudal es baja (A: 0.011, M: 0.009 y B: 0.006 mg/l). El LMP (0.025 mg/l) no es excedido en ninguna estación.

Para el Pb, únicamente en JOR (A: 0.0011, M: 0.0019, B: 0.0033 mg/l) y ALU (A: 0.0042, M: 0.0048, B: 0.005 mg/l), cuando la condición de caudal es baja la concentración tiende a ser alta. Para estos dos sitios, las concentraciones medias en todas las condiciones de caudal están sobre el LMP (0.001mg/l). Los sitios D1, CCQ, QUIP y CALV también presentan valores sobre el LMP, pero no se observaron tendencias para estos sitios.

El Zn presenta una tendencia a disminuir la concentración media cuando la condición de caudal es baja en los sitios BERM, CCQ, QUIV y QUIP (A: 0.008 – 0.021 mg/l, M: 0.005 – 0.016 mg/l, B: 0.002 – 0.011 mg/l), mientras que para JOR (A: 0.008, M: 0.02, B: 0.04 mg/l) y ALU (A: 0.23, M: 0.3, B: 0.54 mg/l) la concentración media incrementa cuando la condición de caudal es baja. El LMP es excedido eventualmente en las microcuencas Quinuahuaycu, Calluancay y Tasqui, mientras que para Jordanita, en especial ALU, el Zn se encuentra sobre el LMP la mayor parte del tiempo, alcanzando las concentraciones más elevadas para este parámetro.



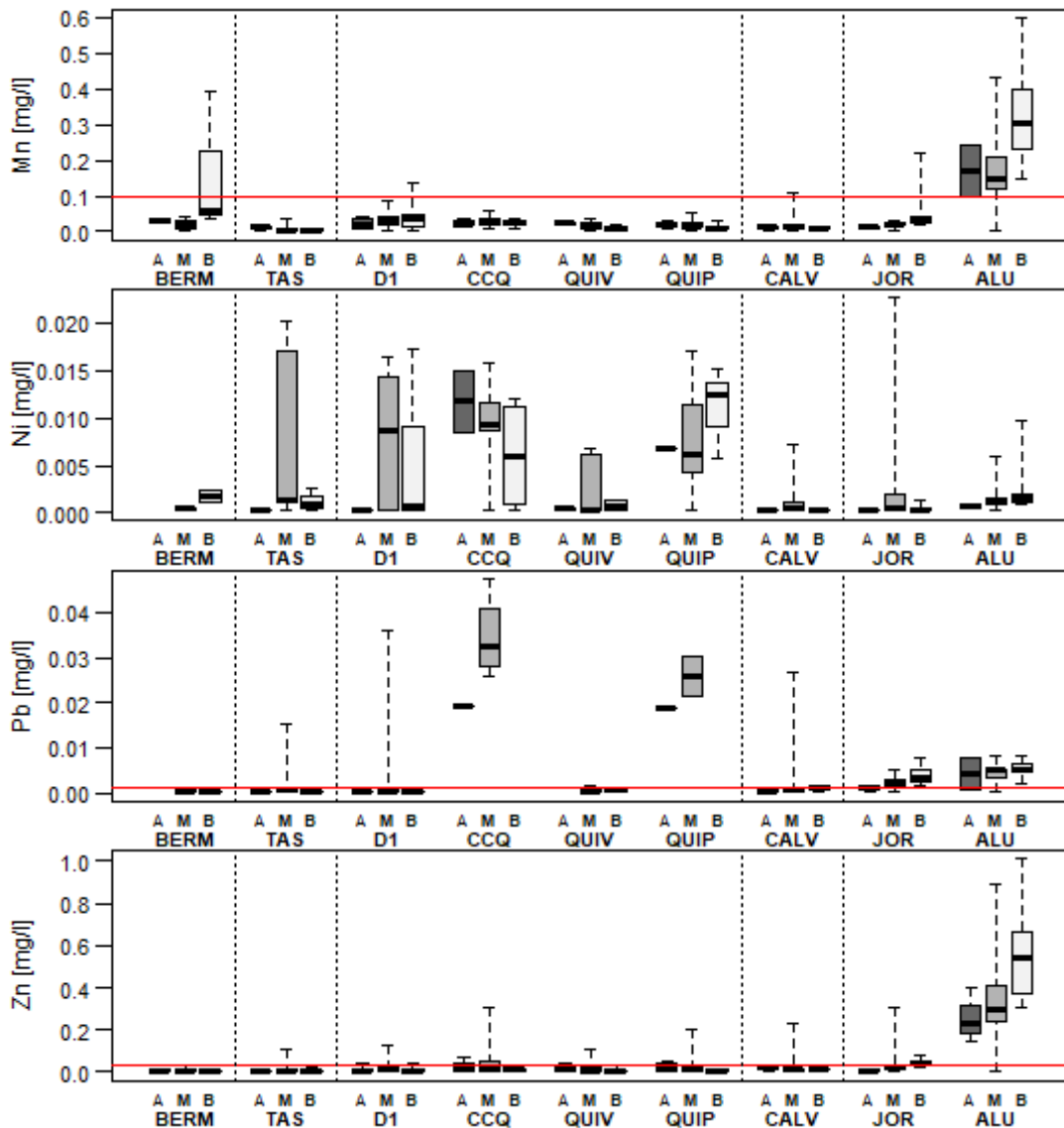


Figura 12. Diagramas de caja de las concentraciones de metales pesados Al, As, Ba, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, para los sitios de monitoreo, agrupados por microcuenca en diferentes condiciones de caudal. A = Condiciones de caudal alto, M = Condiciones de caudal medio, B = Condiciones de caudal bajo. La línea roja indica el límite máximo permisible para el parámetro.

Los diagramas de caja para las concentraciones de los parámetros Ga, Rb, Si y Sr, en diferentes condiciones de caudal se presentan en la Figura 13. El Ga únicamente para QUIV, CALV Y JOR, presenta una tendencia a incrementar su concentración media en caudales bajos, sus concentraciones medias en diferentes condiciones de caudal estuvieron en un rango (A: 0.0009 – 0.0014 mg/l, M: 0.001 – 0.0018 mg/l, B: 0.001 – 0.002 mg/l). El Rb en los sitios TAS, D1, JOR y ALU, tiende a incrementar su concentración durante caudales bajos, las concentraciones medias de las condiciones de caudal estuvieron en un rango (A: 0.0008 – 0.002 mg/l, M: 0.001 – 0.0029 mg/l, B: 0.0012 – 0.0033 mg/l). El Si para todos los sitios presenta una tendencia a

incrementar su concentración media cuando la condición de caudal es baja, sus concentraciones estuvieron en un rango (A: 2.28 – 6.1 mg/l, M: 4.05 – 12 mg/l, B: 4.76 – 16.4 mg/l). El Sr para los sitios BERM, TAS, D1, QUIV y ALU, tiende a incrementar su concentración cuando la condición de caudal es baja. En diferentes tipos de flujo, presentaron concentraciones medias comprendidas en un rango (A: 0.021 – 0.04 mg/l, M: 0.025 – 0.07 mg/l, B: 0.04 – 0.1 mg/l). El Ga únicamente para QUIV, CALV Y JOR, presenta una tendencia a incrementar su concentración media en caudales bajos, sus concentraciones medias en diferentes condiciones de caudal estuvieron en un rango (A: 0.0009 – 0.0014 mg/l, M: 0.001 – 0.0018 mg/l, B: 0.001 – 0.002 mg/l).

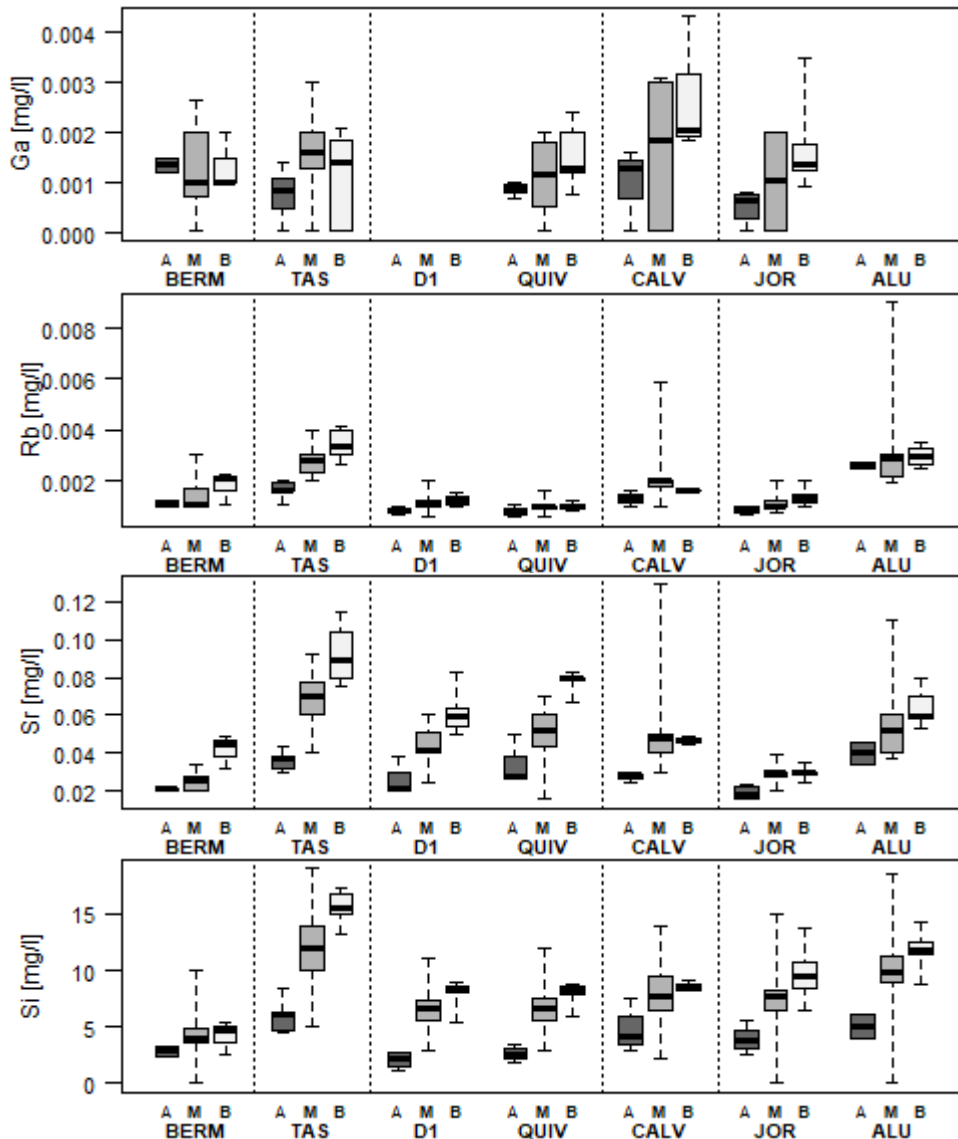


Figura 13. Diagramas de caja de las concentraciones de Ga, Si, Sr, Rb para los sitios de monitoreo, D1 y CCQ, en diferentes condiciones de caudal. A = Condiciones de caudal alto, M = Condiciones de caudal medio, B = Condiciones de caudal bajo.

En resumen, los parámetros que incrementan su concentración media cuando la condición de caudal es baja son: CE, Ca, Na, Mg, K, Bicarbonato, Sulfato, As, Ba, Pb, Si, Sr, Rb y Ga. Caso contrario, los parámetros: COD, COT, DQO, Cu y Ni, disminuyen su concentración en caudales bajos. Mientras que los parámetros: pH, Al, Fe, Mn y Zn presentan ambas tendencias.

3.3.3. Análisis de la relación entre la concentración de parámetros químicos con humedad relativa

De acuerdo a los resultados presentados en el Anexo V, los parámetros que obtuvieron correlaciones estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en al menos un sitio fueron: pH, CE, COD, COT, DQO, nitrógeno orgánico, Ca, Na, K, Mg, bicarbonato, sulfato, Al, As, Ba, Cu, Fe, Ga, Mn, Pb, Rb, Si, Sr, y Zn. De los cuales, los parámetros CE, COT, Ca, Pb, Na, bicarbonato, Ba, Sr y Rb, presentaron las mejores correlaciones $R^2 \geq 0.5$, en los sitios que se muestra en la Figura 14.

El pH presentó correlaciones estadísticamente significativas para D1, QUIV y CSG. La CE en los sitios BERM, TAS, D1, QUIV, CALV, JOR y ALU. Los parámetros COD y COT presentaron correlaciones significativas en los sitios TAS, D1, QUIV, CALV y JOR. La DQO presentó correlaciones significativas en los sitios TAS, D1, QUIV y CALV. El nitrógeno orgánico en los sitios D1, QUIV y CALP. El Al presentó correlaciones significativas en TAS, D1, QUIV y ALU. El Ca presentó correlaciones significativas en los sitios TAS, D1, CCQ, QUIV, CALP, ALU y CSG. El Cu presentó correlaciones significativas únicamente en D1 y JOR. El Fe en los sitios CALP y JOR. El Mg en los sitios TAS, QUIV y CALV. El Mn únicamente el JOR y ALU presentó correlaciones significativas. El Pb presentó correlaciones significativas para CCQ, JOR y ALU. El K en los sitios BERM, TAS, D1, JOR, y CSG. El Na en los sitios BERM, TAS, QUIV, JOR y CSG. El Zn en los sitios BERM, JOR y ALU. El sulfato en los sitios BERM, QUIV, CALV, JOR y ALU. El bicarbonato en los sitios BERM, TAS, D1, CCQ, QUIV, QUIV y CSG. El As presentó una correlación significativa únicamente para JOR. El Ba para TAS, JOR, ALU y CSG. El Sr para los sitios BERM, TAS, D1, QUIV, CALV, JOR, ALU y CSG. El Ga únicamente para QUIV presentó una correlación significativa. El Rb en los sitios TAS, CALV, JOR y CSG. El Si en los sitios TAS, D1, QUIV y JOR. La DBO, Cd y Ni no presentaron correlaciones significativas en ningún sitio.

La relación fue directamente proporcional para los parámetros COD, COT, DQO, Al, y Cu, mientras que para el resto de parámetros pH, CE, Nitrógeno orgánico, Ca, Na, Mg, K, bicarbonato, sulfato, Ba, Sr, Rb, Pb, Fe, Mn, Zn, Ga y Si, la relación fue inversa.

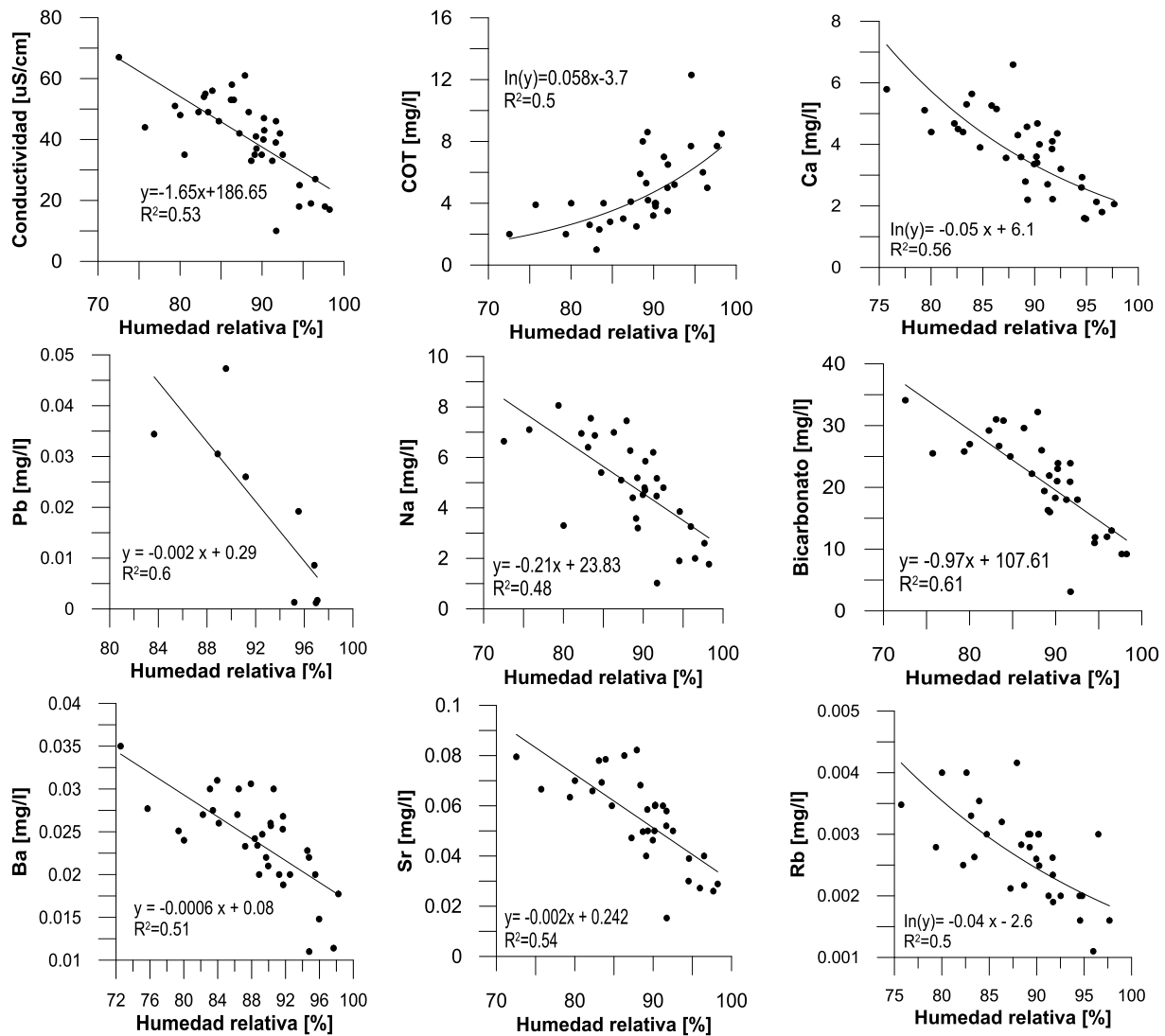


Figura 14. Relación de Humedad relativa y concentración de parámetros en TAS, CCQ, QUIV y JOR.

3.3.4. Análisis de la relación entre la concentración de parámetros químicos con temperatura del aire

El análisis entre parámetros químicos y la temperatura dio como resultado correlaciones significativas ($p < 0.05$) para los parámetros: pH, CE, DQO, nitrógeno orgánico, Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, K, Na, sulfato, bicarbonato, As, Ba, Ga, Rb, Si y Sr. De estos parámetros nitrógeno orgánico y Sr presentan las mejores correlaciones para los sitios presentados en la Figura 15.

Para el pH los sitios que presentaron correlaciones estadísticamente significativas fueron JOR y ALU. Para CE los sitios BERM, TAS, D1 y ALU presentaron correlaciones significativas. El nitrógeno orgánico presenta correlaciones significativas en los sitios TAS y QUIV. El Ca en los sitios BERM, TAS, QUIV y CSG. El Cu únicamente en D1 presenta una correlación significativa. El Fe en los sitios BERM y

CSG. El Mg solo en BERM presenta correlación significativa. El Mn en los sitios BERM, ALU y CSG. EL Ni en los sitios TAS y ALU. El K en los sitios BERM, TAS, D1, QUIV, CALV y CSG. El Na solo para CSG. Para el sulfato, los sitios CALV, JOR y ALU presentaron correlaciones significativas. Para el bicarbonato los sitios BERM, TAS, QUIV, JOR y CSG, presentaron correlaciones significativas. El As solo para JOR presentó una correlación significativa. El Ba para los sitios BERM, TAS, QUIV, CALV, JOR y CSG, presentó correlaciones significativas. El Sr para los sitios BERM, QUIV, ALU y CSG. EL Ga únicamente para D1. El Rb presentó correlaciones significativas para BERM, QUIV, CALV y CSG. El Si presentó una correlación significativa solo para BERM. Los parámetros COT, COD, DBO, Al, Cd, Pb y Zn, no presentan correlaciones significativas en ningún sitio.

Los parámetros pH, Cu y Si revelan una relación inversamente proporcional a la temperatura del aire, lo cual indica que a mayor temperatura del aire menor será la concentración de estos parámetros. Mientras que el resto de parámetros CE, DQO, nitrógeno orgánico, Ca, Fe, Mg, Mn, Ni, K, Na, sulfato, bicarbonato, As, Ba, Ga, Rb y Sr presentan una relación directa, es decir que mientras la temperatura del aire incrementa las concentraciones de estos parámetros también incrementan.

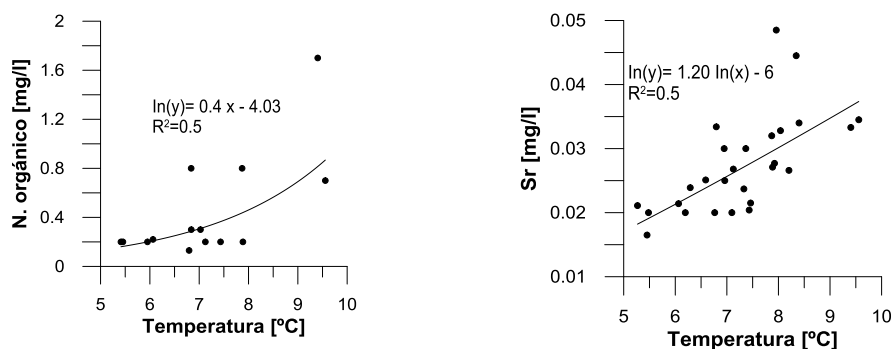


Figura 15. Relación de Temperatura del aire y concentración de parámetros para los sitios BERM y TAS.

3.3.5. Análisis de la relación entre la concentración de parámetros químicos con radiación solar

El análisis entre parámetros químicos y la radiación solar dio como resultado correlaciones significativas ($p < 0.05$) para los parámetros: pH, CE, COD, COT, DBO, DQO, Nitrógeno orgánico, bicarbonato, sulfato, Al, Ca, Cd, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, K, Na, Zn, As, Ba, Sr, Rb y Si. De estos parámetros CE, Ca, Bicarbonato, Ba y Sr presentaron las mejores correlaciones para los sitios presentados en la Figura 16.

Para el pH los sitios que presentaron correlaciones significativas fueron D1, QUIV, ALU y CSG. Para la CE los sitios BERM, TAS, D1, QUIV, ALU y CSG presentaron correlaciones significativas. Para el COD y COT los sitios TAS y QUIV presentaron

correlaciones significativas. La DBO en los sitios D1 y QUIP, la DQO en los sitios QUIV y CALV y el nitrógeno orgánico en QUIV. El Al presentó correlaciones significativas en los sitios BERM, D1, QUIP, QUIV y ALU; el Cd en JOR; el Ca en los sitios BERM, TAS, D1, CCQ, QUIV y ALU; el Cu en D1, CALV, JOR y CSG; el Fe en los sitios BERM, JOR y CSG; el Mg en los sitios BERM, D1, QUIV, CALV y CSG; el Mn en los sitios BERM y ALU; el Ni en D1; el Pb en JOR y ALU; el K en los sitios BERM, TAS, D1, JOR y CSG; el Na en los sitios BERM, TAS, D1, QUIV, JOR y CSG; el Zn en los sitios JOR y ALU; el sulfato en los sitios BERM, QUIV, CALV, JOR y ALU; el bicarbonato en los sitios BERM, TAS, D1, CCQ, QUIP, QUIV, y CSG; el As para QUIV y JOR; el Ba para TAS, CALV, JOR, ALU y CSG; el Sr en los sitios BERM, QUIV, ALU y CSG; el Rb en los sitios JOR y CSG; el Si en JOR. El Ga no presentó una correlación significativa en ningún sitio.

Los parámetros pH, CE, nitrógeno orgánico, bicarbonato, sulfato, Ca, Fe, Mg, Mn, Pb, K, Na, Zn, As, Ba, Sr, Rb y Si, presentaron una relación directamente proporcional con la radiación solar, indicando que a medida que la radiación solar incrementa la concentración de estos parámetros también incrementa. A diferencia de los parámetros COD, COT, DBO, DQO, Al, Cd, Cu y Ni, los cuales presentaron una relación inversa, indicando que mientras la radiación solar incrementa la concentración de estos parámetros disminuye.

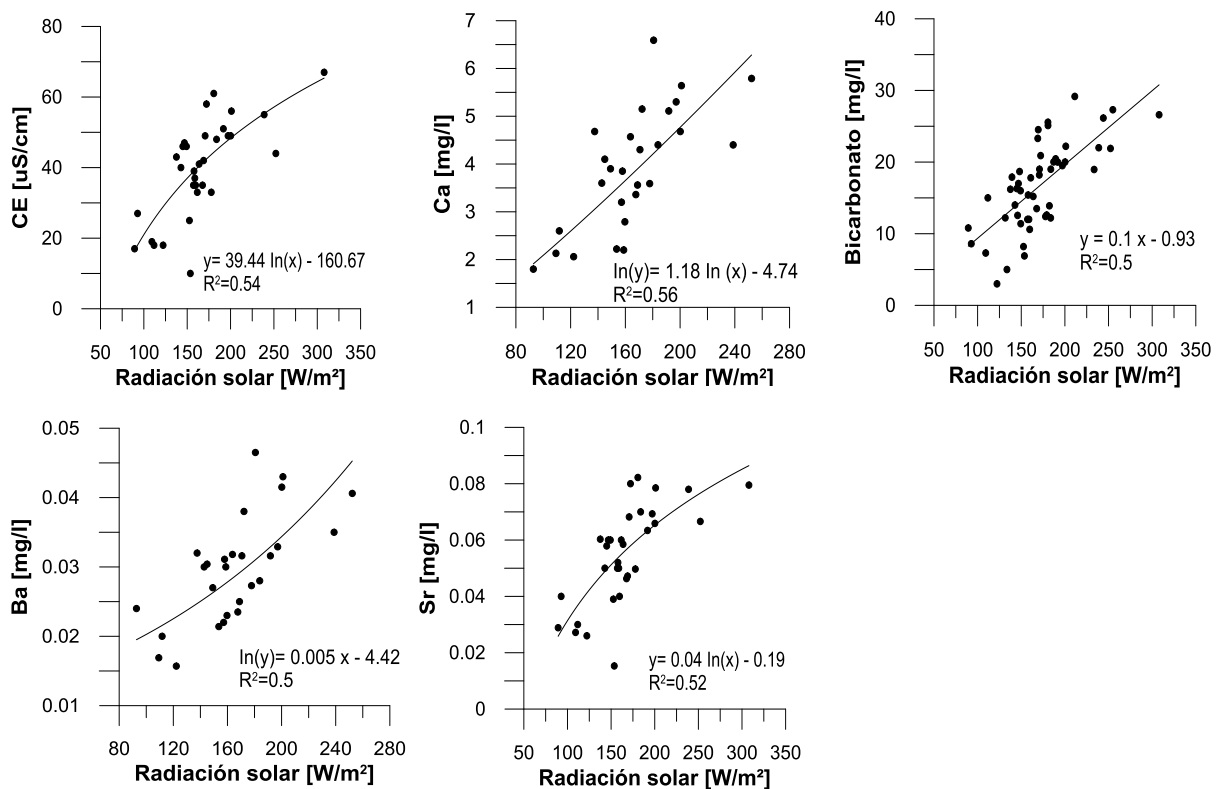


Figura 16. Relación de Radiación solar y concentración de parámetros en los sitios TAS, D1, QUIV.

3.3.6. Análisis de la relación entre la concentración de parámetros químicos con evapotranspiración

Para la evapotranspiración los parámetros que presentaron correlaciones estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en al menos un sitio fueron: pH, CE, COD, DQO, Al, Cd, Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, K, Na, sulfato, bicarbonato, As, Ba, Ga, Rb y Sr. De los anteriores, la CE y Sr presentaron las mejores correlaciones como se indica en la Figura 17.

Para los parámetros analizados, los sitios que presentaron correlaciones significativas con la ETO fueron: para el pH los sitios JOR y ALU; para la CE los sitios BERM, TAS y JOR; para COD el sitio CSG; para la DQO el sitio D1; para Al el sitio QUIV; para el Cd el sitio JOR; para el Ca los sitios BERM, QUIV y CSG; para Cu el sitio CSG; para el Fe los sitios BERM, D1, JOR y CSG; para el Mg los sitios BERM y QUIV; para el Mn únicamente ALU; para el Ni el sitio D1; para el K los sitios BERM, TAS, JOR y CSG; para el Na los sitios BERM, TAS, D1, QUIV y CSG; para sulfato los sitios QUIV, CALV, JOR y ALU; el Bicarbonato los sitios BERM, TAS, D1, JOR y CSG; para el As los sitios JOR y ALU; para el Ba los sitios TAS, QUIV, JOR, ALU y CSG; para el Sr los sitios BERM, TAS, D1 y CSG; para el Ga los sitios D1, CALV, QUIV, ALU y CSG; y para Rb los sitios QUIV y CSG. Los parámetros COT, DBO, NOR, Pb, Zn, y Si no presentaron ningún tipo de relación con la ETO.

Los parámetros CE, COD, DQO, Ca, Fe, Mg, Mn, K, Na, sulfato, bicarbonato, Ba, Sr, Ga y Rb, presentaron una relación directamente proporcional con la evapotranspiración, es decir que a medida que la evapotranspiración incrementa la concentración de estos parámetros también incrementa. A diferencia de los parámetros pH, Al, Cd, Cu, Ni, y As, los cuales presentaron una relación inversa, en donde su concentración disminuye a medida que la evapotranspiración incrementa.

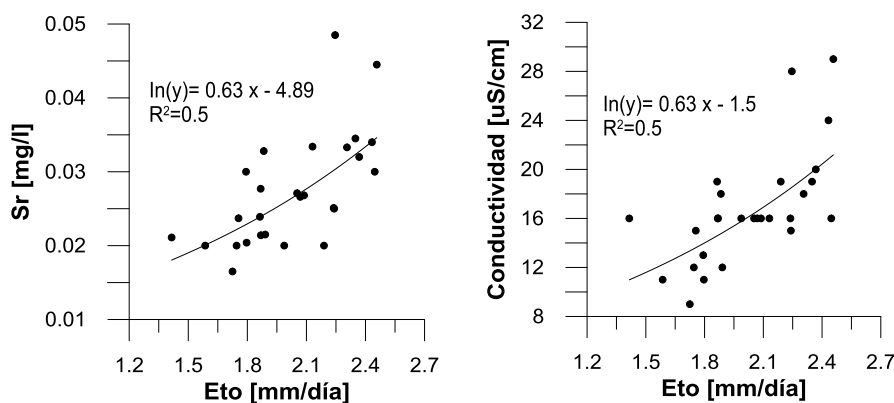


Figura 17. Relación de la Evapotranspiración y la concentración de parámetros en los el sitio BERM.

