1. CONTROL DE CALIDAD E HIDROQUÍMICA

1.1. Relación de parámetros

A continuación, se presenta los gráficos de dispersión de la relación lineal de las concentraciones de conductividad con los sólidos disueltos totales (SDT) de todos los puntos de muestreo de agua (superficial, manantiales, agua subterránea y agua residual industrial). Asimismo, se muestra en tablas los porcentajes de los metales disueltos con respecto a los metales totales.

a) Relación entre conductividad y sólidos totales disueltos

Esta relación es calculada por el cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson o coeficiente de determinación (R^2), para lo cual se consideró un valor de R^2 mayor a 0,95 como un indicador de buena correlación entre los parámetros.

En la Figura 1 se muestra la relación lineal entre la conductividad y los SDT en los cuerpos de agua evaluados, para valores de conductividad menor a los 7000 µS/cm y SDT hasta 5000 mg/L se obtuvo un R^2 de 0,9836 y una pendiente (*K*) de 0,7027 y considerando los puntos evaluados con mayor conductividad (QSom3,MT-BO4, ARI-04, ARI-07 y P-13,TU-24 y TIT-1) hasta 20000 µS/cm y SDT hasta 15000 mg/L el R^2 fue 0,985 y una pendiente (*K*) de 0,7104, por lo que se puede observar una buena correlación entre los parámetros (R^2 > 0,95).

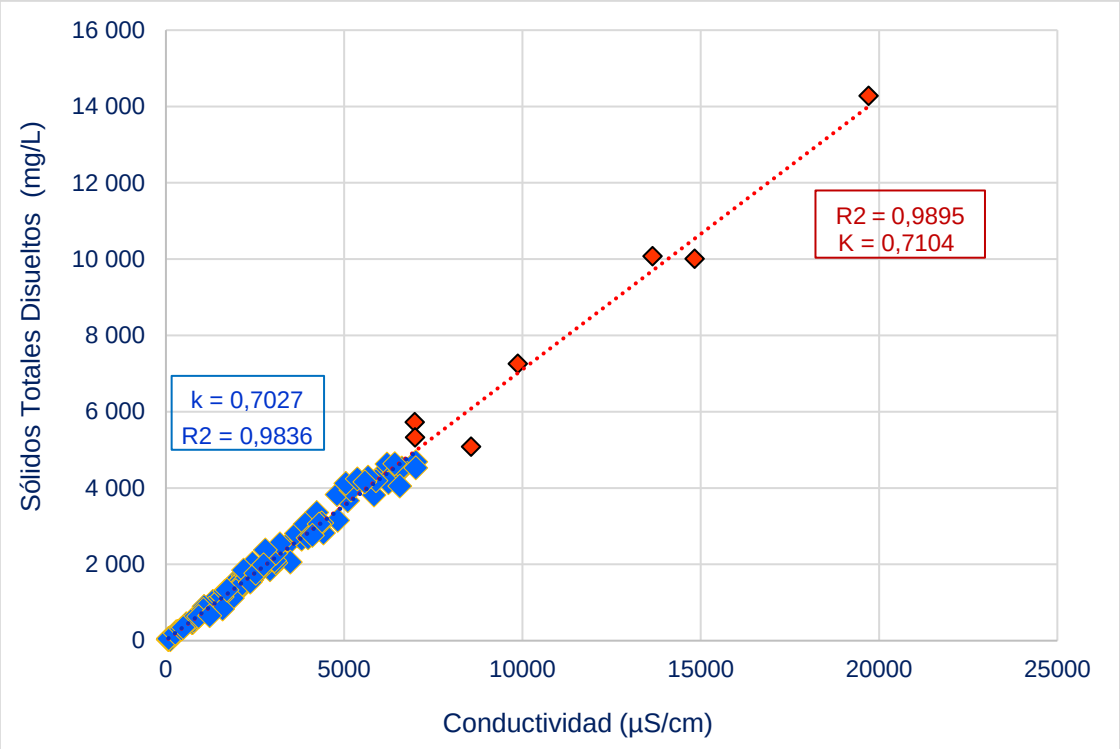


Figura 1. Relación lineal entre la conductividad y los sólidos disueltos totales (SDT)

Cabe indicar que la relación no incluyó a los puntos muestreados en fuentes termales (FTiti1,FQuell,FPBello,FTiti3,PZ-N1) ya que al tener una menor densidad de puntos no se puede establecer una tendencia.

b) Relación entre conductividad y la suma de aniones y cationes

Para el caso de la relación lineal entre la conductividad y la suma de cationes[1] se ha considerado solo los resultados de agua superficial y manantiales, se obtuvo 2 Ecuaciones de acuerdo con la relación línea indicada en la Figura 2. La primera tendencia con R^2 = 0,98 y pendiente de 0,0087 corresponde a puntos muestreados en el río Titire, el segundo grupo contienen todos los demás puntos de agua superficial (ríos, quebradas y manantiales) obteniendo un R^2 de 0,95 y una pendiente de 0,0176. Ambas pendientes se encuentran dentro del rango de la Ecuación establecida por la APHA entre 0,009-0,11, por lo cual los datos tienen buena relación entre dichos parámetros.

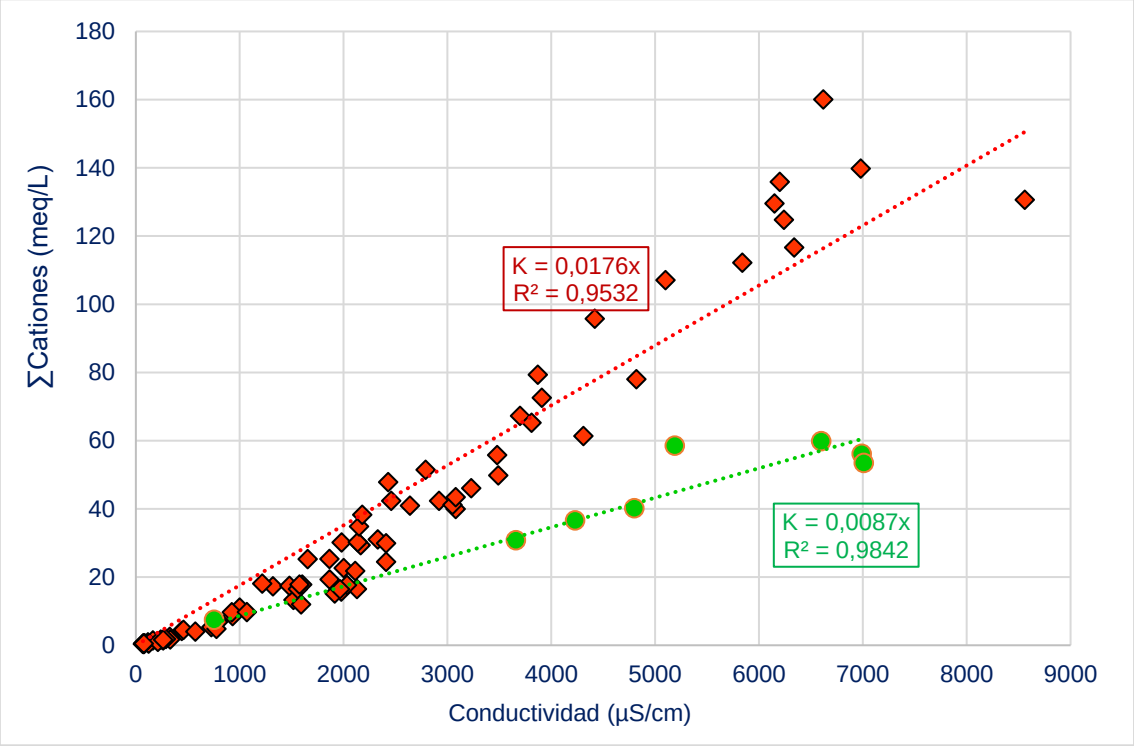


Figura 2. Relación lineal entre la conductividad y la suma de los cationes

Para el caso de la relación lineal entre la conductividad y la suma de aniones[2] se consideró los resultados de agua superficial y manantiales, se obtuvo 2 Ecuaciones de acuerdo con la relación línea indicada en la Figura 3. La primera tendencia con R^2 = 0,99 y pendiente de 0,0107 corresponde a puntos muestreados en el río Titire, el segundo grupo contienen todos los demás puntos de agua superficial (ríos, quebradas y manantiales) obteniendo un R^2 de 0,95 y una pendiente de 0,023. Ambas pendientes se encuentran dentro del rango de la

[1] Para la suma de cationes, en adición a los principales: calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), sodio (Na^{+}) y potasio (K^{+}), se consideraron los iones hidronio del pH (H_3O^{+}) y los iones de los metales disueltos: aluminio (Al^{3+}), hierro (Fe^{2+}), manganeso (Mn^{2+}), bario (Ba^{2+}), boro (B^{3+}), estroncio (Sr^{2+}) y litio (Li^{+}).

[2] Los aniones considerados son: cloruros (Cl^{-}), sulfatos, (SO_4^{-}), bicarbonatos (HCO_3^{-}) y fluoruros (F^{-}),

Ecuación establecida por la APHA entre 0,009-0,11, por lo cual los datos tienen buena relación entre dichos parámetros.

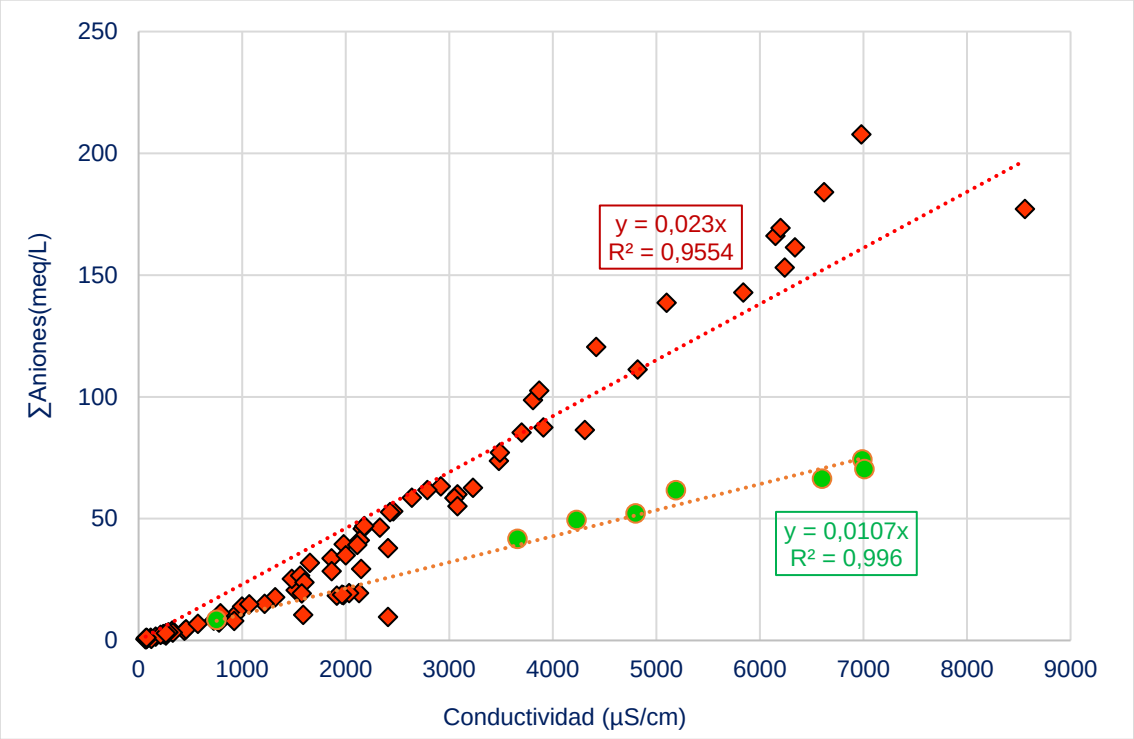


Figura 3. Relación lineal entre la conductividad y la suma de aniones

c) Porcentaje de metales disueltos

En las Tablas 1 y 2 se presentan los porcentajes de metales disueltos con respecto a los metales totales, se resaltaron los porcentajes predominantes mayores al 50 %, menores al 50% y donde su forma disuelta y no disuelta tuvo el mismo porcentaje. De acuerdo con los resultados indicados en las Tablas 1 y 2, se precisa los siguientes:

- La mayoría de los puntos de muestreo de agua superficial en ríos y quebradas tienen una predominancia de los metales en su forma disuelta, salvo en algunos metales entre el río Titire y Coralaque donde se aprecia una predominancia del metal en su forma no disuelta (aluminio, antimonio, arsénico, cerio, cobre, hierro y uranio, wolframio y zinc). Se resalta también que en los puntos donde se registró plata, este predomina en su forma no disuelta.
- Los manantiales en la mayoría de los puntos evaluados tienen una predominancia en su forma disuelta. Se resalta que en el punto MT-BO4 el aluminio y cadmio predomina en su forma no disuelta.
- Las agua residuales industriales en la mayoría de los puntos evaluados tienen una predominancia en su forma disuelta, salvo el aluminio, plata, plomo y hierro que predominó en su forma no disuelta.

