



b. Análisis estadístico

Finalmente, se realizó el análisis univariado Anova two way para corroborar las diferencias anteriormente descritas entre la primera y segunda evaluación realizadas por Lumina Copper S.A.C. y por el OEFA.

A continuación, se presenta los resultados de dicho análisis respecto a la riqueza de especies y la abundancia de los organismos para cada comunidad hidrobiológica evaluada.

b.1 Fitoplancton

En cuanto a la riqueza de especies, se corroboró la ausencia de diferencias significativas ($p = 0,945$) entre ambas evaluaciones y entre el estudio realizado por Lumina Copper S.A.C. y por el OEFA, lo que indica que el número de especies encontrada en cada evaluación y el trabajo realizado en ambos estudios fue similar (Figura 7-118).

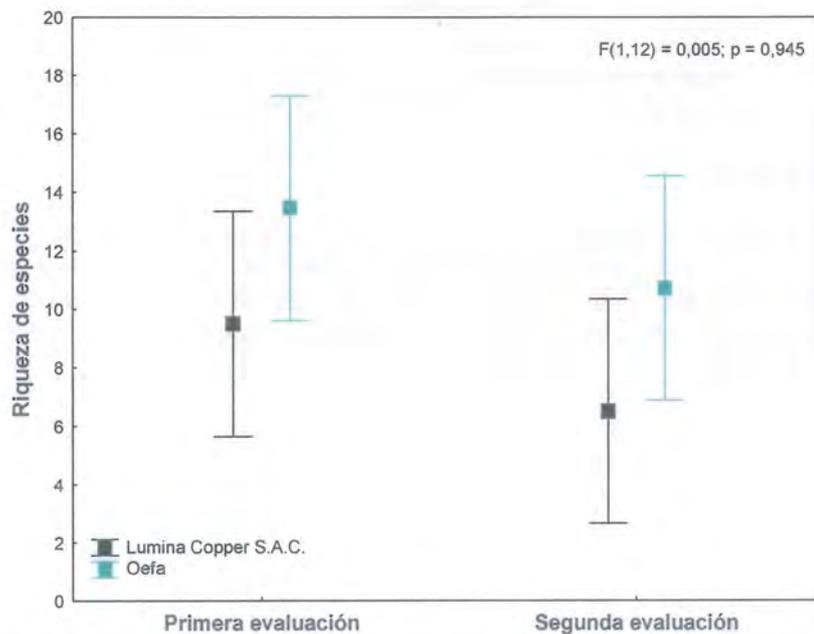


Figura 7-118. Análisis Anova two way para la riqueza de especies del fitoplancton evaluado por Lumina Copper S.A.C. y por el OEFA durante la primera y segunda evaluación

Con respecto a la abundancia de organismos, se comprobó la diferencia significativa ($p < 0,001$) entre el estudio realizado por Lumina Copper S.A.C. y por el OEFA; así como, entre ambas evaluaciones realizadas (Figura 7-119).

Donde, la comparación entre las evaluaciones tuvo diferencias significativas ($p < 0,001$) a diferencia de la comparación entre el estudio realizado por Lumina Copper S.A.C. y el OEFA que no presentó diferencias significativas ($p = 0,569$), lo que indica que ambos estudios tuvieron resultados similares en cada evaluación realizada (Figura 7-119).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Vertical handwritten signature in blue ink.

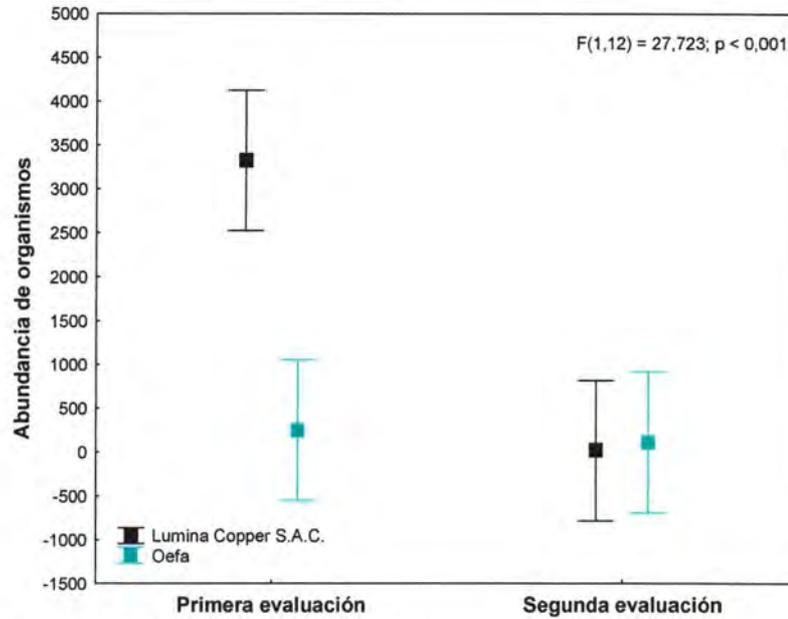


Figura 7-119. Análisis Anova two way para la abundancia de organismos del fitoplancton evaluado por Lumina Copper S.A.C. y por el OEFA durante la primera y segunda evaluación

b.2 Zooplancton

En cuanto a la riqueza de especies, se corroboró la ausencia de diferencias significativas ($p = 0,617$) entre ambas evaluaciones y entre el estudio realizado por Lumina Copper S.A.C. y por el OEFA, lo que indica que el número de especies encontrada en cada evaluación y el trabajo realizado en ambos estudios fue similar (Figura 7-120).

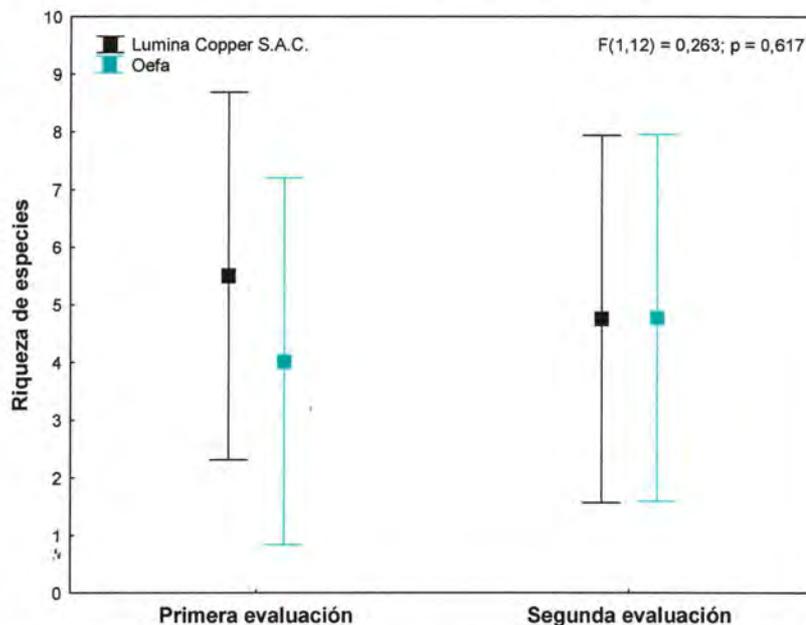


Figura 7-120. Análisis Anova two way para la riqueza de especies del zooplancton evaluado por Lumina Copper S.A.C. y por el OEFA durante la primera y segunda evaluación



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

De igual forma que en la riqueza de especies, no se comprobó la presencia de diferencias significativas ($p = 0,326$) en la abundancia de organismos entre ambas evaluaciones y entre el estudio realizado por Lumina Copper S.A.C. y por el OEFA, lo cual indica que la abundancia encontrada en cada evaluación y el trabajo realizado en ambos estudios fue similar (Figura 7-121).



Handwritten signatures and initials in blue ink, including a large 'A' and 'S'.

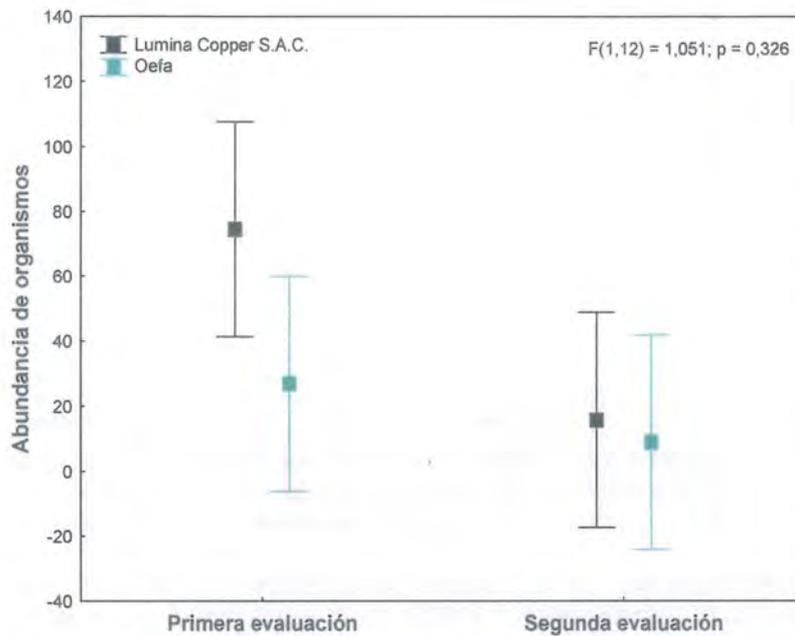


Figura 7-121. Análisis Anova two way para la abundancia de organismos del zooplancton evaluado por Lumina Copper S.A.C. y por el OEFA durante la primera y segunda evaluación

b.3 Macroinvertebrados bentónicos

En cuanto a la riqueza de especies de los macroinvertebrados bentónicos, se corroboró la ausencia de diferencias significativas ($p = 0,153$) entre ambas evaluaciones y entre el estudio realizado por Lumina Copper S.A.C. y por el OEFA, lo que indica que el número de especies encontrada en cada evaluación y el trabajo realizado en ambos estudios fue similar (Figura 7-122).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signatures and initials in blue ink, including 'A', 'M', 'L', 'S', 'H'.

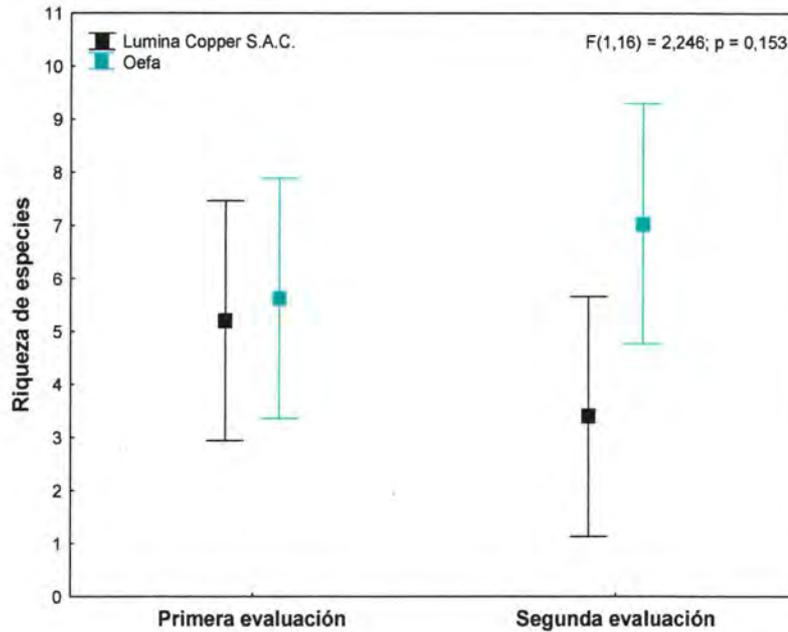


Figura 7-122. Análisis Anova two way para la riqueza de especies de los macroinvertebrados bentónicos evaluado por Lumina Copper S.A.C. y por el OEFA durante la primera y segunda evaluación

De igual forma que en la riqueza de especies, no se comprobó la presencia de diferencias significativas ($p = 0,599$) en la abundancia de organismos entre ambas evaluaciones y entre el estudio realizado por Lumina Copper S.A.C. y por el OEFA, lo que indica que la abundancia encontrada en cada evaluación y el trabajo realizado en ambos estudios fue similar (Figura 7-123).

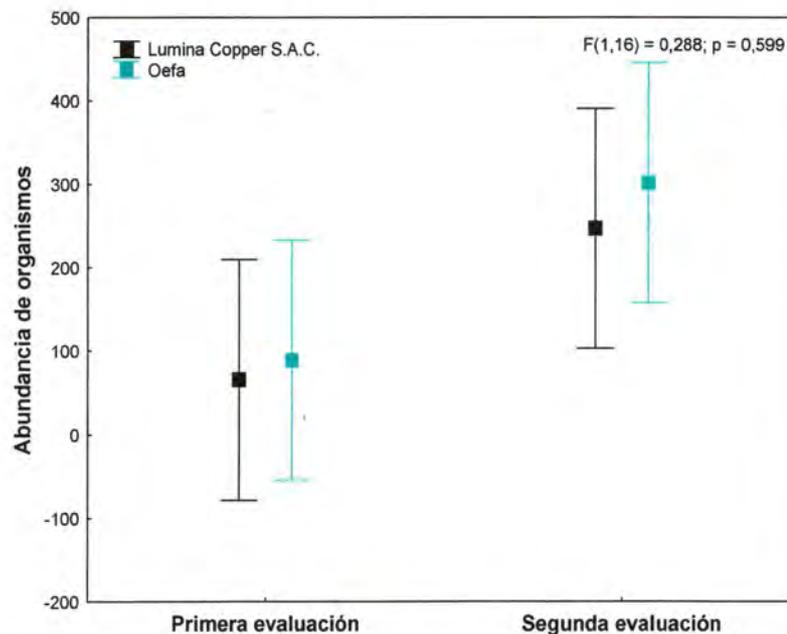


Figura 7-123. Análisis Anova two way para la abundancia de organismos de los macroinvertebrados bentónicos evaluado por Lumina Copper S.A.C. y por el OEFA durante la primera y segunda evaluación



7.3 Control de calidad

Para el presente estudio se consideró evaluar la calidad del transporte de los envases vacíos, y la calidad y precisión de la toma de muestra (llenado de envases) considerando los análisis de 8 duplicados en agua, un duplicado en sedimentos y un blanco de campo en la evaluación de octubre de 2017; y 9 duplicados en agua, un blanco de campo y un blanco viajero en la evaluación de marzo de 2018.

a) Blanco de campo (BK campo) y viajero (BK viajero)

De acuerdo a lo indicado en la Tabla 7-3, los resultados del blanco de campo para la evaluación de octubre de 2017 registraron, para cada uno de los metales totales, concentraciones menores a los límites de cuantificación.

Asimismo, el blanco viajero registró concentraciones menores a los límites de cuantificación para la evaluación de marzo de 2018, en tanto que el blanco de campo registró concentraciones de calcio (0,61 mg/L), potasio (0,16 mg/L), litio (0,0015 mg/L), magnesio (0,433 mg/L) y sodio (4,283 mg/L) mayores a los límites de cuantificación. Estos metales alcalinos y alcalinos terrosos están relacionados al agua potable, la cual fue usada para el llenado del frasco.

b) Duplicados de campo

Con respecto a los resultados de los duplicados, para la evaluación de octubre de 2017 (Tabla 7-3 y Tabla 7-4), en 7 de los 8 duplicados se registró al menos un metal cuya DPR (diferencia porcentual relativa) fue mayor al 20%, los cuales son: litio (2 puntos de muestreo), molibdeno (2 puntos de muestreo), sodio (2 puntos de muestreo), níquel (4 puntos de muestreo), fósforo (2 puntos de muestreo), antimonio (2 puntos de muestreo) y zinc (un punto de muestreo).

Sin embargo, aquellos puntos de muestreo en donde las concentraciones excedieron los valores establecidos en el ECA para agua 2015 y 2017, también presentaron la misma tendencia en sus duplicados. De esa manera, FNat7 y su duplicado (DUP-01) registraron concentraciones de aluminio, cadmio, hierro, que excedieron el valor de la Cat1A1, manganeso que excedió los valores de la Cat3D1 y D2, y plomo que excedió los valores de ambas categorías, mientras que LDCol1 y su duplicado (DUP-04) registraron concentraciones de cobre que excedieron el valor de la Cat4E1. Por otro lado, SED-LKero2 y su duplicado (DUP-Sed) excedieron el valor ISQG para arsénico, mercurio y plomo, y valor PEL para cobre en la evaluación de sedimentos.

Con respecto a los resultados de los duplicados para la evaluación de marzo de 2018 (Tabla 7-5 y Tabla 7-6), en 5 de los 9 duplicados se registró al menos un metal cuyo DPR fue mayor al 20%, los cuales son: aluminio (un punto de muestreo), arsénico (2 puntos de muestreo), calcio (un punto de muestreo), cobre (3 puntos de muestreo), litio (un punto de muestreo), sodio (un punto de muestreo), níquel (2 puntos de muestreo), fósforo (2 puntos de muestreo), plomo (3 puntos de muestreo), titanio (2 puntos de muestreo) y cobalto (un punto de muestreo).

No obstante, aquellos puntos de muestreo donde las concentraciones superaron los valores establecidos en el ECA para agua 2015 y 2017, también presentaron la misma tendencia en sus duplicados. De esa manera, QD1 y su duplicado (DUP-07) registraron concentraciones de cobre que excedieron el valor de la Cat3D1, mientras que el afloramiento MANA-50 y su duplicado (DUP-09) registró concentraciones de hierro que excedieron el valor de la Cat1A1.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 7-3. Resultados de metales totales de los duplicados de agua evaluados en octubre de 2017

Metal Total	DUP-01 (mg/L)	FNat7 (mg/L)	DPR (%)	DUP-02 (mg/L)	QPunr2 (mg/L)	DPR (%)	DUP-03 (mg/L)	LDCol3 (mg/L)	DPR (%)	DUP-04 (mg/L)	LDCol1 (mg/L)	DPR (%)	DUP-05 (mg/L)	LDCol2 (mg/L)	DPR (%)
Plata (Ag)	<0,000003	<0,000003	N.D	<0,000003	<0,000003	N.D	<0,000003	<0,000003	N.D	<0,000003	<0,000003	N.D	<0,000003	<0,000003	N.D
Aluminio (Al)	1,15900	1,2000	3	0,26500	0,2750	4	0,36000	0,3840	6	0,38200	0,4000	5	0,38200	0,4000	5
Arsénico (As)	0,00069	<0,00003	N.D	0,00148	0,00143	3	0,00075	0,00072	4	0,00062	0,00072	15	0,00074	0,00062	18
Boro (B)	<0,002	<0,002	N.D	<0,002	<0,002	N.D	<0,002	<0,002	N.D	<0,002	<0,002	N.D	<0,002	<0,002	N.D
Bario (Ba)	0,05020	0,048	4	0,01180	0,012	2	0,00490	0,005	2	0,00610	0,006	0	0,00610	0,006	0
Berilio (Be)	<0,00002	<0,00002	N.D	<0,00002	<0,00002	N.D	<0,00002	<0,00002	N.D	<0,00002	<0,00002	N.D	<0,00002	<0,00002	N.D
Bismuto (Bi)	<0,00002	<0,00002	N.D	<0,00002	<0,00002	N.D	<0,00002	<0,00002	N.D	<0,00002	<0,00002	N.D	<0,00002	<0,00002	N.D
Calcio (Ca)	1,69000	1,78	5	29,83000	30,99	4	0,30000	0,26	14	0,34	0,35	3	0,36000	0,35	3
Cadmio (Cd)	0,00597	0,00580	3	<0,00001	<0,00001	N.D									
Cobalto (Co)	0,00291	0,00292	0	0,00038	0,0004	5	0,00084	0,00086	2	0,00095	0,001	5	0,00098	0,001	2
Cromo (Cr)	<0,0001	<0,0001	N.D	<0,0001	<0,0001	N.D	<0,0001	<0,0001	N.D	<0,0001	<0,0001	N.D	<0,0001	<0,0001	N.D
Cobre (Cu)	0,01118	0,01107	1	0,01171	0,01229	5	0,08535	0,0856	0	0,12071	0,12130	0	0,11907	0,1254	5
Hierro (Fe)	0,37840	0,40480	7	0,44350	0,47460	7	0,18340	0,18910	3	0,12800	0,15120	17	0,14500	0,13780	5
Mercurio (Hg)	<0,00003	<0,00003	N.D	<0,00003	<0,00003	N.D	<0,00003	<0,00003	N.D	<0,00003	<0,00003	N.D	<0,00003	<0,00003	N.D
Potasio (K)	1,51000	1,580	5	0,54000	0,560	4	0,47000	0,450	4	0,53000	0,580	9	0,55000	0,550	0
Litio (Li)	0,00150	0,0012	22	<0,0001	<0,0001	N.D									
Magnesio (Mg)	0,11600	0,1190	3	1,14100	1,1530	1	0,11200	0,1140	2	0,13400	0,1370	2	0,13300	0,1350	1
Manganeso (Mn)	0,36347	0,36712	1	0,03421	0,03566	4	0,00631	0,00615	3	0,00740	0,00777	5	0,00760	0,00767	1
Molibdeno (Mo)	<0,00002	<0,00002	N.D	0,00011	0,0002	58	<0,00002	<0,00002	N.D	<0,00002	<0,00002	N.D	<0,00002	<0,00002	N.D
Sodio (Na)	<0,006	0,157	N.D	0,59400	0,425	33	0,55200	0,542	2	0,68700	0,721	5	0,69700	0,725	4
Niquel (Ni)	0,00340	0,0044	26	0,00080	0,0009	12	0,00120	0,00070	53	<0,0002	<0,0002	N.D	0,00090	<0,0002	N.D
Fosforo (P)	<0,015	<0,015	N.D	0,03100	0,043	32	<0,015	<0,015	N.D	<0,015	<0,015	N.D	<0,015	<0,015	N.D
Plomo (Pb)	0,16320	0,15540	5	0,00120	0,0012	0	0,00030	<0,0002	N.D	<0,0002	<0,0002	N.D	<0,0002	<0,0002	N.D
Antimonio (Sb)	0,00013	<0,00004	N.D	0,00045	0,00035	25	<0,00004	<0,00004	N.D	<0,00004	<0,00004	N.D	<0,00004	<0,00004	N.D
Selenio (Se)	<0,0004	<0,0004	N.D	<0,0004	<0,0004	N.D	<0,0004	<0,0004	N.D	<0,0004	<0,0004	N.D	<0,0004	<0,0004	N.D
Estaño (Sn)	<0,00003	<0,00003	N.D	<0,00003	<0,00003	N.D	<0,00003	<0,00003	N.D	<0,00003	<0,00003	N.D	<0,00003	<0,00003	N.D
Estroncio (Sr)	0,00650	0,0064	2	0,04940	0,0480	3	0,00290	0,0028	4	0,00350	0,0034	3	0,00350	0,0034	3
Titanio (Ti)	<0,0002	<0,0002	N.D	0,00120	0,0014	15	<0,0002	<0,0002	N.D	<0,0002	<0,0002	N.D	<0,0002	<0,0002	N.D
Talio (Tl)	0,00220	0,00209	5	<0,00002	<0,00002	N.D									
Vanadio (V)	<0,0001	<0,0001	N.D	<0,0001	<0,0001	N.D	<0,0001	<0,0001	N.D	<0,0001	<0,0001	N.D	<0,0001	<0,0001	N.D
Zinc (Zn)	0,63170	0,6453	2	0,01210	0,0128	6	<0,0100	0,0102	N.D	0,01160	0,0154	28	0,01500	0,0128	16

DPR: Diferencia porcentual relativa y N.D: No determinando por ser ambos valores menores al límite de cuantificación.

■ : Mayor al 20%.

■ : No cumple el/los valor/es establecidos en el ECA para agua o los valores ISQG y PEL de la norma canadiense (CEQG) para sedimentos.



Handwritten signature and initials in blue ink.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 7-4. Resultados de metales totales de los duplicados de agua, sedimentos y blanco de campo evaluados en octubre de 2017

Metal Total	DUP-06 (mg/L)	LMilp3 (mg/L)	DPR (%)	DUP-07 (mg/L)	LMilp2 (mg/L)	DPR (%)	DUP-08 (mg/L)	LMilp1 (mg/L)	DPR (%)	BK Campo (mg/L)	DUP-Sed (mg/kg)	SED-LKero2 (mg/Kg)	DPR (%)
Plata (Ag)	<0,000003	<0,000003	N.D	<0,000003	<0,000003	N.D	<0,000003	<0,000003	N.D	<0,000003	0,248	0,456	59
Aluminio (Al)	1,15900	1,2000	3	0,26500	0,2750	4	0,36000	0,3840	6	<0,002	14054	13874	1
Arsénico (As)	0,00069	<0,00003	N.D	0,00148	0,00143	3	0,00075	0,00072	4	<0,00003	7,8	10	25
Boro (B)	<0,002	<0,002	N.D	<0,002	<0,002	N.D	<0,002	<0,002	N.D	<0,002	0,965	0,928	4
Bario (Ba)	0,05020	0,048	4	0,01180	0,012	2	0,00490	0,005	2	<0,0001	23,9	26,8	11
Berilio (Be)	<0,00002	<0,00002	N.D	<0,00002	<0,00002	N.D	<0,00002	<0,00002	N.D	<0,00002	0,142	0,146	3
Bismuto (Bi)	<0,00002	<0,00002	N.D	<0,00002	<0,00002	N.D	<0,00002	<0,00002	N.D	<0,00002	0,1237	0,1484	18
Calcio (Ca)	1,69000	1,78	5	29,83000	30,99	4	0,30000	0,26	14	<0,10	503	665	28
Cadmio (Cd)	0,00597	0,0058	3	<0,00001	<0,00001	N.D	<0,00001	<0,00001	N.D	<0,00001	0,1185	0,2530	72
Cobalto (Co)	0,00291	0,00292	0	0,00038	0,0004	5	0,00084	0,00086	2	<0,00001	0,876	0,987	12
Cromo (Cr)	<0,0001	<0,0001	N.D	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	N.D	<0,0001	12	11	9
Cobre (Cu)	0,01118	0,01107	1	0,01171	0,01229	5	0,08535	0,0856	0	<0,00003	1532	1487	3
Hierro (Fe)	0,37840	0,40480	7	0,44350	0,47460	7	0,18340	0,18910	3	<0,0004	15951	18394	14
Mercurio (Hg)	<0,00003	<0,00003	N.D	<0,00003	<0,00003	N.D	<0,00003	<0,00003	N.D	<0,00003	0,21	0,22	5
Potasio (K)	1,51000	1,580	5	0,54000	0,560	4	0,47000	0,450	4	<0,04	368	398	8
Litio (Li)	0,00150	0,0012	22	<0,0001	<0,0001	N.D	<0,0001	<0,0001	N.D	<0,0001	0,495	0,511	3
Magnesio (Mg)	0,11600	0,1190	3	1,14100	1,1530	1	0,11200	0,1140	2	<0,003	162	182	12
Manganeso (Mn)	0,36347	0,36712	1	0,03421	0,03566	4	0,00631	0,00615	3	<0,00003	9,34	12,3	27
Molibdeno (Mo)	<0,00002	<0,00002	N.D	0,00011	0,0002	58	<0,00002	<0,00002	N.D	<0,00002	12,4	14,8	18
Sodio (Na)	<0,006	0,157	N.D	0,59400	0,425	33	0,55200	0,542	2	<0,006	77	94	20
Niquel (Ni)	0,00340	0,00440	26	0,00080	0,0009	12	0,00120	0,00070	53	<0,0002	5,93	6,1	3
Fosforo (P)	<0,015	<0,015	N.D	0,03100	0,043	32	<0,015	<0,015	N.D	<0,015	1201	1162	3
Plomo (Pb)	0,16320	0,1554	5	0,00120	0,00120	0	0,00030	<0,0002	N.D	<0,0002	70,9	84,3	17
Antimonio (Sb)	0,00013	<0,00004	N.D	0,00045	0,00035	25	<0,00004	<0,00004	N.D	<0,00004	0,6429	0,7343	13
Selenio (Se)	<0,0004	<0,0004	N.D	<0,0004	<0,0004	N.D	<0,0004	<0,0004	N.D	<0,0004	3,16	3,17	0
Estaño (Sn)	<0,00003	<0,00003	N.D	<0,00003	<0,00003	N.D	<0,00003	<0,00003	N.D	<0,00003	0,26	0,58	76
Estroncio (Sr)	0,00650	0,0064	2	0,04940	0,0480	3	0,00290	0,0028	4	0,0004	5,34	6,22	15
Titanio (Ti)	<0,0002	<0,0002	N.D	0,00120	0,0014	15	<0,0002	<0,0002	N.D	<0,0002	26,2	26	1
Talio (Tl)	0,00220	0,00209	5	<0,00002	<0,00002	N.D	<0,00002	<0,00002	N.D	<0,00002	0,1289	0,1102	16
Vanadio (V)	<0,0001	<0,0001	N.D	<0,0001	<0,0001	N.D	<0,0001	<0,0001	N.D	<0,0001	4,2	4,7	11
Zinc (Zn)	0,63170	0,6453	2	0,01210	0,0128	6	<0,0100	0,0102	N.D	<0,0100	16,3	23,3	35
Cerio (Ce)	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	12,68	12,79	1
Thorio (Th)	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	1,315	1,127	15
Uranio (U)	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,7434	0,6349	16
Wolframio (W)	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0,2996	0,5368	57

DPR: Diferencia porcentual relativa, N.A: No analizado y N.D: No determinando por ser ambos valores menores al límite de cuantificación.

■ : Mayor al 20%.

■ : No cumple el ECA para agua o los valores ISQG y PEL de la norma canadiense (CEQG) para sedimentos.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 7-5. Resultados de metales totales de los duplicados de agua evaluados en marzo de 2018

Table with 16 columns: Metal Total, DUP-01, MANA-18, DPR (%), DUP-02, QMilp1, DPR (%), DUP-03, LMuy5, DPR (%), DUP-04, QMuy1, DPR (%), DUP-05, MANA-67, DPR (%). Rows list various metals like Plata (Ag), Aluminio (Al), Arsénico (As), etc., with their respective values and DPR percentages.

DPR: Diferencia porcentual relativa, N.A: No analizado y N.D: No determinando por ser ambos valores menores al límite de cuantificación.

Green box: Mayor al 20%.

Yellow box: No cumple el ECA para agua o los valores ISQG y PEL de la norma canadiense (CEQG) para sedimentos.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 7-6. Resultados de metales totales de los duplicados de agua, blanco de campo y blanco de viajero evaluados en marzo de 2018

Metal Total	DUP-06	LYana6	DPR (%)	DUP-07	QD1	DPR (%)	DUP-08	QChup-01	DPR (%)	DUP-09	MANA-50	DPR (%)	Bk Campo (mg/L)	Bk Viajero (mg/L)
Plata (Ag)	<0,000003	<0,000003	N.D	<0,000003	<0,000003									
Aluminio (Al)	0,156	0,164	5	0,62	0,633	2	0,196	0,196	0	0,311	0,322	3	<0,002	<0,002
Arsénico (As)	0,00544	0,00418	26	<0,00003	<0,00003	N.D	<0,00003	<0,00003	N.D	<0,00003	<0,00003	N.D	<0,00003	<0,00003
Boro (B)	<0,002	<0,002	N.D	<0,002	<0,002									
Bario (Ba)	0,0032	0,0028	13	0,0126	0,0121	4	0,0096	0,0095	1	0,0152	0,0151	1	<0,0001	<0,0001
Berilio (Be)	<0,00002	<0,00002	N.D	<0,00002	<0,00002									
Bismuto (Bi)	<0,00002	<0,00002	N.D	<0,00002	<0,00002									
Calcio (Ca)	1,19	1,12	6	0,49	0,58	17	1,42	1,54	8	5,31	5,61	5	0,61	<0,10
Cadmio (Cd)	<0,00001	<0,00001	N.D	0,0003	0,00032	6	<0,00001	<0,00001	N.D	<0,00001	<0,00001	N.D	<0,00001	<0,00001
Cobalto (Co)	0,00045	0,00045	0	0,00218	0,00221	1	0,00096	0,00097	1	0,00055	<0,00001	193	<0,00001	<0,00001
Cromo (Cr)	<0,0001	<0,0001	N.D	<0,0001	<0,0001									
Cobre (Cu)	0,00268	0,00217	21	0,48485	0,48924	1	0,10618	0,10642	0	0,01754	0,01952	11	<0,00003	<0,00003
Hierro (Fe)	1,009	0,8978	12	0,1404	0,1421	1	0,162	0,1478	9	0,6801	0,7119	5	<0,0004	<0,0004
Mercurio (Hg)	<0,00003	<0,00003	N.D	<0,00003	<0,00003									
Potasio (K)	0,25	0,27	8	0,63	0,71	12	0,46	0,45	2	0,37	0,37	0	0,16	<0,04
Litio (Li)	<0,0001	<0,0001	N.D	<0,0001	<0,0001	N.D	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	N.D	0,0015	<0,0001
Magnesio (Mg)	0,267	0,278	4	0,159	0,177	11	0,32	0,369	14	0,824	0,778	6	0,433	<0,003
Manganeso (Mn)	0,0158	0,01407	12	0,01761	0,0172	2	0,0209	0,01989	5	0,03997	0,04251	6	<0,00003	<0,00003
Molibdeno (Mo)	<0,00002	<0,00002	N.D	<0,00002	<0,00002	N.D	0,0005	0,00053	6	<0,00002	<0,00002	N.D	<0,00002	<0,00002
Sodio (Na)	0,219	0,200	9	0,287	0,29	1	0,262	0,266	2	0,601	0,61	1	4,283	<0,006
Niquel (Ni)	0,0009	0,0008	12	0,0013	0,0013	0	0,0014	0,0014	0	0,0011	<0,0002	138	<0,0002	<0,0002
Fosforo (P)	0,054	0,059	9	<0,015	<0,015	N.D	0,053	0,054	2	0,051	0,026	65	<0,015	<0,015
Plomo (Pb)	0,0005	0,0021	123	0,0012	0,0012	0	0,0006	0,0005	18	0,0006	<0,0002	100	<0,0002	<0,0002
Antimonio (Sb)	<0,00004	<0,00004	N.D	<0,00004	<0,00004									
Selenio (Se)	<0,0004	<0,0004	N.D	<0,0004	<0,0004									
Estaño (Sn)	<0,00003	<0,00003	N.D	<0,2	<0,2									
Estroncio (Sr)	0,0058	0,006	3	0,0045	0,0047	4	0,0072	0,0079	9	0,0156	0,0149	5	<0,00003	<0,00003
Titanio (Ti)	<0,0002	<0,0002	N.D	<0,0002	<0,0002	N.D	<0,0002	<0,0002	N.D	0,0016	<0,0002	156	0,0066	<0,0002
Talio (Tl)	<0,00002	<0,00002	N.D	<0,0002	<0,0002									
Uranio (U)	<0,000003	<0,000003	N.D	<0,00002	<0,00002									
Vanadio (V)	<0,0001	<0,0001	N.D	<0,000003	<0,000003									
Zinc (Zn)	<0,0100	<0,0100	N.D	0,0264	0,0299	12	<0,0100	<0,0100	N.D	<0,0100	<0,0100	N.D	<0,0001	<0,0001

DPR: Diferencia porcentual relativa, N.D: No determinando por ser ambos valores menores al límite de cuantificación.

■ : Mayor al 20%.

■ : No cumple el ECA para agua o los valores ISQG y PEL de la norma canadiense (CEQG) para sedimentos.



7.4 Estudios especializados

En esta sección, se presenta la evaluación del agua superficial (relaciones entre parámetros, hidroquímica, geoquímica, especiación química, entre otros); así como, estudios previos de geología e hidrogeología, hidrobiología, flora y fauna silvestre. Estos estudios permitieron realizar una evaluación integral del comportamiento de cada componente ambiental que fue base para las discusiones y conclusiones del presente informe.

7.4.1 Relaciones de los parámetros de agua superficial

En el presente subcapítulo, se estableció las asociaciones entre los parámetros relacionados a la conductividad, y el comportamiento de los metales totales y disueltos como base para las evaluaciones posteriores.

A. Relación entre la conductividad y los sólidos disueltos totales

En esta subsección, se presenta los gráficos de dispersión en los que se muestra la relación lineal de las concentraciones de los sólidos disueltos totales (SDT) con los valores de la conductividad de todos los puntos de muestreo distribuidos en los afloramientos, quebradas y lagunas, evaluados en octubre de 2017 (primera evaluación) y marzo de 2018 (segunda evaluación).

En base a dicho resultado, se calcularon las relaciones lineales respectivas. Estas relaciones estuvieron indicadas por el cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson o coeficiente de determinación (R^2), para lo cual se ha considerado un valor de R^2 mayor a 0,90 como un indicador de buena correlación entre los parámetros.

De esa manera, en la Figura 7-124 se muestra la relación lineal entre la conductividad y los SDT en los cuerpos de agua evaluados en octubre de 2017 (R^2 de 0,9901); y en la Figura 7-125, la relación lineal observada en la evaluación de marzo de 2018 (R^2 de 0,9970), por lo que se puede observar una buena correlación entre los parámetros para ambas evaluaciones ($R^2 > 0,99$).



Handwritten signature and date '10/10/17' in blue ink.

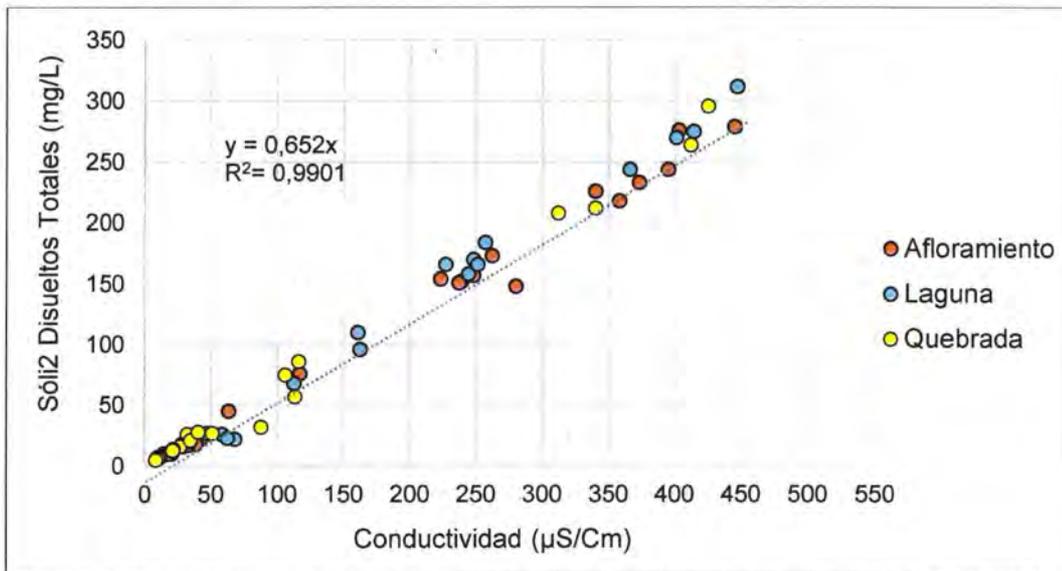


Figura 7-124. Relación lineal entre la conductividad y los sólidos disueltos totales (SDT) de los puntos de muestreo evaluados en el 2017



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a vertical list of initials and a signature.

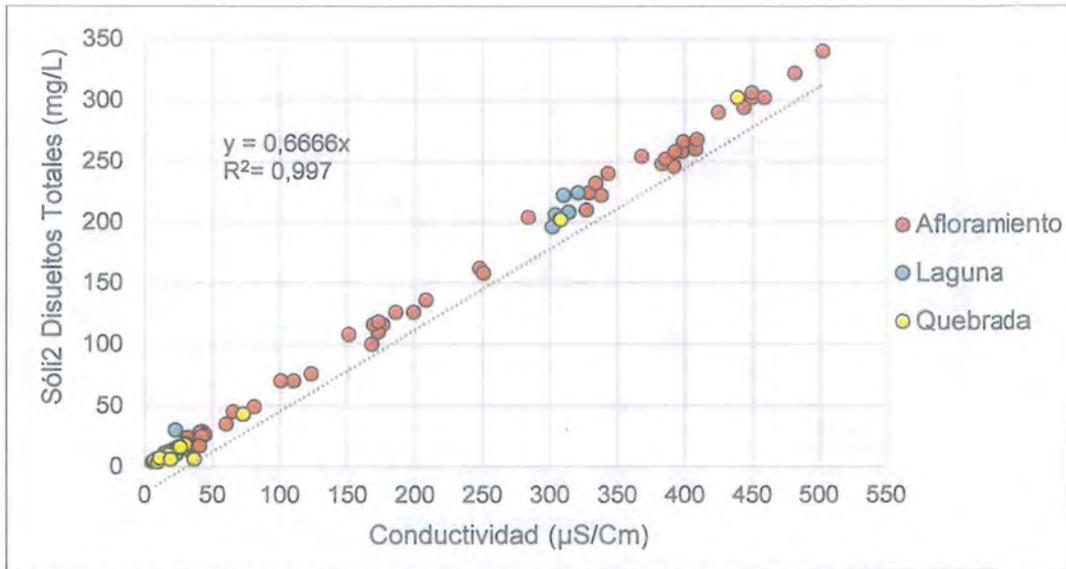


Figura 7-125. Relación lineal entre la conductividad y los sólidos disueltos totales (SDT) de los puntos de muestreo evaluados en el 2018

Asimismo, los valores de las pendientes k (TDS/Conductividad) fueron 0,6520 y 0,6666 para la evaluación de octubre de 2017 y marzo de 2018, respectivamente. Encontrándose en el rango aproximado de 0,65 a 0,8 a una concentración mayor de los sólidos disueltos totales, según lo establecido referencialmente por Walton (1989) para el agua dulce (Figura 6-1)

B. Relación de conductividad y suma de aniones y cationes

Para el caso de la relación lineal entre la conductividad y la suma de cationes⁴⁰ para ambas evaluaciones, se obtuvieron las ecuaciones 7.1 y 7.2 de acuerdo a la relación línea indicada en las Figuras 7-126 (R^2 de 0,9824) y Figura 7-127 (R^2 de 0,9896), respectivamente.

$$\text{Conductividad } (\mu\text{S/cm}) = 0,0102 * \text{Suma de cationes (meq/L)} \quad (7.1)$$

⁴⁰ 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+}), estroncio (Sr^{2+}) y litio (Li^+).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



MANA-18

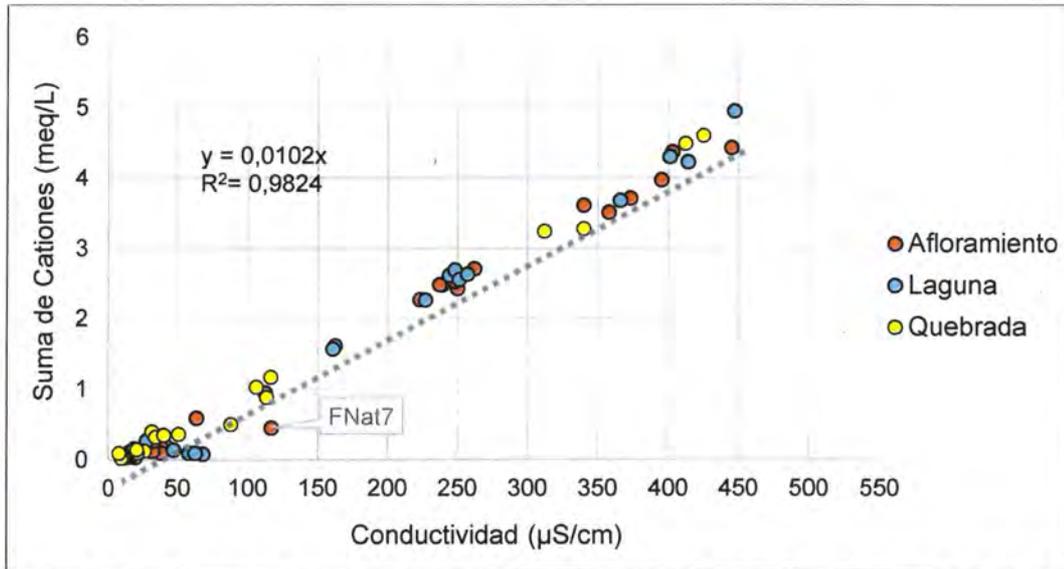


Figura 7-126. Relación lineal entre la conductividad y la suma de cationes de los puntos de muestreo evaluados en el 2017

$$\text{Conductividad } (\mu\text{S/cm}) = 0,0105 * \text{Suma de cationes (meq/L)} \quad (7.2)$$

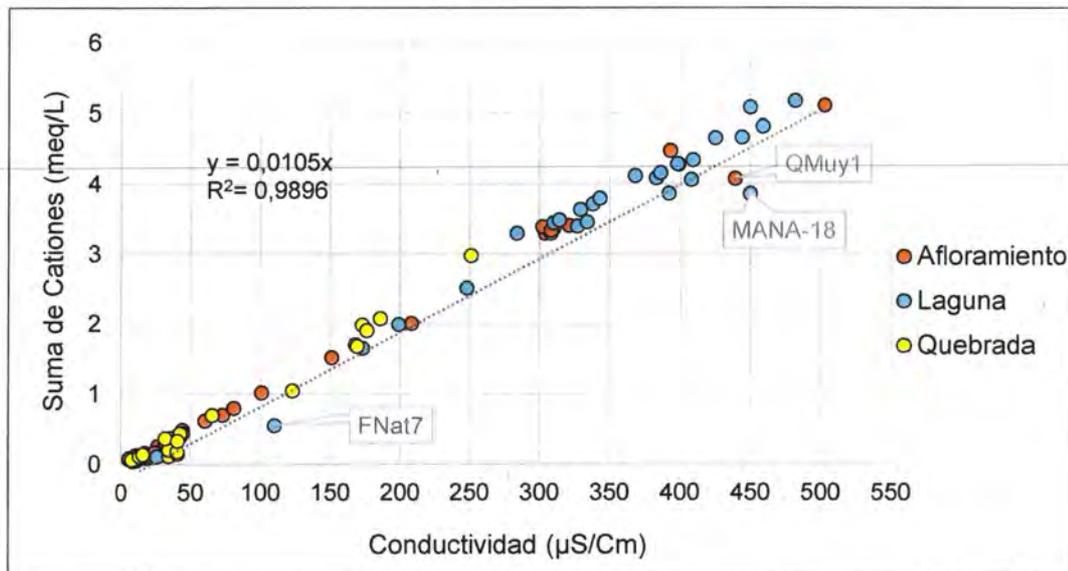


Figura 7-127. Relación lineal entre la conductividad y la suma de cationes de los puntos de muestreo evaluados en el 2018

Para el caso de la relación lineal entre la conductividad y la suma de aniones⁴¹ para ambas evaluaciones, se obtuvieron las ecuaciones 7.3 y 7.4 de acuerdo a la relación línea indicada en las Figuras 7-128 (R^2 de 0,9752) y Figura 7-129 (R^2 de 0,9915), respectivamente.

$$\text{Conductividad } (\mu\text{S/cm}) = 0,0107 * \text{Suma de aniones (meq/L)} \quad (7.3)$$

⁴¹ Los aniones considerados son: cloruros (Cl⁻), sulfatos, (SO₄²⁻), nitratos (NO₃⁻) y bicarbonatos (HCO₃⁻).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten notes and signature in blue ink on the left margin.

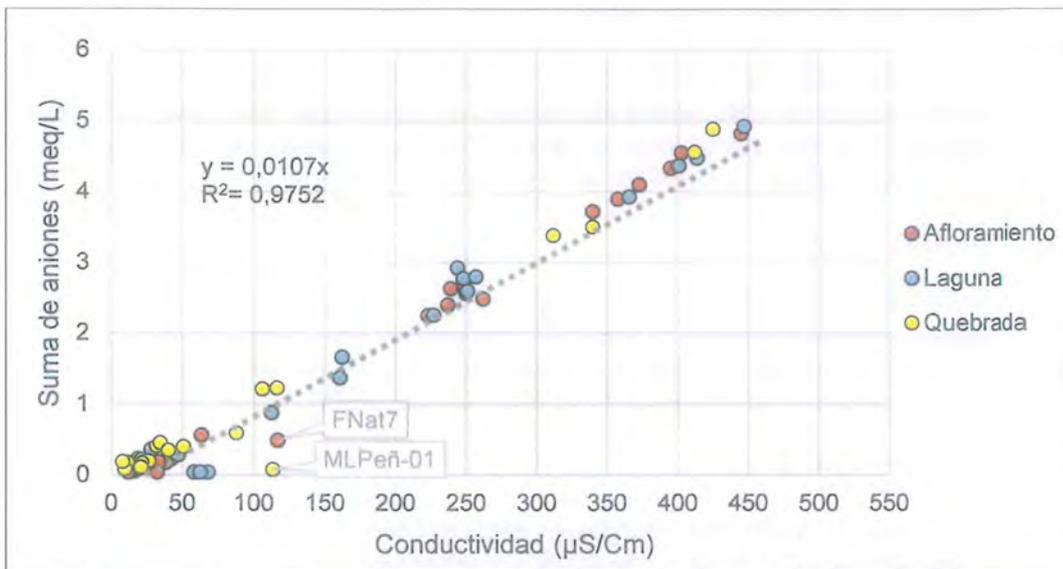


Figura 7-128. Resultados lineal entre la conductividad y la suma de aniones de los puntos de muestreo evaluados en octubre de 2017

$$\text{Conductividad } (\mu\text{S/cm}) = 0,0110 * \text{Suma de aniones (meq/L)} \quad (7.4)$$

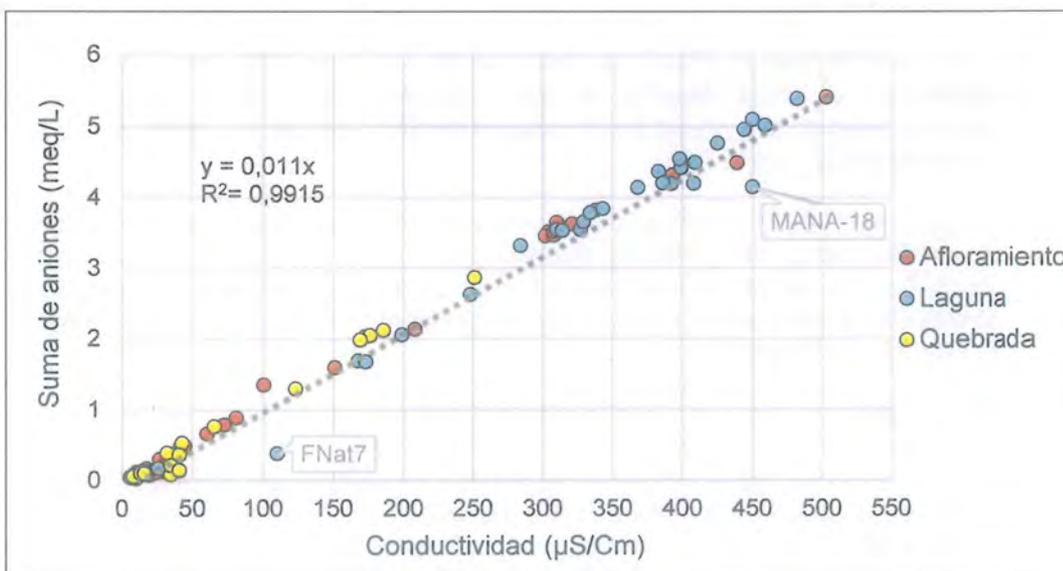


Figura 7-129. Resultados lineal entre la conductividad y la suma de aniones de los puntos de muestreo evaluados en marzo de 2018

Los puntos de muestreo: FNat7 (afloramiento) para el 2017 y 2018 (cationes y aniones), MANA-18 (afloramiento) para el 2018 (cationes y aniones), QMuy1 (quebrada Muyoc) para el 2018 (cationes) y MLPeñ-01 (afloramiento) para el 2017 (aniones) son los puntos de muestreo que más se alejan de la línea.

No obstante, para las relaciones mencionadas en ambas evaluaciones, las ecuaciones registraron un R² mayor a 0,97 con una pendiente que se encuentra en el rango de 0,009 – 0,011 de acuerdo a la ecuación 6.3 de la APHA, por lo que sugieren una buena relación entre dichos parámetros; no obstante, el R² es menor a la relación entre la conductividad y los sólidos disueltos totales (SDT).

**C. Porcentaje de metales disueltos**

En esta subsección, se consignan los porcentajes de los metales disueltos con respecto a los metales totales para cada cuerpo de agua: afloramientos, quebradas y lagunas. De los resultados obtenidos, se destacaron aquellos metales cuyos porcentajes fueron predominantes (mayores al 50 %).

c.1. Afloramientos

En la Tabla 7-7 y Tabla 7-8 se muestran los porcentajes de predominancia del metal disuelto evaluados en octubre de 2017 y marzo de 2018, respectivamente. De acuerdo a dichos resultados, se resalta aquellas predominancias que fueron mayores al 50 % del total de puntos de muestreo. De esa manera, se tiene que:

Mayor predominancia

- Calcio (Ca), bario (Ba), magnesio (Mg), estroncio (Sr), potasio (K) y sodio (Na) en octubre de 2017 y marzo de 2018, y manganeso (Mn) en marzo de 2018.

Menor predominancia

- Aluminio (Al) y hierro (Fe) en octubre de 2017 y marzo de 2018, y fósforo (P) en marzo de 2018.

Cabe resaltar que el FNat7 se distingue de los otros afloramientos debido a que predominó la forma disuelta en una cantidad mayor al 70 % de los metales considerados en la evaluación en octubre de 2017 (17 de 23, Tabla 7-7) y marzo de 2018 (16 de 22, Tabla 7-8).