3.3.7. Análisis de la relación entre la concentración de parámetros químicos con velocidad del viento

La velocidad del viento tuvo correlaciones estadísticamente significativas para DQO en el sitio QUIP, Cu en los sitios CALV, ALU y CSG, Ni en JOR y Sulfato en D1, de los cuales DQO y Cu son inversamente proporcionales a la velocidad del viento, es decir que disminuyen su concentración cuando la velocidad del viento incrementa y los dos últimos son directamente proporcionales, indicando que incrementan su concentración cuando la velocidad del viento incrementa.

3.4. Análisis de variabilidad espacial

El presente análisis se realizó mediante diagramas de caja para cada elemento y análisis de clúster cuando se combinaron todos los elementos.

3.4.1. Análisis de variabilidad espacial mediante diagramas de caja

Un análisis inicial se realizó mediante diagramas de caja, con la finalidad de observar como varía determinado parámetro de acuerdo al sitio al que pertenece y determinar los parámetros que diferencian a los sitios monitoreados.

La Figura 18 presenta la variabilidad espacial de los parámetros pH y CE. Para el pH es posible observar que los valores medios de los sitios JOR (4.25) y ALU (6.3) se distinguen del resto de sitios, en donde sus valores medios varían desde 6.65 a 7.5. Para la CE, ALU se distingue del resto, dado que presenta los valores más altos (hasta 152 uS/cm) y su media (68.5 uS/cm) es superior al resto de sitios, cuyos valores varían de 13.16 uS/cm a 45 uS/cm. También es evidente tanto para pH y CE, que los demás sitios se comportan de manera similar, sin una diferencia notable.

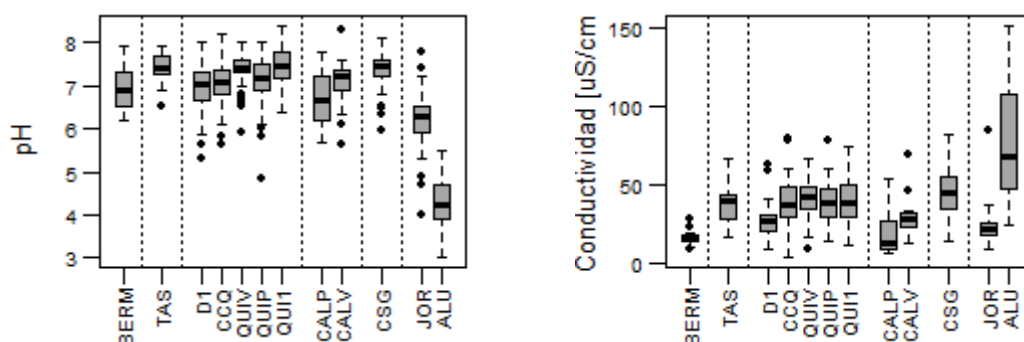


Figura 18. Diagramas de caja de las concentraciones de pH y CE para los sitios de monitoreo, agrupados por microcuenca.

Para los parámetros COT y COD (Figura 19), se observa en general la misma distribución para todos los sitios, BERM presenta una concentración media (7 mg/l), superior al resto de sitios, cuyas concentraciones medias varían de 3 mg/l a 4.5 mg/l. Los parámetros DBO, DQO y nitrógeno orgánico presentan distribuciones similares, en donde sus concentraciones medias varían para DBO (0.5 mg/l a 1.05 mg/l), DQO (7mg/l a 18 mg/l) y nitrógeno orgánico (0.2 mg/l a 0.4 mg/l).

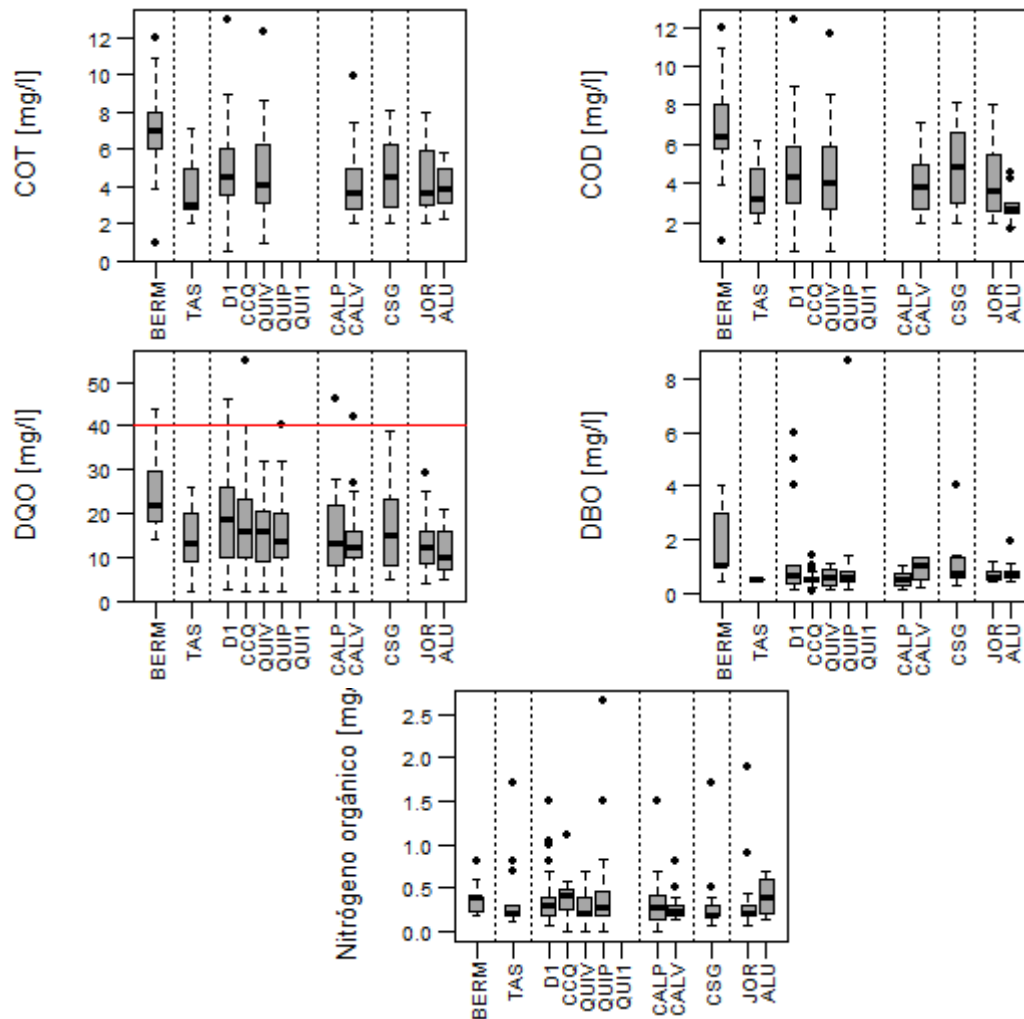


Figura 19. Diagramas de caja de las concentraciones de COT, COD, DQO, DBO Y Nitrógeno orgánico, para los sitios de monitoreo, agrupados por microcuenca. La línea roja indica el límite máximo permisible.

Para los cationes Ca, Mg, K y Na (Figura 20), se observan distribuciones diferentes para cada sitio, inclusive dentro de la misma microcuenca. El Ca presenta concentraciones medias en un rango que varía de 1.6 mg/ a 5.2 mg/l y alcanza su concentración más alta (12.1 mg/l) en CALV . El Mg presenta concentraciones medias que varían de 0.2 mg/l a 1 mg/l y su máxima concentración registrada (4.3 mg/l) corresponde a QUIP. El K, presenta concentraciones medias varían de 0.2 mg/l a 0.9

mg/l, con una máxima concentración (4.6 mg/l) en TAS y el Na presenta concentraciones medias que van de 1 mg/l a 4 mg/l, con un máximo valor registrado (7.9 mg/l) en CSG. Para los aniones bicarbonato y sulfato, ALU se distingue del resto de sitios, por presentar bajas concentraciones de Bicarbonato (1.26 mg/l) y elevadas concentraciones medias de sulfato (21 mg/l), alcanzando una máxima concentración de 43.5 mg/l.

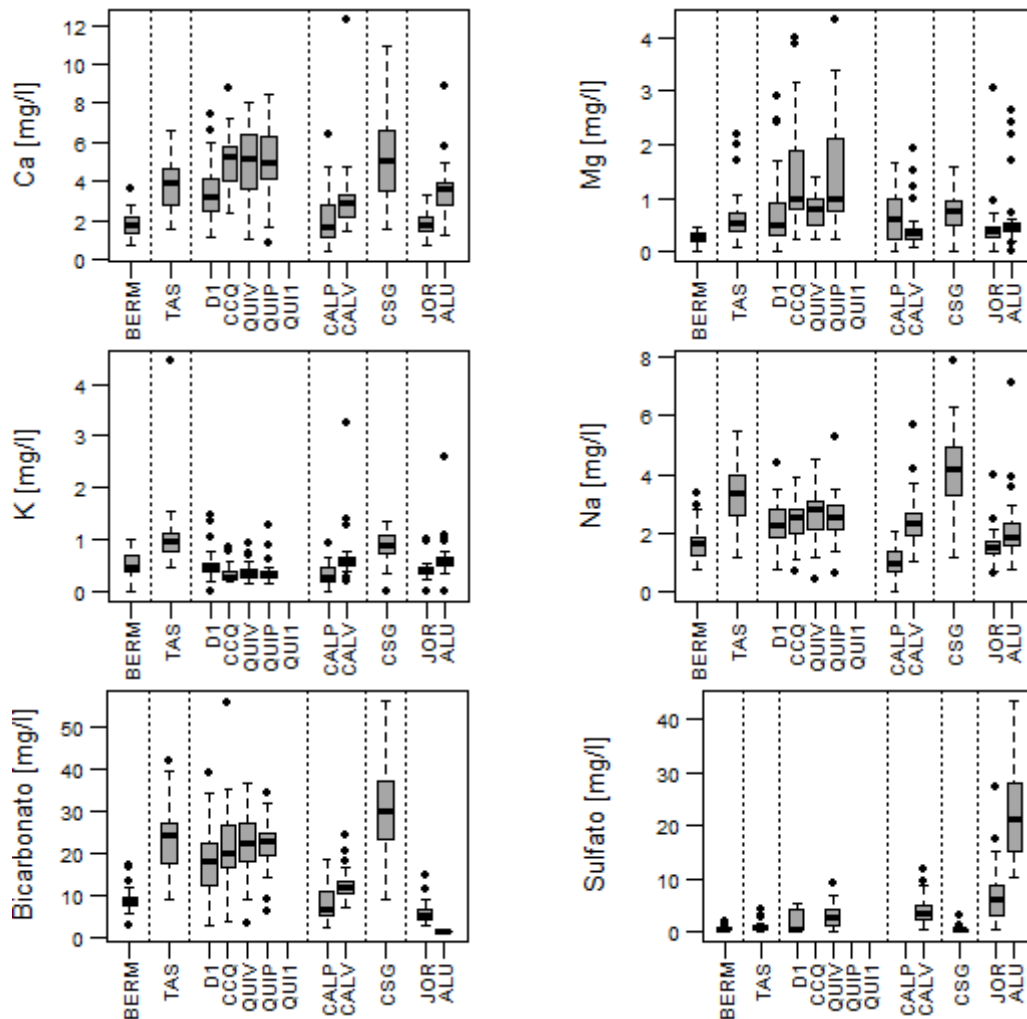


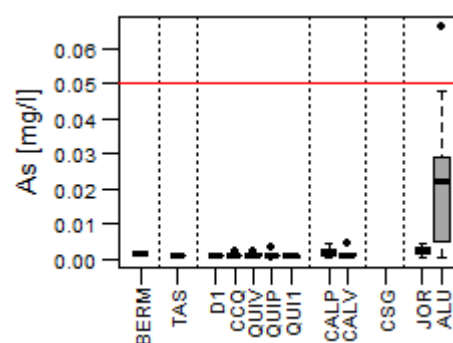
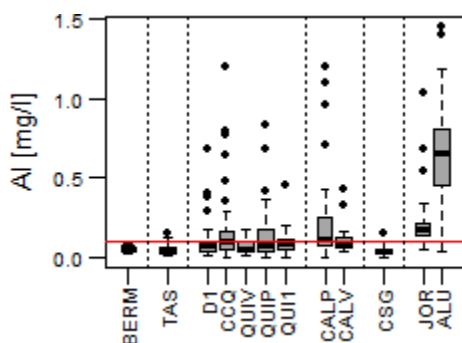
Figura 20. Diagramas de caja de las concentraciones de Ca, Mg, K, Na, bicarbonato y sulfato, para los sitios de monitoreo, agrupados por microcuenca.

Para los metales pesados Al, As, Fe, Mn y Zn (Figura 21), el sitio ALU se diferencia claramente del resto de sitios por presentar concentraciones elevadas de estos parámetros. El Al presenta una distribución similar para todos los sitios a excepción de JOR y ALU, estos sitios presentan las concentraciones medias más elevadas que el resto de sitios. en cuanto al LMP (0.1 mg/l) todos los sitios excepto BERM exceden dicho límite. El As presenta distribuciones similares en todos los sitios (CSG no

registra valores), excepto ALU, en donde las mayores concentraciones se encuentran en este sitio, el LMP (0.05 mg/l), es excedido en este sitio. Para el Fe cabe destacar las elevadas concentraciones medias de BERM (1 mg/l) y ALU (1.25 mg/l) respecto al resto de sitios. El LMP (0.3 mg/l) es excedido la mayor parte del tiempo para la mayoría de sitios, dado que las concentraciones medias están sobre el LMP. El Mn presenta distribuciones similares para todos los sitios excepto ALU, dicho sitio presenta la concentración media (0.21 mg/l) más elevada comparada con el resto de sitios. El LMP (0.1 mg/l) es excedido por los sitios BERM, QUIP, JOR y en especial ALU, que alcanza la máxima concentración (0.6 mg/l). El Zinc, al igual que el Mn presenta concentraciones elevadas para ALU, en donde se presenta una concentración media (0.35 mg/l) superior al resto de sitios. El LMP (0.03 mg/l) es excedido por todos los sitios monitoreados.

El Ba presenta distribuciones similares, en donde sus concentraciones medias varían en un rango de 0.017 mg/l a 0.037 mg/l en todos los sitios, este parámetro alcanza su máxima concentración (0.14 mg/l) en QUIP y ningún sitio excede el LMP (1 mg/l).

El Cd, Cu, Ni, y Pb presentan diferentes distribuciones para cada sitio, las concentraciones medias para Cd están entre 0.00019 mg/l y 0.0023 mg/l y presenta una máxima concentración (0.015 mg/l) en ALU. El LMP es excedido por todas las microcuencas a excepción de BERM que no presenta registros. El Cu presenta concentraciones medias que varían de 0.0006 mg/l a 0.012 mg/l, alcanzando su máxima concentración (0.08 mg/l) en CCQ y QUIP. El LMP (0.005 mg/l) lo exceden todos los sitios. El Ni presenta concentraciones medias que varían de 0.002 mg/l a 0.009 mg/l y su concentración máxima (0.022 mg/l) la registra JOR, ningún valor excede el LMP. Para el Pb, se observa que sus concentraciones medias varían de 0.0002 mg/l a 0.022 mg/l, el LMP (0.001 mg/l) es excedido por la mayoría de sitios.



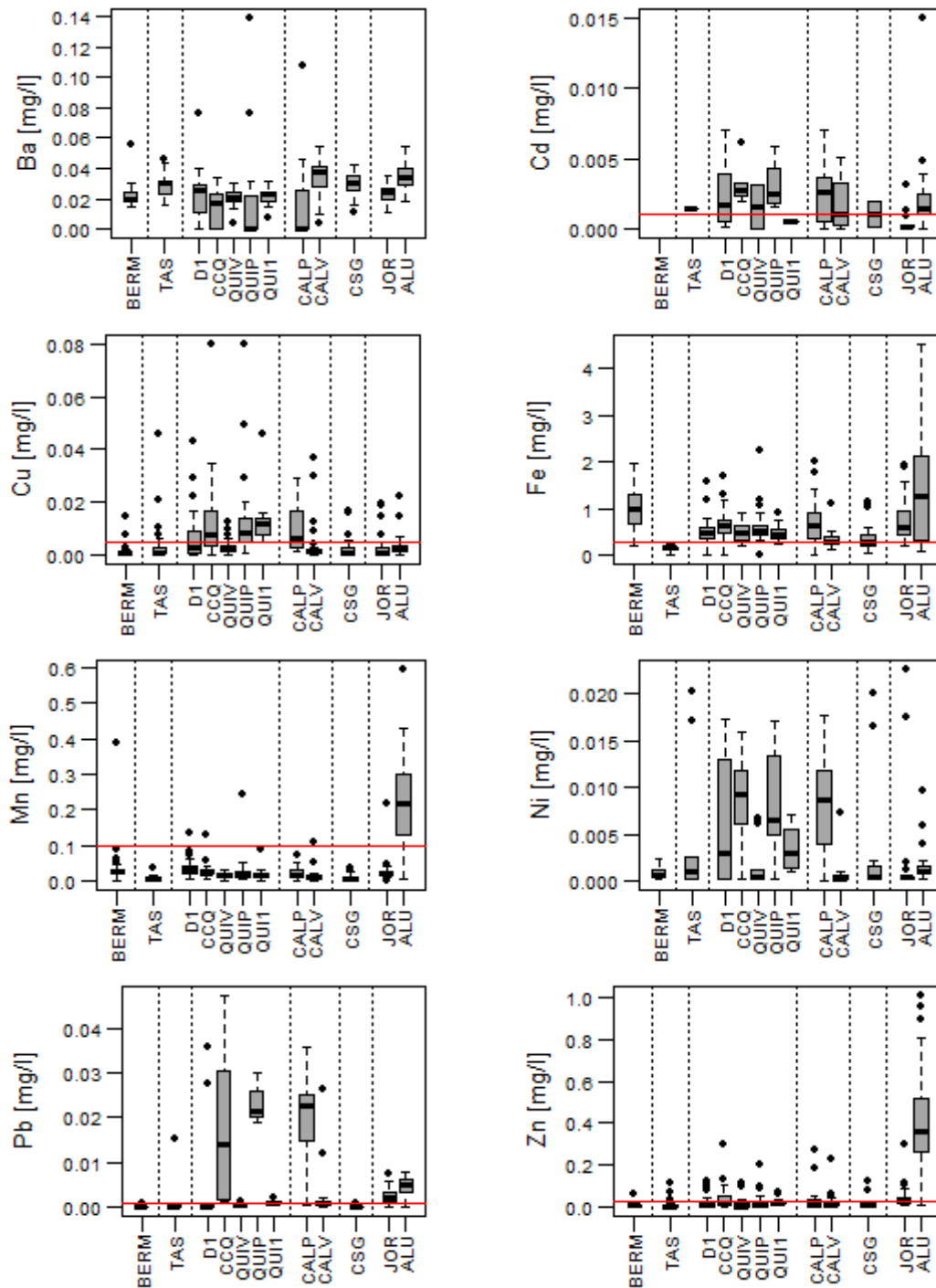


Figura 21. Diagramas de caja de las concentraciones de Al, As, Ba, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn, para los sitios de monitoreo, agrupados por microcuenca. La línea roja indica el límite máximo permisible para el metal.

Los parámetros Ga, Rb, Si y Sr (Figura 22), presentan distribuciones similares para cada sitio. Para el Ga sus concentraciones medias varían de 0.001 mg/l a 0.002 mg/l, alcanzando su máxima concentración (0.005 mg/l) en ALU. El Si, presenta concentraciones medias comprendidas en un rango de 4 y 13 mg/l, CSG presenta la

concentración más alta (30mg/l) para este parámetro. El Sr, presenta concentraciones medias en un rango que varía de 0.026 mg/l a 0.09 mg/l, CGS registra la concentración más elevada (0.16 mg/l) para este parámetro. El Rb registra concentraciones medias entre 0.001 mg/l y 0.003 mg/l, alcanzando su máxima concentración (0.009 mg/l) en ALU.

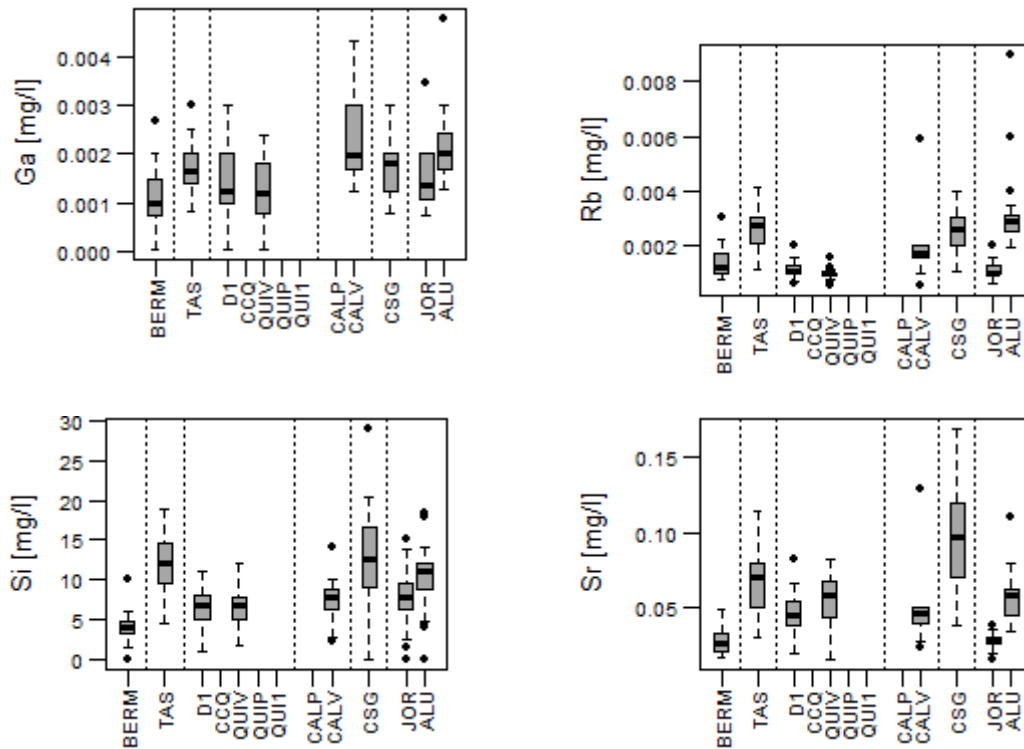


Figura 22. Diagramas de caja de las concentraciones de Ga, Si, Sr, y Rb, para los sitios de monitoreo, agrupados por microcuenca.

3.4.2. Análisis de clúster

Inicialmente se obtuvo un conjunto de 25 parámetros que cumplieron con el requisito de tener un 60% de datos. A partir de este conjunto de parámetros se aplicó el análisis de componentes principales, del cual se obtuvieron 12 variables (pH, sulfato, Al, Ca, Sr, Fe, Mn, K, Rb, Si, Na, Zn) , que explicaron el 91.8 % de la variabilidad de los datos. El primer componente principal explicó un 45 % de la varianza, el segundo explicó un 32 %, el tercer un 7.4%, el cuarto un 4.23% y el quinto un 3.33%.

Una vez elegidas las variables, se realizó el análisis de cluster, cuyo resultado se presenta mediante un dendograma en la Figura 23. Se pueden observar tres grupos de agua, en donde el primer grupo está formado por ALU, el segundo por BERM y JOR y el tercer grupo esta formado por TAS, D1, QUIV, CALV. El resto de sitios (CCQ, QUIP, QUI1 y CALP) no fueron considerados en este análisis debido a que en estos



sitios no se analizaron los parámetros: sulfato, Ca, Sr, K, Rb, Si y Na, importantes para el análisis de cluster. Además CSG tampoco fue considerado debido a que es un canal artificial.

De acuerdo al análisis espacial mediante diagramas de caja, se observó que Alumbre presentaba características diferentes al resto de sitios, y este análisis lo confirma.

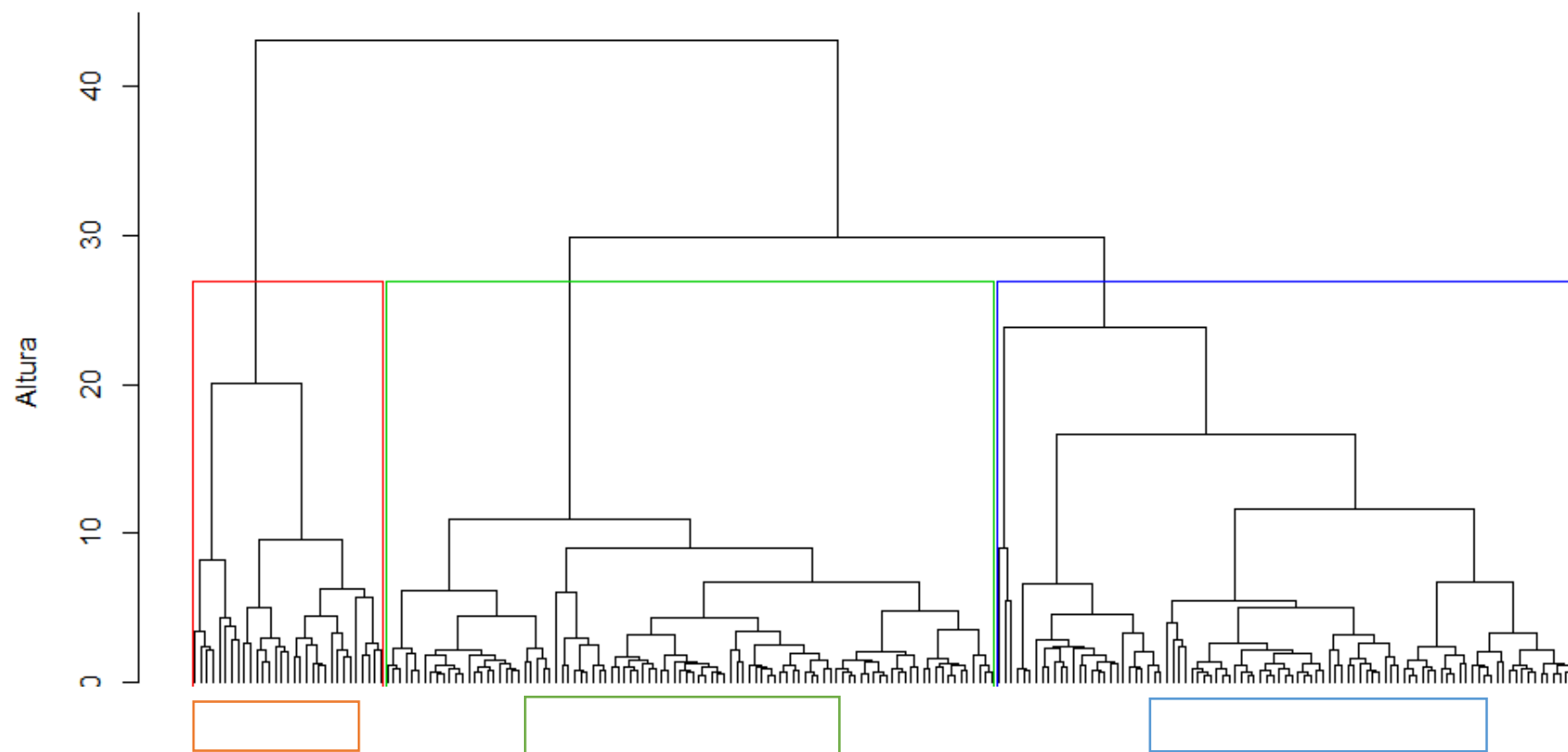


Figura 23. Dendrograma resultante del análisis de clúster para los sitios BERM, TAS, D1, QUIV, CALV, JOR y ALU.

4. DISCUSIÓN

4.1. Análisis de parámetros químicos con precipitación y caudal

De los resultados obtenidos en el análisis de las concentraciones de parámetros químicos con precipitación y caudal (mediante series temporales, regresiones y tipos de caudal) se observó que la mayoría de parámetros analizados tuvieron una variación en su concentración asociada a los periodos de mayor o menor precipitación/caudal. Esto puede estar relacionado a que el agua de precipitación es la fuente principal de generación de escorrentía (22% - 30%) (Correa et al., 2017). A pesar de esto, la generación de escorrentía depende de la humedad antecedente del suelo, es así que el agua de un evento de precipitación empuja al agua de eventos previos (Mosquera et al., 2012). Esto condiciona la calidad del agua, en función de una entrada de agua al ecosistema. Por lo tanto, muchos de los patrones espaciales y temporales en la calidad química del agua superficial están mediados por procesos hidrológicos que conducen la precipitación a través de las cuencas (Soulsby, Gibbins, Wade, Smart, & Helliwell, 2002), interactuando con una serie de factores tales como geología, suelos, topografía, vegetación, entre otros, que a través de una serie de procesos físicos, químicos y biológicos determinan la concentración de los parámetros químicos en el caudal (Kumarasamy, Arthur James, Dahms, Byeon, & Ramesh, 2014; Thomas, Joseph, & Thirvikramji, 2015).

Las concentraciones de la mayoría de parámetros analizados en este estudio, tuvieron una relación significativa con el caudal. Los parámetros: COT, COD, DQO, Al, Cu, Fe, Mn y Zn, presentaron una tendencia a incrementar su concentración cuando el caudal incrementa. Este comportamiento puede ser resultado de un incremento en la humedad del suelo, producto de un evento de precipitación, que da como respuesta un aumento de flujo lateral superficial, que fluye a través de la capa superior del horizonte orgánico del suelo, hacia la corriente (Crespo et al., 2014). Esto produce un lavado de esta área, la cual se caracteriza por tener un alto contenido de materia orgánica y acumulación de aluminio libre, producto de la descomposición de las cenizas volcánicas (Tonneijck et al., 2010). Además, la caracterización química de los suelos de la zona, indica que el Cu, Fe, Mn y Zn, están presentes en diferentes concentraciones en Andosoles e Histosoles (PROMAS, 2007), estas características explican el aumento de las concentraciones de los parámetros descritos durante condiciones de mayor flujo. Estos resultados coinciden con los de otras investigaciones (Boy, Valarezo, & Wilcke, 2008; Brown, McDonnell, Burns, & Kendall, 1999; Clark, Lane, Chapman, & Adamson, 2008), las cuales indican que este comportamiento se debe a flujos a través de la capa orgánica superior, durante

periodos de mayor precipitación. En donde el agua es enriquecida con los elementos presentes en esta capa.