- Las fuentes termales en todos los puntos evaluados tienen una predominancia en su forma disuelta de los metales, salvo el aluminio, plata, plomo y hierro.
- Para el caso de agua subterránea el aluminio, cobre, fosforo, hierro, plomo y zinc predomino en su forma no disuelta en la mayoría de los piezómetros, para el caso de boro, cadmio, calcio, manganeso, potasio, sodio y selenio predominó en su forma disuelta.

Adicional a los puntos de muestreo de agua superficial en ríos, quebradas, manantiales, agua residual industrial y piezómetro se tomaron muestras de agua en bofedales (AR-HE-T2, BL-HE-T1), afloramientos (CO-HE-V1, CO-HE-V6, CO-HE-V11) y laguna (BL-HE-V8) donde se establecieron transectos de colecta de fauna herpetológica. En la Tabla 3 se presenta la relación de metales disueltos respecto a los totales. Se aprecia que los metales en forma disuelta predominan a excepción del aluminio y manganeso donde predominaron en su forma no disuelta.

De forma gráfica en la Figura 4. se muestra las concentraciones de metales disueltos en el eje X y las concentraciones de metales totales en el eje Y. Se aprecia que los valores de concentraciones se encuentran a lo largo de la línea 45° verificando que las concentraciones de metales totales son mayores que los disueltos.

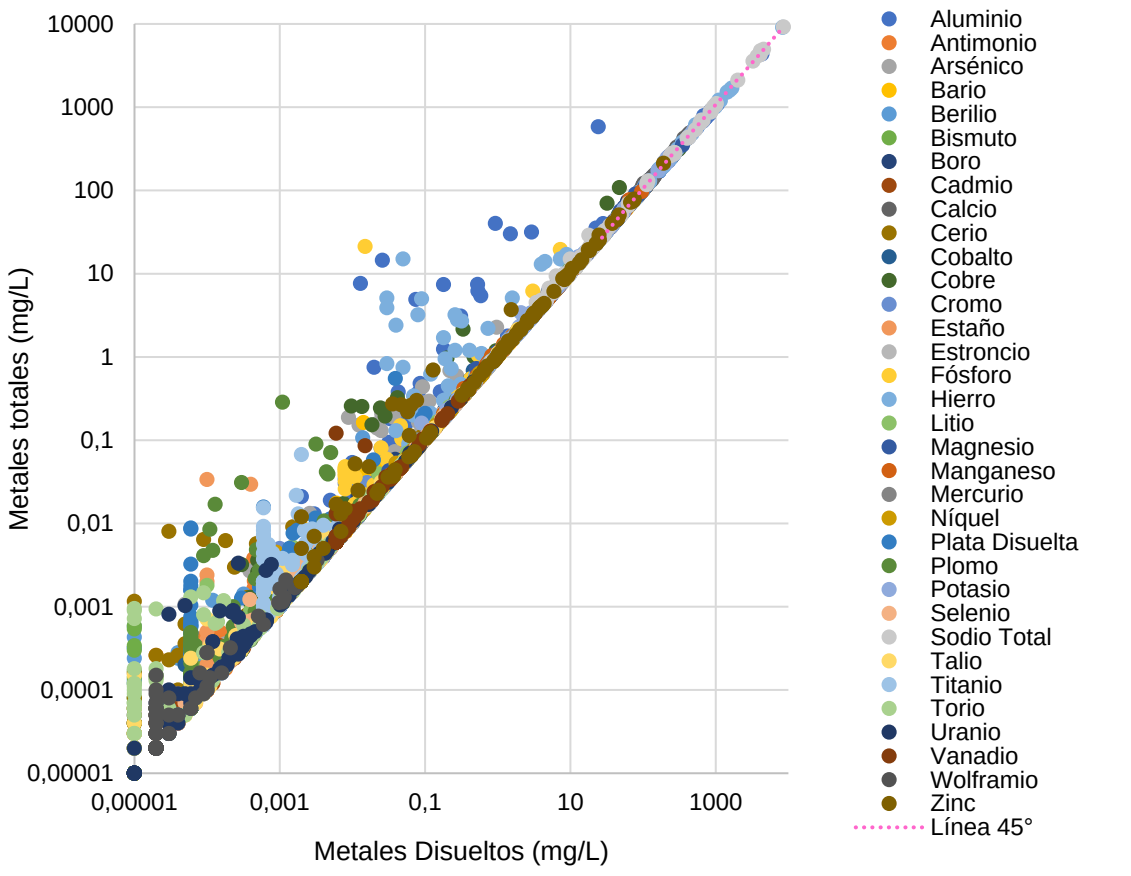


Figura 4. Relación metales totales y metales disueltos de los todos los puntos de agua evaluado

Tabla 1. Porcentaje de metales disueltos de los puntos de muestreo de agua superficial (ríos y quebradas)

Tipo	Código	Al	Sb	As	Ba	Be	Bi	B	Cd	Ca	Ce	Co	Cu	Cr	Sn	Sr	P	Fe	Li	Mg	Mn	Hg	Mo	Ni	Ag	Pb	K	Se	Na	Ta	Ti	Th	U	Va	W	Zn
		(%)																																		
Agua superficial	TU-20	94	22	95	71	100	-	-	95	95	95	100	100	94	-	94	100	95	96	99	96	-	83	95	-	88	87	96	100	87	100	94	92	100	50	94
	M-2	94	47	97	98	92	-	75	94	95	94	94	99	100	-	100	97	94	96	99	94	-	47	94	-	97	100	100	100	96	95	93	94	86	100	100
	AG-21	95	26	99	67	94	-	100	97	95	93	94	93	95	-	94	92	92	92	93	94	-	-	93	-	84	93	91	91	99	86	93	93	-	-	95
	E-7	95	80	97	100	96	-	50	98	94	99	97	97	93	-	97	92	95	93	95	96	-	-	96	-	94	91	94	95	96	86	84	96	-	-	98
	TU -21	96	99	99	100	94	-	-	94	96	94	94	99	95	-	96	98	96	98	95	96	-	96	100	-	-	100	94	95	89	94	91	99	91	91	99
	TU-24	99	96	96	88	91	25	-	98	98	97	94	94	94	-	99	99	96	89	98	96	-	98	94	-	89	90	96	99	99	84	94	94	100	-	97
	TU-25	99	99	95	89	95	-	71	96	99	96	95	95	100	-	96	98	94	95	99	95	-	98	94	-	95	100	97	93	99	83	96	95	100	-	97
	TU-26	99	94	94	93	98	67	80	94	97	99	99	98	100	-	98	99	99	98	98	99	-	97	97	-	98	100	96	100	98	93	98	98	99	-	100
	E-3	94	89	92	100	93	55	83	91	94	92	92	91	91	-	91	93	92	90	94	93	-	98	91	-	91	92	89	91	91	92	87	98	93	-	92
	E-10	89	88	98	61	98	30	80	89	89	100	89	89	97	-	89	97	100	91	90	89	-	87	89	-	86	100	98	86	90	27	98	98	100	-	90
	E-2	98	70	95	83	94	-	80	86	97	99	98	98	95	-	98	88	97	95	97	97	-	90	97	-	86	96	94	100	98	42	97	97	94	-	99
	TU-04	98	89	96	22	95	44	79	96	96	96	94	95	95	-	96	98	94	89	98	95	37	89	94	-	39	92	86	100	95	42	93	92	94	-	98
	TU-05	94	50	86	86	98	-	78	98	94	99	95	94	100	-	100	93	99	95	95	100	-	68	95	-	78	93	98	93	96	36	100	99	-	-	96
	AG-25	99	80	97	85	95	-	100	94	98	95	95	94	100	-	95	98	93	94	98	95	83	-	95	-	97	100	94	100	94	95	97	99	100	-	95
	AG-26	98	86	96	97	98	-	67	98	97	98	98	97	100	-	97	97	98	100	96	98	-	88	98	-	96	96	96	93	98	100	97	97	92	-	99
	AG-30	100	27	90	40	100	-	73	99	100	99	99	99	95	-	100	84	96	95	99	100	3	75	99	-	12	97	95	100	93	14	96	97	83	-	100
	AG-27	99	88	96	97	98	-	63	99	100	99	99	98	92	-	100	95	97	93	99	99	-	88	99	-	96	96	96	100	92	77	98	97	100	-	95
	P-5	94	50	79	94	98	-	83	98	93	95	96	97	92	-	96	82	97	96	95	95	-	-	96	-	97	95	99	93	94	88	97	96	-	-	97
	P-6	99	96	94	95	94	-	88	99	99	100	99	98	100	-	94	98	98	99	99	99	-	96	98	33	99	96	95	100	100	73	94	98	100	40	99
	P-8	96	95	98	72	94	14	100	93	94	88	94	99	96	-	94	93	99	89	95	95	-	90	99	44	96	94	96	93	99	53	98	98	97	-	95
	P-9	90	99	94	35	89	3	100	92	96	91	94	100	96	-	95	88	97	90	91	96	-	58	100	48	77	100	92	88	90	33	98	96	90	-	99
	TU-38	47	90	97	89	100	-	86	90	93	59	93	91	-	-	92	-	97	94	89	91	-	90	93	-	21	94	91	90	93	-	-	80	-	-	94
	AG-18	100	87	93	68	97	-	85	100	95	89	94	99	100	-	94	95	98	94	100	94	-	78	98	27	82	100	94	62	88	40	99	99	91	-	94
	AG-17	97	83	90	63	97	-	100	86	100	93	96	91	100	-	99	-	93	99	96	95	-	-	94	-	60	94	95	99	100	-	71	94	-	-	99
	AG-19	95	93	93	91	97	-	100	96	96	91	96	95	100	-	100	92	95	95	96	96	-	84	95	20	97	93	96	94	89	47	91	90	96	-	97
	MA-15	97	38	79	95	92	-	85	98	100	96	96	94	75	-	92	87	100	97	96	98	-	-	95	-	79	98	100	100	56	-	98	100	-	-	96
	AG-13	92	-	97	70	91	-	86	94	94	96	97	98	92	-	97	97	93	90	92	90	-	50	97	-	87	96	100	86	50	-	92	96	-	-	91
	AG-14	95	91	99	99	94	-	87	91	97	95	97	96	88	-	98	87	96	88	92	95	-	-	97	-	76	100	94	92	87	-	99	91	90	-	93
	RArun1	97	-	94	90	79	-	88	87	89	96	96	84	-	-	96	-	97	89	97	99	-	-	96	-	-	91	94	97	-	-	91	85	-	-	98
	TU-02	97	-	94	97	89	-	-	95	97	93	97	98	-	-	96	-	97	90	96	98	-	-	96	-	-	97	94	92	100	-	-	92	-	-	95
	TU-14	-	100	60	90	67	-	81	75	94	22	69	85	-	-	98	-	-	44	99	87	-	93	91	-	-	98	-	90	100	-	17	-	-	-	92
	FTU	90	67	82	77	90	-	74	95	91	93	94	94	-	-	93	-	93	97	90	92	-	-	94	-	-	91	93	94	95	-	88	100	-	-	94
	TU-12	97	50	84	77	93	-	79	96	97	97	95	61	94	-	97	95	95	88	98	97	-	-	96	-	-	100	90	94	91	91	93	93	93	-	97
	TU-16	93	-	75	98	100	-	75	86	97	85	81	100	-	-	91	-	100	79	96	100	-	-	92	-	60	96	-	68	-	-	13	100	-	100	97
	M-3	97	61	80	64	90	-	85	98	98	98	99	98	93	-	98	84	97	82	98	99	21	64	98	31	49	100	100	95	96	13	98	97	87	-	100
	M-4	88	-	88	99	95	-	72	100	90	98	92	88	-	-	100	-	80	29	82	92	-	-	91	-	-	90	85	85	100	-	-	100	-	-	86
	AG-08	97	85	91	91	97	-	87	96	98	95	98	96	91	-	96	94	95	76	97	98	23	91	100	39	74	97	95	100	96	42	99	94	91	-	98
	AG-09	27	80	93	93	-	-	88	-	94	-	100	67	-	-	95	93	-	82	91	87	-	85	-	-	-	92	89	92	100	-	-	90	-	-	-
	AG-10	98	59	49	97	84	-	92	97	97	98	98	98	100	-	98	60	90	94	99	98	-	31	98	36	73	95	99	98	97	-	94	96	-	-	99
	AG-11	72	54	38	97	91	-	97	97	100	92	97	96	33	-	99	-	60	99	99	98	-	17	99	-	54	96	97	100	97	-	14	83	-	-	99
	RArun2	99	69	88	94	96	-	88	95	98	96	96	96	90	-	96	87	96	90	97	96	27	68	95	24	84	100	94	95	93	-	95	94	88	-	98
	RArun3	95	68	85	93	86	-	98	95	97	94	96	95	90	-	97	87	96	59	94	96	42	55	99	35	81	98	95	96	91	-	93	93	-	-	96
	RArun4	99	44	83	96	81	-	96	95	98	97	95	99	100	-	99	88	100	99	96	97	41	55	92	35	85	99	99	97	97	-	96	95	-	-	100
	QSnom3	31	97	87	92	33	-	92	-	96	-	86	36	83	-	94	46	19	95	95	90	-	95	90	-	-	96	85	97	96	91	89	73	-	-	43
	RTiti1	71	37	35	96	80	-	99	90	100	86	95	89	25	-	97	-	52	99	97	96	-	5	94	-	49	100	93	99	93	-	6	81	-	-	94
	RTiti2	64	37	39	92	86	-	92	91	97	89	94	92	-	-	97	20	51	93	96	95	-	8	93	-	57	100	94	96	93	-	5	81	-	-	96
	TIT-1	99	95	100	87	53	71	89	94	95	73	96	89	-	-	95	-	92	95	94	95	-	35	96	-	-	93	75	92	100	-	21	63	-	20	98
	TIT-2	5	30	32	100	10	-	93	97	93	63	94	21	-	-	95	-	32	96	94	94	-	25	95	13	-	95	70	93	97	-	-	8	-	-	94
	QChil-1	47	94	94	93	-	-	87	-	93	17	-	86	-	-	94	82	-	86	93	43	-	83	-	31	-	97	95	94	-	-	-	82	-	-	-
	TIT-3	9	31	46	95	23	-	93	94	94	87	95	47	-	-	93	-	49	100	95	92	-	21	94	-	-	94	81	95	94	-	-	24	-	-	92
	RChiq	86	-	88	100	-	-	96	-	100	-	100	-	-	-	94	62	35	68	96	80	-	86	-	-	-	88	89	76	-	-	-	100	-	-	-
	TIT-4	2	22	21	98	24	-	93	97	94	86	94	62	-	-	99	-	31	94	93	96	-	13	94	-	18	93	96	93	69	83	11	24	-	-	100
	VIZ-4	37	98	94	85	-	-	97	-	94	64	63	100	-	-	99	80	47	100	90	97	-	90	-	-	-	93	86	94	100	-	14	100	-	100	-
	CORA-1	0	46	12	95	2	-	92	90	98	17	94	13	-	-	94	-	-	98	96	94	-	58	92	-	-	100	32	97	75	-	-	5	-	-	93
	QToto	26	-	99	87	-	-	87	-	100	33	-	-	-	-	99	65	60	-	98	74	-	77	-	-	-	100	100	100	-	-	-	84	-	-	100
	RCora1	0	55	5	87	-	-	92	64	96	1	82	4	-	-	93	-	-	96	98	92	-	62	81	-	83	95	52	98	87	-	-	4	-	38	26
	RCora2	2	59	8	85	-	-	85	62	89	3	78	5	-	-	91	-	3	90	90	86	-	73	77	-	-	89	47	90	89	-	-	17	-	29	13
	RCora3	9	65	16	91	-	-	86	71	89	11	82	12	-	-	93	-	10	90	90	88	-	78	81	-	-	88	57	92	90	-	-	26	-	33	24
	RCora4	7	62	14	90	14	-	91	64	95	8	80	10	-	-	94	-	8	94	97	91	-	78	80	-	-	94	55	94	90	-	-	26	-	33	18
	QE-36	11	72	19	87	17	-	87	69	89	13	82	15	-	-	93	31	12	89	91	88	-	78	81	-	-	88	61	91	89	-	-	36	-	60	26
	RJavi	47	67	95	95	-	-	81	75	95	38	78	-	-	-	96	92	-	51	93	86	-	76	-	-	-	97	100	92	-	-	-	30	-	-	-
	QSoro	18	80	91	80	50	-	87	40	93	44	25	70	-	-	94	86	32	-	86	41	-	80	-	-	43	96	100	98	77	8	-	29	-	-	40