En tanto, MLPeñ-01 y MCham7 son los únicos afloramientos cuya cantidad de metales no predominaron en su forma disuelta en más del 50 % de lo considerado en la Tabla 7-7 (15 de 23 para MLPeñ-01 y 12 de 23 para MCham7). Mientras que, en MANA-75, la cantidad de metales que predominaron en su forma disuelta es del 59 % (13 de 22, ver Tabla 7-8).

c.2. Quebradas

En la Tabla 7-9 y Tabla 7-10 se muestran los porcentajes de predominancia del metal disuelto evaluados en octubre de 2017 y marzo de 2018, respectivamente. De acuerdo a dichos resultados, se resalta aquellas predominancias que fueron mayores o iguales al 50 % del total de puntos de muestreo. De esa manera, se tiene que:

Mayor predominancia

- Calcio (Ca), bario (Ba), magnesio (Mg), estroncio (Sr), potasio (K), sodio (Na), cobre (Cu) y manganeso (Mn) en octubre de 2017 y marzo de 2018.
- Arsénico (As) en octubre de 2017, y cobalto (Co), hierro (Fe) y aluminio (Al) en marzo de 2018.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 7-7. Porcentaje de metales disueltos en los puntos de muestreo de los afloramientos en octubre de 2017

N.º	Punto de muestreo	Ti	Ti	V	Zn	As	B	Cd	Co	Pb	Se	Cu	Li	Ni	P	Al	Na	Mn	Ca	Fe	K	Ba	Mg	Sr
		%																						
1	FNat8	<0,00002	<0,0002	<0,0001	100,0	<0,00003	<0,002	<0,00001	<0,00001	<0,0002	<0,0004	5,0	<0,0001	<0,0002	<0,015	2,0	2,4	37,7	98,9	0,4	100,0	98,3	100,0	99,1
2	FNat7	96,2	<0,0002	<0,0001	100,0	<0,00003	<0,002	98,1	96,6	97,9	<0,0004	96,2	91,7	72,7	<0,015	96,9	92,4	96,9	98,3	90,9	94,3	95,6	95,0	96,9
3	FNatu13	<0,00002	<0,0002	<0,0001	<0,0100	86,3	64,3	<0,00001	<0,00001	55,6	<0,0004	<0,00003	<0,0001	<0,0002	<0,015	91,2	<0,006	86,9	34,5	80,4	57,1	90,0	76,0	87,5
4	FNatu14	<0,00002	<0,0002	<0,0001	<0,0100	83,3	56,3	<0,00001	<0,00001	36,4	<0,0004	<0,00003	<0,0001	<0,0002	<0,015	77,6	<0,006	100,0	<0,10	100,0	44,4	88,9	95,0	71,4
5	FNatu5	<0,00002	<0,0002	<0,0001	168,0	7,1	<0,002	<0,00001	<0,00001	33,3	<0,0004	8,3	<0,0001	<0,0002	28,3	1,3	96,5	52,3	97,5	8,5	86,9	89,6	97,0	97,9
6	FNatu6	<0,00002	<0,0002	<0,0001	190,0	<0,00003	<0,002	<0,00001	<0,00001	<0,0002	<0,0004	7,5	<0,0001	950,0	50,0	1,4	95,7	21,7	98,5	0,3	82,5	93,6	99,0	95,6
7	FNatu4	<0,00002	<0,0002	<0,0001	266,0	<0,00003	<0,002	<0,00001	<0,00001	<0,0002	<0,0004	91,3	<0,0001	<0,0002	83,3	8,3	92,5	79,1	99,0	29,7	75,9	98,4	99,5	99,0
8	MLCue-01	<0,00002	<0,0002	<0,0001	<0,0100	<0,00003	<0,002	<0,00001	<0,00001	<0,0002	<0,0004	<0,00003	<0,0001	<0,0002	86,7	4,8	97,0	11,5	99,1	0,6	83,9	92,5	99,9	98,9
9	MPalo-01	<0,00002	<0,0002	<0,0001	<0,0100	<0,00003	<0,002	<0,00001	<0,00001	<0,0002	<0,0004	<0,00003	<0,0001	<0,0002	97,5	<0,002	91,9	2,4	98,6	2,2	85,2	97,6	99,7	97,4
10	MLanc-01	<0,00002	<0,0002	<0,0001	<0,0100	<0,00003	<0,002	<0,00001	<0,00001	<0,0002	<0,0004	<0,00003	<0,0001	<0,0002	<0,015	<0,002	38,5	<0,00003	96,0	<0,0004	85,0	94,4	92,5	92,5
11	MInge-01	<0,00002	<0,0002	<0,0001	<0,0100	<0,00003	<0,002	<0,00001	<0,00001	<0,0002	<0,0004	<0,00003	<0,0001	<0,0002	88,1	2,8	96,3	0,9	96,9	1,4	86,7	87,7	95,9	98,2
12	FNatu11	<0,00002	<0,0002	<0,0001	<0,0100	<0,00003	<0,002	<0,00001	<0,00001	<0,0002	<0,0004	<0,00003	<0,0001	<0,0002	86,7	65,0	98,7	2,5	100,0	39,5	90,5	100,0	100,0	98,6
13	FNatu10	<0,00002	<0,0002	<0,0001	<0,0100	<0,00003	<0,002	<0,00001	<0,00001	<0,0002	<0,0004	<0,00003	<0,0001	<0,0002	<0,015	18,3	100,0	59,2	100,0	10,0	86,7	99,4	100,0	100,0
14	FNatu12	<0,00002	<0,0002	<0,0001	<0,0100	<0,00003	<0,002	<0,00001	<0,00001	<0,0002	<0,0004	<0,00003	<0,0001	<0,0002	<0,015	5,9	97,2	87,5	98,6	15,5	70,6	98,1	98,0	99,0
15	MGala1	<0,00002	<0,0002	<0,0001	<0,0100	<0,00003	<0,002	<0,00001	<0,00001	<0,0002	<0,0004	<0,00003	<0,0001	<0,0002	<0,015	3,9	95,4	19,5	98,6	0,7	70,8	92,4	97,5	98,9
16	MPBLa1	<0,00002	8,9	<0,0001	<0,0100	<0,00003	<0,002	<0,00001	<0,00001	<0,0002	<0,0004	<0,00003	94,4	20,0	62,5	1,7	96,7	0,4	98,8	0,4	87,2	76,0	95,7	96,6
17	MYana1	<0,00002	<0,0002	<0,0001	<0,0100	<0,00003	<0,002	<0,00001	<0,00001	92,9	<0,0004	89,9	<0,0001	18,2	<0,015	93,4	<0,006	100,0	76,9	45,3	80,0	95,5	100,0	25,0
18	MLCor1	<0,00002	<0,0002	<0,0001	<0,0100	<0,00003	<0,002	<0,00001	<0,00001	<0,0002	<0,0004	2,3	<0,0001	13,3	<0,015	79,2	206,0	82,3	99,3	49,7	<0,04	92,3	98,0	96,7
19	MLVer1	<0,00002	<0,0002	<0,0001	<0,0100	<0,00003	<0,002	<0,00001	<0,00001	<0,0002	<0,0004	<0,00003	<0,0001	<0,0002	<0,015	<0,002	100,0	<0,00003	99,9	6,8	100,0	100,0	100,0	100,0
20	MLVer2	<0,00002	<0,0002	<0,0001	40,2	<0,00003	<0,002	<0,00001	<0,00001	<0,0002	<0,0004	<0,00003	<0,0001	<0,0002	<0,015	38,5	96,0	3,2	91,9	23,2	87,5	87,9	96,5	99,8
21	MOPej1	<0,00002	<0,0002	<0,0001	183,6	<0,00003	<0,002	<0,00001	<0,00001	<0,0002	<0,0004	<0,00003	<0,0001	15,4	<0,015	63,2	99,8	3,2	99,1	36,5	90,9	93,9	98,8	98,5
22	MShil-01	<0,00002	<0,0002	<0,0001	<0,0100	<0,00003	<0,002	<0,00001	<0,00001	<0,0002	<0,0004	<0,00003	<0,0001	<0,0002	<0,015	16,1	100,0	5,6	99,2	0,9	75,0	86,2	100,0	98,6
23	MLPeñ-01	<0,00002	9,1	2,9	<0,0100	6,0	47,1	<0,00001	0,7	5,1	25,0	0,3	<0,0001	15,4	21,1	0,1	100,0	1,0	86,3	1,2	8,3	26,6	87,9	85,2
24	MCham1	<0,00002	<0,0002	<0,0001	<0,0100	<0,00003	<0,002	<0,00001	<0,00001	<0,0002	<0,0004	3,2	<0,0001	12,5	<0,015	<0,002	97,0	58,7	100,0	3,4	100,0	98,7	100,0	100,0
25	MCham2	<0,00002	<0,0002	<0,0001	<0,0100	<0,00003	<0,002	<0,00001	<0,00001	<0,0002	<0,0004	45,3	<0,0001	33,3	<0,015	43,8	96,8	91,2	99,2	53,2	80,0	99,2	98,9	99,1
26	MCham3	<0,00002	<0,0002	<0,0001	<0,0100	<0,00003	<0,002	<0,00001	82,6	<0,0002	<0,0004	3,7	93,5	58,1	33,3	28,5	91,8	95,0	94,1	16,6	89,3	70,6	96,0	95,8
27	MCham4	<0,00002	11,8	<0,0001	<0,0100	<0,00003	<0,002	<0,00001	<0,00001	<0,0002	<0,0004	6,3	100,0	33,3	<0,015	0,7	96,2	3,1	98,4	0,2	81,5	90,1	100,0	96,6
28	MCham5	<0,00002	<0,0002	<0,0001	<0,0100	<0,00003	<0,002	<0,00001	<0,00001	<0,0002	<0,0004	1,8	<0,0001	4,3	<0,015	<0,002	92,6	100,0	96,8	100,0	86,7	94,0	97,2	98,1
29	MCham7	<0,00002	29,5	2,4	<0,0100	6,0	64,7	<0,00001	0,8	20,0	<0,0004	1,5	7,7	5,6	14,6	4,7	94,6	15,5	92,1	1,4	83,3	59,2	90,8	91,3

Ti: Talio, Tl: Titanio, V: Vanadio, Zn: Zinc, As: Arsénico, B: Boro, Cd: Cadmio, Co: Cobalto, Pb: Plomo, Se: Selenio, Cu: Cobre, Li: Litio, Ni: Níquel, P: Fósforo, Al: Aluminio, Na: Sodio, Mn: Manganese, Ca: Calcio, Fe: Hierro, K: Potasio, Ba: Bario, Mg: Magnesio y Sr: Estroncio.

<: Menor al límite de cuantificación respectivo.

■ : Porcentaje de la forma disuelta del metal mayor al 50% del total.

■ : Porcentaje de la forma disuelta del metal menor al 50% del total.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 7-8. Porcentaje de metales disueltos en los puntos de muestreo de los afloramientos en marzo de 2018

N.º	Punto de muestreo	TI	V	Cd	B	Li	Zn	Tl	Co	As	Ni	Pb	P	Cu	Na	Fe	K	Al	Sr	Mn	Ca	Ba	Mg
		%																					
1	MANA-11	<0,00002	<0,0001	<0,00001	<0,002	<0,0001	65,8	15,4	<0,00001	98,0	<0,0002	28,6	34,9	4,8	61,3	9,1	63,2	4,3	97,6	40,1	95,1	82,6	95,8
2	MANA-10	<0,00002	<0,0001	<0,00001	<0,002	<0,0001	<0,0100	11,1	<0,00001	<0,00003	<0,0002	25,0	19,7	5,1	100,0	16,5	70,0	2,6	97,0	82,3	94,6	94,2	94,8
3	MANA-12	<0,00002	<0,0001	<0,00001	<0,002	<0,0001	<0,0100	13,3	<0,00001	<0,00003	33,3	33,3	16,7	4,8	100,0	28,7	79,7	4,0	100,0	88,0	100,0	95,3	98,2
4	MANA-13	<0,00002	<0,0001	<0,00001	<0,002	<0,0001	100,0	15,4	<0,00001	86,2	100,0	<0,0002	30,0	3,3	100,0	67,7	99,2	50,0	95,7	100,0	97,1	100,0	100,0
5	MANA-14	<0,00002	<0,0001	<0,00001	16,7	87,5	<0,0100	6,7	<0,00001	<0,00003	28,6	18,2	22,1	3,4	100,0	16,1	80,9	5,3	91,1	89,9	95,7	86,6	91,4
6	MANA-16	<0,00002	<0,0001	<0,00001	16,7	85,0	33,2	11,8	<0,00001	<0,00003	<0,0002	11,8	24,6	3,4	100,0	35,7	100,0	15,1	93,8	100,0	94,1	87,7	90,4
7	FNat8	<0,00002	<0,0001	<0,00001	<0,002	<0,0001	100,0	<0,0002	<0,00001	<0,00003	<0,0002	<0,0002	<0,015	56,3	100,0	35,4	97,1	28,6	100,0	64,5	100,0	99,0	100,0
8	FNat2	<0,00002	<0,0001	<0,00001	<0,002	95,0	<0,0100	14,3	<0,00001	<0,00003	<0,0002	40,0	37,5	5,8	100,0	0,1	81,8	6,2	96,0	56,4	98,3	88,4	95,0
9	MProp1	<0,00002	<0,0001	<0,00001	<0,002	<0,0001	<0,0100	<0,0002	<0,00001	<0,00003	<0,0002	40,0	38,5	100,0	100,0	89,8	36,4	52,4	100,0	75,6	97,6	98,1	100,0
10	MANA-15	<0,00002	<0,0001	<0,00001	<0,002	<0,0001	<0,0100	<0,0002	<0,00001	<0,00003	<0,0002	<0,0002	<0,015	<0,00003	100,0	55,4	100,0	89,5	98,3	100,0	96,1	98,3	96,9
11	MANA-18	<0,00002	<0,0001	<0,00001	<0,002	<0,0001	<0,0100	<0,0002	<0,00001	86,2	33,3	<0,0002	28,8	100,0	100,0	73,1	100,0	100,0	97,5	100,0	95,0	100,0	96,3
12	MANA-17	<0,00002	<0,0001	<0,00001	<0,002	<0,0001	<0,0100	15,4	<0,00001	<0,00003	<0,0002	<0,0002	23,8	100,0	89,6	15,6	50,0	2,8	96,3	72,0	96,5	90,4	92,7
13	FNat3	<0,00002	<0,0001	<0,00001	<0,002	<0,0001	<0,0100	<0,0002	<0,00001	76,4	<0,0002	<0,0002	21,4	62,5	97,8	46,3	56,0	38,9	99,5	92,3	100,0	93,1	96,7
14	FNat7	95,1	<0,0001	97,9	<0,002	<0,0001	100,0	<0,0002	98,2	<0,00003	75,7	89,7	37,5	95,2	100,0	88,2	92,4	93,7	100,0	95,9	100,0	97,1	100,0
15	MANA-19	<0,00002	<0,0001	<0,00001	<0,002	<0,0001	<0,0100	<0,0002	<0,00001	<0,00003	<0,0002	<0,0002	25,0	100,0	100,0	96,7	93,0	10,0	96,1	100,0	99,5	96,9	97,8
16	MANA-22	<0,00002	<0,0001	<0,00001	<0,002	<0,0001	<0,0100	15,4	<0,00001	85,2	7,1	<0,0002	35,9	100,0	100,0	22,0	89,0	6,9	100,0	85,4	97,0	87,4	100,0
17	MANA-20	<0,00002	<0,0001	93,5	<0,002	<0,0001	100,0	<0,0002	<0,00001	100,0	44,8	<0,0002	15,8	94,0	94,5	42,5	60,9	5,0	100,0	94,6	99,0	100,0	100,0
18	MANA-21	<0,00002	<0,0001	<0,00001	<0,002	<0,0001	84,2	11,8	<0,00001	86,5	<0,0002	13,3	32,6	62,7	100,0	10,7	30,8	4,4	98,4	66,8	100,0	93,7	100,0
19	MANA-24	<0,00002	<0,0001	<0,00001	<0,002	<0,0001	<0,0100	<0,0002	<0,00001	81,7	<0,0002	<0,0002	17,9	5,1	100,0	1,4	57,1	7,4	100,0	100,0	97,7	100,0	100,0
20	FNatu5	<0,00002	<0,0001	<0,00001	<0,002	<0,0001	<0,0100	<0,0002	<0,00001	<0,00003	<0,0002	<0,0002	<0,015	<0,00003	94,4	100,0	88,1	100,0	97,1	71,9	96,5	95,2	96,5
21	MANA-26	<0,00002	<0,0001	<0,00001	<0,002	<0,0001	<0,0100	15,4	<0,00001	100,0	33,3	28,6	21,8	100,0	100,0	27,4	70,0	56,0	94,6	70,0	93,3	100,0	93,4
22	FNatu6	<0,00002	<0,0001	<0,00001	<0,002	<0,0001	<0,0100	<0,0002	<0,00001	<0,00003	33,3	<0,0002	44,1	100,0	100,0	2,5	78,9	9,5	94,1	89,1	97,7	90,4	96,9
23	MANA-28	<0,00002	<0,0001	<0,00001	<0,002	<0,0001	<0,0100	<0,0002	<0,00001	81,8	<0,0002	<0,0002	14,9	<0,00003	100,0	4,6	68,8	4,2	100,0	23,2	100,0	100,0	100,0
24	MANA-30	<0,00002	<0,0001	<0,00001	<0,002	<0,0001	<0,0100	5,4	<0,00001	65,6	<0,0002	14,3	9,3	6,1	100,0	0,2	21,1	4,4	94,2	5,0	91,5	85,1	94,8
25	FNatu4	<0,00002	<0,0001	<0,00001	<0,002	<0,0001	<0,0100	<0,0002	<0,00001	<0,00003	<0,0002	<0,0002	25,0	74,9	95,0	2,1	71,1	10,0	96,0	62,4	98,8	91,8	96,0
26	MANA-32	<0,00002	<0,0001	<0,00001	<0,002	<0,0001	<0,0100	15,4	<0,00001	66,1	25,0	11,8	12,7	<0,00003	100,0	0,3	26,7	0,7	100,0	20,0	100,0	93,2	100,0
27	MANA-25	<0,00002	<0,0001	<0,00001	<0,002	<0,0001	<0,0100	14,3	<0,00001	74,7	<0,0002	50,0	23,1	7,0	100,0	11,6	66,7	3,1	94,8	67,7	96,6	90,3	93,9



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Punto de muestreo	TI	V	Cd	B	Li	Zn	Ti	Co	As	Ni	Pb	P	Cu	Na	Fe	K	Al	Sr	Mn	Ca	Ba	Mg
		%																					
28	MANA-41	<0,00002	<0,00001	<0,00001	<0,002	<0,00001	<0,0100	<0,00002	<0,00001	<0,00003	25,0	<0,0002	36,6	4,8	100,0	19,8	90,5	18,8	97,6	59,6	100,0	82,4	100,0
29	MANA-43	<0,00002	<0,00001	<0,00001	<0,002	<0,00001	<0,0100	<0,00002	<0,00001	<0,00003	<0,0002	<0,0002	<0,015	<0,00003	100,0	41,6	97,6	41,2	100,0	100,0	100,0	96,0	99,4
30	MANA-49	<0,00002	<0,00001	<0,00001	25,0	<0,00001	<0,0100	<0,00002	<0,00001	<0,00003	<0,0002	<0,0002	<0,015	<0,00003	97,6	35,0	100,0	10,6	89,2	100,0	95,6	97,0	94,6
31	MANA-51	<0,00002	<0,00001	<0,00001	<0,002	100,0	<0,0100	<0,00002	<0,00001	<0,00003	22,2	<0,0002	39,5	100,0	165,6	17,5	77,8	36,2	96,1	89,4	92,1	88,5	91,4
32	MANA-53	<0,00002	<0,00001	<0,00001	<0,002	96,2	<0,0100	13,3	<0,00001	<0,00003	<0,0002	50,0	23,4	5,9	97,3	5,7	81,8	8,3	97,9	100,0	100,0	100,0	100,0
33	MANA-55	<0,00002	<0,00001	<0,00001	25,0	82,4	<0,0100	<0,00002	<0,00001	<0,00003	16,7	50,0	17,4	7,5	99,0	12,9	87,1	6,0	93,9	64,0	96,8	89,3	100,0
34	MANA-67	<0,00002	<0,00001	<0,00001	<0,002	83,3	<0,0100	15,4	<0,00001	<0,00003	25,0	22,2	31,9	7,9	96,8	34,9	66,7	35,3	91,5	73,7	91,7	83,0	94,0
35	MANA-63	<0,00002	<0,00001	<0,00001	<0,002	<0,00001	<0,0100	<0,00002	<0,00001	<0,00003	<0,0002	<0,0002	46,9	4,7	99,0	70,1	82,6	60,0	92,9	100,0	95,8	92,6	96,3
36	MANA-61	<0,00002	<0,00001	<0,00001	<0,002	<0,00001	<0,0100	11,1	<0,00001	<0,00003	<0,0002	33,3	31,3	5,9	100,0	11,0	50,0	5,7	88,9	62,7	90,8	39,1	94,7
37	MANA-73	<0,00002	<0,00001	<0,00001	<0,002	<0,00001	<0,0100	<0,00002	<0,00001	<0,00003	40,0	<0,0002	42,9	58,0	100,0	36,7	93,2	43,2	100,0	87,8	100,0	87,6	100,0
38	MANA-40	<0,00002	<0,00001	<0,00001	<0,002	<0,00001	<0,0100	<0,00002	<0,00001	<0,00003	<0,0002	<0,0002	<0,015	<0,00003	100,0	<0,0004	90,0	<0,002	100,0	90,8	93,9	97,2	94,4
39	MANA-42	<0,00002	<0,00001	<0,00001	<0,002	7,1	<0,0100	<0,00002	<0,00001	<0,00003	<0,0002	<0,0002	31,3	1,6	95,7	0,1	77,1	0,9	94,1	80,2	94,5	93,6	95,7
40	MANA-29	<0,00002	<0,00001	<0,00001	<0,002	<0,00001	<0,0100	<0,00002	<0,00001	<0,00003	<0,0002	<0,0002	<0,015	96,4	100,0	76,3	36,4	83,9	100,0	96,8	100,0	97,1	100,0
41	MANA-34	<0,00002	<0,00001	<0,00001	<0,002	<0,00001	<0,0100	<0,00002	<0,00001	<0,00003	<0,0002	<0,0002	39,5	<0,00003	100,0	0,9	40,0	6,7	97,4	95,6	97,2	92,4	97,1
42	MANA-36	<0,00002	71,4	<0,00001	<0,002	<0,00001	<0,0100	<0,00002	<0,00001	<0,00003	<0,0002	<0,0002	33,3	<0,00003	93,4	0,6	69,4	2,0	89,5	75,9	92,3	97,4	91,6
43	MANA-33	<0,00002	<0,00001	<0,00001	<0,002	<0,00001	<0,0100	<0,00002	<0,00001	<0,00003	<0,0002	<0,0002	48,4	3933,3	192,5	45,7	86,7	45,3	100,0	70,1	94,8	79,2	100,0
44	MANA-38	<0,00002	<0,00001	<0,00001	<0,002	100,0	<0,0100	<0,00002	<0,00001	<0,00003	<0,0002	<0,0002	40,5	<0,00003	100,0	0,2	75,0	1,5	98,5	82,0	100,0	77,5	96,5
45	MANA-54	<0,00002	<0,00001	<0,00001	<0,002	<0,00001	<0,0100	<0,00002	<0,00001	<0,00003	<0,0002	<0,0002	45,5	<0,00003	95,4	0,2	55,9	1,8	92,7	100,0	90,2	83,6	91,7
46	MANA-46	<0,00002	<0,00001	<0,00001	<0,002	<0,00001	<0,0100	<0,00002	<0,00001	<0,00003	<0,0002	<0,0002	<0,015	<0,00003	100,0	<0,0004	100,0	<0,002	97,4	74,7	99,7	98,0	100,0
47	MANA-50	<0,00002	<0,00001	<0,00001	<0,002	<0,00001	<0,0100	<0,00002	<0,00001	<0,00003	<0,0002	<0,0002	57,7	25,4	97,4	6,5	64,9	12,1	95,3	30,2	96,3	80,8	92,8
48	MANA-75	<0,00002	<0,00001	<0,00001	<0,002	<0,00001	100,0	<0,00002	85,0	<0,00003	22,2	86,7	<0,015	86,7	100,0	76,7	86,8	84,8	100,0	89,1	100,0	94,1	100,0
49	MANA-62	<0,00002	<0,00001	<0,00001	<0,002	<0,00001	100,0	<0,00002	89,2	<0,00003	15,4	<0,0002	<0,015	100,0	<0,006	100,0	64,7	86,9	100,0	93,6	39,3	96,3	96,3
50	MANA-58	<0,00002	<0,00001	<0,00001	<0,002	<0,00001	<0,0100	<0,00002	<0,00001	<0,00003	<0,0002	<0,0002	<0,015	6700,0	100,0	<0,0004	92,9	<0,002	90,7	8366,7	92,3	94,9	92,2
51	MANA-56	<0,00002	<0,00001	<0,00001	<0,002	<0,00001	<0,0100	<0,00002	<0,00001	<0,00003	<0,0002	<0,0002	<0,015	68666,7	92,4	100,0	100,0	100,0	90,0	234,6	87,2	90,9	87,2

TI: Talio, V: Vanadio, Cd: Cadmio, B: Boro, Li: Litio, Zn: Zinc, Ti: Titanio, Co: Cobalto, As: Arsénico, Ni: Níquel, Pb: Plomo, P: Fósforo, Cu: Cobre, Na: Sodio, Fe: Hierro, K: Potasio, Al: Aluminio, Sr: Estroncio, Mn: Manganeso, Ca: Calcio, Ba: Bario y Mg: Magnesio.

<: Menor al límite de cuantificación respectivo.

■ : Porcentaje de la forma disuelta del metal mayor al 50% del total.

■ : Porcentaje de la forma disuelta del metal menor al 50% del total.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 7-9. Porcentaje de metales disueltos en los puntos de muestreo de las quebradas en octubre de 2017

N.º	Punto de muestreo	Cd	Mo	Sb	Ti	Zn	Co	P	Pb	Al	As	Ba	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Sr
		%																			
1	QMilp1	<0,00001	<0,00002	<0,00004	<0,0002	<0,0100	100,0	<0,015	<0,0002	96,0	79,5	97,0	100,0	98,7	82,6	100,0	98,3	99,3	93,6	50,0	100,0
2	QQuin1	<0,00001	<0,00002	<0,00004	<0,0002	<0,0100	<0,00001	<0,015	<0,0002	73,9	63,4	100,0	100,0	75,3	58,4	57,1	100,0	98,8	<0,006	28,6	95,7
3	QMilp2	<0,00001	<0,00002	<0,00004	<0,0002	<0,0100	2,0	57,7	16,7	23,3	30,3	71,2	100,0	41,2	12,3	76,4	91,8	48,3	92,9	22,2	98,7
4	QMuy1	<0,00001	<0,00002	<0,00004	<0,0002	172,0	<0,00001	75,0	50,0	6,3	92,5	94,2	97,3	5,2	24,9	61,1	97,2	47,4	96,9	28,6	96,0
5	QMuy2	<0,00001	<0,00002	<0,00004	<0,0002	190,0	<0,00001	29,5	28,8	45,9	95,3	87,1	100,0	5,1	79,7	85,2	100,0	74,6	100,0	<0,0002	99,3
6	QMilp3	<0,00001	<0,00002	<0,00004	<0,0002	<0,0100	<0,00001	57,7	33,3	33,0	57,7	79,5	97,9	55,7	20,9	87,5	94,7	33,3	93,1	11,1	95,3
7	QMilp4	<0,00001	93,3	30,8	<0,0002	91,7	4,3	39,5	25,0	15,6	52,7	85,1	98,1	52,7	18,6	85,4	98,2	13,5	95,2	11,8	95,3
8	QPunr1	10,0	<0,00002	72,9	13,3	71,8	56,9	75,0	16,7	31,3	51,7	80,3	97,0	76,6	26,1	78,8	94,8	58,1	98,6	42,9	96,9
9	QPunr2	<0,00001	100,0	62,9	14,3	78,1	37,5	34,9	16,7	23,3	51,0	83,6	94,9	57,4	20,9	75,0	95,9	31,9	96,0	22,2	94,2
10	QLipi1	<0,00001	<0,00002	<0,00004	<0,0002	<0,0100	<0,00001	<0,015	58,5	71,2	75,6	96,7	96,3	<0,00003	64,2	75,0	97,7	94,8	93,0	14,3	96,1
11	QLipi2	<0,00001	<0,00002	<0,00004	<0,0002	<0,0100	<0,00001	68,2	22,2	53,8	79,3	93,4	97,4	<0,00003	44,8	83,8	99,6	74,8	99,2	<0,0002	97,3
12	QPapa1	<0,00001	96,4	<0,00004	<0,0002	<0,0100	<0,00001	<0,015	<0,0002	8,0	92,3	91,3	95,1	6,4	2,0	80,0	96,3	47,1	95,1	40,0	94,9
13	QLipi1A	<0,00001	<0,00002	<0,00004	<0,0002	100,0	99,3	<0,015	100,0	99,1	<0,00003	99,5	100,0	<0,00003	75,0	100,0	100,0	99,7	100,0	86,7	100,0
14	QYana1	<0,00001	<0,00002	<0,00004	<0,0002	98,1	<0,00001	<0,015	<0,0002	47,4	<0,00003	96,6	95,9	2,8	43,3	88,9	96,7	96,8	93,8	43,8	98,7
15	QKero1	9,1	<0,00002	<0,00004	<0,0002	95,9	95,5	<0,015	40,0	82,6	<0,00003	93,7	88,1	93,7	51,3	90,0	96,0	93,4	87,8	60,0	92,1
16	QChup-01	<0,00001	<0,00002	<0,00004	<0,0002	77,1	96,7	<0,015	<0,0002	67,1	<0,00003	98,7	96,1	96,4	64,8	98,1	100,0	98,9	97,0	100,0	98,9
17	QCham1	<0,00001	11,1	36,4	11,8	<0,0100	39,7	88,2	18,2	24,6	3,5	52,7	82,6	56,8	17,0	56,8	84,9	39,1	93,5	25,0	87,5
18	QCham2	<0,00001	10,0	<0,00004	18,2	<0,0100	63,6	78,9	40,0	27,5	6,4	77,9	95,1	71,4	26,4	85,2	96,9	41,6	99,7	18,2	91,9
19	LKero1	<0,00001	<0,00002	<0,00004	<0,0002	<0,0100	96,1	<0,015	<0,0002	91,7	<0,00003	97,8	<0,10	95,9	88,1	100,0	94,8	99,8	<0,006	40,0	100,0
20	LDCol2	<0,00001	<0,00002	<0,00004	<0,0002	90,6	98,0	<0,015	<0,0002	92,3	77,4	98,4	97,1	96,2	70,5	98,2	95,6	94,8	94,9	<0,0002	100,0

Cd: Cadmio, Mo: Molibdeno, Sb: Antimonio, Ti: Titanio, Zn: Zinc, Co: Cobalto, P: Fósforo, Pb: Plomo, Al: Aluminio, As: Arsénico, Ba: Bario, Ca: Calcio, Cu: Cobre, Fe: Hierro, K: Potasio, Mg: Magnesio, Mn: Manganeso, Na: Sodio, Ni: Níquel y Sr: Estroncio.

<: Menor al límite de cuantificación respectivo.

■ : Porcentaje de la forma disuelta del metal mayor al 50% del total.

■ : Porcentaje de la forma disuelta del metal menor al 50% del total.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 7-10. Porcentaje de metales disueltos en los puntos de muestreo de las quebradas en marzo de 2018

N.º	Punto de muestreo	Be	Hg	Cr	Sn	V	Mo	Cd	U	B	Li	Zn	Tl	Co	As	Ni	Pb	P	Cu	Na	Fe	K	Al	Sr	Mn	Ca	Ba	Mg	
		%																											
1	QMlp1	<0,0000 2	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 2	<0,0000 1	<0,00000 3	40,0	<0,000 1	<0,010 0	<0,000 2	1,5	98,0	33,3	40,0	30,5	88,0	100,0	89,5	88,0	79,3	100,0	99,3	100,0	98,2	100,0	
2	QMuy1	<0,0000 2	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 2	<0,0000 1	90,3	<0,000 2	<0,000 1	<0,010 0	<0,000 2	<0,0000 1	78,8	<0,000 2	33,3	22,4	4,9	93,0	22,8	86,7	30,0	97,5	74,7	94,5	82,8	94,9	
3	QMuy2	4,7	17,6	2,4	5,3	2,0	5,4	1,2	0,5	6,5	2,8	7,7	0,6	0,9	21,1	9,7	0,4	4,3	0,3	27,9	3,9	31,5	1,4	22,6	6,9	14,5	2,7	2,2	
4	QQuin1	<0,0000 2	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 2	<0,0000 1	<0,00000 3	<0,000 2	<0,000 1	<0,010 0	14,3	<0,0000 1	61,8	<0,000 2	40,0	38,5	100,0	<0,00 6	61,4	40,0	83,0	74,1	95,1	44,3	80,0	39,1	
5	QMlp2	<0,0000 2	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 2	<0,0000 1	<0,00000 3	<0,000 2	<0,000 1	<0,010 0	14,3	83,8	5,1	28,6	33,3	36,6	85,2	100,0	34,9	98,1	47,4	97,8	78,9	100,0	85,1	91,8	
6	QMlp3	<0,0000 2	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 2	<0,0000 1	<0,00000 3	<0,000 2	<0,000 1	<0,010 0	<0,000 2	<0,0000 1	<0,000 2	25,0	25,9	89,0	100,0	32,0	89,8	43,4	96,0	31,0	98,1	78,0	97,8		
7	QQuin2	<0,0000 2	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 2	<0,0000 1	<0,00000 3	<0,000 2	<0,000 1	<0,010 0	15,4	<0,0000 1	79,1	<0,000 2	<0,000 2	40,5	100,0	100,0	55,1	81,1	54,7	95,5	86,6	95,4	100,0	92,0	
8	LDCol2	<0,0000 2	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 2	<0,0000 1	<0,00000 3	<0,000 2	<0,000 1	<0,010 0	<0,000 2	93,8	56,5	26,6	80,0	30,6	96,1	93,9	56,7	75,0	92,2	100,0	100,0	100,0	98,0	96,4	
9	QYana2	<0,0000 2	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 2	<0,0000 1	<0,00000 3	<0,000 2	<0,000 1	<0,010 0	<0,000 2	85,7	34,4	15,4	40,0	33,3	98,2	211,4	17,1	72,7	48,0	88,6	91,4	88,3	73,7	90,9	
10	QLipi1A	<0,0000 2	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 2	<0,0000 1	<0,00000 3	<0,000 2	<0,000 1	100,0	<0,000 2	91,8	<0,0000 3	50,0	46,2	36,6	87,5	100,0	26,8	72,5	75,0	100,0	90,2	83,6	83,3	90,8	
11	QYana1	<0,0000 2	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 2	<0,0000 1	<0,00000 3	88,7	<0,000 1	100,0	15,4	86,2	56,4	18,2	55,6	17,0	29,6	379,2	26,0	100,0	55,4	98,0	83,5	87,3	85,5	95,1	
12	QD1	<0,0000 2	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 2	5,1	<0,00000 3	<0,000 2	<0,000 1	100,0	<0,000 2	100,0	<0,0000 3	100,0	91,7	<0,01 5	95,3	169,3	90,1	100,0	90,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	
13	QKero2	<0,0000 2	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 2	<0,0000 1	<0,00000 3	<0,000 2	<0,000 1	<0,010 0	<0,000 2	100,0	<0,0000 3	72,7	<0,000 2	42,9	87,2	100,0	77,0	100,0	88,5	100,0	92,8	77,8	84,9	100,0	
14	QD2	<0,0000 2	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 3	<0,000 1	15,4	2,6	<0,00000 3	<0,000 2	<0,000 1	88,2	<0,000 2	100,0	7,1	91,7	85,0	<0,01 5	97,5	100,0	71,3	100,0	91,3	88,4	93,3	92,5	100,0	96,7	
15	QSN-3	<0,0000 2	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 2	<0,0000 1	<0,00000 3	<0,000 2	<0,000 1	42,0	6,9	<0,0000 1	<0,0000 3	28,6	8,3	38,5	100,0	<0,00 6	46,7	44,4	55,3	40,6	70,2	16,6	59,5	25,0	
16	QKero3	<0,0000 2	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 2	<0,0000 1	<0,00000 3	<0,000 2	<0,000 1	74,9	7,7	88,4	<0,0000 3	46,7	40,0	39,5	84,2	100,0	42,4	81,4	59,0	89,6	80,1	22,5	76,3	65,5	
17	QCham1	<0,0000 2	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 2	<0,0000 1	<0,00000 3	<0,000 2	<0,000 1	<0,010 0	15,4	<0,0000 1	<0,0000 3	22,2	<0,000 2	37,5	100,0	100,0	75,8	61,5	85,4	90,7	81,7	92,6	75,0	97,2	
18	QKero1	<0,0000 2	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 2	<0,0000 1	<0,00000 3	<0,000 2	<0,000 1	<0,010 0	<0,000 2	96,9	<0,0000 3	58,3	66,7	45,5	98,0	100,0	79,1	87,5	85,5	100,0	98,3	87,1	90,0	100,0	
19	QCham2	<0,0000 2	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 2	<0,0000 1	<0,00000 3	<0,000 2	<0,000 1	<0,010 0	<0,000 2	<0,0000 1	<0,0000 3	<0,000 2	<0,000 2	<0,01 5	74,4	100,0	47,7	90,9	72,8	98,6	76,8	94,7	89,7	100,0	
20	LKero1	<0,0000 2	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 2	<0,0000 1	<0,00000 3	<0,000 2	<0,000 1	<0,010 0	<0,000 2	<0,0000 1	<0,0000 3	<0,000 2	100,0	55,6	100,0	100,0	100,0	91,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	
21	Q s/n 2	<0,0000 2	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 2	<0,0000 1	<0,00000 3	<0,000 2	<0,000 1	<0,010 0	<0,000 2	<0,0000 1	<0,0000 3	<0,000 2	<0,000 2	50,0	99,5	100,0	56,7	38,4	100,0	100,0	88,9	95,4	88,9	97,2	
22	QChup-01	<0,0000 2	<0,0000 3	<0,000 1	<0,0000 3	<0,000 1	3,8	<0,0000 1	<0,00000 3	<0,000 2	<0,000 1	<0,010 0	<0,000 2	87,6	<0,0000 3	35,7	40,0	27,8	82,7	100,0	43,6	88,9	40,8	100,0	89,4	100,0	88,4	100,0	

Be: Berilio, Hg: Mercurio, Cr: Cromo, Sn: Estaño, V: Vanadio, Mo: Molibdeno, Cd: Cadmio, U: Uranio, B: Boro, Li: Litio, Zn: Zinc, Tl: Talio, Co: Cobalto, As: Arsénico, Ni: Níquel, Pb: Plomo, P: Fósforo, Cu: Cobre, Na: Sodio, Fe: Hierro, K: Potasio, Al: Aluminio, Sr: Estroncio, Mn: Manganeso, Ca: Calcio, Ba: Bario y Mg: Magnesio.

<: Menor al límite de cuantificación respectivo.

■ : Porcentaje de la forma disuelta del metal mayor al 50% del total.
■ : Porcentaje de la forma disuelta del metal menor al 50% del total.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Menor predominancia

- Plomo (Pb) y hierro (Fe) en octubre de 2017 y marzo de 2018, aluminio (Al) y níquel (Ni) en octubre de 2017 y fósforo (P) en marzo de 2018.

En tanto que, de acuerdo a la Tabla 7-9, los mayores porcentajes de metales donde predominaron la forma disuelta fueron en QPunr1, QLipiA, QKero1, QChup-01 y LDCol2 con 65 % (13 de 20), QMilp1 con 60 % (12 de 20) y QPunr2 y QLipiA con 55 % (11 de 20).

Cabe resaltar que, en marzo de 2018, QMuy2 se distingue de las otras quebradas debido a que no predomina la forma disuelta en todos los metales considerados en esta evaluación en marzo de 2018 (27 de 27, Tabla 7-10). Mientras que en QD2, el porcentaje de los metales que predominan en su forma disuelta fue del 52 % (14 de 27, Tabla 7-10).



Handwritten notes and signature in blue ink on the left margin, including an arrow pointing up and the letters 'ch', 'A', 'A', 'S', 'M'.

c.3 Lagunas

En la Tabla 7-11 y Tabla 7-12 se muestran los porcentajes de predominancia del metal disuelto evaluados en octubre de 2017 y marzo de 2018, respectivamente. De acuerdo a dichos resultados, se resalta aquellas predominancias que fueron mayores o iguales al 50% del total de puntos de muestreo. De esa manera, se tiene que:

Mayor predominancia

- Calcio (Ca), bario (Ba), magnesio (Mg), estroncio (Sr), potasio (K), sodio (Na), cobre (Cu), manganeso (Mn), arsénico (As), aluminio (Al), hierro (Fe) y cobalto (Co) en octubre de 2017 y marzo de 2018.

Menor predominancia

- Fósforo (P) en marzo de 2018 y níquel (Ni) en ambas evaluaciones para las lagunas cuyas concentraciones fueron cuantificables, excepto para LYana1 en octubre de 2017 y LYana3 en marzo de 2018.

Cabe resaltar que la forma disuelta del fosforo (P) y hierro (Fe) no predomina en la laguna Muyoc en octubre de 2017 y marzo de 2018, respectivamente. En tanto que, la mayor cantidad de metales (mas del 50 %) que predominaron en su forma disuelta se registraron en todos los puntos de muestreo de las lagunas evaluadas en octubre de 2017 y la mayoría de puntos de muestreo de las lagunas en marzo de 2018.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 7-11. Porcentaje de metales disueltos en los puntos de muestreo de las lagunas en octubre de 2017

N.º	Punto de muestreo	Mo	P	Co	Zn	Ni	Pb	Na	As	K	Cu	Ca	Al	Ba	Fe	Mg	Mn	Sr
		%																
1	LRinc1	<0,00002	<0,015	95,2	<0,0100	<0,0002	<0,0002	<0,006	100,0	<0,04	96,7	100,0	97,7	100,0	91,8	96,2	97,9	100,0
2	LRinc2	<0,00002	<0,015	100,0	299,0	<0,0002	<0,0002	<0,006	93,2	<0,04	97,1	100,0	96,6	100,0	90,7	100,0	97,1	100,0
3	LRinc3	<0,00002	<0,015	93,0	<0,0100	40,0	<0,0002	<0,006	92,5	<0,04	96,6	77,8	93,0	90,9	85,5	89,7	93,8	83,3
4	LDCol1	<0,00002	<0,015	96,0	98,1	<0,0002	<0,0002	100,0	76,4	98,3	98,3	100,0	94,5	96,7	86,3	98,5	99,2	97,1
5	LDCol3	<0,00002	<0,015	96,5	100,0	28,6	<0,0002	100,0	89,4	100,0	98,1	100,0	90,9	97,9	77,3	99,1	100,0	96,4
6	LMilp1	<0,00002	<0,015	100,0	100,0	9,5	100,0	99,0	78,7	96,8	98,4	100,0	90,6	98,4	81,9	100,0	99,8	100,0
7	LMilp2	<0,00002	<0,015	98,7	213,0	16,7	100,0	100,0	83,7	100,0	94,9	100,0	90,8	100,0	91,1	99,4	100,0	100,0
8	LMilp3	<0,00002	<0,015	97,4	100,0	33,3	75,0	99,2	73,5	96,9	96,7	92,7	88,5	95,5	79,5	98,8	97,4	97,5
9	LMilp4	<0,00002	<0,015	100,0	303,8	25,0	75,0	100,0	77,1	100,0	100,0	100,0	94,6	100,0	84,6	100,0	100,0	100,0
10	LMuy1	<0,00002	25,9	<0,00001	<0,0100	<0,0002	66,7	100,0	94,3	86,5	100,0	98,0	100,0	89,7	86,4	99,8	93,2	98,0
11	LMuy2	<0,00002	48,0	<0,00001	<0,0100	<0,0002	60,0	100,0	91,7	89,8	9,7	100,0	100,0	96,2	90,5	100,0	100,0	98,9
12	LMuy3	<0,00002	34,6	<0,00001	<0,0100	<0,0002	40,0	92,9	90,6	87,7	10,0	98,4	100,0	92,5	87,8	99,7	94,6	97,9
13	LMuy4	11,8	42,5	<0,00001	<0,0100	<0,0002	40,0	99,4	93,0	86,0	30066,7	96,9	100,0	83,3	89,5	99,2	93,7	97,5
14	LLipi1	<0,00002	<0,015	<0,00001	194,2	<0,0002	94,7	<0,006	87,4	73,3	74,8	94,4	96,5	92,9	91,4	98,5	98,3	97,7
15	LLipi2	<0,00002	<0,015	<0,00001	100,0	25,0	93,1	<0,006	80,4	71,4	96,5	100,0	96,7	100,0	77,7	100,0	100,0	100,0
16	LLipi3	<0,00002	<0,015	<0,00001	100,0	<0,0002	48,4	<0,006	20,6	73,3	57,0	96,2	77,4	96,2	31,0	95,7	98,6	95,3
17	LYana1	<0,00002	<0,015	<0,00001	<0,0100	60,9	<0,0002	97,0	<0,00003	100,0	100,0	97,6	97,5	100,0	94,0	98,5	98,2	97,5
18	LKero2	<0,00002	<0,015	97,7	<0,0100	14,3	50,0	<0,006	<0,00003	90,5	90,3	80,0	77,7	91,1	73,7	97,1	91,7	100,0
19	LKero3	<0,00002	<0,015	100,0	<0,0100	12,5	50,0	<0,006	<0,00003	95,2	98,9	80,0	87,7	97,6	77,8	97,1	100,0	100,0

Mo: Molibdeno, P: Fósforo, Co: Cobalto, Zn: Zinc, Ni: Níquel, Pb: Plomo, Na: Sodio, As: Arsénico, K: Potasio, Cu: Cobre, Ca: Calcio, Al: Aluminio, Ba: Bario, Fe: Hierro, Mg: Magnesio, Mn: Manganeseo y Sr: Estroncio.

<: Concentración de metal total menor al límite de cuantificación respectivo.

■ : Porcentaje de la forma disuelta del metal mayor al 50% del total.

■ : Porcentaje de la forma disuelta del metal menor al 50% del total.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 7-12. Porcentaje de metales disueltos en los puntos de muestreo de las lagunas en marzo de 2018

Table with 21 columns (N°, Punto de muestreo, Sn, Mo, U, Zn, Ti, Co, As, Ni, Pb, P, Cu, Na, Fe, K, Al, Sr, Mn, Ca, Ba, Mg) and 28 rows of data. Values are percentages of dissolved metals at various sampling points.

Sn: Estaño, Mo: Molibdeno, U: Uranio, Zn: Zinc, Ti: Titanio, Co: Cobalto, As: Arsénico, Ni: Níquel, Pb: Plomo, P: Fósforo, Cu: Cobre, Na: Sodio, Fe: Hierro, K: Potasio, Al: Aluminio, Sr: Estroncio, Mn: Manganeso, Ca: Calcio, Ba: Bario y Mg: Magnesio.

<: Concentración de metal total menor al límite de cuantificación respectivo.

Blue box: Porcentaje de la forma disuelta del metal mayor al 50% del total.

Green box: Porcentaje de la forma disuelta del metal menor al 50% del total.



7.4.2 Evaluación hidroquímica

Previa a la evaluación hidroquímica mediante los diagramas hidroquímicos de Piper y Stiff, se evaluó el error de balance iónico (EBI) para todos los cuerpos de agua para la primera (octubre de 2017) y segunda (marzo de 2018) evaluación.

Cabe indicar que los diagramas hidroquímicos se realizaron para cada cuerpo de agua: afloramientos, quebradas y lagunas, por medio de las concentraciones de los metales en su forma disuelta (cationes): calcio (Ca²⁺), magnesio (Mg²⁺), potasio (K⁺) y sodio (Na⁺), y los 4 principales aniones: nitratos (NO₃²⁻)⁴², sulfatos (SO₄²⁻), cloruros (Cl⁻) y bicarbonatos (HCO₃⁻). Además, todos los iones evaluados estuvieron en meq/L.

A. Error de balance iónico (EBI)

El EBI se calculó tomando en cuenta los cationes: calcio (Ca²⁺), magnesio (Mg²⁺), potasio (K⁺), sodio (Na⁺), aluminio (Al³⁺), hierro (Fe²⁺), manganeso (Mn²⁺), bario (Ba²⁺), estroncio (Sr²⁺), litio (Li⁺), y los iones hidronio (H₃O⁺) del pH mediante la fórmula indicada en la ecuación 6.4 de la Sección 6.1.7. *Procesamiento de datos*, y cuyo valor máximo permitido es del 10% acorde a Megersa *et al.* (2015)⁴³. No obstante, para aquellos valores que superaron el 10%, se calculó el EBI de acuerdo a la ecuación obtenida de la Tabla 6-9, el cual se establece mediante la curva potencial (Figura 7-130) con un R² de 0,9631:

$$\text{Error de Balance Iónico (EBI)} = 207,55 (\text{Conductividad})^{-0,529} \quad (7.5)$$

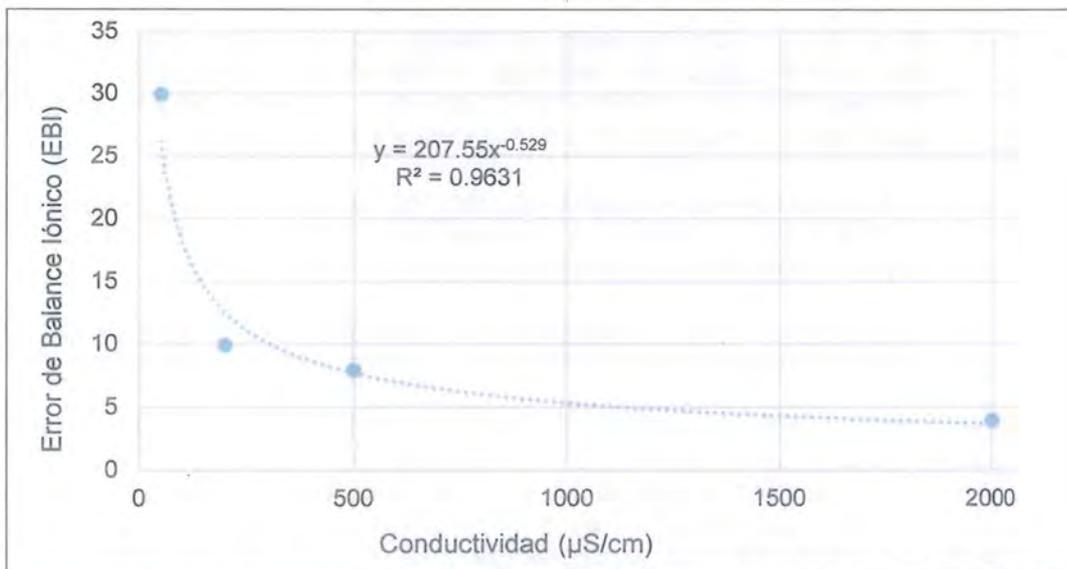


Figura 7-130. Curva potencial obtenida de la relación de conductividad y EBI establecida por Custodio y Llamas, 1976



Handwritten signature in blue ink.

⁴² Las concentraciones del ion Nitrato (NO₃²⁻) para la evaluación de marzo de 2018 se calculó de la multiplicación de las concentraciones del N-Nitratos obtenidos por el laboratorio NSF Inassa Envirolab S.A.C. por 4,43 (relación entre la masa molecular del Nitrato (NO₃²⁻) = 62,0049 y la masa atómica del N-Nitratos (N- NO₃²⁻) = 14,0067).

⁴³ Megersa Olumama Dinka, W. L. (2015). Hydrochemical characterization of various surface water and groundwater resources available in Matahara areas, Fantalle Woreda of Oromiya region. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 3, 444-456. doi:10.1016/j.ejrh.2015.02.007.



La evaluación realizada en octubre de 2017, registró valores de EBI mayores al 10 % en 25 de 68 puntos de muestreo (Anexo E.2.1), por lo que se determinó el VC (valor calculado) en relación a la conductividad de acuerdo a la ecuación 7.1. De esa manera, en 5 puntos de muestreo: LRinc3, QMilp1, LLipi1, LKero2 y MLPeñ-01, las diferencias (Dif.⁴⁴) fueron negativas (EBI > valor absoluto de VC).

En cuanto a la evaluación de marzo de 2018, 19 de 101 puntos de muestreo registraron valores de EBI mayores al 10 %, (Anexo E.2.1). Además, se determinó que solamente un punto de muestreo (FNat7), la Diferencia (Dif.) fue negativa de -1,19 cercano a 0.

B. Diagramas hidroquímicos

Los diagramas hidroquímicos sirven para ver la interacción simultánea entre aniones (NO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- y HCO_3^-) y cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+) mediante diagramas triangulares que se proyectan en un rombo central conocido como diagrama de Piper.

También se presentan los diagramas compuestos por 3 o 4 ejes paralelos conocidos como diagramas de Stiff, cuyo análisis se realiza en base al grado de mineralización (ancho de la gráfica de Stiff) separados en 3 o 4 rangos de valores hidroquímicos predominantes⁴⁵ con respecto a la suma de cationes ($\sum \text{Cat.}$) y aniones ($\sum \text{An.}$), en meq/L: $\sum \text{Cat.}$ y $\sum \text{An.} < 1$, $< 1 \sum \text{Cat.}$ y $\sum \text{An.} < 3$ y $\sum \text{Cat.}$ y $\sum \text{An.} > 3$.

Para establecer las facies hidroquímicas de cada punto de muestreo se tuvieron los siguientes criterios:

1. Si un ión tiene una concentración mayor al 50 %, entonces tomará el nombre del anión y/o catión; sin embargo, si otro ión tiene más del 40 % o cercano; entonces tomará un nombre compuesto de 2 aniones o cationes unidos por un guión (facie compuesta en la forma aniónica y/o catiónica).
2. Si 2 iones tienen concentraciones menores al 50%, entonces tomará un nombre único (un anión y/o catión) o compuesto (2 cationes y/o aniones) con aquellos cuya concentración es mayor al o cercano al 40 %.
3. Si los iones tienen concentraciones menores al 40%, entonces tomará el nombre compuesto de los 2 mayores porcentajes de aniones y cationes.

Cabe resaltar que los respectivos diagramas hidroquímicos de la evaluación de octubre de 2017, se encuentran en el informe N.º 093-2017-OEFA-DE-SDCA-CMVA (Anexo B). Respecto a la evaluación del presente año, los cálculos de las facies hidroquímicas y los resultados de la evaluación de marzo de 2018 obtenidos en el programa Diagrammes 6.51 se encuentran en el Anexo E.2.2.

A continuación, se presentan los diagramas hidroquímicos obtenidos en la evaluación de marzo de 2018 para los afloramientos, quebradas y lagunas evaluadas, respectivamente.

⁴⁴ Dif.: Diferencia entre el valor calculado (VC) y el valor absoluto del EBI.

⁴⁵ En el caso del diagrama de Stiff con 4 ejes y rangos resaltados en color naranja, se consideró adicionar el catión aluminio y hierro (solamente para la laguna Lipiac) y separando los sulfatos y nitratos en aquellos puntos de muestreo donde los citados iones fueron predominantes o mayores a los otros iones.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

b.1. Afloramientos

El diagrama de Piper presentado en la Figura 7-131 muestra que 5 de 51 afloramientos tuvieron facies sulfatadas, con 3 que fueron sulfatadas cálcicas: FNat7, MANA-75 y MANA-29 y 2 que fueron sulfatadas compuestas (entre paréntesis los porcentajes de los iones no dominantes):

- MANA-58: Sulfatada-Bicarbonatada Cálcica (52,3 % SO_4^{2-} y 42,6 % HCO_3^-).
- MANA-62: Sulfatada Cálcica-Magnésica (50,7 % Ca^{2+} y 40,4 % Mg^{2+}).

La suma de cationes y aniones de estos 5 afloramientos fueron menores a 1 meq/L. Mientras que, los otros afloramientos tuvieron facies Bicarbonatadas Cálcicas en un rango de suma de cationes y aniones menores a 1 meq/L y mayores a 3 meq/L.



Handwritten signature and date: 12/11/18

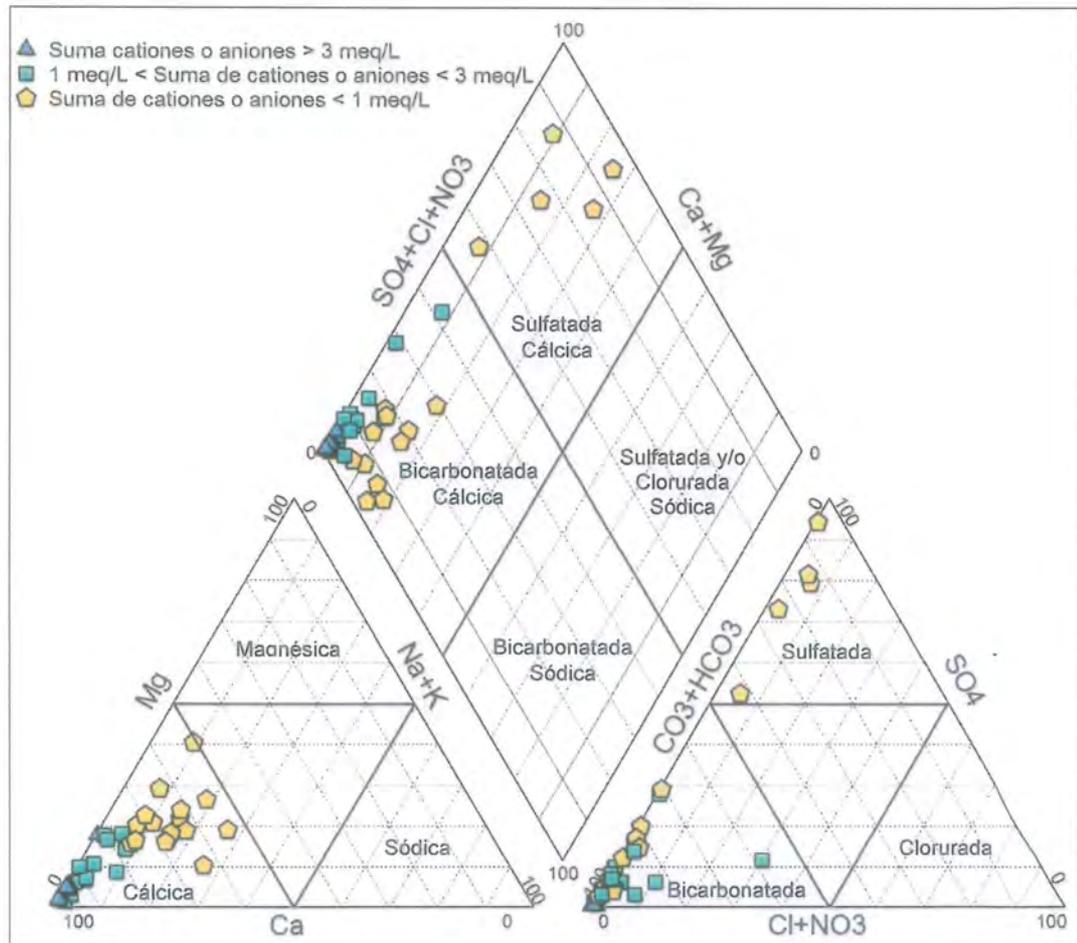


Figura 7-131. Diagrama de Piper de los afloramientos evaluados en marzo de 2018

Respecto al diagrama de Stiff (Figura 7-132), se observa los siguientes resultados:

- De 46 afloramientos de facies Bicarbonatadas Cálcicas, 22 registraron la suma de sus cationes y aniones mayores a 3 meq/L, 13 estuvieron entre 1 y 3 meq/L y 11 fueron menores a 1 meq/L.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

- 5 afloramientos de facies sulfatadas aluminicas en MANA-62 y MANA-75, y sulfatadas compuestas (iones no dominantes) en FNat7 (sulfatada aluminica cálcica), MANA-29 (sulfatada cálcica aluminica) y MANA-58 (sulfatada bicarbonatada cálcica) registraron suma de cationes y aniones menores a 1 meq/L.



Cabe resaltar que todos los puntos de muestreo que registraron la suma de cationes y aniones mayores a 3 meq/L (Bicarbonatadas Cálcicas), se encontraron en la microcuenca de la quebrada Milpo, dentro del ámbito del caserío Santa Rosa de Milpo y cercanos a la laguna Muyoc (Anexo E.2.2.).

Por otro lado, los afloramientos que registraron los valores mas bajos de la suma de cationes y aniones, excepto FNat7 que se encuentra en el caserío Santa Rosa de Milpo, se ubicaron en la microcuenca de la quebrada Kerosene, en el ámbito del caserío Guagayoc, tanto en la margen derecha de la quebrada Kerosene (MANA-75, MANA- 62 y MANA-58) como en la cabecera de la quebrada Chupicario (MANA-29).