Para los parámetros: pH, CE, Ca, Na, Mg, K Bicarbonato, Sulfato, Al (solo en JOR y ALU), Mn, Pb, Zn, As, Ba, Si, Sr, Rb y Ga presentaron una tendencia a disminuir su concentración cuando la condición de caudal era alta. La disminución en la concentración puede ser atribuida a un efecto de dilución, en donde el agua del caudal se mezcla con agua menos concentrada como la lluvia, aunque, también podría producirse un efecto de dilución al mezclar el agua de la corriente con el agua del suelo menos concentrada (Crespo et al., 2011). En este sentido, en condiciones de flujo base (estación seca), la generación de caudal depende del flujo lateral que se moviliza a través del horizonte mineral y la parte superior de la roca meteorizada (Crespo et al., 2011), lo cual explica el enriquecimiento con los principales iones originados por la meteorización de minerales (Meybeck, 1987). Además, de acuerdo a Correa et al., 2017, durante la temporada seca, existen contribuciones de agua de manantial, lo cual provoca un enriquecimiento de iones en el caudal, revelando la importancia de las fuentes de agua subterránea poco profundas y el desgaste de la capas minerales. Resultados similares se encontraron para pH, CE, cationes base y Sr en un ecosistema de tierras altas. En este ecosistema sus concentraciones tienden a ser más altas en flujos base y bajas durante épocas de invierno (Soulsby et al., 2002). Así también, estudios relacionados a variabilidad estacional en aguas superficiales (Liu et al., 2018; Thomas et al., 2015) indicaron que los principales iones como Ca, Na, Mg, bicarbonato y sulfato presentaron cambios estacionales. De esta manera, a medida que la cantidad de lluvia incrementó hubo una disminución en la concentración de estos parámetros. Lo anterior fue atribuido a un efecto de dilución durante la precipitación y tras la reducción de esta, se observó una tendencia general de aumento en la concentración de dichos parámetros. Resultados similares fueron encontrados en este estudio.

De los resultados obtenidos en la investigación, se observó que la condición de caudal influye en la concentración de parámetros de calidad del agua, y a su vez la condición de caudal que presente una cuenca está influenciada por la intensidad de la lluvia, la duración de la precipitación y la condición de humedad antecedente en la cuenca (G. Mosquera et al., 2016).

Respecto a la concentración de metales pesados, se encontró que el Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb y Zn, exceden el LMP establecido por el TULSMA. Las concentraciones máximas de estos parámetros no corresponden con una condición de caudal definida.

Sin embargo, se han encontrado tendencias en las que, las concentraciones medias disminuyen o incrementan, dependiendo de la condición de caudal (esto a excepción del Cd). Estas concentraciones sobre el LMP, podrían denominarse valores naturales de fondo, puesto que la zona de estudio no ha sido intervenida en lo que respecta a actividades de explotación minera. Estudios sobre calidad del agua que incluyen metales pesados en ecosistemas con poca o ninguna alteración, indican que las concentraciones sobre el límite estándar o LMP, pueden atribuirse a procesos dinámicos naturales como la meteorización y disolución de rocas enriquecidas con estos metales. Además, se considera que las concentraciones naturales de fondo, están relacionadas con las fuentes geológicas y con la composición de material parental, específica de cada sitio (Merola, Hien, Quyen, & Vengosh, 2015; Qu, Zhang, Kang, & Sillanpää, 2019; Quevauviller, 2008).

4.2. Variables meteorológicas

Al relacionar las variables meteorológicas con los parámetros de calidad del agua, se evidenció que la humedad relativa, radiación solar, temperatura del aire y evapotranspiración, indican relaciones estadísticamente significativas para la mayoría de parámetros analizados. Como ya fue descrito, la calidad del agua es el resultado de una serie de interacciones, en las que también intervienen las variables meteorológicas, lo cual puede explicar estas relaciones.

Para humedad relativa, se encontró que esta variable presenta un mayor número de parámetros que tienen coeficientes de determinación mayores a 0.5. Lo cual puede ser atribuido a que esta variable indica el contenido de agua en una masa de aire (Llambí et al., 2012). La cual luego de saturarse, condensa y forma la precipitación, y como se describió en párrafos anteriores, la calidad del agua está condicionada por la cantidad de agua que ingresa al ecosistema. Por lo cual, las regresiones indican la misma tendencia encontrada en el análisis para precipitación.

La radiación solar, presentó tendencias opuestas a las de precipitación. Esto debido a que esta variable actúa de forma inversa, es decir que a mayor radiación solar disminuye la humedad relativa (Carrillo-Rojas, Silva, Córdova, Célleri, & Bendix, 2016) y por lo tanto podría también tener un efecto en la precipitación. Además, la radiación solar influye directamente en el aumento de temperatura del suelo, lo cual podría tener implicaciones en las reacciones químicas y procesos bacteriológicos suceden a mayor velocidad a temperaturas más altas (Muller & Tankéré-Muller, 2012).

La temperatura y la evapotranspiración tuvieron regresiones significativas, para menos parámetros que las dos variables descritas. La temperatura presenta las mismas

tendencias que la radiación solar. Esto puede deberse a que la temperatura del aire incrementa a partir del calor desprendido de la superficie del suelo, el cual es calentado por la radiación solar (Llambí et al., 2012). La evapotranspiración depende de todas las variables meteorológicas consideradas en este estudio. La razón por la que podría relacionarse con la calidad del agua es por su influencia en la escorrentía. De acuerdo a Berrones & Oyarzún, (2013) una mayor evapotranspiración indica una menor escorrentía, lo cual implicaría una variación en la concentración de los parámetros de calidad del agua.

4.3. Variabilidad espacial

De los resultados obtenidos en los diagramas de caja se pudo observar que algunos parámetros presentaron una distribución similar para todos los sitios. Sin embargo, parámetros como pH, CE, sulfato, bicarbonato, Al, As, Cd, Fe, Mn, y Zn, presentaron distribuciones diferentes únicamente en la microcuenca Jordanita y en especial el sitio Alumbre, que además presentó las concentraciones más elevadas para estos parámetros (excepto pH y bicarbonato, que presentaron las concentraciones más bajas).

Alumbre ha sido identificado en estudios previos, como un sitio con características geológicas especiales en donde predomina la pirita cuyos compuestos son azufre y hierro, a partir de los cuales se provocan reacciones químicas que producen acidez. Además, en la zona tiene lugar un deslizamiento natural que está en contacto con el agua del cauce y le provoca una reducción en el pH y una serie de reacciones que cambian sus propiedades químicas (PROMAS, 2008). En este contexto, valores bajos de pH generalmente reflejan una alta solubilidad de elementos metálicos. Una posible causa es la acidificación temporal en épocas de sequía, lo cual podría favorecer a la liberación de metales al suelo y por lo tanto al caudal (Tipping, Smith, Lawlor, Hughes, & Stevens, 2003). Lo descrito concuerda con los resultados obtenidos para metales pesados en este estudio, en específico para Alumbre, que como se observó existen tendencias únicas para este sitio. Un estudio realizado en tierras altas escocesas, encontró que la movilización de Mn, Fe y Al en aguas superficiales, se rige en gran medida por el pH ácido y la naturaleza orgánica de los suelos. Además, se atribuyó que la principal fuente de estos metales fue la geología subyacente, en donde dichos metales se incorporan al suelo debido a la erosión de la roca y luego se transforman de acuerdo a las condiciones del suelo (Heal, 2001).

El análisis de clúster presentó tres grupos de agua, los grupos formados corresponden con características particulares de cada sitio. En este sentido Alumbre, de acuerdo a



los análisis realizados, presentó las concentraciones más elevadas que el resto de sitios, lo cual explica la formación de un solo grupo con este sitio. El segundo grupo estuvo formado por BERM y JOR, en base a estudios anteriores (PROMAS, 2008), estos sitios tienen una característica en común, y es que sus aguas provienen de humedales. Los suelos predominantes en su mayoría son Histosoles (presencia de humedales), en el caso de BERM, mientras que el sitio de muestreo de JOR está ubicado en una zona de humedal, lo cual podría afectar la química del agua en este sitio. Tanto BERM como JOR presentaron un pH ligeramente más ácido que el resto de sitios. También presentaron concentraciones elevadas para sulfato, Al y Fe en relación al resto de sitios. Esto sugiere que en estos sitios, los Histosoles no responden a las entradas de precipitación, sino que se recargan y liberan agua de antes del evento (Mosquera et al., 2016), la cual tiene un mayor contacto con el suelo. De esta manera, estos sitios se diferencian del resto. Un tercer grupo estuvo formado por TAS, D1, QUIV, y CALV, a diferencia del grupo anterior, estos sitios están dominados por Andosoles. De acuerdo a Correa et al. (2017), el agua de los Andosoles contribuye a la escorrentía principalmente a través de los horizontes más profundos del suelo. De esta forma se incrementarían las concentraciones de algunos parámetros, en relación al caso anterior.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta investigación tuvo por objetivo realizar un análisis de variabilidad de la calidad del agua en el páramo de Quimsacocha. Para esto se consideró: la variabilidad temporal atribuida a la precipitación, se analizó si los parámetros de calidad del agua están influenciados por variables hidrometeorológicas y finalmente se analizó la variabilidad espacial atribuida al sitio de monitoreo. De los resultados obtenidos en la investigación se llegan a las siguientes conclusiones:

- La calidad del agua se vio influenciada por la cantidad de precipitación que ingresó al ecosistema, es así que los parámetros COD, COT, DQO, Al, Cd y Cu, presentaron una relación directamente proporcional con la precipitación, indicando que mientras la precipitación incrementa, la concentración de estos parámetros también incrementa. Mientras que, el pH, CE, Nitrógeno orgánico, Ca, Na, Fe, Mg, Mn, K, Na, Zn, bicarbonato, sulfato, As, Ba, Sr, Ga, Rb y Si, tuvieron una relación inversa, es decir cuando la precipitación incrementa la concentración de estos parámetros disminuye. Los parámetros Mn y Pb presentaron relaciones directas e inversas. La precipitación se relacionó con la calidad del agua debido a que es una de las principales fuentes que genera escorrentía y cuando ingresa al sistema produce movilización de agua a través de la cuenca, alterando la concentración de algunos parámetros en su recorrido. Por lo cual pueden funcionar de trazadores hidrológicos en este tipo de Cuencas.
- La concentración de los parámetros analizados varía dependiendo de la condición de caudal en la que fue tomada la muestra de agua. Los parámetros: COD, COT, DQO, Cu, Fe, Mn, Ni y Zn presentaron una tendencia a incrementar su concentración, cuando la condición de caudal era alta. Mientras que los parámetros CE, Ca, Na, Mg, K, bicarbonato, sulfato, Pb, As, Ba, Si, Sr, Rb y Ga, presentaron una tendencia a disminuir su concentración cuando la condición de caudal era alta. La tendencia a incrementar la concentración durante flujo alto puede ser explicada por un proceso en el que el caudal es alimentado por agua enriquecida proveniente de los horizontes orgánicos; mientras que la tendencia opuesta puede ser explicada por un proceso de dilución, en el que el caudal se mezcla con agua menos concentrada proveniente de la precipitación.
- Del análisis de las variables meteorológicas con la concentración de parámetros de calidad del agua, se concluye que, a pesar de presentar coeficientes de determinación bajos en comparación con precipitación y caudal,

presentaron una relación estadísticamente significativa, lo cual indica que, si bien no tienen una correlación fuerte como el caudal o precipitación, estas condiciones meteorológicas influyen en la entrada y salida de agua al ecosistema.

- Respecto a la variabilidad espacial, se observó que, de todos los sitios analizados, Alumbre presentó características particulares, que le conferían un incremento o disminución en las concentraciones de algunos parámetros. Este sitio además presentó las concentraciones más elevadas para metales pesados, y se encontraba excediendo el límite máximo permisible la mayor parte del tiempo. Este comportamiento podría ser atribuido a un deslizamiento natural que influía en el cauce del río, además, este sitio presenta características geológicas especiales en donde predomina la pirita cuyos compuestos azufre y hierro, provocan reacciones químicas que producen acidez alterando su composición química.
- Teniendo en cuenta todos los análisis realizados se pudo observar que los metales pesados: Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb y Zn excedieron el límite máximo permisible establecido en el TULSMA, para los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces. Estos valores sobre el límite máximo permisible se considerarían valores naturales de fondo, dado que el incremento en su concentración aún no es atribuible a actividades de explotación minera, por lo cual dicho incremento podría estar relacionado con las fuentes geológicas y con la composición de material parental propio de la zona.

A partir de los resultados obtenidos en este estudio se recomienda:

Para el análisis de parámetros químicos con el caudal, considerar la hora de toma de muestra de agua dado que, en cuencas pequeñas, el caudal varía significativamente durante el día.

Realizar un monitoreo de calidad del agua de acuerdo a la condición de caudal y de esta forma realizar un análisis estadístico más robusto que respalde los resultados de este estudio. Los resultados obtenidos sugieren probables incrementos en las concentraciones de algunos parámetros en condiciones extremas (sequía-lluvia intensa), sin embargo, se requieren un mayor número de muestras en estas condiciones para confirmar estos resultados.

Continuar el monitoreo de calidad del agua en la zona de estudio para ampliar la base de datos y estudiar tendencias a largo plazo.



Estudiar los valores de fondo para identificar los valores naturales existentes en la zona, Debido a que existen algunos metales pesados con valores naturales fuera de los rangos permisibles es necesario estudiar posibles efectos en la población.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, N., Eguiguren, P., Ojeda, T., & Aguirre, Z. (2015). *Cambio climático y Biodiversidad: Estudio de caso de los páramos del Parque Nacional Podocarpus, Ecuador*.
- Alberto, W. D., María del Pilar, D., María Valeria, A., Fabiana, P. S., Cecilia, H. A., & María de los Ángeles, B. (2001). Pattern Recognition Techniques for the Evaluation of Spatial and Temporal Variations in Water Quality. A Case Study:: Suquía River Basin (Córdoba–Argentina). *Water Research*, 35(12), 2881-2894. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(00\)00592-3](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(00)00592-3)
- Barakat, A., El Baghdadi, M., Rais, J., Aghezzaf, B., & Slassi, M. (2016). Assessment of spatial and seasonal water quality variation of Oum Er Rbia River (Morocco) using multivariate statistical techniques. *International Soil and Water Conservation Research*, 4(4), 284-292. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2016.11.002>
- Berrones, G., & Oyarzún, C. (2013). Efecto de la transpiración sobre la escorrentía en dos tipos de bosque de la cordillera de la costa, sur de Chile. *Enfoque UTE*, 4(2), 18-34. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v4n2.26>
- Borja, P., Iñiguez, V., Crespo, P., Cisneros, P., & Cisneros, F. (2008). CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE HISTOSOLES Y ANDOSOLES DE LOS PARAMOS DE QUIMSACOCCHA, ECUADOR.
- Bouza-Herrera, C. N. (2018). MODELOS DE REGRESIÓN Y SUS APLICACIONES.
- Boy, J., Valarezo, C., & Wilcke, W. (2008). Water flow paths in soil control element exports in an Andean tropical montane forest. *European Journal of Soil Science*, 59(6), 1209-1227. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2008.01063.x>
- Brown, V. A., McDonnell, J. J., Burns, D. A., & Kendall, C. (1999). The role of event water, a rapid shallow flow component, and catchment size in summer stormflow. *Journal of Hydrology*, 217(3), 171-190. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(98\)00247-9](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(98)00247-9)
- Bu, H., Meng, W., Zhang, Y., & Wan, J. (2014). Relationships between land use patterns and water quality in the Taizi River basin, China. *Ecological Indicators*, 41, 187-197. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.02.003>
- Buytaert, W., Célleri, R., De Bièvre, B., Cisneros, F., Wyseure, G., Deckers, J., & Hofstede, R. (2006). Human impact on the hydrology of the Andean páramos.

- Earth-Science Reviews*, 79(1), 53-72.
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2006.06.002>
- Buytaert, W., Celleri, R., Willems, P., Bièvre, B. D., & Wyseure, G. (2006). Spatial and temporal rainfall variability in mountainous areas: A case study from the south Ecuadorian Andes. *Journal of Hydrology*, 329(3), 413-421.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.02.031>
- Buytaert, W., Iñiguez, V., Celleri, R., De Bièvre, B., Wyseure, G., & Deckers, J. (2006). Analysis of the Water Balance of Small Páramo Catchments in South Ecuador. En J. Krecek & M. Haigh (Eds.), *Environmental Role of Wetlands in Headwaters* (Vol. 63, pp. 271-281). Dordrecht: Springer Netherlands. Recuperado de http://link.springer.com/10.1007/1-4020-4228-0_24
- Carrillo-Rojas, G., Silva, B., Córdova, M., Céleri, R., & Bendix, J. (2016). Dynamic Mapping of Evapotranspiration Using an Energy Balance-Based Model over an Andean Páramo Catchment of Southern Ecuador. *Remote Sensing*, 8(2), 160.
<https://doi.org/10.3390/rs8020160>
- Carrillo-Rojas, G., Silva, B., Rollenbeck, R., Céleri, R., & Bendix, J. (2019). The breathing of the Andean highlands: Net ecosystem exchange and evapotranspiration over the páramo of southern Ecuador. *Agricultural and Forest Meteorology*, 265, 30-47. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.11.006>
- Carúa, J., Proaño, M., Suarez, D., & Podwojok, P. (2008). Determinación de retención de agua en los suelos de los páramos: estudio de caso en la subcuenca del Río San Pedro, Cantón Mejía, Pichincha, Ecuador. En *La Forestación en el Páramo*. Quito: Abya Yala.
- Céleri, R., & Feyen, J. (2009, diciembre 11). The Hydrology of Tropical Andean Ecosystems: Importance, Knowledge Status, and Perspectives [research-article]. Recuperado 2 de abril de 2018, de <http://www.bioone.org/doi/abs/10.1659/mrd.00007>
- Cisneros, P., Cajamarca, J., & Pacheco, E. (2010). Estudios para establecer la línea base de suelos inalterados en el Páramo de Quimsacocha. Recuperado de <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/1.-Pedro-Cisneros-Estudios-Linea-base-de-suelos.-PROMAS-Ecuador.pdf>
- Clark, J. M., Lane, S. N., Chapman, P. J., & Adamson, J. K. (2008). Link between DOC in near surface peat and stream water in an upland catchment. *Science of The*

- Total Environment*, 404(2), 308-315.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.11.002>
- Córdova, M., Carrillo-Rojas, G., Crespo, P., Wilcox, B., & Célleri, R. (2015). Evaluation of the Penman-Monteith (FAO 56 PM) Method for Calculating Reference Evapotranspiration Using Limited Data. *Mountain Research and Development*, 35(3), 230-240. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-14-0024.1>
- Correa, A. B. (2017). Runoff sources and flowpath dynamics in the Andean Páramo.
- Correa, A., Windhorst, D., Tetzlaff, D., Crespo, P., Célleri, R., Feyen, J., & Breuer, L. (2017). Temporal dynamics in dominant runoff sources and flow paths in the Andean Páramo: TEMPORAL WATER DYNAMICS IN ANDEAN PÁRAMO. *Water Resources Research*, 53(7), 5998-6017. <https://doi.org/10.1002/2016WR020187>
- Cox, J. J., Altman, K. A., Robson, D. M., Masun, K., & Robertson, L. (2016). TECHNICAL REPORT ON THE LOMA LARGA PROJECT, AZUAY PROVINCE, ECUADOR.
- Crespo, P., Célleri, R., Buytaert, W., Ochoa, B., Cárdenas, I., Iñiguez, V., ... De Bièvre, B. (2014). Impactos del cambio de uso de la tierra sobre la hidrología de los páramos húmedos andinos. *Avances En Investigación Para La Conservación de Los Páramos Andinos. CONDESAN*, 288–304.
- Crespo, P. J., Feyen, J., Buytaert, W., Bücken, A., Breuer, L., Frede, H.-G., & Ramírez, M. (2011). Identifying controls of the rainfall–runoff response of small catchments in the tropical Andes (Ecuador). *Journal of Hydrology*, 407(1), 164-174. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.07.021>
- Csuros, M. (1997). *Environmental Sampling and Analysis: Lab Manual*. Routledge.
- EPA. (2000). *Guidance for Data Quality Assessment*. Taylor & Francis.
- GRUNTEC, E. S. (2018, julio). PROCEDIMIENTO MUESTREO DE CAMPO.
- Hajigholizadeh, M., & Melesse, A. M. (2017). Assortment and spatiotemporal analysis of surface water quality using cluster and discriminant analyses. *CATENA*, 151, 247-258. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.12.018>
- Heal, K. ate V. (2001). Manganese and land-use in upland catchments in Scotland. *Science of The Total Environment*, 265(1), 169-179. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(00\)00657-4](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(00)00657-4)

IAMGOLD. (2009). PROYECTO QUIMSACOCCHA. INFORME PRELIMINAR PARA LA LÍNEA BASE DE: GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA.

Kumarasamy, P., Arthur James, R., Dahms, H.-U., Byeon, C.-W., & Ramesh, R. (2014). Multivariate water quality assessment from the Tamiraparani river basin, Southern India. *Environmental Earth Sciences*, 71(5), 2441-2451. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2644-0>

Lam, Q. D., Schmalz, B., & Fohrer, N. (2012). Assessing the spatial and temporal variations of water quality in lowland areas, Northern Germany. *Journal of Hydrology*, 438-439, 137-147. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.03.011>

Liu, S., Ryu, D., Webb, J. A., Lintern, A., Waters, D., Guo, D., & Western, A. W. (2018). Characterisation of spatial variability in water quality in the Great Barrier Reef catchments using multivariate statistical analysis. *Marine Pollution Bulletin*, 137, 137-151. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.10.019>

Llambí, L., Soto-W, A., Célleri, R., De Bievre, B., Ochoa, B., & Borja, P. (2012). *Ecología, hidrología y suelos de páramos*.

Merola, R. B., Hien, T. T., Quyen, D. T. T., & Vengosh, A. (2015). Arsenic exposure to drinking water in the Mekong Delta. *Science of The Total Environment*, 511, 544-552. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.12.091>

Meybeck, M. (1987). Global chemical weathering of superficial rocks estimated from river dissolved loads.

Mosquera, G., Célleri, R., Lazo, P. X., Vaché, K. B., Perakis, S. S., & Crespo, P. (2016). Combined use of isotopic and hydrometric data to conceptualize ecohydrological processes in a high-elevation tropical ecosystem: Hydrological Processes Conceptualization in the High-elevation Tropics. *Hydrological Processes*, 30(17), 2930-2947. <https://doi.org/10.1002/hyp.10927>

Mosquera, G., Lazo, P., Cárdenas, I., & Crespo Sánchez, P. J. (2012). Identificación de las principales fuentes de agua que aportan a la generación de escorrentía en zonas Andinas de páramo húmedo: mediante el uso de los isótopos estables deuterio ($\delta^2\text{H}$) y oxígeno-18 ($\delta^{18}\text{O}$).

Mosquera, G. M., Lazo, P. X., Célleri, R., Wilcox, B. P., & Crespo, P. (2015). Runoff from tropical alpine grasslands increases with areal extent of wetlands. *CATENA*, 125, 120-128. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.10.010>

Muller, F. L. L., & Tankéré-Muller, S. P. C. (2012). Seasonal variations in surface water chemistry at disturbed and pristine peatland sites in the Flow Country of

- northern Scotland. *Science of The Total Environment*, 435-436, 351-362. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.06.048>
- Ochoa Sánchez, A. E., & Rodas Ochoa, M. V. (2009). *Variabilidad espacio temporal de la calidad de agua a escala de microcuenca en zonas de páramo*. Cuenca.
- Padrón, R. S., Wilcox, B. P., Crespo, P., & Célleri, R. (2015). Rainfall in the Andean Páramo: New Insights from High-Resolution Monitoring in Southern Ecuador. *Journal of Hydrometeorology*, 16(3), 985-996. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-14-0135.1>
- PROMAS. (2007). ESTUDIO EDAFOLÓGICO - INFORME PRELIMINAR.
- PROMAS. (2008). Informe de Calidad del Agua Segundo Año.
- Qu, B., Zhang, Y., Kang, S., & Sillanpää, M. (2019). Water quality in the Tibetan Plateau: Major ions and trace elements in rivers of the «Water Tower of Asia». *Science of The Total Environment*, 649, 571-581. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.316>
- Quevauviller, P. (Ed.). (2008). *Assessment of Metal Bioavailability and Natural Background Levels – WFD Monitoring from the Perspective of Metals Industry*. Chichester, U.K: Wiley.
- Quichimbo, P., Tenorio, G., Borja, P., Cárdenas, I., Crespo, P., & Célleri, R. (2012). Efectos sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos por el cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo: páramo de Quimsacocha al sur del Ecuador. *Suelos Ecuatoriales*, 42(2), 138–153.
- Rothwell, J. J., Dise, N. B., Taylor, K. G., Allott, T. E. H., Scholefield, P., Davies, H., & Neal, C. (2010). A spatial and seasonal assessment of river water chemistry across North West England. *Science of The Total Environment*, 408(4), 841-855. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.10.041>
- Sarmiento, L., Llambí, L. D., Escalona, A., & Marquez, N. (2003). Vegetation patterns, regeneration rates and divergence in an old-field succession of the high tropical Andes, 12.
- Singh, K. P., Malik, A., Mohan, D., & Sinha, S. (2004). Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)—a case study. *Water Research*, 38(18), 3980-3992. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.06.011>



- Soulsby, C., Gibbins, C., Wade, A. J., Smart, R., & Helliwell, R. (2002). Water quality in the Scottish uplands: a hydrological perspective on catchment hydrochemistry. *Science of The Total Environment*, 294(1), 73-94. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(02\)00057-8](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00057-8)
- Thomas, J., Joseph, S., & Thrivikramji, K. P. (2015). Hydrochemical variations of a tropical mountain river system in a rain shadow region of the southern Western Ghats, Kerala, India. *Applied Geochemistry*, 63, 456-471. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2015.03.018>
- Tipping, E., Smith, E. J., Lawlor, A. J., Hughes, S., & Stevens, P. A. (2003). Predicting the release of metals from ombrotrophic peat due to drought-induced acidification. *Environmental Pollution*, 123(2), 239–253.
- Tonneijck, F. H., Jansen, B., Nierop, K. G. J., Verstraten, J. M., Sevink, J., & De Lange, L. (2010). Towards understanding of carbon stocks and stabilization in volcanic ash soils in natural Andean ecosystems of northern Ecuador. *European Journal of Soil Science*, 61(3), 392-405. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2010.01241.x>
- Tripathi, M., & Singal, S. K. (2019). Use of Principal Component Analysis for parameter selection for development of a novel Water Quality Index: A case study of river Ganga India. *Ecological Indicators*, 96, 430-436. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.09.025>
- Wang, J., Liu, G., Liu, H., & Lam, P. K. S. (2017). Multivariate statistical evaluation of dissolved trace elements and a water quality assessment in the middle reaches of Huaihe River, Anhui, China. *Science of The Total Environment*, 583, 421-431. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.088>
- Xu, H. S., Xu, Z. X., Wu, W., & Tang, F. F. (2012). Assessment and Spatiotemporal Variation Analysis of Water Quality in the Zhangweinan River Basin, China. *Procedia Environmental Sciences*, 13, 1641-1652. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.157>

ANEXOS
ANEXO I. Resumen de parámetros por sitio de monitoreo
a. BERM (Bermejós)

Parámetro	Unidad	Datos	<LC	NA	Max	Min	Media	Percentiles			LMP
			[%]	[%]				[%]	25	50	
pH	adim	100	-	-	7.9	6.2	6.92	6.5	6.9	7.3	
Conductividad	uS/cm	100	-	-	29	9	16.74	15	16	18.5	
Sólidos disueltos	mg/l	100	-	-	17.4	5	10.10	9	10	10.9	
Sólidos suspendidos totales	mg/l	70	30	-	14.201	5	7.71	6.684	7.214	8.167	
Sólidos totales	mg/l	100	-	-	25.733	5	15.85	11.1	16.122	18.89	
Sólidos sedimentables	ml/l	4	96	-	0.2	0.2	0.20	0.2	0.2	0.2	
Color real PtCp	APHA	96	-	4	136	27	71.38	53	75	88.75	
Color aparente PtCo	APHA	96	-	4	169	87	120.92	101	119	138.75	
Turbiedad	NTU	67	26	7	10	1.61	4.71	2.8525	5	6	
Oxígeno disuelto	mg/l	100	-	-	7.9	6.7	7.23	7	7.2	7.4	
Oxígeno saturación	%	59	41	-	99.9	91.3	96.93	95.525	97.7	99.4	
Alcalinidad total	mg/l	100	-	-	14.132	2.5	7.25	6.262	7.165	7.98	
Dureza total	CaCO3	100	-	-	14.06	2.82	6.08	4.395	5.96	7.21	
Dureza Cálctica	mg/l	100	-	-	9.13	1.75	4.56	3.305	4.33	5.55	
Dureza Magnésica	CaCO3	100	-	-	11.06	0.29	1.54	0.93	1.18	1.505	
Óxido de silicio	mg/l	96	-	4	21	0.055	8.58	7.128	8.471	10.15	
Aceites y grasas	mg/l	4	96	-	-	-	-	-	-	-	
COD	mg/l	100	-	-	12	1	6.65	5.75	6.4	8	
COT	mg/l	100	-	-	12	1	6.99	6	7	8	
Cianuro total	mg/l	-	96	4	-	-	-	-	-	-	
Coliformes fecales	NMP/100ml	19	81	-	24000	40	5130	40	70	1500	
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	-	-	100	-	-	-	-	-	-	
Coliformes totales	NMP/100ml	100	-	-	55000	40	8871.11	930	4600	11000	
DBO	mg/l	19	81	-	4	0.4	1.88	1	1	3	
DQO	mg/l	100	-	-	44	14	25.41	18	22	29.5	40
Hidrocarburos totales (TPH)	mg/l	-	100	-	-	-	-	-	-	-	
Nitrógeno orgánico	mg/l	70	26	4	0.8	0.2	0.37	0.24	0.4	0.4	
Nitrógeno total Kjeldahl	mg/l	70	30	-	0.8	0.2	0.37	0.24	0.4	0.4	
Sustancias solubles al Hexano	mg/l	15	-	85	3	1.6	2.05	1.6	1.8	2.25	
Cloruro	mg/l	37	63	-	0.396	0.07	0.1719	0.1028	0.1545	0.2078	
Fluoruro	mg/l	30	70	-	0.35	0.06	0.130	0.071	0.1015	0.1413	
Fosfato	mg/l	19	81	-	1.4	0.19	0.4844	0.26	0.282	0.29	
Sulfato	mg/l	74	26	-	1.9	0.194	0.69645	0.4025	0.6085	0.8585	
Nitrato	mg/l	11	11	78	0.22	0.06	0.123	0.075	0.09	0.155	
Nitrato como nitrógeno	mg/l	22	78	-	0.0546	0.02	0.039	0.033	0.0385	0.048	
Nitrito	mg/l	-	100	-	-	-	-	-	-	-	
Nitrógeno amoniacal	mg/l	4	-	96	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	
Bicarbonato	mg/l	100	-	-	17.2	3	8.83	7.65	8.7	9.7	
Aluminio	mg/l	100	-	-	0.131	0.026	0.06	0.04135	0.06	0.07085	0.1
Antimonio	mg/l	7	93	-	0.0005	0.0003	0.0004	0.00035	0.0004	0.00045	
Arsénico	mg/l	37	63	-	0.0022	0.001	0.001523	0.0011525	0.00133	0.00197	0.05
Azufre	mg/l	11	89	-	4.57	1.4	2.69	1.75	2.1	3.335	
Bario	mg/l	100	-	-	0.0555	0.0146	0.022	0.019	0.02	0.0238	1