(-)	Porcentaje no calculado debido a que su concentración fuer menor al límite de detección		Forma disuelta del metal mayor al 50 % del total		Forma disuelta del metal menor al 50 % del total		Forma disuelta igual al 50 % del total

Tabla 2. Porcentaje de metales disueltos de los puntos de muestreo en manantiales, fuentes termales, agua residual industrial y agua subterránea

Tipo	Código	Al	Sb	As	Ba	Be	Bi	B	Cd	Ca	Ce	Co	Cu	Cr	Sn	Sr	P	Fe	Li	Mg	Mn	Hg	Mo	Ni	Ag	Pb	K	Se	Na	Ta	Ti	Th	U	Va	W	Zn
		(%)																																			
Manantiales	FTuca5	79	87	93	88	-	-	84	-	93	80	-	-	-	-	93	86	-	84	74	68	-	66	-	-	64	95	96	93	-	-	-	75	-	-	75
	FTuca6	100	73	68	86	-	-	86	-	91	100	-	-	-	-	69	95	-	96	94	75	-	50	-	-	-	92	71	86	-	-	-	80	-	-	-
	FTuca1	97	100	100	88	93	-	91	-	99	98	94	90	-	-	92	-	94	97	95	96	-	-	98	31	-	93	89	95	33	-	-	-	-	-	96
	FTuca2	92	-	100	100	80	-	57	100	95	97	93	-	-	-	99	-	83	85	91	95	-	-	92	-	-	85	96	91	100	-	-	80	-	-	99
	FTuca3	99	-	83	89	99	-	78	95	96	93	100	-	-	-	97	-	100	95	99	99	-	-	96	-	-	100	94	98	50	-	-	75	-	-	95
	MT-36	98	100	96	-	98	-	-	95	99	99	97	96	96	-	97	98	97	95	98	98	-	84	97	-	79	99	95	100	96	90	95	95	96	-	97
	MT-37	95	93	99	56	98	-	-	98	95	99	96	98	97	-	97	94	95	97	96	99	-	98	97	-	-	62	98	93	96	80	80	95	99	-	98
	MT-38	100	-	94	100	94	-	100	98	98	100	95	94	95	-	94	100	96	95	100	96	-	-	95	-	73	98	97	97	92	100	95	97	98	-	96
	MT-25	90	100	81	98	-	-	100	100	98	-	56	-	-	-	96	57	67	80	96	79	-	-	-	37	-	98	-	83	-	-	-	-	-	-	-
	MT-26	99	-	77	98	95	-	-	100	95	98	95	83	-	-	100	-	93	94	94	95	-	-	95	-	-	100	98	100	100	-	-	-	-	-	99
	MT-27	99	-	50	95	99	-	75	100	95	99	100	94	-	-	95	-	88	98	99	99	-	-	100	-	88	100	97	92	91	-	60	100	-	-	96
	MT-42	99	100	98	96	94	-	82	92	96	97	96	97	-	-	99	99	94	99	96	96	-	-	96	-	-	95	96	95	96	94	93	96	-	80	96
	MT-43A	97	83	20	79	100	-	100	94	95	100	95	95	70	-	92	38	90	96	98	95	-	-	96	-	31	95	94	95	89	97	96	89	17	100	96
	MT-44	95	92	96	97	94	-	86	100	99	97	96	95	50	-	97	98	98	97	96	98	-	-	96	-	-	100	98	95	97	100	50	96	97	-	99
	MT-47	91	16	92	98	100	-	100	96	93	93	93	92	100	-	93	100	92	97	100	93	-	-	93	-	-	92	94	90	93	95	96	92	88	-	91
	FTuca4	98	72	98	97	94	-	88	99	99	99	100	96	67	-	98	99	99	97	98	98	-	-	99	-	84	98	94	100	95	92	67	94	98	-	99
	MT-50	95	97	97	83	92	-	75	97	93	97	96	96	95	-	97	96	97	96	97	96	-	95	96	-	84	94	95	94	94	90	96	96	97	-	97
	MT-51	100	98	98	86	99	-	83	95	100	100	94	97	100	-	100	94	99	98	99	100	-	82	100	-	99	96	95	100	98	78	100	100	100	-	97
	MT-BO4	46	100	94	91	100	-	89	25	94	-	94	-	-	-	98	-	100	98	94	92	-	-	-	29	-	97	-	93	-	-	91	-	-	-	100
	MT-BO5	95	100	94	91	94	99	90	94	96	94	92	92	93	100	94	95	99	90	94	93	-	91	92	-	92	94	90	94	92	95	99	98	93	88	94
	MT-31	95	60	53	90	100	-	78	84	96	99	96	98	67	-	95	52	98	98	95	95	-	-	95	-	77	96	99	92	94	24	90	83	71	-	95
	MT-32	95	-	93	96	99	-	73	96	94	95	93	84	-	-	94	98	90	92	100	92	-	-	93	-	92	97	98	79	100	-	71	95	-	-	100
	MT-33	95	-	82	81	93	-	80	94	95	99	94	97	50	-	94	73	94	93	93	94	-	-	94	-	42	96	92	67	50	-	53	99	-	-	95
	MT-34	99	-	75	96	96	-	-	93	96	93	99	100	-	-	97	82	96	93	99	98	-	-	99	-	-	95	96	97	-	-	-	-	-	-	98
	MT-35	94	65	100	96	97	-	75	93	100	96	96	-	100	-	99	98	93	86	99	100	-	85	97	-	93	92	89	76	66	-	32	97	92	-	94
	FTuca7	77	-	14	68	96	-	58	96	93	69	98	84	-	-	97	-	55	99	96	96	-	-	98	-	10	94	83	98	88	-	-	43	-	-	100
	MT-01	94	20	100	81	95	-	-	95	96	99	96	95	96	-	95	95	94	96	94	94	-	-	96	-	52	92	97	94	95	89	94	95	-	-	99
Agua residual industrial	FBO-1	87	-	96	89	97	-	83	98	87	96	94	86	97	-	78	89	86	89	86	85	-	93	95	-	96	85	97	86	93	-	86	100	81	-	86
	MT-46	98	76	98	-	92	-	97	92	99	95	98	98	96	-	92	93	98	93	98	99	-	39	98	-	95	56	92	95	-	44	93	97	90	66	98
	PS-01	79	-	67	84	-	-	57	94	84	14	93	91	100	-	82	-	66	80	83	82	-	79	94	-	83	81	44	83	-	-	85	86	-	-	96
	MT-55	98	97	98	88	99	-	89	93	92	99	99	99	99	-	98	78	97	96	97	98	-	87	98	-	92	91	99	95	80	-	97	98	97	-	99
	PS-02	15	-	83	96	-	-	70	96	97	28	96	71	75	-	98	-	83	90	99	97	-	96	94	-	85	96	97	97	92	-	-	83	-	-	100
	ARI-04	100	100	96	65	93	92	94	96	93	92	93	100	92	91	99	100	92	96	100	99	-	98	94	-	96	99	94	93	97	97	94	93	100	58	91
	ARI-05	98	98	98	88	90	94	88	97	96	97	97	98	96	-	91	95	98	97	97	97	-	100	97	-	94	91	97	89	92	77	98	98	98	-	99
	MT-BO6	92	92	93	71	87	77	75	92	87	89	93	92	92	-	92	85	92	92	93	91	-	86	93	-	89	87	99	89	89	-	93	89	92	-	93
	PSS-01A	10	-	91	85	8	-	91	96	93	8	80	12	100	-	91	-	34	91	92	84	38	84	75	-	19	93	72	100	89	-	100	56	-	-	21
	ARI-08	34	95	92	98	-	-	91	94	97	30	97	92	100	-	96	-	65	88	96	97	94	94	97	-	44	98	92	98	94	-	100	89	-	96	93
	ARI-07	47	99	83	93	-	-	94	95	90	-	96	99	80	-	98	-	57	49	100	97	100	94	95	-	40	96	98	96	91	-	98	89	-	91	96
	ARI-14	-	97	92	92	-	-	90	92	97	-	78	46	100	-	99	-	20	82	86	-	82	98	94	7	21	99	95	95	54	-	95	83	-	89	97
	ARI-13	75	97	94	80	-	-	99	65	93	-	67	44	100	-	97	-	22	93	71	73	98	95	99	96	50	95	93	98	77	-	84	84	-	99	98
	ARI-11	48	94	79	96	-	-	96	96	95	40	96	95	80	-	94	-	80	82	93	93	89	94	96	48	53	96	94	94	100	-	92	94	-	96	97
	ARI-10	18	99	95	86	-	-	95	98	97	25	91	91	100	-	96	-	78	76	92	91	96	92	99	50	23	92	95	91	95	-	90	97	-	89	98
	ARI-09	34	99	84	68	8	-	96	44	91	-	99	80	75	-	92	-	31	92	100	92	28	97	100	34	1	98	93	97	43	-	88	97	-	87	19
	TU-06	22	-	5	91	36	-	96	88	100	28	99	65	75	-	92	-	21	86	93	98	70	66	98	4	87	99	78	95	67	-	80	67	-	-	95
Fuentes termales	FTiti1	35	90	86	90	61	-	93	-	92	-	56	-	71	-	93	51	34	90	96	92	-	98	86	65	-	96	99	93	94	92	82	-	-	-	53
	FQuell	19	80	43	86	64	-	92	-	92	-	-	-	67	-	93	31	31	89	93	88	-	92	86	-	-	94	83	92	-	-	70	-	-	-	54
	FPBello	24	59	91	86	71	-	83	-	88	-	-	-	83	-	88	72	75	87	89	85	-	94	80	27	-	88	84	87	-	29	98	-	-	66	-
	FTiti3	23	74	95	93	71	-	88	-	92	-	60	-	80	-	93	69	100	91	90	90	-	72	96	21	-	90	57	91	33	86	2	-	-	62	80
Agua subterránea	PZ-N1	11	30	69	66	-	-	88	75	94	15	75	19	-	-	95	65	11	85	90	94	-	48	-	-	7	94	70	90	79	18	33	90	-	-	88
	P-15	17	-	91	42	50	-	94	67	99	8	82	31	-	-	99	80	92	90	94	97	-	38	-	-	3	97	91	91	-	-	-	88	-	-	35
	P-17	43	38	89	64	-	-	88	60	97	8	89	9	-	-	100	31	7	87	94	93	-	92	88	-	1	100	31	93	85	-	11	78	-	100	35
	P-3	2	63	40	9	2	-	98	46	91	0	77	16	52	-	87	49	0	95	87	81	41	100	76	-	0	90	96	90	14	3	-	32	-	79	42
	P-1	3	93	58	42	-	-	89	78	95	-	70	44	50	-	97	80	2	77	90	89	-	91	58	-	1	93	78	92	25	-	-	50	-	98	89
	PZ-S1	4	12	32	58	13	-	66	93	89	82	95	100	-	-	97	0	93	93	87	94	-	-	97	-	11	89	91	86	-	-	21	100	-	-	99
	P-10	23	67	20	62	100	-	92	81	98	13	96	14	87	-	100	23	2	96	97	97	-	95	94	-	2	100	97	96	-	-	15	44	-	36	48
	P-13	35	92	90	84	-	-	91	57	97	-	95	74	67	1	97	94	-	95	95	88	-	97	87	-	4	96	59	92	48	68	13	85	-	36	54