Vertical handwritten signature in blue ink.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

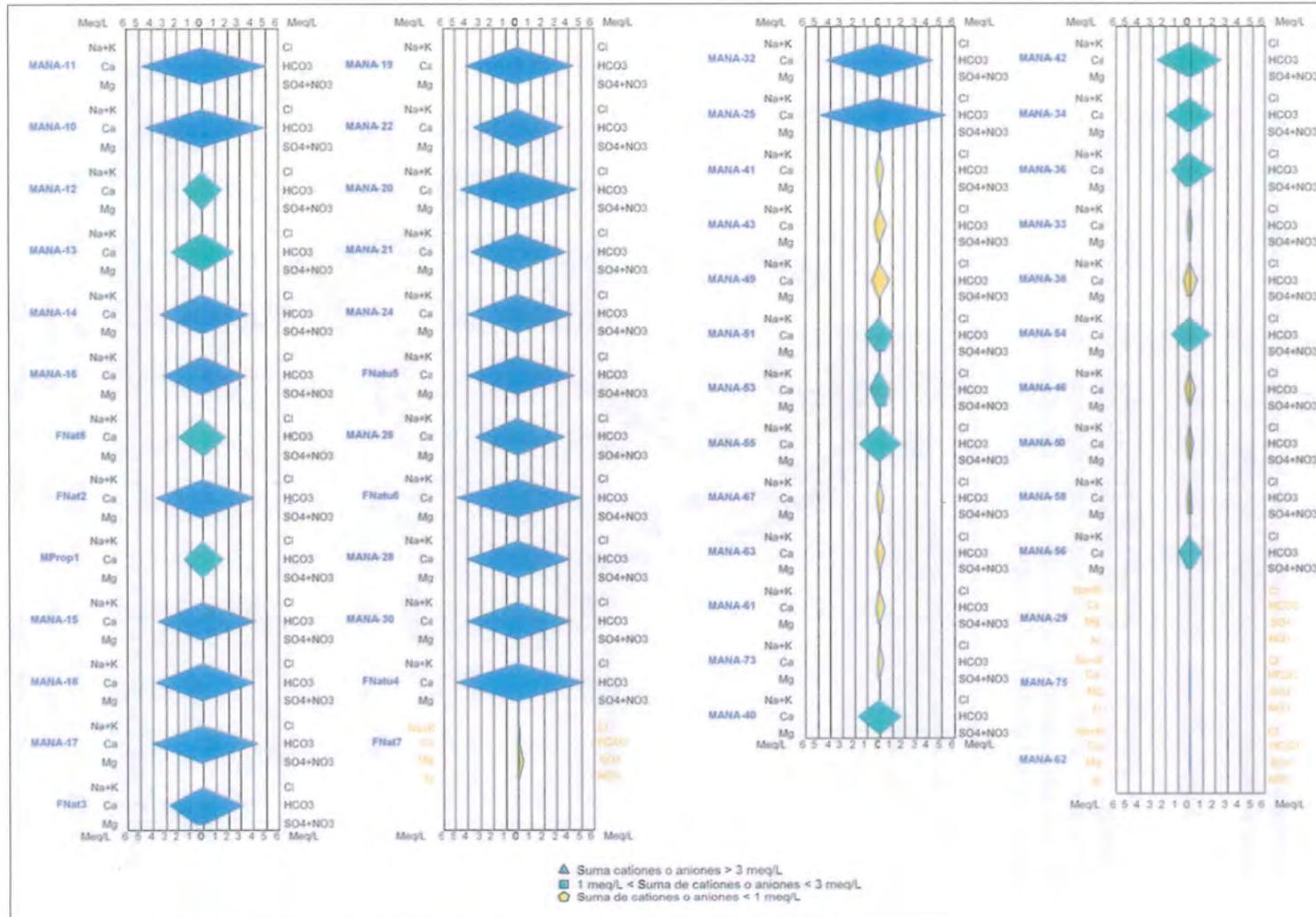


Figura 7-132. Diagrama de Stiff de los afloramientos evaluados en marzo de 2018



b.2. Quebradas

El diagrama de Piper presentado en la Figura 7-133 muestra que 8 de 22 quebradas tuvieron facies Bicarbonatadas Cálcidas:

- QMuy1, QMuy2, QQuin2, QCham2, QCham1, QMilp3, Qs/n2 y LKero1.

La suma de cationes y aniones de la quebrada Muyoc (QMuy1 y QMuy2) fue mayor a 3 meq/L, mientras que en las demás quebradas fue menor a 1 meq/L. Con respecto a QSN-3, no se determinó su facie hidroquímica debido a que el límite de cuantificación de los bicarbonatos es mayor a la concentración de sulfatos, por lo que no se establece un anión dominante (Anexo E.2.2).



Handwritten signature and date: 2018

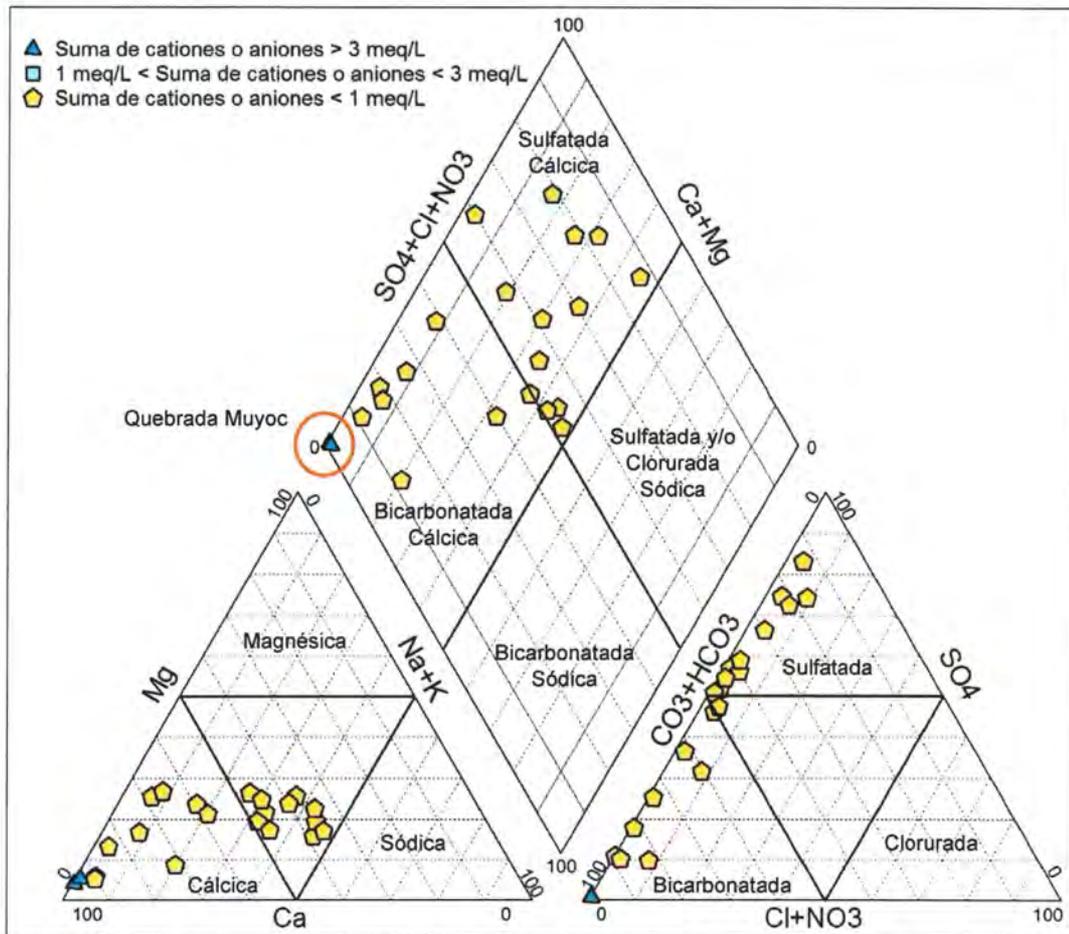


Figura 7-133. Diagrama de Piper de las quebradas evaluadas en marzo de 2018

Con respecto al resto de quebradas, 4 tuvieron facies sulfatadas cálcicas: QLipi1A, QChup-01, QKero1 y QD2. En tanto que, 6 fueron sulfatadas compuestas (entre paréntesis los porcentajes de los iones no dominantes):

- QMilp1: Sulfatada-Bicarbonatada Cálcida-Sódica (51,7 % SO_4^{2-} y 46,5 % HCO_3^- ; 29,8 % Ca^{2+} y 22,1 % Na^+).
- QMilp2: Sulfatada-Bicarbonatada Cálcida (56,7 % SO_4^{2-} y 41,9 % HCO_3^-).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

- LDCol2: Sulfatada Cálcica-Sódica (38,7 % Ca^{2+} y 30,7 % Na^+).
- QD1: Sulfatada-Bicarbonatada Cálcica-Sódica (47,9 % SO_4^{2-} y 45,4 % HCO_3^- ; 34,9 % Ca^{2+} y 25,7 % Na^+).
- QYana2: Sulfatada-Bicarbonatada Cálcica (58,8 % SO_4^{2-} y 38,8 % HCO_3^{46}).
- QQuin1: Sulfatada-Bicarbonatada Cálcica (56,2 % SO_4^{2-} y 40,1 % HCO_3^-).
- QYana1: Sulfatada-Bicarbonatada Cálcica (54,6 % SO_4^{2-} y 43,8 % HCO_3^-).

Asimismo, 2 puntos de muestreo de la quebrada Kerosene tuvieron facies compuestas bicarbonatadas (iones no dominantes), las cuales son:

- QKero2: Bicarbonatada-Sulfatada Cálcica-Magnésica (50,5 % SO_4^{2-} y 46,2 % HCO_3^- ; 37,5 % Ca^{2+} y 25,5 % Mg^{2+}).
- QKero3: Bicarbonatada-Sulfatada Cálcica-Magnésica (48,9 % SO_4^{2-} y 47,3 % HCO_3^- ; 35,1 % Ca^{2+} y 22,5 % Mg^{2+}).

Con respecto al diagrama de Stiff (Figura 7-134), esta muestra los siguientes resultados:

- La quebrada Muyoc (QMuy1 y QMuy2) de facies Bicarbonatadas Cálcicas registró una suma de sus cationes y aniones mayores 3 meq/L, siendo las más altas registradas en todas las quebradas.
- Las quebradas QMilp3, QQuin2 y QCham2, de facies Bicarbonatadas Cálcicas, presentan una forma romboidal (mayores concentraciones de bicarbonatos y calcio), mientras que en el resto de quebradas no se puede apreciar la forma del gráfico debido a que presentan bajas concentraciones de iones.

Entre tanto, las quebradas en donde predomina el aluminio son: QMilp1 (sulfatada-bicarbonatada cálcica-alumínica), LDCol2 y QLipi1A (sulfatadas alumínica-cálcica), QD1 (sulfatada-bicarbonatada alumínica), QD2 (sulfatada alumínica), QKero3 (bicarbonatada-sulfatada alumínica-cálcica) y QKero1 (sulfatada cálcica-alumínica).

Cabe resaltar la influencia de la quebrada Muyoc en el aumento de las concentraciones de bicarbonatos y calcio en la quebrada Milpo (QMilp2 a QMilp3) y el incremento de dichos iones en la quebrada Quinuacucho (QQuin1 a QQuin2), ver flechas curvadas anaranjadas en la Figura 7-134, las cuales se encuentran en el caserío Santa Rosa de Milpo - ámbito de la microcuenca de la quebrada Milpo.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and date: 2018

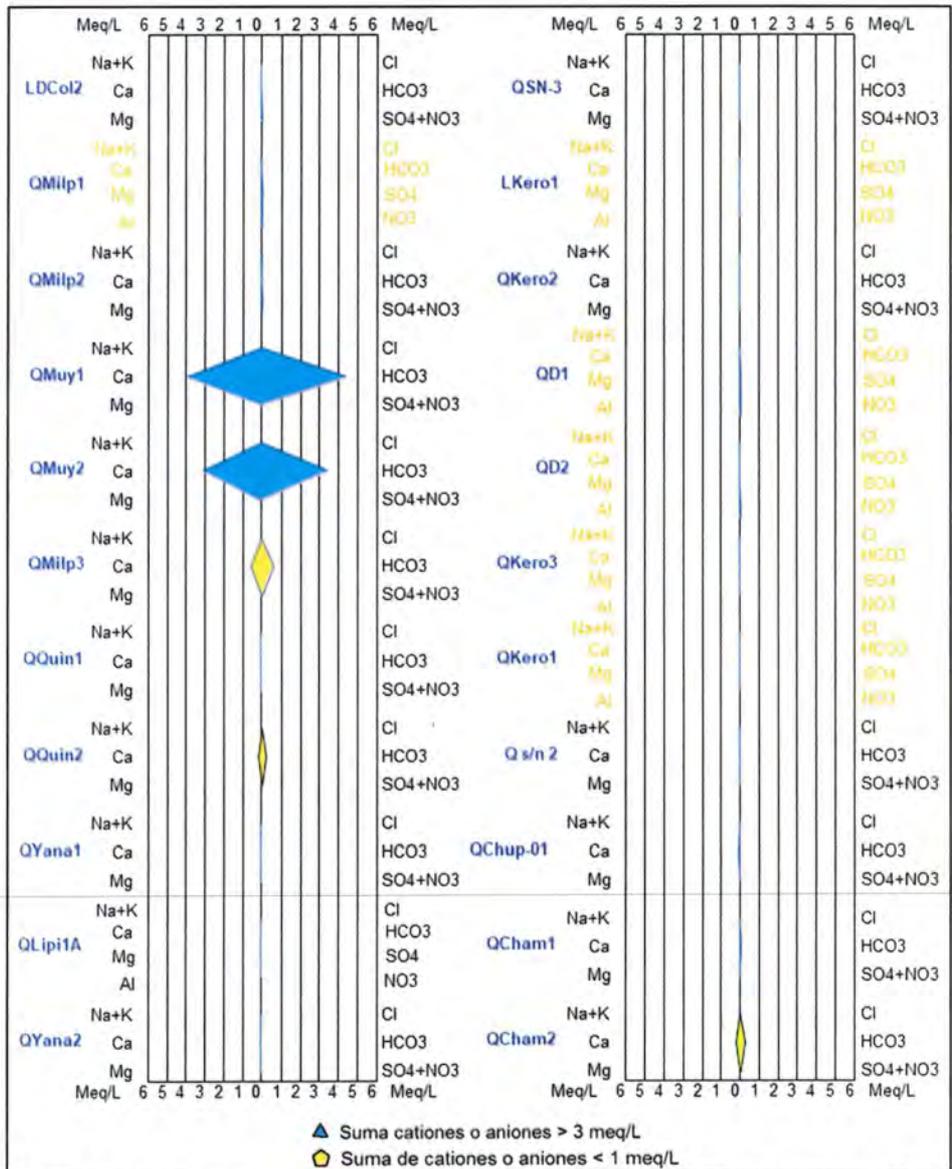


Figura 7-134. Diagrama de Stiff de las quebradas evaluadas en marzo de 2018

b.3. Lagunas

El diagrama de Piper presentado en la Figura 7-135 muestra que las lagunas Muyoc (LMuy1 a LMuy7), Seca (LSeca1 y LSeca2) y Kerosene (LKero2 y LKero3) tuvieron facies Bicarbonatadas Cálcicas.

En tanto que, las lagunas Milpo (LMilp1 a LMilp4), La Rinconada (LRinc1, LRinc2 y LRinc3), Yanacocha (LYana1 a LYana7) y Dos Colores (LDCol1 y LDCol3) tuvieron las siguientes facies hidroquímicas (entre paréntesis los porcentajes de los iones no dominantes):

- LMilp3, LMilp4, LRinc1, LRinc2: y LYana1 a LYana7 (excepto LYana4): Sulfatada Cálcica.
- LRinc3: Bicarbonatada-Sulfatada Cálcica (54,5 % HCO₃⁻ y 41,6 % SO₄²⁻).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

- LYana4: Sulfatada-Bicarbonatada Cálcica (59,7 % SO_4^{2-} y 38,9 % HCO_3^-).
- LMilp1: Sulfatada Cálcica-Sódica (39,4 % Ca^{2+} y 26,2 % Na^+) y LMilp2: Sulfatada Cálcica-Sódica (31,0 % Ca^{2+} y 28,5 % Na^+).
- LDCol1: Sulfatada Cálcica-Sódica (35,9 % Ca^{2+} y 30,6 % Na^+) y LDCol3: Sulfatada Cálcica-Sódica (39,5 % Ca^{2+} y 28,2 % Na^+).

Con respecto a LKero4, no se determinó su facie hidroquímica debido a que el límite de cuantificación de los bicarbonatos es mayor a la concentración de sulfatos, por lo que no se establece un anión dominante (Anexo E.2.2).



Handwritten blue notes and signatures on the left margin.

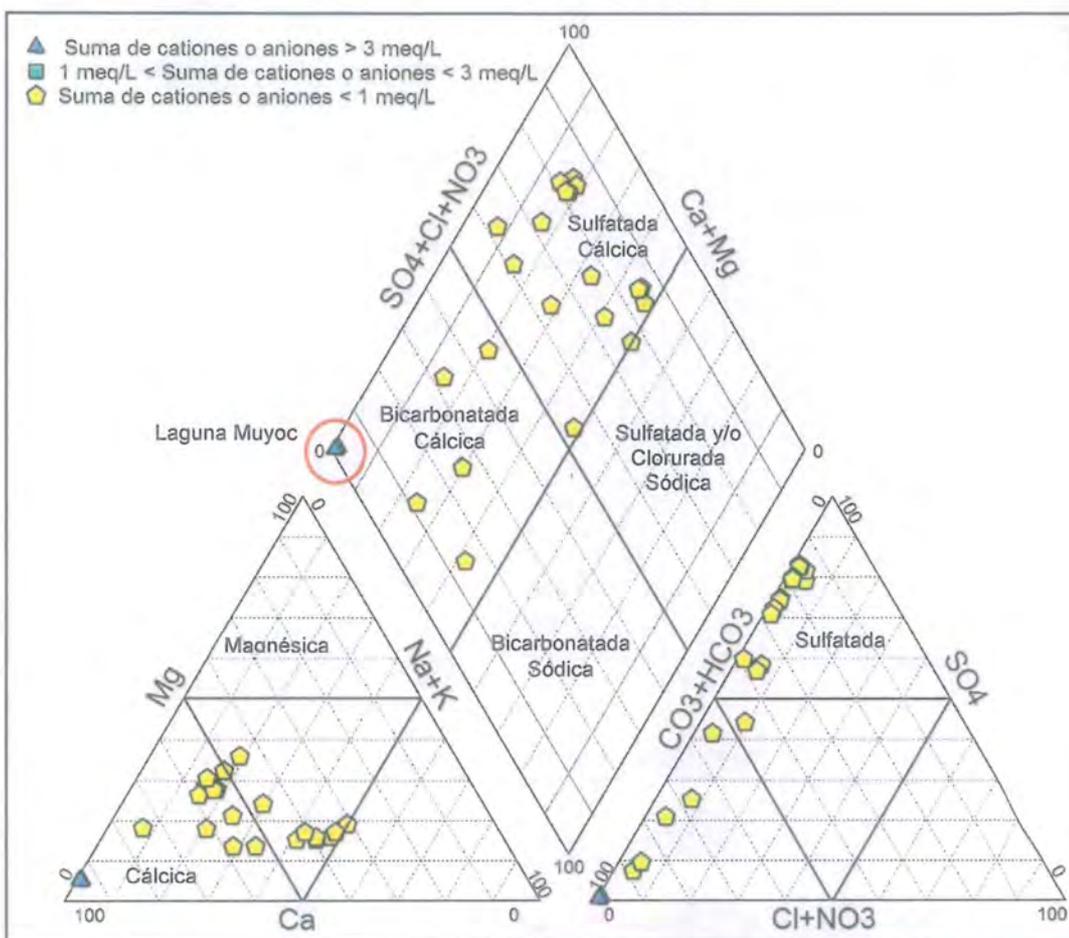


Figura 7-135. Diagrama de Piper de las lagunas evaluadas en marzo de 2018

Con respecto al diagrama de Stiff (Figura 7-136), esta muestra los siguientes resultados:

- La laguna (LMuy1 a LMuy7), de facies Bicarbonatadas Cálcicas, registró una suma de sus cationes y aniones mayores 3 meq/L, las más altas registradas en todas las lagunas.
- En las lagunas La Rinconada, Dos Colores, Milpo, Yanacocha, Seca y Kerosene no se puede apreciar la forma del gráfico debido a que presentan una suma de cationes y aniones menores a 1 meq/L.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Entre tanto, las quebradas en donde predomina el aluminio son: LMilp4, LMilp1, LRinc1 y LYana3 (sulfatada cálcica-alumínica), LMilp2, LRinc2, LDCol1 y LDCol3 (sulfatadas alumínica-cálcica), LSeca1, LSeca2 y LKero3 (bicarbonatada cálcica-alumínica) y LKero2 (bicarbonatada alumínica-cálcica).

Cabe resaltar que el ámbito de influencia de la laguna Muyoc se encuentra en los límites del caserío Santa Rosa de Milpo y El Punre – ámbito de la microcuenca de la quebrada Milpo.



Handwritten signature and date: 15/03/2018

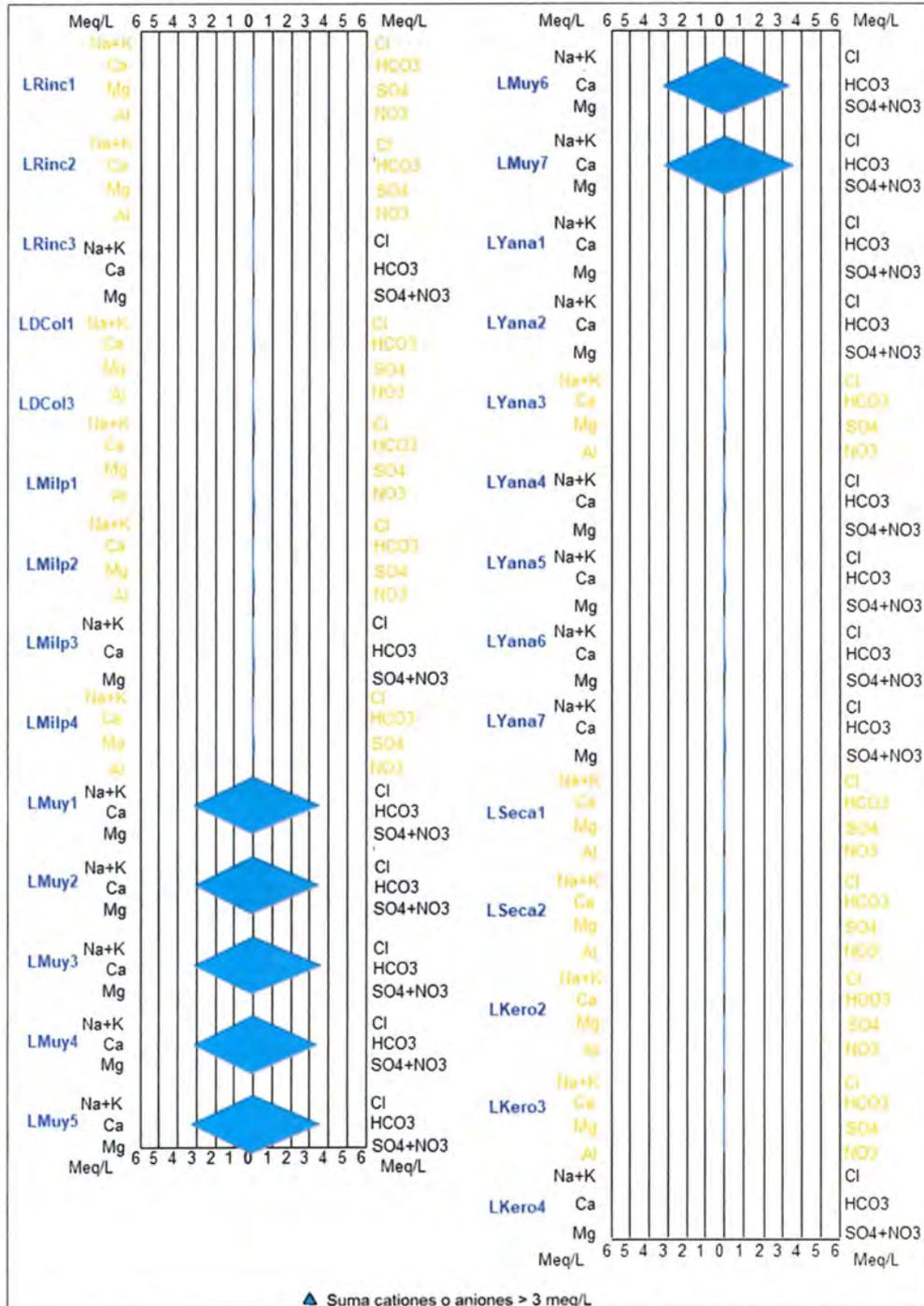


Figura 7-136. Diagrama de Stiff de las lagunas evaluadas en marzo de 2018



7.4.3 Clasificación geoquímica

Se realizó la clasificación geoquímica de los afloramientos, quebradas y lagunas en el área de estudio en base al diagrama de Ficklin (Figura 6-4), el cual relaciona la suma de las concentraciones de los metales disueltos: zinc (Zn), cobre (Cu), cadmio (Cd), plomo (Pb), cobalto (Co) y níquel (Ni) con el pH; siendo el cobre el que mayor aporta a la suma de las concentraciones en lagunas y quebradas, y el zinc en afloramientos. Para los metales que presenten concentraciones menores al límite de cuantificación, se estableció un valor igual a la mitad de dicho límite para el cálculo de la suma de concentraciones (Anexo E.2.3).

A. Afloramientos

De acuerdo a la Figura 7-137, los afloramientos FNat7 (0,6136 mg/L) y MANA-75 (0,5289 mg/L) registraron las más altas sumas de las concentraciones de los metales disueltos. Cabe resaltar que estos afloramientos presentaron bajos valores de pH por lo que se ubican en el cuadrante ácido y levemente metálico.

Mientras que, los otros 3 afloramientos ubicados en dicho cuadrante: MANA-62, MANA-29 y MANA-43, presentaron bajas sumas de las concentraciones de los citados metales (menores a 0,100 mg/L) al igual que aquellos afloramientos con pH básico o menos ácidos ubicados en el cuadrante cercano a la neutralidad y levemente metálico (Figura 7-137).

B. Quebradas

De acuerdo a la Figura 7-138, las quebradas QD1 (0,5011 mg/L) y QD2 (0,5506 mg/L) registraron las más altas sumas de las concentraciones de los metales disueltos. Mientras que, las quebradas QKero3 (0,1891 mg/L), QKero1 (0,1891 mg/L) y LDCol2 (0,1258 mg/L), tuvieron valores de la suma mayores a 0,100 mg/L. Estos puntos de muestreo se ubican en el cuadrante ácido y levemente metálico.

Cabe resaltar que la quebrada Kerosene (QKero2), aguas arriba del aporte de las quebradas QD1 y QD2 en QKero2 fue menos ácido (5,11 unid. pH) y presentó una menor suma de metales disueltos (0,0469 mg/L) que aguas abajo en QKero3 que presentó 4,69 unid. pH y una suma de 0,1891 mg/L. Sin embargo, aguas más abajo (QKero1) el pH aumentó a 4,75 unid. pH y disminuyó la suma de metales disueltos a 0,1213 mg/L, ver flechas curvadas plomas.

Asimismo, la quebrada Milpo disminuye la concentración de la suma de metales disueltos desde su nacimiento en QMilp1 con 0,0701 mg/L a 0,0323 mg/L en QMilp2, al mismo tiempo que el pH aumenta de 4,61 unid. pH a con 7,83 unid. pH. Este comportamiento es igual aguas abajo de la confluencia con la quebrada Muyoc (QMuy1 y QMuy2), en QMilp3 donde aumenta el pH a 8,12 unid. pH y disminuye la suma de valores a 0,0156 mg/L, ver flechas curvadas amarillas.

No obstante, las tendencias de las quebradas Kerosene y Milpo no se resentaron en la quebrada Yanacocha donde se incrementó el pH (de 5,58 a 6,70 unid. pH) así como la suma de metales disueltos (0,0072 a 0,0228 mg/L). En cuanto a la quebrada Quinuacucho, incrementó el pH (5,02 a 8,31 mg/L) y suma de metales disueltos (0,0077 a 0,0094 mg/L).



Handwritten signature and initials in blue ink.



C. Lagunas

De acuerdo a la Figura 7-139, la laguna Dos Colores en LDCol1 registró la más alta suma de concentración de metales disueltos con 0,1237 mg/L, mayor a 0,1000 mg/L, mientras que el otro punto de muestreo (LDCol2) registró un menor valor con 0,0874 mg/L, siendo similar el pH en ambos puntos de muestreo (4,33 y 4,32 unid. pH respectivamente).

Otra laguna que presentó mayor suma de metales disueltos, es la laguna Milpo con un promedio de 0,0753 mg/L seguido de la laguna La Rinconada con un promedio de 0,0557 mg/L. Cabe señalar que los puntos de muestreo de las lagunas Dos Colores, Milpo y La Rinconada se ubican en el cuadrante ácido y levemente metálico. Estas lagunas se encuentran en la naciente de la microcuenca de la quebrada Milpo.

De otro lado, la laguna Muyoc se diferenció notablemente de las otras lagunas al registrar pH básico (valor mínimo de 8,44 unid. pH) y presentar la menor suma de metales con 0,0056 mg/L en las orillas (LMuy1, LMuy2, LMuy3 y LMuy4) y 0,0052 mg/L en el interior de la laguna (LMuy5, LMuy6 y LMuy7) (Anexo E.2.3).



Handwritten signature and initials in blue ink, including a vertical line of characters and a large 'H' at the bottom.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signatures and dates in blue ink, including '2018' and '2019'.

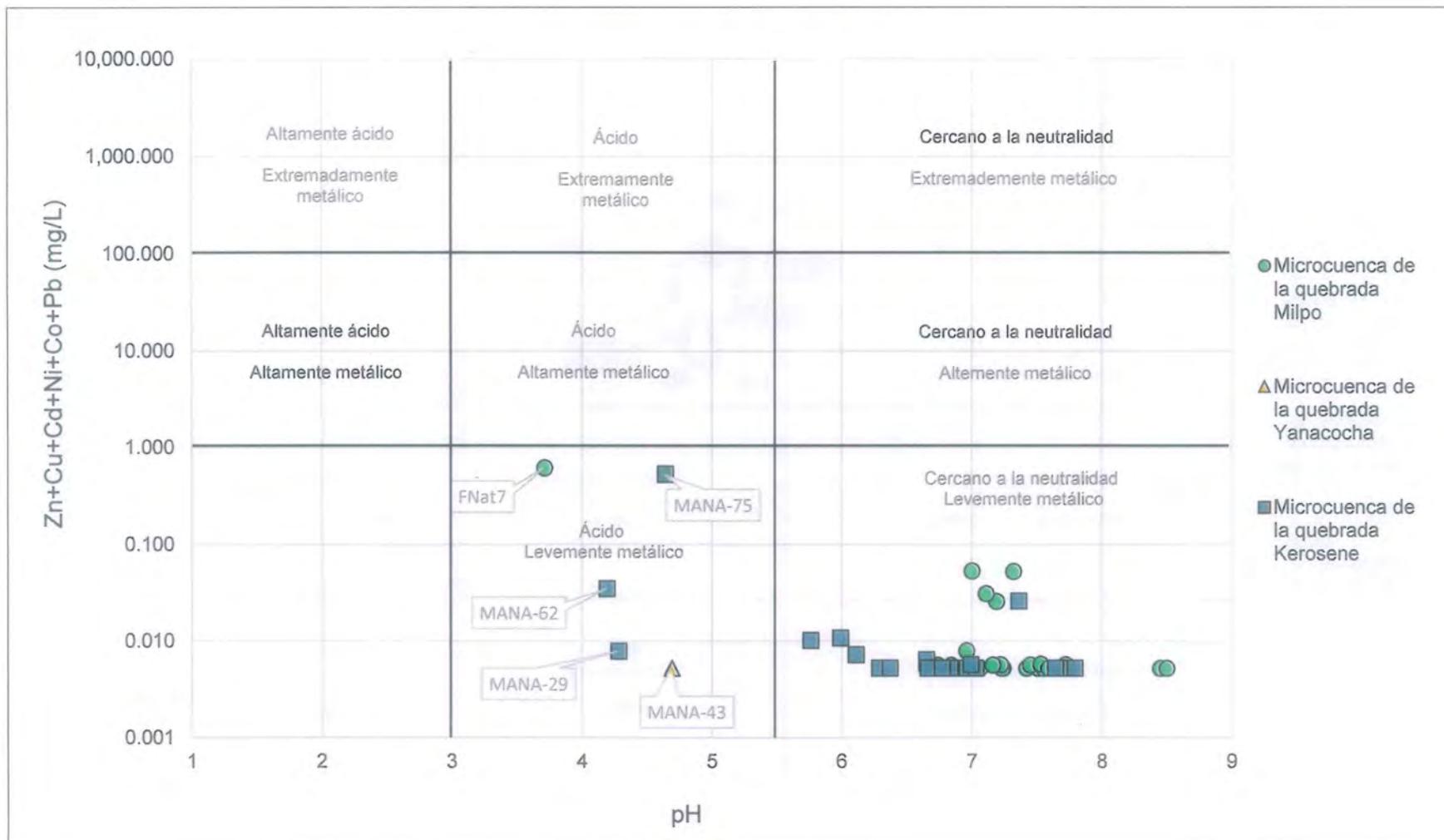


Figura 7-137. Clasificación geoquímica en base al diagrama de Ficklin de los afloramientos evaluados en marzo de 2018



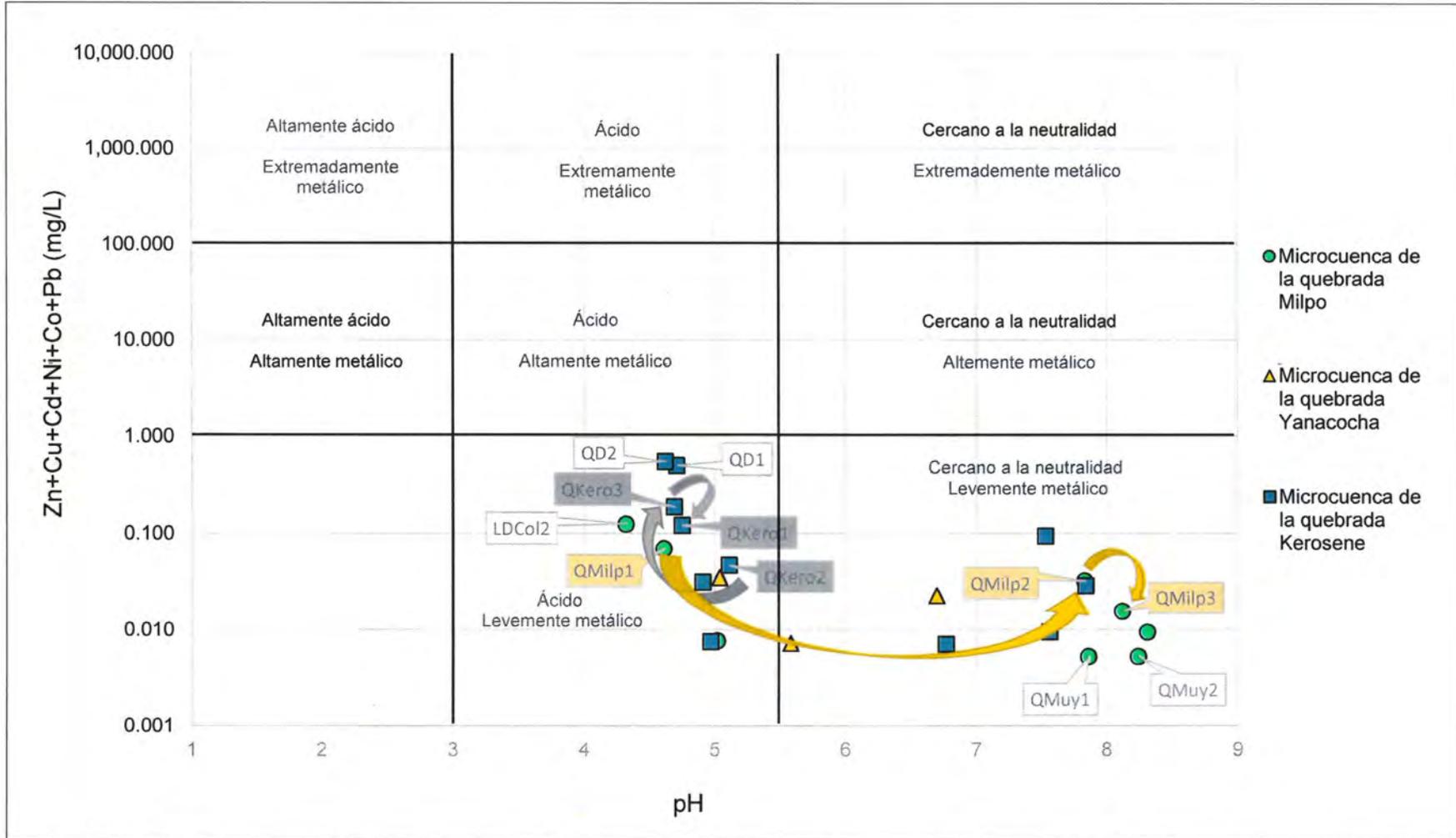
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and date: 14/03/18

Figura 7-138. Clasificación geoquímica en base al diagrama de Ficklin de las quebradas evaluadas en marzo de 2018



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and initials in blue ink.

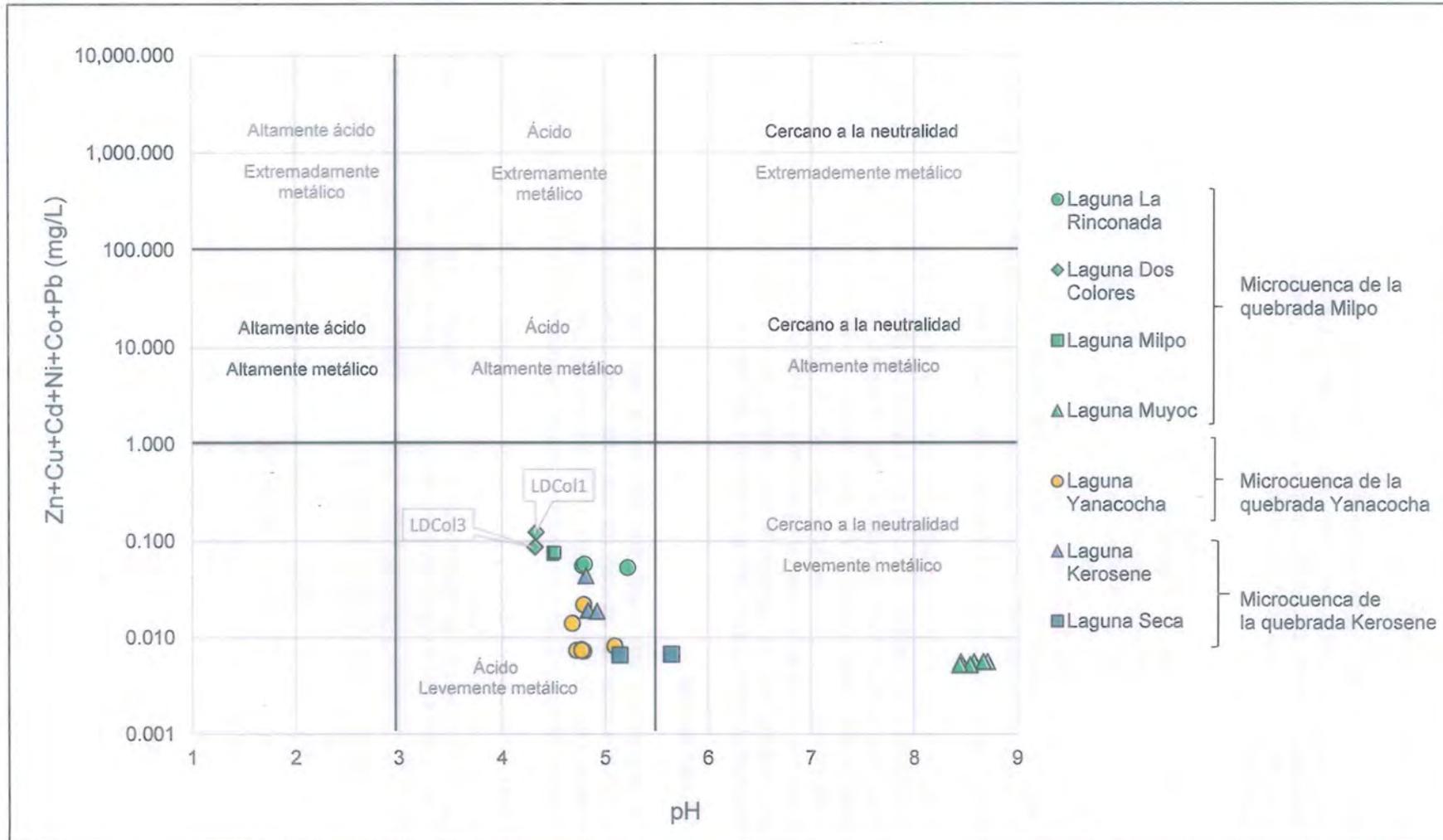


Figura 7-139. Clasificación geoquímica en base al diagrama de Ficklin de las lagunas evaluadas en marzo de 2018



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

7.4.4 Análisis multivariado

Para el presente análisis, se realizó una evaluación con los metales totales y otra con los metales disueltos para cada tipo de cuerpo de agua (afloramientos, quebradas y lagunas). Dentro de los criterios a seguir, en primer lugar, se consideró aquellos parámetros con porcentaje de valores por debajo del límite de cuantificación menor o igual al 30 %.

Luego del grupo de parámetros obtenidos, se consideró aquellos cuyo valor del Test de KMO fue mayor a 0,6 (ordinario) y que presentaron el mayor porcentaje de varianza explicada. Finalmente, se consideró los factores que tuvieron valor del Eigenvalor mayor a 1 (criterio de Kaiser) para luego obtener las cargas (loadings) de los parámetros y los scores (puntuaciones) de los puntos de muestreo para graficarlos en un diagrama biplot. En este diagrama se visualiza la influencia de uno o varios parámetros resaltantes (mayores a una carga de 0,7). Los citados parámetros son agrupados con elipses amarillas y los puntos de muestreo agrupados con elipses anaranjadas, mediante una flecha lineal o curva verde.

Asimismo, en dicho diagrama biplot se indica el orden de concentración de 1 o 2 parámetros con su fórmula o símbolo entre paréntesis o el orden de concentración del grupo de parámetros asociados. No obstante, aquellos grupos de parámetros no resaltantes (menores a 0,7), que fueron considerados por su importancia en la comprensión de las interacciones de los parámetros, o uno o varios puntos de muestreo agrupados que no tienen mayor influencia de al menos un parámetro de un grupo asociado, se agruparon en elipses discontinuas con sus respectivos colores y asociados entre si con líneas discontinuas verdes.



Handwritten signature and date: 2015

A. Afloramientos

De acuerdo a los resultados obtenidos para los afloramientos, en el análisis con metales totales se obtuvo un valor de Test de KMO de 0,681 (ordinario) con una varianza de 62,335 % (Tabla 7-13) y para metales disueltos se registró un valor de Test de KMO de 0,681 (ordinario) con una varianza de 64,179 % (Tabla 7-14).

Tabla 7-13. Test de KMO y explicación de la varianza evaluados con los metales totales de los afloramientos

Factor	Extracción: Principal factors (comm =multiple R-square) Test de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO): 0,686			
	Eigenvalor	% Total	Cumulativo	% Cumulativo
1	5,712	33,60	5,712	33,599
2	2,294	13,50	8,006	47,095
3	1,529	8,99	9,535	56,088
4	1,063	6,25	10,598	62,335

Tabla 7-14. Test de KMO y explicación de la varianza evaluados con los metales disueltos de los afloramientos

Factor	Extracción: Principal factors (comm =multiple R-square) Test de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO): 0,691			
	Eigenvalor	% Total	Cumulativo	% Cumulativo
1	5,391	38,51	5,391	38,509
2	2,232	15,94	7,623	54,452
3	1,362	9,73	8,985	64,181

Con respecto a las cargas (loadings), ver Tablas 7-15 y 7-16, los siguientes parámetros asociados a un Factor registraron valores absolutos mayores a 0,7:

- **Factor 1:** Cond. Elec., Bicarb., SDT y calcio (disuelto y total); **Factor 2:** manganeso total / hierro y manganeso disueltos; **Factor 3:** sulfatos y bario (disuelto y total), y **Factor 4:** sodio total con valor de 0,545 menor a 0,7.

En dichos agrupamientos de los parámetros, se indica que las concentraciones de calcio (Ca) total (tot.) y disuelto (dis.), además de los bicarbonatos (HCO₃⁻), estuvieron relacionados a la conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales (Ca tot. y dis.,



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

HCO₃⁻, Cond. Elec y SDT). En tanto, el bario (Ba) total y disuelto es el metal que más estuvo asociado a los sulfatos (Ba tot. y dis. con SO₄²⁻).

Tabla 7-15. Carga (loadings) de factores para los parámetros (incluyen los metales totales) de los afloramientos

Cargas (loadings) del Factor (Rotación Varimax) Extracción: Principal factors (comm.=multiple R-square) (Cargas absolutas resaltadas son > 0,7000)					
N.º	Parámetro	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
1	pH	0,539	-0,338	-0,082	0,482
2	Cond. Elec	0,992	-0,040	0,034	-0,010
3	Bicarb.	0,993	-0,114	-0,012	0,007
4	Nitratos	-0,121	0,089	-0,009	0,432
5	Sulfatos	-0,312	0,271	0,737	0,022
6	SDT	0,993	-0,042	0,036	-0,008
7	Aluminio	-0,295	0,687	0,146	-0,267
8	Bario	0,205	0,103	0,826	-0,085
9	Calcio	0,996	-0,072	-0,019	0,013
10	Cobre	-0,201	0,141	-0,053	-0,335
11	Hierro	-0,220	0,578	0,097	0,247
12	Potasio	-0,088	0,533	0,351	0,058
13	Magnesio	0,319	-0,307	0,530	0,274
14	Manganeso	0,007	0,771	0,071	-0,054
15	Sodio	-0,291	-0,106	0,026	0,545
16	Fosforo	0,536	0,332	-0,273	0,306
17	Estroncio	0,612	-0,187	0,306	0,021

Cond. Elec: Conductividad Eléctrica, Bicarb: bicarbonatos y SDT: Sólidos disueltos totales.

Tabla 7-16. Carga (loadings) de factores para los parámetros (incluyen los metales disueltos) de los afloramientos

Cargas (loadings) del Factor (Rotación Varimax) Extracción: Principal factors (comm.=multiple R-square) (Cargas absolutas resaltadas son > 0,7000)				
N.º	Parámetro	Factor 1	Factor 2	Factor 3
1	pH	0,489	0,544	-0,020
2	Cond. Elec	0,993	0,049	0,022
3	Bicarb.	0,992	0,123	-0,030
4	Nitratos	-0,150	0,179	0,097
5	Sulfatos	-0,306	-0,226	0,768
6	SDT	0,993	0,052	0,025
7	Bario	0,229	-0,130	0,801
8	Calcio	0,993	0,092	-0,030
9	Hierro	-0,287	-0,745	0,170
10	Potasio	-0,105	-0,463	0,393
11	Magnesio	0,326	0,407	0,512
12	Manganeso	-0,033	-0,726	0,207
13	Sodio	-0,348	0,400	0,134
14	Estroncio	0,646	0,188	0,242

Cond. Elec: Conductividad Eléctrica, Bicarb: bicarbonatos y SDT: Sólidos disueltos totales.

Mientras que el hierro (Fe) y manganeso (Mn) estuvieron más relacionados en su forma disuelta (dis.) que total (Fe y Mn dis.) y el aluminio (Al) y hierro totales estuvieron relacionados al manganeso total (Fe, Mn y Al tot.), siendo las cargas del Factor 2 de Al y Fe totales menores a 0,7 (Tabla 7-15).

Los valores de las puntuaciones (scores) de los puntos de muestreo, ver Tablas 7-17 y 7-18, junto con las cargas de los parámetros para cada factor se visualizaron con el diagrama biplot para los metales totales (Figuras 7-140 y 7-141) y metales disueltos (Figuras 7-142 y 7-143), obteniéndose los siguientes resultados:

- Los puntos de muestreo: **MANA-11, MANA-10, MANA-25, MANA-20 y FNatu4 y FNatu6** son afloramientos que tuvieron la mayor influencia del calcio (Ca) disuelto y total, bicarbonatos (HCO₃⁻), conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales⁴⁷. Estos afloramientos se encuentran en el caserío de Santa Rosa de Milpo (MANA-11, MANA-10 y MANA-20) y cercanos a la laguna Muyoc (FNatu4, FNatu6 y MANA-25).
- **FNat7** registró la mayor influencia de manganeso total (Mn tot.), así como del manganeso y hierro disueltos (Mn y Fe dis.), ver Figuras 7-140 y 7-142. Este afloramiento se encuentra en el caserío de Santa Rosa de Milpo, cerca a la carretera que va hacia el centro poblado La Chorrera.

47

Dichas influencias se corroboraron en el reporte de resultados (Anexo D), donde las concentraciones de los puntos de muestreo son las 6 mayores de los citados parámetros, a excepción de **MANA-18**, que se encuentran también en Santa Rosa de Milpo, que no cumple con las influencias del AF, debido a que tiene la cuarta mas alta conductividad con 450 µS/cm y la tercera mas alta concentración de los SDT con 306 mg/L.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

- MANA-22, el cual se ubica en Santa Rosa de Milpo, tuvo la segunda mayor influencia de manganeso total (Mn tot.) con una concentración de 0,177 mg/L, y MANA-51 tuvo la mayor influencia del bario (Ba) total y disuelto con los sulfatos (Ba tot. y dis. con SO4^2-), ver Figuras 7-141 y 7-143. Este último afloramiento se ubica el caserío de Chamcas.

Tabla 7-17. Puntuaciones (scores) de factores de los afloramientos considerando los metales totales

Table with 6 columns: N.º, Punto de muestreo, Factor 1, Factor 2, Factor 3, Factor 4. Rows include MANA-11 to MANA-56 and FNat8, FNat2, MProp1, FNat3, FNat7, FNatu5, FNatu6, FNatu4.

Tabla 7-18. Puntuaciones (scores) de factores de los afloramientos considerando los metales disueltos

Table with 6 columns: N.º, Punto de muestreo, Factor 1, Factor 2, Factor 3. Rows include MANA-11 to MANA-56 and FNat8, FNat2, MProp1, FNat3, FNat7, FNatu5, FNatu6, FNatu4.



Vertical handwritten signature in blue ink.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and initials in blue ink.

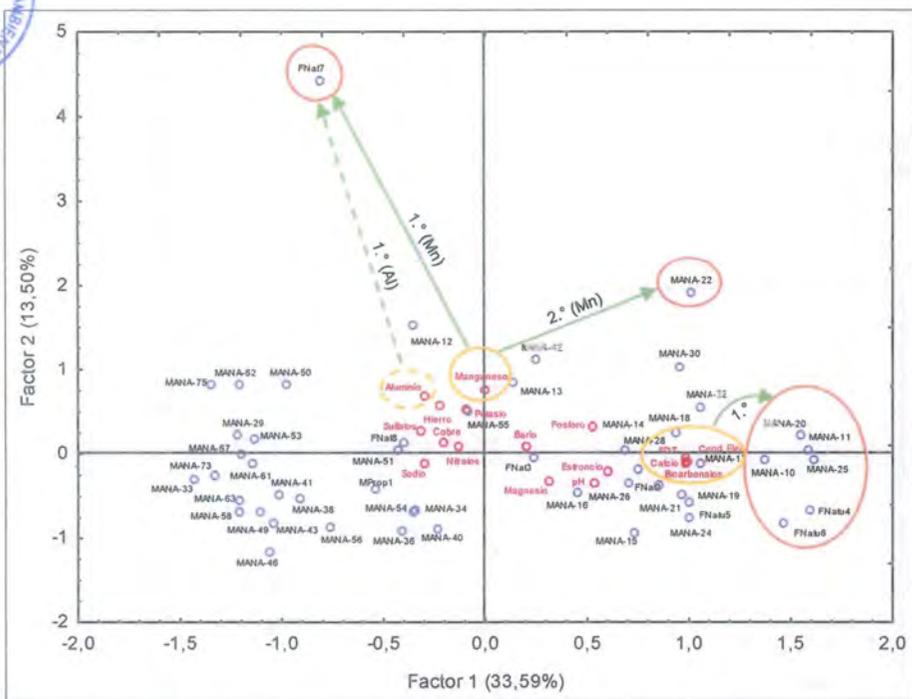


Figura 7-140. Diagrama biplot de los Factores 1 y 2 de las cargas (parámetros que incluyen los metales totales) y las puntuaciones de los afloramientos

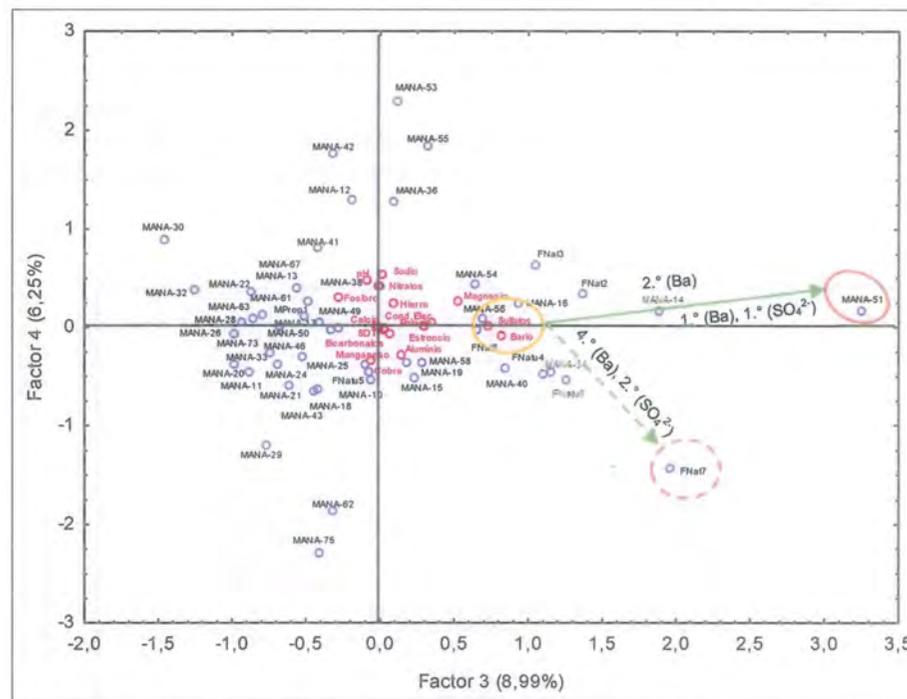


Figura 7-141. Diagrama biplot de los Factores 3 y 4 de las cargas (parámetros que incluyen los metales totales) y las puntuaciones de los afloramientos



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

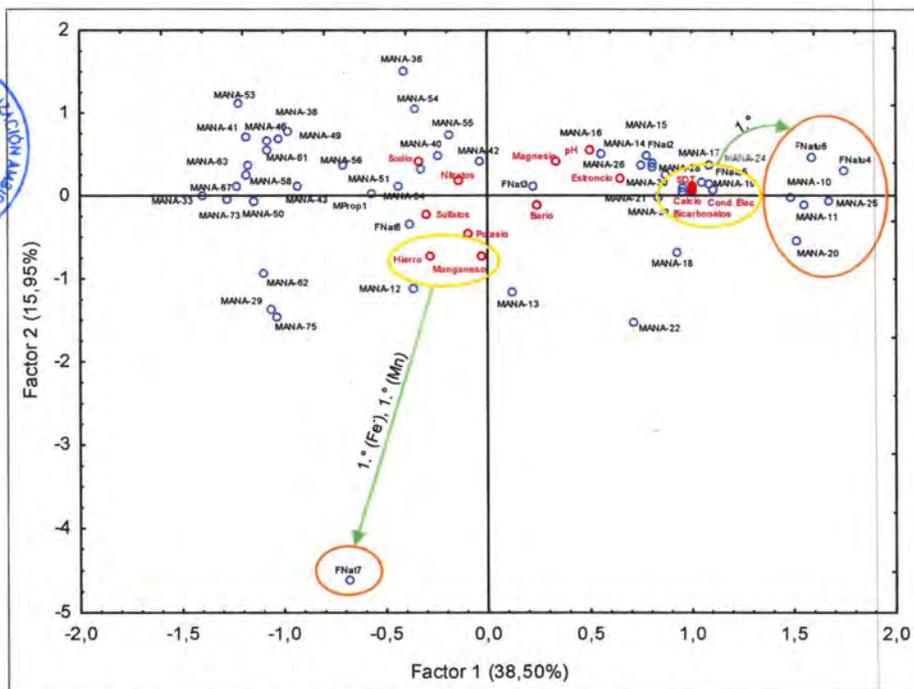


Figura 7-142. Diagrama biplot de los Factores 1 y 2 de las cargas (parámetros que incluyen los metales disueltos) y las puntuaciones de los afloramientos

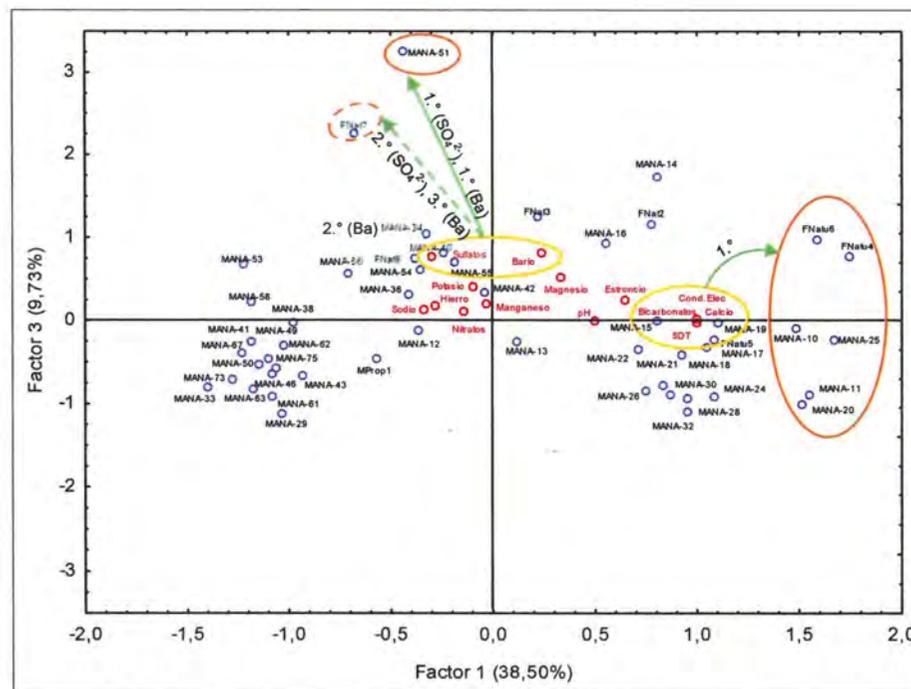


Figura 7-143. Diagrama biplot de los Factores 1 y 3 de las cargas (parámetros que incluyen los metales disueltos) y las puntuaciones de los afloramientos



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Cabe resaltar la influencia del aluminio (Al) total (tot.), encerrado con una elipse discontinua amarilla al tener carga del Factor 2 menor a 0,7, en **FNat7**, línea recta discontinua verde, ver Figura 7-140. La concentración de aluminio en este afloramiento es la mayor reportada con 1,437 mg/L.