Continuación BERM

Parámetro	Unidad	Datos [%]	<LC [%]	NA [%]	Max	Min	Media	Percentiles			LMP [mg/l]
								25	50	75	
Berilio	mg/l	-	100	-	-	-	-	-	-	-	0.1
Boro	mg/l	-	100	-	-	-	-	-	-	-	0.75
Bismuto	mg/l	-	30	70	-	-	-	-	-	-	
Bromo	mg/l	4	93	4	0.005	-	-	-	-	-	
Cadmio	mg/l	-	100	-	-	-	-	-	-	-	0.001
Calcio	mg/l	100	-	-	3.65	0.7	1.823	1.32	1.73	2.22	
Cobre	mg/l	74	26	-	0.0145	0.000234	0.002	0.00047	0.0006	0.0011	0.005
Cromo	mg/l	4	96	-	0.001	-	-	-	-	-	0.032
Cesio	mg/l	48	52	-	0.000206	0.0001	0.000154	0.000115	0.000147	0.0002	
Cerio	mg/l	11	85	4	0.0003	0.0001	0.000174	0.0001115	0.000123	0.0002115	
Cobalto	mg/l	19	81	-	0.000348	0.00004	0.000170	0.00004	0.0001	0.000323	0.2
Cobaltio	mg/l	11	85	4	0.0003	0.00003	0.000144	0.0000655	0.000101	0.0002005	
Erbio	mg/l	11	85	4	0.000116	0.00001	7.53333E-05	0.000055	0.0001	0.000108	
Europio	mg/l	-	96	4	-	-	-	-	-	-	
Escandio	mg/l	7	22	70	0.004	0.001	0.0025	0.00175	0.0025	0.00325	
Estaño	mg/l	4	96	-	0.0001	-	-	-	-	-	
Estroncio	mg/l	100	-	-	0.0485	0.0165	0.0274	0.02125	0.0266	0.0324	
Fósforo total	mg/l	-	100	-	-	-	-	-	-	-	
Galio	mg/l	96	-	4	0.00266	0.00005	0.00114	0.00075	0.001	0.00145	
Gadolinio	mg/l	11	85	4	0.0004	0.00004	0.00018	0.00007	0.0001	0.00025	
Germanio	mg/l	7	89	4	0.001	0.0009	0.00095	0.000925	0.00095	0.000975	
Hafnio	mg/l	-	96	4	-	-	-	-	-	-	
Hierro	mg/l	100	-	-	1.96	0.21	1.004	0.67	1	1.32	0.3
Holmio	mg/l	4	26	70	0.00001	-	-	-	-	-	
Indio	mg/l	-	30	70	-	-	-	-	-	-	
Iridio	mg/l	-	96	4	-	-	-	-	-	-	
Iterbio	mg/l	15	81	4	0.000206	0.00001	0.00013	0.00008	0.0001505	0.0002015	
Itrio	mg/l	-	30	70	-	-	-	-	-	-	
Lantano	mg/l	-	100	-	-	-	-	-	-	-	
Litio	mg/l	22	78	-	0.01	0.0003	0.003491667	0.000425	0.002125	0.0054375	
Lutecio	mg/l	7	89	4	0.0004	0.0002	0.0003	0.00025	0.0003	0.00035	
Magnesio	mg/l	100	-	-	0.466	0.025	0.275	0.208	0.286	0.3485	
Manganeso	mg/l	100	-	-	0.39	0.0015	0.042	0.01945	0.0243	0.0335	0.1
Mercurio	mg/l	-	100	-	-	-	-	-	-	-	0.0002
Molibdeno	mg/l	7	93	-	0.0007	0.0003	0.0005	0.0004	0.0005	0.0006	
Neodimio	mg/l	15	81	4	0.0002	0.0001	0.00015325	0.00010975	0.0001565	0.0002	
Niobio	mg/l	4	93	4	0.0001	-	-	-	-	-	
Níquel	mg/l	26	74	-	0.00235	0.000212	0.001	0.00034	0.00069	0.00117	0.025
Oro	mg/l	-	96	4	-	-	-	-	-	-	
Osmio	mg/l	7	89	4	0.005	0.0009	0.00295	0.001925	0.00295	0.003975	
Plata	mg/l	4	96	-	0.000626	-	-	-	-	-	0.01
Platino	mg/l	4	93	4	0.0004	-	-	-	-	-	
Plomo	mg/l	33	67	-	0.001	0.0001	0.00034	0.00024	0.0003	0.0003	0.001
Paladio	mg/l	-	96	4	-	-	-	-	-	-	
Praseodimio	mg/l	7	89	4	0.0001	0.00004	0.00007	0.000055	0.00007	0.000085	
Potasio	mg/l	100	-	-	1	0.025	0.552	0.407	0.482	0.688	
Renio	mg/l	4	96	-	0.0001	-	-	-	-	-	
Rodio	mg/l	-	96	4	-	-	-	-	-	-	
Rubidio	mg/l	100	-	-	0.003	0.000795	0.001427741	0.001	0.00123	0.00171	
Rutenio	mg/l	-	96	4	-	-	-	-	-	-	
Samario	mg/l	15	81	4	0.0006	0.00004	0.00031	0.00016	0.0003	0.00045	
Selenio	mg/l	4	96	-	0.001	-	-	-	-	-	0.001
Silicio	mg/l	100	-	-	10	0.025	4.092	3.355	4	4.785	
Sodio	mg/l	100	-	-	3.35	0.747	1.689	1.245	1.647	1.89	
Talio	mg/l	11	89	-	0.0002	0.00001	7.66667E-05	0.000015	0.00002	0.00011	
Terbio	mg/l	-	30	70	-	-	-	-	-	-	
Telurio	mg/l	4	96	-	0.001	-	-	-	-	-	
Titanio	mg/l	4	96	-	0.01	-	-	-	-	-	
Torio	mg/l	-	100	-	-	-	-	-	-	-	
Tulio	mg/l	4	93	4	0.00002	-	-	-	-	-	
Uranio	mg/l	-	100	-	-	-	-	-	-	-	
Vanadio	mg/l	19	81	-	0.00647	0.0002	0.0018446	0.000553	0.0008	0.0012	
Wolframio	mg/l	4	96	-	0.0005	-	-	-	-	-	
Zirconio	mg/l	7	93	-	0.0005	0.00005	0.000275	0.0001625	0.000275	0.0003875	
Zinc	mg/l	100	-	-	0.066	0.0001	0.0107	0.0023	0.007	0.0137	



b. TAS (Tasqui)

Parámetro	Unidad	Datos [%]	<LC [%]	NA [%]	Max	Min	Media	Percentiles			LMP [mg/l]
								25	50	75	
pH	adim	100	-	-	7.9	6.51	7.432	7.275	7.4	7.7	
Conductividad	uS/cm	100	-	-	67	17	37.067	28	39.5	43.5	
Sólidos disueltos	mg/l	100	-	-	88	10	27.628	17	24.3	28.4	
Sólidos suspendidos totales	mg/l	19	78	3	7.059	2	4.492	2.5	4	6.69	
Sólidos totales	mg/l	100	-	-	88	10	28.583	18.9	24.3	28.4	
Sólidos sedimentables	ml/l	8	83	8	0.2	0.1	0.133	0.1	0.1	0.15	
Color real PtCp	APHA	81	-	19	62	11	30.931	20	28	42	
Color aparente PtCo	APHA	92	-	8	122	15	43.061	25	36	53	
Turbiedad	NTU	39	47	14	10.8	0.71	2.830	0.892	1.36	3.96	
Oxígeno disuelto	mg/l	94	-	6	7.9	6.8	7.374	7.2	7.39	7.5	
Oxígeno saturación	%	14	75	11	99.3	90.6	96.160	95.5	96.1	99.3	
Alcalinidad total	mg/l	100	-	-	34.20	7	19.192	14	19.83	22.20	
Dureza total	CaCO3 mg/l	100	-	-	20.53	5.07	12.183	8.478	12.36	15.15	
Dureza Cálctica	CaCO3 mg/l	100	-	-	16.48	3.96	9.463	6.9225	9.69	11.49	
Dureza Magnésica	CaCO3 mg/l	100	-	-	9	0.33	2.720	1.6375	2.225	3.02	
Óxido de silicio	mg/l	83	-	17	41	9.62	24.98	20.08	25.67	30.12	
Aceites y grasas	mg/l	8	89	3	1.38	0.3	0.693	0.35	0.4	0.89	
COD	mg/l	61	28	11	6.2	2	3.623	2.575	3.15	4.675	
COT	mg/l	69	19	11	7.1	2	3.776	2.8	3	5	
Cianuro total	mg/l	-	92	8	-	-	-	-	-	-	
Coliformes fecales	NMP/100ml	36	64	-	430	2	63	33	40	40	
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	-	-	100	-	-	-	-	-	-	
Coliformes totales	NMP/100ml	100	-	-	55000	15	3422.1	225	840	2175	
DBO	mg/l	6	94	-	0.5	-	-	-	-	-	
DQO	mg/l	72	28	-	26	2	14.27	9.5	13	20	40
Hidrocarburos totales (TPH)	mg/l	6	94	-	0.4	0.3	0.35	0.325	0.35	0.375	
Nitrógeno orgánico Kjeldahl	mg/l	47	47	6	1.7	0.13	0.409	0.2	0.22	0.3	
Nitrógeno total	mg/l	36	56	8	1.7	0.2	0.463	0.2	0.22	0.7	
Sustancias solubles al Hexano	mg/l	33	-	67	45	1.6	11.808	4.7	7.5	10.5	
Cloruro	mg/l	33	67	-	1	0.0066	0.2727	0.11575	0.146	0.4025	
Fluoruro	mg/l	28	61	11	0.201	0.06	0.122	0.0925	0.1165	0.139	
Fosfato	mg/l	19	69	11	0.41	0.07	0.2404	0.1465	0.24	0.335	
Sulfato	mg/l	67	33	-	4.4	0.109	0.998375	0.3385	0.684	1.0445	
Nitrato	mg/l	14	28	58	0.31	0.011	0.1602	0.04	0.22	0.22	
Nitrato como nitrógeno	mg/l	36	53	11	0.1	0.02258	0.051	0.046	0.05	0.05532	
Nitrito	mg/l	3	97	-	0.08	-	-	-	-	-	
Nitrógeno amoniacal	mg/l	11	-	89	0.28	0.09	0.1875	0.0975	0.19	0.28	
Bicarbonato	mg/l	100	-	-	41.7	9	23.420	17.75	24.1792	27.1	
Aluminio	mg/l	100	-	-	0.15	0.01	0.051	0.027725	0.03765	0.07035	0.1
Antimonio	mg/l	14	75	11	0.000865	0.0001	0.00025	0.0001	0.0001	0.0001	
Arsénico	mg/l	3	86	11	0.001	-	-	-	-	-	0.05
Azufre	mg/l	8	81	11	3.78	1.4	2.3933	1.7	2	2.89	
Bario	mg/l	89	-	11	0.0465	0.0157	0.0290	0.023375	0.03	0.032	1
Berilio	mg/l	-	89	11	-	-	-	-	-	-	0.1
Boro	mg/l	3	86	11	0.007	-	-	-	-	-	0.75
Bismuto	mg/l	-	36	64	-	-	-	-	-	-	
Bromo	mg/l	6	81	14	0.005	-	-	-	-	-	
Cadmio	mg/l	3	97	-	0.0014	-	-	-	-	-	0.001
Calcio	mg/l	100	-	-	6.59	1.58	3.77497	2.7675	3.875	4.5975	
Cesio	mg/l	75	14	11	0.000387	0.000113	0.00022	0.0002	0.0002	0.000258	



Continuación TAS

Parámetro	Unidad	Datos [%]	<LC [%]	NA [%]	Max	Min	Media	Percentiles			LMP [mg/l]
								25	50	75	
Cerio	mg/l	31	56	14	0.00047	0.00001	0.00013	0.00006	0.0001	0.000145	
Cobre	mg/l	72	28	-	0.0458	0.000256	0.00453	0.00054	0.001	0.00275	0.005
Cromo	mg/l	17	83	-	0.002	0.0006	0.00110	0.001	0.001	0.001	0.032
Cobalto	mg/l	19	69	11	0.000267	0.00004	9.63E-05	0.00005	0.00007	0.0001	0.2
Disproσιο	mg/l	19	67	14	0.0004	0.00001	9.15E-05	0.00001	0.00001	0.0001005	
Erbio	mg/l	6	81	14	0.000117	0.00001	0.000064	0.000037	0.000064	0.000090	
Europio	mg/l	8	78	14	0.000118	0.00001	0.000046	0.00001	0.00001	0.000064	
Escandio	mg/l	17	19	64	0.003	0.002	0.00267	0.00225	0.003	0.003	
Estañio	mg/l	11	78	11	0.001	0.0001	0.00053	0.0001	0.0005	0.000925	
Estroncio	mg/l	89	-	11	0.114	0.03	0.06644	0.05	0.07	0.07905	
Fósforo total	mg/l	11	-	89	0.08	0.02	0.0475	0.0275	0.045	0.065	
Galio	mg/l	67	19	14	0.003	0.000833	0.001712	0.0014	0.00164	0.002	
Gadolinio	mg/l	19	67	14	0.0005	0.00001	0.000112	0.00002	0.00003	0.0001005	
Germanio	mg/l	8	78	14	0.0009	0.0005	0.000767	0.0007	0.0009	0.0009	
Hafnio	mg/l	-	86	14	-	-	-	-	-	-	
Hierro	mg/l	100	-	-	0.242	0.02	0.14478	0.1115	0.148	0.1803	0.3
Holmio	mg/l	-	36	64	-	-	-	-	-	-	
Indio	mg/l	-	36	64	-	-	-	-	-	-	
Iridio	mg/l	-	86	14	-	-	-	-	-	-	
Iterbio	mg/l	14	72	14	0.0002	0.00001	0.0000846	0.00001	0.0001	0.000103	
Itrio	mg/l	14	19	67	0.00005	0.00002	0.000044	0.00005	0.00005	0.00005	
Lantano	mg/l	19	69	11	0.00034	0.00001	6.814E-05	0.000015	0.00003	0.000035	
Litio	mg/l	36	53	11	0.01	0.0003	0.0024	0.0005	0.00106	0.0018	
Lutecio	mg/l	11	75	14	0.0003	0.0001	0.0002	0.000175	0.0002	0.000225	
Magnesio	mg/l	100	-	-	2.19	0.08	0.66167	0.3975	0.541	0.735	
Manganeso	mg/l	92	-	8	0.0369	0.0002	0.00702	0.0027	0.00471	0.00972	0.1
Mercurio	mg/l	14	75	11	0.000242	0.0001	0.00013	0.0001	0.000104	0.00011	0.0002
Molibdeno	mg/l	17	72	11	0.0019	0.0001	0.00073	0.0001	0.0002	0.00147	
Neodimio	mg/l	31	56	14	0.00055	0.00001	0.00014	0.00006	0.0001	0.000121	
Niobio	mg/l	3	83	14	0.0001	-	-	-	-	-	
Níquel	mg/l	28	72	-	0.0202	0.0002	0.00441	0.000227	0.00105	0.00228	0.025
Oro	mg/l	-	86	14	-	-	-	-	-	-	
Osmio	mg/l	6	81	14	0.004	0.001	0.0025	0.00175	0.0025	0.00325	
Plata	mg/l	6	83	11	0.000628	0.000167	0.0003975	0.00028	0.0003975	0.00051275	0.01
Platino	mg/l	3	83	14	0.0003	-	-	-	-	-	
Plomo	mg/l	50	50	-	0.0153	0.0001	0.00127	0.000203	0.0003	0.00076	0.001
Paladio	mg/l	-	86	14	-	-	-	-	-	-	
Potasio	mg/l	100	-	-	4.46	0.486	1.0745	0.7975	0.9905	1.129	
Praseodimio	mg/l	17	69	14	0.00012	0.00001	4.33E-05	0.00001	0.00001	0.0000775	
Renio	mg/l	3	86	11	0.0001	-	-	-	-	-	
Rodio	mg/l	-	86	14	-	-	-	-	-	-	
Rubidio	mg/l	89	-	11	0.00416	0.0011	0.00268	0.00209	0.00271	0.003	
Rutenio	mg/l	-	86	14	-	-	-	-	-	-	
Samario	mg/l	14	72	14	0.0006	0.00002	0.000232	0.00002	0.00002	0.0005	
Selenio	mg/l	3	86	11	0.001	-	-	-	-	-	0.001
Silicio	mg/l	89	-	11	19	4.5	11.75	9.575	12	14.325	
Sodio	mg/l	100	-	-	5.51	1.16	3.28253	2.5975	3.335	3.89825	
Talio	mg/l	11	78	11	0.0002	0.00001	0.0000575	0.00001	0.00001	0.0000575	
Terbio	mg/l	-	36	64	-	-	-	-	-	-	
Telurio	mg/l	8	81	11	0.0009	0.0006	0.0007	0.0006	0.0006	0.00075	
Titanio	mg/l	-	89	11	-	-	-	-	-	-	
Torio	mg/l	-	89	11	-	-	-	-	-	-	
Tulio	mg/l	6	81	14	0.00001	-	-	-	-	-	
Uranio	mg/l	-	89	11	-	-	-	-	-	-	
Vanadio	mg/l	58	31	11	0.00777	0.0003	0.00104	0.000509	0.000724	0.000822	
Wolframio	mg/l	6	81	14	0.0003	0.00005	0.000175	0.0001125	0.000175	0.0002375	
Zirconio	mg/l	17	72	11	0.0001	0.00004	7.6E-05	0.0000575	0.000085	0.0000975	
Zinc	mg/l	97	-	3	0.112	0.00005	0.01228	0.002	0.0038	0.01325	0.03



c. D1 (D1 Chorrotasqui)

Parámetro	Unidad	Datos [%]	<LC [%]	NA [%]	Max	Min	Media	Percentiles			LMP [mg/l]
								25	50	75	
pH	adim	100	-	-	8	5.32	6.96	6.64	7.045	7.3	
Conductividad	uS/cm	98	-	2	63	10	26.64	21	27	30.7	
Sólidos disueltos	mg/l	93	-	7	125	6	29.19	14.5	18	47	
Sólidos suspendidos totales	mg/l	25	44	31	10	1	4.85	2	5	8	
Sólidos sedimentables	mg/l	97	-	3	125	6.5	31.19	15.15	19.89	48.25	
Color real PtCp	APHA	-	48	52	-	-	-	-	-	-	
Color aparente PtCo	APHA	42.6	-	57.4	136	20	56.55	37	52	70	
Turbiedad	NTU	50	-	50	138	40	75.88	61	72	89.75	
Oxígeno disuelto	mg/l	53	25	22	7.4	1.06	3.08	1.75	2.23	4.085	
Oxígeno saturación	%	66	-	34	9	6.5	7.26	7	7.2	7.5	
Alcalinidad total	mg/l CaCO3	13.2	35.3	51.5	99.7	91.8	96.20	94	97	98.6	
Dureza total	mg/l CaCO3	85.3	-	14.7	31.9	2.5	14.65	10.19	14.63	18.14	
Dureza Cálctica	mg/l CaCO3	80.9	-	19.1	23.44	3.53	11.29	8.00	10.85	14.14	
Dureza Magnésica	mg/l CaCO3	85.3	-	14.7	18.63	2.75	8.37	6.25	8.05	10.24	
Óxido de silicio	mg/l	79.4	-	20.6	12	0.49	3.04	1.47	2.10	3.81	
Aceites y grasas	mg/l	45.6	-	54.4	24	2.524	13.27	10.95	14.39	16.37	
COD	mg/l	-	67.6	32.4	-	-	-	-	-	-	
COT	mg/l	49	-	51	12.4	0.5	4.57	3	4.3	5.9	
Cianuro total	mg/l	49	-	51	13	0.5	4.99	3.6	4.5	6	
Coliformes fecales	NMP/100ml	-	50	50	-	-	-	-	-	-	
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	25	58.8	16.2	110000	2	6512.68	4.5	30	40	
Coliformes totales	NMP/100ml	5.9	5.9	88.2	13	4.5	7.45	4.5	6.15	9.1	
DBO	mg/l	81	-	19	110000	0.9	3681.83	60	430	2400	
DQO	mg/l	29.4	64.7	5.9	6	0.1	1.2450	0.375	0.65	1	
Hidrocarburos totales (TPH)	mg/l	79.4	0	20.6	46	2.5	19.09	10	18.5	25.75	40
Nitrógeno orgánico	mg/l	-	68	32	-	-	-	-	-	-	
Nitrógeno total Kjeldahl	mg/l	57.4	22.1	20.6	1.49	0.07	0.3754	0.2	0.3	0.4	
Sustancias solubles al Hexano	mg/l	26.5	23.5	50	0.8	0.2	0.3106	0.2	0.3	0.375	
Cloruro	mg/l	38	-	62	25.2	0.7	8.8385	2.6	4.9	15.4	
Fluoruro	mg/l	20.6	33.8	45.6	2.7	0.0049	0.3936	0.07375	0.1905	0.4365	
Fosfato	mg/l	14.7	33.8	51.5	0.5	0.05	0.1377	0.07725	0.09	0.133	
Sulfato	mg/l	5.9	42.6	51.5	1.6	0.08	0.6125	0.305	0.385	0.6925	
Nitrato	mg/l	70.6	-	29.4	5.25	0.025	1.7267	0.317	0.55	4.3225	
Nitrato como nitrógeno	mg/l	14.7	25	60.3	0.4	0.014	0.1458	0.055	0.137	0.21	
Nitrito	mg/l	14.7	33.8	51.5	0.27	0.03116129	0.0713	0.0419	0.05	0.058	
Nitrógeno amoniacal	mg/l	1.5	66.2	32.4	0.01	0.00557	0.0056	0.00557	0.00557	0.00557	
Bicarbonato	mg/l	20.6	-	79.4	0.78	0.05	0.1950	0.07	0.145	0.2625	
Aluminio	mg/l	85.3	14.7	-	38.92	3	17.9085	12.44	17.8487	22.1347	
Antimonio	mg/l	86.8	-	13.2	0.68	0.015	0.0996	0.046	0.076	0.107	0.1
Arsénico	mg/l	4	45	51	0.0005	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0003	
Azufre	mg/l	6	57	37	0.001	0.0008	0.0010	0.00095	0.001	0.001	0.05
Bario	mg/l	7	41	51	2	1.07	1.5120	1.4	1.41	1.68	
Berilio	mg/l	81	-	19	0.076	0.004	0.0234	0.016	0.0258	0.02945	1
Boro	mg/l	-	63	37	-	-	-	-	-	-	0.1
Bismuto	mg/l	-	63	37	-	-	-	-	-	-	0.75
Bromo	mg/l	-	18	82	-	-	-	-	-	-	
Cadmio	mg/l	-	47	53	-	-	-	-	-	-	
Calcio	mg/l	11.8	75	13.2	0.007	0.0002	0.0025	0.001	0.002	0.004	0.001
	mg/l	85.3	-	14.7	7.45	1.1	3.3462	2.5	3.22	4.0975	



Continuación D1

Parámetro	Unidad	Datos [%]	<LC [%]	NA [%]	Max	Min	Media	Percentiles			LMP [mg/l]
								25	50	75	
Cesio	mg/l	15	34	51	0.00019	0.00002	0.0001	0.0001	0.0001	0.00011125	
Cerio	mg/l	22	25	53	0.0002	0.00005	0.0001	0.0001	0.0001	0.00013	
Cobalto	mg/l	18	44	38	0.00048	0.00004	0.0002	0.0001	0.00018	0.00023	0.2
Cobre	mg/l	68	32	-	0.04	0.0002	0.0068	0.0009	0.003	0.0088	0.005
Cromo	mg/l	10.3	89.7	-	0.005	0.00053	0.0024	0.001	0.001	0.0041	0.032
Disprobio	mg/l	7	40	53	0.0004	0.00001	0.0001	0.00001	0.00001	0.00001	
Erbio	mg/l	3	44	53	0.00012	0.00001	0.0001	0.00004	0.00007	0.000095	
Europio	mg/l	6	41	53	0.00017	0.00001	0.0001	0.00001	0.00001	0.000050	
Escandio	mg/l	7	10	82	0.002	0.001	0.0018	0.002	0.002	0.002	
Estaño	mg/l	7	41	51	0.0017	0.0001	0.0006	0.0001	0.000548	0.00059	
Estroncio	mg/l	49	-	51	0.0822	0.02	0.0451	0.0376	0.0447	0.0546	
Fósforo	mg/l										
total		19	19	62	0.12	0.00168	0.0276	0.01	0.02	0.022	
Galio	mg/l	44	-	56	0.003	0.000025	0.0013	0.0009795	0.00122	0.0019375	
Gadolinio	mg/l	10	37	53	0.0004	0.00001	0.0001	0.000015	0.00002	0.00015	
Germanio	mg/l	3	44	53	0.001	0.0009	0.0010	0.000925	0.00095	0.000975	
Hafnio	mg/l	-	47	53	-	-	-	-	-	-	
Hierro	mg/l	98	-	2	1.58	0.17	0.5103	0.3714	0.476	0.611	
Holmio	mg/l	-	18	82	-	-	-	-	-	-	
Indio	mg/l	-	18	82	-	-	-	-	-	-	
Iridio	mg/l	-	47	53	-	-	-	-	-	-	
Itterbio	mg/l	6	41	53	0.0002	0.00001	0.0001	0.00001	0.000055	0.00013375	
Itrio	mg/l	7	10	82	0.00009	0.00003	0.0000	0.00003	0.00003	0.00004	
Lantano	mg/l	10	38	51	0.0002	0.00002	0.0001	0.00002	0.00003	0.00008	
Litio	mg/l	13	35	51	0.01	0.001	0.0026	0.0002	0.0005	0.00366	
Lutecio	mg/l	6	41	53	0.0003	0.0001	0.0002	0.0001	0.00015	0.000225	
Magnesio	mg/l	80.9	-	19.1	2.92	0.025	0.7253	0.3205	0.51	0.897104	
Manganeso	mg/l	94.1	-	5.9	0.14	0.004	0.0332	0.02	0.033	0.04035	0.1
Mercurio	mg/l	1.5	61.8	36.8	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
Molibdeno	mg/l	4.4	44.1	51.5	0.0007	0.0001	0.0003	0.00015	0.0002	0.00045	
Neodimio	mg/l	18	29	53	0.0003	0.00003	0.0001	0.00005	0.0001015	0.00015	
Niobio	mg/l	4	43	53	0.0001	0.00001	0.0000	0.00001	0.00001	0.000055	
Níquel	mg/l	23.5	63.2	13.2	0.01	0.0002	0.0114	0.00022	0.005	0.014625	0.025
Oro	mg/l	-	47	53	-	-	-	-	-	-	
Osmio	mg/l	3	44	53	0.004	0.0007	0.0024	0.001525	0.00235	0.003175	
Plata	mg/l	6	57	37	0.0007	0.0001	0.0005	0.00033	0.00052	0.00065	0.01
Platino	mg/l	1	46	53	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	
Plomo	mg/l	29.4	52.9	17.6	0.04	0.0001	0.0035	0.0002	0.0003175	0.000711	0.001
Paladio	mg/l	-	47	53	-	-	-	-	-	-	
Praseodimio	mg/l	7	40	53	0.0001	0.00001	0.0000	0.00001	0.00001	0.00002	
Potasio	mg/l	85.3	-	14.7	1.49	0.025	0.5002	0.3885	0.463	0.56	
Renio	mg/l	1	47	51	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	
Rodio	mg/l	-	47	53	-	-	-	-	-	-	
Rubidio	mg/l	49	-	51	0.002	0.000605	0.0011	0.001	0.00108	0.00126	
Rutenio	mg/l	-	47	53	-	-	-	-	-	-	
Samario	mg/l	7	40	53	0.0006	0.00002	0.0002	0.00002	0.00002	0.0004	
Selenio	mg/l	1	62	37	0.001	-	-	-	-	-	0.001
Silicio	mg/l	49	-	51	11	1.18	6.3144	5.1	6.73	8	
Sodio	mg/l	72.1	-	27.9	4.4	0.758	2.3019	1.887	2.299	2.8	
Talio	mg/l	7	41	51	0.0002	0.00001	0.0001	0.00001	0.00002	0.00007	
Terbio	mg/l	-	18	82	-	-	-	-	-	-	
Telurio	mg/l	3	46	51	0.001	-	-	-	-	-	
Titanio	mg/l	-	49	51	-	-	-	-	-	-	
Torio	mg/l	-	49	51	-	-	-	-	-	-	
Tulio	mg/l	4	43	53	0.00002	0.00001	0.0000	0.00001	0.00001	0.000015	
Uranio	mg/l	-	49	51	-	-	-	-	-	-	
Vanadio	mg/l	13	35	51	0.0009	0.0002	0.0005	0.0003	0.0006	0.000659	
Wolframio	mg/l	6	43	51	0.00164	0.00002	0.0005	0.00002	0.00016	0.000635	
Zirconio	mg/l	7	41	51	0.0001	0.00004	0.0001	0.00004	0.00007	0.0001	
Zinc	mg/l	98.5	-	1.5	0.13	0.00004	0.0200	0.003	0.008	0.0207	0.03



d. CCQ (Confluencia Chorrotasqui Quinuahuaycu)