(-) Porcentaje no calculado debido a que su concentración fuer menor al límite de detección.

Forma disuelta del metal mayor al 50 % del total

Forma disuelta del metal menor al 50 % del total

Forma disuelta igual al 50 % del total

Tabla 2. Porcentaje de metales disueltos de los puntos de muestreo donde se establecieron transectos de colecta de fauna herpetológica

Tipo		Afloramiento			Bofedal		Laguna
Código		CO-HE-V1	CO-HE-V6	CO-HE-V11	AR-HE-T2	BL-HE-T1	BL-HE-V8
Al	%	9	1	15	99	67	29
Sb		80	96	98	-	-	41
As		17	95	97	55	88	73
Ba		89	78	94	97	98	9
Bo		94	92	98	-	-	92
Cd		100	-	-	80	-	-
Ca		99	98	97	97	100	92
Ce		-	-	-	90	-	29
Co		97	75	84	92	94	59
Cu		48	20	91	89	-	32
Sr		0,01	0,01	0,01	99	97	76
P		-	23	-	-	-	40
Fe		12	-	-	47	86	20
Li		100	96	100	98	96	-
Mg		100	95	97	100	98	81
Mn		0,01	35	84	0,01	0,01	20
Mo		79	87	87	-	-	65
Ni		94	-	-	96	-	-
Pb		-	-	-	-	-	38
K		92	100	100	100	98	100
Se		-	99	100	83	-	-
Na		96	99	99	100	100	94
Ta		80	50	100	67	-	-
Ti		11	-	-	-	-	-
U		100	87	87	-	-	-
Zn		73	-	67	100	-	56
(-)	Porcentaje no calculado debido a que su concentración fuer menor al límite de detección						
	Forma disuelta del metal mayor al 50 % del total						
	Forma disuelta del metal menor al 50 % del total						
	Forma disuelta igual al 50 % del total						

d) Análisis de muestras duplicadas

Las muestras duplicadas en puntos de agua superficial (TU-21,AG-27,P-9,RTiti2 y QE-36), agua residual industrial (PS-01 y PS-02), agua subterránea (P-1) y fuentes termales (FQuell) obtuvieron un DPR menor a 20% en la mayoría de los puntos tal como se aprecia en la Figura 5. Se aprecia los puntos alineados en la línea 45° lo que representa la equivalencia entre la muestra original y el duplicado. Mayor detalle de los datos se encuentran en el Anexo 3.1.

e) Análisis de blancos

Los resultados de análisis de blancos se muestran en el Anexo 3.1 donde todos los valores de metales totales se encontraron por debajo de límite de detección. Cabe indicar que los blancos de campo y viajero corresponden a muestras desionizadas y preservadas de la misma forma que las muestras tomadas en los cuerpos de agua monitoreados.

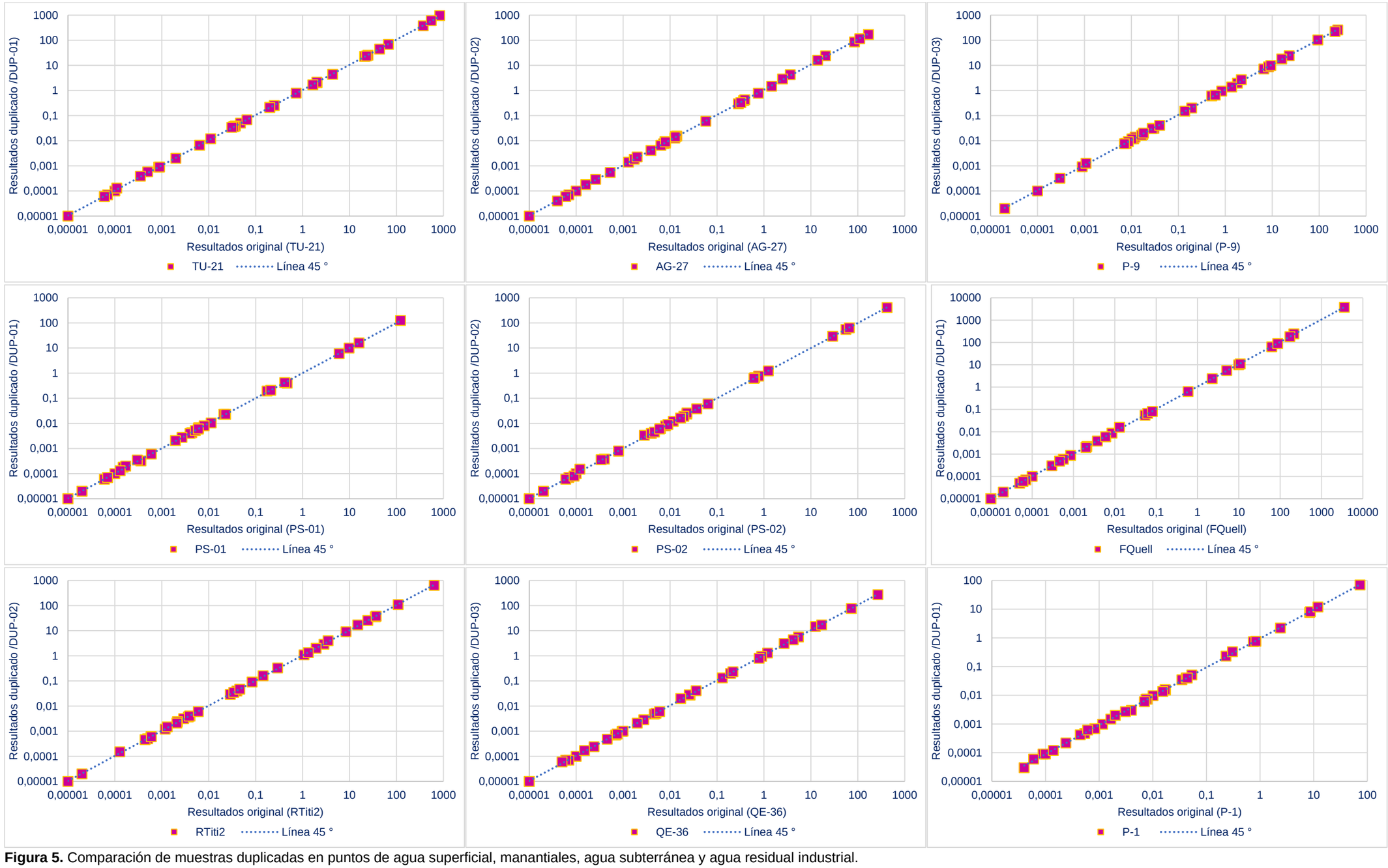


Figura 5. Comparación de muestras duplicadas en puntos de agua superficial, manantiales, agua subterránea y agua residual industrial.

1.2. Hidroquímica

a) Error balance iónico (EBI)

Las diferencias de las sumas de aniones y cationes en meq/L se debe a errores acumulados en cada determinación individual, para determinar el error de un balance iónico se utilizó la la ecuación de Appelo et al., 2005[3].

Según Sarmiento (2014)[4] los errores mayores al 10 % de hasta 20 % estaría asociados a aguas afectadas por drenaje acido, donde el anión predominante es el sulfato y errores menores al 10 % para aguas no afectadas.

Para el analisis hidroquímico se ha considerado todos los datos, ya que a pesar de tener algunos puntos con EBI mayores al 20 % tal como se muestra en las Figuras 6 y 7, tuvieron buenas correlaciones de relación entre conductividad y solidos disueltos totales ,relación entre conductividad y la suma de aniones y cationes. Asimismo, en dichos puntos el mayor error estaría asociado a la baja concentración en meq/L de los iones.

Mayor detalle de los calculos se encuentran en Anexo 3.1.

b) Diagramas Hidroquímicos

- **Diagrama de Piper**

De acuerdo al diagrama de Piper en la Figura 8 el cual considera los iones mayoritarios de Ca^{+2}, Mg^{+2}, Na^{+} y K^{+}, $SO4^{-2}$, Cl^{-} y HCO_3; en las zonas de Queullirijahuiri, Margaritani y Paccha-Aruntaya predomina el $SO4^{-2}$ y Ca^{+2}, salvo los piezómetros los cuales presentaron diferentes fascie: P-17 tipo bicarbonatada sódica, P-13 y P-3 clorurada sódica y P-1 bicarbonatada cálcica.

En la Figura 9 se observa que los cuerpos de agua en la zona de Aruntaya son tipo sulfatada calcicas o sodica a excepción de los manantiales FTuca 5 y FTuca 6 que son de fascie clorurada sodica, los cuerpos de agua en los ríos Titire y Coralaque corresponden a aguas tipo clorurada sódica.Respecto a las quebradas o ríos aportantes al curso principal de los ríos Aruntaya, Titire, Coralaque (Chilota, Chiquirani,Totorani, Javira, Soropatilla y Vizcacha) son de fascie bicarbonatada calcica o sodica y la quebrada sin nombre tipo clorurada sodica.

Las muestras de agua donde se establecieron transectos de fauna herpetológica corresponden a 3 tipos de fascies: la laguna es de fascie bicarbonatada calcica sodica, el bofedal de fascie sulfatada calcica y los afloramientos que aportan al río Coralaque son de fascie sulfatada calcica (CO-HE-V1 y CO-HE-V6) y clorurada sodica (CO-HE-V11) tal como se aprecia en la Figura 10.

[3] Appelo, C. & Postma, D. (2005). Geochemistry, Groundwater and Pollution. 2nd Edition, Balkema, Rotterdam. https://doi.org/10.1201/9781439833544.

[4] Sarmiento, A. (2014). Estudio de la contaminación por drenajes ácidos de mina de las aguas superficiales en la cuenca del río Odiel (tesis para obtener el grado de doctor). Universidad de Huelva. España.