Asimismo, se registró una alta influencia de los sulfatos (SO₄²⁻), línea cortada verde, en **FNat7**⁴⁸, encerrado con una elipse discontinua anaranjada por tener solamente el citado anión de la asociación del bario (Ba) total y disuelto con los SO₄²⁻, ver Figuras 7-141 y 7-143, y no al bario debido a que registró ya que registró la cuarta y tercera mayor concentración de bario total y disuelto respectivamente.

B. Quebradas

De acuerdo a los resultados obtenidos para las quebradas, para el análisis con metales totales se obtuvo un valor de Test de KMO de 0,759 (regular) con una varianza de 88,776 % (Tabla 7-19) y para metales disueltos se registró un valor de Test de KMO de 0,750 (regular) con una varianza de 77,137 % (Tabla 7-20).

Cabe señalar que, para esta evaluación, y debido a la gran diferencia entre las concentraciones de los parámetros de laboratorio de la quebrada Muyoc con el resto de puntos de muestreo (Anexo D), las cargas y puntuaciones se estandarizaron para una mejor visualización en el diagrama biplot.

Con respecto a las cargas (loadings) (Tablas 7-21 y 7-22), los siguientes parámetros asociados a un Factor registraron valores absolutos valores no estandarizados absolutos mayores a 0,7:

- **Factor 1:** metales totales: *aluminio, bario, calcio, hierro, potasio, magnesio, manganeso, sodio, fósforo, plomo y estroncio / Cond. Elec, Bicarb., SDT, metales disueltos: calcio, magnesio y estroncio; Factor 2: *Cond, Elec, Bicarb. y SDT / aluminio y cobre disueltos y Factor 3:* *sulfatos y cobre total / potasio disuelto.**

De dichos agrupamientos de los parámetros, se indica que las concentraciones de los 11 metales totales del Factor 1 estuvieron relacionados entre si (Al, Ba, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Pb y Sr tot.), y el calcio (Ca), magnesio (Mg) y estroncio (Sr) disueltos (dis.) relacionados a los bicarbonatos (HCO₃), conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales (Ca, Mg y Sr dis., HCO₃, Cond. Elec y SDT).

El cobre (Cu) total (tot.) y potasio (K) disuelto (dis.) fueron los metales más asociados con los sulfatos (Cu tot., K dis. con SO₄²⁻), este último con carga de sulfatos igual a 0,700 (Tabla 7-22). Asimismo, el aluminio (Al) y cobre (Cu) disueltos (dis.) estuvieron relacionados entre sí (Al y Cu dis.).

Tabla 7-19. Test de KMO y explicación de la varianza evaluados con los metales totales de las quebradas

Factor	Extracción: Principal factors (comm =multiple R-square) Test de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO): 0,751			
	Eigenvalor	% Total	Cumulativo	% Cumulativo
1	10,861	67,88	10,861	67,880
2	2,041	12,75	12,901	80,634
3	1,303	8,14	14,204	88,776

Tabla 7-20. Test de KMO y explicación de la varianza evaluados con los metales disueltos de las quebradas

Factor	Extracción: Principal factors (comm =multiple R-square) Test de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO): 0,773			
	Eigenvalor	% Total	Cumulativo	% Cumulativo
1	6,522	46,59	6,522	46,585
2	3,235	23,11	9,757	69,695
3	1,042	7,44	10,799	77,136

⁴⁸

Dicha influencia se corroboró con el reporte de resultados (Anexo D) donde la concentración de sulfatos que tiene FNat7 con 17,19 mg/L es la segunda más alta de los afloramientos, luego de la concentración de MANA-51 con 21,27 mg/L.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 7-21. Carga (loadings) estandarizadas de factores para los parámetros (incluyen los metales totales) de las quebradas

Table with 5 columns: N.º, Parámetro, Factor 1, Factor 2, Factor 3. Rows include Cond. Elec, Bicarb., Sulfatos, SDT, Aluminio, Bario, Calcio, Cobre, Hierro, Potasio, Magnesio, Manganeso, Sodio, Fosforo, Plomo, Estroncio.

Cond. Elec: Conductividad Eléctrica, Bicarb: bicarbonatos y SDT: Sólidos disueltos totales.

Tabla 7-22. Carga (loadings) estandarizadas de factores para los parámetros (incluyen los metales disueltos) de las quebradas

Table with 5 columns: N.º, Parámetro, Factor 1, Factor 2, Factor 3. Rows include Cond. Elec, Bicarb., Sulfatos, SDT, Aluminio, Bario, Calcio, Cobre, Hierro, Potasio, Magnesio, Manganeso, Sodio, Estroncio.

Cond. Elec: Conductividad Eléctrica, Bicarb: bicarbonatos y SDT: Sólidos disueltos totales.

En relación a las puntuaciones (scores) estandarizados de los puntos de muestreo (Tablas 7-23 y 7-24), junto con las cargas de los parámetros estandarizados para cada factor se visualizaron con el diagrama biplot para los metales totales (Figuras 7-144 y 7-145) y metales disueltos (Figuras 7-146 y 7-147).

Tabla 7-23. Puntuaciones (scores) estandarizadas de factores de las quebradas considerando los metales totales

Table with 5 columns: N.º, Punto de muestreo, Factor 1, Factor 2, Factor 3. Rows include QMilp1, QMuy1, QMuy2, QQuin1, QMilp2, QMilp3, QQuin2, LDCol2, QYana2, QLipi1A, QYana1, QD1, QKero2, QD2, QSN-3, QKero3, QCham1, QKero1, QCham2, LKero1, Q s/n 2, QChup-01.

Tabla 7-24. Puntuaciones (scores) estandarizadas de factores de las quebradas considerando los metales disueltos

Table with 5 columns: N.º, Punto de muestreo, Factor 1, Factor 2, Factor 3. Rows include QMilp1, QMuy1, QMuy2, QQuin1, QMilp2, QMilp3, QQuin2, LDCol2, QYana2, QLipi1A, QYana1, QD1, QKero2, QD2, QSN-3, QKero3, QCham1, QKero1, QCham2, LKero1, Q s/n 2, QChup-01.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Vertical handwritten text on the left margin, possibly a signature or initials.

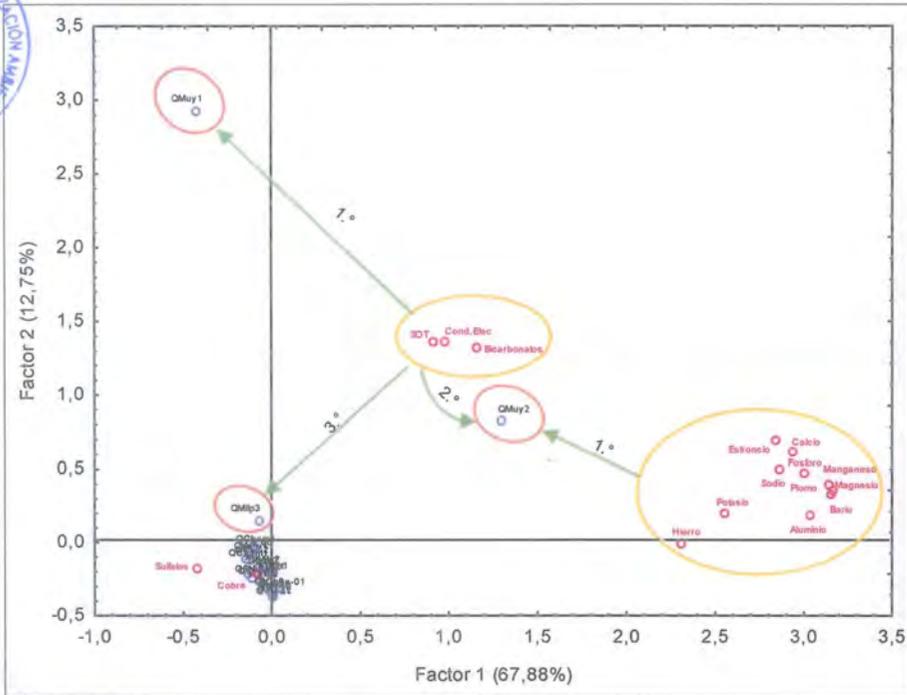


Figura 7-144. Diagrama biplot de los Factores 1 y 2 de las cargas (parámetros que incluyen los metales totales) y las puntuaciones estandarizadas de las quebradas

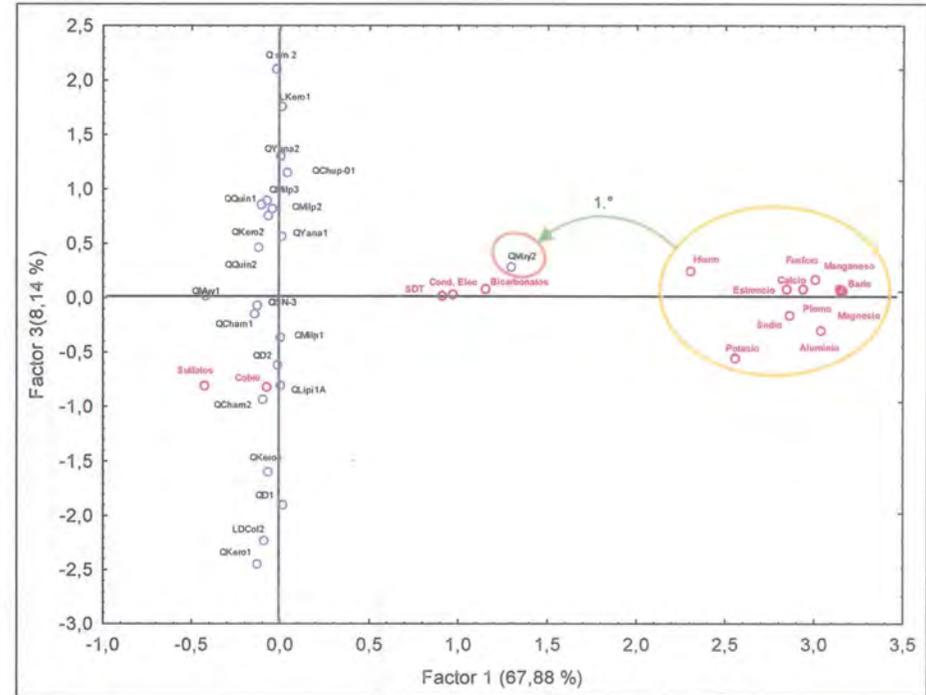


Figura 7-145. Diagrama biplot de los Factores 1 y 3 de las cargas (parámetros que incluyen los metales totales) y las puntuaciones estandarizadas de las quebradas



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

De las Figuras citadas se tienen los siguientes resultados:

- **QMuy2** tuvo la mayor influencia de los metales totales: Al, Ba, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Pb y Sr, y la segunda mayor influencia de los Bicarbonatos (HCO_3^-), Cond. Elec y los sólidos disueltos totales (SDT), mientras que **QMuy1** tuvo la mayor influencia de los HCO_3^- , Cond. Elec y SDT. Estos 2 puntos de muestreo de la tuvieron las mayores influencias de calcio (Ca), magnesio (Mg) y estroncio (Sr) disueltos (dis.), Cond. Elec, HCO_3^- y SDT.
- **QD1** y **QD2** tuvieron las mayores influencias de aluminio (Al), cobre (Cu) y bario (Ba)⁴⁹ disueltos (Al, Cu y Ba dis.), mientras que de acuerdo al orden de influencia indicado en la Figura 7-146, **QD1** y **LDCOI2** (curso de agua de la laguna Dos Colores) registraron una de las mayores influencias de cobre total y sulfatos (Cu tot. y SO_4^{2-}).

Cabe resaltar la tercera mayor influencia que tienen los HCO_3^- , Cond. Elec y SDT, línea verde, en la quebrada Milpo (**QMilp3**), aguas abajo de la confluencia con la quebrada Muyoc (**QMuy1** y **QMuy2**), con menor valor de puntuación estandarizada (0,15909) en el Factor 2 (Tabla 7-23 y Figura 7-144).

Por otro lado, en las Figuras 7-145 y 7-147, se observa el resto de puntos de muestreo dispersos sin alguna asociación clara con los parámetros evaluados (Tabla 7-24).

C. Lagunas

De acuerdo a los resultados obtenidos para las lagunas para el análisis con metales totales se obtuvo un valor de Test de KMO de 0,727 (regular) con una varianza de 89,449 % (Tabla 7-25) y para metales disueltos se registró un valor de Test de KMO de 0,814 (meritorio) con una varianza de 80,856 % (Tabla 7-26).

Tabla 7-25. Test de KMO y explicación de la varianza evaluados con los metales totales de las lagunas

Factor	Extracción: Principal factors (comm =multiple R-square) Test de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO): 0,741			
	Eigenvalor	% Total	Cumulativo	% Cumulativo
1	10,746	63,21	10,746	63,212
2	2,499	14,70	13,245	77,914
3	1,964	11,55	15,209	89,465

Tabla 7-26. Test de KMO y explicación de la varianza evaluados con los metales disueltos de las lagunas

Factor	Extracción: Principal factors (comm =multiple R-square) Test de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO): 0,810			
	Eigenvalor	% Total	Cumulativo	% Cumulativo
1	9,930	66,20	9,930	66,203
2	2,202	14,68	12,132	80,880

Con respecto a las cargas (loadings), ver Tabla 7-27 y Tabla 7-28, los siguientes parámetros asociados a un Factor registraron valores absolutos mayores a 0,7:

- **Factor 1:** pH, Cond. Elec, bicarb., SDT, y metales toales y disueltos: aluminio, calcio, magnesio, manganeso, y estroncio, y toales: fósforo y bario; **Factor 2:** arsénico y hierro toales / potasio disuelto y **Factor 3:** potasio y sodio disueltos.

⁴⁹ Este metal esta resaltado en guiones que forma una elipse anaranjada debido que el valor de su carga no estandarizada fue menor a 0,7.





«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 7-27. Carga (loadings) de factores para los parámetros (incluyen los metales totales) de las lagunas

Cargas (loadings) del Factor (Rotación Varimax) Extracción: Principal factors (comm.=multiple R-square) (Cargas absolutas resaltadas son > 0,7000)				
N.º	Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3
1	pH	0,995	0,025	-0,020
2	Cond. Elec	0,985	-0,010	0,145
3	Bicarb.	0,993	-0,012	0,096
4	Sulfatos	-0,487	0,217	0,645
5	SDT	0,983	-0,017	0,145
6	Aluminio	-0,754	-0,088	0,348
7	Arsénico	0,021	0,938	0,077
8	Bario	0,797	-0,208	0,392
9	Calcio	0,992	-0,006	0,092
10	Cobre	-0,497	-0,582	0,428
11	Hierro	-0,080	0,967	-0,007
12	Potasio	0,478	0,033	0,805
13	Magnesio	0,985	0,073	0,115
14	Manganeso	0,850	0,122	0,156
15	Sodio	0,600	-0,067	0,754
16	Fosforo	0,824	0,429	0,129
17	Estroncio	0,988	0,017	0,098

Cond. Elec: Conductividad Eléctrica, Bicarb: bicarbonatos y SDT: Sólidos disueltos totales.

Tabla 7-28. Carga (loadings) de factores para los parámetros (incluyen los metales disueltos) de las lagunas

Cargas (loadings) del Factor (Rotación Varimax) Extracción: Principal factors (comm.=multiple R-square) (Cargas absolutas resaltadas son > 0,7000)			
N.º	Variable	Factor 1	Factor 2
1	pH	0,9940	-0,0099
2	Cond. Elec	0,9819	0,1597
3	Bicarb.	0,9896	0,1155
4	Sulfatos	-0,4789	0,4882
5	SDT	0,9781	0,1627
6	Aluminio	-0,8314	0,3614
7	Bario	0,6939	0,5511
8	Calcio	0,9899	0,1220
9	Cobre	-0,5346	0,6344
10	Hierro	-0,3114	-0,3274
11	Potasio	0,3688	0,8206
12	Magnesio	0,9879	0,1083
13	Manganeso	0,8467	0,1412
14	Sodio	0,5436	0,6262
15	Estroncio	0,9895	0,1267

Cond. Elec: Conductividad Eléctrica, Bicarb: bicarbonatos y SDT: Sólidos disueltos totales.

En dichos agrupamientos de los parámetros, se indica que las concentraciones de aluminio (Al), bario (Ba), calcio (Ca), magnesio (Mg), manganeso (Mn) y estroncio (Sr) totales (tot.) y disueltos (dis.), además del fósforo (P) total (tot.), bicarbonatos (HCO_3^-), estuvieron relacionados a la conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales (Al, Ba, Ca, Mg, Mn, Sr tot. y dis., P tot., HCO_3^- , Cond. Elec y SDT).

En tanto, el arsénico (As) y hierro (Fe) total estuvieron relacionados entre si (As y Fe tot), mientras que el potasio disuelto estuvo relacionado al bario y cobre disueltos, los cuales tuvieron valores de sus cargas del Factor 2 menores a 0,7.

En relación a las puntuaciones (scores) de los puntos de muestreo (Tablas 7-29 y 7-30) junto con las cargas de los parámetros para cada factor se visualizaron con el diagrama biplot para los metales totales (Figuras 7-148 y 7-149) y metales disueltos (Figura 7-150), obteniéndose los siguientes resultados:

- **Laguna Muyoc** (LMuy1 a LMuy7) tuvo la mayor influencia de los metales totales y disueltos: estroncio, manganeso, calcio y magnesio (Sr, Mn, Ca y Mg tot. y dis.), y los metales totales: bario y fósforo (Ba y P tot.) con los sólidos disueltos totales (SDT), Cond. Elec, bicarbonatos (HCO_3^-) y pH (registraron los valores más básicos).
- **Laguna Yanacocha**, a excepción de LYana3, tuvo la mayor influencia de hierro y arsénico total (Fe y As tot.), mientras todos los puntos de muestreo de la laguna Milpo y Dos Colores tuvieron mayor influencia de potasio disuelto (K dis.).

Cabe resaltar que la mayor influencia del cobre disuelto (Cu dis.) y sulfatos (SO_4^{2-}), con valor de puntuación menor a 0,7 en el Factor 2, se observó en las **lagunas Milpo** (LMilp1 a LMilp4) y **Dos Colores** (LDCol1 y LDCol2)⁵⁰, ver Tabla 7-28 y Figura 7-150.

⁵⁰

Dichas influencias se corroboraron en el reporte de resultados (Anexo D), donde las lagunas Milpo y Dos Colores registraron las mayores concentraciones de cobre disuelto (Cu dis.) y los sulfatos (SO_4^{2-}). No obstante, la laguna



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Por otro lado, en la Figura 7-149, el resto de puntos de muestreo se encontró disperso sin alguna asociación clara con los parámetros evaluados.

Tabla 7-29. Puntuaciones (scores) de factores de los puntos de muestreo de las lagunas considerando los metales totales

Puntuaciones (scores) del Factor, Rotación Varimax
Extracción: Principal factors (comm =multiple R-square)

N.º	Punto de muestreo	Factor 1	Factor 2	Factor 3
1	LMuy5	1,143	-0,102	1,121
2	LMuy6	1,690	-0,465	0,193
3	LMuy7	1,329	0,311	1,829
4	LMuy1	2,357	-0,322	-2,405
5	LMuy4	1,638	0,022	0,834
6	LMuy2	1,733	0,020	0,233
7	LMuy3	1,935	0,377	-0,638
8	LMilp4	-0,082	-0,971	-0,305
9	LMilp1	-1,020	-0,580	2,434
10	LMilp2	-0,433	-0,985	0,561
11	LMilp3	-1,024	-0,450	2,634
12	LRinc3	-0,699	-0,500	-0,684
13	LRinc1	-0,936	-0,539	-0,035
14	LRinc2	-0,349	-0,684	-1,733
15	LYana2	0,172	1,150	-2,315
16	LYana3	-0,741	0,045	0,448
17	LDCol1	-1,149	-0,303	2,666
18	LDCol3	-0,107	-2,131	-1,116
19	LYana1	-0,801	1,889	0,547
20	LYana4	-0,830	2,533	1,100
21	LYana5	-0,561	1,499	-0,008
22	LYana6	-0,654	1,238	-0,098
23	LYana7	-0,730	2,043	1,051
24	LSeca1	0,091	-0,569	-2,822
25	LSeca2	-1,077	0,184	1,416
26	LKero4	-0,245	-0,985	-1,596
27	LKero3	-0,434	-0,688	-1,190
28	LKero2	-0,216	-1,034	-2,121

Tabla 7-30. Puntuaciones (scores) de factores de los puntos de muestreo de las lagunas considerando los metales disueltos

Puntuaciones (scores) del Factor, Rotación Varimax
Extracción: Principal factors (comm =multiple R-square)

N.º	Punto de muestreo	Factor 1	Factor 2
1	LMuy5	1,693	0,074
2	LMuy6	1,764	0,482
3	LMuy7	1,435	0,785
4	LMuy1	1,818	-0,842
5	LMuy4	1,814	0,620
6	LMuy2	1,426	0,969
7	LMuy3	1,832	-0,647
8	LMilp4	-0,538	0,815
9	LMilp1	-0,645	1,295
10	LMilp2	-0,998	2,288
11	LMilp3	-0,546	0,860
12	LRinc3	-0,233	-1,957
13	LRinc1	-0,616	-0,415
14	LRinc2	-0,698	-0,257
15	LYana2	-0,365	-1,069
16	LYana3	-0,521	-0,361
17	LDCol1	-1,129	2,753
18	LDCol3	-0,689	0,928
19	LYana1	-0,555	-0,233
20	LYana4	-0,633	-0,244
21	LYana5	-0,441	-0,742
22	LYana6	-0,498	-0,577
23	LYana7	-0,426	-0,604
24	LSeca1	-0,320	-1,725
25	LSeca2	-0,720	0,494
26	LKero4	-0,310	-0,626
27	LKero3	-0,411	-1,095
28	LKero2	-0,490	-0,968

Yanacocha (LYana1 y LYana3) no cumple con las agrupaciones del AF, puesto que registró la segunda con 5,049 mg/L y sexta concentración con 4,90 más alta de sulfatos.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten blue notes and signatures on the left margin.

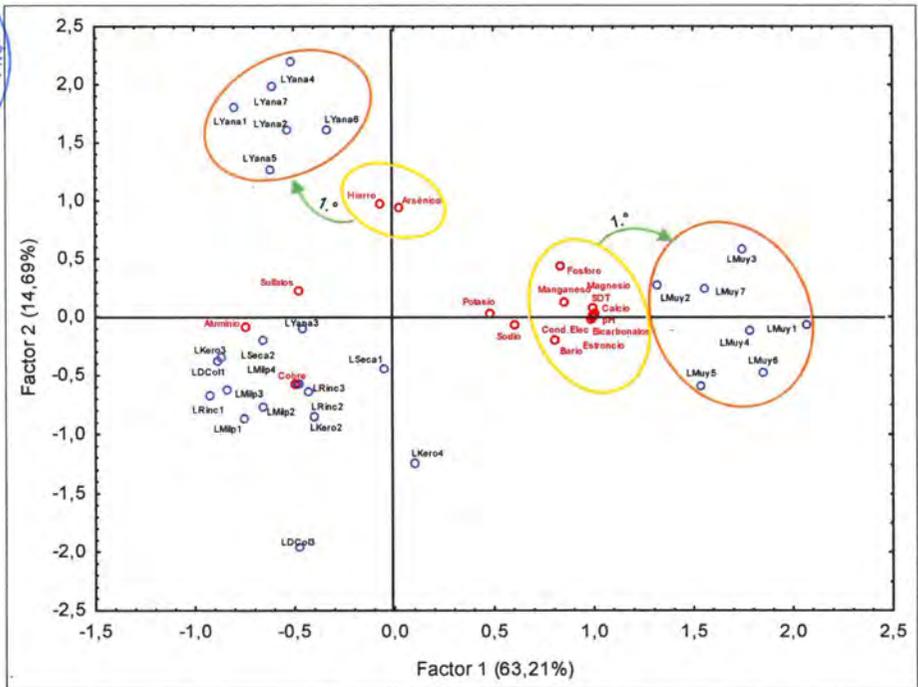


Figura 7-148. Diagrama biplot de los Factores 1 y 2 de las cargas (parámetros que incluyen los metales totales) y las puntuaciones de las lagunas

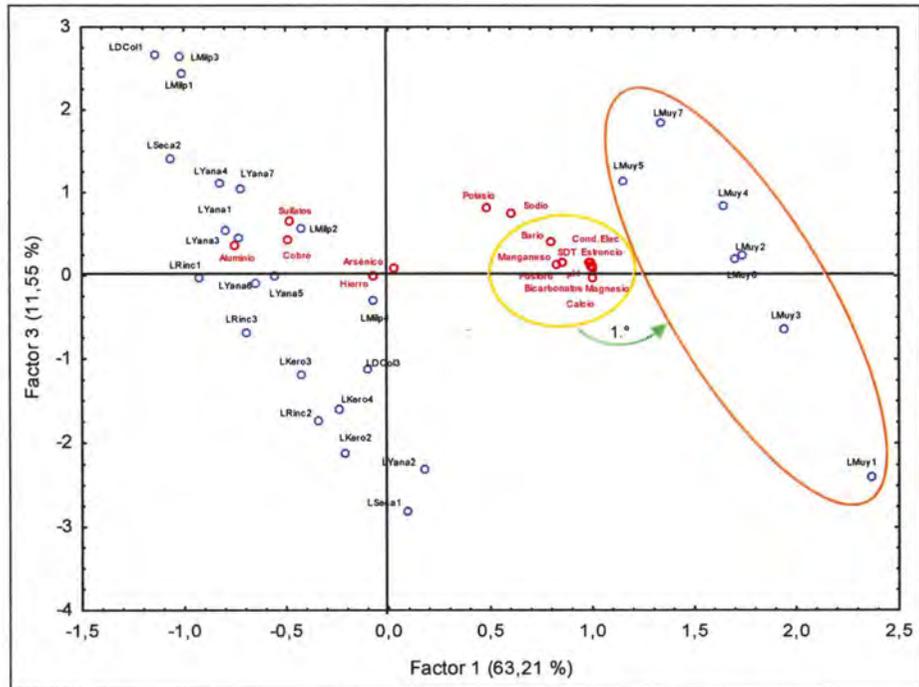


Figura 7-149. Diagrama biplot de los Factores 1 y 3 de las cargas (parámetros que incluyen los metales totales) y las puntuaciones de las lagunas



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and date: 2018

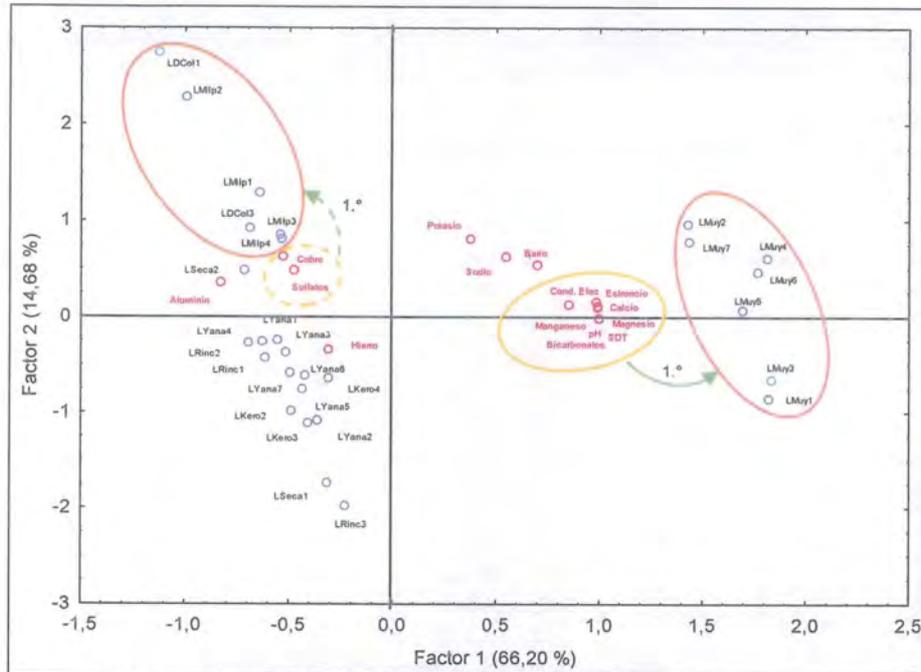


Figura 7-150. Diagrama biplot de los Factores 1 y 2 de las cargas (parámetros que incluyen los metales disueltos) y las puntuaciones de las lagunas

7.4.5 Comunidades hidrobiológicas

En esta sección se presentan y analizan los resultados de las comunidades hidrobiológicas obtenidos durante la evaluación ambiental temprana de 2018, realizada en las microcuencas de las quebradas Milpo, Yanacocha y Kerosene, ubicadas dentro del área de influencia del proyecto El Galeno.

La evaluación de cada comunidad se realizó de acuerdo al tipo de ambiente acuático. En cuerpos de agua lóxicos (quebradas) se evaluaron las comunidades del perifiton y macroinvertebrados acuáticos. Mientras que, en cuerpos de agua lénticos (lagunas) se evaluaron las comunidades del plancton y macroinvertebrados acuáticos en la orilla y en el interior de la laguna a diferencia del perifiton que sólo fue colectado en la orilla.

Se evaluaron un total de 50 puntos de muestreo donde se colectaron 28 muestras de plancton, 44 de perifiton y 50 de macroinvertebrados bentónicos. A continuación, se presenta la Tabla 7-31 donde se detalla la comunidad hidrobiológica evaluada por tipo de cuerpo de agua (quebrada o laguna) y la ubicación de los puntos de muestreo en la respectiva microcuenca a la que pertenece.

Tabla 7-31. Comunidades hidrobiológicas evaluadas por punto de muestreo

Punto de muestreo		Muestreo de comunidades hidrobiológicas			
		Identificación taxonómica			
		Plancton	Perifiton	MIB	
Microcuenca de la quebrada Milpo					
1	Quebrada Milpo	HIB-QMilp1*	-	X	X
2		HIB-QMilp2*	-	X	X
3		HIB-QMilp3*	-	X	X
4	Quebrada Muyoc	HIB-QMuy1*	-	X	X
5		HIB-QMuy2*	-	X	X
6	Quebrada Quinuacucho	HIB-QQuin1*	-	X	X



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Punto de muestreo			Muestreo de comunidades hidrobiológicas		
			Identificación taxonómica		
			Plancton	Perifiton	MIB
7		HIB-QQuin2**	-	X	X
8	Dos Colores	HIB-LDCol2*	-	X	X
9	Laguna Muyoc	HIB-LMuy5**	X	-	X
10		HIB-LMuy6**	X	-	X
11		HIB-LMuy7**	X	-	X
12		HIB-LMuy1*	X	X	X
13		HIB-LMuy4*	X	X	X
14		HIB-LMuy2*	X	X	X
15		HIB-LMuy3*	X	X	X
16	Laguna Milpo	HIB-LMilp4*	X	X	X
17		HIB-LMilp1*	X	X	X
18		HIB-LMilp2*	X	X	X
19		HIB-LMilp3*	X	X	X
20	Laguna La Rinconada	HIB-LRinc3*	X	X	X
21		HIB-LRinc1*	X	X	X
22		HIB-LRinc2*	X	X	X
23	Laguna Dos Colores	HIB-LDCol1*	X	X	X
24		HIB-LDCol3*	X	X	X
Microcuenca de la quebrada Yanacocha					
25	Quebrada Yanacocha	HIB-QYana2**	-	X	X
26		HIB-QYana1*	-	X	X
27	Quebrada Lipiac	HIB-QLipi1A**	-	X	X
28	Laguna Yanacocha	HIB-LYana2**	X	X	X
29		HIB-LYana3**	X	X	X
30		HIB-LYana1*	X	X	X
31		HIB-LYana4**	X	X	X
32		HIB-LYana5**	X	-	X
33		HIB-LYana6**	X	-	X
34		HIB-LYana7**	X	-	X
Quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene					
35	Quebrada QD	HIB-QD1**	-	X	X
36		HIB-QD2**	-	X	X
37	Quebrada Kerosene	HIB-QKero1**	-	X	X
38		HIB-QKero2**	-	X	X
39		HIB-QKero3**	-	X	X
40	Quebrada sin nombre	HIB-QSn 2**	-	X	X
41		HIB-QSn-3**	-	X	X
42	Quebrada Chamcas	HIB-QCham1**	-	X	X
43		HIB-QCham2**	-	X	X
44	Descarga de la laguna Kerosene	HIB-LKero1**	-	X	X
45	Quebrada Chupicario	HIBQChup-01**	-	X	X
46	Laguna Kerosene	HIB-LSeca1**	X	X	X
47		HIB-LSeca2**	X	X	X
48		HIB-LKero4**	X	X	X
49		HIB-LKero3**	X	X	X
50		HIB-LKero2**	X	X	X
Total de puntos muestreados			28	44	50

(MIB) Macroinvertebrados bentónicos

(-) No evaluado

Por otro lado, es importante indicar que se colocaron redes de espera en 3 puntos de muestreo en las lagunas Milpo (2) y Yanacocha (1); sin embargo, no se obtuvo éxito



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

en la captura de los ejemplares de peces por lo que tampoco se contó con muestras de tejido muscular para el análisis de bioacumulación de metales totales.

La clasificación taxonómica de las comunidades hidrobiológicas y los informes de ensayo se presentan en el Anexo D. La galería fotográfica de los puntos de muestreo y las hojas de registros de datos de campo se presentan en el Anexo C. El procesamiento de la información para la estimación del estado ecológico se presenta el Anexo G.2.

En seguida, se presentan los resultados obtenidos en el análisis por microcuenca que involucró la determinación de la composición y riqueza de especies, abundancia de organismos e índices de diversidad para cada comunidad hidrobiológica evaluada en las quebradas y lagunas, respectivamente.

Luego, se presenta el análisis que abarcó toda el área de evaluación en el proyecto El Galeno, el cual se basó en la determinación de la calidad ecológica del agua en las quebradas y el estado trófico de las lagunas evaluadas; además, se cálculo la relación entre las variables ambientales y la distribución de las comunidades acuáticas a través del análisis de correspondencia canónica.

7.4.7.1 Análisis por microcuenca

A continuación, se muestran los resultados de cada comunidad hidrobiológica organizados por tipo de cuerpo de agua (quebrada o laguna) para cada microcuenca evaluada.

A. Quebradas

En estos cuerpos de agua se evaluaron las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos en 22 puntos de muestreo en quebradas distribuidas en las microcuencas de la quebrada Milpo (8), Yanacocha (3) y Kerosene (11), respectivamente.

a.1. Microcuenca de la quebrada Milpo

En esta microcuenca se colectaron 8 muestras de perifiton y macroinvertebrados bentónicos en las quebradas: Dos Colores (1), Milpo (3), Muyoc (2) y Quinuacucho (2).

a.1.1. Perifiton

Teniendo como base los resultados y para mejorar su entendimiento, el análisis de los 50 taxa registrados de esta comunidad fue por separado para cada uno (1) de sus 2 componentes: ficoperifiton o perifiton vegetal y zooperifiton o perifiton animal.

• Ficoperifiton

❖ Composición y riqueza

Fueron encontrados un total de 43 taxa de ficoperifiton, distribuidos en 8 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HIB-QQuin2, representado por 22 taxa, mientras que la menor riqueza a los puntos HIB-QMilp2, representado por 5 taxa. El phylum Bacillariophyta presentó la mayor riqueza en todas las quebradas, seguido del phylum Cyanobacteria (Figura 7-151).



Handwritten signature and date: 2014



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

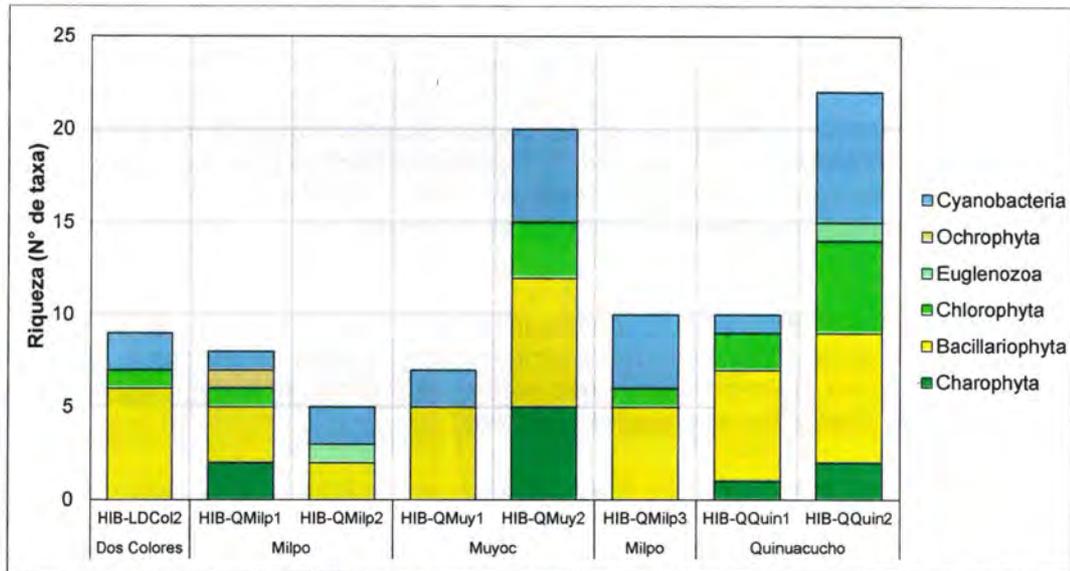


Figura 7-151. Composición y riqueza del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo

❖ Abundancia

Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HIB-QMilp1 ubicado en la quebrada Milpo, representado por 306 112 organismos, en tanto que la menor abundancia correspondió al punto HIB-QQuin1, representado por 2440 organismos. Se observa una notable diferencia en la abundancia en la quebrada Milpo con respecto al resto de quebradas evaluadas (Figura 7-152).

El phylum Bacillariophyta presentó una mayor abundancia en todos los puntos a excepción de los puntos HIB-QMilp2 y HIB-QMuy1 donde Cyanobacteria fue más abundante, y de HIB-QQuin2 donde Chlorophyta fue el phylum más abundante (Figura 7-152).

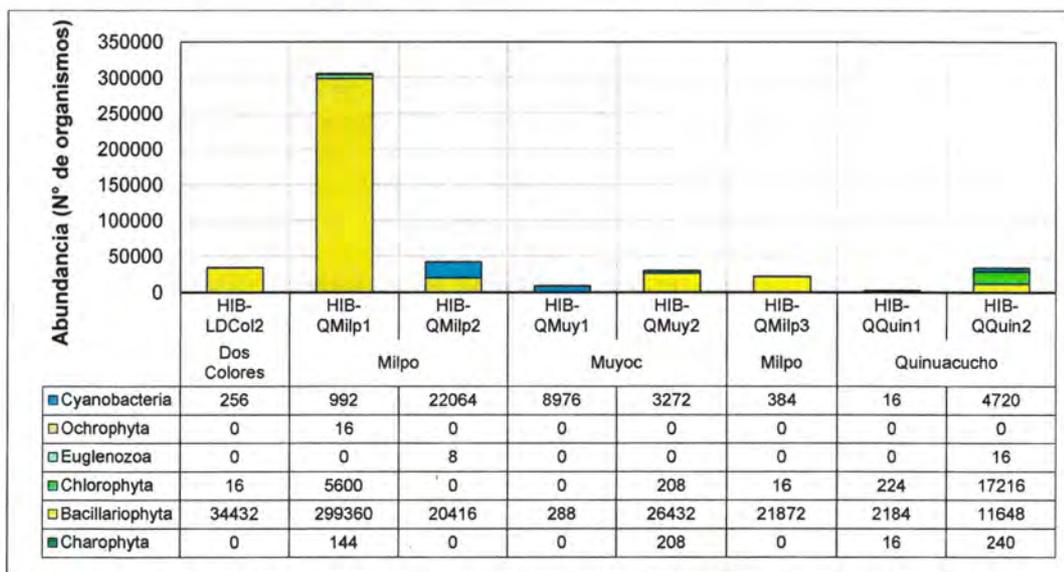


Figura 7-152. Abundancia del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo



❖ Diversidad alfa

Con respecto a los índices de diversidad alfa, los mayores valores de los índices N1 y N2 se presentaron en el punto HIB-QMuy2 (quebrada Muyoc), mientras que los menores valores en las quebradas Milpo (HIB-QMilp 1). En cuanto al índice de Pielou (J'), el mayor valor se presentó en el punto HIB-QQuin1 (quebrada Quinuacucho), a diferencia de HIB-QMilp1 que presentaron el menor valor (Figura 7-153).

De acuerdo con los resultados, los puntos HIB-QMuy2 (quebrada Muyoc), HIB-QMilp3 (quebrada Milpo), HIB-QQuin1 y HIB-QQuin2 (ambos en la quebrada Quinuacucho) son los que presentan indicadores más altos de diversidad, lo cual se relaciona principalmente con la riqueza encontrada en estos puntos (Figura 7-153).

Por otro lado, se observa una distribución más equitativa de la abundancia en las quebradas Muyoc (HIB-QMuy2), Milpo (HIB-QMilp3), y Quinuacucho (HIB-QQuin1 y HIB-QQuin2); a diferencia de las quebradas Dos Colores (HIB-LDCol2), Milpo (HIB-QMilp1 y HIB-QMilp2) y Muyoc (HIB-QMuy1) que presentaron una distribución heterogénea de la abundancia, debido a la dominancia del phylum Bacillariophyta y Cyanobacteria (Figura 7-153).



H
S
A
Q
D
L

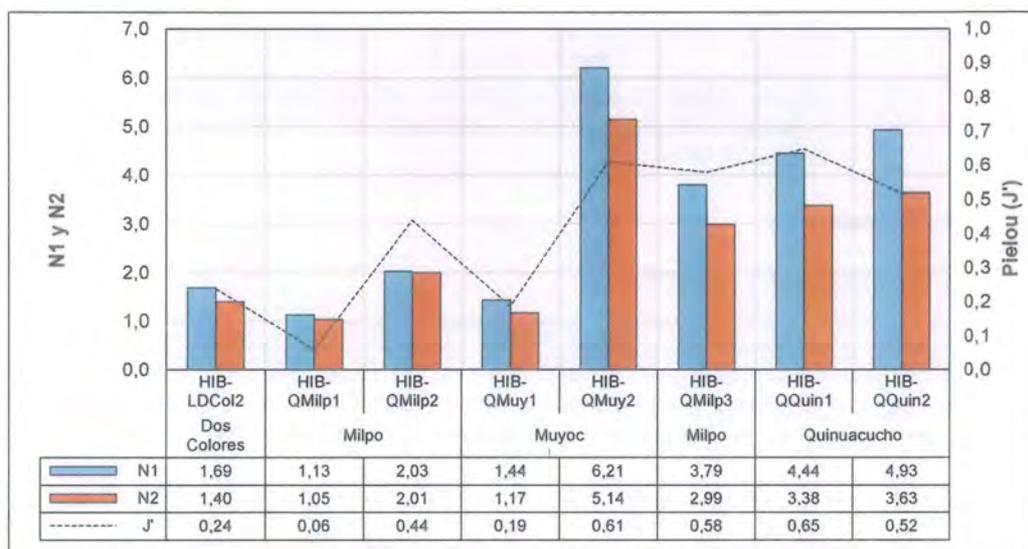


Figura 7-153. Diversidad alfa del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo

❖ Diversidad beta

En la Figura 7-154 se aprecia la formación de 2 grupos, el primero formado por los puntos HIB-QMilp1, HIB-QQuin1 y HIB-LDCol2 con una asociación de 32 %. Por otro lado, el segundo grupo estuvo conformado por los puntos evaluados en la quebrada Muyoc (HIB-QMuy1 y HIB-QMuy2), en la quebrada Milpo (HIB-QMilp2 y HIB-QMilp3) y en la quebrada Quinuacucho (HIB-QQuin2) con una asociación de 28 %.

Tales asociaciones demuestran una baja similitud de las abundancias de los taxa compartidos entre dichos puntos. Sin embargo, los puntos HIB-QMuy2 y HIB-QMilp3 presentaron una asociación de 55 % lo que demuestra una moderada similitud entre los taxa compartidos en los dichos puntos (Figura 7-154).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten blue notes and arrows on the left margin.

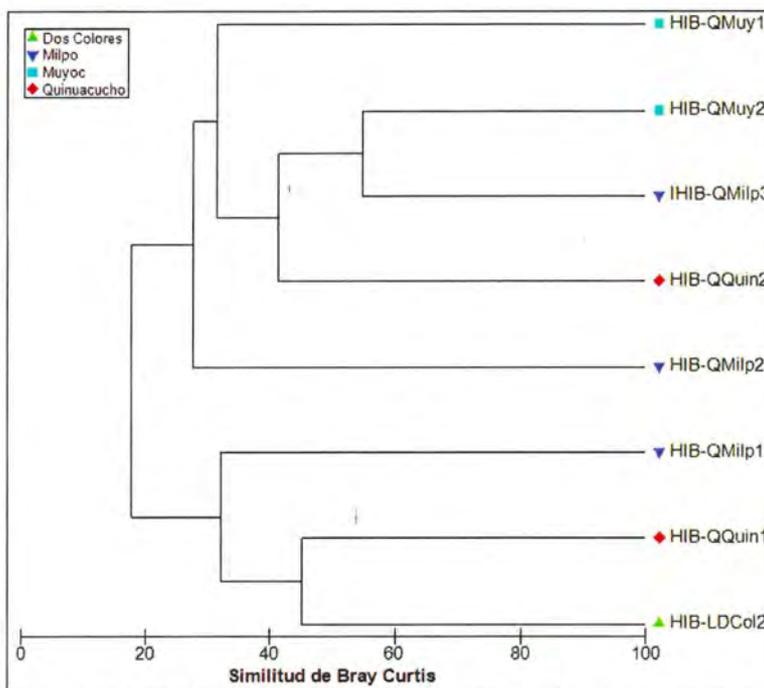


Figura 7-154. Diversidad beta del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo

• Zooperifiton

❖ Composición y riqueza

Fueron encontrados un total de 7 taxa de zooperifiton, distribuidos en 8 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HIB-LDCol2 (curso de agua entre los 2 sectores de la laguna Dos Colores), representado por 4 taxa, mientras que no se encontró ningún taxa en el punto HIB-QMilp1 (quebrada Milpo).

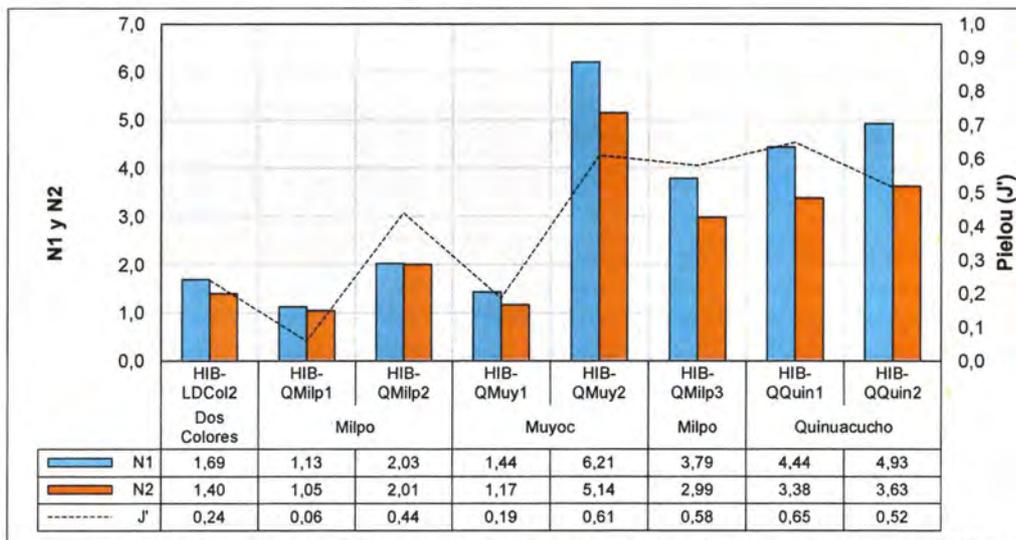


Figura 7-155. Composición y riqueza del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Se destaca la presencia del phylum Cercozoa en 5 de los 7 puntos evaluados, así como la concurrencia del phylum Amoebozoa sólo en el punto HIB-QMuy2 (Figura 7-155).

❖ Abundancia

Se observó que la mayor abundancia correspondió al curso de agua entre los 2 sectores de la laguna Dos Colores (HIB-LDCol2), representado por 192 organismos, en tanto que el punto HIB-QMilp1 no presentó ninguno. Se resalta la dominancia del phylum Rotifera en el punto HIB-LDCol2 con 128 organismos y del phylum Cercozoa con 160 organismos en el punto HIB-QQuin2 (Figura 7-156).



Handwritten signature and initials in blue ink.

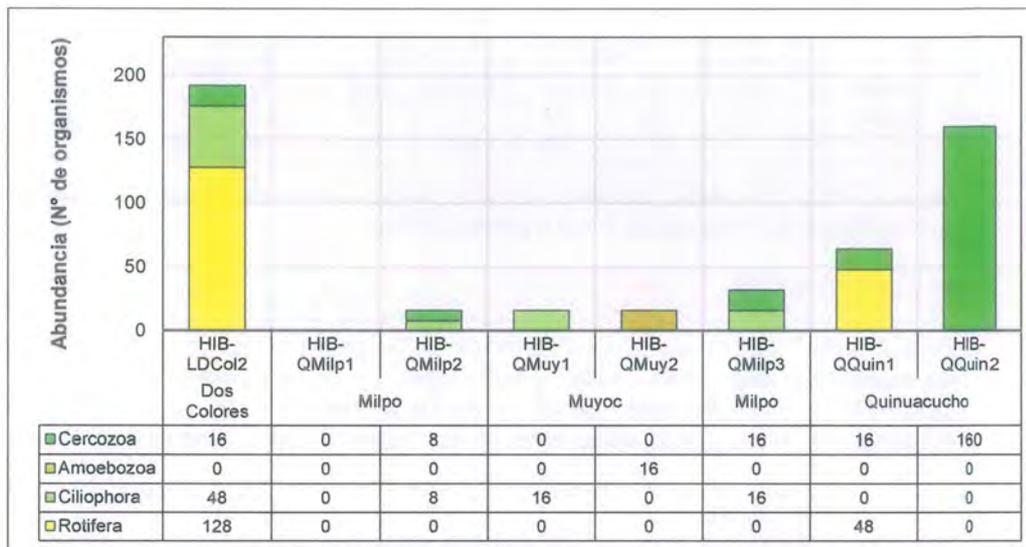


Figura 7-156. Abundancia del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo

❖ Diversidad alfa

Con respecto a los índices de diversidad alfa, el mayor valor de los índices N1 y N2 se presentó en el punto HIB-LDCol2 (curso de agua entre los sectores de la laguna Dos Colores), mientras que los menores valores se encontraron en las quebradas Milpo (HIB-QMilp1), Muyoc (HIB-QMuy1 y HIB-QMuy2) y Quinuacucho (HIB-QQuin2) debido al registro de ningún taxa en HIB-QMilp1 y de sólo un taxa en el resto de puntos (Figura 7-157).

En cuanto al índice de Pielou (J'), el mayor valor se presentó en los HIB-QMilp2 y HIB-QMilp3, ambos ubicados en la quebrada Milpo; mientras que, los menores valores se encontraron en a las quebradas Muyoc (HIB-QMuy1 y HIB-QMuy2) y Milpo (HIB-QMilp 1).

De acuerdo con los resultados, las quebradas Milpo (HIB-QMilp2 y HIB-QMil3) y Quinuacucho (HIB-QQuin1) son las que presentan indicadores de diversidad más altos, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en estas quebradas. Además, se observa una distribución equitativa de la abundancia en todas las quebradas donde se encontró más de un taxa (HIB-LDCol2, HIB-QMilp2, HIB-QMilp3 y HIB-QQuin1).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten blue notes and arrows on the left margin.

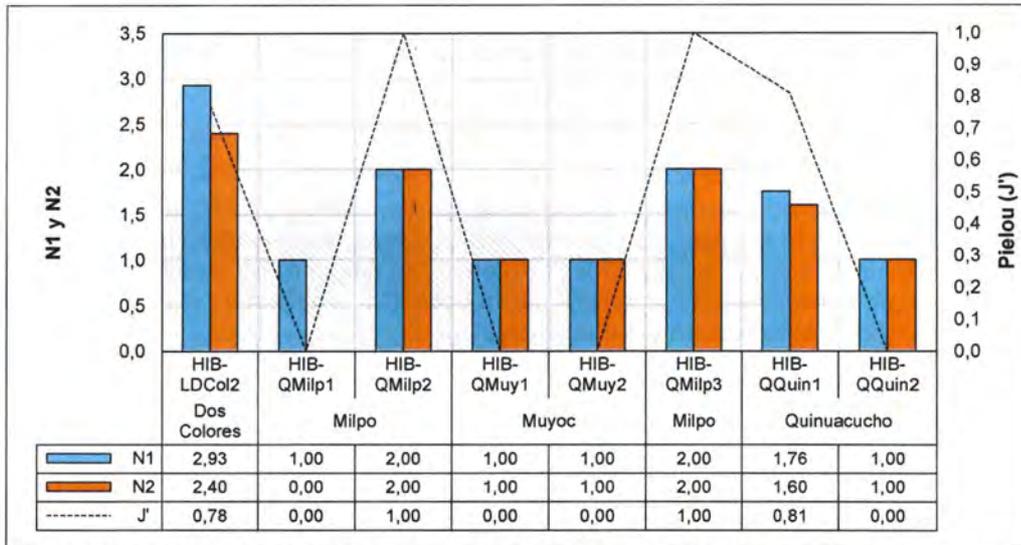


Figura 7-157. Diversidad alfa del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo

❖ Diversidad beta

En la Figura 7-158 se aprecia la formación de un grupo entre los puntos evaluados en las quebradas Milpo (HIB-QMilp2 y HIB-QMilp3) y Quinuacucho (HIB-QQuin1 y HIB-QQuin2) con una adociación de 44 %, donde se resalta la agrupación de los puntos evaluados en la quebrada Milpo pues presentaron una asociación de 87 %.

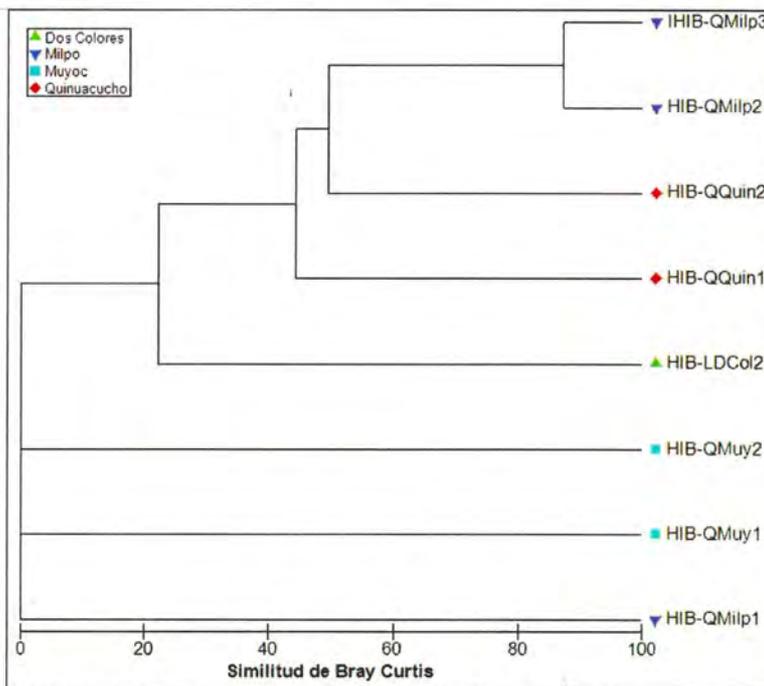


Figura 7-158. Diversidad beta del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Luego el grupo formado se asocia con el punto HIB-LDCol2 con una asociación de 22 % lo que demuestra la baja similitud de las abundancias de los taxa compartidos entre el grupo y el punto ubicado en el curso de agua entre los sectores de la laguna Dos Colores. Cabe resaltar que los puntos evaluados en la quebrada Muyoc (HIB-QMuy1 y HIB-QMuy2) y en HIB-QMilp1 (quebrada Milpo) no presentaron ninguna asociación con el resto de puntos debido a no haberse registrado ningún organismo en estos puntos (Figura 7-158).

a.1.2. Macroinvertebrados bentónicos

❖ Composición y riqueza:

Fueron encontrados un total de 31 taxa de macroinvertebrados bentónicos, distribuidos en 8 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió a los puntos HIB-QMuy1 (quebrada Muyoc), representado por 14 taxa, seguida por los puntos HIB-QQuin1 (quebrada Quinuacucho) con 13 taxa y HIB-LDCol2 (curso de agua entre los sectores de la laguna Dos Colores) con 12 taxa (Figura 7-159).