Parámetro	Unidad	Datos [%]	<LC [%]	NA [%]	Max	Min	Media	Percentiles			LMP [mg/l]
								25	50	75	
pH	adim	100	-	-	8.2	5.61	7.028	6.8	7.1	7.38	
Conductividad	uS/cm	100	-	-	80	4	39.231	30	37.9	49	
Sólidos disueltos	mg/l	71.4	-	28.6	88	7.8	44.351	28.7	47.5	55	
Sólidos suspendidos totales	mg/l	34.7	-	65.3	16	1	4.771	2.5	3	6	
Sólidos totales	mg/l	71.4	-	28.6	90	7.8	46.669	28.7	50	58.5	
Turbiedad	NTU	51.0	-	49.0	22	1.12	4.141	2.03	3.08	4	
Oxígeno disuelto	mg/l	49.0	-	51.0	9	5	6.856	6.675	6.9	7.2	
Oxígeno saturación	%	20.4	6.1	73.5	99.6	69.8	89.540	89.525	92.15	93.45	
Alcalinidad total como CaCO3	mg/l	51.0	-	49.0	45.73	3	17.670	13.63	16.5	21.73	
Dureza total	CaCO3	51.0	-	49.0	32.99	6.95	18.241	14.43	17.48	20.4	
Dureza Cálctica	CaCO3	51.0	-	49.0	22	5.96	12.711	10	13.2	14.56	
Dureza Magnésica	CaCO3	51.0	-	49.0	16.5	0.99	5.941	3.244	4.12	7.77	
Aceites y grasas	mg/l	-	55.1	44.9	-	-	-	-	-	-	
Coliformes fecales	mg/l	14.3	34.7	51.0	2400	40	411.429	40	40	160	
Coliformes termo tolerantes	mg/l	40.8	8.2	51.0	350	2	53.125	6.225	17	50.75	
Coliformes totales	mg/l	65.3	-	34.7	11000	11	873.531	68.25	170	480	
DBO	mg/l	42.9	28.6	28.6	1.4	0.04	0.569	0.4	0.5	0.6	
DQO	mg/l	51.0	-	49.0	55	2	17.520	10	16	23	
Hidrocarburos totales (TPH)	mg/l	-	49.0	51.0	-	-	-	-	-	-	
Nitrógeno orgánico	mg/l	44.9	-	55.1	1.12	0.07	0.406	0.29	0.425	0.4975	
Nitrógeno total Kjeldahl	mg/l	2.0	-	98.0	2.7	2.7	2.700	2.7	2.7	2.7	40
Sustancias solubles al Hexano	mg/l	38.8	2.0	59.2	32	0.8	7.726	2.2	3.6	7.2	
Nitrato	mg/l	12.2	34.7	53.1	0.75	0.02	0.193	0.0325	0.045	0.21275	
Nitrito	mg/l	-	24.5	75.5	-	-	-	-	-	-	
Nitrógeno amoniacal	mg/l	30.6	-	69.4	0.49	0.05	0.195	0.07	0.14	0.29	
Bicarbonato	mg/l	51	49.0	-	55.8	3.66	21.559	16.6286	20.13	26.5106	
Aluminio	mg/l	95.9	-	4.1	1.2	0.01	0.185	0.05	0.1	0.17145	0.1
Arsénico	mg/l	30.6	18.4	51	0.0022	0.0006	0.001	0.0008	0.0009	0.0010	0.05
Bario	mg/l	57.1	-	42.9	0.034	0.004	0.020	0.017	0.021	0.025	1
Berilio	mg/l	-	49.0	51	-	-	-	-	-	-	0.1
Boro	mg/l	-	49.0	51	-	-	-	-	-	-	0.75
Cadmio	mg/l	12.2	87.8	-	0.0061	0.002	0.003	0.0024	0.0028	0.0032	0.001
Calcio	mg/l	51	-	49	8.8	2.384	5.079	4	5.28	5.82	
Cobre	mg/l	53.1	44.9	2	0.08	0.001	0.014	0.00410	0.00895	0.01675	0.005
Cromo	mg/l	6.1	93.9	-	0.0019	0.0008	0.001	0.0008	0.0008	0.00135	0.032
Cobalto	mg/l	10.2	38.8	51	0.0003	0.0001	0.000	0.00011	0.00014	0.00020	0.2
Estaño	mg/l	-	26.5	73.5	-	-	-	-	-	-	
Fósforo total	mg/l	34.7	16.3	49	0.1	0.01	0.028	0.01	0.02	0.03	
Hierro	mg/l	98	-	2	1.7	0.2114	0.678	0.486	0.640119061	0.780075	0.3
Magnesio	mg/l	51	-	49	4.01	0.241	1.444	0.79	1	1.89	
Manganeso	mg/l	100	-	-	0.13	0.0059	0.028	0.02	0.024223254	0.033	0.1
Mercurio	mg/l	-	49.0	51	-	-	-	-	-	-	0.0002
Níquel	mg/l	30.6	69.4	-	0.0158	0.0002	0.009	0.006	0.0092	0.01175	0.025
Potasio	mg/l	51	-	49	0.8549	0.1944	0.359	0.245	0.284	0.381	
Plata	mg/l	6.1	42.9	51	0.0058	0.0002	0.002	0.00045	0.0007	0.00325	0.01
Plomo	mg/l	20.4	57.1	22.4	0.0473	0.0012	0.017	0.002	0.0139	0.029375	0.001
Selenio	mg/l	-	49	51	-	-	-	-	-	-	0.001
Sodio	mg/l	51	-	49	3.9	0.6896	2.426	2.028	2.554	2.836	
Zinc	mg/l	61.2	38.8	-	0.3029	0.0011	0.040	0.007225	0.01885	0.04875	0.03



e. QUIV (Quinuahuaycu Vertedero)

Parámetro	Unidad	Datos [%]	<LC [%]	NA [%]	Max	Min	Media	Percentiles			LMP [mg/l]
								25	50	75	
pH	adim	100	-	-	8.02	5.9	7.33	7.3	7.4	7.6	
Conductividad	uS/cm	100	-	-	67	10	41.02	35	42.5	49	
Sólidos disueltos	mg/l	95	-	5	65	6	28.03	20.75	25.9	31.2	
Sólidos suspendidos totales	mg/l	26	66	8	15.77	2	5.90	2	3.5	9.5	
Sólidos totales	mg/l	95	-	5	65	10	30.19	23.3	27.3	33.15	
Sólidos sedimentables	ml/l	11	76	13	0.3	0.05	0.14	0.0875	0.1	0.15	
Color real PtCp	APHA	82	-	18	118	9	50.87	27.5	51	67.5	
Color aparente PtCo	APHA	92	-	8	141	29	73.77	51	74	88	
Turbiedad	NTU	66	24	11	15	1.01	4.22	2.39	4	5	
Oxígeno disuelto	mg/l	87	-	13	8.1	6.8	7.36	7.1	7.3	7.6	
Oxígeno saturación	%	21	63	16	99.9	94.4	97.98	95.73	99.60	99.7	
Alcalinidad total	mg/l CaCO3	100	-	-	30.1	2.58	17.97	14.75	18.60	21.99	
Dureza total	mg/l CaCO3	100	-	-	24.47	3.52	15.61	12.00	16.17	19.88	
Dureza Cálcica	mg/l CaCO3	100	-	-	20.15	2.55	12.44	9.12	12.84	16.06	
Dureza Magnésica	mg/l CaCO3	100	-	-	5.72	0.97	3.17	1.99	3.35	4.09	
Óxido de silicio	mg/l	82	-	18	26	4.063	13.74	10.64	14.29	17	
Aceites y grasas	mg/l	-	87	13	-	-	-	-	-	-	
COD	mg/l	84	-	16	11.6	0.5	4.47	2.75	4	5.85	
COT	mg/l	84	-	16	12.3	1	4.86	3.15	4.05	6.125	
Cianuro total	mg/l	-	87	13	-	-	-	-	-	-	
Coliformes fecales	NMP/100ml	26	66	8	700	33	117.6	40	40	85	
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	-	-	100	-	-	-	-	-	-	
Coliformes totales	NMP/100ml	92	-	8	110000	15	6008.86	230	430	1500	
DBO	mg/l	11	82	8	1.1	0.1	0.58	0.4	0.55	0.725	
DQO	mg/l	92	-	8	32	2	15.44	9	16	20.5	40
Hidrocarburos totales (TPH)	mg/l	-	89	11	-	-	-	-	-	-	
Nitrógeno orgánico	mg/l	55	39	5	0.7	0.12	0.3043	0.2	0.23	0.4	
Nitrógeno total Kjeldahl	mg/l	37	50	13	0.7	0.2	0.3286	0.2	0.3	0.4	
Sustancias solubles al Hexano	mg/l	32	-	68	31.67	1.2	9.07	3.5	7.6	12.15	
Aceites y grasas	mg/l	-	87	13	-	-	-	-	-	-	
Cloruro	mg/l	26	68	5	0.5	0.0049	0.1134	0.0248	0.0725	0.133	
Fluoruro	mg/l	32	53	16	0.481	0.04	0.1267	0.0645	0.091	0.1325	
Fosfato	mg/l	21	63	16	0.67	0.09	0.3025	0.1675	0.235	0.415	
Sulfato	mg/l	97	-	3	9.019	0.025	3.0873	1.379	2.687	4.428	
Nitrato	mg/l	13	24	63	0.22	0.014	0.1168	0.04	0.09	0.22	
Nitrato como nitrógeno	mg/l	24	61	16	0.0641	0.02	0.0451	0.034	0.05	0.0587	
Nitrito	mg/l	3	89	8	0.07	-	-	-	-	-	
Nitrógeno amoniacal	mg/l	18	-	82	0.42	0.12	0.2171	0.14	0.16	0.27	
Bicarbonato	mg/l	100	-	-	36.722	3.1	21.913	17.923	22.6	26.925	
Aluminio	mg/l	100	-	-	0.183	0.015	0.0702	0.04	0.0568	0.0975	0.1
Antimonio	mg/l	5	79	16	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	
Arsénico	mg/l	29	55	16	0.0023	0.001	0.0012	0.001	0.0011	0.0013	0.05
Azufre	mg/l	32	53	16	6	1	1.8558	1.0525	1.46	1.72	
Bario	mg/l	89	-	11	0.03	0.004	0.0207	0.018925	0.0204	0.0247	1
Berilio	mg/l	3	82	16	0.0001	-	-	-	-	-	0.1
Boro	mg/l	-	84	16	-	-	-	-	-	-	0.75
Bismuto	mg/l	-	29	71	-	-	-	-	-	-	
Bromo	mg/l	-	82	18	-	-	-	-	-	-	
Cadmio	mg/l	5	95	-	0.0032	0.00009	0.0016	0.001	0.002	0.0024	0.001
Calcio	mg/l	100	-	-	8.06	1.02	4.9766	3.6485	5.135	6.4225	
Cesio	mg/l	26	58	16	0.000155	0.00003	0.00008	0.000043	0.0001	0.00011	
Cerio	mg/l	37	45	18	0.0002	0.00004	0.00012	0.0001	0.0001	0.00015	
Cobre	mg/l	84	16	-	0.0127	0.0002	0.0034	0.002	0.002	0.0037	0.005
Cromo	mg/l	18	82	-	0.002	0.0005	0.0009	0.001	0.001	0.001	0.032
Cobalto	mg/l	21	63	16	0.000291	0.00003	0.00014	0.00004	0.00014	0.00021	0.2
Disprobio	mg/l	8	74	18	0.0004	0.00001	0.00014	0.00001	0.00001	0.000205	
Erbio	mg/l	8	74	18	0.000121	0.00001	0.00005	0.00001	0.00001	0.000065	
Europio	mg/l	8	74	18	0.000121	0.00001	0.00005	0.00001	0.00001	0.000065	
Escandio	mg/l	11	18	71	0.002	0.001	0.0015	0.001	0.0015	0.002	
Estaño	mg/l	5	79	16	0.00106	0.000552	0.0008	0.000679	0.000806	0.000933	
Estroncio	mg/l	84	-	16	0.0822	0.0153	0.0547	0.044725	0.0582	0.067	
Fósforo total	mg/l	8	5	87	0.14	0.01	0.0533	0.01	0.01	0.075	
Cobalto	mg/l	21	63	16	0.000291	0.00003	0.00014	0.00004	0.00014	0.00021	0.2



Continuación QUIV

Parámetro	Unidad	Datos [%]	<LC [%]	NA [%]	Max	Min	Media	Percentiles			LMP [mg/l]
								25	50	75	
Galio	mg/l	82	-	18	0.00239	0.000025	0.0011	0.000765	0.00118	0.001805	
Gadolinio	mg/l	13	68	18	0.0005	0.00001	0.0001	0.00002	0.00002	0.0001	
Germanio	mg/l	5	76	18	0.001	-	-	-	-	-	
Hafnio	mg/l	-	82	18	-	-	-	-	-	-	
Hierro	mg/l	100	-	-	0.892	0.21	0.4984	0.31725	0.475	0.6215	0.3
Holmio	mg/l	-	29	71	-	-	-	-	-	-	
Indio	mg/l	-	29	71	-	-	-	-	-	-	
Iridio	mg/l	-	82	18	-	-	-	-	-	-	
Iturbio	mg/l	11	71	18	0.000193	0.00001	0.00010125	0.0000775	0.000101	0.00012	
Iturbio	mg/l	11	18	71	0.00007	0.00003	0.00005	0.0000375	0.00005	0.000062	
Lantano	mg/l	18	66	16	0.000106	0.00001	0.000058	0.000025	0.00004	0.0001	
Litio	mg/l	18	66	16	0.01	0.0003	0.003121429	0.0003	0.0003	0.005325	
Lutecio	mg/l	11	71	18	0.0003	0.0002	0.000225	0.0002	0.0002	0.000225	
Magnesio	mg/l	100	-	-	1.39	0.237	0.7701	0.48225	0.815	0.995	
Manganeso	mg/l	89	-	11	0.0338	0.0016	0.0165	0.01	0.0165	0.0226	0.1
Mercurio	mg/l	5	79	16	0.0008	0.0001	0.0004	0.00027	0.00043	0.00060	0.0002
Molibdeno	mg/l	8	76	16	0.0005	0.0001	0.0003	0.00015	0.00020	0.00037	
Neodimio	mg/l	34	47	18	0.0003	0.00004	0.000122154	0.0001	0.0001	0.00013	
Niobio	mg/l	-	82	18	-	-	-	-	-	-	
Níquel	mg/l	34	66	-	0.0067	0.000207	0.0018	0.00026	0.00038	0.00130	0.025
Oro	mg/l	-	82	18	-	-	-	-	-	-	
Osmio	mg/l	5	76	18	0.004	0.0008	0.0024	0.0016	0.0024	0.0032	
Plata	mg/l	5	79	16	0.000627	0.000162	0.0003945	0.00027825	0.0003945	0.00051	0.01
Platino	mg/l	3	79	18	0.0002	-	-	-	-	-	
Plomo	mg/l	32	68	-	0.0015	0.0001	0.0005	0.00030	0.00035	0.00070	0.001
Paladio	mg/l	-	82	18	-	-	-	-	-	-	
Praseodimio	mg/l	11	71	18	0.0001	0.00001	0.0000325	0.00001	0.00001	0.000033	
Potasio	mg/l	100	-	-	0.95	0.18	0.3883	0.2955	0.369	0.42975	
Renio	mg/l	-	84	16	-	-	-	-	-	-	
Rodio	mg/l	-	82	18	-	-	-	-	-	-	
Rubidio	mg/l	84	-	16	0.0016	0.000559	0.000974	0.00091	0.001	0.001005	
Rutenio	mg/l	-	82	18	-	-	-	-	-	-	
Samario	mg/l	11	71	18	0.0007	0.00002	0.000285	0.00002	0.00021	0.000475	
Selenio	mg/l	3	82	15	0.001	-	-	-	-	-	0.001
Silicio	mg/l	84	-	16	12	1.9	6.4439	5.3	6.715	7.935	
Sodio	mg/l	100	-	-	4.5	0.427	2.6438	2.1625	2.825	3.12125	
Talio	mg/l	16	68	16	0.000311	0.00001	0.0001068	0.00001	0.000055	0.000175	
Terbio	mg/l	-	47	53	-	-	-	-	-	-	
Telurio	mg/l	5	79	16	0.001	0.0007	0.00085	0.000775	0.00085	0.00092	
Titanio	mg/l	-	84	16	-	-	-	-	-	-	
Torio	mg/l	-	84	16	-	-	-	-	-	-	
Tulio	mg/l	5	76	18	0.00001	-	-	-	-	-	
Uranio	mg/l	-	84	16	-	-	-	-	-	-	
Vanadio	mg/l	21	63	16	0.0015	0.0002	0.0006246	0.0003	0.0005355	0.00078	
Wolframio	mg/l	3	82	16	0.0004	-	-	-	-	-	
Zirconio	mg/l	13	71	16	0.0002	0.00004	0.000088	0.00005	0.00005	0.0001	
Zinc	mg/l	97	-	3	0.112	0.00005	0.0146	0.003	0.00584	0.0180	0.03



f. QUIP (Quinuahuaycu PMA)

Parámetro	Unidad	Datos [%]	<LC [%]	NA [%]	Max	Min	Media	Percentiles			LMP [mg/l]
								25	50	75	
pH	adim	100	-	-	8.02	4.85	7.075	6.9175	7.195	7.49	
Conductividad	uS/cm	100	-	-	78	14	39.079	30.5	38.85	46.7	
Sólidos disueltos	mg/l	98	-	2	280	7.4	55.070	29.5	51	63.5	
Sólidos suspendidos totales	mg/l	39	-	61	138	1	12.035	2.5	3	5.6	
Sólidos totales	mg/l	98	-	2	418	7.4	59.723	31.5	51	65.5	
Turbiedad	NTU	75	-	25	40.3	1.5	4.428	2	2.51	3.73	
Oxígeno disuelto	%	23	-	77	9	6.6	7.214	6.925	7.1	7.2	
Alcalinidad total como CaCO3	mg/l	77	-	23	28.05	5	18.163	16.0975	18.605	20.36	
Dureza total	mg/l	70	-	30	32.21	8.93	18.509	14.685	18.36	21.68	
Dureza Cálcica	mg/l	70	-	30	21.14	1.98	12.794	10.27	12.37	15.75	
Dureza Magnésica	mg/l	70	-	30	17.87	0.99	5.722	3.17	4	8.76	
Aceites y grasas	mg/l	-	32	68	-	-	-	-	-	-	
Cianuro total	mg/l	-	2	98	-	-	-	-	-	-	
Coliformes fecales	NMP/100ml	9	14	77	230	30	85	37.5	40	87.5	
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	70	-	30	700	0.9	54.43	7	12	44.5	
Coliformes totales	NMP/100ml	70	-	30	4300	12	554.52	74.5	140	460	
DBO	mg/l	57	32	11	8.7	0.1	0.87	0.4	0.6	0.8	
DQO	mg/l	70	-	30	201.19	2	21.232	10	14	20	40
Hidrocarburos totales (TPH)	mg/l	-	23	77	-	-	-	-	-	-	
Nitrógeno orgánico	mg/l	70	-	30	2.66	0.07	0.447	0.24	0.29	0.47	
Nitrógeno total Kjeldahl	mg/l	-	2	98	-	-	-	-	-	-	
Sustancias solubles al Hexano	mg/l	48	2	50	83.6	0.8	11.248	3.2	5	8	
Nitrato	mg/l	23	30	48	0.63	0.01	0.161	0.0225	0.045	0.1175	
Nitrito	mg/l	-	27	73	-	-	-	-	-	-	
Nitrógeno amoniacal	mg/l	45	-	55	0.56	0.05	0.228	0.1	0.215	0.3525	
Bicarbonato	mg/l	77	23	-	34.221	6.1	22.1690	19.639	22.6981	24.84225	
Aluminio	mg/l	80	-	20	0.83	0.015	0.158	0.0458	0.0896	0.17285	0.1
Arsénico	mg/l	14	9	77	0.00314	0.0006	0.0013	0.00093	0.001	0.00104	0.05
Bario	mg/l	30	20	50	0.1391	0.0128	0.0354	0.02	0.0239	0.027	1
Berilio	mg/l	-	23	77	-	-	-	-	-	-	0.1
Boro	mg/l	-	23	77	-	-	-	-	-	-	0.75
Cadmio	mg/l	9	75	16	0.0059	0.0016	0.003	0.0020	0.00248	0.00359	0.001
Calcio	mg/l	70	-	30	8.46	0.792	5.092	4.1080	4.95	6.299	
Cobre	mg/l	55	45	-	0.08	0.0009	0.014	0.0050	0.0083	0.0142	0.005
Cobalto	mg/l	5	18	77	0.00038	0.0001	0.00024	0.00017	0.00024	0.00031	0.2
Cromo	mg/l	9	91	-	0.012	0.00234	0.006	0.0031	0.00445	0.0072	0.032
Hierro	mg/l	82	-	18	2.23	0.3247	0.615	0.4386	0.5385	0.637375	0.3
Magnesio	mg/l	70	-	30	4.35	0.240768	1.392	0.7713	0.9728	2.130	
Manganeso	mg/l	86	-	14	0.2432	0.0047	0.025	0.0111	0.01585	0.029	0.1
Níquel	mg/l	36	48	16	0.0171	0.000220025	0.008	0.0049	0.0065	0.01285	0.025
Plata	mg/l	-	23	77	-	-	-	-	-	-	0.01
Plomo	mg/l	7	64	30	0.0301	0.0188	0.023	0.0201	0.0213	0.0257	0.001
Mercurio	mg/l	-	23	77	-	-	-	-	-	-	0.0002
Potasio	mg/l	61	-	39	1.283	0.1778	0.381	0.26495	0.334	0.396709171	
Selenio	mg/l	-	23	77	-	-	-	-	-	-	0.001
Sodio	mg/l	61	-	39	5.26	0.613	2.538	2.132	2.511	2.981	
Zinc	mg/l	64	36	-	0.2058	0.0004	0.029	0.006625	0.01555	0.0297175	0.03

g. QUI1 (Quebrada Quinuahuaycu 1)

Parámetro	Unidad	Datos [%]	<LC [%]	NA [%]	Max	Min	Media	Percentiles			LMP [mg/l]
								25	50	75	
pH	adim	100	-	-	8.4	6.4	7.45	7.175	7.45	7.8	
Conductividad	uS/cm	100	-	-	75	12	40.58	31	39	50.5	
Sólidos disueltos	mg/l	46	-	54	45	6.4	22.31	15.5	20	27.5	
Sólidos totales	mg/l	46	-	54	45	6.4	22.31	15.5	20	27.5	
Oxígeno disuelto	mg/l	100	-	-	8.9	6.1	7.06	6.8	7.05	7.3	
Oxígeno saturación	%	33	21	46	98.3	68	89.01	88.9	90.35	93.58	
Aceites y grasas	mg/l	-	100	-	-	-	-	-	-	-	
Coliformes fecales	NMP/100ml	38	63	-	230	40	75.56	40	40	90	
Coliformes totales	NMP/100ml	33	-	67	2400	90	1210	392.5	840	2400	
DBO	mg/l	-	46	54	-	-	-	-	-	-	
Aceites y grasas	mg/l	-	100	-	-	-	-	-	-	-	
Coliformes fecales	NMP/100ml	38	63	-	230	40	75.56	40	40	90	
Coliformes totales	NMP/100ml	33	-	67	2400	90	1210	392.5	840	2400	
DBO	mg/l	-	46	54	-	-	-	-	-	-	
Hidrocarburos totales (TPH)	mg/l	-	100	-	-	-	-	-	-	-	
Nitrato	mg/l	8	38	54	0.09	0.06	0.0750	0.0675	0.075	0.0825	
Nitrito	mg/l	-	46	54	-	-	-	-	-	-	
Bicarbonato	mg/l	-	100	-	-	-	-	-	-	-	
Aluminio	mg/l	100	-	-	0.46	0.005	0.1002	0.05	0.09	0.1125	0.1
Arsénico	mg/l	58	42	-	0.0012	0.0006	0.0008	0.000625	0.00075	0.001	0.05
Bario	mg/l	100	-	-	0.032	0.008	0.0213	0.01875	0.023	0.024	1
Berilio	mg/l	-	100	-	-	-	-	-	-	-	0.1
Boro	mg/l	4	96	-	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	0.75
Cobalto	mg/l	8	92	-	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.2
Cadmio	mg/l	4	96	-	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.001
Cobre	mg/l	46	54	-	0.046	0.005	0.0137	0.008	0.012	0.014	0.005
Cromo	mg/l	8	92	-	0.001	0.0002	0.0006	0.0004	0.0006	0.0008	0.032
Arsénico	mg/l	58	42	-	0.0012	0.0006	0.0008	0.000625	0.00075	0.001	0.05
Hierro	mg/l	100	-	-	0.9	0.25	0.4808	0.37	0.435	0.555	0.3
Manganeso	mg/l	100	-	-	0.088	0.0023	0.0191	0.0115	0.016	0.021	0.1
Mercurio	mg/l	4	96	-	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0002
Níquel	mg/l	17	83	-	0.007	0.001	0.0035	0.00175	0.003	0.00475	0.025
Plata	mg/l	4	96	-	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.01
Plomo	mg/l	33	21	46	0.0023	0.0006	0.0011	0.00085	0.0009	0.00115	0.001
Selenio	mg/l	-	100	-	-	-	-	-	-	-	0.001
Zinc	mg/l	50	50	-	0.073	0.008	0.0271	0.0165	0.022	0.026	0.03



h. CALP (Quebrada Calluancay PMA)

Parámetro	Unidad	Datos [%]	<LC [%]	NA [%]	Max	Min	Media	Percentiles			LMP [mg/l]
								25	50	75	
pH	adim	100	-	-	7.8	5.66	6.74	6.19	6.655	7.21	
Conductividad	uS/cm	100	-	-	54	7	18.69	9.8975	13.16	27.25	
Sólidos disueltos	mg/l	97	-	3	62	3.8	30.70	17	32	43	
Sólidos suspendidos	mg/l										
totales		34	-	66	7	1	3.39	1.625	2.5	5	
Sólidos totales	mg/l	100	-	-	67	3.8	31.45	17.75	33	43.5	
Turbiedad	NTU	69	-	31	11	0.96	3.25	1.2675	2.245	4.8225	
Oxígeno disuelto	mg/l	31	-	69	8.9	6.7	7.25	6.85	7.1	7.35	
Alcalinidad total	mg/l										
CaCO3	CaCO3	69	-	31	15.31	2	6.67	4.1325	5.61	8.7625	
Dureza total	mg/l										
CaCO3	CaCO3	69	-	31	17	3.3	8.33	5.41	8.02	10.0525	
Dureza Cálcica	mg/l										
CaCO3	CaCO3	69	-	31	16	1	5.41	2.9025	4.19	7.0375	
Dureza Magnésica	mg/l										
CaCO3	CaCO3	66	-	34	6.79	0.7	3.07	1.01	2.97	4.12	
Aceites y grasas	mg/l	-	41	59	-	-	-	-	-	-	
Coliformes fecales	NMP/100ml	6	25	69	40	40	40.00	40	40	40	
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	66	-	34	90	0.9	19.46	0.9	7.8	33	
Coliformes totales	NMP/100ml	66	-	34	11000	0.5	1232.34	14	46	140	
DBO	mg/l	59	41	-	1	0.1	0.5000	0.3	0.5	0.7	
DQO	mg/l	69	-	31	46	2	14.8182	8	13	21.5	40
Hidrocarburos totales (TPH)	mg/l	-	31	69	-	-	-	-	-	-	
Nitrógeno orgánico	mg/l	66	-	34	1.5	0.07	0.3390	0.14	0.28	0.43	
Nitrógeno total Kjeldahl	mg/l	-	-	100	-	-	-	-	-	-	
Sustancias solubles al Hexano	mg/l	53	-	47	126.8	0.8	11.6529	2	4	6	
Nitrato	mg/l	22	41	38	0.33	0.01	0.0771	0.02	0.04	0.06	
Nitrito	mg/l	-	31	69	-	-	-	-	-	-	
Nitrógeno amoniacal	mg/l	34	-	66	0.56	0.05	0.16364	0.08	0.14	0.175	
Bicarbonato	mg/l	69	31	-	18.6782	2.44	8.15205	5.04165	6.8442	10.690	
Aluminio	mg/l	94	-	6	1.193	0.015	0.2575	0.0851	0.11	0.25795	0.1
Arsénico	mg/l	25	6	69	0.0041	0.0006	0.00178	0.000825	0.00165	0.002175	0.05
Bario	mg/l	38	-	63	0.107	0.004	0.03282	0.01825	0.03	0.037475	1
Berilio	mg/l	-	31	69	-	-	-	-	-	-	0.1
Boro	mg/l	-	31	69	-	-	-	-	-	-	0.75
Cadmio	mg/l	16	81	3	0.007	0.0006	0.0033	0.0025	0.00275	0.00367	0.001
Calcio	mg/l	69	-	31	6.4	0.4	2.1625	1.16	1.675	2.815	
Cobre	mg/l	53	47	-	0.0291	0.0013	0.0102	0.0032	0.0067	0.017	0.005
Cobalto	mg/l	13	19	69	0.0004	0.0001	0.00023	0.000175	0.0002	0.00025	0.2
Cromo	mg/l	6	94	-	0.616	0.0015	0.3088	0.155125	0.30875	0.4623	0.032
Fósforo total	mg/l	34	34	31	0.08	0.01	0.02545	0.015	0.02	0.025	
Hierro	mg/l	94	-	6	1.993	0.1918	0.7372	0.37525	0.70215	0.9237	0.3
Magnesio	mg/l	66	-	34	1.65	0.17024	0.7458	0.2432	0.722304	1	
Manganeso	mg/l	97	-	3	0.0712	0.0005	0.0205	0.0093	0.015	0.03005	0.1
Mercurio	mg/l	3	28	69	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
Níquel	mg/l	50	47	3	0.0176	0.0004	0.0084	0.00415	0.00883	0.0119	0.025
Plata	mg/l	6	25	69	0.0039	0.0003	0.0021	0.0012	0.0021	0.003	0.01
Plomo	mg/l	16	53	31	0.0358	0.0004	0.0198	0.01472	0.0228	0.0251	0.001
Potasio	mg/l	66	-	34	0.9175	0.0757	0.3419	0.2023	0.3092	0.4543	
Selenio	mg/l	-	31	69	-	-	-	-	-	-	0.001
Sodio	mg/l	66	-	34	2.094	0.1488	1.0923	0.7323	0.9993	1.367	
Zinc	mg/l	75	25	-	0.2706	0.0018	0.0340	0.0046	0.011	0.0338	0.03



i. CALV (Quebrada Calluancay Vertedero)