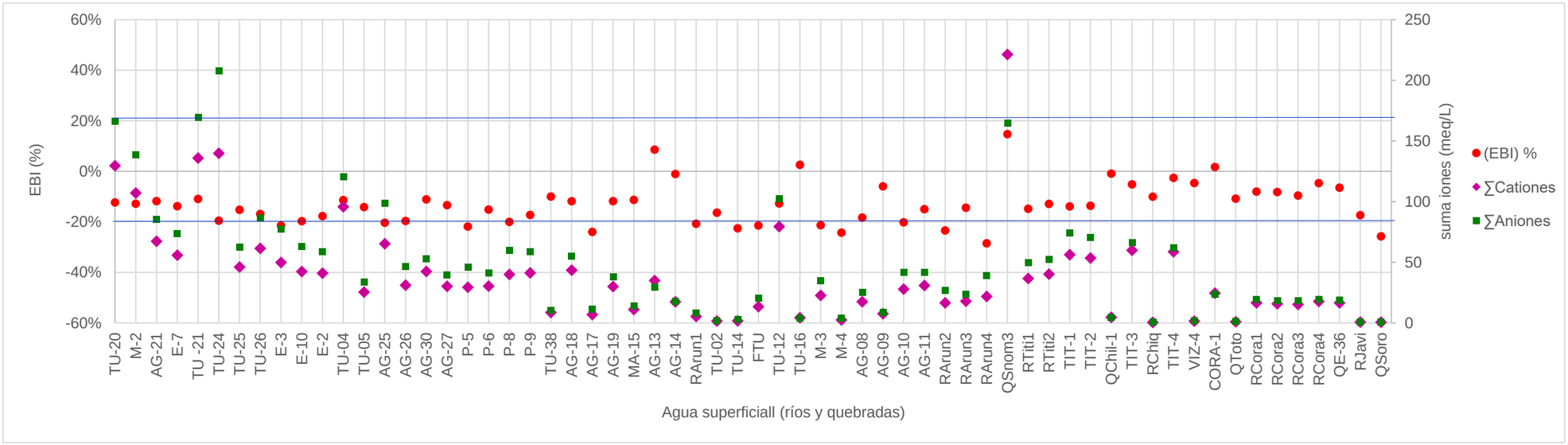


Figura 6. Balance iónico en puntos de agua superficial en ríos y quebradas

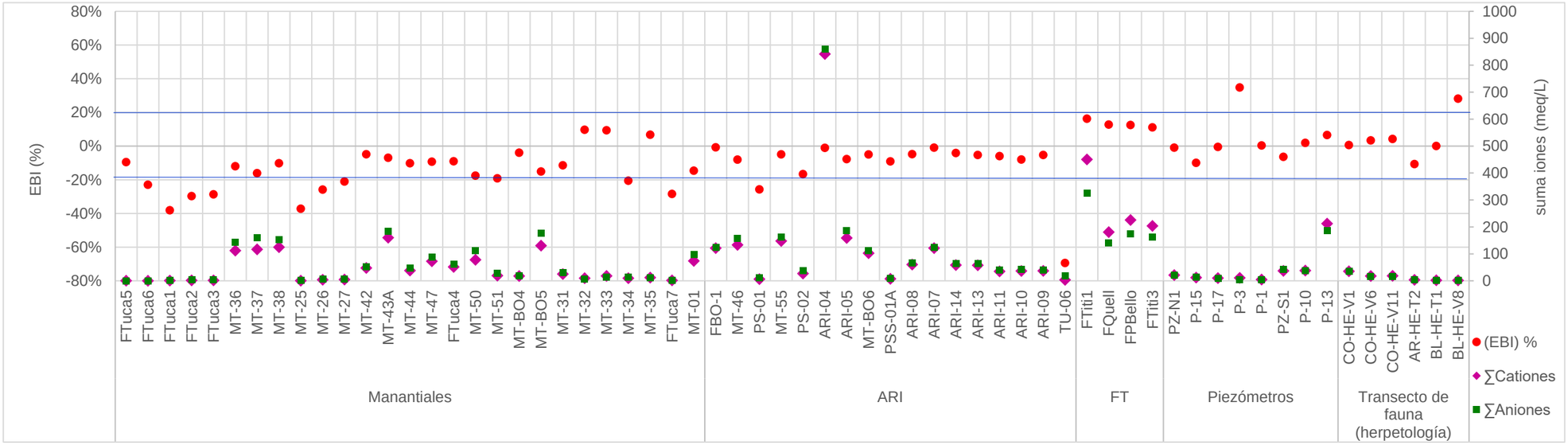


Figura 7. Balance iónico en puntos de manantiales, agua residual industrial, fuentes termales, agua subterránea y cuerpos de agua en los transectos de Herpetología.
ARI : agua residual industrial, FT: fuentes termales.

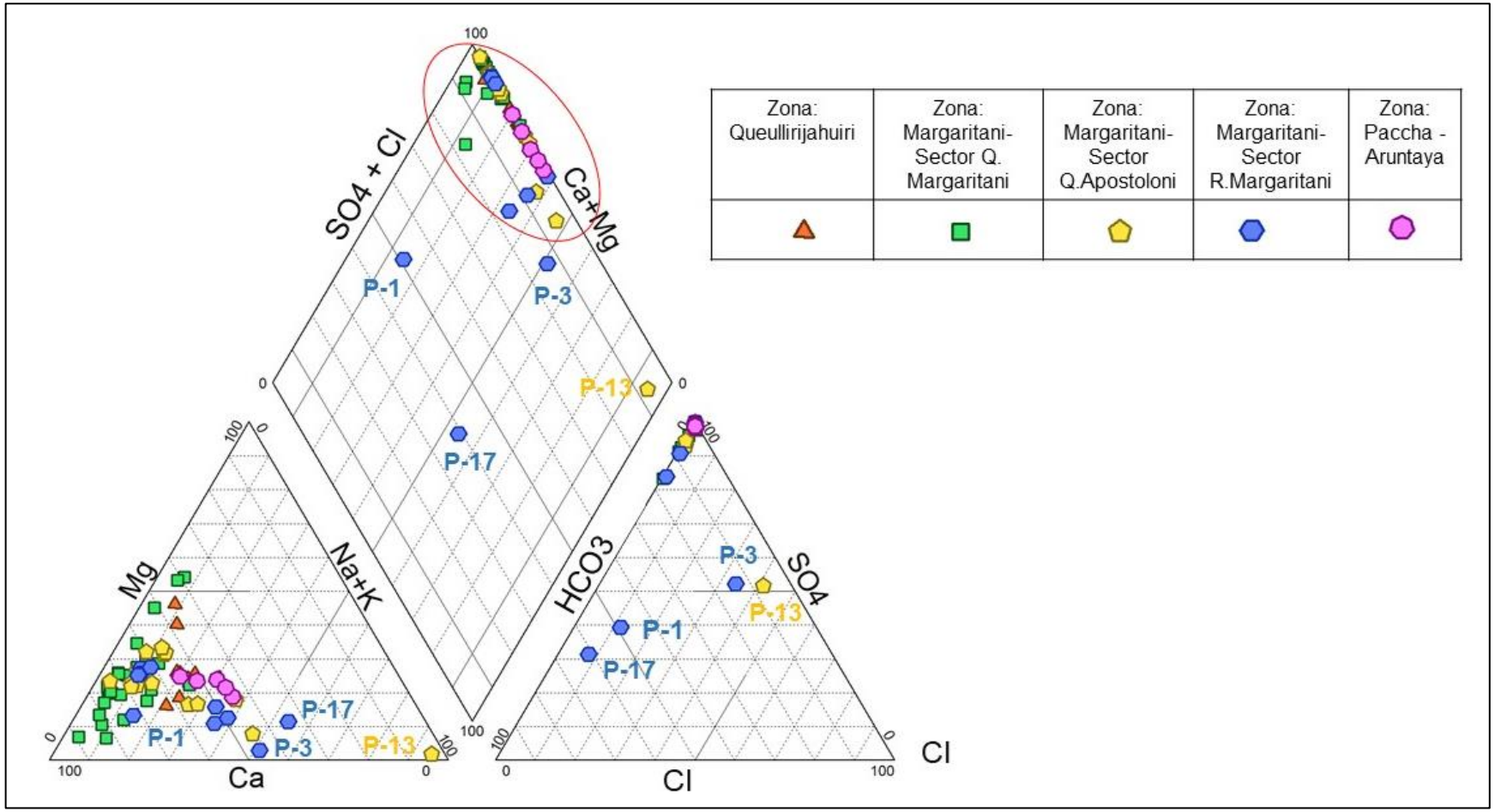


Figura 8. Diagrama de Piper de los puntos de muestreo en la zona Queullirijahuiri, zona Margaritani y zona Pacha-Aruntaya

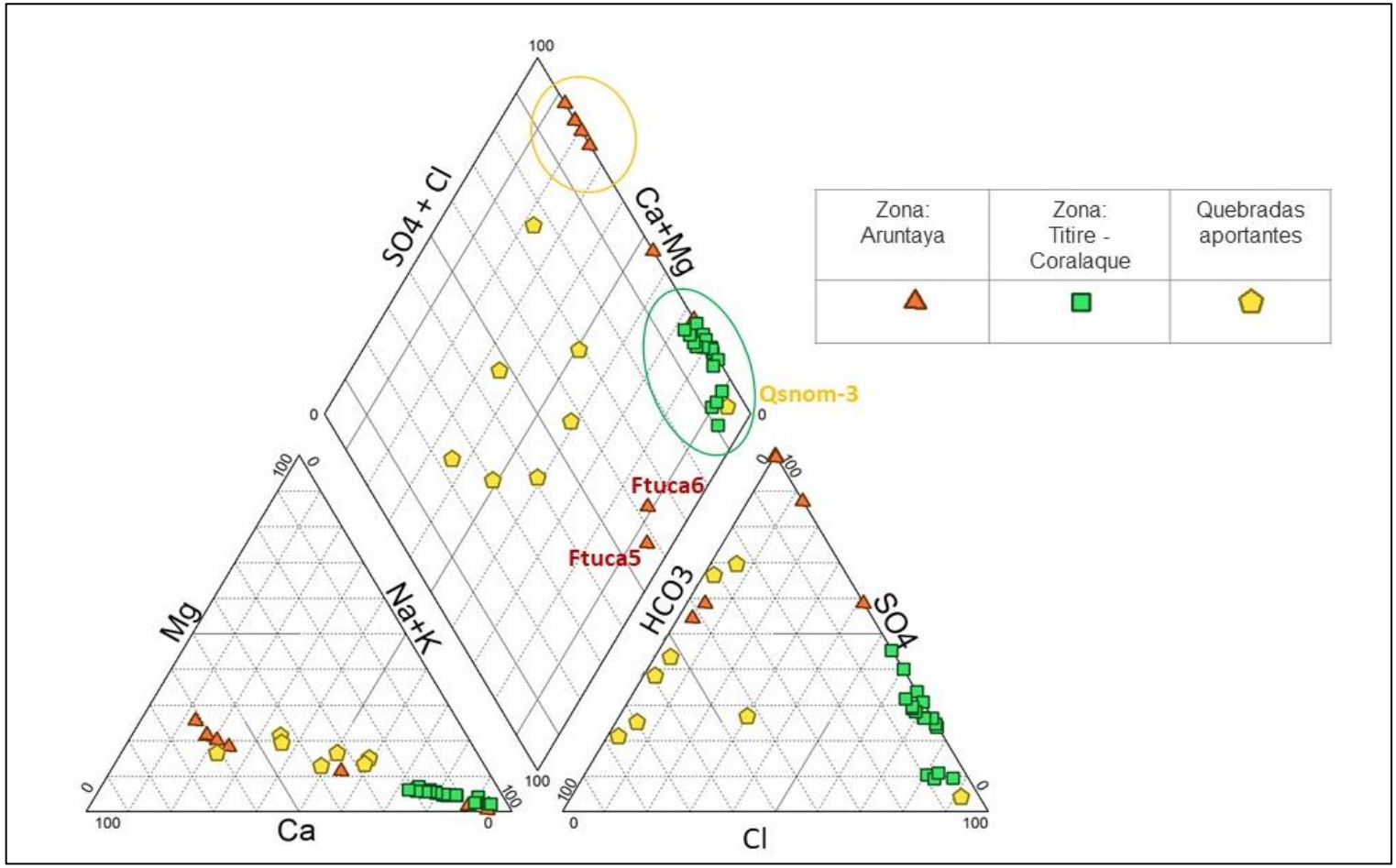


Figura 9. Diagrama de Piper de los puntos de muestreo en la zona Aruntaya y Titire - Coralaque