Por otro lado, la menor riqueza se encontró en los puntos HIB-QMilp1 (quebrada Milpo) y HIB-QQuin2 (quebrada Quinuacucho), representados por 5 taxa. La riqueza estuvo dominada por órdenes que pertenecen a la clase Insecta, destacando entre ellos Diptera y Coleoptera, principalmente (Figura 7-159).



Handwritten notes and arrows on the left margin, including a large 'H' and several arrows pointing upwards.

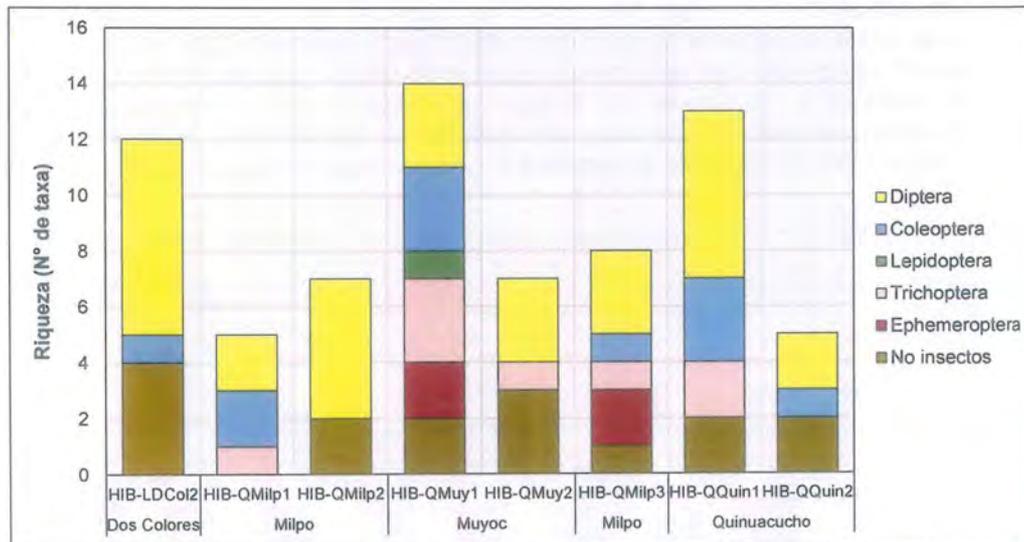


Figura 7-159. Composición y riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo

❖ Abundancia

Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HIB-QMilp1, representado por 2 125 organismos seguido de HIB-LDCol2 con 1 827 organismos (Figura 7-155). Por otro lado, la menor abundancia correspondió al punto HIB-QMuy2, representado por 53 organismos. Además, se aprecia grandes diferencias entre los puntos evaluados y cabe resaltar la gran dominancia de organismos de la clase no Insecta en el punto HIB-LDCol2 (Dos Colores), así como la abundancia del orden Diptera en la quebrada Milpo (HIB-QMilp1) (Figura 7-160).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

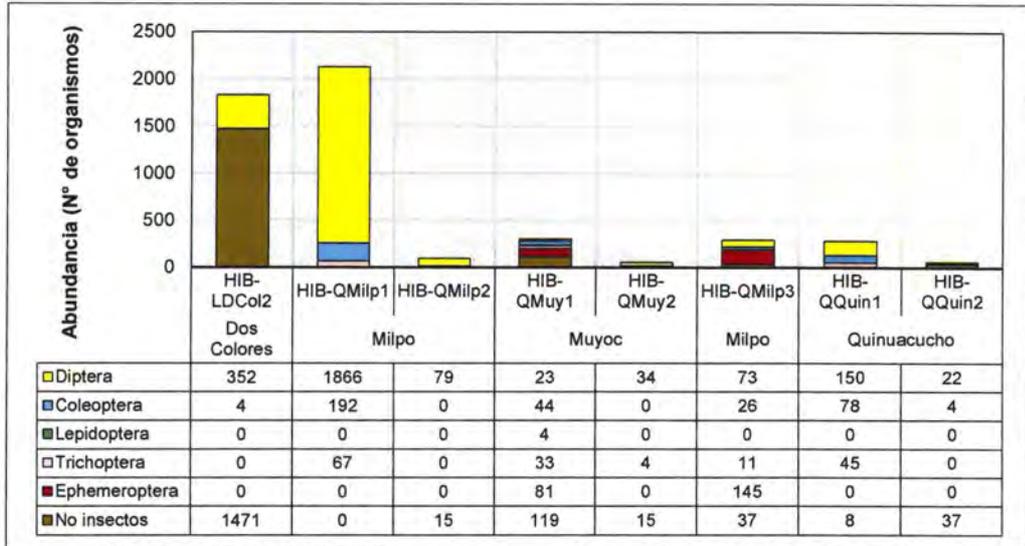


Figura 7-160. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo

❖ Diversidad alfa

Con respecto a los índices de diversidad y equidad de Pielou (J'), el mayor valor de cada índice se encontró en el punto HIB-QQuin1 (quebrada Quinuacucho), mientras que el menor valor se registró en el punto HIB-QMilp1 (quebrada Milpo). Respecto a los resultados, los puntos HIB-QMuy1 (quebrada Muyoc) y HIB-QQuin1 (quebrada Quinuacucho) son los que presentan indicadores más altos de diversidad, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en estos puntos (Figura 7-161).

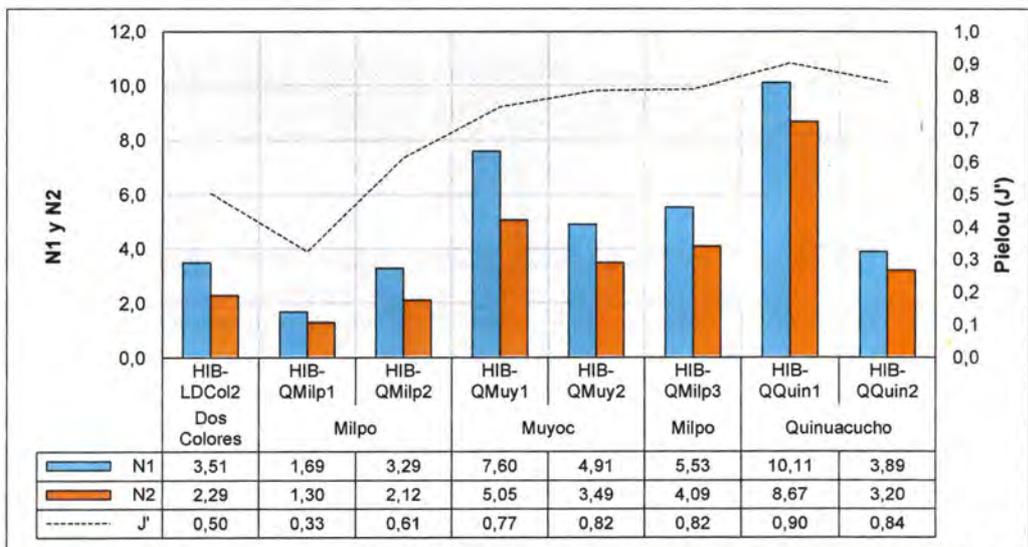


Figura 7-161. Diversidad alfa de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo

Asimismo, se observa una distribución equitativa de la abundancia en todos los puntos, excepto en HIB-LDCol2 (Dos Colores), HIB-QMilp1 y HIB-QMilp2 (ambos en la quebrada Milpo) donde se observó una distribución heterogénea de la abundancia debido a la dominancia de órdenes de clases no Insecta en el curso de agua entre los



Vertical handwritten notes in blue ink, including the word 'Muyoc' and other illegible characters.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

sectores de la laguna Dos Colores y Diptera en los puntos evaluados en la quebrada Milpo (Figura 7-161).

❖ Diversidad beta

En la Figura 7-162 se observa la formación de 2 grupos, el primero conformado por los puntos evaluados en el curso de agua entre los sectores de la laguna Dos Colores (HIB-LDCol2), en la quebrada Quinuacucho (HIB-QQuin2), en la quebrada Muyoc (HIB-QMuy2) y en la quebrada Milpo (HIB-QMilp2) con un 25 % de similitud lo que demuestra la baja similitud de los taxa compartidos entre estos puntos; sin embargo, se destaca la asociación de 63 % entre los puntos HIB-QMuy2 y HIB-QMilp2.

Por otro lado, el segundo grupo reunió a los puntos evaluados en la quebrada Quinuacucho (HIB-QQuin1), en la quebrada Milpo (HIB-QMilp1 y HIB-QMilp3) y en la quebrada Muyoc (HIB-QMuy1) con un 28 % de similitud; sin embargo, se resalta el 54 % de similitud entre los puntos HIB-QMilp3 y HIB-QMuy1 lo que demuestra una moderada similitud de las abundancias de los taxa compartidos en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos entre estos puntos (Figura 7-162).



Handwritten notes and arrows on the left margin, including a large 'H' at the bottom.

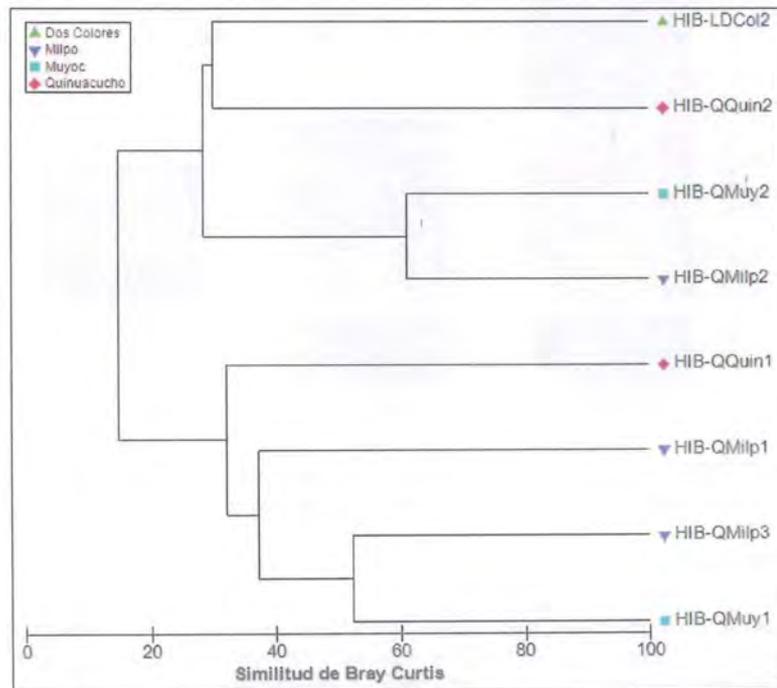


Figura 7-162. Diversidad beta de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo

a.2. Microcuenca de la quebrada Yanacocha

En esta microcuenca se colectaron 3 muestras de perifiton y macroinvertebrados bentónicos en las quebradas: Yanacocha (2) y Lipiac (1).



b.1.1. Perifiton

Teniendo como base los resultados y para mejorar su entendimiento, el análisis de los 32 taxa registrados de esta comunidad fue por separado para cada uno (1) de sus 2 componentes: ficoperifiton o perifiton vegetal y zooperifiton o perifiton animal.

• **Ficoperifiton**

❖ **Composición y riqueza**

Fueron encontrados un total de 30 taxa de ficoperifiton, distribuidos en 3 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HIB-QYana1, representado por 19 taxa, mientras que la menor riqueza a los puntos HIB-QYana2, representado por 10 taxa. El phylum Bacillariophyta presentó la mayor riqueza en todas las quebradas, seguido del phylum Cyanobacteria o Charophyta (Figura 7-163).



Handwritten signature and date: 2015

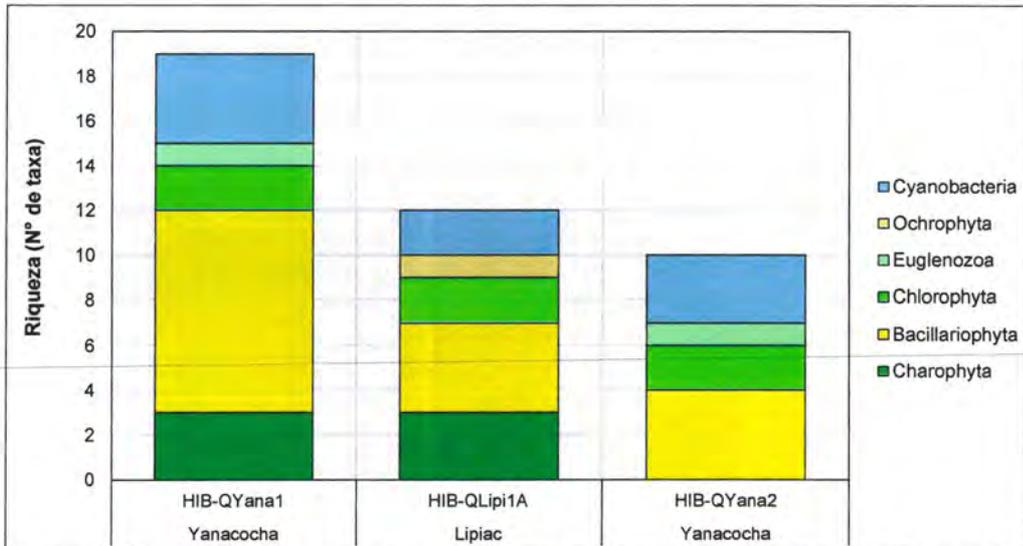


Figura 7-163. Composición y riqueza del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha

❖ **Abundancia**

Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HIB-QLipi1A ubicado en la quebrada Lipiac, representado por 42 448 organismos, en tanto que la menor abundancia correspondió al punto HIB-QYana2 ubicado en la quebrada Yanacocha, representado por 1344 organismos (Figura 7-164).

Se observó una amplia diferencia en la abundancia de este punto respecto a los otros 2 puntos evaluados. Además, cabe resaltar la dominancia del phylum Cyanobacteria en el punto HIB-QYana1 y del phylum Bacillariophyta en el punto HIB-QLipi1A (Figura 7-164).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

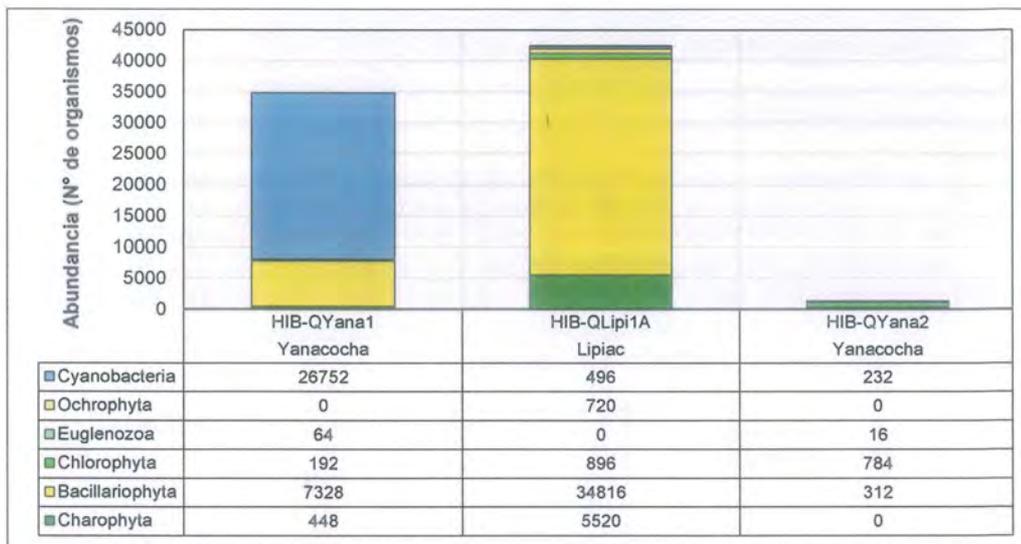


Figura 7-164. Abundancia del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Yanacochoa

❖ Diversidad alfa

Respecto a los índices de diversidad alfa, el mayor valor de los índices N1 y N2 se presentó en el punto HIB-QYana1 (quebrada Yanacochoa), mientras que el menor valor se encontró en la quebrada Lipiac (HIB-QLipi1A). En cuanto al índice de Pielou (J'), el mayor valor se presentó en los HIB-QYana2 (quebrada Yanacochoa), mientras que el menor valor se encontró en el punto, HIB-QYana1 (quebrada Yanacochoa) (Figura 7-165).

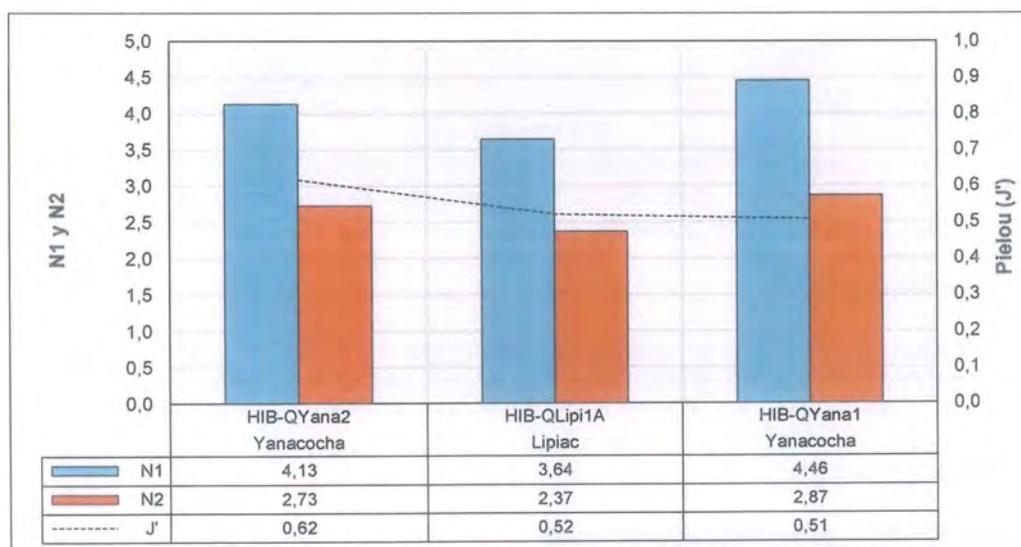


Figura 7-165. Diversidad alfa del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Yanacochoa

De acuerdo con los resultados, todos los puntos presentan indicadores de diversidad similares, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en estos puntos. Por otro lado, se observa una distribución de la abundancia ligeramente heterogénea en los 3 puntos de muestreo debido a la dominancia del phylum



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Cyanobacteria en HIB-QYana2, Bacillariophyta en HIB-QLipi1A y Chlorophyta en HIB-QYana1 (Figura 7-165).

❖ Diversidad beta

En la Figura 7-166 se observa la formación de un grupo, el cual está conformado por los puntos evaluados en la quebrada Lipiac (HIB-QLipi1A) y en la quebrada Yanacocha (HIB-QYana1 y HIB-QYana2) con un 22 % de similitud lo que muestra la baja similitud entre los puntos de evaluación; sin embargo, se resalta la asociación de los puntos HIB-QLipi1A y HIB-QYana1 con un 31 % de similitud lo que demuestra una mayor similitud de las abundancias de los taxa compartidos en el tramo inferior de la microcuenca de la quebrada Yanacocha.



Vertical handwritten signature and date '10/11/15' in blue ink.

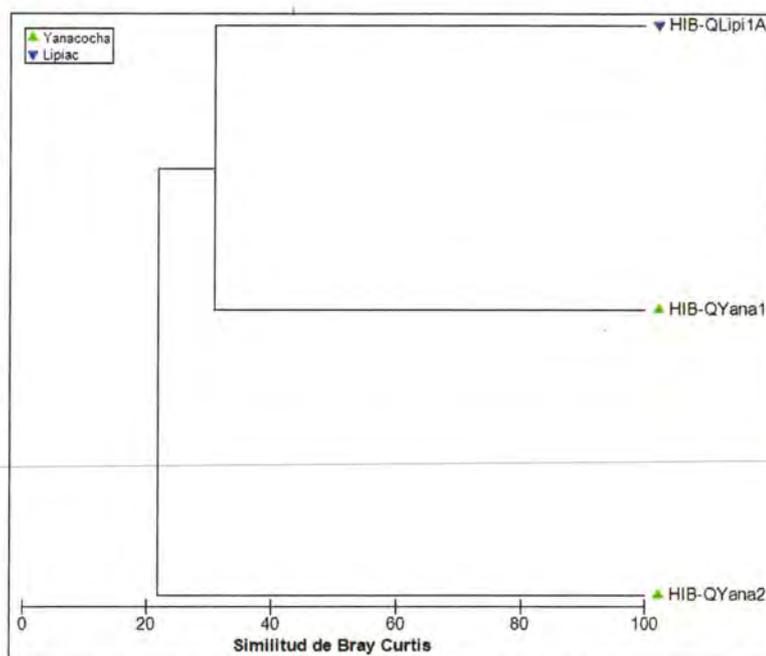


Figura 7-166. Diversidad beta del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha

❖ Zooperifiton

Fueron encontrados 64 organismos de *trinema* sp. en HIB-QYana1 y 40 organismos de *Vorticella* sp. en HIB-QLipi1A, pertenecientes al phylum Cercozoa y Ciliophora, respectivamente. No se calcularon los índices de diversidad alfa ni beta por haberse hallado una diversidad muy limitada y no tener más puntos de muestreo para realizar comparaciones.

b.1.2. Macroinvertebrados bentónicos

❖ Composición y riqueza

Fueron encontrados un total de 18 taxa de macroinvertebrados bentónicos, distribuidos en 3 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HIB-QLipi1A, representado por 9 taxa, mientras que la menor riqueza al punto HIB-QYana2, representado por 7 taxa (Figura 7-167).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

No se detectaron grandes variaciones de riqueza entre puntos de muestreo. La riqueza estuvo dominada por órdenes que pertenecen a la clase Insecta, destacando entre ellos Diptera y Coleoptera, principalmente (Figura 7-167).

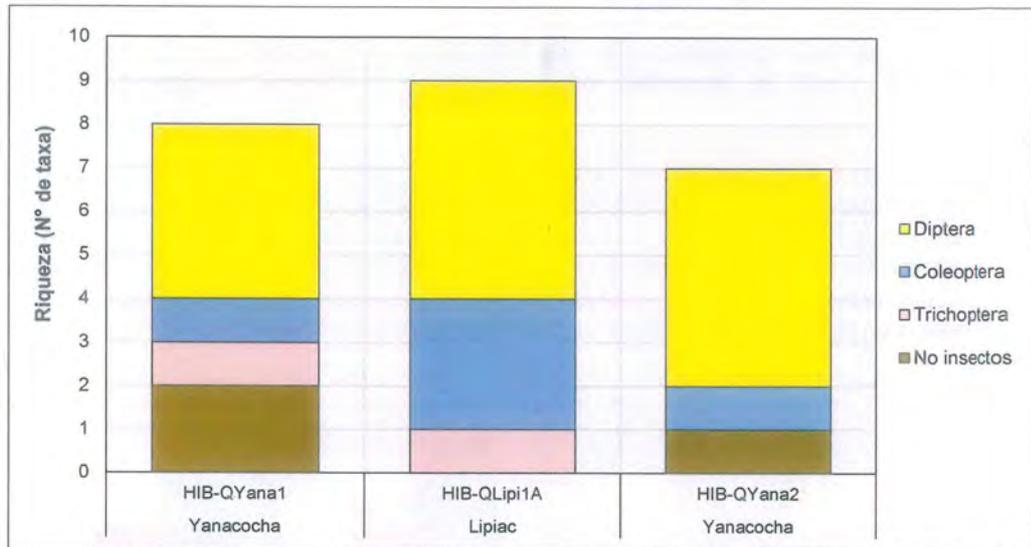


Figura 7-167. Composición y riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha

❖ Abundancia

Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HIB-QYana2, representado por 434 organismos, en tanto que la menor abundancia al punto HIB-QLipi1A, representado por 68 organismos. Se destaca la diferencia en la abundancia de los puntos de muestreo y la mayor abundancia del orden Diptera seguido por el orden Coleoptera (Figura 7-168).

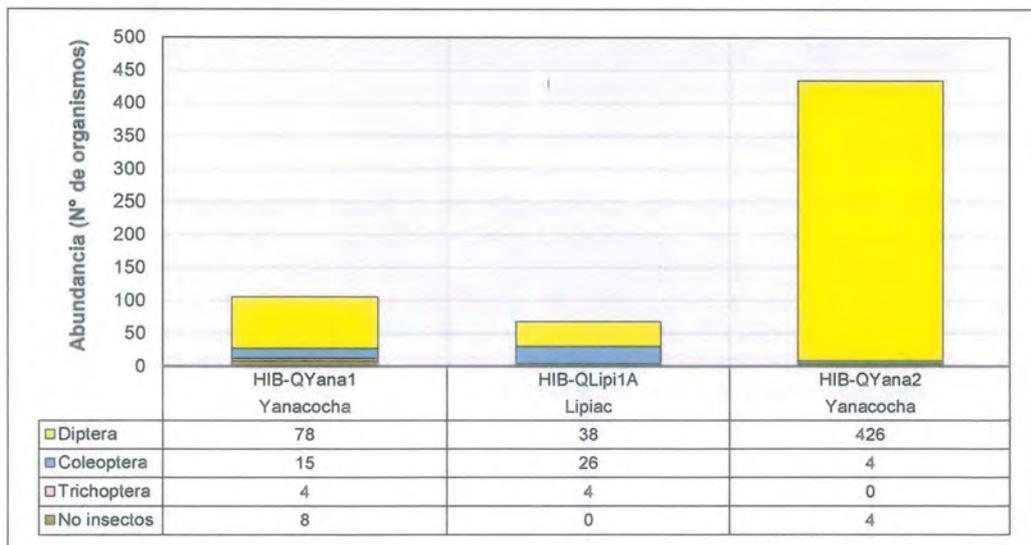


Figura 7-168. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

❖ Diversidad alfa

Respecto a los índices de diversidad alfa, el mayor valor de los índices N1 y N2 se presentó en el punto HIB-QLipi1A (quebrada Lipiac), mientras que el menor valor se encontró en HIB-QYana2 (quebrada Yanacocha). En cuanto al índice de Pielou (J'), el mayor valor se presentó en los HIB-QLipi1A (quebrada Lipiac), mientras que el menor valor se encontró en el punto HID-QYana2 (quebrada Yanacocha) (Figura 7-169).

Respecto a los resultados, los puntos HIB-QLipi1A y HIB-QYana1 son los que presentaron indicadores más altos de diversidad, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en estos puntos. Asimismo, se observa una distribución equitativa de la abundancia en la quebrada Lipiac y el punto HIB-QYana1 (quebrada Yanacocha); a diferencia de HIB-QYana2 (quebrada Yanacocha) que presentó una distribución heterogénea debido a la dominancia del orden Diptera (Figura 7-169).



Handwritten signature and initials in blue ink.

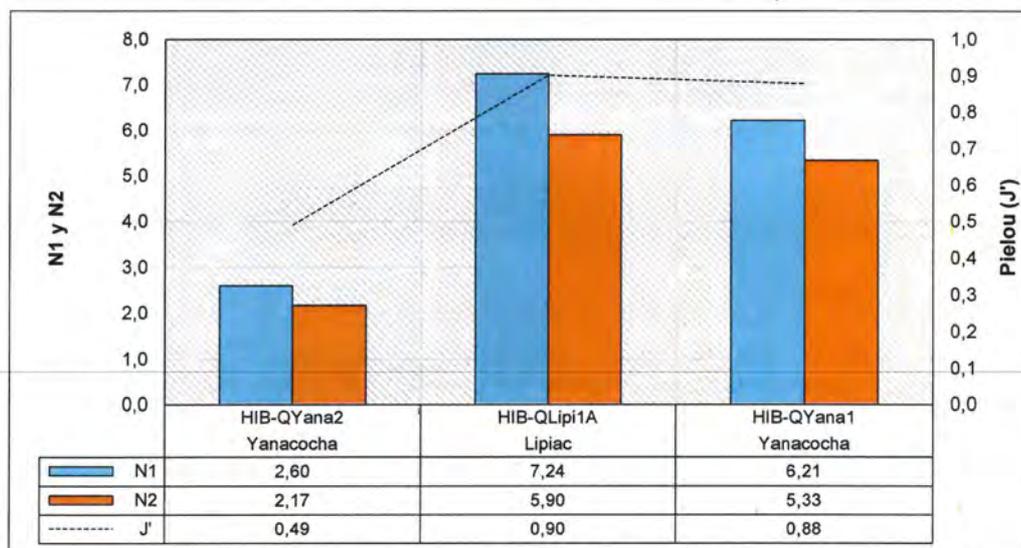


Figura 7-169. Diversidad alfa de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha

❖ Diversidad beta

En la Figura 7-170 observa la formación de un grupo, el cual está conformado por los puntos evaluados en la quebrada Lipiac (HIB-QLipi1A) y en la quebrada Yanacocha (HIB-QYana1 y HIB-QYana2) con un 31 % de similitud lo que muestra la baja similitud entre los puntos de evaluación; sin embargo, se resalta la asociación de los puntos HIB-QLipi1A y HIB-QYana1 con un 50 % de similitud lo que demuestra una moderada similitud de las abundancias de los taxa compartidos en el tramo inferior de la microcuenca de la quebrada Yanacocha.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

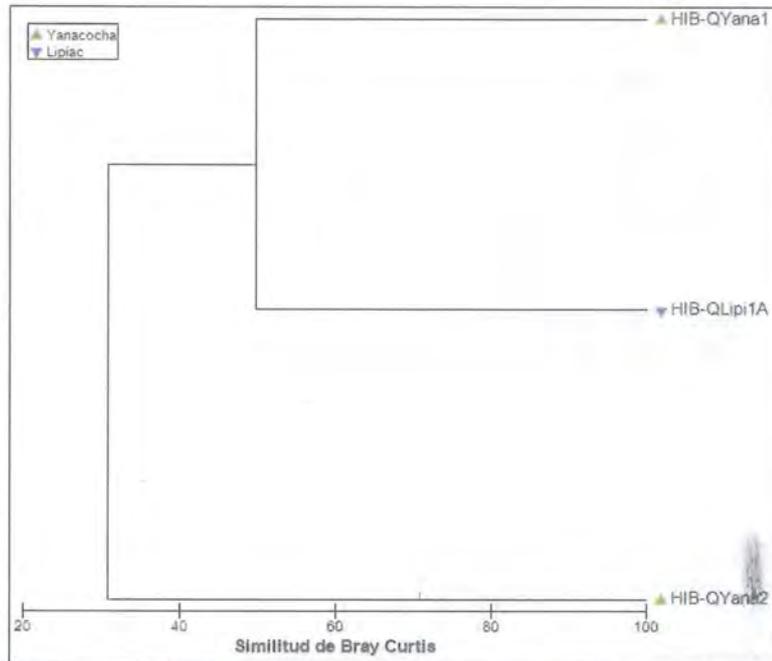


Figura 7-170. Diversidad beta de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha



Vertical handwritten signature in blue ink.

a.3. Microcuenca de la quebrada Kerosene

En esta microcuenca se colectaron 11 muestras de cada comunidad hidrobiológica en las quebradas: sin nombre (2), Kerosene (4), QD (2), Chupicario (1) y Chamcas (2).

a.3.1. Perifiton

Teniendo como base los resultados y para mejorar su entendimiento, el análisis de los 61 taxa registrados de esta comunidad fue por separado para cada uno (1) de sus 2 componentes: ficoperifiton o perifiton vegetal y zooperifiton o perifiton animal.

• **Ficoperifiton**

❖ **Composición y riqueza**

Fueron encontrados un total de 53 taxa de ficoperifiton, distribuidos en 11 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HIB-LKero1 (descarga de la laguna Kerosene), representado por 27 taxa, mientras que la menor riqueza al punto HIB-QKero1 (quebrada Kerosene), representado por 8 taxa (Figura 7-171).

El phylum Bacillariophyta presentó la mayor riqueza en todas las quebradas, excepto en los puntos HIB-LKero1 y HIB-QD1 (quebrada D) donde el phylum Cyanobacteria fue el predominante (Figura 7-171).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

❖ Diversidad alfa

Respecto a los índices de diversidad y equidad de Pielou (J'), los mayores valores de los índices se presentaron en el punto HIB-Qsn3 (quebrada sin nombre), mientras que los menores valores se encontraron en el punto HIB-QCham2 (quebrada Chamcas). De acuerdo con los resultados, los puntos HIB-Qsn3 (quebrada sin nombre) y HIB-LKero1 (descarga de la laguna Kerosene) son los que presentan indicadores más altos de diversidad, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en estos puntos (Figura 7-173).

Por otro lado, se observa una distribución de la abundancia más equitativa en HIB-Qsn3 y HIB-LKero1; a diferencia del resto de puntos evaluados que presentaron una distribución heterogénea de la abundancia, debido a la dominancia del phylum Bacillariophyta y Cyanobacteria (HIB-QCham2).



Handwritten notes in blue ink, including a vertical line with arrows and the letters 'M', 'd', 's', 'H'.

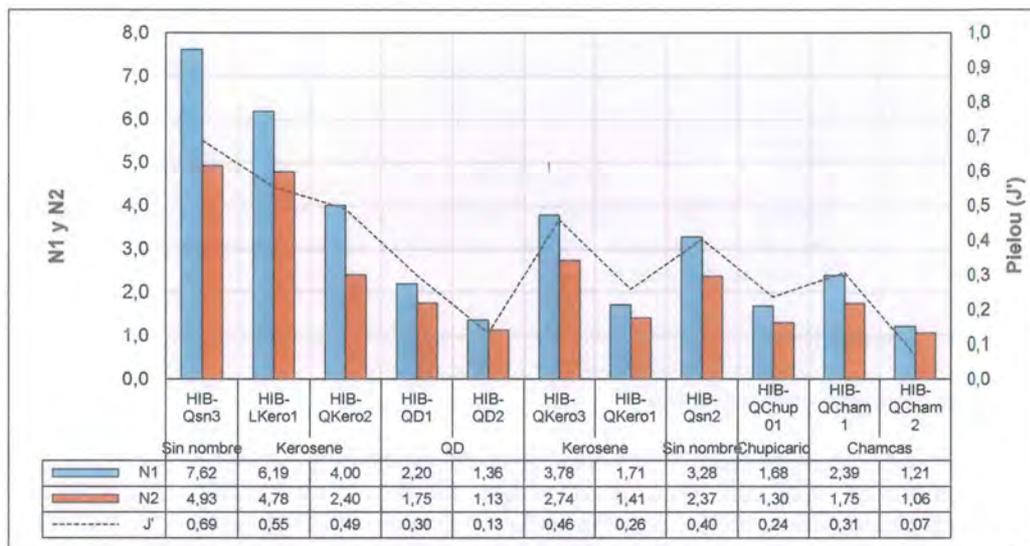


Figura 7-173. Diversidad alfa del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene

❖ Diversidad beta

En la Figura 7-174 se observa la formación de 2 grupos, el primero conformado por los puntos evaluados en las quebradas QD (HIB-QD2), sin nombre (HIB-QSn3), Kerosene (HIB-QKero2, HIB-QKero3 y HIB-LKero1) y Chamcas (HIB-QCham1) con un 47 % de similitud lo que demuestra la moderada similitud de los taxa compartidos entre los tramos superiores provenientes de las lagunas Kerosene y Seca.

Por otro lado, el segundo grupo reúne a las quebradas Kerosene (HIB-QKero1), Chupicario (HIB-QChup01), Chamcas (HIB-QCham2) y sin nombre (HIB-QSn2) con un 43 % de similitud que también demuestra una moderada similitud de las abundancias de los taxa compartidos en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el tramo medio de la microcuenca de la quebrada Kerosene (Figura 7-174).

Cabe resaltar que el punto HIB-QD1 presentó baja similitud con los grupos anteriormente descritos lo que sugiere una baja similaridad de taxa compartidos con el resto de puntos evaluados (Figura 7-174).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



B
S
T
A
R

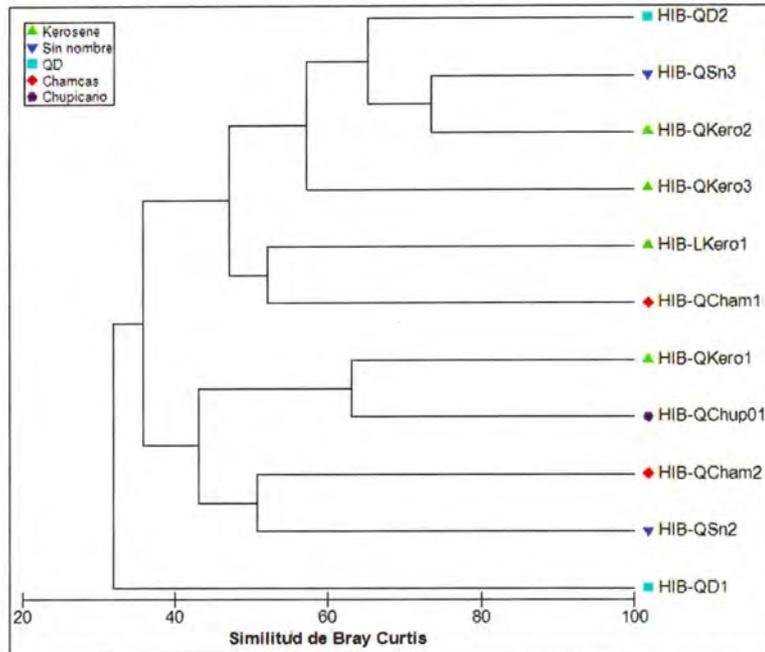


Figura 7-174. Diversidad beta del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene

- Zooperifiton
- ❖ Composición y riqueza

Fueron encontrados un total de 8 taxa de zooperifiton, distribuidos en 11 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HIB-Qsn2 (quebrada sin nombre), representado por 5 taxa, mientras que no se encontró ningún taxa en los puntos HIB-QD1, HIB-QD2, HIB-QKero1, HIB-QChup1 y HIB-QCham2.

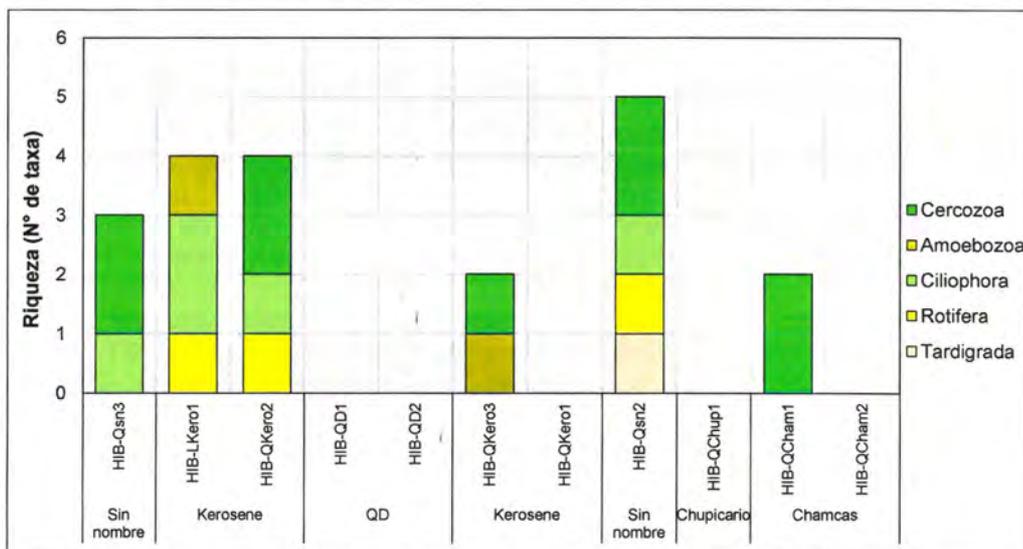


Figura 7-175. Composición y riqueza del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

El phylum Cercozoa presentó la mayor riqueza en todas las quebradas, con excepción de los puntos HIB-QKero3 donde este phylum tuvo igual presencia que Amoebozoa y HIB-LKero1, donde Ciliophora fue el que presentó mayor número de especies (Figura 7-175).

❖ Abundancia

Se observó que la mayor abundancia correspondió a la descarga de la laguna Kerosene (HIB-LKero1), representada por 608 organismos, en tanto que los puntos HIB-QKero1 (quebrada Kerosene), HIB-QChup1 (quebrada Chupicario), HIB-QCham2 (quebrada Chamcas), HIB-QD1 y HIB-QD2 (ambos en la quebrada D) no presentaron ninguno. El phylum Cercozoa presentó la mayor abundancia en todas las quebradas, con excepción de los puntos HIB-QKero3 (quebrada Kerosene) donde este phylum tuvo igual abundancia que Amoebozoa, y HIB-LKero1 y HIB-Qsn2, donde Rotifera fue el más abundante (Figura 7-176).



Handwritten signature and notes in blue ink.

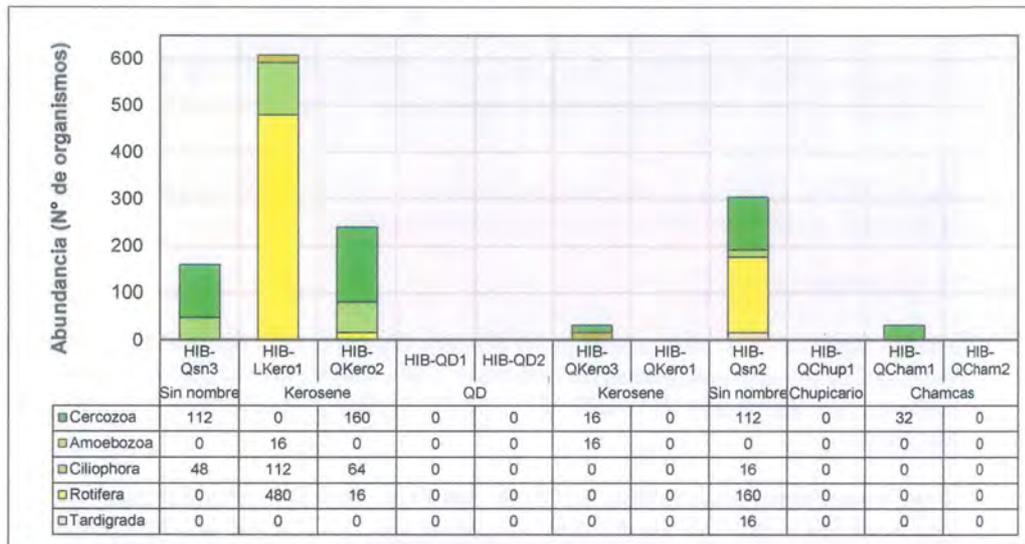


Figura 7-176. Abundancia del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene

❖ Diversidad alfa

Con respecto a los índices de diversidad alfa, el mayor valor del índice N1 se presentó en el punto HIB-Qsn2 (quebrada sin nombre), mientras que los menores valores se encontraron en las quebradas D (HIB-QD1 y HIB-QD2), HIB-QKero1 (quebrada Kerosene), HIB-Qchup1 (quebrada Chupicario) y HIB-QCham2 (quebrada Chamcas) debido al registro de ningún taxa en cada una de estas quebradas (Figura 7-177).

En cuanto al índice N2, el mayor valor se encontró en HIB-QKero2 (quebrada Kerosene) y el menor valor se encontró en HIB-Lkero1 (quebrada Kerosene). Por otro lado, el índice de Pielou (J'), presentó el mayor valor en el punto HIB-QKero3 (quebrada Kerosene) y HIB-QCham1 (quebrada Chamcas), a diferencia de HIB-LKero1 (descarga de la laguna Kerosene) que presentó el menor valor.

De acuerdo con los resultados, HIB-QKero2 (quebrada Kerosene) y HIB-Qsn2 (quebrada sin nombre) son los que presentan indicadores de diversidad más altos, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en estas quebradas (Figura 7-177).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Además, se observa una distribución de la abundancia equitativa en las quebradas; excepto por HIB-LKero1 que presentó una distribución heterogénea de la abundancia debido a la dominancia de Rotifera (Figura 7-177).

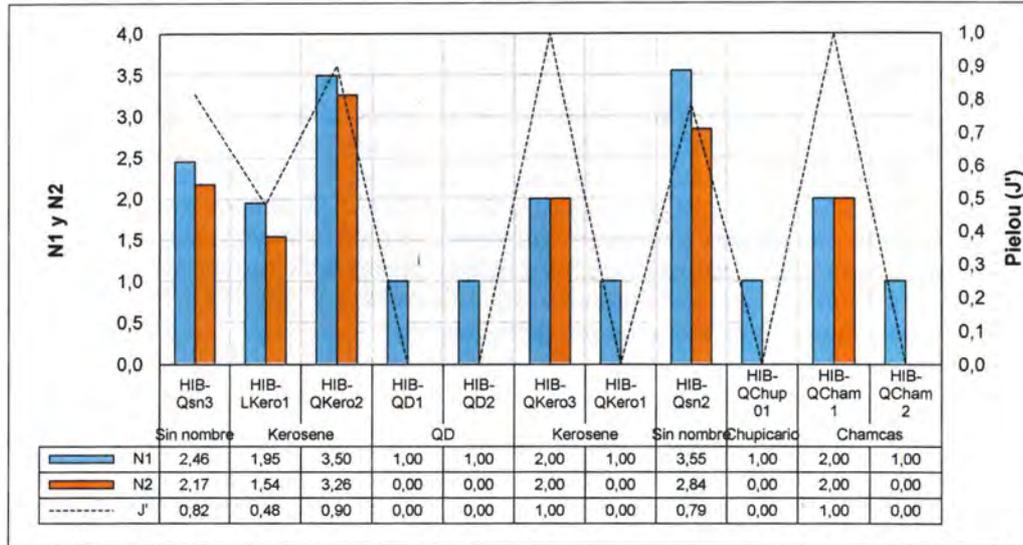


Figura 7-177. Diversidad alfa del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene

❖ Diversidad beta

En la Figura 7-178 se aprecia la formación de un grupo constituido por los puntos evaluados en las quebradas sin nombre (HIB-QSn2 y HIB-QSn3), Chamcas (HIB-QCham1) y Kerosene (HIB-QKero2, HIB-QKero3 y HIB-LKero1) con una asociación de 25 %.

Esta asociación demuestra la baja similitud de las abundancias de los taxa compartidos entre dichos puntos; sin embargo, se resalta la agrupación entre los puntos HIB-QSn3 y HIB-QKero2 con un nivel de asociación de 84 % lo que sugiera la alta similitud de taxa compartidos entre ambos puntos.

Cabe resaltar que los puntos HIB-QD1, HIB-QD2, HIB-QKero1, HIB-QCham2 y HIB-QChup01 no presentaron asociación con el grupo formado debido a no haberse registrado ningún organismo en estos puntos (Figura 7-178).



Vertical handwritten text in blue ink, possibly a signature or date.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Handwritten notes and a circular stamp from the OEFA. The stamp contains the text: 'ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL', 'SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA', and 'OEFA - TV/18/2017'. There are several handwritten signatures and initials over the stamp and extending downwards.

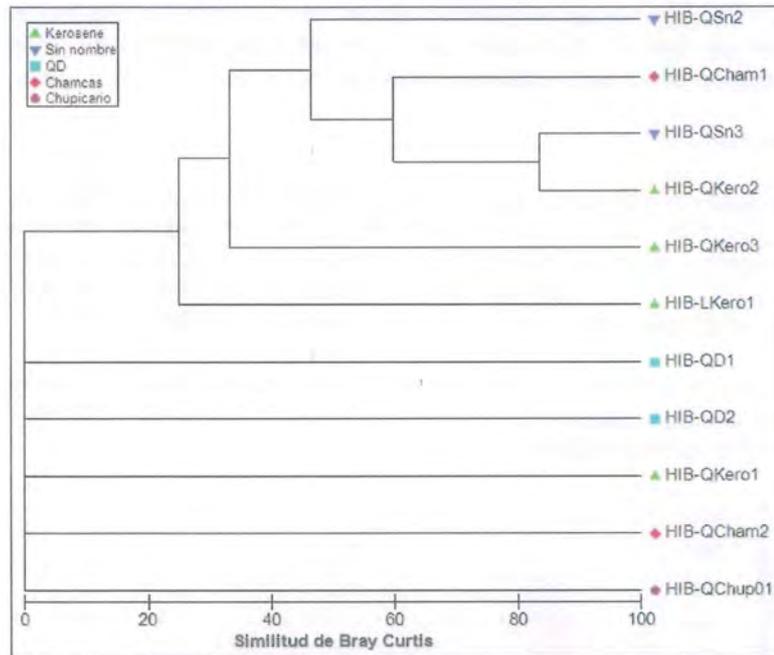


Figura 7-178. Diversidad beta del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene

a.3.2. Macroinvertebrados bentónicos

❖ Composición y riqueza

Fueron encontrados un total de 39 taxa de macroinvertebrados bentónicos, distribuidos en 11 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió a los puntos HIB-Qsn2 y HIB-QCham2, representado por 14 taxa, mientras que la menor riqueza al punto HIB-QChup-01, representado por 5 taxa.

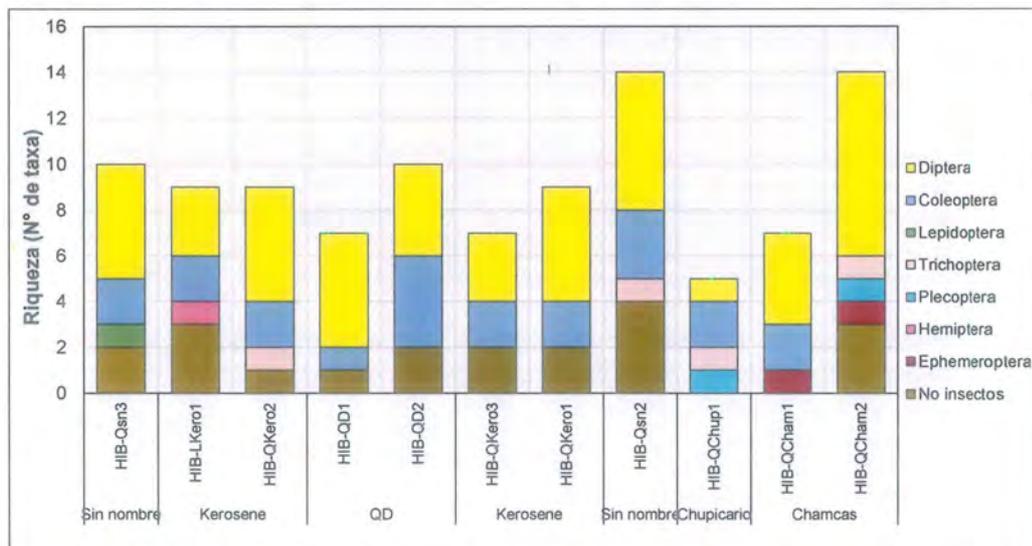


Figura 7-179. Composición y riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

No se detectaron grandes variaciones de riqueza entre puntos de muestreo. Además, la riqueza estuvo dominada por órdenes que pertenecen a la clase Insecta, destacando entre ellos Diptera y Coleoptera, principalmente (Figura 7-179).

Abundancia

Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HIB-LKero1 (descarga de la laguna Kerosene), representado por 2 819 organismos, en tanto que la menor abundancia al punto HIB-QCham1 (quebrada Chamcas), representado por 119 organismos. Por otro lado, se detectó una amplia variación en la abundancia del punto HIB-LKero1 respecto al resto de puntos evaluados (Figura 7-180).

Además, en todos los puntos evaluados los órdenes más abundantes fueron Diptera y Coleoptera, excepto en el punto HIB-LKero1 donde se observó la dominancia del orden Hemiptera (Figura 7-180).



Vertical handwritten signature and date in blue ink

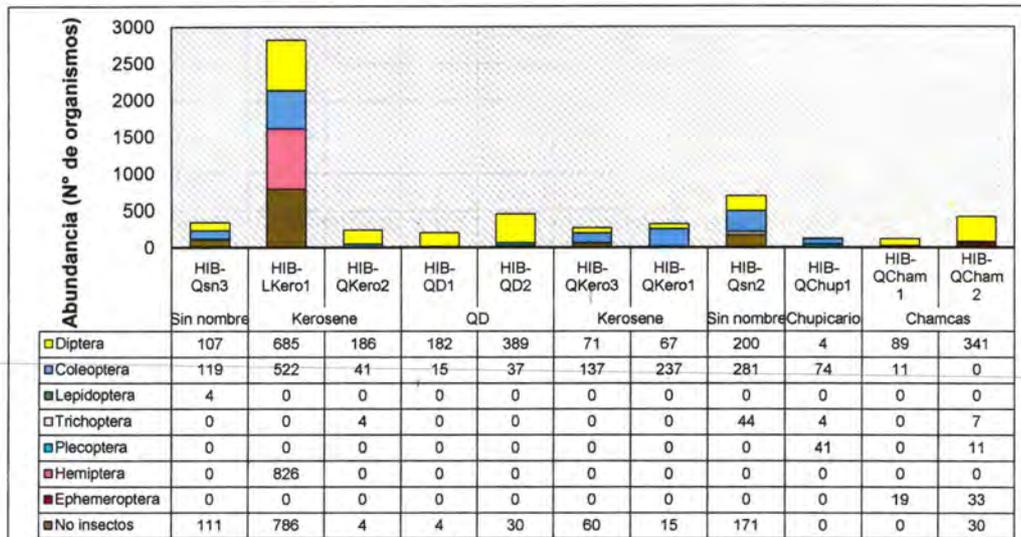


Figura 7-180. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene

Diversidad alfa

Respecto a los índices de diversidad alfa (Figura 7-181), el mayor valor de los índices N1 y N2 se presentó en el punto HIB-Qsn2 (quebrada sin nombre), mientras que el menor valor se encontró en HIB-QKero1 (quebrada Kerosene). En cuanto al índice de Pielou (J'), el mayor valor se encontró en el punto HIB-QCham1 (quebrada Chamcas), mientras que el menor valor en el punto HIB-QKero1 (quebrada Kerosene).

Respecto a los resultados, el punto HIB-Qsn2 (quebrada sin nombre) fue el que presentó indicadores más altos de diversidad, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en este punto. Asimismo, se observa una distribución equitativa de la abundancia en todos los puntos; excepto en HIB-QKero1 (quebrada Kerosene) que presentó una distribución heterogénea debido a la dominancia del orden Coleoptera (Figura 7-181).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

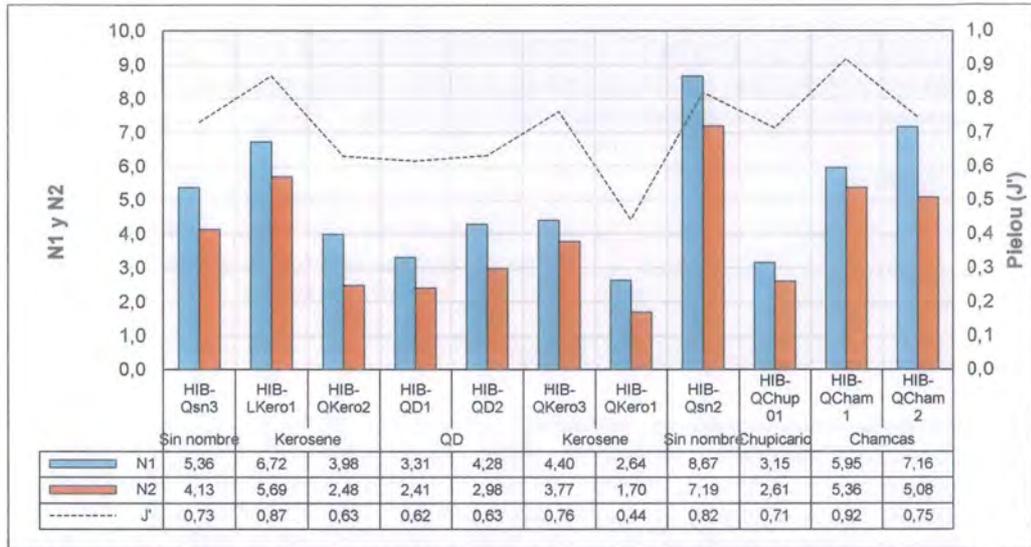


Figura 7-181. Diversidad alfa de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene

❖ Diversidad beta

En la Figura 7-182 se observa la formación de un grupo conformado por los puntos evaluados en la quebrada Kerosene (HIB-QKero2, HIB-QKero1 y HIB-QKero3), sin nombre (HIB-QSn2), QD (HIB-QD1) y Chupicario (HIB-QChup01) con un 49 % de similitud lo que demuestra una moderada similitud de los taxa compartidos entre el tramo superior y medio del eje principal de la microcuenca de la quebrada Kerosene.