Parámetro	Unidad	Datos [%]	<LC [%]	NA [%]	Max	Min	Media	Percentiles			LMP [mg/l]
								25	50	75	
pH	adim	100	-	-	8.3	5.62	7.08	6.9	7.2	7.35	
Conductividad	uS/cm	100	-	-	70	13	28.69	24	29	32	
Sólidos disueltos	mg/l	97	-	3	68	7.8	21.32	15.6	18	19.65	
Sólidos suspendidos totales	mg/l	31	62	8	20	2	7.04	3.75	5.3311	7.25	
Sólidos totales	mg/l	97	-	3	73	9	23.29	16.4	18.6	20.4	
Sólidos sedimentables	ml/l	5	79	15	0.2	0.1	0.15	0.125	0.15	0.175	
Color real PtCp	APHA	77	-	23	93	7	32.33	13.25	25	44.75	
Color aparente PtCo	APHA	85	-	15	112	12	49.85	30	44	59	
Turbiedad	NTU	49	38	13	13	0.86	4.86	1.925	5	6	
Oxígeno disuelto	mg/l	87	-	13	7.9	6.71	7.35	7.1925	7.3	7.575	
Oxígeno saturación	%	18	67	15	98.5	94.4	97.46	97.45	97.9	98.25	
Alcalinidad total	mg/l CaCO3	100	-	-	20	5.725	10.19	8.416	10	10.96	
Dureza total	mg/l CaCO3	100	-	-	36.96	5.14	9.45	7.41	8.3	10.255	
Dureza Cálcica	mg/l CaCO3	100	-	-	30.75	3.5	7.68	5.55	7.2	8.165	
Dureza Magnésica	mg/l	100	-	-	7.94	0.41	1.76	1.03	1.38	1.685	
Óxido de silicio	mg/l	79	-	21	30	4.68	16.20	13.464	17	19.10	
Aceites y grasas	mg/l	-	85	15	-	-	-	-	-	-	
COD	mg/l	46	38	15	7.1	2	4.128	2.775	3.85	4.95	
COT	mg/l	51	33	15	9.9	2	4.255	2.85	3.7	5	
Cianuro total	mg/l	-	85	15	-	-	-	-	-	-	
Coliformes fecales	NMP/100ml	26	64	10	240	17	73.6	40	44.5	90	
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	-	-	100	-	-	-	-	-	-	
Coliformes totales	NMP/100ml	90	-	10	55000	15	4159.3	230	930	2400	
DBO	mg/l	10	82	8	1.3	0.2	0.9	0.65	1.05	1.3	
DQO	mg/l	64	28	8	42	2	14.36	10	12	16	40
Hidrocarburos totales (TPH)	mg/l	-	87	13	-	-	-	-	-	-	
Nitrógeno orgánico	mg/l	46	49	5	0.8	0.14	0.289	0.2	0.23	0.3	
Nitrógeno total Kjeldahl	mg/l	31	56	13	2	0.2	0.4275	0.2	0.3	0.325	
Sustancias solubles al Hexano	mg/l	36	-	64	27.33	0.67	7.5593	2.3	3.8	10.325	
Cloruro	mg/l	28	59	13	0.429	0.0081	0.140	0.083	0.121	0.164	
Fluoruro	mg/l	31	54	15	0.19	0.03	0.101	0.08125	0.095	0.124	
Fosfato	mg/l	5	79	15	0.4	0.398	0.399	0.3985	0.399	0.3995	
Sulfato	mg/l	95	-	5	11.944	0.5	3.977	2.3	3.6	5.13	
Nitrato	mg/l	13	26	62	0.84	0.011	0.256	0.07	0.18	0.18	
Nitrato como nitrógeno	mg/l	31	54	15	0.19	0.02777	0.064	0.04	0.0492	0.0693	
Nitrito	mg/l	5	85	10	0.13	0.07	0.1	0.085	0.1	0.115	
Nitrógeno amoniacal	mg/l	13	-	87	0.35	0.09	0.188	0.12	0.17	0.21	
Bicarbonato	mg/l	100	-	-	24.4	7	12.4426	10.2776	12	13.3	
Aluminio	mg/l	97	-	3	0.427	0.04	0.1128	0.071125	0.0939	0.1315	0.1
Antimonio	mg/l	8	77	15	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	
Arsénico	mg/l	31	54	15	0.00457	0.001	0.0014	0.001	0.001	0.00128	0.05
Azufre	mg/l	38	46	15	4.11	1	1.8067	1.02	1.47	2.265	
Bario	mg/l	92	-	8	0.054	0.004	0.0337	0.029	0.03705	0.0405	1
Berilio	mg/l	3	82	15	0.0001	-	-	-	-	-	0.1
Boro	mg/l	-	85	15	-	-	-	-	-	-	0.75
Bismuto	mg/l	-	31	69	-	-	-	-	-	-	
Bromo	mg/l	-	82	18	-	-	-	-	-	-	
Cadmio	mg/l	10	87	3	0.0051	0.00006	0.0018	0.00039	0.001	0.0024	0.001
Calcio	mg/l	100	-	-	12.3	1.4	3.0726	2.22	2.88	3.26557	
Cesio	mg/l	54	31	15	0.0014	0.0001	0.00019	0.0001	0.00011	0.000161	
Cerio	mg/l	41	41	18	0.0003	0.00003	0.00014	0.0001	0.000115	0.0002	
Cobre	mg/l	100	-	-	0.0367	0.0001	0.0035	0.00097	0.00121	0.002	0.005
Cobalto	mg/l	23	62	15	0.000533	0.00003	0.00022	0.0001	0.0001	0.000321	0.2
Cromo	mg/l	13	87	-	0.0047	0.00057	0.0017	0.001	0.001	0.001	0.032



Continuación CALV

Parámetro	Unidad	Datos	<LC	NA	Max	Min	Media	Percentiles			LMP
			[%]	[%]				[%]	25	50	
Disproso	mg/l	15	67	18	0.0003	0.00001	0.000075	0.00001	0.000015	0.00008	
Erbio	mg/l	13	69	18	0.00012	0.00001	0.00005	0.00001	0.00001	0.0001	
Europio	mg/l	10	72	18	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	
Escandio	mg/l	15	15	69	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	
Estaño	mg/l	3	82	15	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	
Estroncio	mg/l	85	-	15	0.129	0.0241	0.04555	0.04	0.046	0.0499	
Fósforo	mg/l										
total		10	3	87	0.04	0.01	0.0275	0.025	0.03	0.0325	
Galio	mg/l	62	21	18	0.00432	0.00124	0.0022	0.00175	0.00199	0.003	
Gadolinio	mg/l	18	64	18	0.0005	0.00001	0.0001	0.00002	0.00002	0.00011	
Germanio	mg/l	5	77	18	0.001	-	-	-	-	-	
Hafnio	mg/l	-	82	18	-	-	-	-	-	-	
Hierro	mg/l	97	-	3	1.111	0.13	0.3249	0.24175	0.285	0.3981	0.3
Holmio	mg/l	-	31	69	-	-	-	-	-	-	
Indio	mg/l	-	31	69	-	-	-	-	-	-	
Iridio	mg/l	-	82	18	-	-	-	-	-	-	
Iterbio	mg/l	18	64	18	0.000155	0.00001	5.68571E-05	0.00001	0.00001	0.0001015	
Itrio	mg/l	15	15	69	0.00009	0.00003	0.00006	0.000035	0.00006	0.000085	
Lantano	mg/l	26	59	15	0.0002	0.00001	0.000072	0.000035	0.00005	0.0001	
Litio	mg/l	31	54	15	0.01	0.0002	0.002228333	0.000375	0.0005	0.00192	
Lutecio	mg/l	8	74	18	0.0004	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.00025	
Magnesio	mg/l	100	-	-	1.931008	0.1	0.4290	0.247884	0.336	0.41	
Manganeso	mg/l	92	-	8	0.108	0.0009	0.0148	0.008165	0.0118	0.0147	0.1
Mercurio	mg/l	8	77	15	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
Molibdeno	mg/l	5	79	15	0.0002	0.0001	0.00015	0.000125	0.00015	0.000175	
Neodimio	mg/l	33	49	18	0.0004	0.00003	0.000141692	0.00009	0.00011	0.00017	
Niobio	mg/l	10	72	18	0.0001	0.00001	0.0000325	0.00001	0.00001	0.0000325	
Níquel	mg/l	33	64	3	0.0073	0.000217	0.0009	0.000245	0.00027	0.00060	0.025
Oro	mg/l	-	82	18	-	-	-	-	-	-	
Osmio	mg/l	5	77	18	0.005	0.001	0.003	0.002	0.003	0.004	
Plata	mg/l	3	82	15	0.000675	0.000675	0.000675	0.000675	0.000675	0.000675	0.01
Platino	mg/l	3	79	18	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	
Paladio	mg/l	-	82	18	-	-	-	-	-	-	
Praseodimio	mg/l	15	67	18	0.0001	0.00001	3.33333E-05	0.00002	0.00002	0.0000275	
Plomo	mg/l	77	23	-	0.0265	0.0001	0.0021	0.00048	0.00095	0.00136	0.001
Potasio	mg/l	100	-	-	3.24	0.19071	0.679	0.5175	0.569	0.675	
Renio	mg/l	3	82	15	0.0001	-	-	-	-	-	
Rodio	mg/l	-	82	18	-	-	-	-	-	-	
Rubidio	mg/l	85	-	15	0.0059	0.00053	0.00177	0.00158	0.00169	0.002	
Rutenio	mg/l	-	82	18	-	-	-	-	-	-	
Samario	mg/l	13	69	18	0.0007	0.00002	0.000252	0.00002	0.00002	0.0005	
Selenio	mg/l	-	85	15	-	-	-	-	-	-	0.001
Silicio	mg/l	85	-	15	14	2.19	7.63550	6.39	7.9	8.96	
Sodio	mg/l	95	-	5	5.7	1.03	2.400	1.93	2.35	2.703	
Talio	mg/l	23	62	15	0.0003	0.00003	0.00010	0.00007	0.00007	0.0001	
Terbio	mg/l	-	31	69	-	-	-	-	-	-	
Telurio	mg/l	5	79	15	0.001	0.0008	0.0009	0.00085	0.0009	0.00095	
Titanio	mg/l	-	85	15	-	-	-	-	-	-	
Torio	mg/l	-	85	15	-	-	-	-	-	-	
Tulio	mg/l	13	69	18	0.0001	0.00003	0.000064	0.00005	0.00007	0.00007	
Uranio	mg/l	-	85	15	-	-	-	-	-	-	
Vanadio	mg/l	21	64	15	0.00132	0.0004	0.00070025	0.0005	0.0006	0.0008115	
Wolframio	mg/l	3	82	15	0.0005	-	-	-	-	-	
Zirconio	mg/l	15	69	15	0.0002	0.00004	9.66667E-05	0.000055	0.0001	0.0001	
Zinc	mg/l	100	-	-	0.23	0.00005	0.024	0.00755	0.012	0.024	0.03



j. JOR (Jordanita)

Parámetro	Unidad	Datos [%]	<LC [%]	NA [%]	Max	Min	Media	Percentiles			LMP [mg/l]
								25	50	75	
pH	adim	100	-	-	7.8	4.01	6.194	5.925	6.3	6.5	
Conductividad	uS/cm	100	-	-	85	9	23.921	18.25	22	26	
Sólidos disueltos	mg/l	97	-	3	62	6	16.270	11	13.2	16	
Sólidos suspendidos totales	mg/l	42	58	-	8.612	1	5.126	3.75	5.314	6.549	
Sólidos totales	mg/l	100	-	-	66	6	19.264	12	14.700	21.102	
Sólidos sedimentables	ml/l	8	84	8	0.3	0.1	0.167	0.1	0.1	0.2	
Color real PtCp	APHA	61	21	18	86	6	31.783	14	27	43.5	
Color aparente	APHA	95	-	5	113	39	58.944	45.75	52	63.5	
Turbiedad	NTU	68	18	13	8	1.29	4.286	2.86	4.855	5	
Oxígeno disuelto	mg/l	92	-	8	8.3	6.6	7.268	7.08	7.2	7.4	
Oxígeno saturación	%	39	50	11	99.9	94.1	97.413	96.05	97.90	98.70	
Alcalinidad total	mg/l	53	42	5	12.0782	3	5.015	3.6	4.22	5.52	
Dureza total	CaCO3	100	-	-	19.42	2.69	6.832	5.2475	6.115	7.885	
Dureza Cálcica	CaCO3	100	-	-	8.15	1.83	4.603	3.8125	4.5	5.5125	
Dureza Magnésica	CaCO3	100	-	-	14.07	0.45	2.188	1.315	1.555	1.9425	
Óxido de silicio	mg/l	84	-	16	32	0.01	16.294	13.3915	16.9161	20.38	
Aceites y grasas	mg/l	3	89	8	1.3	-	-	-	-	-	
COD	mg/l	50	39	11	8	2	4.07	2.6	3.6	5.45	
COT	mg/l	58	32	11	8	2	4.3	3	3.65	5.875	
Cianuro total	mg/l	-	89	11	-	-	-	-	-	-	
Coliformes fecales	NMP/100ml	24	68	8	230	2	55.33	40	40	40	
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	-	-	100	-	-	-	-	-	-	
Coliformes totales	NMP/100ml	92	-	8	24000	4.5	1942.557	180	430	930	
DBO	mg/l	29	66	5	1.2	0.4	0.664	0.5	0.6	0.8	
DQO	mg/l	71	26	3	29	4	13.037	8.5	12	16	40
Hidrocarburos totales (TPH)	mg/l	3	92	5	1.2	-	-	-	-	-	
Nitrógeno orgánico	mg/l	47	50	3	1.9	0.07	0.3622	0.2	0.215	0.3	
Nitrógeno total Kjeldahl	mg/l	45	53	3	1.9	0.07	0.3641	0.2	0.2	0.3	
Sustancias solubles al Hexano	mg/l	32	-	68	14.67	2	7.0225	3.1	5.6	10	
Cloruro	mg/l	39	55	5	0.89	0.0081	0.27014	0.105	0.161	0.3815	
Fluoruro	mg/l	32	58	11	0.51	0.03	0.16183	0.07675	0.1205	0.14725	
Fosfato	mg/l	11	79	11	0.58	0.23	0.4275	0.365	0.45	0.5125	
Sulfato	mg/l	100	-	-	27.3	0.5	6.8529	3.235	6.021	8.7155	
Nitrato	mg/l	16	26	58	0.27	0.01	0.125	0.0275	0.115	0.21	
Nitrato como nitrógeno	mg/l	34	55	11	0.0621	0.0300	0.0469	0.0404	0.0479	0.05	
Nitrito	mg/l	3	97	-	0.07	-	-	-	-	-	
Nitrógeno amoniacal	mg/l	18	-	82	0.44	0.06	0.1814	0.07	0.14	0.245	
Bicarbonato	mg/l	53	47	-	14.7	3	6.0885	4.4	5.2	6.625	
Aluminio	mg/l	100	-	-	1.034	0.047	0.21664	0.14	0.1805	0.21825	0.1
Antimonio	mg/l	21	68	11	0.0011	0.0002	0.00035	0.0002	0.00025	0.0003	
Arsénico	mg/l	55	34	11	0.00443	0.0002	0.0022	0.0014	0.002	0.00299	0.05
Azufre	mg/l	61	29	11	5	1	2.4061	1.44	2	3.24	
Bario	mg/l	89	-	11	0.035	0.011	0.0239	0.02025	0.02445	0.027	1
Berilio	mg/l	-	89	11	-	-	-	-	-	-	0.1
Boro	mg/l	-	89	11	-	-	-	-	-	-	0.75
Bismuto	mg/l	-	34	66	-	-	-	-	-	-	
Bromo	mg/l	-	87	13	-	-	-	-	-	-	
Cadmio	mg/l	42	58	-	0.0032	0.00008	0.00048	0.0001	0.00019	0.000313	0.001
Calcio	mg/l	100	-	-	3.26	0.73	1.84060	1.525	1.8	2.205	
Cesio	mg/l	71	18	11	0.00043	0.0001	0.000249	0.0002	0.00026	0.0003	
Cerio	mg/l	26	61	13	0.00019	0.00002	0.000095	0.0001	0.0001	0.0001	



Continuación JOR

Parámetro	Unidad	Datos [%]	<LC [%]	NA [%]	Max	Min	Media	Percentiles			LMP [mg/l]
								25	50	75	
Cobalto	mg/l	61	29	11	0.000825	0.00003	0.000379	0.0002	0.000378	0.000593	0.2
Cobre	mg/l	74	26	-	0.0194	0.000255	0.00334	0.00048	0.001	0.0031175	0.005
Cromo	mg/l	8	92	-	0.002	0.0005	0.001125	0.0007	0.000875	0.0014375	0.032
Disprobio	mg/l	16	71	13	0.0003	0.00001	6.167E-05	0.00001	0.000015	0.00002	
Erbio	mg/l	13	74	13	0.00012	0.00001	0.00005	0.00001	0.00001	0.0001	
Europio	mg/l	11	76	13	0.000127	0.00001	0.000039	0.00001	0.00001	0.000039	
Escandio	mg/l	16	18	66	0.002	0.001	0.0018	0.002	0.002	0.002	
Estaño	mg/l	5	84	11	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	
Estroncio	mg/l	89	-	11	0.0387	0.016	0.027	0.0259	0.029	0.03	
Fósforo total	mg/l	8	-	92	0.24	0.02	0.0966	0.025	0.03	0.135	
Galio	mg/l	66	21	13	0.00348	0.000756	0.0014932	0.00108	0.00135	0.002	
Gadolinio	mg/l	18	68	13	0.0004	0.00001	8.281E-05	0.000015	0.00002	0.00006	
Germanio	mg/l	8	79	13	0.0009	0.0005	0.00073	0.00065	0.0008	0.00085	
Hafnio	mg/l	-	87	13	-	-	-	-	-	-	
Hierro	mg/l	100	-	-	1.925	0.19	0.73179	0.46025	0.60345	0.9247	0.3
Holmio	mg/l	-	34	66	-	-	-	-	-	-	
Indio	mg/l	-	34	66	-	-	-	-	-	-	
Iridio	mg/l	-	87	13	-	-	-	-	-	-	
Iterbio	mg/l	16	71	13	0.0002	0.00001	6.83E-05	0.00001	0.00001	0.00013	
Itrio	mg/l	13	21	66	0.00008	0.00003	0.000056	0.00003	0.00007	0.00007	
Lantano	mg/l	13	76	11	0.0001	0.00001	0.000038	0.00002	0.00002	0.00004	
Litio	mg/l	37	53	11	0.01	0.0003	0.00210	0.00045	0.001045	0.0017425	
Lutecio	mg/l	8	79	13	0.0005	0.0001	0.00027	0.00015	0.0002	0.00035	
Magnesio	mg/l	100	-	-	3.069184	0.025	0.44260	0.2745	0.3695	0.46	
Manganeso	mg/l	92	-	8	0.22	0.001	0.02775	0.0177	0.0208	0.0281	0.1
Mercurio	mg/l	5	84	11	0.000104	0.0001	0.000102	0.000101	0.000102	0.000103	0.0002
Molibdeno	mg/l	11	79	11	0.0012	0.0002	0.00062	0.000275	0.00054	0.00088	
Neodimio	mg/l	32	55	13	0.0002	0.00002	9.333E-05	0.00009	0.0001	0.0001025	
Niobio	mg/l	13	74	13	0.0001	0.00001	0.00003	0.00001	0.00001	0.00002	
Níquel	mg/l	53	47	-	0.0226	0.0002	0.00242	0.0002665	0.0003755	0.00045	0.025
Oro	mg/l	-	87	13	-	-	-	-	-	-	
Osmio	mg/l	5	82	13	0.009	0.0007	0.00485	0.002775	0.00485	0.006925	
Plata	mg/l	5	84	11	0.000632	0.000256	0.000444	0.00035	0.000444	0.000538	0.01
Platino	mg/l	3	84	13	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	
Paladio	mg/l	-	87	13	-	-	-	-	-	-	
Praseodimio	mg/l	13	74	13	0.0001	0.00001	0.00003	0.00001	0.00001	0.00002	
Plomo	mg/l	100	-	-	0.00758	0.00005	0.00259	0.0014	0.0021	0.00325	0.001
Potasio	mg/l	100	-	-	1	0.025	0.4391	0.368175	0.43535	0.4845	
Renio	mg/l	3	87	11	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	
Rodio	mg/l	-	87	13	-	-	-	-	-	-	
Rubidio	mg/l	89	-	11	0.002	0.000637	0.00114	0.001	0.001	0.00129	
Rutenio	mg/l	-	87	13	-	-	-	-	-	-	
Samario	mg/l	13	74	13	0.0006	0.00002	0.000212	0.00002	0.00002	0.0004	
Selenio	mg/l	5	84	11	0.001	-	-	-	-	-	0.001
Silicio	mg/l	89	-	11	15	0.005	7.6411	6.425	7.885	9.3525	
Sodio	mg/l	100	-	-	4	0.611	1.5216	1.3	1.535	1.71425	
Talio	mg/l	89	-	11	0.00206	0.000005	0.000749	0.0003325	0.000733	0.00102	
Terbio	mg/l	-	34	66	-	-	-	-	-	-	
Telurio	mg/l	3	87	11	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	
Titanio	mg/l	-	89	11	-	-	-	-	-	-	
Torio	mg/l	-	89	11	-	-	-	-	-	-	
Tulio	mg/l	13	74	13	0.0006	0.00001	0.000304	0.0001	0.00031	0.0005	
Uranio	mg/l	-	89	11	-	-	-	-	-	-	
Vanadio	mg/l	21	68	11	0.00313	0.0002	0.00082	0.0002	0.0005345	0.00085	
Wolframio	mg/l	8	82	11	0.0006	0.00003	0.00028	0.000115	0.0002	0.0004	
Zirconio	mg/l	16	74	11	0.0005	0.00005	0.00018	0.00007	0.000125	0.0001875	
Zinc	mg/l	100	-	-	0.3023	0.00668	0.0410	0.01575	0.02395	0.045625	0.03



k. ALU (Alumbre)

Parámetro	Unidad	Datos [%]	<LC [%]	NA [%]	Max	Min	Media	Percentiles			LMP [mg/l]
								25	50	75	
pH	adim	100	-	-	5.5	3.01	4.338	3.9	4.25	4.7	
Conductividad	uS/cm	100	-	-	152	25	77.350	48.175	68.5	107.4	
Sólidos disueltos	mg/l	95	-	5	91.2	15	47.650	29	42.3	65.55	
Sólidos suspendidos totales	mg/l	97	-	3	177.157	2.5	14.524	5	7	11	
Sólidos totales	mg/l	95	-	5	198.157	31.6	62.117	38.75	55.75	75.875	
Sólidos sedimentables	ml/l	13	71	16	0.286	0.1	0.177	0.1	0.2	0.2	
Color real PtCp	APHA	45	34	21	39	5	14.765	8	13	16	
Color aparente PtCo	APHA	92	5	3	413	13	75.657	38.5	59	92	
Turbiedad	NTU	92	-	8	105	1	12.293	4.375	6	11.5	
Oxígeno disuelto	mg/l	92	-	8	8.5	6.8	7.456	7.17	7.5	7.65	
Oxígeno saturación	%	21	66	13	100	95.3	96.9	95.55	96.4	97.975	
Alcalinidad total	mg/l CaCO3	8	87	5	1.04	0.99	1.01	0.995	1	1.02	
Dureza total	mg/l CaCO3	100	-	-	32.12	6.11	11.664	9.6375	11.06	12.393	
Dureza Cálcica	mg/l CaCO3	100	-	-	22.25	3	8.956	6.9475	9	9.8675	
Dureza Magnésica	mg/l CaCO3	95	-	5	12.06	0.58	2.851	1.645	1.83	2.0925	
Oxido de silicio	mg/l	82	-	18	39	0.02	21.800	19	23.95	25.34	
Aceites y grasas	mg/l	3	82	16	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
COD	mg/l	24	61	16	4.5	1.7	2.889	2.5	2.7	3	
COT	mg/l	29	55	16	5.8	2.2	3.982	3.15	3.9	5	
Cianuro total	mg/l	3	87	11	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
Coliformes fecales	NMP/100ml	16	74	11	90	1	41	13.75	40	62.5	
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	-	-	100	-	-	-	-	-	-	
Coliformes totales	NMP/100ml	84	5	11	110000	40	6371.66	150	430	930	
DBO	mg/l	24	68	8	1.9	0.4	0.83	0.6	0.7	0.8	
DQO	mg/l	50	45	5	21	5	11.32	7	10	16	40
Hidrocarburos totales (TPH)	mg/l	8	87	5	1.5	0.2	0.7	0.3	0.4	0.95	
Nitrógeno orgánico	mg/l	42	50	8	0.7	0.15	0.41125	0.215	0.4	0.6	
Nitrógeno total Kjeldahl	mg/l	39	55	5	2.1	0.14	0.54933	0.325	0.5	0.6	
Sustancias solubles al Hexano	mg/l	29	3	68	18.8	1.5	6.55455	4.2	4.8	7.9	
Cloruro	mg/l	29	66	5	1.981	0.07	0.41027	0.102	0.146	0.361	
Fluoruro	mg/l	32	53	16	1.457	0.06	0.24408	0.08875	0.1455	0.2	
Fosfato	mg/l	-	84	16	-	-	-	-	-	-	
Sulfato	mg/l	100	-	-	43.524	10.405	22.543	15.112	21.0635	27.896	
Nitrato	mg/l	16	26	58	0.64	0.06	0.318	0.203	0.315	0.39	
Nitrato como nitrógeno	mg/l	11	76	13	0.1	0.04	0.0725	0.055	0.075	0.0925	
Nitrito	mg/l	-	100	-	-	-	-	-	-	-	
Nitrógeno amoniacal	mg/l	8	3	89	0.44	0.14	0.29	0.215	0.29	0.365	
Bicarbonato	mg/l	3	97	-	1.2688	1.2688	1.2688	1.2688	1.2688	1.2688	
Aluminio	mg/l	97	-	3	1.45	0.04	0.67279	0.456	0.652	0.81	0.1
Antimonio	mg/l	21	63	16	0.0006	0.0001	0.00024	0.0001	0.0002	0.00033	
Arsénico	mg/l	84	-	16	0.0665	0.00025	0.0203	0.00500	0.02207	0.02903	0.05
Azufre	mg/l	84	-	16	13.8	1	6.70775	4.35859	6.705	9.515	
Bario	mg/l	84	-	16	0.0545	0.0184	0.03542	0.029225	0.03355	0.04025	1
Berilio	mg/l	11	74	16	0.0002	0.0001	0.000125	0.0001	0.0001	0.000125	0.1
Boro	mg/l	3	82	16	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.75
Bismuto	mg/l	-	29	71	-	-	-	-	-	-	
Bromo	mg/l	5	76	18	0.007	0.006	0.0065	0.00625	0.0065	0.00675	
Calcio	mg/l	100	-	-	8.9	1.2	3.58183	2.7775	3.6	3.94525	
Cadmio	mg/l	100	-	-	0.015	0.000025	0.00243	0.001	0.00146	0.002	0.001



Continuación ALU

Parámetro	Unidad	Datos [%]	<LC [%]	NA [%]	Max	Min	Media	Percentiles			LMP [mg/l]
								25	50	75	
Cesio	mg/l	84	-	16	0.0021	0.0006	0.001240	0.0009	0.00123	0.0014175	
Cerio	mg/l	82	-	18	0.000841	0.00004	0.000366	0.000205	0.00035	0.00049	
Cobalto	mg/l	84	-	16	0.00591	0.000025	0.002346	0.001475	0.002495	0.003	0.2
Cobre	mg/l	82	16	3	0.022	0.000477	0.00350	0.001215	0.00268	0.004	0.005
Cromo	mg/l	16	82	3	0.008	0.000516	0.00330	0.001	0.002	0.006	0.032
Disprosio	mg/l	29	53	18	0.00422	0.00001	0.000645	0.00004	0.000101	0.0006	
Erbio	mg/l	13	68	18	0.000131	0.00001	0.0000402	0.00002	0.00002	0.00002	
Europio	mg/l	16	66	18	0.000288	0.00002	9.13E-05	0.00002	0.00006	0.0001	
Escandio	mg/l	13	16	71	0.004	0.002	0.0032	0.003	0.003	0.004	
Estaño	mg/l	11	74	16	0.00225	0.0001	0.0011775	0.00082	0.00118	0.0015375	
Estroncio	mg/l	84	-	16	0.11	0.034	0.0568	0.045625	0.0588	0.062125	
Fósforo total	mg/l	11	-	89	0.17	0.01	0.0825	0.025	0.075	0.1325	
Galio	mg/l	63	18	18	0.0048	0.00126	0.0022	0.0017	0.002	0.0024	
Gadolinio	mg/l	37	45	18	0.0002	0.00002	0.0001	0.0001	0.000105	0.0001	
Germanio	mg/l	8	74	18	0.001	0.0001	0.0004	0.0001	0.0001	0.00055	
Hafnio	mg/l	3	79	18	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	
Hierro	mg/l	100	-	-	4.53	0.07	1.39240	0.34075	1.255	2.1025	0.3
Holmio	mg/l	5	24	71	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	
Indio	mg/l	-	29	71	-	-	-	-	-	-	
Iridio	mg/l	-	82	18	-	-	-	-	-	-	
Iterbio	mg/l	16	66	18	0.000444	0.00001	0.000122	0.000023	0.000065	0.000121	
Itrio	mg/l	13	16	71	0.00028	0.00007	0.000164	0.00008	0.00019	0.0002	
Lantano	mg/l	63	21	16	0.000516	0.00002	0.000172	0.0001	0.000146	0.000224	
Litio	mg/l	63	21	16	0.01	0.001	0.002269	0.0013875	0.001735	0.00211	
Lutecio	mg/l	5	76	18	0.0002	0.0001	0.00015	0.000125	0.00015	0.000175	
Magnesio	mg/l	100	-	-	2.65	0.025	0.61202	0.388	0.445	0.5155	
Manganeso	mg/l	84	-	16	0.596	0.004	0.22739	0.13625	0.217	0.2845	0.1
Mercurio	mg/l	5	82	13	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
Molibdeno	mg/l	16	68	16	0.0021	0.0001	0.00083	0.000	0.0007	0.001175	
Neodimio	mg/l	82	-	18	0.000622	0.00005	0.000299907	0.0001915	0.00029	0.000415	
Niobio	mg/l	5	76	18	0.00002	0.00001	0.000015	0.0000125	0.000015	0.0000175	
Níquel	mg/l	74	26	-	0.00972	0.0003	0.00175	0.001	0.001105	0.001645	0.025
Oro	mg/l	-	82	18	-	-	-	-	-	-	
Osmio	mg/l	3	79	18	0.0005	-	-	-	-	-	
Plata	mg/l	3	82	16	0.000633	-	-	-	-	-	0.01
Platino	mg/l	-	82	18	-	-	-	-	-	-	
Plomo	mg/l	95	5	-	0.00804	0.0001	0.00454	0.00349	0.005	0.006	0.001
Paladio	mg/l	-	82	18	-	-	-	-	-	-	
Praseodimio	mg/l	29	53	18	0.0002	0.00001	9.79091E-05	0.00005	0.000109	0.000134	
Potasio	mg/l	100	-	-	2.6	0.025	0.63716	0.503	0.579	0.66075	
Renio	mg/l	-	84	16	-	-	-	-	-	-	
Rodio	mg/l	3	79	18	0.00012	-	-	-	-	-	
Rubidio	mg/l	84	-	16	0.009	0.001913	0.00310	0.00254	0.002915	0.0030525	
Rutenio	mg/l	-	82	18	-	-	-	-	-	-	
Samario	mg/l	16	66	18	0.0005	0.00004	0.000182	0.0000475	0.000135	0.0002315	
Selenio	mg/l	-	87	13	-	-	-	-	-	-	0.001
Silicio	mg/l	84	-	16	18.5	0.005	10.2470	8.975	11	12	
Sodio	mg/l	100	-	-	7.1	0.742	2.08253	1.5925	1.84	2.33	
Talio	mg/l	84	-	16	0.00247	0.00005	0.0011	0.000776475	0.001095	0.0014075	
Terbio	mg/l	-	29	71	-	-	-	-	-	-	
Telurio	mg/l	3	82	16	0.0006	-	-	-	-	-	
Titanio	mg/l	3	82	16	0.016	-	-	-	-	-	
Torio	mg/l	-	84	16	-	-	-	-	-	-	
Tulio	mg/l	11	71	18	0.00104	0.00001	0.0004875	0.0000775	0.00045	0.00086	
Uranio	mg/l	-	82	18	-	-	-	-	-	-	
Vanadio	mg/l	53	32	16	0.0189	0.0002	0.00195865	0.0007445	0.001	0.0011425	
Wolframio	mg/l	5	79	16	0.0002	0.00004	0.00012	0.00008	0.00012	0.00016	
Zirconio	mg/l	13	71	16	0.0006	0.00003	0.000186	0.00008	0.0001	0.00012	
Zinc	mg/l	100	-	-	1.01	0.008	0.40239	0.267	0.357	0.497	0.03