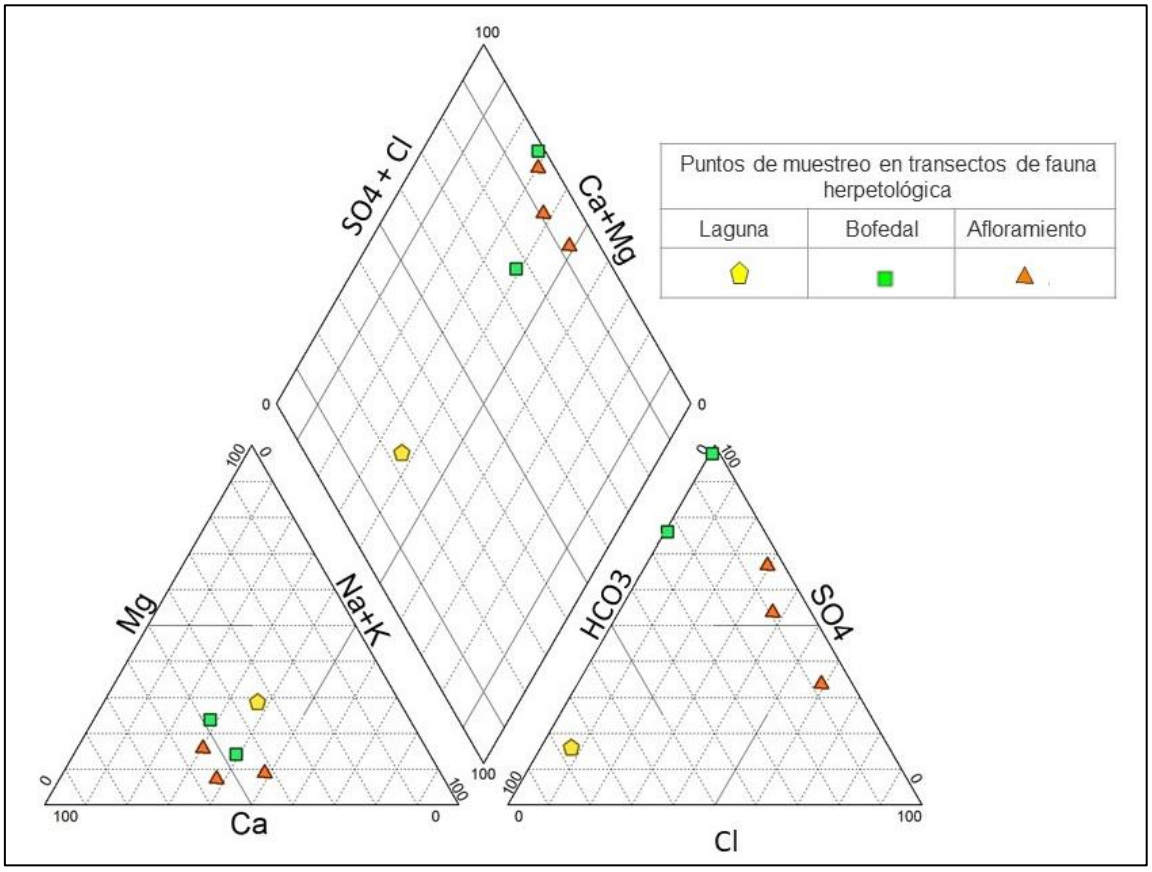


Figura 10. Diagrama de Piper de los puntos de muestreo en transectos de fauna herpetológica

- **Diagrama de Stiff y concentración de iones mayoritarios**

De manera general de acuerdo a los diagramas de Piper (Figura 8, 9 y 10) se diferencia el predominio de los iones $SO4^{-2}$ y Cl^{-} sin embago, los cationes predominantes fueron Al^{3+} y Fe^{2+} por lo cual se realizó diagramas de stiff de forma porcentual para diferenciar las variaciones y concentraciones de los iones a lo largo del cursos principal de la unidad hidrografica Coralaque.

De acuerdo a la Figura 11 las quebradas Queullirijahuiri, Margaritani y Apostoloni tienen predominancia de los iones SO_4^{2-} y Al^{2+} sin embargo, se resalta un incremento del hierro en la quebrada Margaritani en el punto TU-24. A continuación de describe los rangos en meq/L los que a su vez se detallan en la Tabla 5:

- En la quebrada Queullijahuire el rango de la suma de aniones fue de 4,2 a 31,8 meq/L y de cationes 4,2 a 33,2 meq/L. El punto con menor concentración de iones fue el TU-16 y el de mayor el MT-31.
- En la quebrada Margaritani el rango de la suma de aniones fue de 2,3 a 207,7 meq/L y de cationes 1,0 a 158,0meq/L. El punto con menor concentración de iones fue el TU-02 y el de mayor el TU-04.

- En la quebrada Apostoloni el rango de la suma de aniones fue de 1,1 a 161,4 meq/L y de cationes 0,5 a 123,0 meq/L. El punto con menor concentración de iones fue el MT-25 y el de mayor el MT-37.
- En el río Margaritani el rango de la suma de aniones es 2,62 a 63,2 meq/L y de cationes 1,59 a 41,5 meq/L. El punto con menor concentración de iones fue el TU-14 y el de mayor el E-10.

Respecto a las características hidroquímicas de la parte media y baja de la unidad hidrográfica Coralaque en la Figura 12 se aprecia la predominancia de los iones SO_4^{2-} y Ca^{2-} en los ríos Javira y Aruntaya. En el tramo del río Queullirijahuiri-Aruntaya después de la confluencia y antes del aporte de fuentes termales en el río Titire los iones SO_4^{2-} y Al^{3+} fueron los predominantes. Sin embargo, posterior al aporte de fuentes termales en el río Titire - Coralaque predominaron los iones Cl^-, SO_4^{2-} y Na^+. El río Vizcarra presenta predominancia de los iones HCO^{3-} y Na^+. A continuación de describe los rangos en meq/L los que a su vez se detallan en la Tabla 6:

- En el río Javira antes de la confluencia con el río Queullijahuire la suma de aniones fue de 0,85 meq/L y cationes 0,58 meq/L. Asimismo, en el río Aruntaya antes de la confluencia con el río Queullijahuire la suma de aniones fue de 4,3 meq/L y cationes 2,37 meq/L.
- En el río Queullijahuire – Aruntaya la suma de aniones fue de 23,8 a 39,19 meq/L y de cationes 14,4 a 20,5 meq/L con concentraciones similares en el tramo.
- En el tramo del río Titire - Coralaque antes del aporte del río Vizcacha la suma de aniones fue de 18,40 a 11,7 meq/L y de cationes 10,35 a 19,4 meq/L con concentraciones similares en el tramo. El río Vizcacha antes de la confluencia con la quebrada Coralaque la suma de aniones fue de 1,56 meq/L y cationes 1,37 meq/L y en el río Coralaque posterior al aporte del río Vizcacha la suma de aniones fue de 9,63 a 19,42 meq/L y cationes 14,5 a 22,7 meq/L.

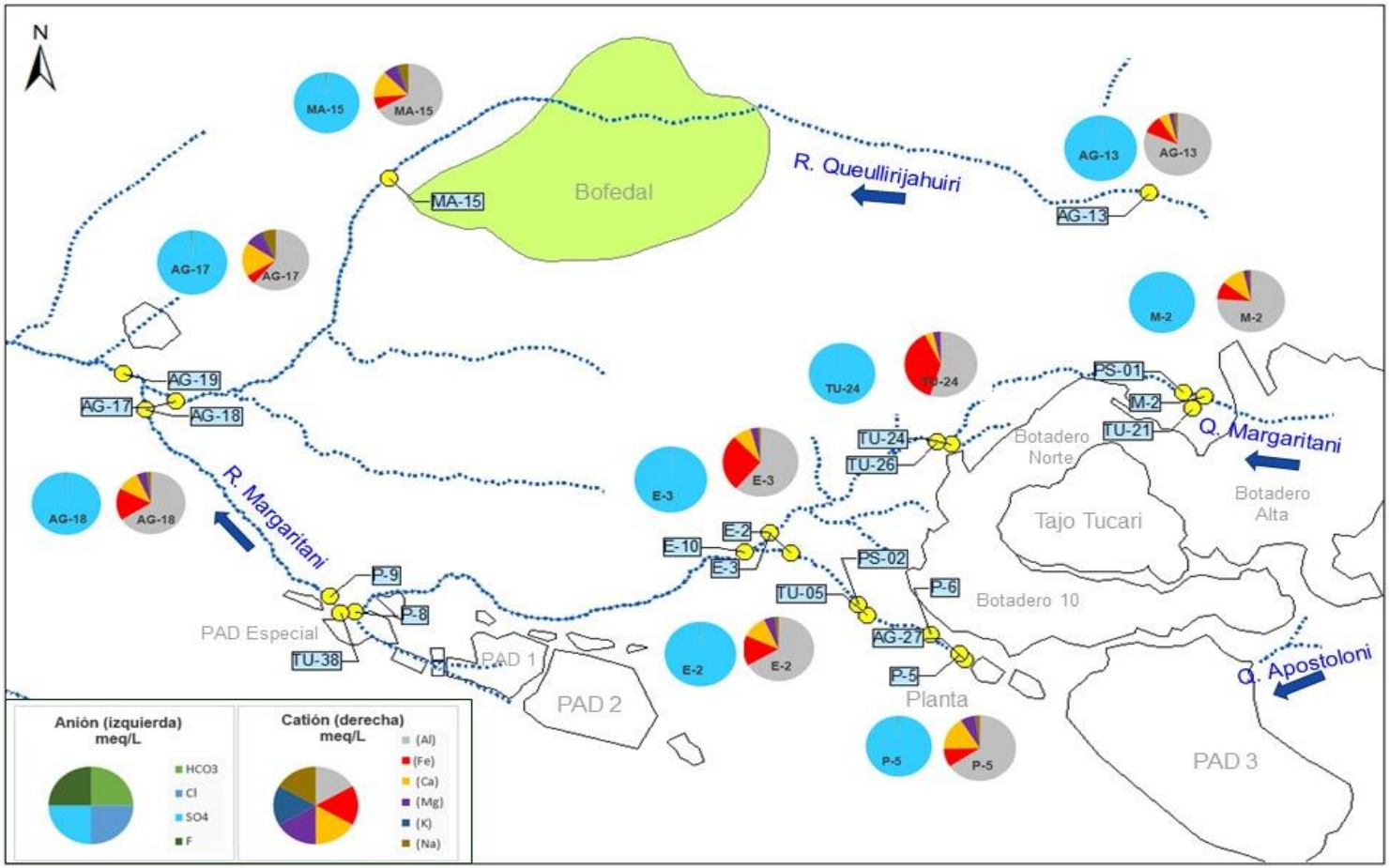


Figura 11. Característica hidroquímica de los ríos Queullirijahuiri, Apostoloni y Margaritani

Tabla 2. Fascie hidroquímicas en las quebradas Queullirijahuiri, Margaritani y Apostoloni

Zona	Código de Muestreo	(Al)	(Fe)	(Ca)	(Mg)	(K)	(Na)	∑Cationes	HCO3	Cl	SO4	F	∑Aniones	Fascie
		meq/L												
Zona: Queullirijahuiri	TU-16	0,03	0	1,9	1,93	0,07	0,28	4,21	0,09	0,01	3,91	0,01	4,02	SO4-Mg-Ca
		1%	0%	45%	46%	2%	7%	100%	2%	0%	97%	0%	100%	
	MT-33	13,45	0,06	2	1,67	0,06	0,43	17,68	0,02	0,02	14,93	0,03	15	SO4-Al
		76%	0%	11%	9%	0%	2%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	MT-34	5,39	1,54	1,3	0,34	0,05	0,39	9	0,02	0,02	14,74	0,04	14,82	SO4-Al
		60%	17%	14%	4%	1%	4%	100%	0%	0%	99%	0%	100%	
	MT-31	20,46	1,93	1,35	0,43	0,06	0,48	24,71	0,02	0,02	31,73	0,05	31,83	SO4-Al
		83%	8%	5%	2%	0%	2%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	AG-13	27,13	3,15	1,7	0,8	0,06	0,52	33,36	0,02	0,05	29,23	0,07	29,37	SO4-Al
		81%	9%	5%	2%	0%	2%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	MT-32	6,14	1	0,85	0,46	0,09	0,48	9,02	0,02	0,02	7,91	0,03	7,98	SO4-Al
		68%	11%	9%	5%	1%	5%	100%	0%	0%	99%	0%	100%	
	MT-35	6,06	2,72	0,6	0,3	0,06	0,22	9,96	0,02	0,02	10,43	0,02	10,5	SO4-Al
		61%	27%	6%	3%	1%	2%	100%	0%	0%	99%	0%	100%	
	AG-14	11,79	1,83	1,55	0,73	0,09	0,48	16,46	0,02	0,03	17,61	0,05	17,71	SO4-Al
		72%	11%	9%	4%	1%	3%	100%	0%	0%	99%	0%	100%	
	MA-15	6,97	0,68	1,45	0,65	0,1	0,52	10,38	0,02	0,03	13,8	0,04	13,89	SO4-Al
		67%	7%	14%	6%	1%	5%	100%	0%	0%	99%	0%	100%	
	AG-17	3,89	0,32	1,15	0,49	0,08	0,43	6,36	0,02	0,02	11,06	0,04	11,13	SO4-Al
		61%	5%	18%	8%	1%	7%	100%	0%	0%	99%	0%	100%	
Zona: Margaritani Sector de la quebrada Margaritani	TU-02	0,69	0,01	0,19	0,06	0,01	0,04	1,00	0,02	0,03	1,96	0,02	2,03	SO4-Al
		69%	1%	19%	6%	1%	4%	100%	1%	1%	97%	1%	100%	
	MT-42	27,24	3,8	12,28	2,02	0,09	0,83	46,25	0,02	0,1	52,41	0,19	52,72	SO4-Al
		59%	8%	27%	4%	0%	2%	100%	0%	0%	99%	0%	100%	
	MT-43A	118,64	19,95	14,52	3,92	0,15	0,87	158,04	0,02	0,1	183,64	0,28	184,04	SO4-Al
		75%	13%	9%	2%	0%	1%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	TU-20	95,51	13,39	13,52	3,63	0,01	0,83	126,89	0,02	0,11	165,71	0,28	166,13	SO4-Al
		75%	11%	11%	3%	0%	1%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	MT-47	43,92	9,1	13,22	3,59	0,12	0,83	70,77	0,02	0,11	87,05	0,24	87,42	SO4-Al
		62%	13%	19%	5%	0%	1%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	