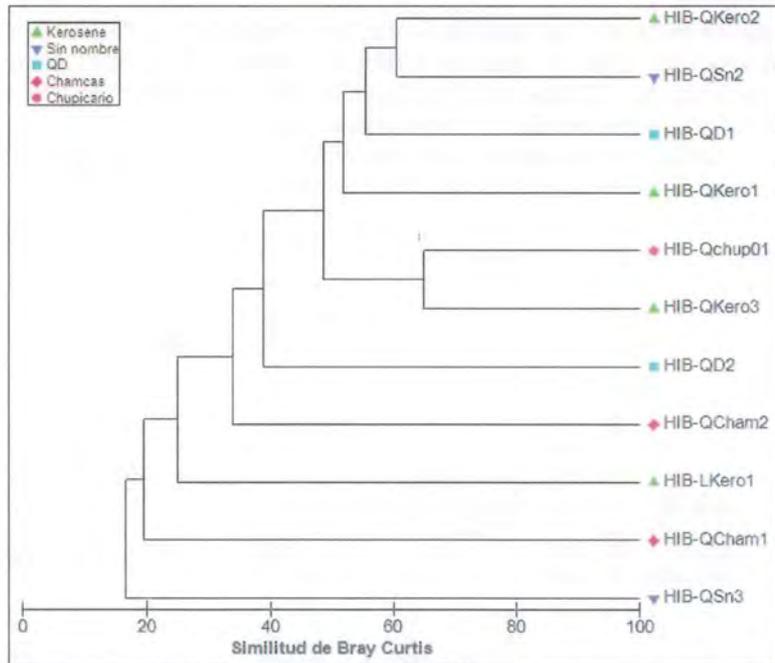


Figura 7-182. Diversidad beta de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Por otro lado, el resto de puntos se fueron asociando al grupo con diferentes grados de similitud: HIB-QD2 (39 %), HIB-QCham2 (34 %), HIB-LKero1 (25 %), HIB-QCham1 (20 %) y HIB-QSn3 (17 %) lo que en general mostró una baja similitud entre estos puntos con el grupo anteriormente descrito (Figura 7-182).

B. Lagunas

Se evaluaron las comunidades del plancton, perifiton y macroinvertebrados bentónicos en 28 puntos en lagunas distribuidas en las microcuencas de las quebradas Milpo, Yanacocha y Kerosene, respectivamente.

b.1. Microcuenca de la quebrada Milpo

En esta microcuenca se evaluaron 16 puntos de muestreo en las lagunas: La Rinconada (3), Dos Colores (2), Milpo (4) y Muyoc (7). Donde, se colectaron 16 muestras de plancton y macroinvertebrados bentónicos tanto en la orilla como en el interior de la laguna, y 13 muestras de perifiton sólo en puntos ubicados en la orilla. Cabe resaltar que sólo en la laguna Muyoc se colectó en el interior de la laguna.



Vertical handwritten notes in blue ink, including a large arrow pointing upwards and some illegible text.

b.1.1. Plancton

Teniendo como base los resultados y para mejorar su entendimiento, el análisis de los 73 taxa registrados de esta comunidad se presenta por separado para cada uno (1) de sus 2 componentes: fitoplancton y zooplancton.

• **Fitoplancton**

❖ **Composición y riqueza**

Fueron encontrados un total de 50 taxa de fitoplancton, distribuidos en 16 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HIB-LMuy1, representado por 23 taxa, mientras que la menor riqueza se encontraron en los puntos HIB-LRinc1, HIB-LRinc2 y HIB-LMilp3, representados por 7 taxa. Los phylum Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta y Cyanobacteria presentaron la mayor riqueza en los puntos evaluados (Figura 7-183).

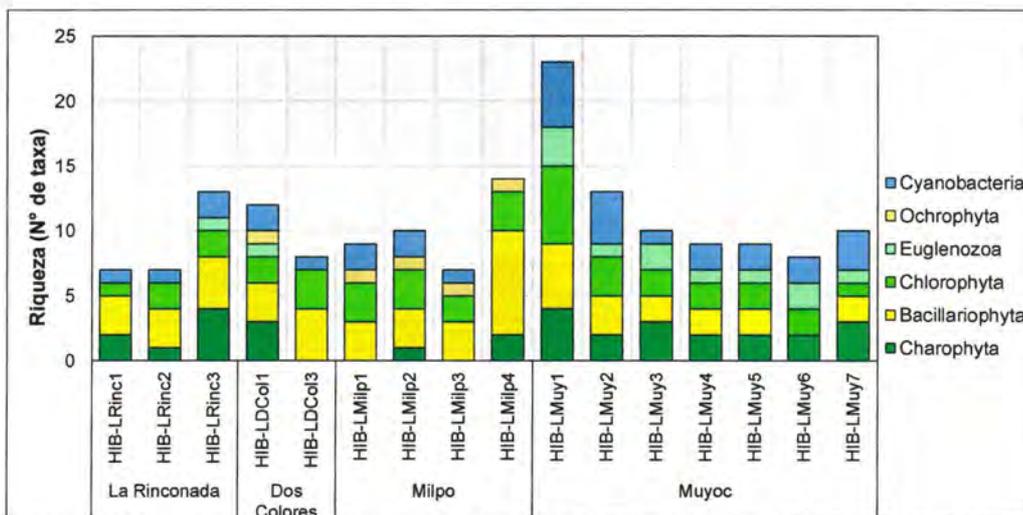


Figura 7-183. Composición y riqueza del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

❖ Abundancia

Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HIB-LMuy1, representado por 813 organismos seguido de HIB-LMuy2 con 626 organismos, en tanto que la menor abundancia al punto HIB-LRinc1, representado por 31 organismos (Figura 7-184).

El phylum Bacillariophyta presentó una mayor abundancia en las lagunas Milpo, Dos Colores y La Rinconada, con excepción de la laguna Muyoc, donde Charophyta, Euglenozoa y Cyanobacteria tuvieron una mayor abundancia (Figura 7-184).

Cabe resaltar que los puntos de muestreo ubicados en la orilla de la laguna Muyoc (HIB-LMuy1 y HIB-LMuy2) fueron los más abundantes a diferencia del resto de puntos evaluados en la laguna Muyoc (Figura 7-184).



1
2
3
4
5
6
7

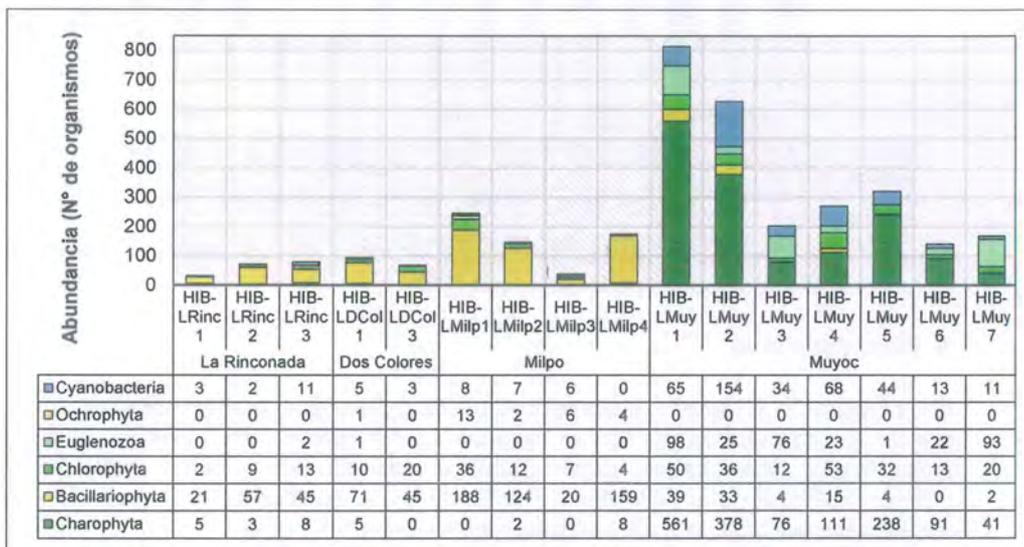


Figura 7-184. Abundancia del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo

❖ Diversidad alfa

Con respecto a los índices de diversidad alfa (Figura 7-185), el mayor valor del índice N1 se presentó en el punto HIB-LRinc3 (laguna La Rinconada) mientras que el mayor valor del índice N2 se encontró en el punto HIB-LMilp3 (laguna Milpo); por otro lado, el menor valor de ambos índices fue encontrado en el punto HIB-LRinc2 (laguna La Rinconada).

En cuanto al índice de Pielou (J'), el mayor valor se presentó en el punto HIB-LMilp3 (laguna Milpo), a diferencia del punto HIB-LMuy1 (laguna Muyoc) que presentó el menor valor. De acuerdo con los resultados, los puntos HIB-LDCol3 (laguna Dos Colores) y HIB-LMilp3 (laguna Milpo) son los que presentan indicadores más altos de diversidad, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en tales puntos; sin embargo, se observó la misma tendencia entre el resto de puntos a excepción del punto HIB-LRinc2 (laguna La Rinconada).

Por otro lado, se observa una distribución equitativa de la abundancia en los puntos HIB-LRinc1, HIB-LRinc3 (ambos en la laguna La Rinconada), HIB-LDCol3 (laguna Dos Colores), HIB-LMilp3 (laguna Milpo) y HIB-LMuy4 (laguna Muyoc); a diferencia del



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

resto de puntos que presentaron una distribución heterogénea de la abundancia, debido principalmente a la dominancia del phylum Bacillariophyta en los puntos ubicados en las lagunas La Rinconada, Dos Colores y Milpo, y de Chlorophyta y Euglenozoa en la laguna Muyoc (Figura 7-185).

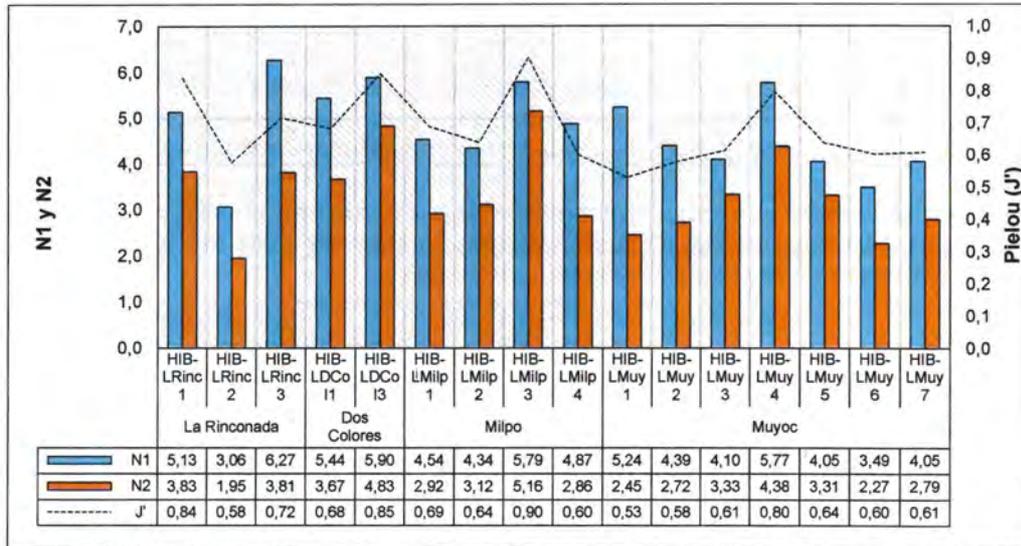


Figura 7-185. Diversidad alfa del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo

❖ Diversidad beta

En la Figura 7-186 se aprecia la formación de 2 grupos, el primero de ellos conformado por los puntos evaluados en las lagunas La Rinconada (HIB-LRinc2, HIB-LRinc1 y HIB-LRinc3), Dos Colores (HIB-LDCol3 y HIB-LDCol1) y Milpo (HIB-LMilp3, HIB-LMilp2, HIB-LMilp4 y HIB-LMilp1) con un 35 % de similitud lo que demuestra la moderada cantidad de taxa en común entre estas 3 lagunas.

Por otro lado, el segundo grupo está constituido por todos los puntos evaluados en la laguna Muyoc (HIB-LMuy1, HIB-LMuy1, HIB-LMuy3, HIB-LMuy4, HIB-LMuy5, HIB-LMuy6 y HIB-LMuy7) presentando un moderado nivel de asociación (38 %); sin embargo, se resalta la diferencia que presenta este grupo en base a los taxa de fitoplancton presentes respecto al resto de lagunas evaluadas (Figura 7-186).



Handwritten signatures and initials in blue ink, including 'M', 'A', 'S', and 'M'.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and initials in blue ink.

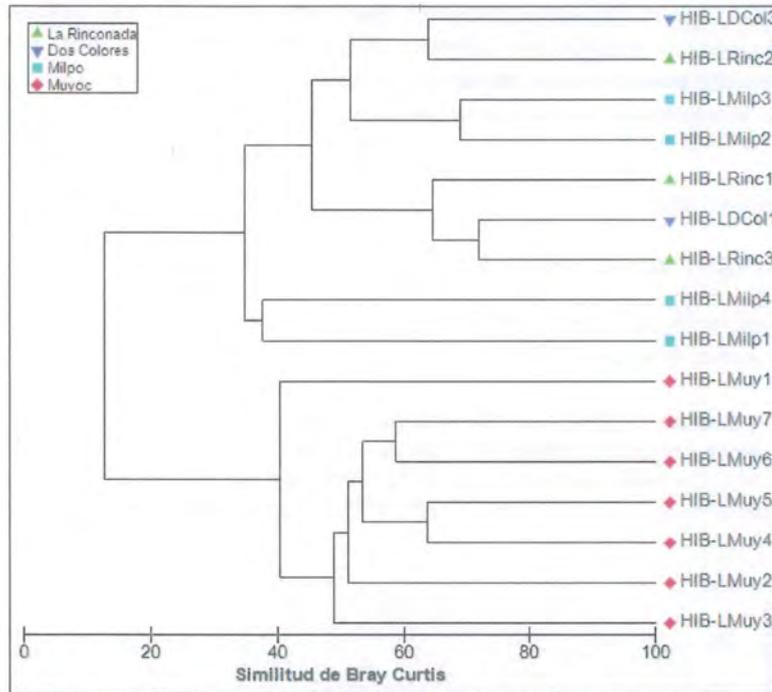


Figura 7-186. Diversidad beta del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo

• Zooplancton

❖ Composición y riqueza

Fueron encontrados un total de 23 taxa de zooplancton, distribuidos en 16 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HIB-LMuy6 (laguna Muyoc), representado por 12 taxa.

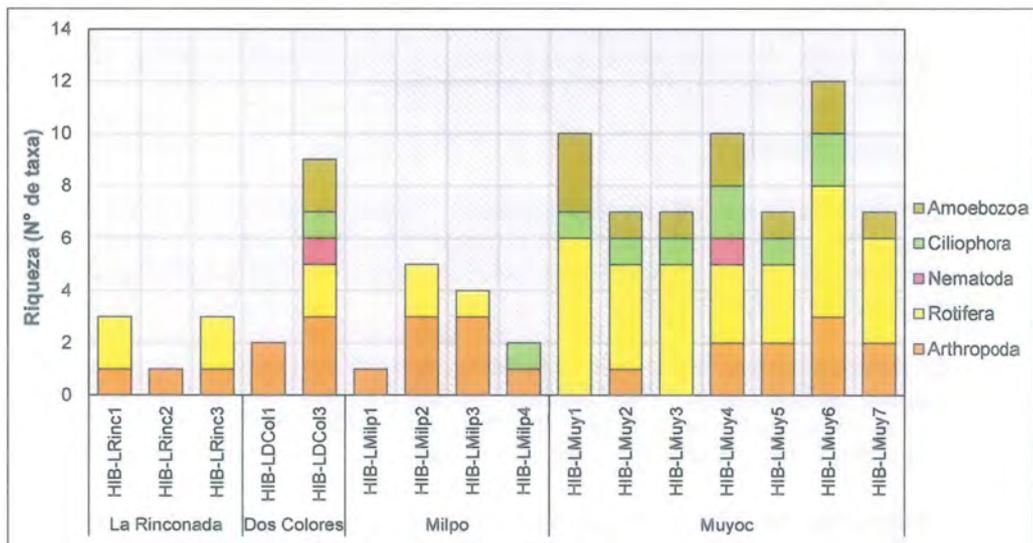


Figura 7-187. Composición y riqueza del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Mientras que la menor riqueza correspondió a los puntos HIB-LRinc2 (laguna La Rinconada) y HIB-LMilp1 (laguna Milpo), representado por 1 taxa. El phylum Arthropoda presentó una mayor riqueza en las lagunas La Rinconada, Dos Colores y Milpo, a diferencia de la laguna Muyoc, donde Rotifera tuvo una mayor abundancia (Figura 7-187).

❖ Abundancia

Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HIB-LMuy2 (laguna Muyoc), representado por 236 organismos, en tanto que la menor abundancia correspondió al punto HIB-LRinc2 (laguna La Rinconada), representado por 2 organismos (Figura 7-188).

Cabe resaltar la gran abundancia de la laguna Muyoc respecto al resto de puntos evaluados, especialmente de los se ubican en la orilla (HIB-LMuy1, HIB-LMuy2, HIB-LMuy3 y HIB-LMuy4) pues fueron los más abundantes a diferencia de los puntos ubicados en su interior (HIB-LMuy5, HIB-LMuy6 y HIB-LMuy7) (Figura 7-188).

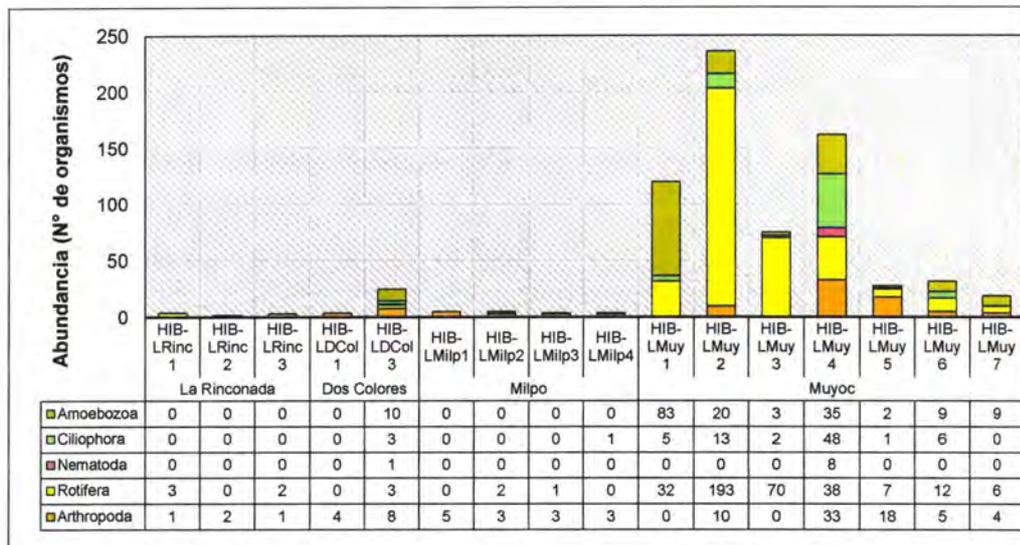


Figura 7-188. Abundancia del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo

❖ Diversidad alfa

Con respecto a los índices de diversidad (Figura 7-189), los mayores valores de los índices N1 y N2 se presentaron en el punto HIB-LMuy6 (laguna Muyoc), mientras que los menores valores se encontraron en los puntos HIB-LRinc1 (laguna La Rinconada) y HIB-LMilp1 (laguna Milpo).

En cuanto al índice de Pielou (J'), el mayor valor se presentó en los puntos HIB-LRinc3 (laguna La Rinconada), HIB-LMilp2 y HIB-LMilp3 (ambos en la laguna Milpo) en tanto que el menor valor se encontró en los puntos HIB-LRinc2 (laguna La Rinconada) y HIB-LMilp1 (laguna Milpo) debido a la presencia de sólo un taxa (Figura 7-189).

De acuerdo con los resultados, los puntos ubicados en la laguna Muyoc: HIB-LMuy4 y HIB-LMuy6, son los que presentan indicadores más altos de diversidad, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en dichos puntos (Figura 7-189).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Además, se observa una distribución equitativa de la abundancia en todos los puntos excepto en los puntos evaluados en la laguna Muyoc: HIB-LMuy1, HIB-LMuy2 y HIB-LMuy3 que presentaron una distribución heterogénea de la abundancia debido a la dominancia de Amoebozoa y Rotifera. Por otro lado, no se pudo calcular el índice de Pielou (J') en los puntos HIB-LRinc2 (laguna La Rinconada) y HIB-LMilp1 (laguna Milpo) debido a que sólo presentaron un taxa (Figura 7-189).



Handwritten signature and initials in blue ink.

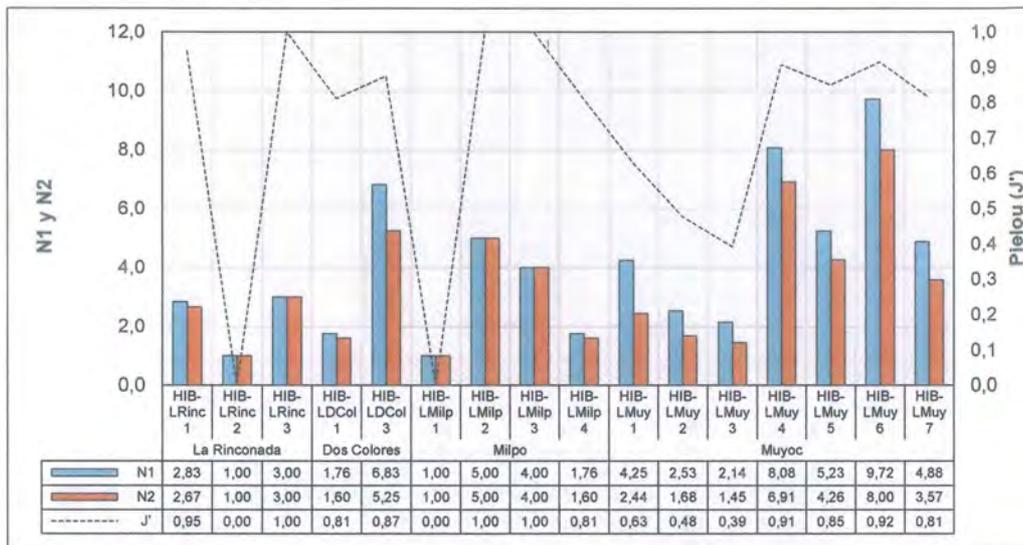


Figura 7-189. Diversidad alfa del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo

❖ Diversidad beta

En la Figura 7-190 se observa la formación de 3 grupos con diferentes porcentajes de similitud; el primero reúne a los puntos evaluados en las lagunas Milpo (HIB-LMilp1 y HIB-LMilp4) y La Rinconada (HIB-LRinc2) y Dos Colores (HIB-LDCol3) con un 24 % de similitud, donde se destaca la reunión de los 3 primeros puntos al presentar un 70 % de similitud.

En cuanto al segundo grupo, este reunió a los puntos ubicados en las lagunas Milpo (HIB-LMilp3 y HIB-LMilp2), La Rinconada (HIB-LRinc3 y HIB-LRinc1) y Dos Colores (HIB-LDCol1) con un 29 % de similitud, donde se destaca la agrupación de los 2 primeros puntos al presentar un 89 % de similitud (Figura 7-190).

Por último, el tercer grupo estuvo conformado por todos los puntos evaluados en la laguna Muyoc con un 38 % de similitud, donde se destaca la agrupación de los puntos en orilla (HIB-LMuy1 y HIB-LMuy2) y de los puntos al interior de la laguna (HIB-LMuy6 y HIB-LMuy7) con un 61 % de similitud en ambos casos.

Aunque se observó la formación de 3 grupos, cada uno presentó una asociación de menos del 40 % lo que demuestra baja a moderada similitud de las abundancias de los taxa del zooplancton en la microcuenca de la quebrada Milpo (Figura 7-190).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and vertical text in blue ink.

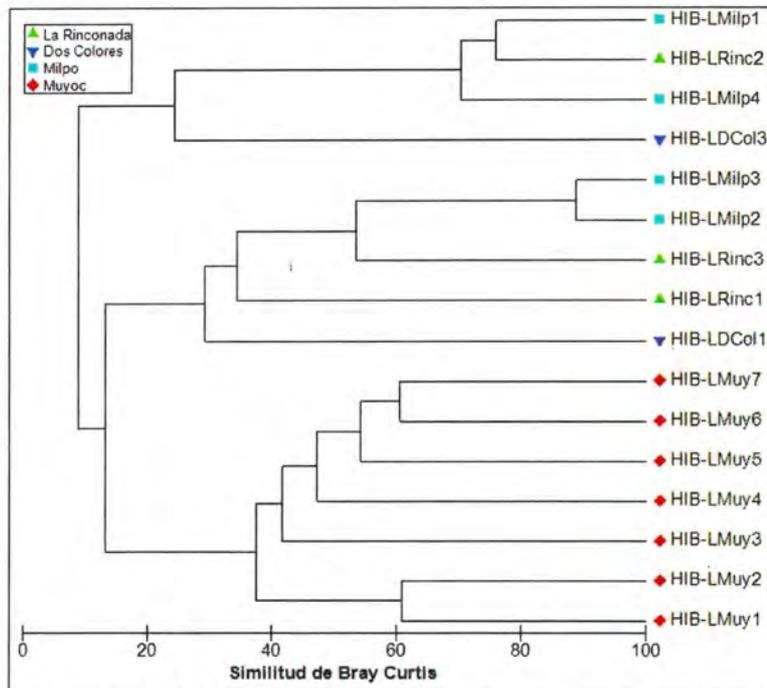


Figura 7-190. Diversidad beta del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo

b.1.2. Perifiton

Teniendo como base los resultados y para mejorar su entendimiento, el análisis de los 66 taxa de esta comunidad se presenta por separado para cada uno (1) de sus 2 componentes: fitoperifiton o perifiton vegetal y zooperifiton o perifiton animal.

- Ficoperifiton
- ❖ Composición y riqueza

Fueron encontrados un total de 53 taxa de fitoplancton, distribuidos en 13 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HIB-LMuy1, representado por 28 taxa, mientras que la menor riqueza al punto HIB-LMilp2, representado por 6 taxa. Los phylum Bacillariophyta y Cyanobacteria presentaron la mayor riqueza en todas las lagunas (Figura 7-191).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

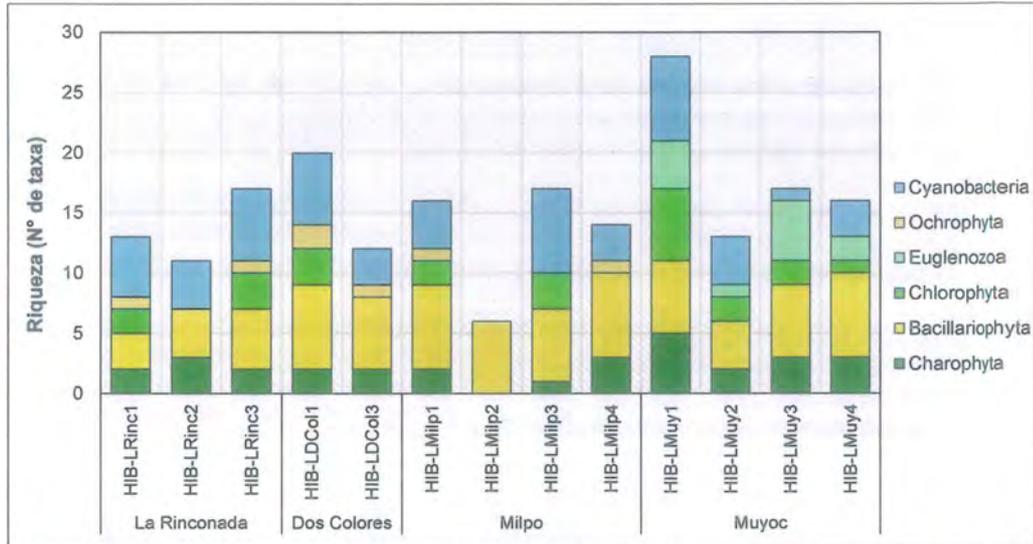


Figura 7-191. Composición y riqueza del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo

❖ Abundancia

Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HIB-LMilp2 representado por 220 368 organismos, seguido del punto HIB-LRinc2 con 216 456 organismos; en tanto que la menor abundancia al punto HIB-LMilp3, representado por 3 784 organismos (Figura 7-192).

El phylum Bacillariophyta presentó una mayor abundancia en las lagunas Dos Colores, Milpo y HIB-LRinc1 (La Rinconada), con excepción de la laguna Muyoc, donde Chlorophyta (HIB-LMuy1), Cyanobacteria (HIB-LMuy2), Bacillariophyta (HIB-LMuy3) y Charophyta (HIB-LMuy4) tuvieron una mayor abundancia (Figura 7-192).

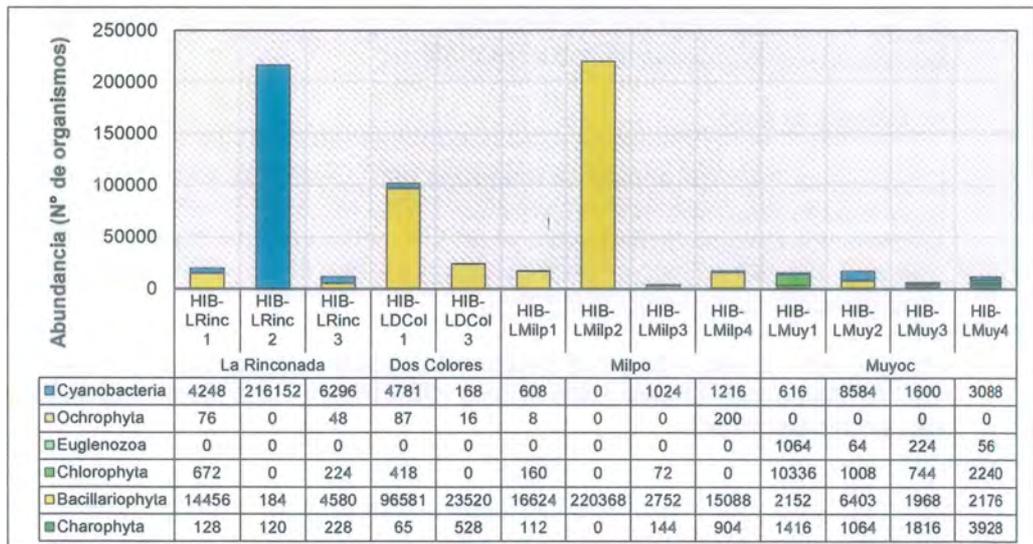


Figura 7-192. Abundancia del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

❖ Diversidad alfa

Con respecto a los índices de diversidad alfa, los mayores valores de los índices N1, N2 y Pielou (J') se presentaron en el punto HIB-LMuy3 (laguna Muyoc), mientras que los menores valores se encontraron en el punto HIB-LRinc2 (laguna La Rinconada).

De acuerdo con los resultados, la laguna Muyoc y los puntos HIB-LMilp3 y HIB-LMilp4 (ambos en la laguna Milpo) son los que presentan indicadores más altos de diversidad, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en tales puntos.

Por otro lado, se observa una distribución equitativa de la abundancia en los puntos HIB-LMilp3 (laguna Milpo), HIB-LMuy3 y HIB-LMuy4 (laguna Muyoc); a diferencia del resto de puntos que presentan una distribución heterogénea de la abundancia debido a la dominancia del phylum Bacillariophyta y Cyanobacteria (Figura 7-193).



Vertical handwritten text on the left margin, possibly a signature or date.

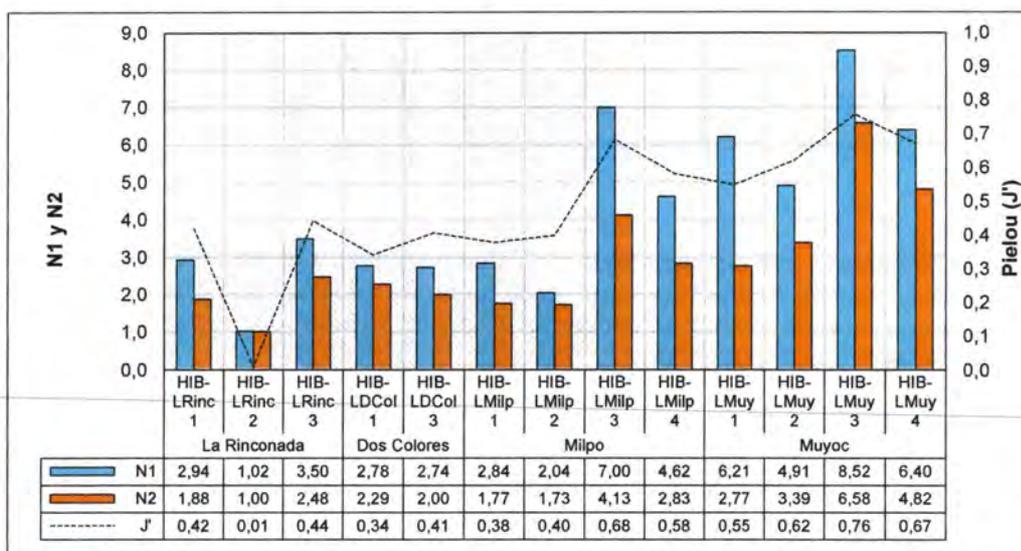


Figura 7-193. Diversidad alfa del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo

❖ Diversidad beta

En la Figura 7-194 se aprecia la formación de 2 grupos; el primero, conformado por los puntos evaluados en las lagunas Milpo (HIB-LMilp1, HIB-LMilp2, HIB-LMip3 y HIB-LMilp4), Dos Colores (HIB-LDCol1 y HIB-LDCol3) y La Rinconada (HIB-LRinc1, HIB-LRinc2 y HIB-LRinc3) con un 40 % de similitud lo que demuestra la moderada cantidad de taxa en común entre estas lagunas.

Por otro lado, el segundo grupo está constituido por todos los puntos evaluados en la laguna Muyoc (HIB-LMuy1, HIB-LMuy2 y HIB-LMuy3) presentando un moderado nivel de asociación (44 %).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Vertical handwritten text in blue ink, possibly a signature or date.

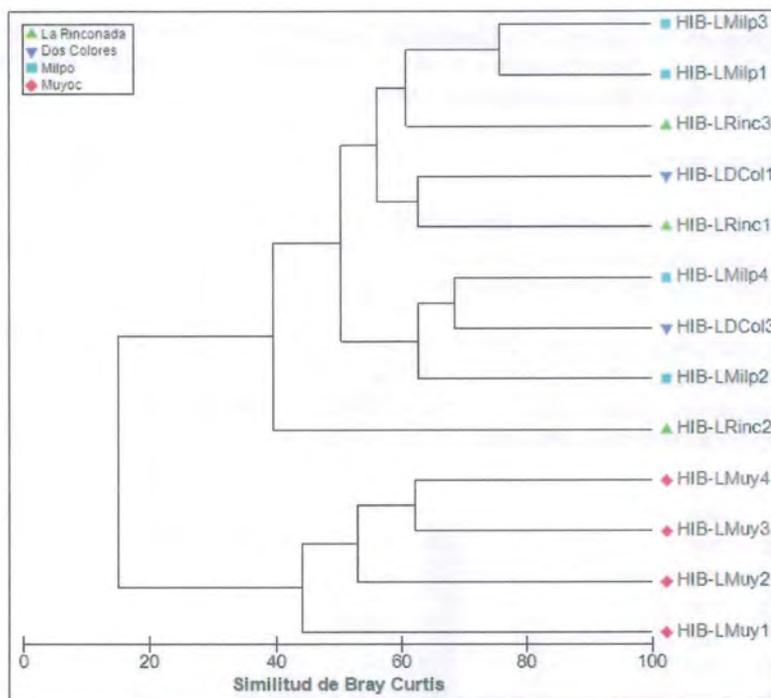


Figura 7-194. Diversidad beta del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo

• Zooperifiton

❖ Composición y riqueza

Fueron encontrados un total de 13 taxa de zooplancton, distribuidos en 13 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HIB-LMuy3 (laguna Muyoc), representado por 8 taxa, mientras que no se registró ningún organismo en el punto HIB-LRinc2 (laguna La Rinconada).

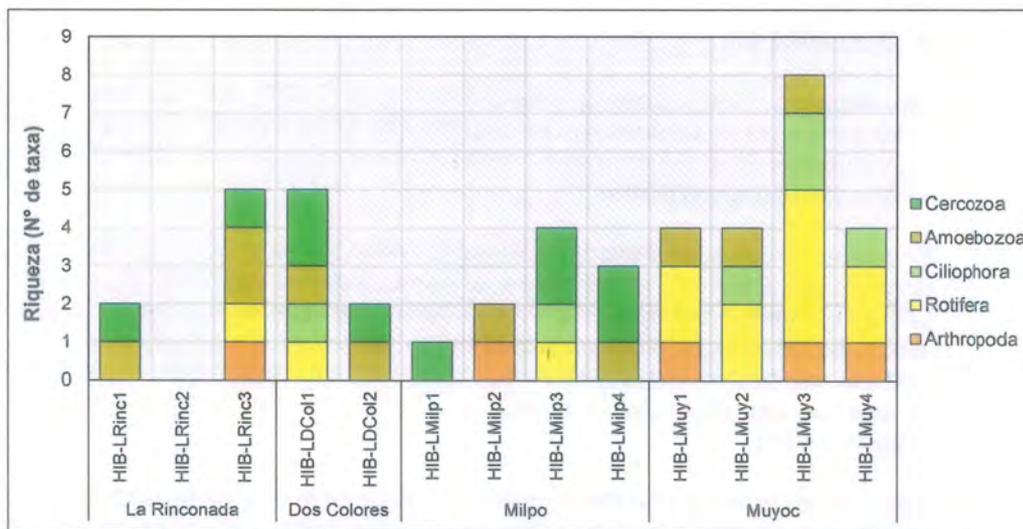


Figura 7-195. Composición y riqueza del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Los phylum Amoebozoa y Cercozoa presentaron una mayor riqueza en las lagunas La Rinconada, Dos Colores y Milpo, a diferencia de la laguna Muyoc, donde Rotifera tuvo una mayor riqueza (Figura 7-195).

❖ Abundancia

Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HIB-LDCol1 (laguna Dos Colores), representado por 850 organismos, en tanto que no se registró ningún organismo en el punto HIB-LRinc2 (laguna La Rinconada).

El phylum Amoebozoa y Cercozoa presentaron una mayor abundancia en las lagunas La Rinconada, Dos Colores y Milpo, con excepción de la laguna Muyoc, donde Amoebozoa (HIB-LMuy1 y HIB-LMuy2), Rotifera (HIB-LMuy2 y HIB-LMuy3) y Ciliophora (HIB-LMuy4) tuvieron una mayor abundancia (Figura 7-196).



Handwritten signatures and initials in blue ink.

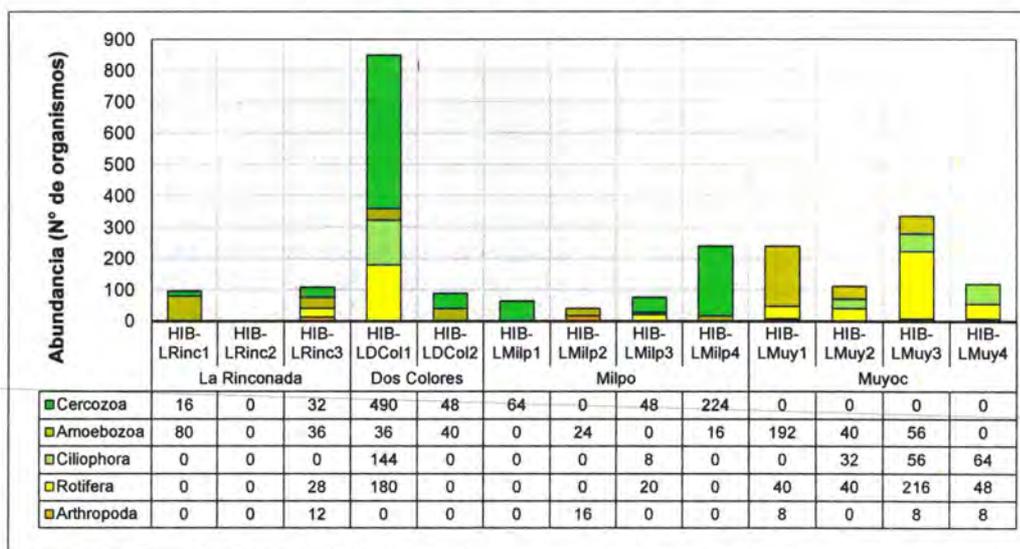


Figura 7-196. Abundancia del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo

❖ Diversidad alfa

Con respecto a los índices de diversidad (Figura 7-197), los mayores valores de los índices N1 y N2 se presentaron en el punto HIB-LMuy3 (laguna Muyoc), mientras que los menores valores se encontraron en los puntos HIB-LRinc2 (laguna La Rinconada) y HIB-LMilp1 (laguna Milpo).

En cuanto al índice de Pielou (J'), el mayor valor se presentó en el punto HIB-LDCol3 (laguna Dos Colores), en tanto que el menor valor se encontró en los puntos HIB-LRinc2 (laguna La Rinconada) y HIB-LMilp1 (laguna Milpo) debido a la usencia y presencia de un sólo taxa, respectivamente. De acuerdo con los resultados, el punto HIB-LMuy3 (laguna Muyoc) es el que presenta indicadores más altos de diversidad, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en dichos puntos (Figura 7-197).

Además, se observa una distribución equitativa de la abundancia en todos los puntos con excepción de HIB-LRinc2 (laguna La Rinconada), donde no se registró ningún taxa; HIB-LMilp1 (laguna Milpo), donde Cercozoa fue dominante; y HIB-LRinc1 (laguna La Rinconada), HIB-LMilp4 (laguna Milpo) y HIB-LMuy1 (laguna Muyoc)



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

donde el phylum Amoebozoa fue el más predominante en términos de abundancia por lo que presentaron una distribución heterogénea de la abundancia de los taxa presentes en los puntos mencionados (Figura 7-197).



Handwritten signature and notes in blue ink

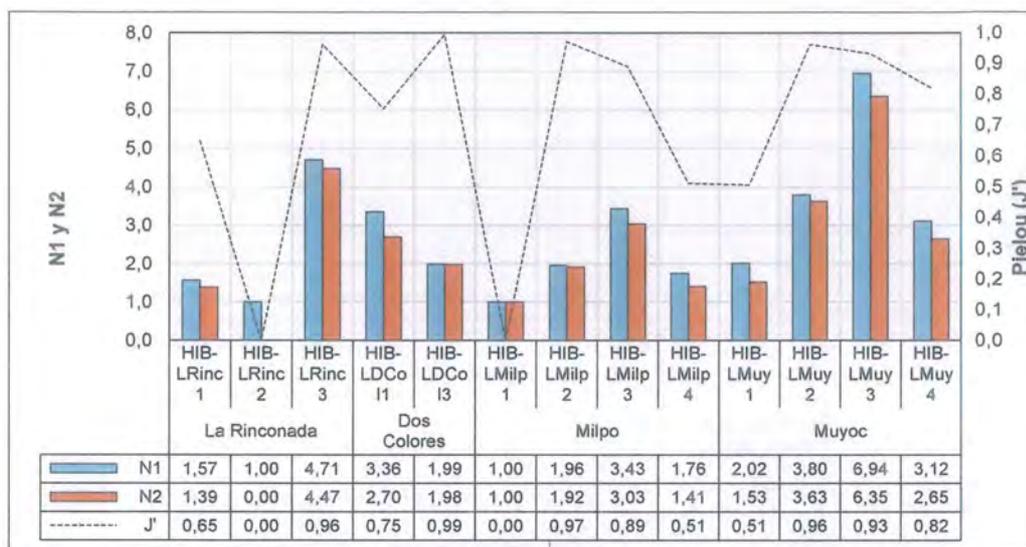


Figura 7-197. Diversidad alfa del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo

❖ Diversidad beta

En la Figura 7-198 se observa la formación de 2 grupos con diferente porcentaje de similitud, el primero reúne los puntos evaluados en las lagunas La Rinconada (HIB-LRinc1 y HIB-LRinc3), Milpo (HIB-LMilp1, HIB-LMilp3 y HIB-LMilp4) y Dos Colores (HIB-LDCo11 y HIB-LDCo13) con un 42 % de similitud lo que demuestra la moderada cantidad de taxa en común entre estas lagunas.

En cuanto al segundo grupo, asocia a los puntos evaluados en la laguna Muyoc (HIB-LMuy1, HIB-LMuy2, HIB-LMuy3 y HIB-LMuy4) y al punto HIB-LMilp2 (laguna Milpo) con un nivel de asociación de 24 % demostrando una baja similitud de las abundancias de los taxa del zooperifiton en esta agrupación; sin embargo, los puntos evaluados en la laguna Muyoc presentaron un mayor porcentaje de asociación (34 %). Por otro lado, el punto HIB-LRinc2 no presentó asociación con el resto de puntos debido a que en este punto no se registraron organismos del zooperifiton (Figura 7-198).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten blue notes and signatures on the left margin.

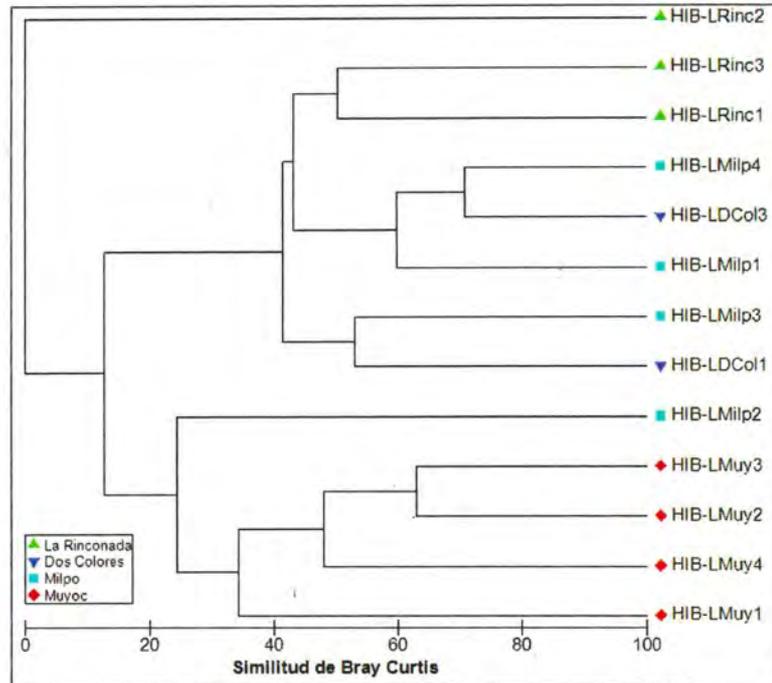


Figura 7-198. Diversidad beta del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo

b.1.3. Macroinvertebrados bentónicos

❖ Composición y riqueza

Fueron encontrados un total de 26 taxa de macroinvertebrados bentónicos, distribuidos en 16 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HIB-LDCol3 (laguna Dos Colores), representado por 12 taxa, mientras que la menor riqueza al punto HIB-LMuy7 (laguna Muyoc), representado por 1 taxa.

En las lagunas La Rinconada, Dos Colores y Milpo no se observó la dominancia de algún orden a diferencia de la laguna Muyoc, donde la riqueza estuvo dominada por órdenes que pertenecen a clases no Insecta (Figura 7-199).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten blue ink notes and signatures on the left margin.

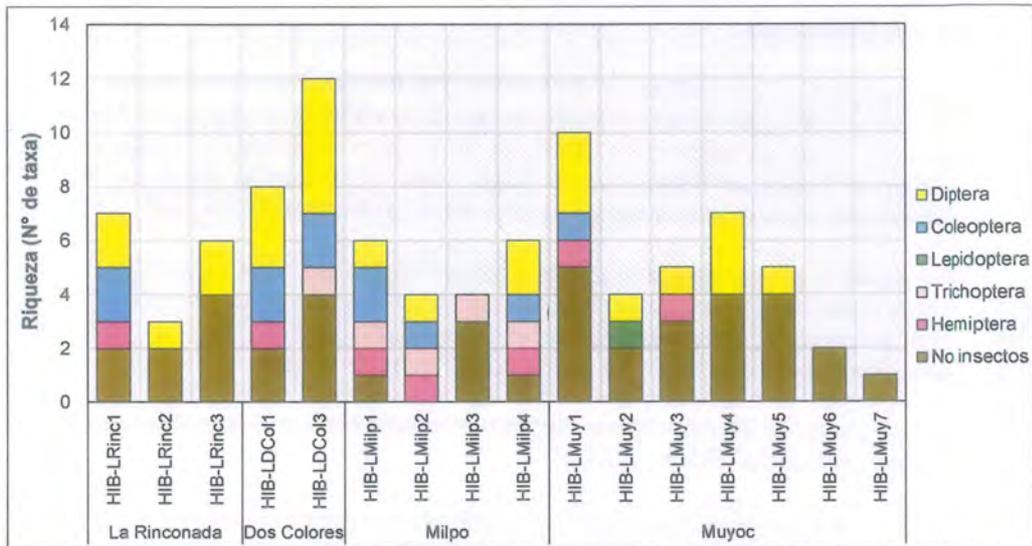


Figura 7-199. Composición y riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo

❖ Abundancia

Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HIB-LMilp4 (laguna Milpo), representado por 2 231 organismos, en tanto que la menor abundancia correspondió al punto HIB-LMuy6 (laguna Muyoc), representado por 14 organismos (Figura 7-200).

En las lagunas evaluadas los órdenes más abundantes pertenecieron a clases no Insecta, excepto los puntos HIB-LRinc1 (laguna La Rinconada), HIB-LMilp1 y HIB-LMilp2 (ambos en la laguna Milpo) donde se observó la dominancia del orden Coleóptera, Trichoptera y Hemíptera, respectivamente (Figura 7-200).

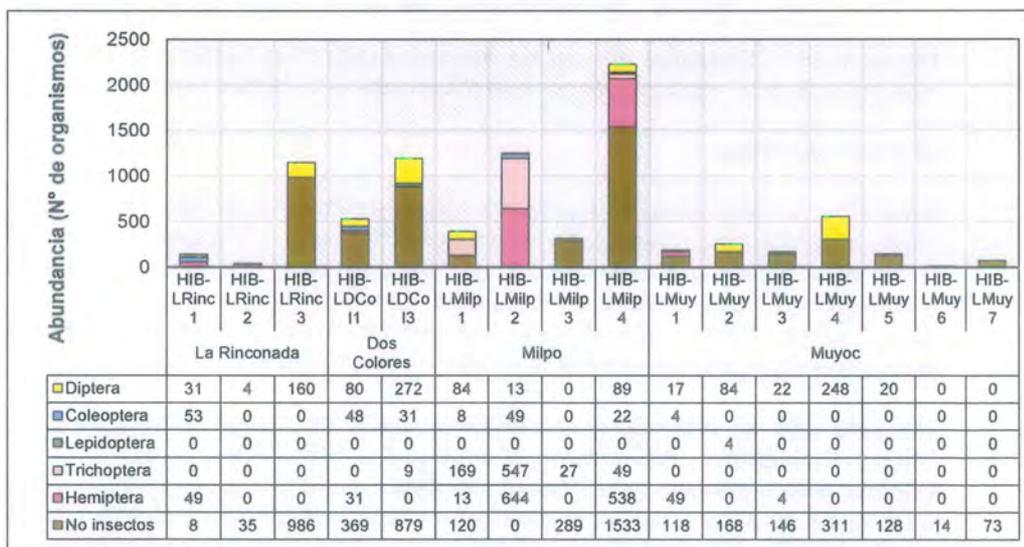


Figura 7-200. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

❖ Diversidad alfa

Con respecto a los índices de diversidad alfa (Figura 7-201), los mayores valores de los índices N1 y N2 se encontraron en el punto HIB-LMuy1 (laguna Muyoc), mientras que los menores valores se ubicaron en el punto HIB-LMuy7 (laguna Muyoc). En cuanto al índice de Pielou (J'), el mayor valor se presentó en el punto HIB-LMuy6 (laguna Muyoc), mientras que, el menor valor en el punto HIB-LMuy7 (laguna Muyoc).

De acuerdo con los resultados, los puntos HIB-LRinc1 (laguna La Rinconada) y HIB-LMuy1 son los que presentan indicadores de diversidad más altos, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en dichos puntos. Por otro lado, se observa una distribución equitativa de la abundancia en los puntos HIB-LRinc1, HIB-LMuy1 y HIB-LMuy6; a diferencia del resto de puntos que presentaron una distribución heterogénea de la abundancia, debido principalmente a la dominancia de órdenes de clases no Insecta (Figura 7-201).



Handwritten signature and notes in blue ink

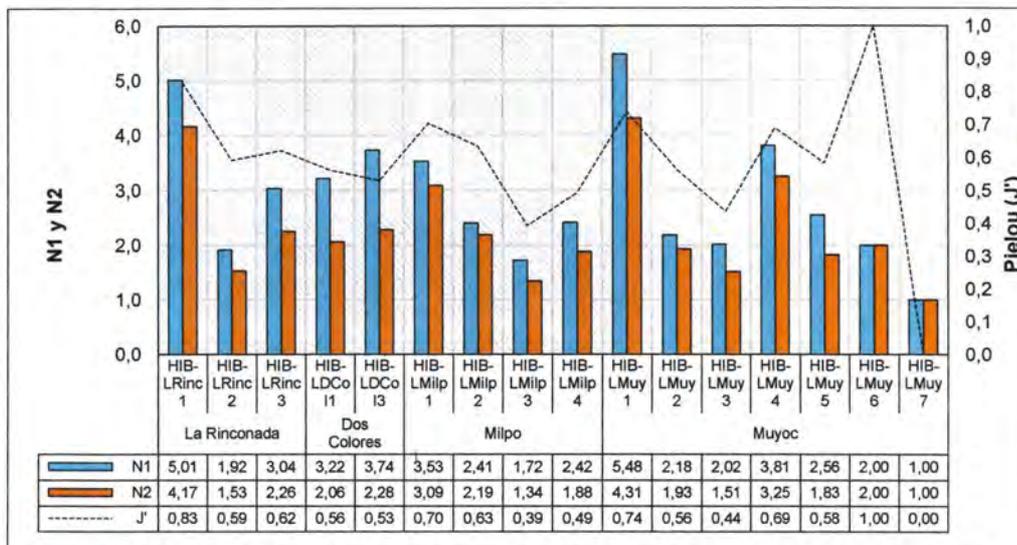


Figura 7-201. Diversidad alfa de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo

❖ Diversidad beta

En la Figura 7-202 se aprecia la formación de varios grupos con diferentes grados de similitud; sin embargo, se resalta la formación de 2 grupos basales, el primero de ellos reúne a los puntos evaluados en las lagunas La Rinconada (HIB-LRinc1, HIB-LRinc2 y HIB-LRinc3), Dos Colores (HIB-LDCol1 y HIB-LDCol3) y Milpo (HIB-LMilp1, HIB-LMilp2 y HIB-LMilp4) observándose una asociación de 22 % entre las lagunas lo que demuestra la baja similitud de la abundancia de los taxa entre estos puntos evaluados.

Por otro lado, el segundo grupo reúne a todos los puntos evaluados en la laguna Muyoc (HIB-LMuy1, HIB-LMuy2, HIB-LMuy3 y HIB-LMuy4) y al punto HIB-LMilp3 (laguna Milpo) con un bajo nivel de asociación (18 %); sin embargo, se resalta la asociación de 39 % entre los puntos HIB-LMuy3, HIB-LMuy4, HIB-LMuy5, HIB-LMuy7 y HIB-LMilp3 lo que demuestra una moderada similitud de las abundancias de los taxa en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos entre estos puntos (Figura 7-202).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten blue ink notes and signatures on the left margin.

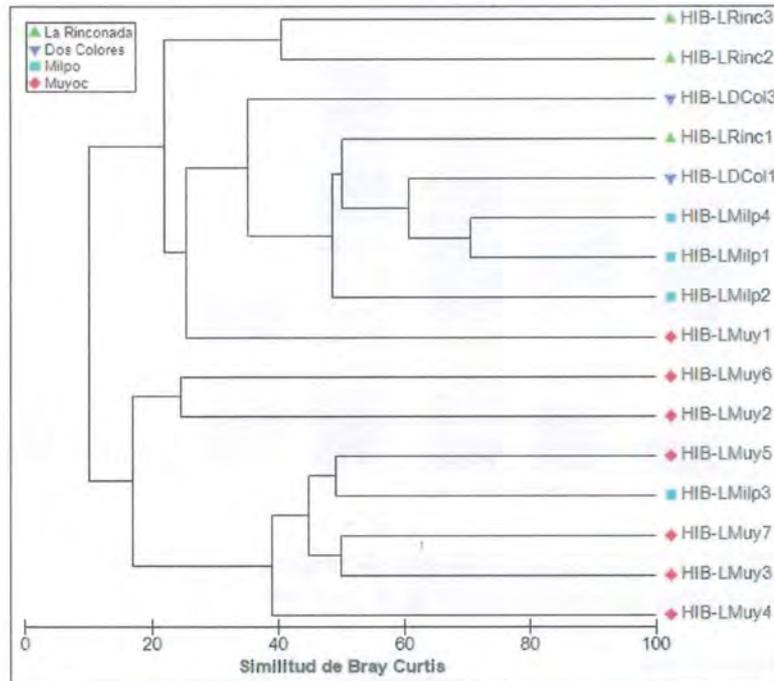


Figura 7-202. Diversidad beta de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo

b.2. Microcuenca de la quebrada Yanacocha

En esta microcuenca se evaluaron 7 puntos de muestreo en la laguna Yanacocha. Donde, se colectaron 7 muestras de plancton y macroinvertebrados bentónicos tanto en la orilla como en el interior de la laguna, y 4 muestras de perifiton en la orilla de dicha laguna.

b.2.1. Plancton

Teniendo como base los resultados y para mejorar su entendimiento, el análisis de los 34 taxa registrados de esta comunidad se presenta por separado para cada uno (1) de sus 2 componentes: fitoplancton y zooplancton.

• **Fitoplancton**

❖ **Composición y riqueza**

Fueron encontrados un total de 23 taxa de fitoplancton, distribuidos en 7 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HIB-LYana4, representado por 13 taxa, mientras que la menor riqueza al punto HIB-LYana7, representado por 4 taxa. El phylum Bacillariophyta presentó la mayor riqueza en todos los puntos, excepto en el punto HIB-LYana7 donde Charophyta fue mayor (Figura 7-203).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a large signature and the number '54'.