I. CSG (Canal de San Gerardo)

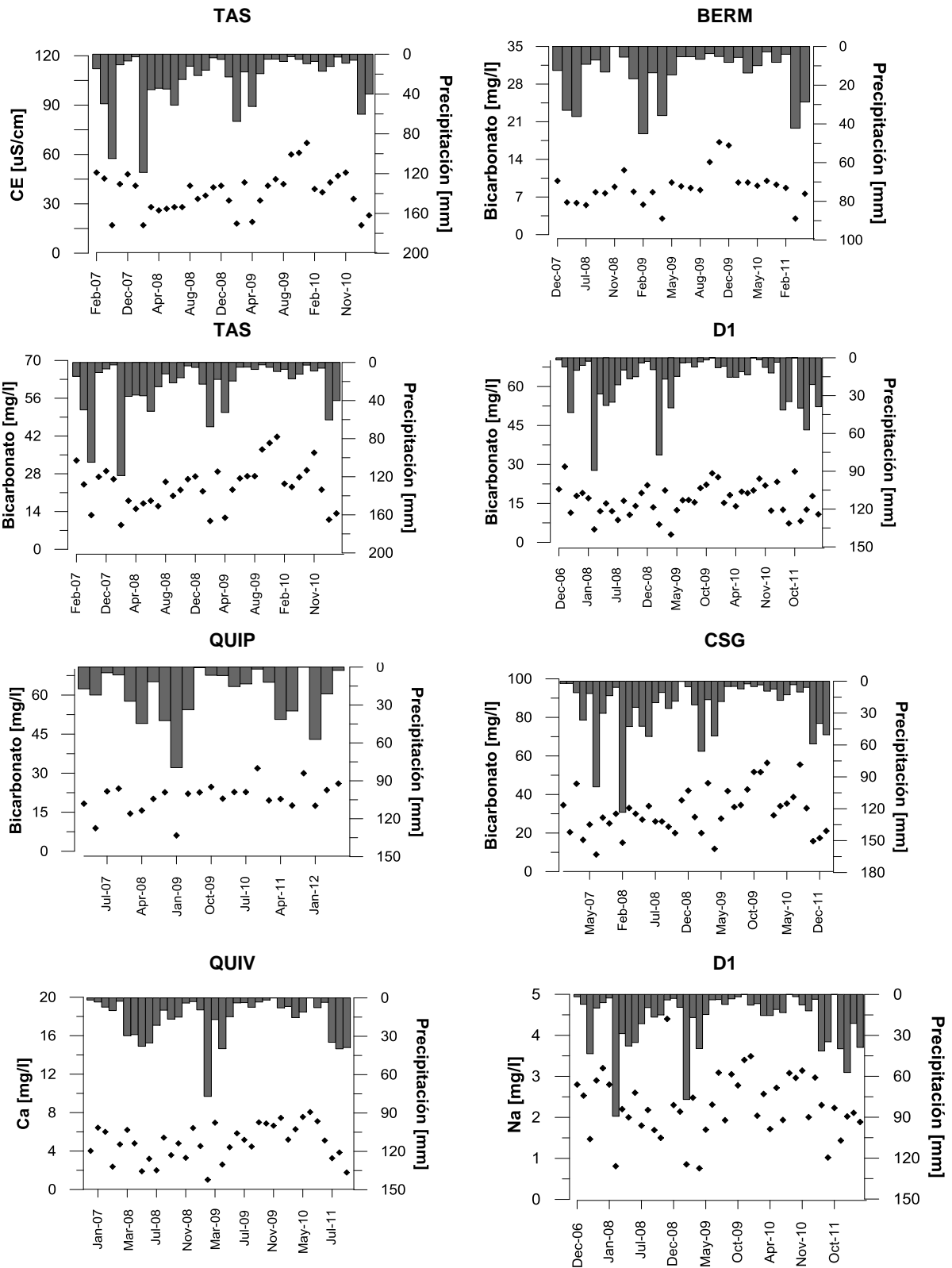
Parámetro	Unidad	Datos [%]	<LC [%]	NA [%]	Max	Min	Media	Percentiles			LMP [mg/l]
								25	50	75	
pH	adim	100	-	-	8.1	5.94	7.36	7.2	7.47	7.6	
Conductividad	uS/cm	100	-	-	136	15	48.61	35	45	55	
Sólidos disueltos	mg/l	95	-	5	82	11.4	33.30	24.5	32	38.5	
Sólidos suspendidos totales	mg/l	17	76	7	6.306	2	3.47	2	3	4.5	
Sólidos sedimentables	mg/l	95	-	5	83	11.4	34.81	26	32.4	39	
Sólidos totales	ml/l	2	83	15	-	-	-	-	-	-	
Color real PtCp	APHA	76	-	24	95	14	45.65	23	43	61	
Color aparente	APHA	95	-	5	111	23	57.87	35.5	52	77	
PtCo	NTU	56	32	12	14	0.75	3.78	1.105	2.95	4.5	
Turbiedad	mg/l	90	-	10	8.1	6.7	7.33	7.13	7.32	7.51	
Oxígeno disuelto	%	32	54	15	100	91.9	97.36	96.7	98.7	99.3	
Oxígeno saturación	mg/l	100	-	-	46.30	7.27	25.42	19	25	30	
Alcalinidad total	CaCO3	100	-	-	46.30	7.27	25.42	19	25	30	
Dureza total	mg/l	100	-	-	32.76	3.96	16.83	11.79	16	20.65	
Dureza Cálctica	CaCO3	100	-	-	27.25	3.96	13.37	8.75	12.63	16.58	
Dureza Magnésica	mg/l	98	-	2	6.54	1.05	3.233	2.325	3.13	3.895	
Óxido de silicio	CaCO3	80	-	20	62	0.02	26.83	19.68	27.80	35	
Aceites y grasas	mg/l	-	88	12	-	-	-	-	-	-	
COD	mg/l	54	29	17	8.1	2	4.73	3	4.8	6.525	
COT	mg/l	63	20	17	8.1	2	4.57	2.925	4.5	6.125	
Cianuro total	mg/l	-	88	12	-	-	-	-	-	-	
Coliformes fecales	NMP/100ml	29	61	10	280	1	80	40	90	90	
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	-	-	100	-	-	-	-	-	-	
Coliformes totales	NMP/100ml	90	-	10	55000	23	6655.49	930	2400	4600	
DBO	mg/l	32	61	7	4	0.3	1.07	0.6	0.7	1.3	
DQO	mg/l	68	24	7	39	5	16.29	8	15	23	40
Hidrocarburos totales (TPH)	mg/l	2	93	5	0.3	-	-	-	-	-	
Nitrógeno orgánico	mg/l	49	44	7	1.7	0.07	0.311	0.19	0.2	0.3	
Nitrógeno total Kjeldahl	mg/l	34	56	10	1.7	0.14	0.3493	0.2	0.2	0.3	
Sustancias solubles al Hexano	mg/l	32	-	68	26	0.8	7.7815	3.33	6.33	8	
Cloruro	mg/l	44	54	2	2.2	0.0073	0.366	0.10625	0.1725	0.4375	
Fluoruro	mg/l	24	59	17	0.29	0.03	0.108	0.07425	0.095	0.12425	
Fosfato	mg/l	17	66	17	0.4	0.07	0.243	0.18	0.2	0.335	
Sulfato	mg/l	63	34	2	3	0.12	0.488	0.162	0.3065	0.45125	
Nitrato	mg/l	20	24	56	0.64	0.011	0.175	0.0195	0.11	0.2325	
Nitrato como nitrógeno	mg/l	15	71	15	0.06	0.0357	0.046	0.0398	0.045	0.0522	
Nitrito	mg/l	2	95	2	-	-	-	-	-	-	
Nitrógeno amoniacal	mg/l	12	-	88	0.44	0.07	0.186	0.09	0.12	0.21	
Bicarbonato	mg/l	100	-	-	56.4	8.8694	31.026	23.3	30	37	
Aluminio	mg/l	98	-	2	0.1496	0.0005	0.0467	0.027375	0.0379	0.0582	0.1
Antimonio	mg/l	7	76	17	0.0036	0.0002	0.0015	0.000475	0.00075	0.002175	
Arsénico	mg/l	-	83	17	-	-	-	-	-	-	0.05
Azufre	mg/l	7	76	17	3.93	1.3	2.41	1.65	2	2.965	
Bario	mg/l	83	-	17	0.0418	0.0105	0.029	0.02605	0.03	0.035	1
Berilio	mg/l	2	80	17	-	-	-	-	-	-	0.1
Boro	mg/l	-	83	17	-	-	-	-	-	-	0.75
Bismuto	mg/l	-	32	68	-	-	-	-	-	-	
Bromo	mg/l	5	76	20	0.007	0.005	0.006	0.0055	0.006	0.0065	
Calcio	mg/l	100	-	-	10.9	1.58	5.3471	3.5	5.05	6.63	
Cadmio	mg/l	5	95	-	0.002	0.0001	0.0011	0.000575	0.00105	0.001525	0.001

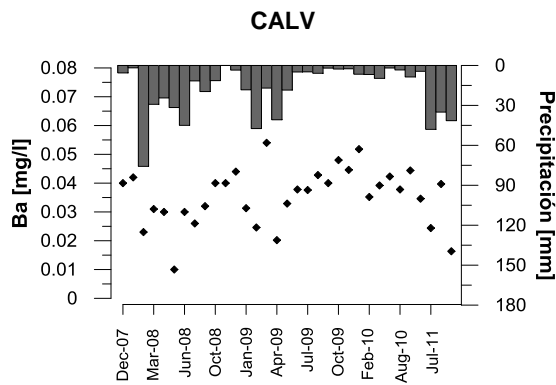
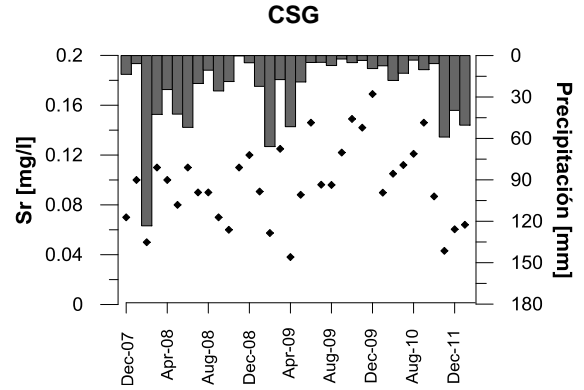
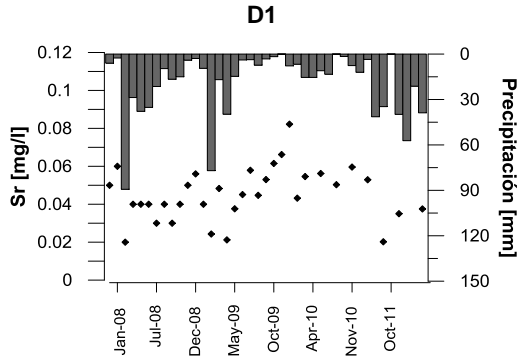
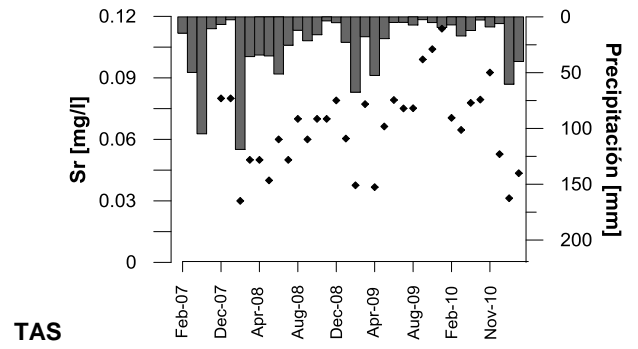
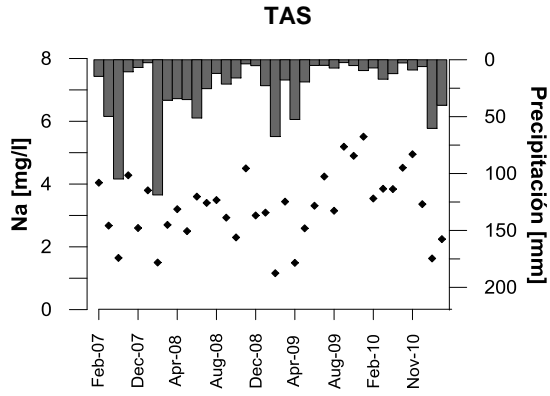


Continuación CSG

Parámetro	Unidad	Datos [%]	<LC [%]	NA [%]	Max	Min	Media	Percentiles			LMP [mg/l]
								25	50	75	
Cesio	mg/l	34	49	17	0.00021	0.00006	0.000133	0.0001	0.00011	0.000188	
Cerio	mg/l	17	63	20	0.000123	0.00002	6.06E-05	0.000025	0.00006	0.000085	
Cobalto	mg/l	17	66	17	0.000468	0.00002	0.000104	0.000025	0.00004	0.000075	0.2
Cobre	mg/l	54	44	2	0.0171	0.000221	0.0032	0.00042	0.00085	0.00275	0.005
Cromo	mg/l	24	73	2	0.0034	0.000869	0.0017	0.001	0.001515	0.002	0.032
Disproσιο	mg/l	7	73	20	0.0003	0.00001	0.0001066	0.00001	0.00001	0.000155	
Erbio	mg/l	2	78	20	-	-	-	-	-	-	
Europio	mg/l	5	76	20	0.000161	0.00001	0.0000855	0.000047	0.0000855	0.000123	
Escandio	mg/l	15	17	68	0.004	0.002	0.00316	0.00225	0.0035	0.004	
Estaño	mg/l	17	66	17	0.00332	0.0001	0.000931	0.0001	0.0007	0.0011	
Estroncio	mg/l	83	-	17	0.169	0.0381	0.0972	0.0725	0.0961	0.118	
Fósforo total	mg/l	12	-	88	0.16	0.01	0.048	0.01	0.02	0.04	
Galio	mg/l	61	20	20	0.003	0.00078	0.0018094	0.00124	0.00181	0.002	
Gadolinio	mg/l	15	66	20	0.0005	0.00001	0.000106	0.00001	0.00001	0.000077	
Germanio	mg/l	5	76	20	0.0009	0.0008	0.00085	0.000825	0.00085	0.000875	
Hafnio	mg/l	-	80	20	-	-	-	-	-	-	
Hierro	mg/l	100	-	-	1.141	0.05	0.3632	0.19	0.29	0.43	0.3
Holmio	mg/l	-	32	68	-	-	-	-	-	-	
Indio	mg/l	-	32	68	-	-	-	-	-	-	
Iridio	mg/l	-	80	20	-	-	-	-	-	-	
Iterbio	mg/l	5	76	20	0.00024	0.00001	0.000125	0.0000675	0.000125	0.0001825	
Itrio	mg/l	12	20	68	0.00005	0.00002	0.00003	0.00002	0.00003	0.00003	
Lantano	mg/l	15	68	17	0.000146	0.00001	0.000036	0.00001	0.00001	0.000025	
Litio	mg/l	27	56	17	0.02	0.0003	0.003256	0.0005	0.0006	0.00261	
Lutecio	mg/l	7	73	20	0.0004	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.00025	
Magnesio	mg/l	98	-	2	1.59	0.025	0.7559	0.4865	0.7525	0.941	
Manganeso	mg/l	85	-	15	0.0396	0.000025	0.0100	0.001905	0.00716	0.01355	0.1
Mercurio	mg/l	10	76	15	0.0004	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001015	0.000177	0.0002
Molibdeno	mg/l	12	71	17	0.0037	0.0003	0.0018	0.00103	0.0015	0.0027	
Neodimio	mg/l	20	61	20	0.0002	0.00002	0.000075	0.00002	0.00005	0.00011	
Niobio	mg/l	5	76	20	0.0001	0.00001	0.000055	0.0000325	0.000055	0.0000775	
Níquel	mg/l	27	73	-	0.02	0.000214	0.0038	0.000279	0.000344	0.001635	0.025
Oro	mg/l	-	80	20	-	-	-	-	-	-	
Osmio	mg/l	7	73	20	0.005	0.001	0.00243	0.00115	0.0013	0.00315	
Plata	mg/l	7	76	17	0.000648	0.000217	0.000423	0.0003115	0.000406	0.000527	0.01
Platino	mg/l	2	78	20	-	-	-	-	-	-	
Plomo	mg/l	32	68	-	0.0011	0.0001	0.0004	0.0002	0.000211	0.0003	0.001
Paladio	mg/l	-	80	20	-	-	-	-	-	-	
Praseodimio	mg/l	10	71	20	0.0001	0.00001	0.0000325	0.00001	0.00001	0.000033	
Potasio	mg/l	100	-	-	1.36	0.025	0.8859	0.728	0.88	1.09	
Renio	mg/l	2	80	17	-	-	-	-	-	-	
Rodio	mg/l	2	78	20	-	-	-	-	-	-	
Rubidio	mg/l	83	-	17	0.004	0.00109	0.002516	0.002	0.0026	0.003	
Rutenio	mg/l	-	80	20	-	-	-	-	-	-	
Samario	mg/l	10	71	20	0.0006	0.00002	0.000335	0.00017	0.00036	0.000525	
Selenio	mg/l	5	80	15	0.001	-	-	-	-	-	0.001
Silicio	mg/l	83	-	17	29	0.005	12.48	9.213	12.5	16.25	
Sodio	mg/l	100	-	-	7.9	1.147	4.0591	3.297	4.18	4.91	
Talio	mg/l	17	66	17	0.0002	0.00001	7.143E-05	0.00001	0.00002	0.000126	
Terbio	mg/l	-	32	68	-	-	-	-	-	-	
Telurio	mg/l	2	80	17	-	-	-	-	-	-	
Titanio	mg/l	-	83	17	-	-	-	-	-	-	
Torio	mg/l	-	83	17	-	-	-	-	-	-	
Tulio	mg/l	5	76	20	0.00002	0.00001	0.000015	0.0000125	0.000015	0.0000175	
Uranio	mg/l	-	83	17	-	-	-	-	-	-	
Vanadio	mg/l	49	34	17	0.00722	0.0003	0.00098	0.000536	0.0006	0.000733	
Wolframio	mg/l	7	76	17	0.0003	0.00005	0.00021	0.000175	0.0003	0.0003	
Zirconio	mg/l	17	66	17	0.0009	0.00003	0.000184	0.000035	0.00009	0.0001	
Zinc	mg/l	76	24	-	0.128	0.001	0.0150	0.00295	0.00746	0.01515	0.03

ANEXO II. Series de tiempo





ANEXO III. Resultados regresiones precipitación – parámetros calidad del agua

Parámetro	Bermejos		Tasqui		Quinuahuaycu										Calluancay				Jordanita				CSG	
	BERM	A	TAS	A	D1	A	CCQ	A	QUIP	A	QUIV	A	QUI1	A	CALP	A	CALV	A	JOR	A	ALU	A	R2	A
pH	0.09	-E	0.22	-L**	0.37	-E***	0.01	-L	0.13	-E*	0.54	-E***	0.02	-E	0.14	-Lg*	0.06	-P	0.01	P	0.17	E**	0.34	-E***
CE	0.44	-E***	0.68	-E***	0.3	-E***	0.2	-L**	0.2	-E*	0.8	-E***	0.28	-E**	0.1	-E	0.4	-E***	0.4	-E***	0.4	-E***	0.4	-E***
COD	0.02	E	0.4	P**	0.05	L	-	-	-	-	0.33	E***	-	-	-	-	0.36	L**	0.4	L**	0.08	E	0.04	E
COT	0.01	E	0.5	P***	0.26	L**	-	-	-	-	0.37	L***	-	-	-	-	0.3	P*	0.4	Lg**	0.34	E	0.05	E
DBO	-	-	-	-	0.05	L	0.07	E	0.06	E	-	-	-	-	0.03	-E	-	-	0.01	E	0.01	L	0.03	-L
DQO	0.07	E	0.27	L**	0.2	L**	0.01	-E	0.007	E	0.3	L***	-	-	0.12	E	0.35	P**	0.2	L*	0.5	L***	0.01	Lg
N.Org	0.13	E	0.12	-Lg	0.03	-L	0.001	-L	0.04	-L	0.001	L	-	-	0.4	-Lg**	0.01	E	0.21	-Lg	0.42	-E**	0.05	Lg
Al	0.16	L*	0.63	L***	0.2	E***	0.042	L	0.001	-L	0.41	L***	0.2	E	0.05	-L	0.27	L	0.039	L	0.067	-L	0.106	L*
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.74	L***	0.021	-E	-	-
Ca	0.1	-L	0.61	-E***	0.4	-E***	0.24	-E*	0.37	-E**	0.6	-E***	-	-	0.28	-Lg*	0.12	-E*	0.3	-E***	0.198	-E**	0.43	-E***
Cu	0.16	E	0.01	Lg	0.02	L	0.018	L	0.014	E	0.12	E	-	-	0.23	P	0.024	-P	0.15	L*	0.096	E	0.4	L**
Fe	0.322	-E**	0.03	L	0.16	-L**	0.023	L	0.008	L	0.065	E	0.02	P	0.33	-Lg***	0.037	E	0.3	-P***	0.007	E	0.403	-E***
Mg	0.2	-L*	0.07	-E	0.11	-E	0.006	-L	0.02	-L	0.37	-E***	-	-	0.2	Lg	0.027	-E	0.02	-P	0.007	-E	0.18	-L**
Mn	0.08	-E	0.18	L*	0.1	-L*	0.011	L	0.037	L	0.001	L	0.04	P	0.098	-E	0.007	-P	0.21	-P**	0.17	-L*	0.02	-L
Ni	0.04	-L	0.24	Lg	0.08	L	0.001	-L	0.05	-L	0.02	-E	-	-	0.14	P	0.02	-Lg	0.16	L	0.05	-E	0.28	L
Pb	0.098	-E	0.316	L*	0.003	-L	-	-	-	-	0.13	L	0.27	P	-	-	0.26	-P**	0.26	-P***	0.052	-L	0.27	-E
K	0.21	-L*	0.27	-E***	0.06	-E	0.03	E	0.002	E	0.006	L	-	-	0.06	P	0.01	Lg	0.08	-P	0.1	-E*	0.17	-L**
Na	0.44	-E***	0.61	-E***	0.6	-E***	0.27	-E	0.32	-E**	0.75	-E***	-	-	0.04	-E	0.21	-E**	0.27	-E***	0.241	-E**	0.45	-Lg***
Zn	0.015	-L	0.03	-P	0.007	-L	0.064	E	0.073	E	0.032	E	0.1	-E	0.091	E	0.032	Lg	0.19	-P**	0.17	-L**	0.06	E
Sulfato	0.1	-L	0.18	-P*	0.009	-L	-	-	-	-	0.19	-L**	-	-	-	-	0.31	-E***	0.63	-E***	0.3	-E***	0.03	L
Bicarbonato	0.55	-E***	0.68	-E***	0.57	-E***	0.42	-E**	0.5	-E***	0.82	-E***	-	-	0.053	-E	0.16	-E*	0.04	P	-	-	0.51	-E***
As	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.58	-Lg***	0.032	E	-	-
Ba	0.016	E	0.44	-E***	0.22	-E**	-	-	-	-	0.3	E**	0.15	-L	0.1	Lg	0.5	-Lg***	0.73	-E***	0.281	-E**	0.4	-L***
Sr	0.18	-E*	0.7	-E***	0.6	-E***	-	-	-	-	0.73	-E***	-	-	-	-	0.3	-E**	0.2	-E*	0.44	-E***	0.5	-L***
Ga	0.01	-E	0.08	-E	0.12	-E	-	-	-	-	0.1	-L	-	-	-	-	0.15	-P	0.04	-L	0.04	-L	0.3	-Lg**
Rb	0.05	-L	0.4	-E***	0.32	-L***	-	-	-	-	0.334	-E	-	-	-	-	0.14	-P*	0.3	-Lg***	0.264	-L**	0.15	-L*
Si	0.08	-E	0.4	-P***	0.03	-E	-	-	-	-	0.03	-E	-	-	-	-	0.18	-E*	0.2	-P**	0.04	-E	0.33	-Lg***

Coefficientes de determinación (R^2) para las microcuencas Bermejos (BERM), Tasqui (TAS), Quinuahuaycu (D1, CCQ, QUIP, QUIV y QUI1), Calluancay (CALP y CALV), Jordanita (JOR y ALU) y CSG. Las celdas resaltadas con gris representan las mejores correlaciones ($R^2 \geq 0.5$). Presentan asterisco los valores en donde las regresiones fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$). El símbolo (-) junto a la línea de ajuste (A), indica si la relación es inversamente proporcional (concentración disminuye cuando la precipitación incrementa) y en caso de ausencia la relación es directa (concentración incrementa cuando la precipitación incrementa). L = Lineal, E= Exponencial, Lg =Logarítmico, P= Potencial. Niveles de significación: *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$.

ANEXO IV. Resultados regresiones caudal – parámetros calidad del agua.

Parámetro	BERM		TAS		QUIV		CALV		JOR	
	R ²	Ajuste	R ²	Ajuste	R ²	Ajuste	R ²	Ajuste	R ²	Ajuste
pH	0.12	-L	0.03	-P	0.17	-Lg**	0.08	-Lg	0.14	P
CE	0.83	-P***	0.702	-Lg***	0.73	-Lg***	0.5	-E***	0.5	-P***
COD	0.21	P*	0.44	L***	0.43	Lg***	0.76	L***	0.36	P**
COT	0.14	E*	0.42	L***	0.6	P***	0.56	P**	0.41	P**
DBO	0.08	-L	-	-	-	-	0.07	-Lg	0.14	P
DQO	0.25	P*	0.17	P	0.4	Lg***	0.22	E**	0.21	P*
N.Org	0.08	-Lg	0.1	-P	0.002	-L	0.09	P	0.01	-L
Al	0.5	P**	0.5	Lg***	0.57	P***	0.16	P*	0.02	-P
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12	L
Ca	0.61	-Lg***	0.6	-Lg***	0.43	-Lg***	0.12	-E	0.26	-E**
Cu	0.4	L*	0.1	Lg	0.05	-P	0.06	Lg	0.12	P
Fe	0.5	-Lg***	0.14	Lg*	0.001	-Lg	0.01	-E	0.4	-P***
Mg	0.3	-Lg*	0.15	-P*	0.3	-Lg***	0.01	-L	0.06	-P
Mn	0.15	-P	0.2	P**	0.1	Lg	0.05	Lg	0.18	-P*
Ni	-	-	0.06	-E	0.05	-L	0.05	Lg	0.02	Lg
Pb	0.09	-P	0.1	Lg	0.07	-P	0.02	Lg	0.33	-Lg***
K	0.33	-Lg**	0.4	-P***	0.001	-P	0.06	Lg	0.04	-P
Na	0.51	-P***	0.56	-Lg***	0.53	-Lg***	0.21	-E*	0.4	-E***
Zn	0.08	P	0.003	E	0.042	P	0.04	E	0.31	-P***
Sulfato	0.2	-P	0.26	-P	0.5	-Lg***	0.4	-Lg***	0.6	-P***
Bicarbonato	0.81	-P***	0.6	-P***	0.7	-Lg***	0.12	-E	0.06	-E
As	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-Lg***
Ba	0.009	-E	0.4	-P***	0.21	-Lg**	0.24	-Lg*	0.7	-E***
Sr	0.58	-Lg***	0.6	-P***	0.69	-Lg***	0.23	-E*	0.34	-E***
Ga	0.03	Lg	0.08	-L	0.14	-Lg*	0.14	-L	0.3	-Lg**
Rb	0.05	-P	0.64	-E***	0.13	-E*	0.02	-Lg	0.33	-P***
Si	0.04	-P	0.63	-P***	0.6	-E***	0.21	-E***	0.42	-Lg***

Coeficientes de determinación (R^2) para las microcuencas Bermejós (BERM), Tasqui (TAS), Quinuahuaycu (QUIV), Calluancay (CALV) y Jordanita (JOR). Las celdas resaltadas con gris representan las mejores correlaciones ($R^2 \geq 0.5$). Presentan asterisco los valores en donde las regresiones fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$). El símbolo (-) junto a la línea de ajuste (A), indica si la relación es inversamente proporcional (concentración disminuye cuando el caudal incrementa) y en caso de ausencia la relación es directa (concentración incrementa cuando el caudal incrementa). L = Lineal, E= Exponencial, Lg = Logarítmico, P= Potencial. Niveles de significación: *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$.



ANEXO V. Resultados regresiones humedad relativa – parámetros calidad del agua.