Zona	Código de Muestreo	(Al)	(Fe)	(Ca)	(Mg)	(K)	(Na)	∑Cationes	HCO3	Cl	SO4	F	∑Aniones	Fascie
		meq/L												
	MT-44	22,02	8,2	5,59	0,88	0,12	0,83	37,63	0,02	0,07	46,72	0,16	46,97	SO4-Al
		59%	22%	15%	2%	0%	2%	100%	0%	0%	99%	0%	100%	
	M-2	79,61	9,6	11,48	3,05	0,06	0,83	104,63	0,02	0,11	138,25	0,28	138,67	SO4-Al
		76%	9%	11%	3%	0%	1%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	TU-21	89,28	18,98	17,81	5,27	0,01	0,87	132,23	0,02	0,1	168,73	0,49	169,35	SO4-Al
		68%	14%	13%	4%	0%	1%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	FTuca4	32,58	9,53	5,49	1,44	0,15	1,13	50,31	0,02	0,06	61,5	0,15	61,74	SO4-Al
		65%	19%	11%	3%	0%	2%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	AG-21	48,14	6,02	8,13	2,17	0,04	0,87	65,37	0,02	0,1	85,01	0,22	85,35	SO4-Al
		74%	9%	12%	3%	0%	1%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	MT-01	54,15	6,59	7,04	2,62	0,01	0,7	71,09	0,02	0,1	98,61	0,23	98,95	SO4-Al
		76%	9%	10%	4%	0%	1%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	E-7	39,69	4,44	6,44	2,1	0,02	0,91	53,6	0,02	0,1	73,39	0,19	73,7	SO4-Al
		74%	6%	9%	3%	0%	1%	94%	0%	0%	100%	0%	100%	
	MT-50	36,47	35,45	1,35	1,86	0,04	0,2	75,37	0,02	0,11	110,98	0,14	111,24	SO4-Al-Fe
		48%	47%	2%	2%	0%	0%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	MT-51	10,17	6,88	0,48	0,2	0,06	0,16	17,94	0,02	0,06	28,34	0,06	28,47	SO4-Al-Fe
		57%	38%	3%	1%	0%	1%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	TU-25	29,69	8,45	3,89	1,52	0,05	0,57	44,17	0,02	0,1	62,42	0,16	62,7	SO4-Al
		67%	19%	9%	3%	0%	1%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	MT-BO5	56,37	60,02	2,15	2,77	0,09	0,2	121,59	0,02	0,1	176,83	0,23	177,18	SO4-Fe-Al
		46%	49%	2%	2%	0%	0%	100%	0%	0%	282%	0%	283%	
	TU-24	74,72	51,71	5,04	4,44	0,01	0,36	136,27	0,02	0,11	207,29	0,35	207,78	SO4-Al-Fe
		55%	38%	4%	3%	0%	0%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	MT-BO4	0	0,08	15,67	1,2	0,08	0,61	17,64	1,4	0,06	17,78	0,06	19,3	SO4-Ca
		0%	0%	89%	7%	0%	3%	100%	7%	0%	92%	0%	100%	
	TU-26	35,25	17,05	3,79	1,88	0,05	0,52	58,53	0,02	0,1	86,07	0,18	86,38	SO4-Al
		60%	29%	6%	3%	0%	1%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	FTU	5,15	1	4,69	0,6	0,13	0,33	11,89	0,02	0,05	20,47	0,07	20,61	SO4-Al-Ca
		43%	8%	39%	5%	1%	3%	100%	0%	0%	99%	0%	100%	
	E-3	28,8	12,53	3,69	1,57	0,03	0,43	47,06	0,02	0,1	76,85	0,16	77,13	SO4-Al
		61%	27%	8%	3%	0%	1%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	

Zona	Código de Muestreo	(Al)	(Fe)	(Ca)	(Mg)	(K)	(Na)	∑Cationes	HCO3	Cl	SO4	F	∑Aniones	Fascie
		meq/L												
Zona: Margaritani Sector de la quebrada Apostoloni	MT-36	83,61	16,94	5,49	3,09	0,02	1,26	110,41	0,02	0,12	142,37	0,32	142,83	SO4-Al
		76%	15%	5%	3%	0%	1%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	MT-25	0	0	0,22	0,09	0,01	0,17	0,5	0,06	0,01	1,02	0,01	1,1	SO4-Ca-Na
		0%	0%	44%	18%	2%	34%	98%	5%	1%	93%	1%	100%	
	MT-26	1,6	0,28	1	0,29	0,07	0,4	3,63	0,02	0,02	6,75	0,02	6,81	SO4-Al
		44%	8%	28%	8%	2%	11%	100%	0%	0%	99%	0%	100%	
	MT-27	1,9	0,05	1,05	0,32	0,07	0,48	3,87	0,02	0,02	7,31	0,03	7,37	SO4-Al
		49%	1%	27%	8%	2%	12%	100%	0%	0%	99%	0%	100%	
	AG-26	21,13	4,4	2,94	1,07	0,07	0,61	30,22	0,02	0,06	46,1	0,11	46,29	SO4-Al
		70%	15%	10%	4%	0%	2%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	AG-27	18,57	3,83	4,24	1,68	0,06	0,61	28,99	0,02	0,06	39,31	0,11	39,5	SO4-Al
		64%	13%	15%	6%	0%	2%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	P-5	18,35	2,58	4,54	1,86	0,05	0,57	27,94	0,02	0,11	45,58	0,14	45,84	SO4-Al
		66%	9%	16%	7%	0%	2%	100%	0%	0%	99%	0%	100%	
	P-6	18,68	3,62	4,54	1,79	0,06	0,61	29,3	0,02	0,06	40,91	0,11	41,1	SO4-Al
		64%	12%	15%	6%	0%	2%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	TU-05	15,12	2,94	3,84	1,57	0,06	0,57	24,1	0,02	0,06	33,54	0,1	33,72	SO4-Al
		63%	12%	16%	7%	0%	2%	100%	0%	0%	99%	0%	100%	
	E-2	26,35	6,02	4,54	1,97	0,07	0,65	39,6	0,02	0,11	58,34	0,15	58,62	SO4-Al
		67%	15%	11%	5%	0%	2%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	AG-30	25,13	5,94	6,69	2,21	0,19	0,91	41,07	0,02	0,12	52,84	0,01	53	SO4-Al
		61%	14%	16%	5%	0%	2%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	TU-04	62,6	18,26	6,74	3,61	0,03	0,91	92,16	0,02	0,13	120,09	0,26	120,51	SO4-Al
		68%	20%	7%	4%	0%	1%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	AG-25	47,48	8,81	4,79	1,62	0,03	0,61	63,34	0,02	0,13	98,5	0,02	98,67	SO4-Al
		75%	14%	8%	3%	0%	1%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	MT-37	81,95	23,78	5,29	3,07	0,05	1,22	115,35	0,02	0,14	160,86	0,37	161,4	SO4-Al
		71%	21%	5%	3%	0%	1%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	MT-38	90,84	21,31	6,24	3,8	0,02	1,3	123,51	0,02	0,12	152,51	0,43	153,08	SO4-Al
		74%	17%	5%	3%	0%	1%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	TU-12	58,6	10,71	5,74	1,83	0,06	0,74	77,67	0,02	0,13	102,4	0,02	102,57	SO4-Al
		75%	14%	7%	2%	0%	1%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	

Concentración en % de anión y catión mayor al 30 %

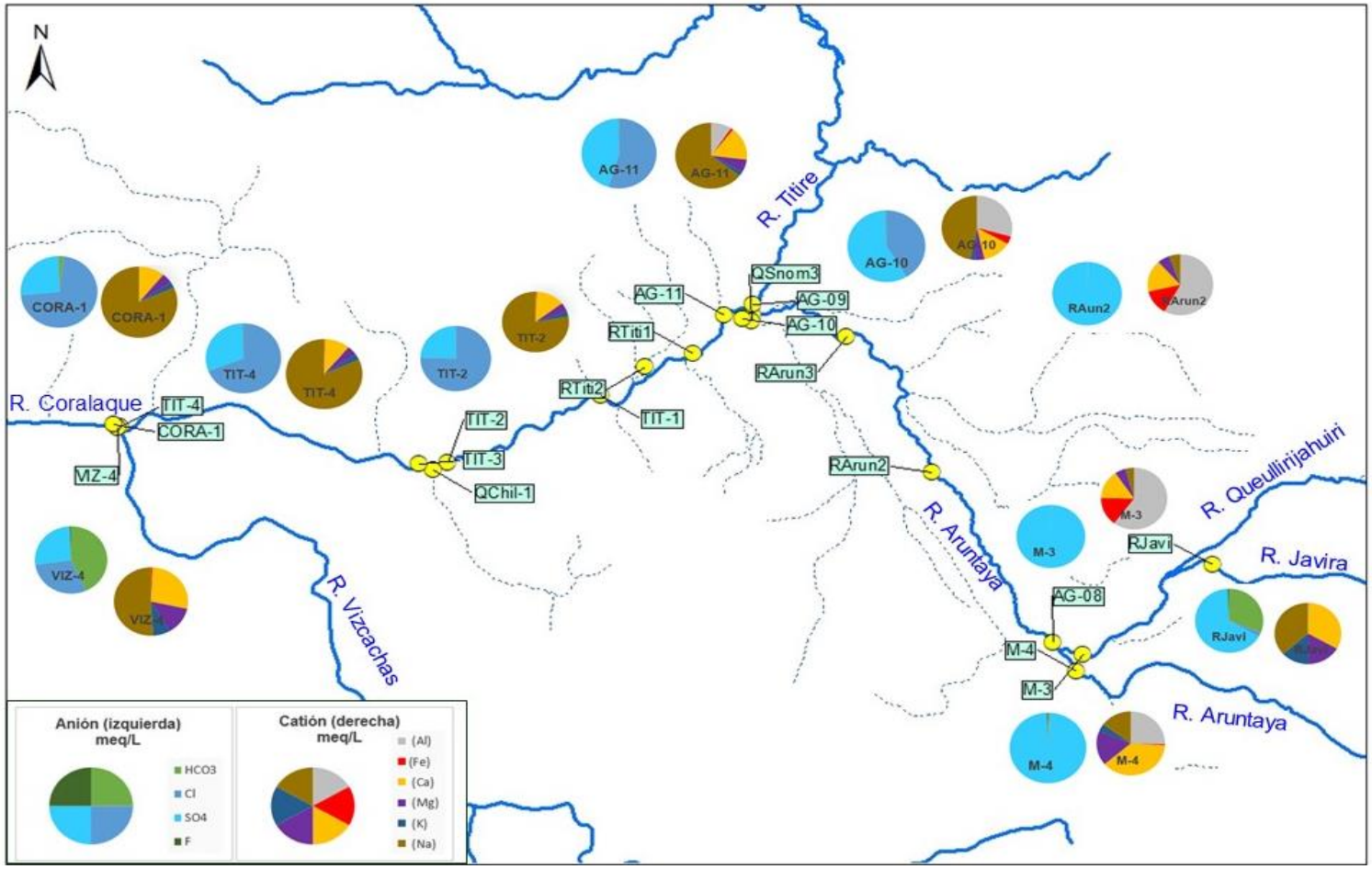


Figura 12. Característica hidroquímica de los ríos Queullirijahuiri, Apostoloni y Margaritani.