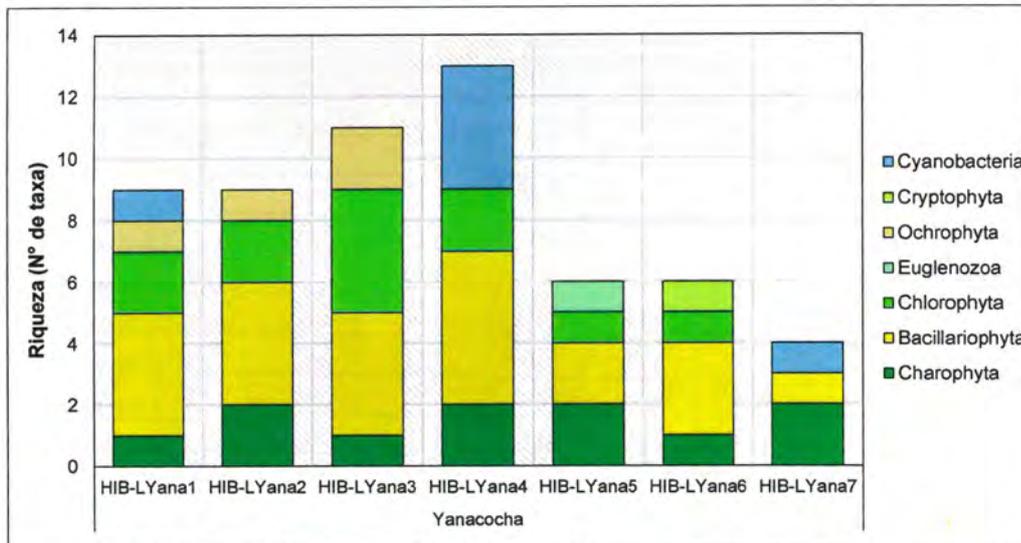


Figura 7-203. Composición y riqueza del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha

❖ Abundancia

Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HIB-LYana3, representado por 1054 organismos, en tanto que la menor abundancia al punto HIB-LYana5, representado por 13 organismos. El phylum Bacillariophyta presentó una mayor abundancia en todos los puntos evaluados en la laguna Yanacocha, con excepción del punto HIB-LYana5, donde Charophyta tuvo una mayor abundancia (Figura 7-204).

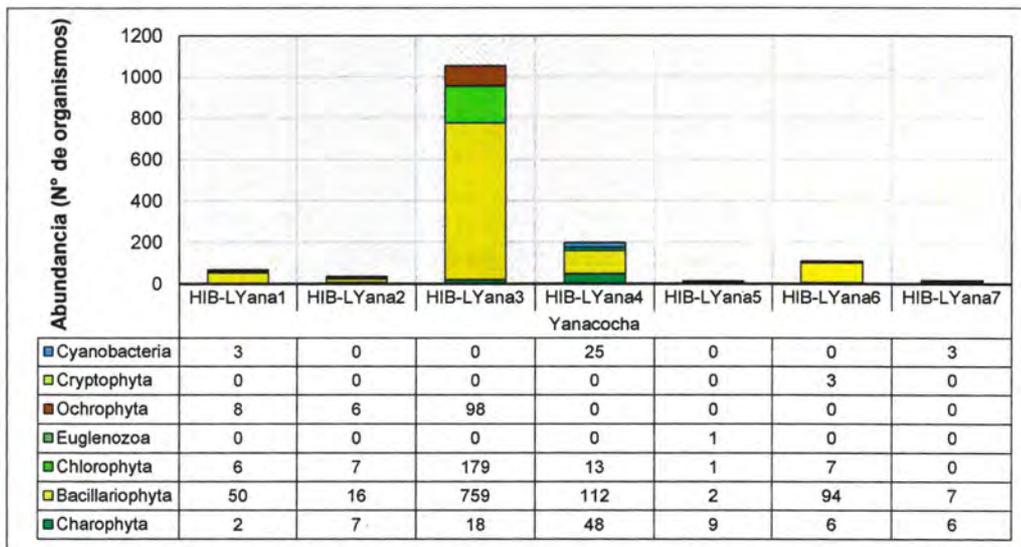


Figura 7-204. Abundancia del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha

❖ Diversidad alfa

Con respecto a los índices de diversidad alfa, los mayores valores de los índices N1, N2 y Pielou (J') se presentaron en el punto HIB-LYana2, mientras que los menores



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

valores se encontraron en el punto HIB-LYana6. De acuerdo con los resultados, los puntos ubicados en la orilla de laguna Yanacocha presentaron indicadores más altos de diversidad que los puntos ubicados en el interior de la laguna, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en tales puntos (Figura 7-205).

Por otro lado, se observa una distribución equitativa de la abundancia en los puntos HIB-LYana1, HIB-LYana2 y HIB-LYana7, a diferencia de los puntos HIB-LYana3, HIB-LYana4, HIB-LYana5 y HIB-LYana6 que presentaron una distribución heterogénea de la abundancia, debido principalmente a la dominancia del phylum Bacillariophyta en cada punto (Figura 7-205).



Handwritten signature and date: 12/11/2014

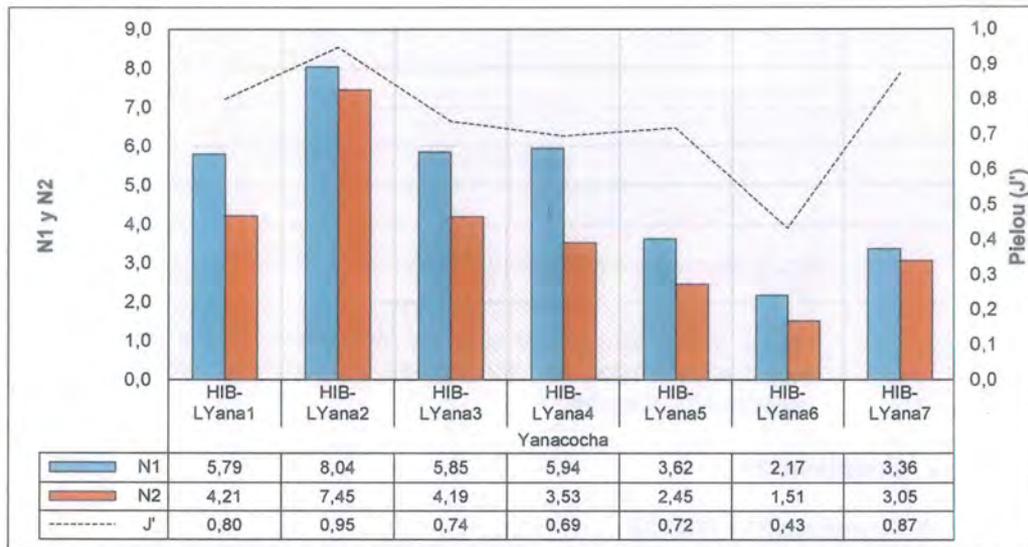


Figura 7-205. Diversidad alfa del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha

❖ Diversidad beta

En la Figura 7-206 se aprecia la formación de 2 grupos entre los puntos evaluados en la laguna Yanacocha, el primero de ellos conformado por los puntos evaluados en la orilla de la laguna (HIB-LYana2, HIB-LYana1, HIB-LYana4 y HIB-LYana3) y el punto HIB-LYana6, evaluado en el interior de la laguna, con un 36 % de similitud lo que demuestra la moderada cantidad de taxa en común entre estos puntos.

Por otro lado, el segundo grupo está constituido por los puntos evaluados en el interior de la laguna (HIB-LYana 5 y HIB-LYana7) presentando un moderado nivel de asociación (43 %) lo que demuestra una regular similitud de las abundancias de los taxa en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos entre ambos puntos (Figura 7-206).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Vertical handwritten text in blue ink, possibly a signature or initials.

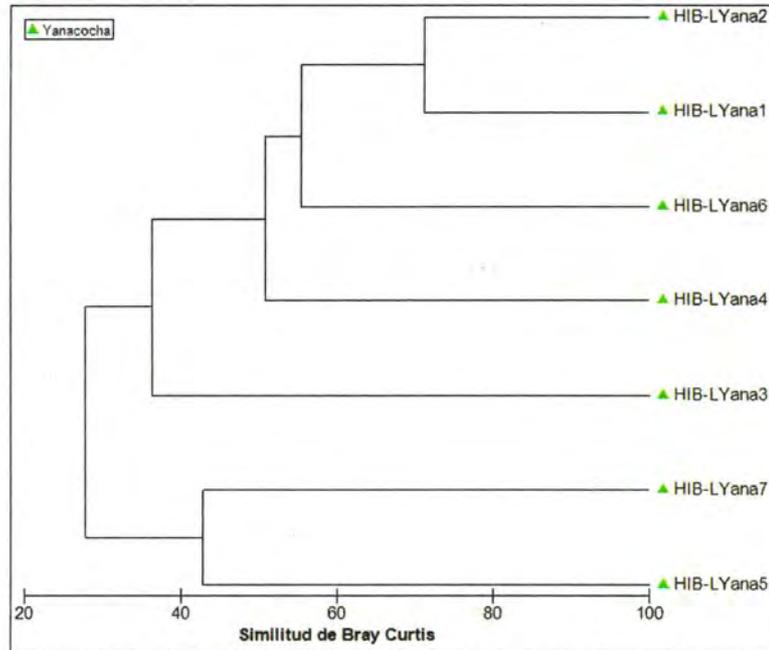


Figura 7-206. Diversidad beta del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha

• Zooplancton

❖ Composición y riqueza

Fueron encontrados un total de 11 taxa de zooplancton, distribuidos en 7 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió a los puntos HIB-LYana1 y HIB-LYana4, representado por 8 taxa, mientras que no se registró ningún taxa en el punto de muestreo HIB-LYana3.

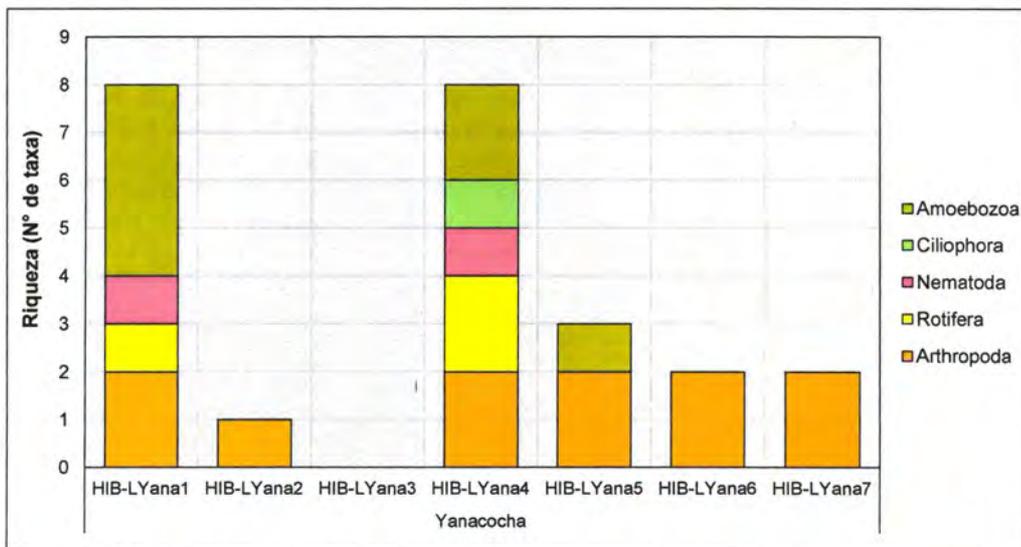


Figura 7-207. Composición y riqueza del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Cabe resaltar que el phylum Arthropoda se encontró en todos los puntos donde se registraron organismos del zooplancton en la laguna Yanacocha (Figura 7-207).

❖ Abundancia

Se observó que la mayor abundancia correspondió a los puntos HIB-LYana1 y HIB-LYana4, representado por 34 organismos, en tanto que no se registró ningún ejemplar en el punto de muestreo HIB-LYana3. El phylum Arthropoda presentó una mayor abundancia en la mayoría de los puntos evaluados en la laguna Yanacocha (Figura 7-208).



Handwritten signature and date: 10/11/2011

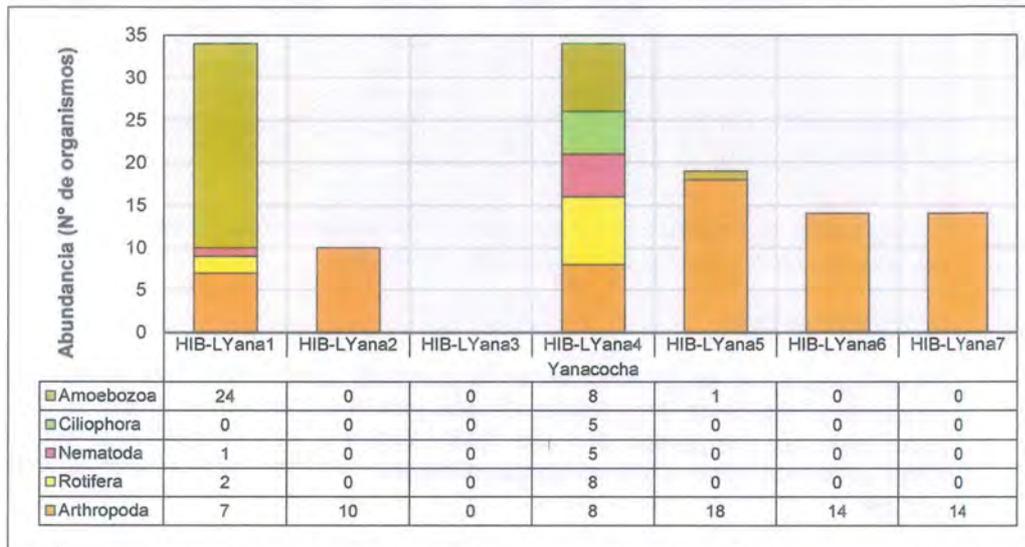


Figura 7-208. Abundancia del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha

❖ Diversidad alfa

Con respecto a los índices de diversidad, los mayores valores de los índices N1, N2 y Pielou (J') se presentaron en el punto HIB-LYana4, mientras que los menores valores en los puntos HIB-LYana2 y HIB-LYana3 (Figura 7-209).

De acuerdo con los resultados, los puntos HIB-LYana1 y HIB-LYana4 son los que presentan indicadores más altos de diversidad, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en dichos puntos. Además, se observa una distribución equitativa de la abundancia en estos puntos; a diferencia del resto que presentaron una distribución heterogénea de la abundancia, debido principalmente a la dominancia del phylum Arthropoda (Figura 7-209).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten blue notes and arrows on the left margin.

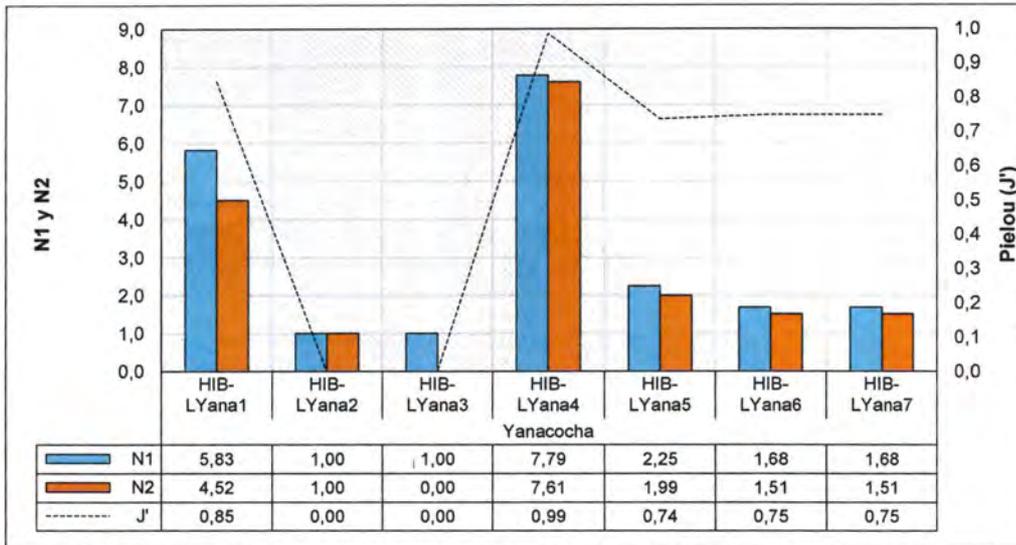


Figura 7-209. Diversidad alfa del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha

❖ Diversidad beta

En la Figura 7-210 se presenta el dendrograma de similitud del zooplancton calculado mediante el índice de Bray Curtis. Se observa la formación de 2 grupos, el primero constituido por los puntos de orilla (HIB-LYana4 y HIB-LYana1) con un 46 % de similitud demostrando una semejanza moderada entre los taxa compartidos en ambos puntos.

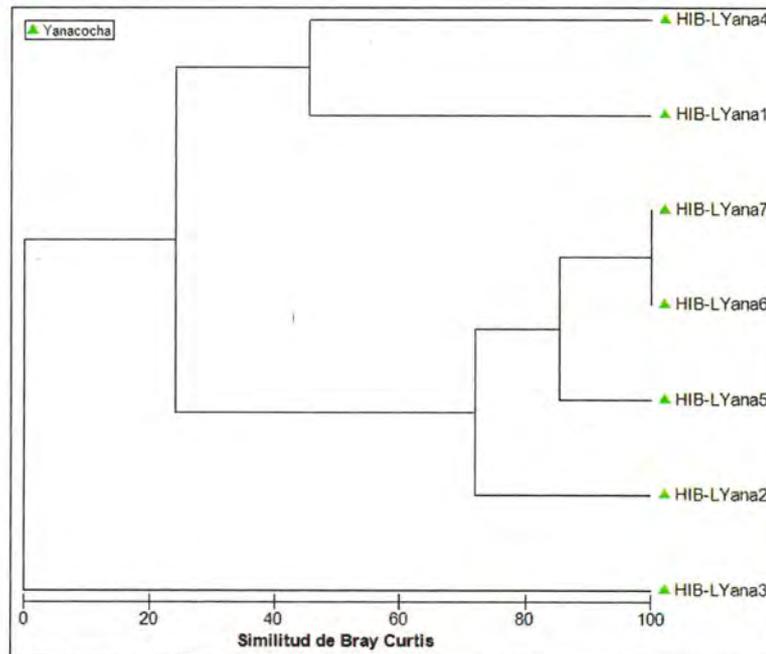


Figura 7-210. Diversidad beta del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha



En cuanto al segundo grupo, estuvo conformado por los puntos evaluados en el interior de la laguna (HIB-LYana7, HIB-LYana6 y HIB-LYana5) y por el punto de orilla HIB-LYana2 con un nivel de asociación de 72 %, demostrando una alta similitud de las abundancias de los taxa compartidos del zooplancton entre estos puntos. Por otro lado, el punto HIB-LYana3 no presentó asociación con el resto de puntos debido a la ausencia de organismos del zooplancton en este punto (Figura 7-210).

b.2.2. Perifiton

Teniendo como base los resultados y para mejorar su entendimiento, el análisis de los 39 taxa registrados de esta comunidad se presenta por separado para cada uno (1) de sus 2 componentes: fitoperifiton o perifiton vegetal y zooperifiton o perifiton animal.

• **Fitoperifiton**

❖ **Composición y riqueza**

Fueron encontrados un total de 34 taxa de fitoplancton, distribuidos en 4 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HIB-LYana3, representado por 23 taxa, mientras que la menor riqueza al punto HIB-LYana2, representado por 5 taxa. El phylum Bacillariophyta presentó la mayor riqueza en todos los puntos (Figura 7-211).

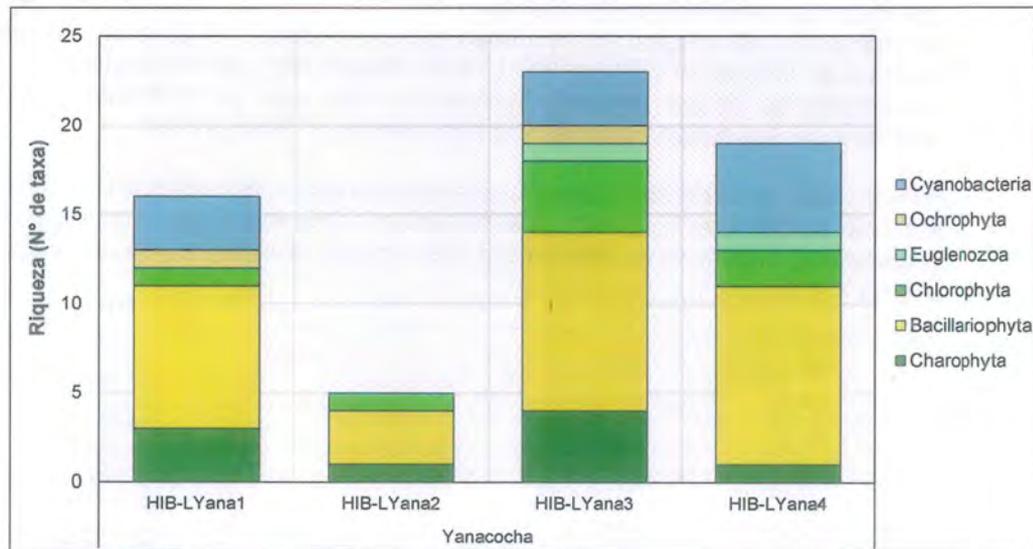
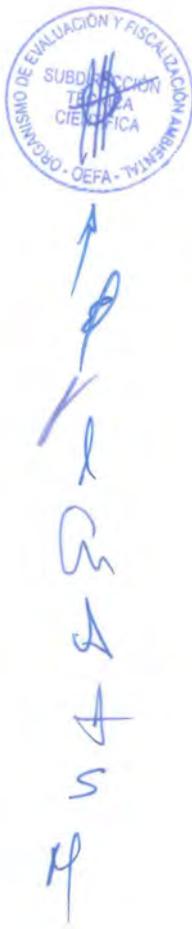


Figura 7-211. Composición y riqueza del fitoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha

❖ **Abundancia**

Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HIB-LYana3, representado por 26 799 organismos, en tanto que la menor abundancia al punto HIB-LYana4, representado por 5736 organismos. El phylum Bacillariophyta presentó una mayor abundancia en todos los puntos evaluados (Figura 7-212).





«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

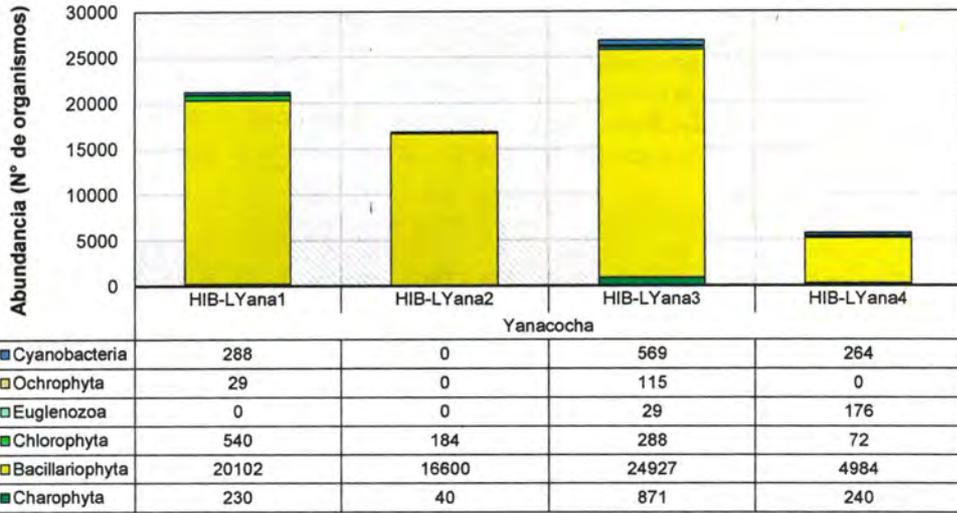


Figura 7-212. Abundancia del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha

❖ Diversidad alfa

Con respecto a los índices de diversidad alfa (Figura 7-213), los mayores valores de los índices N1, N2 y Pielou (J') se presentaron en el punto HIB-LYana4, mientras que los menores valores en el punto HIB-LYana2. De acuerdo con los resultados, el punto HIB-LYana4 es el que presentó indicadores más altos de diversidad, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en tales puntos.

Por otro lado, se observa una distribución equitativa de la abundancia en HIB-LYana4; a diferencia del resto de puntos que presentaron una distribución heterogénea de la abundancia, debido a la dominancia del phylum Bacillariophyta en cada punto (Figura 7-213).

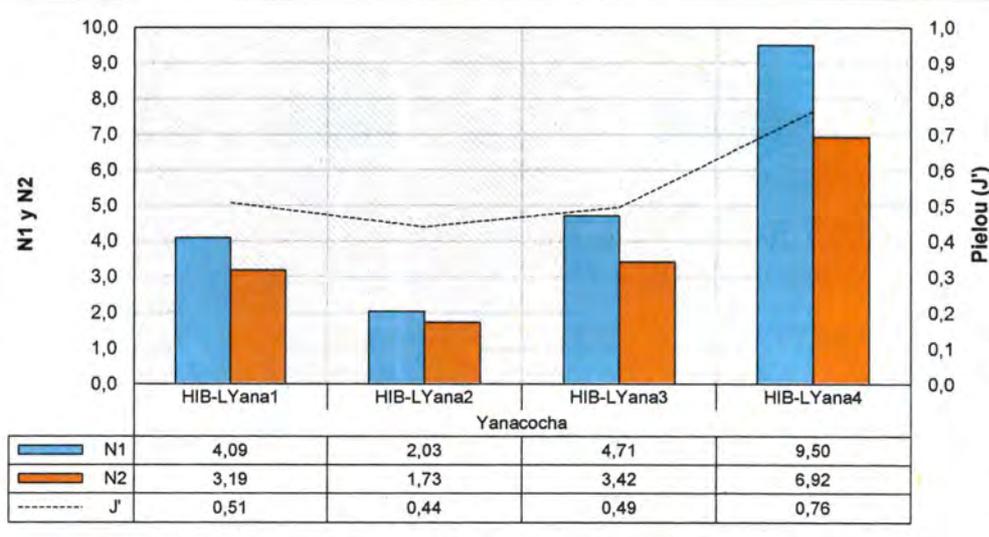


Figura 7-213. Diversidad alfa del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha



❖ Diversidad beta

En la Figura 7-214 se aprecia la formación de un grupo, el cual está conformado por los puntos HIB-LYana3, HIB-LYana1 y HIB-LYana4 con un 47 % de similitud lo que demuestra una moderada cantidad de taxa en común entre estos puntos de muestreo. Luego, el punto HIB-LYana2 se une al grupo y presenta un 42 % de similitud lo que demuestra una moderada similitud de las abundancias de los taxa en común en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos entre los puntos evaluados.



Handwritten signature and initials in blue ink.

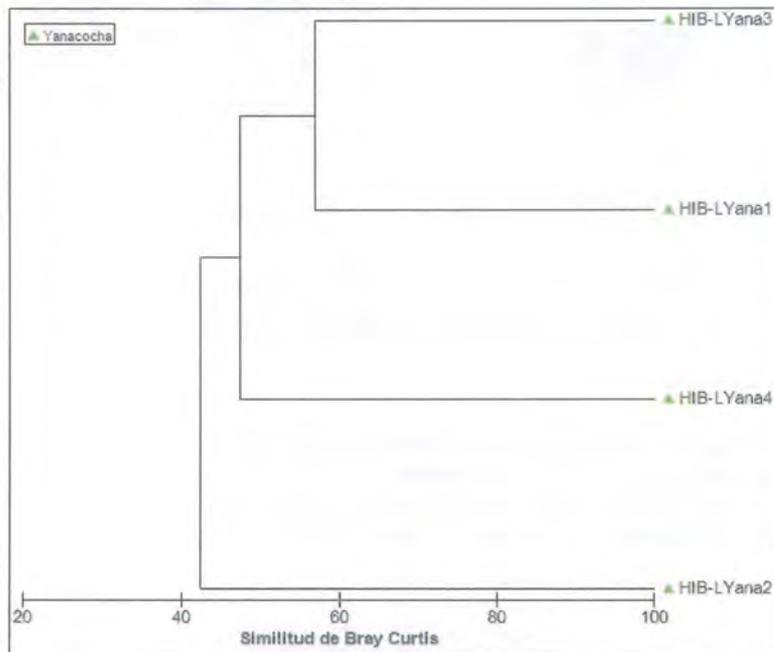


Figura 7-214. Diversidad beta del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha

• Zooperifiton

❖ Composición y riqueza

Fueron encontrados un total de 5 taxa de zooplancton, distribuidos en 4 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió a los puntos HIB-LYana3 y HIB-LYana4, representado por 4 taxa, mientras que no se registró ningún taxa en el punto HIB-LYana2 (Figura 7-215).

Cabe resaltar que el phylum Cercozoa presentó una mayor riqueza en todos los puntos, excepto en el HIB-LYana1 donde este phylum tuvo la misma riqueza que Amoebozoa (Figura 7-215).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten notes in blue ink, including a vertical line and some illegible characters.

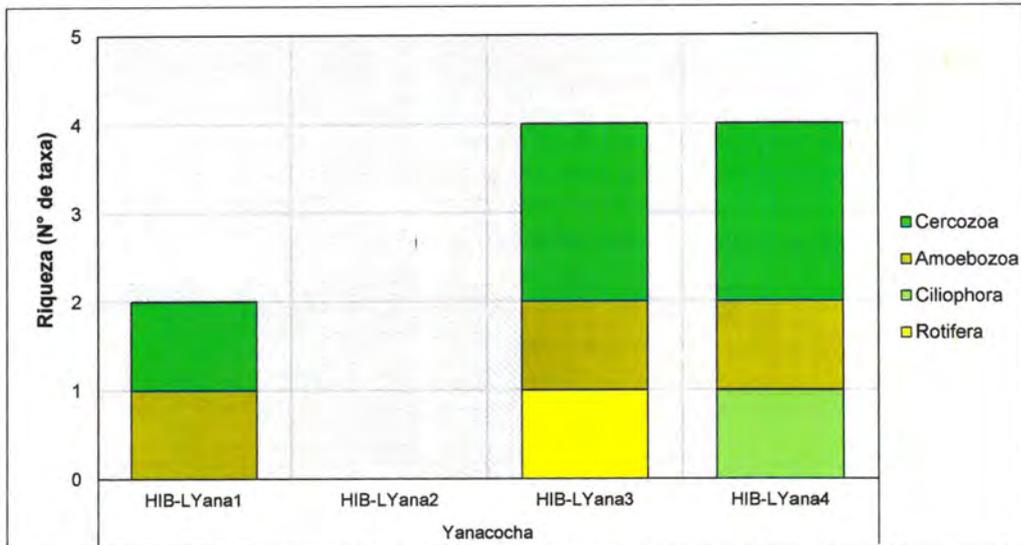


Figura 7-215. Composición y riqueza del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha

❖ Abundancia

Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HIB-LYana4, representado por 1 176 organismos, en tanto que no hubo ningún ejemplar en el punto HIB-LYana2. El phylum Cercozoa presentó una mayor abundancia en todos los puntos donde se registró zooperifiton (Figura 7-216).

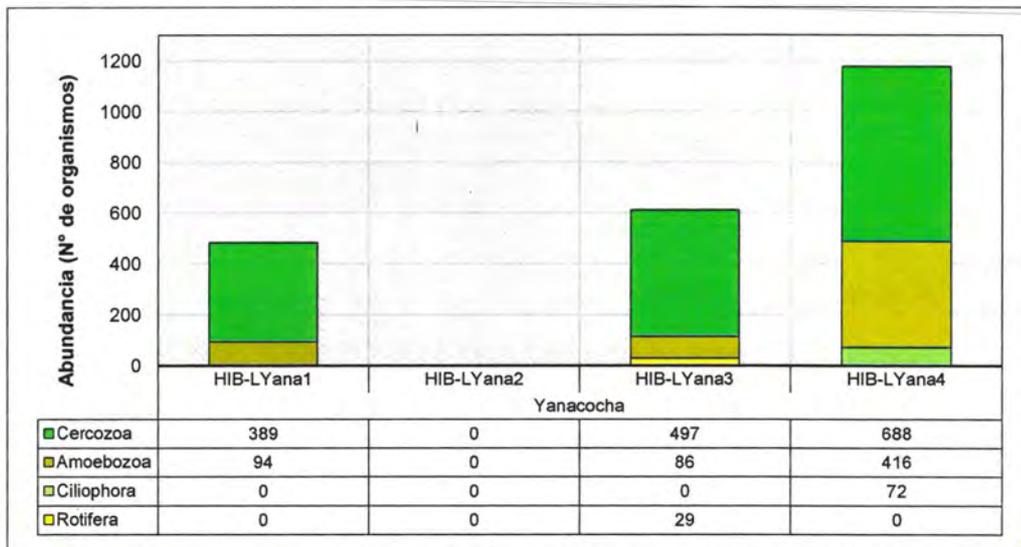


Figura 7-216. Abundancia del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha

❖ Diversidad alfa

Con respecto a los índices de diversidad, los mayores valores de los índices N1, N2 y Pielou (J') se presentaron en el punto HIB-LYana4, mientras que los menores valores se encontraron en el punto HIB-LYana2 (Figura 7-217).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

De acuerdo con los resultados, HIB-LYana4 es el que presenta indicadores más altos de diversidad, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en este punto (Figura 7-217).

Además, se observa una distribución equitativa de la abundancia en el punto HIB-LYana4 a diferencia del resto de puntos que presentaron una distribución heterogénea, debido principalmente a la dominancia del phylum Cercozoa (Figura 7-217).



Handwritten signature and initials in blue ink.

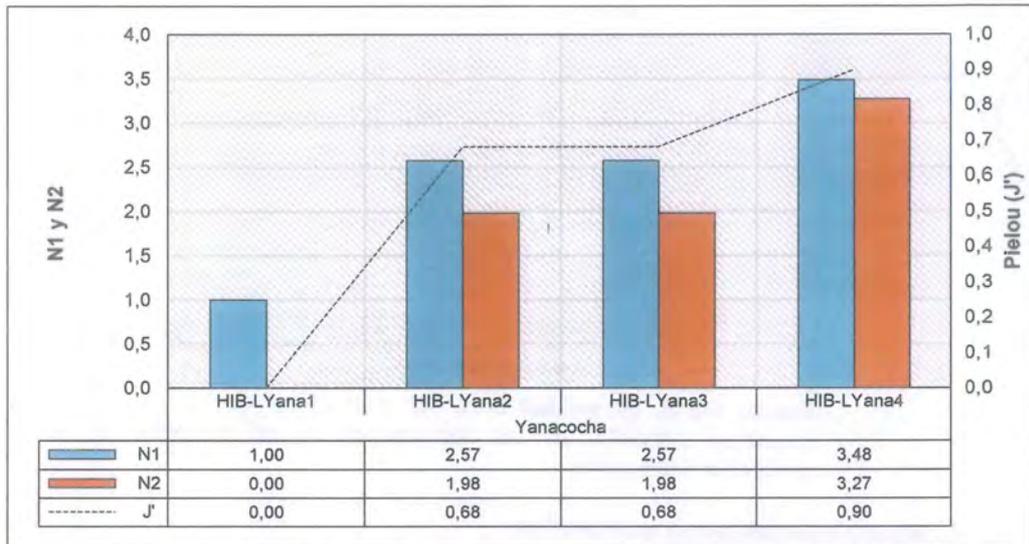


Figura 7-217. Diversidad alfa del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha

❖ Diversidad beta

En la Figura 7-218 se presenta el dendrograma de similitud del zooperifiton calculado mediante el índice de Bray Curtis. Se observa la formación de sólo un grupo constituido por los puntos HIB-LYana4, HIB-LYana3 y HIB-LYana1 con un nivel de asociación de 69 %, demostrando una alta cantidad de taxa en común entre estos puntos de muestreo. Por otro lado, el punto HIB-LYana2 no presentó asociación con el resto de puntos debido a la ausencia de organismos del zooperifiton en este punto.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

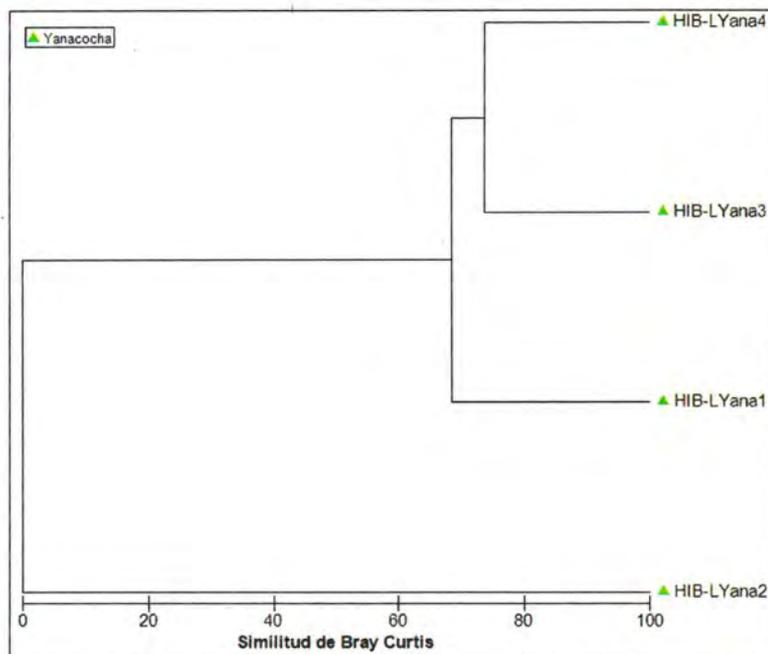


Figura 7-218. Diversidad beta del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha

b.2.3. Macroinvertebrados bentónicos

❖ Composición y riqueza

Fueron encontrados un total de 20 taxa de macroinvertebrados bentónicos, distribuidos en 7 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HIB-LYana2, representado por 12 taxa, mientras que la menor riqueza al punto HIB-LYana5, representado por 1 taxa. Además, la riqueza varió entre los puntos de muestreo y no hubo predominancia de algún orden (Figura 7-219).

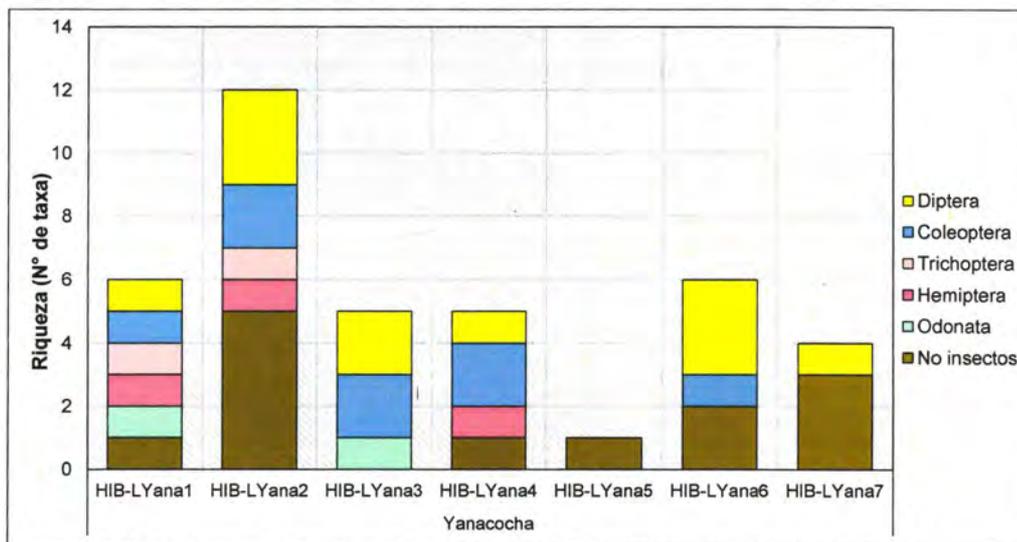


Figura 7-219. Composición y riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha



❖ Abundancia

Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HIB-LYana2, representado por 1 079 organismos, en tanto que la menor abundancia correspondió al punto HIB-LYana5, representado por 53 organismos.

Además, no se observó un patrón de dominancia de algún orden sobre los puntos evaluados; sin embargo, se resalta la gran abundancia de órdenes de la clase no Insecta en el punto HIB-LYana2 (Figura 7-220).

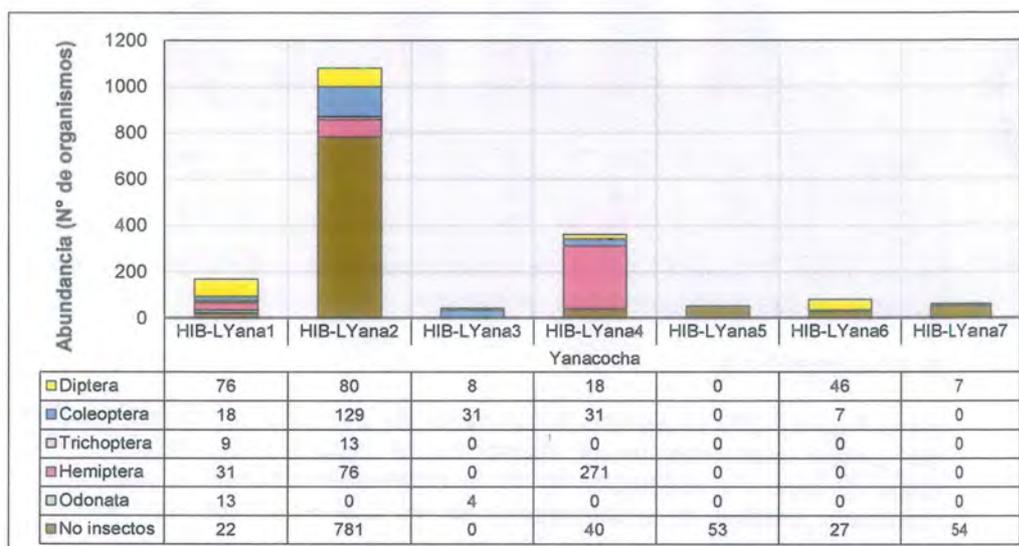


Figura 7-220. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha

❖ Diversidad alfa

Con respecto a los índices de diversidad alfa, los mayores valores de los índices N1, N2 y Pielou (J') se encontraron en el punto HIB-LYana6, mientras que los menores valores en el punto HIB-LYana5. De acuerdo con los resultados, los puntos HIB-LYana1, HIB-LYana2 y HIB-LYana6 son los que presentan indicadores más altos de diversidad, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en dichos puntos (Figura 7-221).

Por otro lado, se observa una distribución equitativa de la abundancia en la mayoría de los puntos evaluados; a diferencia de los puntos HIB-LYana2, HIB-LYana5 y HIB-LYana4 que presentaron una distribución heterogénea de la abundancia, debido a la dominancia de órdenes de clases no Insecta, en los 2 primeros puntos, y del orden Hemiptera en HIB-LYana4 (Figura 7-221).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten blue notes and arrows on the left margin.

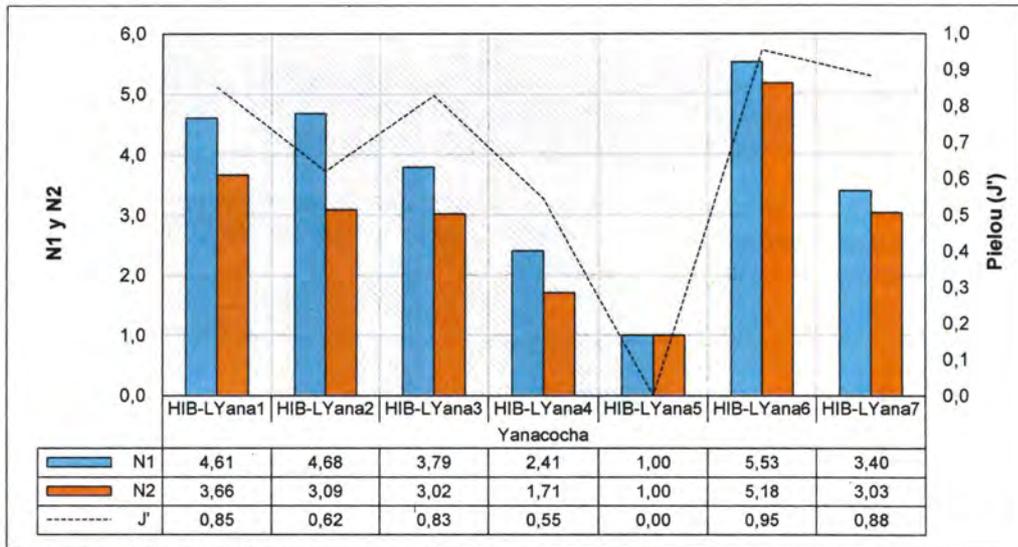


Figura 7-221. Diversidad alfa de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha

❖ Diversidad beta

En la Figura 7-222 se aprecia la formación de 2 grupos, el primero de ellos reúne a los puntos evaluados en el interior de la laguna HIB-LYana7 y HIB-LYana6, observándose una asociación de 32 % entre ambos puntos lo que demuestra una moderada similitud de la abundancia de los taxa en común entre estos puntos del interior de la laguna.

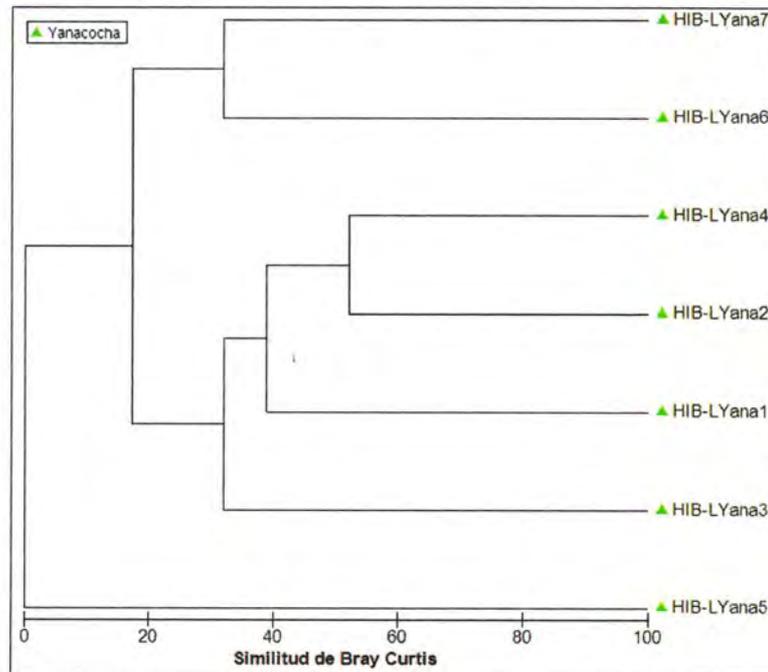


Figura 7-222. Diversidad beta de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha



En cuanto al segundo grupo, este reúne a todos los puntos evaluados en la orilla de la laguna (HIB-LMuy1, HIB-LMuy2, HIB-LMuy3 y HIB-LMuy4) con un moderado nivel de asociación (32 %); sin embargo, se resalta la separación de este grupo respecto a los puntos evaluados en el interior de la laguna pues nos muestra la existencia de diferencias entre ambas zonas. Por otro lado, el punto HIB-LYana5 no presentó asociación con el resto de puntos debido a la ausencia de macroinvertebrados bentónicos en este punto (Figura 7-222).

b.3. Microcuenca de la quebrada Kerosene

En esta microcuenca se evaluaron 5 puntos de muestreo en las lagunas: Seca (2) y Kerosene (3). Donde, se colectaron 5 muestras de plancton, perifiton y macroinvertebrados bentónicos en la orilla de las lagunas.

b.3.1. Plancton

Teniendo como base los resultados y para mejorar su entendimiento, el análisis de los 44 taxa registrados de esta comunidad se presenta por separado para cada uno (1) de sus 2 componentes: fitoplancton y zooplancton.

- **Fitoplancton**

- ❖ **Composición y riqueza**

Fueron encontrados un total de 32 taxa de fitoplancton, distribuidos en 5 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HIB-LSeca2, representado por 16 taxa, mientras que la menor riqueza al punto HIB-LSeca1, representado por 10 taxa.

El phylum Charophyta presentó la mayor riqueza en el punto HIB-LSeca1, HIB-LKero3 y HIB-LKero4, en tanto que Bacillariophyta presentó la mayor riqueza en el punto HIB-LKero2 y en el punto HIB-LSeca2 este phylum presentó la misma abundancia que Cyanobacteria (Figura 7-223).

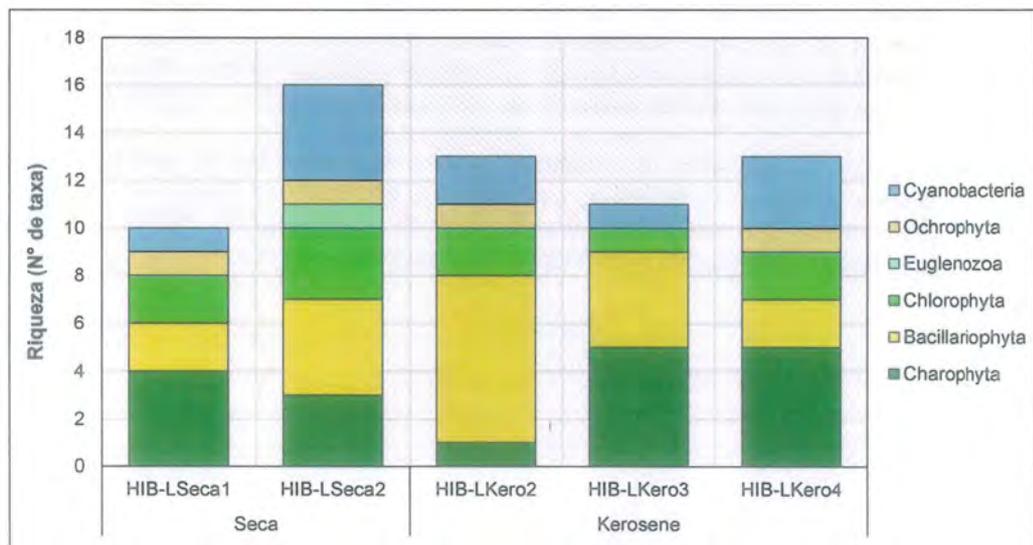


Figura 7-223. Composición y riqueza del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene



Vertical handwritten text on the left margin: ↑, P, l, m, A, J, S, H



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

❖ Abundancia

Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HIB-LSeca2, representado por 7755 organismos, en tanto que la menor abundancia correspondió al punto HIB-LKero4, representado por 199 organismos.

El phylum Charophyta presentó una mayor abundancia en todos los puntos de muestreo, excepto en el punto HIB-LKero2 donde Bacillariophyta tuvo una mayor abundancia (Figura 7-224).



Handwritten signature and initials in blue ink.

Handwritten letter 'A' in blue ink.

Handwritten letter 'J' in blue ink.

Handwritten letter 'S' in blue ink.

Handwritten letter 'H' in blue ink.

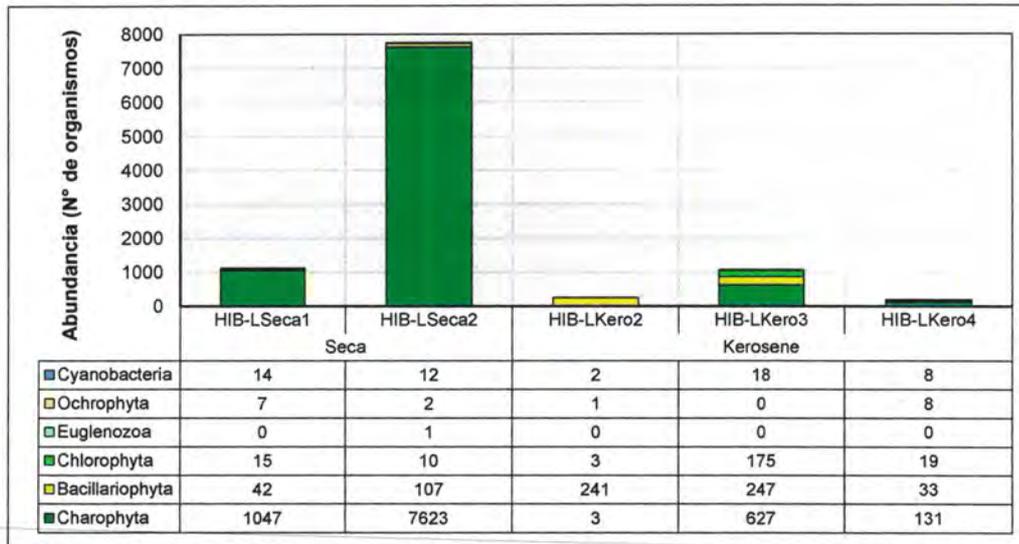


Figura 7-224. Abundancia del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene

❖ Diversidad alfa

Con respecto a los índices de diversidad alfa y equidad de Pielou (J') (Figura 7-225), los mayores valores se presentaron en el punto HIB-LKero3, mientras que los menores valores en el punto HIB-LSeca2. De acuerdo con los resultados, los puntos HIB-LKero3 y HIB-LKero4 son los que presentan indicadores más altos de diversidad, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en dicho punto.

Además, se observa una distribución más equitativa de la abundancia en dichos puntos; a diferencia de los puntos ubicados en la laguna Seca y de HIB-LKero2 que presentaron una distribución heterogénea de la abundancia, debido a la dominancia del phylum Charophyta y Bacillariophyta, respectivamente (Figura 7-225).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

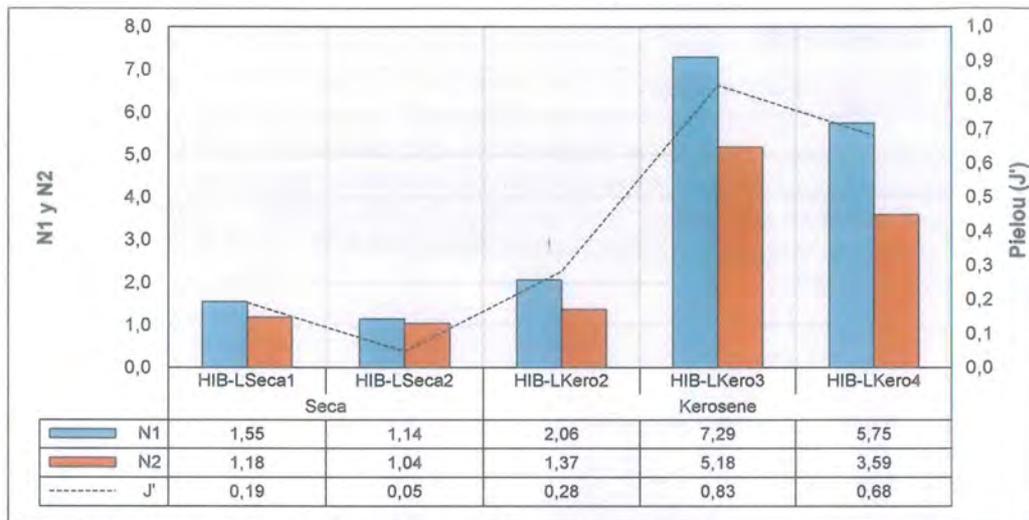


Figura 7-225. Diversidad alfa del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene

❖ Diversidad beta

En la Figura 7-226 se aprecia la agrupación de los puntos evaluados en la laguna Seca (HIB-LSeca2 y HIB-LSeca1) y HIB-LKero4 (laguna Kerosene) con un 52 % de similitud lo que demuestra una moderada cantidad de taxa compartidos. Luego, al grupo formado se une el punto HIB-LKero3 y posteriormente el punto HIB-LKero2 presentando un 44 % y 34 % de similitud, respectivamente. De este modo, se observa una moderada similitud de las abundancias de los taxa entre todos los puntos ubicados en la laguna Seca y Kerosene.

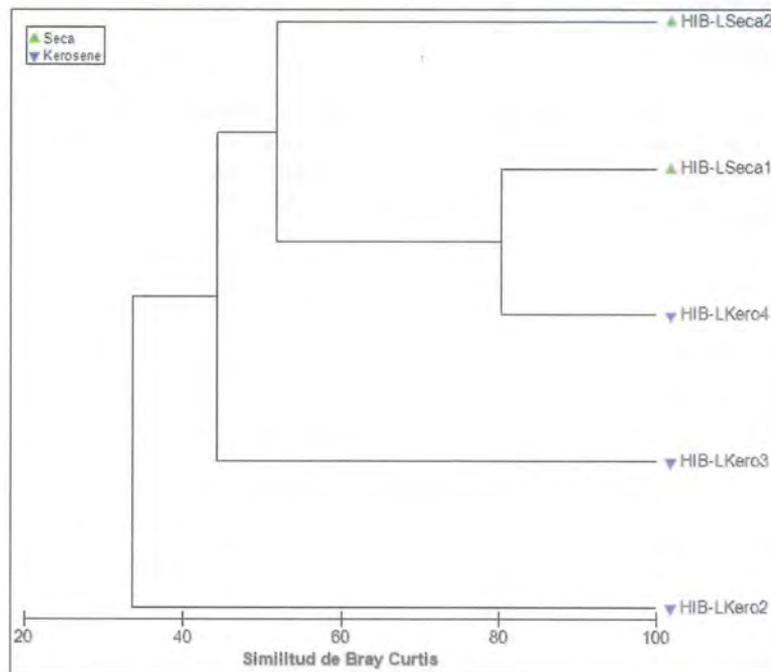


Figura 7-226. Diversidad beta del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

• Zooplancton

❖ Composición y riqueza

Se encontraron 12 taxa de zooplancton, distribuidos en 5 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HIB-LSeca2, representado por 6 taxa, mientras que la menor riqueza al punto HIB-LSeca1, representado por 1 taxa. Se destaca la presencia del phylum Amoebozoa y Arthropoda en la mayoría de puntos (Figura 7-227).