Parámetro	Bermejos		Tasqui		Quinahuaycu								Calluancay				Jordanita				CSG			
	BERM		TAS		D1		CCQ		QUIP		QUIV		QUI1		CALP		CALV		JOR		ALU		CSG	
	R ²	A	R ²	A	R ²	A	R ²	A	R ²	A	R ²	A	R ²	A	R ²	A	R ²	A	R ²	A	R ²	A	R ²	A
pH	0.01	-L	0.05	-L	0.1	-Lg*	0		0		0.2	-L**	0.02	-E	0.001	L	0		0.03	L	0.15	E	0.2	-L**
CE	0.3	-E**	0.5	-E***	0.14	-E**	0.14	L	0.12	E	0.53	-L***	0.07	-E	0.001	L	0.15	-E*	0.24	-P**	0.3	-E***	0.29	E
COD	0.05	E	0.36	E**	0.15	L*	-	-	-	-	0.33	L***	-	-	-	-	0.32	L*	0.27	L*	0.1	L	0.01	-Lg
COT	0.04	P	0.4	E***	0.25	L**	-	-	-	-	0.5	E***	-	-	-	-	0.37	E**	0.24	L*	0.07	L	0.01	P
DBO	-	-	-	-	0.2	E	0.02	L	0.12	E	-	-	-	-	0.004	Lg	-	-	0.05	P	0.02	L	0.18	-L
DQO	0.1	L	0.21	Lg*	0.15	L**	0.04	P	0.02	E	0.3	L***	-	-	0.004	L	0.37	P**	0.07	L	0.18	E	0.01	L
N.Org	0.17	P	0.01	-L	0.12	-Lg*	0.06	-L	0.16	-Lg*	0.008	Lg	-	-	0.2	-Lg*	0.002	P	0.003	-L	0.24	-Lg	0.01	P
Al	0.15	L	0.27	E**	0.12	E**	0		0.004	L	0.38	E***	0.03	-E	0.03	-L	0.02	P	0.01	P	0.2	-L**	0.05	L
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.14	L	0.03	-E	-	-
Ca	0.24	E	0.56	-E***	0.34	-L***	0.27	-L**	0.09	-L	0.44	-L***	-	-	0.2	-L*	0.06	-E	0.14	E	0.13	-E*	0.4	-E***
Cu	0.2	E	0.004	-Lg	0.14	E*	0.11	L	0.1	P	0.04	-E	0.02	L	0.2	L	0.03	-P	0.15	P*	0.01	P	0.16	L
Fe	0.22	E	0.08	L	0.03	-L	0		0.01	L	0.05	-L	0.003	-E	0.32	-L**	0.007	P	0.2	-E**	0.01	-L	0.23	E
Mg	0.32	L	0.14	-E*	0.12	E	0.03	-Lg	0.001	L	0.39	-L***	-	-	0.004	L	0.2	-P**	0.04	-P	0.03	-E	0.24	L
Mn	0.03	-L	0.1	L	0.005	-E	0.02	-L	0.04	E	0.02	E	0.001	E	0.02	-L	0.003	P	0.16	-Lg*	0.21	-L**	0	
Ni	0.02	P	0.13	Lg	0.21	E	0.3	Lg	0.03	Lg	0.03	P	-	-	0.15	Lg	0.03	P	0.05	L	0.09	-E	0.34	L
Pb	0.02	-Lg	0.07	L	0.01	P	0.68	-L**	-	-	0.09	-P	0.16	L	-	-	0.08	-E	0.19	-E**	0.12	-L*	0.06	-E
K	0.23	-L*	0.25	-E**	0.2	-L***	0.009	-L	0.03	E	0.05	-E	-	-	0.02	L	0.02	-E	0.3	-L***	0.06	-E	0.3	-L***
Na	0.33	-E**	0.38	-L***	0.264	L	0.08	-P	0.03	-P	0.5	-L***	-	-	0.005	-L	0.13	E	0.3	-E***	0.01	-P	0.5	-L***
Zn	0.15	-Lg*	0.04	-P	0.02	E	0.11	P	0.14	R	0.04	-Lg	0.18	-L	0.01	P	0.005	-L	0.17	-E**	0.28	-L***	0.02	-L
Sulfato	0.3	-E*	0.08	-E	0.03	-L	-	-	-	-	0.4	-Lg***	-	-	-	-	0.4	-L***	0.38	-E***	0.23	-L**	0.01	-P
Bicarbonato	0.37	-E***	0.53	-E***	0.55	-L***	0.2	-E*	0.22	-L*	0.56	-L***	-	-	0.02	-E	0.02	-E	0.1	L	-	-	0.52	-L***
As	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.24	-L*	0.04	E	-	-
Ba	0.002	-E	0.5	-E***	0.0001	-L	-	-	-	-	0.08	-L	0.02	-L	-	-	0.12	-L	0.51	-L***	0.22	-E**	0.28	-E**
Sr	0.23	-E*	0.5	-E***	0.433	-E***	-	-	-	-	0.55	-L***	-	-	-	-	0.27	-E**	0.16	-P*	0.24	-E**	0.5	-E***
Ga	0.007	Lg	0.02	-E	0.1	-Lg	-	-	-	-	0.17	-L*	-	-	-	-	0.12	-Lg	0.15	-Lg	0.13	-Lg	0.15	-E
Rb	0.07	-E	0.5	-E***	0.11	-P	-	-	-	-	0.02	-E	-	-	-	-	0.2	-E**	0.33	-E***	0.006	-P	0.44	-L***
Si	0.002	-L	0.2	-E*	0.15	-L*	-	-	-	-	0.14	-E*	-	-	-	-	0.1	-P	0.19	-Lg*	0.07	-L	0.1	-L

Coefficientes de determinación (R²) para las microcuencas Bermejos (BERM), Tasqui (TAS), Quinahuaycu (D1, CCQ, QUIP, QUIV y QUI1), Calluancay (CALP y CALV), Jordanita (JOR y ALU) y CSG. Las celdas resaltadas con gris representan las mejores correlaciones (R² ≥ 0.5). Presentan asterisco los valores en donde las regresiones fueron estadísticamente significativas (p < 0.05). El símbolo (-) junto a la línea de ajuste (A), indica si la relación es inversamente proporcional (concentración disminuye cuando la humedad relativa incrementa) y en caso de ausencia la relación es directa (concentración incrementa cuando la humedad relativa incrementa). L = Lineal, E = Exponencial, Lg = Logarítmico, P = Potencial. Niveles de significación: *** p < 0.001, ** p < 0.01, * p < 0.05.

ANEXO VI. Resultados regresiones temperatura del aire– parámetros calidad del agua.

Parámetro	Bermejos		Tasqui		Quinuahuaycu										Calluancay				Jordanita		CSG			
	BERM	TAS	D1	CCQ	QUIP	QUIV	QUI1	CALP	CALV	JOR	ALU	CSG	R ²	A	R ²	A	R ²	A	R ²	A	R ²	A		
pH	0.02	-L	0.02	-Lg	0.004	L	0.009	L	0.1	-Lg	0.004	p	0.11	P	0.14	-Lg	0.001	P	0.13	-L*	0.13	-E*	0.05	P
CE	0.3	P**	0.12	L*	0.21	P***	0.007	L	0.01	-Lg	0.23	L	0.001	P	0.06	-Lg	0.05	E	0.04	E	0.2	L**	0.06	E
COD	0.04	L	0.01	L	0.02	P	-	-	-	-	0.06	-P	-	-	-	-	0.07	-Lg	0.008	-Lg	0.3	P	0.17	L
COT	0.06	L	0.002	E	0.01	Lg	-	-	-	-	0.06	-P	-	-	-	-	0.05	-Lg	0.02	-Lg	0.05	L	0.05	L
DBO	-	-	-	-	-	-	0.17	L	0.14	-Lg	-	-	-	-	0.2	L	-	-	0.2	L	0.17	L	0.008	P
DQO	0.16	L*	0.15	P*	0.03	E	0.07	L	0.1	P	0.01	P	-	-	0.17	P	0.02	L	0.01	P	0.005	Lg	0.06	P
N.Org	0.03	L	0.5	E**	0.01	L	0	-	0.02	L	0.4	L**	-	-	0.03	-L	0.06	L	0.09	L	0.03	L	0.05	P
Al	0.04	Lg	0.02	-P	0.03	L	0.003	-Lg	0.01	-L	0.1	-E	0.002	Lg	0.001	-L	0.05	-E	0.01	-L	0.02	L	0.003	L
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-Lg	0.02	L	-	-
Ca	0.23	E*	0.19	E**	0.05	P	0.005	-E	0.003	-P	0.24	Lg**	-	-	0.03	L	0.04	E	0.06	E	0.1	E	0.13	E*
Cu	0.02	-E	0.01	-P	0.4	-Lg**	0.01	-L	0.12	P	0.04	P	0.2	E	0.03	-L	0.1	P	0.02	-E	0.01	P	0.06	L
Fe	0.3	L**	0.01	L	0.04	L	0.02	L	0.01	L	0.03	L	0.01	-L	Lg	0.02	L	0.06	L	0.03	L	0.33	L***	L***
Mg	0.26	L**	0.008	E	0.006	P	0.05	Lg	0.01	Lg	0.1	Lg	-	-	0.01	L	0.007	P	0.001	L	0.004	-L	0.05	Lg
Mn	0.2	E*	0.01	Lg	0.02	L	0.005	L	0.05	E	0.02	-Lg	0.04	-L	0.001	L	0.02	L	0.05	E	0.23	L**	0.18	L*
Ni	0.05	-E	0.4	L*	0.007	-P	0.01	L	0.01	P	0.16	-Lg	-	-	0.003	-L	0.01	Lg	0.18	-P	0.15	P*	-	-
Pb	0.05	-L	0.13	P	0.002	P	-	-	-	-	0.19	E	0.02	P	-	-	0.03	P	0.05	P	0.02	L	0.04	-L
K	0.24	L**	0.11	P*	0.1	Lg*	0.1	L	0.02	-Lg	0.1	P*	-	-	0.03	-Lg	0.11	p*	0.12	Lg	0.03	L	0.15	L*
Na	0.07	E	0.04	L	0.04	P	0.02	Lg	0.005	-P	0.12	Lg	-	-	0.06	-Lg	0.03	L	0.002	-Lg	0.003	L	0.1	L*
Zn	0.003	-Lg	0.04	L	0.002	-Lg	0.03	L	0.02	L	0.006	-L	0.04	E	0.04	P	0.02	E	0.07	E	0.09	L	0.06	L
Sulfato	0.08	P	0.05	E	0.14	L	-	-	-	-	0.1	Lg	-	-	-	-	0.1	L*	0.13	E*	0.16	E*	0.03	E
Bicarbonato	0.22	L*	0.12	Lg*	0.04	Lg	0.006	-L	0.02	-L	0.26	L**	-	-	0.06	P	0.02	E	0.28	Lg*	-	-	0.14	L*
As	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	L*	0.05	-P	-	-
Ba	0.21	P*	0.21	L**	0.005	-Lg	-	-	-	-	0.13	L*	0.02	L	-	-	0.14	L*	0.16	L*	0.1	L	0.22	L**
Sr	0.5	P***	0.14	L	0.004	L	-	-	-	-	0.28	L**	-	-	-	-	0.05	L	0.01	E	0.18	E*	0.17	Lg*
Ga	0.04	L	0.003	P	0.21	P***	-	-	-	-	0.04	L	-	-	-	-	0.004	L	0.004	Lg	0.007	L	0.07	Lg
Rb	0.21	P*	0.1	P	0.02	P	-	-	-	-	0.23	P**	-	-	-	-	0.24	P**	0.27	P	0.07	P	0.25	P**
Si	0.16	-Lg*	0.003	Lg	0.01	Lg	-	-	-	-	0.009	E	-	-	-	-	0.001	-L	0.03	E	0.03	E	0.02	P

Coefficientes de determinación (R²) para las microcuencas Bermejos (BERM), Tasqui (TAS), Quinuahuaycu (D1, CCQ, QUIP, QUIV y QUI1), Calluancay (CALP y CALV), Jordanita (JOR y ALU) y CSG. Las celdas resaltadas con gris representan las mejores correlaciones (R² ≥ 0.5). Presentan asterisco los valores en donde las regresiones fueron estadísticamente significativas (p < 0.05). El símbolo (-) junto a la línea de ajuste (A), indica si la relación es inversamente proporcional (concentración disminuye cuando la temperatura incrementa) y en caso de ausencia la relación es directa (concentración incrementa cuando la temperatura incrementa). Ajuste: L = Lineal, E = Exponencial, Lg = Logarítmico, P = Potencial. Niveles de significancia: “ *** ” p < 0.001, “ ** ” p < 0.01, “ * ” p < 0.05.



ANEXO VII. Resultados regresiones radiación solar – parámetros calidad del agua.

Parámetro	Bermejos		Tasqui		Quinahuaycu						Calluancay				Jordanita				CSG					
	BERM	A	TAS	A	D1	A	CCQ	A	QUIP	A	QUIV	A	QUI1	A	CALP	A	CALV	A	JOR	A	ALU	A	CSG	A
pH	0.003	P	0.01	P	0.1	P*	0.006	L	0		0.14	Lg*	0.12	P	0.06	-P	0.005	-E	0.07	L	0.25	-P**	0.2	P**
CE	0.44	P***	0.38	P***	0.14	P**	0.08	Lg	0.11	L	0.54	Lg***	0.04	Lg	0.04	E	0.12	P	0.16	P	0.38	P***	0.3	P***
COD	0.05	-P	0.21	-E*	0.05	-L	-	-	-	-	0.2	-Lg**	-	-	-	-	0.1	-L	0.12	-L	0.01	-L	0.006	L
COT	0.03	-P	0.22	-E*	0.08	-L	-	-	-	-	0.4	-E***	-	-	-	-	0.12	-L	0.09	-L	0.01	-E	0.01	-P
DBO	0.16	L	-	-	0.35	-P*	0.04	-L	0.24	-P*	-	-	-	-	0.003	-L	-	-	0.007	L	0.1	-L	0.1	P
DQO	0.06	-L	0.03	-L	0.07	-L	0.05	-L	0.007	-E	0.14	-L*	-	-	0.006	-L	0.3	-E**	0.006	-L	0.1	-E	0.007	-E
N.Org	0.03	-P	0.06	P	0.02	L	0.04	L	0.1	L	0.007	Lg	-	-	0.2	L*	0.003	L	0.001	-P	0.18	L	0.002	-E
Al	0.27	-Lg**	0.16	Lg	0.1	-E*	0.1	Lg	0.11	-Lg*	0.36	-E***	0.01	E	0.07	-L	0.06	-E	0.008	P	0.24	L**	0.02	-L
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.25	-Lg*	0.05	P	-	-
Ca	0.4	P***	0.55	P***	0.32	P***	0.24	P*	0.05	Lg	0.51	Lg***	-	-	0.11	L	0.08	P	0.13	P*	0.18	P**	0.44	P***
Cu	0.14	-P	0.01	-P	0.14	-E*	0.06	-L	0.1	-Lg	0.02	P	0.04	P	0.31	-L*	0.01	P	0.19	-E*	0.007	-L	0.28	-Lg*
Fe	0.2	Lg*	0.02	-Lg	0.05	Lg	0.01	-L	0.005	L	0.02	P	0.005	P	0.08	L	0.008	P	0.12	E*	0.03	Lg	0.3	P***
Mg	0.38	L***	0.06	P	0.12	E*	0.05	-L	0.01	-L	0.31	L***	-	-	0.05	-L	0.15	E*	0.02	E	0.02	P	0.22	L**
Mn	0.17	Lg*	0.08	-L	0.02	P	0.04	E	0.009	-L	0.05	-P	0.01	-L	0.02	-L	0.01	-P	0.07	E	0.31	L***	0.02	Lg
Ni	0.02	Lg	0.2	-L	0.44	-Lg**	0.18	-P	0.02	-L	0.03	-E	-	-	0.05	-L	0.03	E	0.11	-Lg	0.13	P	0.28	-Lg
Pb	0.04	P	0.2	-Lg	0.01	-P	-	-	-	-	0.1	P	0.08	-L	0.32	-L	0.04	P	0.14	P*	0.12	L*	0.01	P
K	0.3	Lg**	0.21	P**	0.15	P**	0.03	L	0.04	-P	0.02	P	-	-	0.05	-Lg	0.01	P	0.2	P**	0.08	P	0.22	Lg**
Na	0.3	P**	0.3	L***	0.22	P***	0.11	P	0.07	P	0.34	L***	-	-	0.002	-Lg	0.08	P	0.13	E*	0.003	L	0.35	P***
Zn	0.08	L	0.02	P	0.05	-P	0.06	L	0.07	-P	0.01	-P	0.01	L	0.05	L	0.002	E	0.1	P*	0.33	Lg***	0.02	L
Sulfato	0.38	P**	0.04	P	0.03	L	-	-	-	-	0.44	L***	-	-	-	-	0.4	L***	0.3	P***	0.34	L***	0.04	P
Bicarbonato	0.44	P***	0.43	Lg***	0.5	L***	0.26	P**	0.21	Lg*	0.55	Lg***	-	-	0.06	-Lg	0.01	P	0.18	-Lg	-	-	0.5	L***
As	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	Lg*	0.08	-P	-	-
Ba	0.11	P	0.5	E***	0	-	-	-	-	-	0.1	L	0.003	L	-	-	0.16	Lg*	0.43	L***	0.25	E**	0.27	Lg**
Sr	0.5	P***	0.42	P	0.4	Lg	-	-	-	-	0.52	Lg***	-	-	-	-	0.21	P	0.09	E	0.3	P**	0.42	Lg***
Ga	0.04	P	0.01	P	0.1	L	-	-	-	-	0.1	L	-	-	-	-	0.12	L	0.14	L	0.13	L	0.1	Lg
Rb	0.06	P	0.27	P	0.08	E	-	-	-	-	0.04	P	-	-	-	-	0.17	P	0.23	E**	0.005	P	0.34	P***
Si	0.05	-Lg	0.06	L	0.05	E	-	-	-	-	0.06	E	-	-	-	-	0.03	E	0.13	L*	0.03	L	0.08	L

Coefficientes de determinación (R^2) para las microcuencas Bermejos (BERM), Tasqui (TAS), Quinahuaycu (D1, CCQ, QUIP, QUIV y QUI1), Calluancay (CALP y CALV), Jordanita (JOR y ALU) y CSG. Las celdas resaltadas con gris representan las mejores correlaciones ($R^2 \geq 0.5$). Presentan asterisco los valores en donde las regresiones fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$). El símbolo (-) junto a la línea de ajuste (A), indica si la relación es inversamente proporcional (concentración disminuye cuando la radiación solar incrementa) y en caso de ausencia la relación es directa (concentración incrementa cuando la radiación solar incrementa). Ajuste: L = Lineal, E= Exponencial, Lg =Logarítmico, P= Potencial. Niveles de significancia: “ *** ” $p < 0.001$, “ ** ” $p < 0.01$, “ * ” $p < 0.05$.

ANEXO VIII. Resultados regresiones evapotranspiración – parámetros calidad del agua.

Parámetro	Bermejos		Tasqui		Quinahuaycu										Calluancay				Jordanita				CSG	
	BERM	A	TAS	A	D1		CCQ		QUIP		QUIV		QUI1		CALP		CALV		JOR		ALU		R ²	A
pH	0.03	L	0.001	P	0.03	L	0.02	E	0.003	P	0.04	p	0.07	P	0.01	-L	0.01	L	0.16	-E*	0.16	-E*	0.07	P
CE	0.5	E***	0.24	L**	0.1	E	0.1	L*	0.01	L	0.36	L	0.1	L	0		0.13	E	0.2	E**	0.27	L	0.08	P
COD	0.04	P	0.001	P	0.001	P	-	-	-	-	0.07	-P	-	-	-	-	0.06	-Lg	0.08	-P	0.02	P	0.32	L**
COT	0.1	P	0.001	L	0.01	E	-	-	-	-	0.1	-P	-	-	-	-	0.08	-P	0.05	-L	0.04	L	0.14	L
DBO	-	-	-	-	0.04	Lg	0.08	Lg	0.05	L	-	-	-	-	0.06	Lg	-	-	0.04	Lg	0.04	P	0.05	P
DQO	0.02	L	0.1	P	0.11	P*	0.01	-L	0.005	P	0.002	-L	-	-	0.005	Lg	0.001	-P	0.007	L	0.01	-L	0.1	P
N.Org	0.002	P	0.26	E*	0.03	P	0.06	Lg	0.002	Lg	0.17	L	-	-	0.04	Lg	0.07	P	0.08	L	0.05	L	0.03	L
Al	0.04	L	0.1	-E	0.03	-E	0.06	-L	0.1	-Lg	0.14	-E*	0.08	-E	0.02	Lg	0.06	P	0.02	P	0.04	L	0.005	P
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.26	-Lg*	0.01	P	-	-
Ca	0.28	P**	0.28	E	0.06	E	0.02	L	0.006	-E	0.26	P**	-	-	0.005	-P	0.02	P	0.08	E	0.06	L	0.13	P*
Cu	0.1	-P	0.07	P	0.02	-L	0.006	-L	0.15	P	0.05	P	0.07	P	0.05	-L	0.03	P	0.07	E	0.008	P	0.24	-Lg*
Fe	0.25	L**	0.03	P	0.1	Lg*	0.001	L	0.03	L	0.006	Lg	0.003	P	0.14	L*	0.001	P	0.17	L**	0.007	Lg	0.3	E***
Mg	0.42	L***	0.007	L	0.02	P	0.03	P	0.004	E	0.18	L**	-	-	0.02	L	0.01	P	0.02	L	0.001	P	0.06	L
Mn	0.16	E*	0.06	-Lg	0.03	Lg	0.003	L	0.002	-P	0.06	-L	0.03	-E	0.06	L	0.01	P	0.12	L	0.2	L*	0.02	L
Ni	0.13	P	-	-	0.31	-Lg*	0.17	-Lg	0.07	-L	0.02	-P	-	-	0.14	-L	0.03	P	0.01	-P	0.08	P	-	-
Pb	-	-	0.17	-P	0.005	Lg	0.06	L	-	-	0.18	P	-	-	0.01	L	0.05	P	0.17	P	0.02	L	0.005	P
K	0.17	P*	0.15	P*	0.06	P	0.007	E	0.04	-Lg	0.05	P	-	-	0.08	Lg	0.03	P	0.15	Lg*	0.03	P	0.14	L*
Na	0.17	L*	0.12	L*	0.13	L*	0.1	L	0.08	L	0.22	L**	-	-	0.08	Lg	0.05	P	0.04	L	0.001	L	0.17	L**
Zn	0.02	P	0.003	-P	0.03	P	0.001	L	0.1	L	0.04	P	0.26	L	0.03	L	0.02	L	0.08	E	0.09	L	0.02	L
Sulfato	0.18	E	0.02	P	0.004	-P	-	-	-	-	0.17	L*	-	-	-	-	0.22	L*	0.32	E***	0.15	L*	0.006	E
Bicarbonato	0.38	L***	0.25	L**	0.14	E**	0.03	E	0.01	L	0.4	L***	-	-	0.06	P	0.01	L	0.31	-Lg*	-	-	0.21	L**
As	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.22	-L*	0.15	-E*	-	-
Ba	0.06	P	0.3	L**	0.03	L	-	-	-	-	0.13	L*	-	-	-	-	0.19	L	0.36	L***	0.18	L*	0.21	L**
Sr	0.5	E***	0.27	L**	0.23	L**	-	-	-	-	0.4	L	-	-	-	-	0.07	P	0.1	L	0.18	E	0.16	L*
Ga	-	-	0.06	P	0.14	L*	-	-	-	-	0.14	L*	-	-	-	-	0.2	L*	0.18	L	0.25	L*	0.26	L**
Rb	0.13	P	0.32	L	0.08	P	-	-	-	-	0.17	P*	-	-	-	-	0.17	P	0.29	E	0.04	P	0.3	L***
Si	0.01	-L	0.02	L	0.03	E	-	-	-	-	0.08	E	-	-	-	-	0.02	P	0.07	L	0.02	L	0.02	Lg

Coefficientes de determinación para las microcuencas Bermejos (BERM), Tasqui (TAS), Quinahuaycu (D1, CCQ, QUIP, QUIV y QUI1), Calluancay (CALP y CALV), Jordanita (JOR y ALU) y CSG. Las celdas resaltadas con gris representan las mejores correlaciones ($R^2 \geq 0.5$). Presentan asterisco los valores en donde las regresiones fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$). El símbolo (-) junto a la línea de ajuste (A), indica si la relación es inversamente proporcional (concentración disminuye cuando la evapotranspiración incrementa) y en caso de ausencia la relación es directa (concentración incrementa cuando la evapotranspiración incrementa). Ajuste: L = Lineal, E = Exponencial, Lg = Logarítmico, P = Potencial. Niveles de significancia: “***” $p < 0.001$, “**” $p < 0.01$, “*” $p < 0.05$.

ANEXO IX. Resultados regresiones velocidad del viento – parámetros calidad del agua.

Parámetro	Bermejos		Tasqui		Quinahuaycu										Calluancay				Jordanita				CSG	
	BERM	A	TAS	A	D1		CCQ		QUIP		QUIV		QUI1		CALP		CALV		JOR		ALU		R ²	A
pH	0.05	-Lg	0.01	-L	0.06	P	0.03		0.13	E	0.001	P	0.01	-E	0.07	E	0.003	P	0.01	L	0.002	L	0.02	-E
CE	0.01	-P	0.01	Lg	0.004	P	0.03	Lg	0.05	Lg	0.002	-E	0.01	Lg	0.05	E	0.1	-E	0.008	-L	0.004	-E	0.02	-E
COD	0.002	-Lg	0.01	-Lg	0.01	-Lg	-	-	-	-	0.01	-Lg	-	-	-	-	0.02	L	0.03	L	0.06	L	0.11	-Lg
COT	0.006	-L	0.04	-Lg	0.04	-Lg	-	-	-	-	0.03	-Lg	-	-	-	-	0.05	L	0.001	L	0.1	-Lg	0.1	-Lg
DBO	0.04	L	-	-	0.01	L	0.17	-L	0.03	Lg	-	-	-	-	0	-	-	-	0.01	-L	0.37	-P	0.24	-P
DQO	0.005	L	0.02	-P	0.14	-Lg	0.06	-L	0.15	-Lg*	0.01	-P	-	-	0.13	-E	0.007	-Lg	0.04	L	0.01	-P	0.005	L
N.Org	0.05	-P	0.15	-E	0.008	L	0.15	-Lg	0.02	-Lg	0.07	-Lg	-	-	0.003	L	0.13	-Lg	0.03	P	0.05	-L	0.02	-L
Al	0.005	L	0.03	-P	0.04	-P	0.001	L	0.01	Lg	0.03	-L	0.02	-E	0.02	L	0.03	-Lg	0.02	P	0.001	-L	0.004	-Lg
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.17	P	0.007	-P	-	-
Ca	0.01	P	0.009	-E	0.001	L	0.03	P	0.1	L	0.02	-E	-	-	0.005	E	0.08	-P	0.02	-E	0.06	-P	0.01	-P
Cu	0.03	L	0.01	P	0.003	L	0.13	-Lg	0.02	L	0.003	-L	-	-	0.04	-Lg	0.11	-Lg*	0.05	L	0.14	-E*	0.23	-L*
Fe	0.002	Lg	0.02	Lg	0.001	L	0.007	-Lg	0.02	Lg	0.003	L	0.004	Lg	0.04	Lg	0.05	-Lg	0.04	P	0.04	-Lg	0.001	-L
Mg	0.001	L	0.04	P	0.01	P	0.006	P	0.04	P	0.004	-L	-	-	0.008	Lg	0.03	-L	0.01	L	0.04	Lg	0.01	P
Mn	0.006	Lg	0.01	P	0.02	P	0.04	-Lg	0.004	P	0.01	-Lg	0.02	L	0.004	Lg	0.06	-Lg	0.01	P	0.006	Lg	0.04	-L
Ni	-	-	0.03	L	0.1	L	0.11	E	0.01	E	0.23	E	-	-	0.008	L	0.22	-Lg	0.23	P*	0.004	-E	0.2	E
Pb	0.02	-E	0.07	P	0.003	L	0.3	Lg	-	-	0.02	Lg	0.02	-P	0.16	-L	0.06	-Lg	0.04	L	0.004	E	0.02	-L
K	0.004	E	0.003	P	0.03	-P	0.16	-P	0.01	L	0.04	P	-	-	0.007	L	0.05	-L	0.07	L	0.03	-L	0.04	-L
Na	0.02	-P	0.006	Lg	0.004	-Lg	0.003	-Lg	0.01	L	0.003	-L	-	-	0.01	L	0.04	-L	0.002	-E	0.01	-L	0.05	-E
Zn	0.003	Lg	0		0.03	-E	0.01	-L	0.05	L	0.02	-P			0.02	L	0.06	-P	0.02	-L	0.03	-L	0.001	-L
Sulfato	0.001	L	0.02	-L	0.2	p**	-	-	-	-	0.05	Lg	-	-	-	-	0.02	P	0.001	P	0.001	Lg	0.03	-E
Bicarbonato	0.01	-P	0.01	Lg	0.005	Lg	0.03	E	0.11	L	0.004	-L	-	-	0.02	P	0.07	-E	0.17	L	-	-	0.01	-E
As	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	Lg	0.04	-L	-	-
Ba	0.03	-E	0.002	-E	0.01	-L	-	-	-	-	0.16	-E	0.007	-L	-	-	0.007	-Lg	0.005	-E	0.01	Lg	0.09	-E
Sr	0.003	-P	0.02	Lg	0.002	-P	-	-	-	-	0.02	-L	-	-	-	-	0.08	-Lg	0.007	Lg	0.01	-E	0.003	Lg
Ga	0.03	P	0.04	-L	0.03	P	-	-	-	-	0.02	P	0.01	-E	-	-	0.01	-P	0.04	-E	0.01	-E	0.18	-E
Rb	0.007	Lg	0.01	Lg	0.07	-P	-	-	-	-	0.07	-E	0.01	Lg	-	-	0.07	-L	0.02	-E	0.01	-L	0.01	-E
Si	0.01	L	0.03	Lg	0.01	L	-	-	-	-	0.005	Lg	-	-	-	-	0.003	-P	0.03	-E	0.03	-P	0.03	-E

Coefficientes de determinación (R^2) para las microcuencas Bermejos (BERM), Tasqui (TAS), Quinahuaycu (D1, CCQ, QUIP, QUIV y QUI1), Calluancay (CALP y CALV), Jordanita (JOR y ALU) y CSG. Las celdas resaltadas con gris representan las mejores correlaciones ($R^2 \geq 0.5$). Presentan asterisco los valores en donde las regresiones fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$). El símbolo (-) junto a la línea de ajuste (A), indica si la relación es inversamente proporcional (concentración disminuye cuando la velocidad del viento incrementa) y en caso de ausencia la relación es directa (concentración incrementa cuando la velocidad del viento incrementa). Ajuste: L = Lineal, E= Exponencial, Lg =Logarítmico, P= Potencial. Niveles de significancia: “***” $p < 0.001$, “**” $p < 0.01$, “*” $p < 0.05$.