Tabla 2. Fascie hidroquímicas en los ríos Aruntaya, Titire y Coralaque

Zona	Código de Muestreo	(Al)	(Fe)	(Ca)	(Mg)	(K)	(Na)	∑Cationes	HCO3	Cl	SO4	F	∑Aniones	Fascie
		meq/L												
Zona: Paccha - Aruntaya	FTuca1	0,06	0,02	0,37	0,19	0,07	0,17	0,88	0,02	0,02	2,23	0,01	2,28	SO4-Ca
		7%	2%	42%	22%	8%	19%	100%	1%	1%	98%	0%	100%	
	FTuca2	0,42	0,02	0,46	0,19	0,07	0,3	1,46	0,02	0,02	3,14	0,01	3,19	SO4-Ca-Al
		29%	1%	32%	13%	5%	21%	100%	1%	1%	98%	0%	100%	
	FTuca3	0,77	0,13	0,34	0,16	0,05	0,2	1,65	0,02	0,02	3,27	0,01	3,32	SO4-Al
		47%	8%	21%	10%	3%	12%	100%	1%	1%	98%	0%	100%	
	RArun1	2,51	0,12	1,2	0,54	0,08	0,37	4,82	0,02	0,02	8,1	0,03	8,16	SO4-Al
		52%	2%	25%	11%	2%	8%	100%	0%	0%	99%	0%	100%	
	M-4	0,6	0,01	0,9	0,41	0,09	0,35	2,36	0,02	0,02	3,98	0,02	4,03	SO4-Ca-Al
		25%	0%	38%	17%	4%	15%	100%	0%	0%	99%	0%	100%	
Zona: Aruntaya	AG-19	18,57	4,44	3,44	1,42	0,07	0,65	28,59	0,02	0,06	37,75	0,11	37,94	SO4-Al
		65%	16%	12%	5%	0%	2%	100%	0%	0%	99%	0%	100%	
	RJavi	0	0	0,19	0,09	0,08	0,21	0,57	0,26	0,02	0,56	0,01	0,85	SO4-HCO3-Na-Ca
		0%	0%	33%	16%	14%	37%	100%	31%	2%	66%	1%	100%	
	QSoro	0,01	0,01	0,14	0,08	0,07	0,25	0,56	0,58	0,03	0,37	0,01	0,98	HCO3-SO4-Na
		2%	2%	25%	14%	13%	45%	100%	59%	3%	38%	1%	101%	
	M-3	12,34	3,08	3,09	1,07	0,06	0,83	20,47	0,02	0,06	34,81	0,02	34,91	SO4-Al
		60%	15%	15%	5%	0%	4%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	AG-08	9,3	2,22	2,64	0,94	0,08	0,7	15,88	0,02	0,06	25,19	0,01	25,29	SO4-Al
		59%	14%	17%	6%	1%	4%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	RArun2	8,38	1,93	2,45	0,83	0,07	0,78	14,44	0,02	0,07	26,48	0,01	26,59	SO4-Al
		58%	13%	17%	6%	0%	5%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	
	FTuca5	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,40	0,46	0,26	0,02	0,33	0,00	0,62	SO4-HCO3-Na
		1%	0%	6%	1%	5%	88%	100%	42%	3%	54%	1%	100%	
	FTuca6	0	0	0,03	0	0,02	0,22	0,27	0,2	0,02	0,31	0,01	0,54	SO4-HCO3-Na
		0%	0%	11%	0%	7%	81%	100%	37%	4%	57%	2%	100%	
	RArun3	8,92	1,58	2,99	0,96	0,1	1,17	15,73	0,02	0,13	23,69	0,01	23,86	SO4-Al
		57%	10%	19%	6%	1%	7%	100%	0%	1%	99%	0%	100%	
	RArun4	8,93	1,4	3,24	1,09	0,23	4,92	19,8	0,02	5,05	34,1	0,01	39,19	SO4-Al
		45%	7%	16%	6%	1%	25%	100%	0%	13%	87%	0%	100%	

Zona	Código de Muestreo	(Al)	(Fe)	(Ca)	(Mg)	(K)	(Na)	∑Cationes	HCO3	Cl	SO4	F	∑Aniones	Fascie
		meq/L												
	QSnom3	0	0	9,38	3,31	6,5	179,3	198,53	7,11	150,5	7,04	0	164,6	Cl-Na-K
		0%	0%	5%	2%	3%	90%	100%	4%	91%	4%	0%	100%	
	AG-10	7,51	1	3,39	1,12	0,51	12,01	25,54	0,02	17,35	24,46	0,09	41,93	SO4-Cl-Na
		29%	4%	13%	4%	2%	47%	100%	0%	41%	58%	0%	100%	
Zona Titire-Coralaque	AG-09	0	0	4,49	1,21	0,14	1,52	7,37	2,07	0,52	5,87	0,01	8,48	SO4-Ca
		0%	0%	61%	16%	2%	21%	100%	24%	6%	69%	0%	100%	
	FTiti1	0	0,01	16,37	8,8	12,61	373,9	411,71	15,43	133,8	17,32	0,14	166,73	Cl-Na
		0%	0%	4%	2%	3%	91%	100%	9%	80%	10%	0%	100%	
	AG-11	2,72	0,32	4,79	1,82	0,64	18,75	29,04	0,02	22,76	18,82	0,08	41,68	Cl-SO4-Na
		9%	1%	16%	6%	2%	65%	100%	0%	55%	45%	0%	100%	
	RTiti1	3,15	0,32	5,04	1,87	0,82	23,05	34,25	0,02	29,62	19,72	0,08	49,44	Cl-SO4-Na
		9%	1%	15%	5%	2%	67%	100%	0%	60%	40%	0%	100%	
	FQuell	0	0,06	9,83	6,67	4,12	142,6	163,26	11,44	115,6	12,85	0,15	139,99	Cl-Na
		0%	0%	6%	4%	3%	87%	100%	8%	83%	9%	0%	100%	
	RTiti2	2,52	0,27	5,29	1,94	0,95	26,62	37,59	0,02	34,52	17,55	0,09	52,19	Cl-SO4-Na
		7%	1%	14%	5%	3%	71%	100%	0%	66%	34%	0%	100%	
	FPBello	0	0	14,57	5,27	5,5	181,5	206,86	11,01	145,5	18,95	0,14	175,55	Cl-Na
		0%	0%	7%	3%	3%	88%	100%	6%	83%	11%	0%	100%	
	TIT-1	0,25	0,2	6,74	2,34	1,43	41,32	52,28	0,18	56,44	17,61	0,06	74,3	Cl -Na
		0%	0%	13%	4%	3%	79%	100%	0%	76%	24%	0%	100%	
	FTiti3	0	0,01	13,87	4,76	5,04	163,1	186,79	11,67	282,1	30,63	0,29	324,7	Cl-Na
		0%	0%	7%	3%	3%	87%	100%	4%	87%	9%	0%	100%	
	TIT-2	0,17	0,16	6,89	2,34	1,46	38,67	49,68	0,02	53,08	17,26	0,03	70,4	Cl-Na
		0%	0%	14%	5%	3%	78%	100%	0%	75%	25%	0%	100%	
	QChil-1	0	0	1,95	0,95	0,08	1,48	4,45	2,43	0,17	2	0,01	4,62	HCO3-SO4-Ca-Na
		0%	0%	44%	21%	2%	33%	100%	53%	4%	43%	0%	100%	
	TIT-3	0,33	0,26	7,34	2,67	1,51	43,45	55,55	0,02	48,85	17,51	0,03	66,42	Cl-Na
		1%	0%	13%	5%	3%	78%	100%	0%	74%	26%	0%	100%	
	RChiq	0	0	0,14	0,05	0,04	0,15	0,38	0,35	0,03	0,12	0,01	0,5	HCO3-Ca-Na
		0%	0%	37%	13%	11%	39%	100%	70%	6%	24%	2%	102%	
	TIT-4	0,1	0,14	5,79	2,44	1,46	44,63	54,56	0,02	42,62	18,95	0,14	61,72	Cl-SO4-Ca
		0%	0%	11%	4%	3%	82%	100%	0%	69%	31%	0%	100%	

Zona	Código de Muestreo	(Al)	(Fe)	(Ca)	(Mg)	(K)	(Na)	∑Cationes	HCO3	Cl	SO4	F	∑Aniones	Fascie
		meq/L												
	VIZ-4	0	0,01	0,38	0,18	0,1	0,7	1,37	0,67	0,47	0,42	0,01	1,57	HCO3-Cl-Na
		0%	1%	28%	13%	7%	51%	100%	43%	30%	27%	1%	100%	
	CORA-1	0	0	2,5	1,05	0,61	18,62	22,78	0,2	6,88	2,54	0,01	9,63	Cl-Na
		0%	0%	11%	5%	3%	82%	100%	2%	71%	26%	0%	100%	
	RCora1	0	0	2,35	0,81	0,46	11,7	15,32	0,37	13,93	5,1	0,02	19,42	Cl-Na
		0%	0%	15%	5%	3%	76%	100%	2%	72%	26%	0%	100%	
	QToto	0	0,01	0,37	0,16	0,1	0,2	0,84	0,83	0,03	0,23	0,01	1,09	HCO3-Ca
		0%	1%	44%	19%	12%	24%	100%	76%	3%	21%	1%	101%	
	RCora2	0,02	0	2,4	0,81	0,41	10,87	14,51	0,57	12,75	5,21	0,03	18,56	Cl-SO4-Na
		0%	0%	17%	6%	3%	75%	100%	3%	69%	28%	0%	100%	
	RCora3	0,06	0,01	2,45	0,79	0,36	10,35	14,01	0,6	12,44	5,33	0,03	18,4	Cl-SO4-Na
		0%	0%	17%	6%	3%	74%	100%	3%	68%	29%	0%	100%	
	RCora4	0,06	0,01	3,14	0,95	0,43	11,74	16,35	0,61	13,06	5,73	0,02	19,42	Cl-SO4-Na
		0%	0%	19%	6%	3%	72%	100%	3%	67%	30%	0%	100%	
	QE-36	0,07	0,01	3,24	0,94	0,38	10,66	15,3	0,69	12,13	5,93	0,02	18,78	Cl-SO4-Na
		0%	0%	21%	6%	2%	70%	100%	4%	65%	32%	0%	100%	

Concentración en % de anión y catión mayor al 30 %

- Diagrama de Mifflin

La evolución del agua en base a la creciente concentración de los iones Na^+ , K^+, Cl^- y SO_4^{2-} de las aguas subterráneas, afloramientos, manantiales y fuentes termales fue determinada mediante el diagrama de Mifflin. Las laguna y bofedales (transecto de fauna) y la mayoría de los manantiales se caracterizan por ser de tipo local (flujo subsuperficial) sin embargo, se evidencia que el contenido de sulfato en algunos manantiales fue elevado con baja concentración de sodio y potasio en la quebrada Margaritani por lo que corresponden a flujos intermedios MT-42,MT-42A,MT-44,MT-47,FTuca4,MT-50,MT-BO5 y MT-01), y regionales en la quebrada Apostoloni (MT-36,MT-37 y MT-38).

Respecto al agua subterránea de los piezómetros corresponde a los tres tipos de flujo: local (P-1), intermedio (P-17, P-3, PZ-N1, PZ-S1) y regional (P-10 y P-13), los afloramientos que descargan a la quebrada Coralaque corresponden a tipo intermedio y regional (CO-HE-V1, CO-HE-V6, CO-HE-V11) y finalmente las fuentes termales corresponde a flujos regionales.

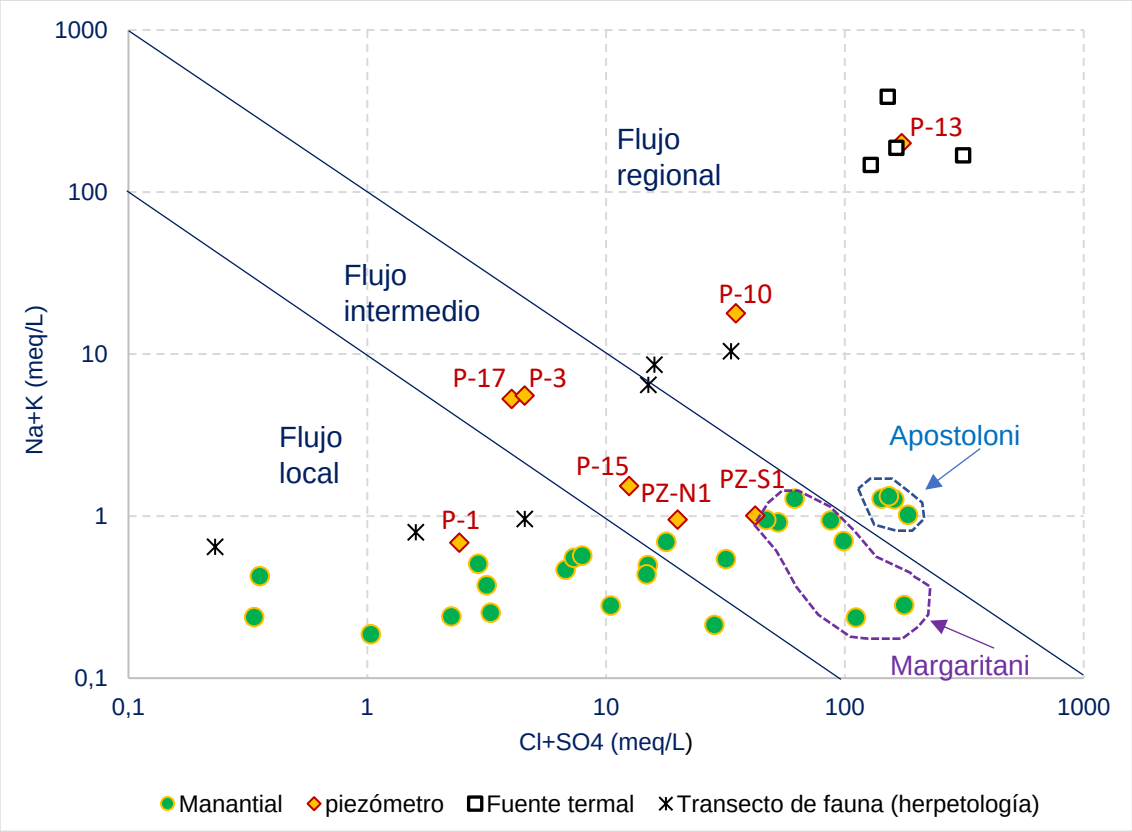


Figura 13. Diagrama de Mifflin de flujos subterráneos y subsuperficiales