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a large signature and several initials.

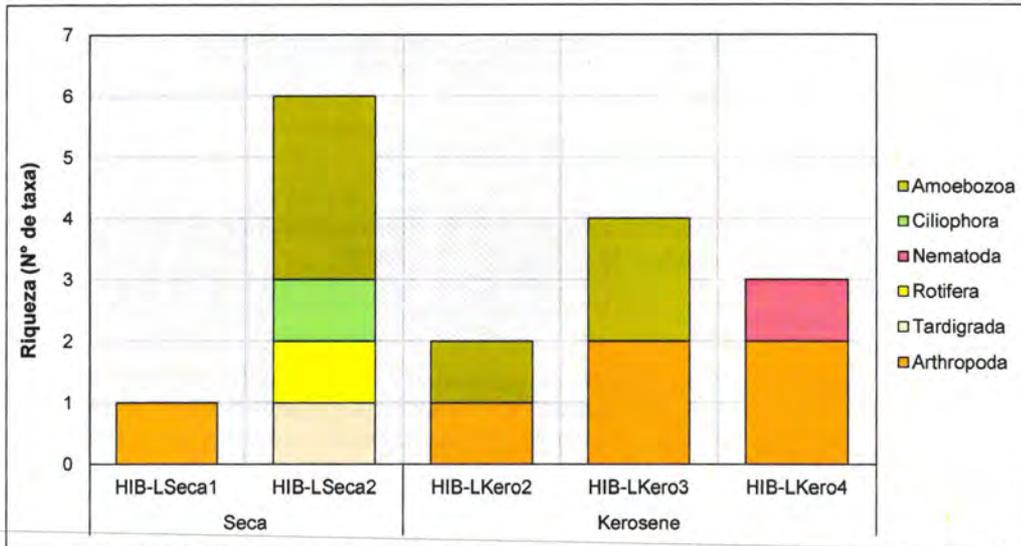


Figura 7-227. Composición y riqueza del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene

❖ Abundancia

Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HIB-LKero3, representado por 134 organismos, en tanto que la menor abundancia a los puntos HIB-LSeca1 y HIB-LKero4, representados por 4 organismos cada uno. Además, se apreció una notable diferencia entre los puntos evaluados donde se destaca la mayor abundancia del phylum Amoebozoa en el punto HIB-LKero3 (Figura 7-228).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

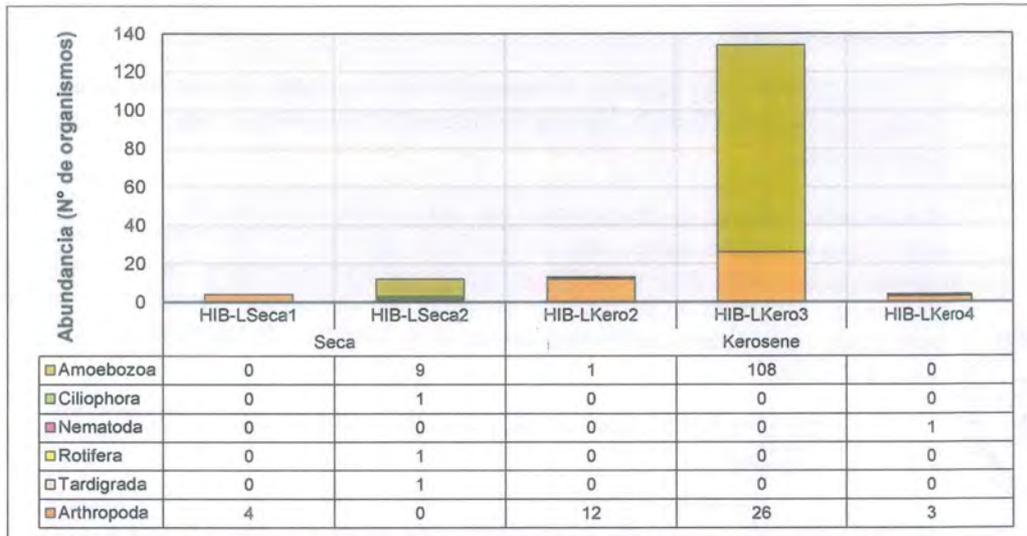


Figura 7-228. Abundancia del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene

❖ Diversidad alfa

Con respecto a los índices de diversidad (Figura 7-229), los mayores y menores valores de los índices N1 y N2 se encontraron en la laguna Seca (HIB-LSeca2 y HIB-LSeca1, respectivamente). En cuanto al índice de equidad de Pielou (J'), el mayor valor se encontró en el punto HIB-LKero4 (laguna Kerosene), en tanto que, el menor valor se observó en el punto HIB-LSeca1 (Figura 7-229).

De acuerdo con los resultados, el punto HIB-LSeca2 presentó los indicadores de diversidad más altos, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en estos puntos (Figura 7-229). Así mismo, se observó una distribución equitativa de la abundancia en los puntos HIB-LSeca2, HIB-LKero3 y HIB-LKero4 a diferencia de HIB-LSeca1 y HIB-LKero2 que presentaron una distribución heterogénea de la abundancia debido a la dominancia del phylum Arthropoda en estos puntos (Figura 7-229).

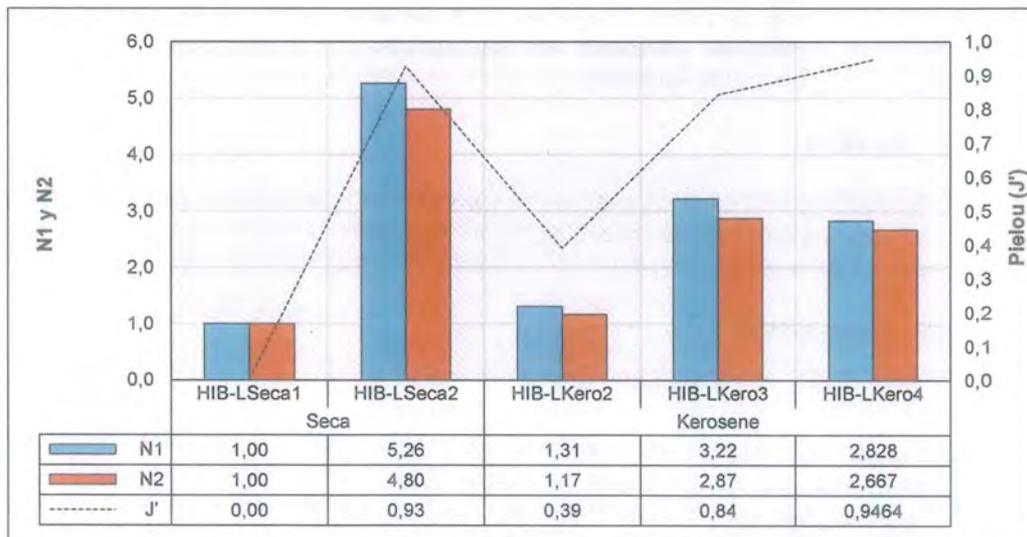


Figura 7-229. Diversidad alfa del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene



❖ Diversidad beta

En la Figura 7-230 se observa la formación de 2 grupos, el primero está constituido por los puntos HIB-LKero3 (laguna Kerosene) y HIB-LSeca2 (laguna Seca) con un 29 % de similitud.

El segundo grupo está conformado por los puntos HIB-LKero4 (laguna Kerosene) y HIB-LSeca1 (laguna Seca) con un 34 % de similitud lo que demuestra una baja a moderada cantidad de taxa compartidos entre ambos grupos, respectivamente. Por otro lado, el punto HIB-LKero2, ubicado en la laguna Kerosene, no presentó asociación con el resto de puntos debido a la ausencia de zooplancton en este punto (Figura 7-230).



Handwritten signature and date '15/05/2015' in blue ink.

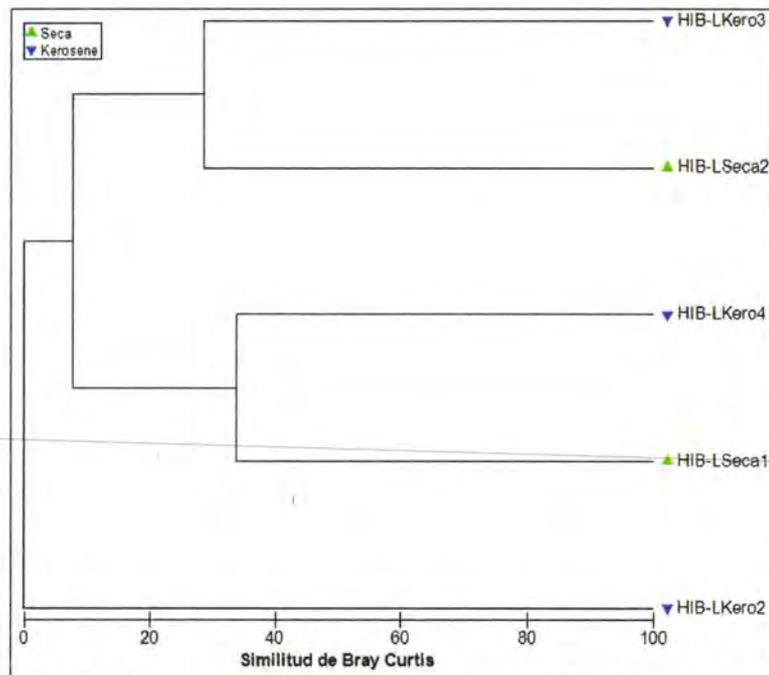


Figura 7-230. Diversidad beta del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene

b.3.2. Perifiton

Teniendo como base los resultados y para mejorar su entendimiento, el análisis de los 53 taxa registrados de esta comunidad se presenta por separado para cada uno (1) de sus 2 componentes: fitoperifiton o perifiton vegetal y zooperifiton o perifiton animal.

• Fitoperifiton

❖ Composición y riqueza

Fueron encontrados un total de 44 taxa de ficoperifiton, distribuidos en 5 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HIB-LKero2, representado por 30 taxa, mientras que la menor riqueza a los puntos HIB-LSeca2 y HIB-LKero3, representado por 22 taxa.



El phylum Charophyta presentó la mayor riqueza en la laguna Seca, a diferencia de la laguna Kerosene donde Cyanobacteria fue mayor (Figura 7-231).

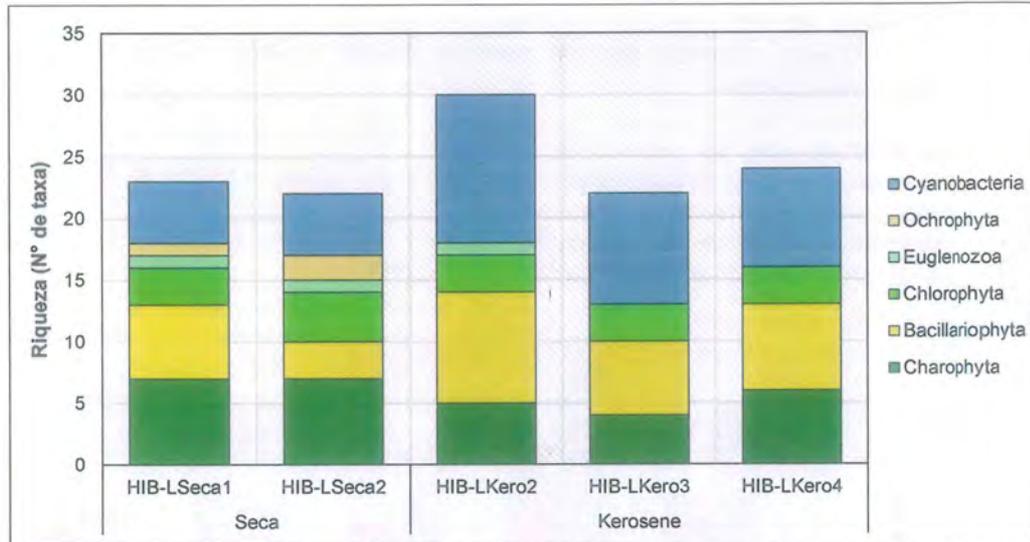


Figura 7-231. Composición y riqueza del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene

❖ Abundancia

Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HIB-LKero2, representado por 133 056 organismos, en tanto que la menor abundancia al punto HIB-LSeca1, representado por 51 192 organismos. El phylum Bacillariophyta presentó la mayor abundancia en todos los puntos de muestreo (Figura 7-232).

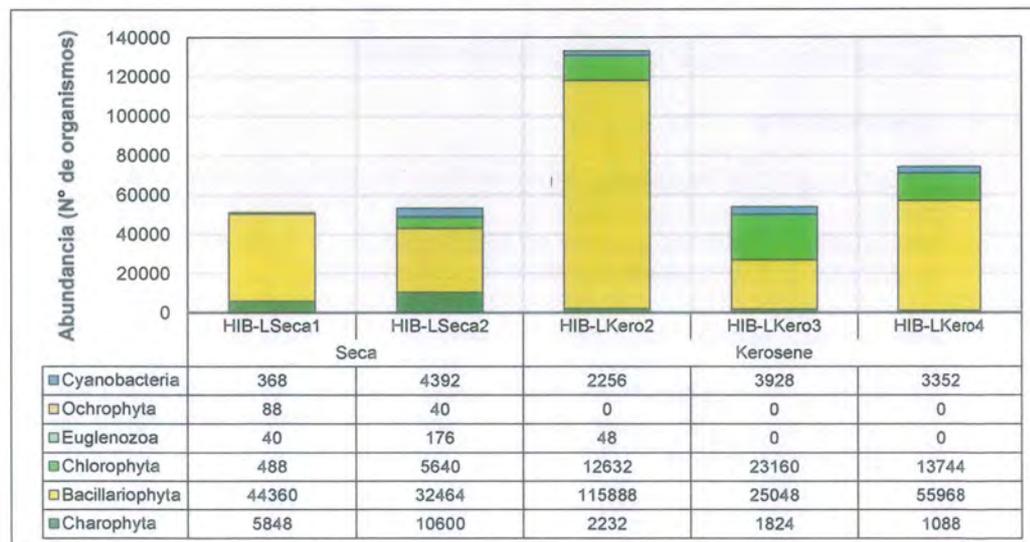


Figura 7-232. Abundancia del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene



Handwritten blue ink notes and signatures on the left margin.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

❖ Diversidad alfa

Con respecto a los índices de diversidad alfa (Figura 7-233), los mayores valores de los índices N1, N2 y equidad de Pielou (J') se presentaron en el punto HIB-LSeca2 (laguna Seca), mientras que los menores valores se encontraron en HIB-LKero2 (laguna Kerosene).

De acuerdo con los resultados, todos los puntos presentan diversidad de taxa similares lo cual se relaciona con la riqueza y abundancias similares encontradas en tales puntos. Asimismo, se observa una distribución regularmente homogénea de la abundancia en todos los puntos de muestreo debido principalmente a la dominancia del phylum Bacillariophyta en cada punto (Figura 7-233).



Handwritten signature and initials in blue ink.

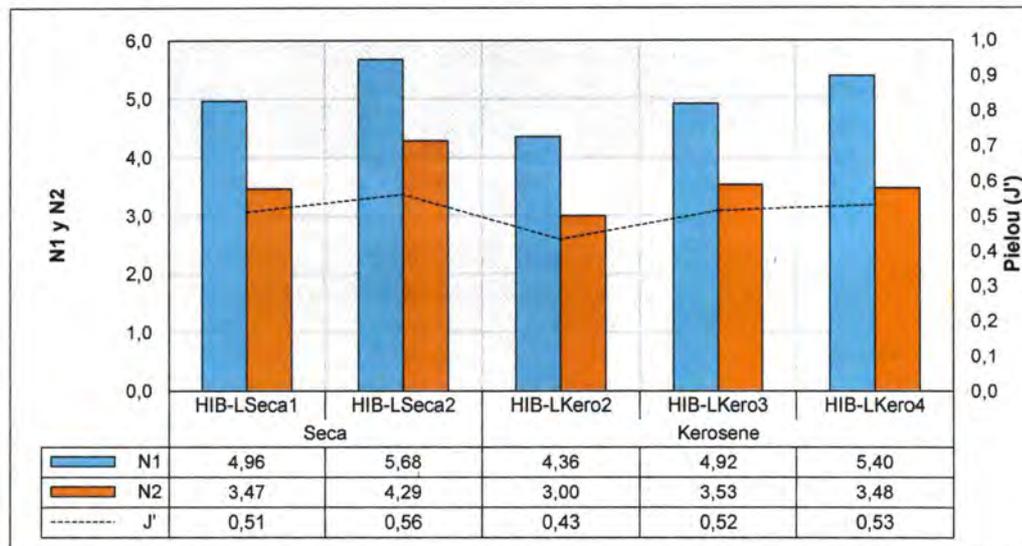


Figura 7-233. Diversidad alfa del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene

❖ Diversidad beta

En la Figura 7-234 se aprecia la formación de 2 grupos, el primero de ellos conformado por todos los puntos evaluados en la laguna Kerosene (HIB-LKero2, HIB-LKero3 y HIB-LKero4) mostrando un nivel de asociación de 63 % de similitud lo que demuestra la alta cantidad de taxa en común entre estos puntos.

Por otro lado, el segundo grupo está constituido por los puntos evaluados en la laguna Seca (HIB-LSeca1 y HIB-LSeca2) presentando, de igual forma que el primer grupo, un alto nivel de asociación (67 %) lo que también demuestra una alta similitud en las cantidades de taxa en común en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en ambas lagunas (Figura 7-234).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten notes in blue ink: a vertical line with arrows pointing up, and the letters 'M', 'A', 'A', 'S', 'H' written vertically.

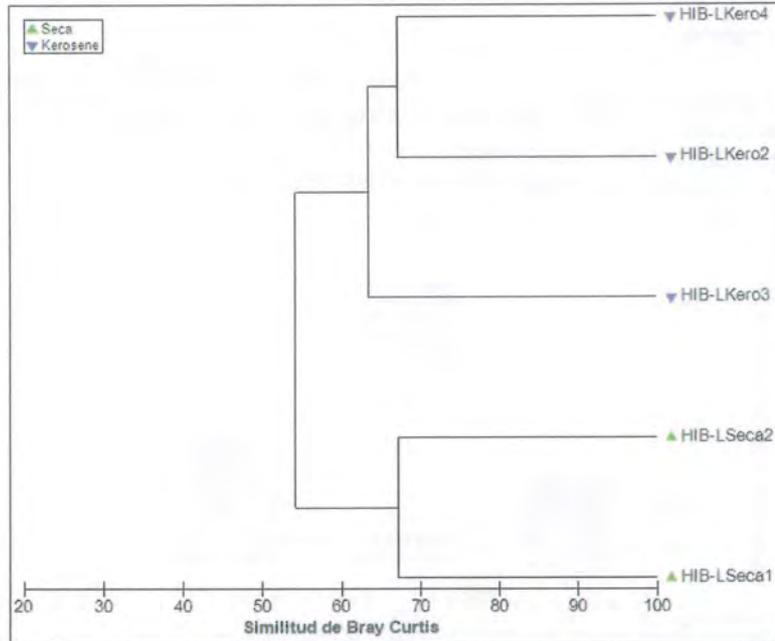


Figura 7-234. Diversidad beta del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene

- Zooperifiton
- ❖ Composición y riqueza

Fueron encontrados un total de 9 taxa de zooplancton, distribuidos en 5 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HIB-LSeca2, representado por 7 taxa, mientras que se encontró la menor riqueza en el punto HIB-LKero4, representado por 2 taxa. Cabe resaltar, no se observó algún patrón de mayor riqueza de algún phylum en los puntos evaluados (Figura 7-235).

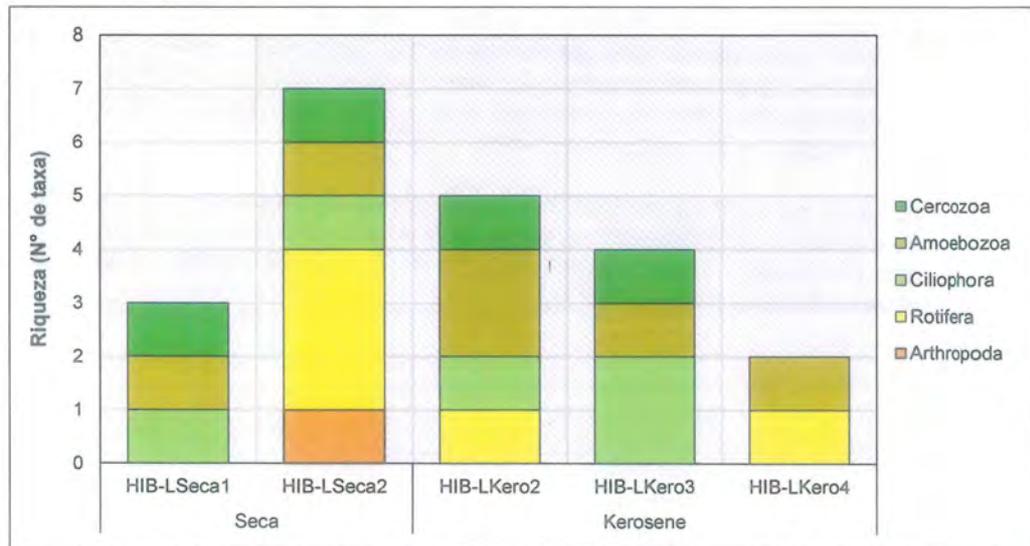


Figura 7-235. Composición y riqueza del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene



❖ Abundancia

Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HIB-LSeca2, representado por 320 organismos, en tanto que la menor abundancia correspondió al punto HIB-LKero4, representado por 48 organismos. Similar a la riqueza, no se observó la dominancia de algún phylum en los puntos evaluados (Figura 7-236).

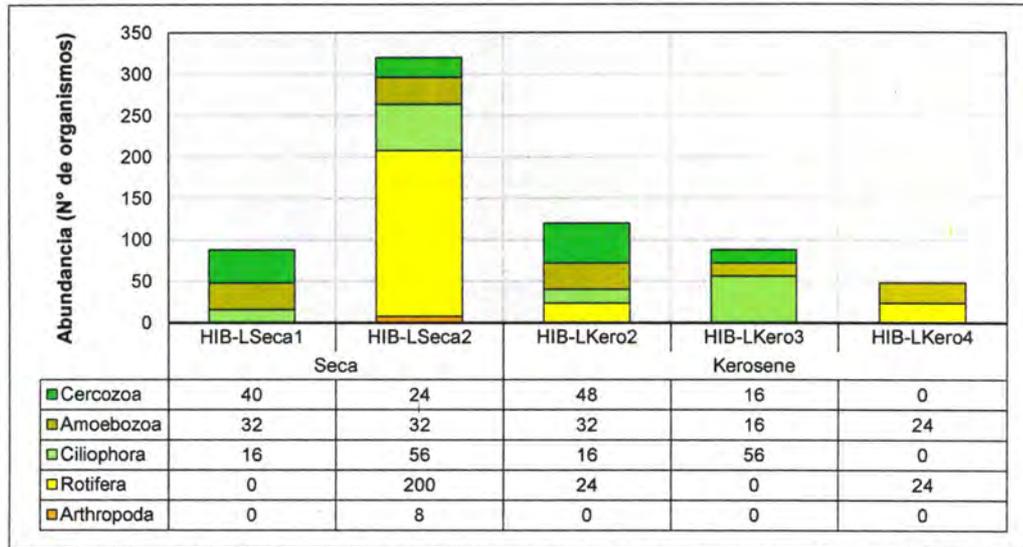


Figura 7-236. Abundancia del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene

❖ Diversidad alfa

Con respecto a los índices de diversidad, los mayores valores de los índices N1 y N2 se presentan en los puntos HIB-LSeca2 y HIB-LKero2, respectivamente; mientras que los menores valores de estos índices se encuentran en el punto HIB-LKero4 (Figura 7-237).

En cuanto al índice de Pielou (J'), el mayor valor se presentó en el punto HIB-LKero4, en tanto que el menor valor se encontró en el punto HIB-LSeca2. De acuerdo con los resultados, los puntos HIB-LSeca2, HIB-LKero2 y HIB-LKero3 son los que presentaron indicadores más altos de diversidad, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en dichos puntos (Figura 7-237).

Además, se observa una distribución equitativa de la abundancia en todos los puntos de muestreo; sin embargo, se resalta la diferencia del punto HIB-LSeca2 que presentó una distribución menos homogénea de la abundancia, debido a la dominancia del phylum Rotifera (Figura 7-237).

Handwritten blue ink notes and a circular stamp from the OEFA. The stamp contains the text: 'ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA - SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA'. There are several vertical lines and scribbles next to the stamp.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

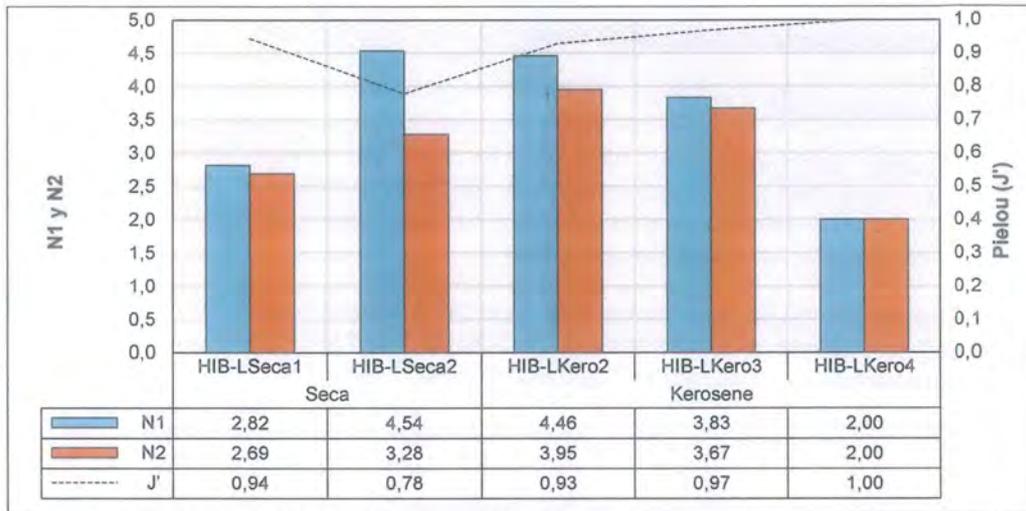


Figura 7-237. Diversidad alfa del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene

❖ Diversidad beta

En la Figura 7-238 se observa la formación de un grupo constituido por los puntos evaluados en las lagunas Seca (HIB-LSeca1 y HIB-LSeca2) y Kerosene (HIB-LKero2 y HIB-LKero3) con un 42 % de similitud; sin embargo, se destaca la reunión de los puntos ubicados en la laguna Kerosene y el punto HIB-LSeca1 pues presentaron un nivel de sociación de 69 % lo que demuestra una alta similitud en la cantidad de taxa comunes entre los puntos. Por otro lado, el punto HIB-LKero4 presento un nivel de asociación de 34 % con el grupo formado lo que sugiere una moderada similitud de las abundancias de los taxa del zooperifiton entre estos puntos (Figura 7-238).

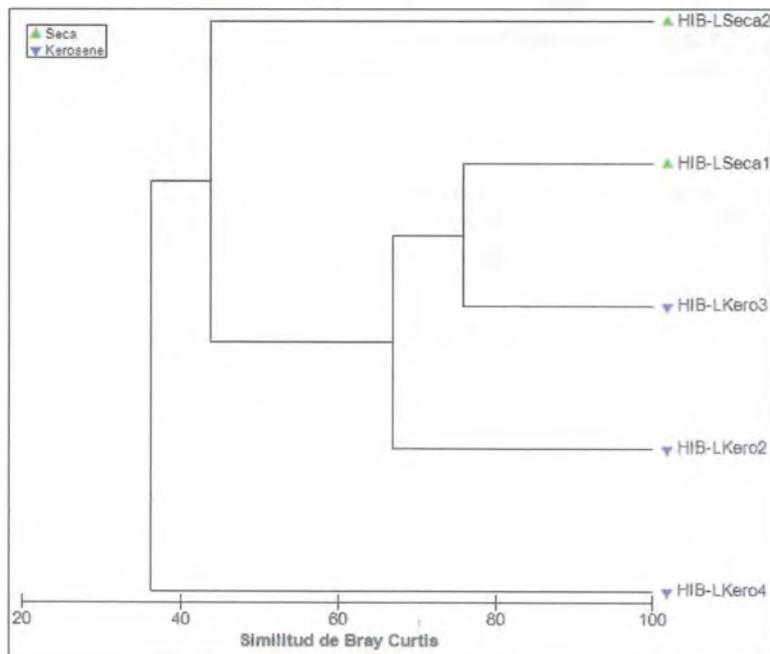


Figura 7-238. Diversidad beta del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene



Handwritten signature and blue arrows pointing upwards from the stamp area.



b.3.3. Macroinvertebrados bentónicos

❖ Composición y riqueza

Fueron encontrados un total de 14 taxa de macroinvertebrados bentónicos, distribuidos en 5 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HIB-LKero2, representado por 10 taxa, mientras que la menor riqueza al punto HIB-LSeca2, representado por 3 taxa.

Se detectaron variaciones de riqueza entre la laguna Seca y Kerosene, observándose en esta última la predominancia de órdenes de la clase no Insecta, seguidos por los órdenes Diptera y Coleoptera, principalmente (Figura 7-239).



Handwritten notes and signature in blue ink.

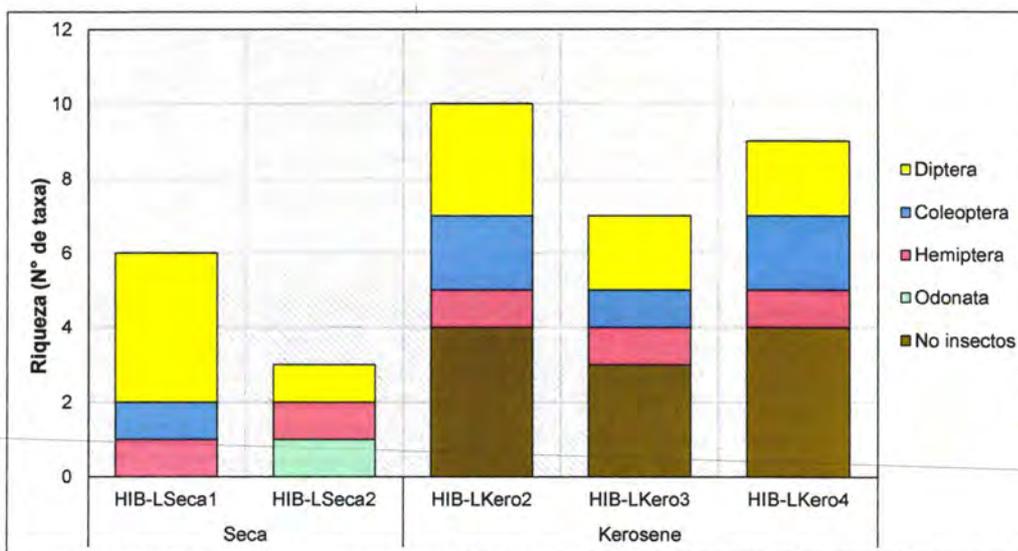


Figura 7-239. Composición y riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene

❖ Abundancia

Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HIB-LKero4, representado por 255 organismos, en tanto que la menor abundancia se encontró en el punto HIB-LSeca1, representado por 24 organismos. Se observó una amplia variación de abundancia entre los puntos de muestreo (Figura 7-240).

El orden más abundante en la laguna Seca fue Hemiptera, a diferencia de la laguna Kerosene donde el orden Diptera (HIB-LKero2) y órdenes de la clase no Insecta (HIB-LKero3 y HIB-LKero4) fueron los más abundantes (Figura 7-240).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

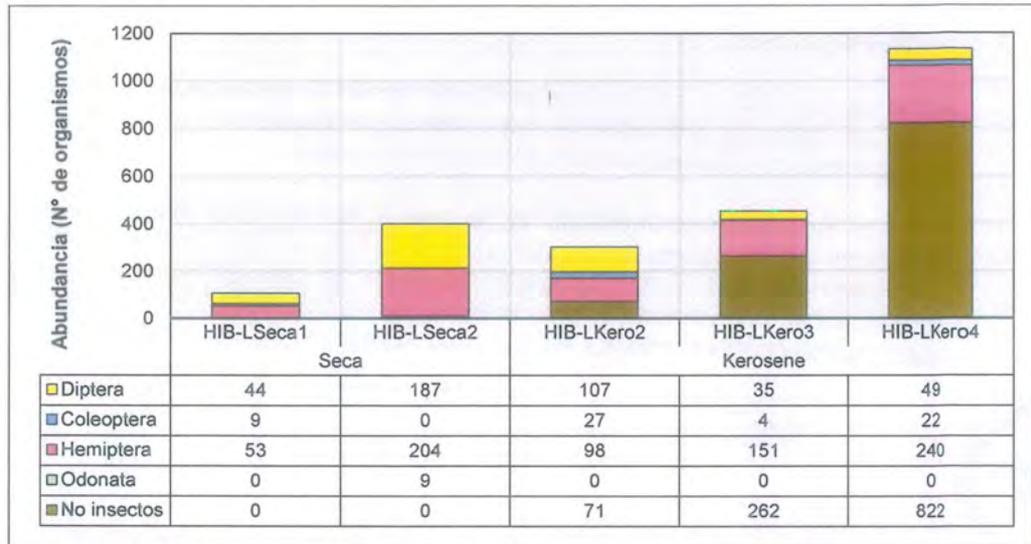


Figura 7-240. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene

❖ Diversidad alfa

Con respecto a los índices de diversidad alfa y equidad de Pielou (J'), los mayores valores se presentaron en el punto HIB-LKero2, mientras que los menores valores de diversidad alfa se encontraron en el punto HIB-LSeca2 y de equidad en HIB-LKero3. De acuerdo con los resultados, el punto HIB-LKero es el que presenta indicadores más altos de diversidad, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en este punto (Figura 7-241).

Además, se observa una distribución equitativa de la abundancia en el punto HIB-LKero2; a diferencia de HIB-LSeca2 que presentó una distribución regularmente homogénea de la abundancia, debido principalmente a la dominancia de órdenes de clases no Insecta (Figura 7-241).

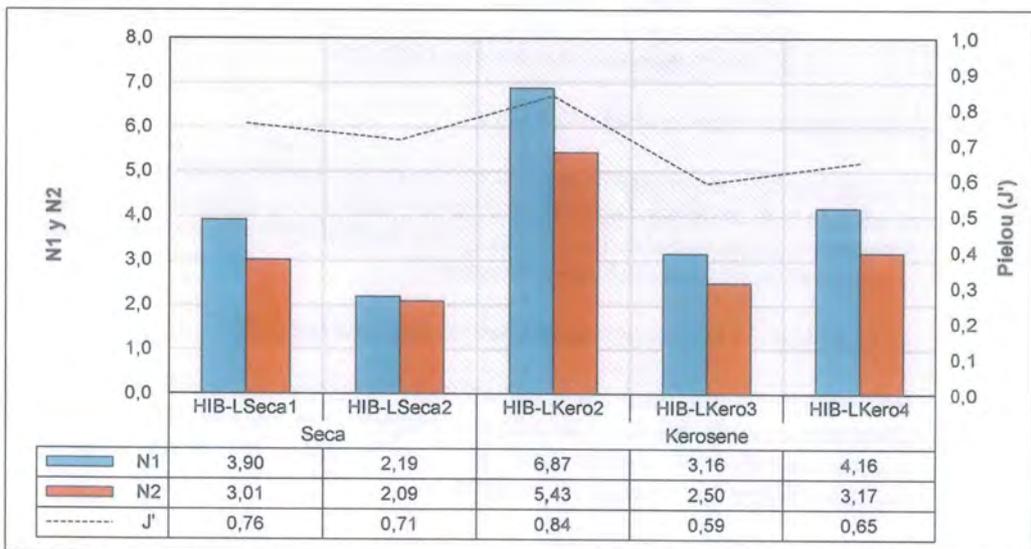


Figura 7-241. Diversidad alfa de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene



❖ Diversidad beta

En la Figura 7-242 se aprecia una asociación de 71 % entre los puntos evaluados en la laguna Kerosene (HIB-LKero2, HIB-LKero3 y HIB-LKero4) lo que demuestra una alta cantidad de taxa compartidos entre dichos puntos.

Por otro lado, el grupo formado por la laguna Kerosene se reúne con los puntos evaluados en la laguna Seca: HIB-LSeca1 y HIB-Lseca2 mostrando un nivel de asociación de 45% y 32 %, respectivamente, lo que demuestra una moderada similitud en la cantidad de taxa comunes de macroinvertebrados bentónicos entre estos puntos los encontrados en la laguna Kerosene (Figura 7-242).



15/04/2015

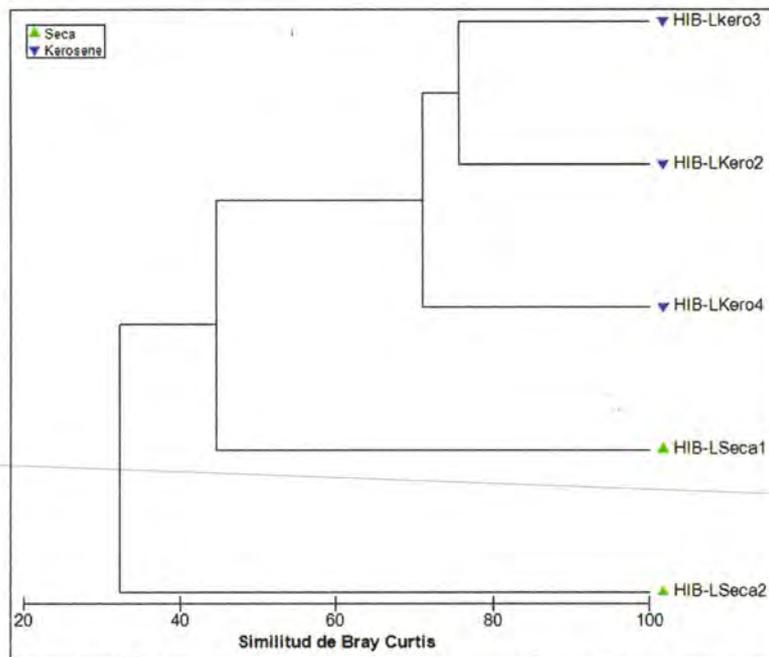


Figura 7-242. Diversidad beta de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene

7.4.7.2 Análisis en toda el área evaluada

A continuación, se presenta los resultados de la calidad ecológica de las quebradas y el estado trófico de las lagunas; así como, la relación o influencia de los parámetros ambientales (agua y sedimentos) sobre la distribución de las comunidades acuáticas, considerando toda el área de evaluación.

A. Evaluación de la calidad ecológica en las quebradas

En seguida se presenta los resultados de la calidad hidromorfológica en base a las características del hábitat y la calidad biológica en base a la presencia de especies de macroinvertebrados bentónicos en los cuerpos de agua evaluados, ambas componentes de la calidad ecológica.

**a.1. Calidad hidromorfológica**

En la Tabla 7-32, se presenta la evaluación de calidad hidromorfológica de las quebradas de las 3 microcuencas evaluadas, estimada a partir de la observación de 8 características hidromorfológicas: Estructura y naturalidad de la vegetación de ribera, continuidad de la ribera, conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje, presencia de basura y escombros, naturalidad del canal fluvial, composición del sustrato, regímenes de velocidad y profundidad del río, y elementos de heterogeneidad.

Se observa que la mayoría de puntos de muestreo presentaron una calidad hidromorfológica **moderada a buena**; sin embargo, también se identificaron puntos con calidad **mala** en las microcuencas de la quebrada Milpo y Kerosene, lo cual se hizo notorio en las quebradas Dos Colores, QD, Kerosene y Chamcas. Además, se reconocieron puntos con calidad **excelente** en la quebrada Yanacocha y Chupicario, como puede apreciarse.

Tabla 7-32. Calidad hidromorfológica en las 3 microcuencas evaluadas

Microcuenca de la quebrada	Quebrada	Punto de muestreo	Valor	Calidad hidromorfológica
Milpo	Dos Colores	HIB-LDCol2	19	Mala
		Milpo	HIB-QMilp1	28
	HIB-QMilp2		21	Moderada
	HIB-QMilp3		25	Moderada
	Muyoc		HIB-QMuy1	33
		HIB-QMuy2	23	Moderada
	Quinuacucho	HIB-QQuin1	31	Buena
		HIB-QQuin2	28	Moderada
Yanacocha	Yanacocha	HIB-QYana2	28	Moderada
		HIB-QYana1	39	Excelente
	Lipiac	HIB-QLipi1A	35	Buena
Kerosene	QD	HIB-QD1	11	Mala
		HIB-QD2	12	Mala
	Kerosene	HIB-QKero2	33	Buena
		HIB-QKero3	35	Buena
		HIB-QKero1	27	Moderada
		HIB-LKero1	19	Mala
	Chamcas	HIB-QCham1	13	Mala
		HIB-QCham2	28	Moderada
	Sin nombre	HIB-QSn2	29	Buena
		HIB-QSn3	30	Buena
Chupicario	HIB-QChup01	36	Excelente	

a.2. Calidad biológica

En la Tabla 7-33, se presenta la evaluación de calidad biológica de las quebradas de las 3 microcuencas evaluadas, usando el índice ABI, desarrollado sobre la base de la comunidad de macroinvertebrados. Se observa que la mayoría de puntos de muestreo presentaron una calidad biológica **mala a moderada**; sin embargo, también se identificaron puntos con calidad **buena** en las microcuencas de la quebrada Milpo y Kerosene, lo cual se hizo notorio en las quebradas Muyoc, Quinuacucho, Chamcas y sin nombre, como puede apreciarse.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 7-33. Calidad biológica según el índice ABI en las 3 microcuencas evaluadas

Microcuenca de la quebrada	Quebrada	Punto de muestreo	Valor	Calidad biológica
Milpo	Dos Colores	HIB-LDCol2	34	Moderada
	Milpo	HIB-QMilp1	23	Mala
		HIB-QMilp2	19	Mala
		HIB-QMilp3	42	Moderada
	Muyoc	HIB-QMuy1	72	Buena
		HIB-QMuy2	20	Mala
	Quinuacucho	HIB-QQuin1	48	Buena
		HIB-QQuin2	13	Mala
Yanacocha	Yanacocha	HIB-QYana2	23	Mala
		HIB-QYana1	28	Moderada
	Lipiac	HIB-QLipi1A	35	Moderada
Kerosene	QD	HIB-QD1	16	Mala
		HIB-QD2	30	Moderada
	Kerosene	HIB-QKero2	38	Moderada
		HIB-QKero3	20	Mala
		HIB-QKero1	29	Moderada
	Chamcas	HIB-LKero1	23	Mala
		HIB-QCham1	26	Mala
		HIB-QCham2	48	Buena
		Sin nombre	HIB-QSn2	49
	HIB-QSn3		24	Mala
Chupicario	HIB-QChup01	32	Moderada	

a.3. Calidad ecológica

En la Tabla 7-34, se presenta la evaluación de calidad ecológica de las quebradas de las 3 microcuencas evaluadas, usando el Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de los ríos andinos (CERA-S), desarrollado sobre la base del índice de calidad hidromorfológica y el índice biótico de la calidad biológica antes descritos.

Se observa que la mayoría de puntos de muestreo presentaron una calidad biológica **mala a moderada**; sin embargo, también se identificaron puntos con calidad **buena** en las microcuencas de la quebrada Milpo y Kerosene, lo cual se hizo notorio en las quebradas Muyoc, Quinuacucho y sin nombre, como puede apreciarse.

Tabla 7-34. Calidad ecológica según el protocolo CERA-S en las 3 microcuencas evaluadas

Microcuenca de la quebrada	Quebrada	Punto de muestreo	Calidad hidromorfológica	Calidad biológica	Calidad ecológica
Milpo	Dos Colores	HIB-LDCol2	Mala	Moderada	Moderada
	Milpo	HIB-QMilp1	Moderada	Mala	Mala
		HIB-QMilp2	Moderada	Mala	Mala
		HIB-QMilp3	Moderada	Moderada	Moderada
	Muyoc	HIB-QMuy1	Buena	Buena	Buena
		HIB-QMuy2	Moderada	Mala	Mala
	Quinuacucho	HIB-QQuin1	Buena	Buena	Buena



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Microcuenca de la quebrada	Quebrada	Punto de muestreo	Calidad hidromorfológica	Calidad biológica	Calidad ecológica
Yanacocha	Yanacocha	HIB-QQuin2	Moderada	Mala	Mala
		HIB-QYana2	Moderada	Mala	Mala
		HIB-QYana1	Excelente	Moderada	Moderada
Kerosene	QD	HIB-QLipi1A	Buena	Moderada	Moderada
		HIB-QD1	Mala	Mala	Mala
	Kerosene	HIB-QD2	Mala	Moderada	Moderada
		HIB-QKero2	Buena	Moderada	Moderada
		HIB-QKero3	Buena	Mala	Mala
		HIB-QKero1	Moderada	Moderada	Moderada
	Chamcas	HIB-LKero1	Mala	Mala	Mala
		HIB-QCham1	Mala	Mala	Mala
	Sin nombre	HIB-QCham2	Moderada	Buena	Moderada
		HIB-QSn2	Buena	Buena	Buena
Chupicario	HIB-QSn3	Buena	Mala	Mala	
	HIB-QChup01	Excelente	Moderada	Moderada	

B. Evaluación del estado trófico de las lagunas

En esta evaluación se determinó el estado trófico de las lagunas Muyoc, Yanacocha y Kerosene a partir de la concentración del fósforo total y la clorofila a, usándose el índice de estado trófico (IET), el cual varía entre 0 (oligotrófico) y 100 (hipereutrófico) (Tabla 6-27).

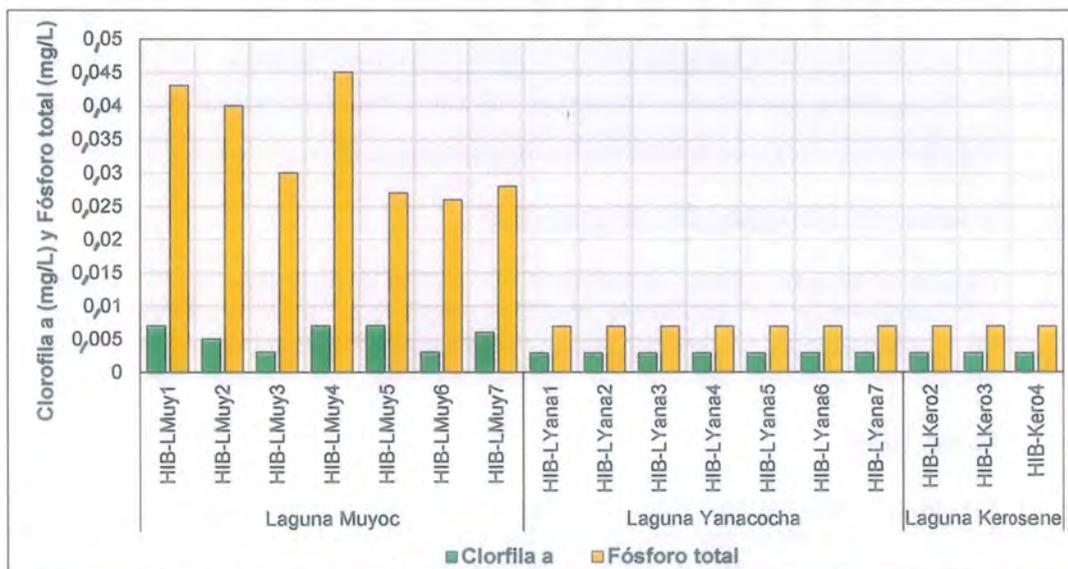


Figura 7-243. Concentración del fósforo total y la clorofila a en las lagunas Muyoc, Yanacocha y Kerosene

Se puede observar que la laguna Muyoc presenta altas concentraciones de fósforo total en comparación a las lagunas Yanacocha y Kerosene donde estuvo por debajo de límite de cuantificación (< 0,007 mg/L). De igual forma, la clorofila a presentó concentraciones por debajo del límite de cuantificación (< 0,003 mg/L) en estas



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

lagunas a diferencia de la laguna Muyoc donde superó este límite; sin embargo, sólo se aprecia una ligera diferencia en estas lagunas con respecto a este parámetro (Figura 7-243).

En cuanto al IET, se observa que todos los puntos de muestreo evaluados en las lagunas Muyoc, Yanacocha y Kerosene presentan un estado trófico del tipo mesotrófico para el índice basado en la concentración del fósforo total; así como, para el índice basado en la concentración de la clorofila a (Figura 7-244).

Sin embargo, cabe resaltar que los puntos de muestreo evaluados en las lagunas Yanacocha y Kerosene presentan valores del índice de estado trófico cercanos a 30 en base al fósforo total lo cual los clasificaría como lagunas en estado oligotrófico. Mientras que, los puntos evaluados en la laguna Muyoc presentan valores del índice entre 50 y 60 lo cual los ubica próximos a lagunas clasificadas en estado eutrófico (Figura 7-244).



Handwritten signature and notes in blue ink

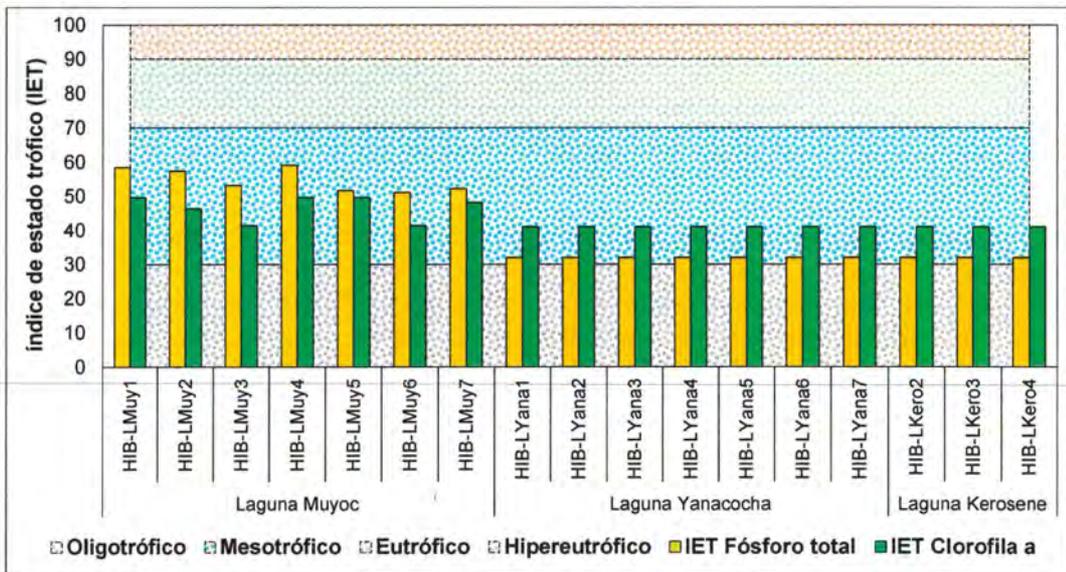


Figura 7-244. Índice de estado trófico de las lagunas Muyoc, Yanacocha y Kerosene

C. Análisis de correspondencia canónica

Para el análisis de correspondencia canónica (ACC) se trabajó con los metales totales y los parámetros fisicoquímicos retenidos luego de la selección de variables detallada en la metodología. A continuación, se presenta los resultados del análisis de los puntos de muestreo evaluados en quebradas y lagunas, respectivamente.

c.1. Quebradas

En las quebradas fueron evaluadas las comunidades hidrobiológicas del perifiton y los macroinvertebrados bentónicos, donde del total de variables ambientales de agua superficial, se utilizaron 6 metales totales (Al, Ca, Cu, Fe, Mg y P) y 4 parámetros físico-químicos (Conductividad eléctrica, bicarbonatos, sulfatos y sólidos disueltos totales) para el análisis. En seguida se presentan los resultados para cada comunidad evaluada.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

c.1.1. Perifiton

De acuerdo al ACC realizado (Figura 7-245), los 2 primeros ejes explican en un 92% la varianza de la distribución del perifiton respecto a las variables ambientales ($p = 0,038$). Donde el primer eje explicó el 82% (autovalor = 0,714) de la variación de los datos mientras que el segundo eje explicó un adicional 10% (autovalor = 0,09).

El ACC no mostró agrupaciones respecto a las microcuencas evaluadas o a la calidad ecológica determinada en base a los macroinvertebrados bentónicos; sin embargo, separó los puntos de muestreo de acuerdo a la dominancia de los phylum y a la influencia de las variables ambientales, observándose relación entre puntos de calidad ecológica moderada (HIB-QMilp3, HIB-QCham2) y buena (HIB-QMuy1) con el phylum Cyanobacteria debido a la alta abundancia de este phylum en estos puntos (Figura 7-245).

Asimismo, se observó la relación de los puntos de mala calidad ecológica (HIB-QCham1, HIB-QSN-3 y HIB-LKero1) con Charophyta; así como, puntos de buena calidad (HIB-QQuin1 y HIB-Qs/n2) y de calidad moderada (HIB-QKero2 y HIB-QLipi1A) con los phylum Chlorophyta, Rotifera, Cercozoa y Ochrophyta (Figura 7-245).



Handwritten signature in blue ink

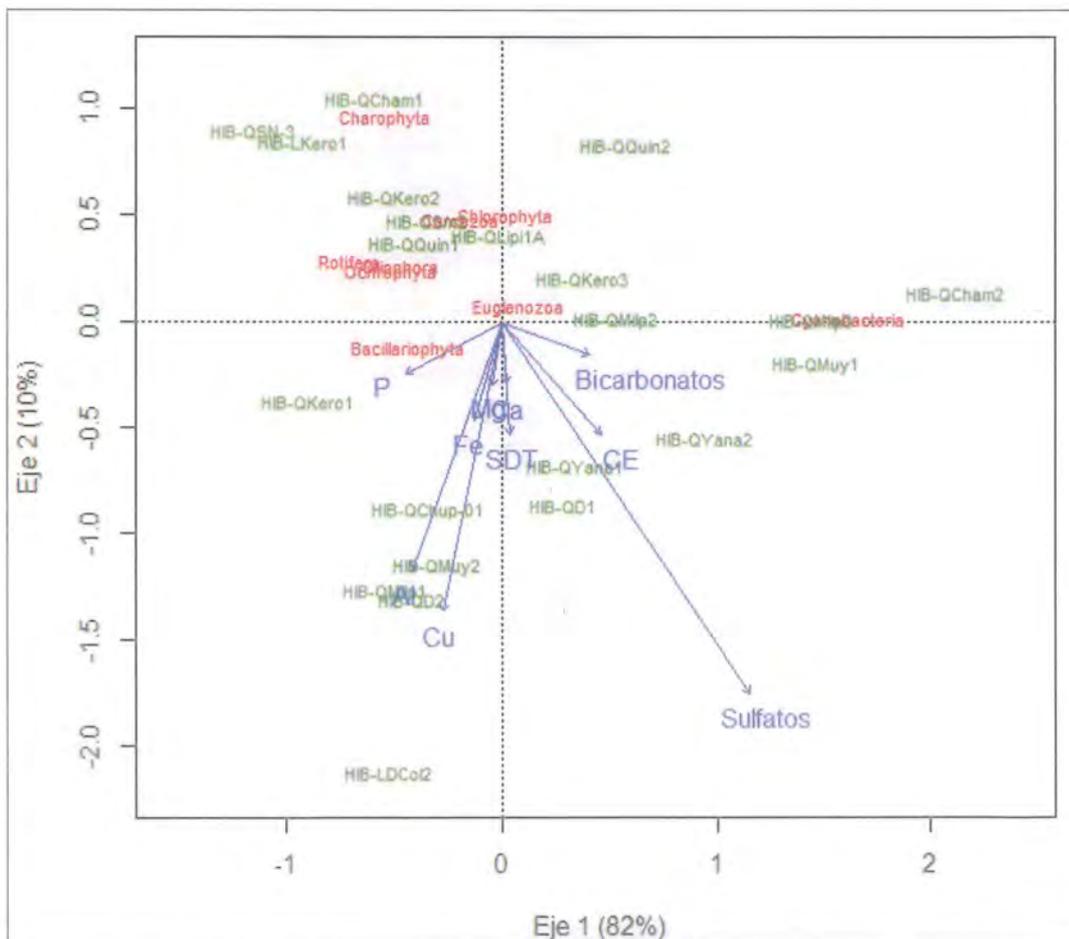


Figura 7-245. Análisis de correspondencia canónica (ACC) del perifiton en las quebradas de toda el área evaluada



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Respecto al phylum Bacillariophyta, no presentó una asociación específica con algunos puntos debido a que fue el phylum más dominante en la mayoría de los puntos de muestreo. Los cuerpos de agua también fueron separados de acuerdo a las características del agua; con altas concentraciones de bicarbonatos y altos valores de conductividad eléctrica (CE) en los puntos asociados al phylum Cyanobacteria; altas concentraciones de sulfatos en HIB-QD1; altas concentraciones de cobre, aluminio y Fe en HIB-LDCo2, HIB-QD2, QMilp1, HIB-QMuy2 y HIB-QChup-01. Además, se observó la influencia del fósforo sobre los puntos ubicados en el lado izquierdo, como HIB-QKero1 (Figura 7-245).

c.1.2. Macroinvertebrados bentónicos

De acuerdo al ACC realizado (Figura 7-246), los 2 primeros ejes explican en un 51% la varianza de la distribución de los macroinvertebrados bentónicos respecto a las variables ambientales ($p = 0,031$). Donde el primer eje explicó el 28% (autovalor = 0,651) de la variación de los datos mientras que el segundo eje explicó un adicional 23% (autovalor = 0,521).



Handwritten signature and date '2014' in blue ink.

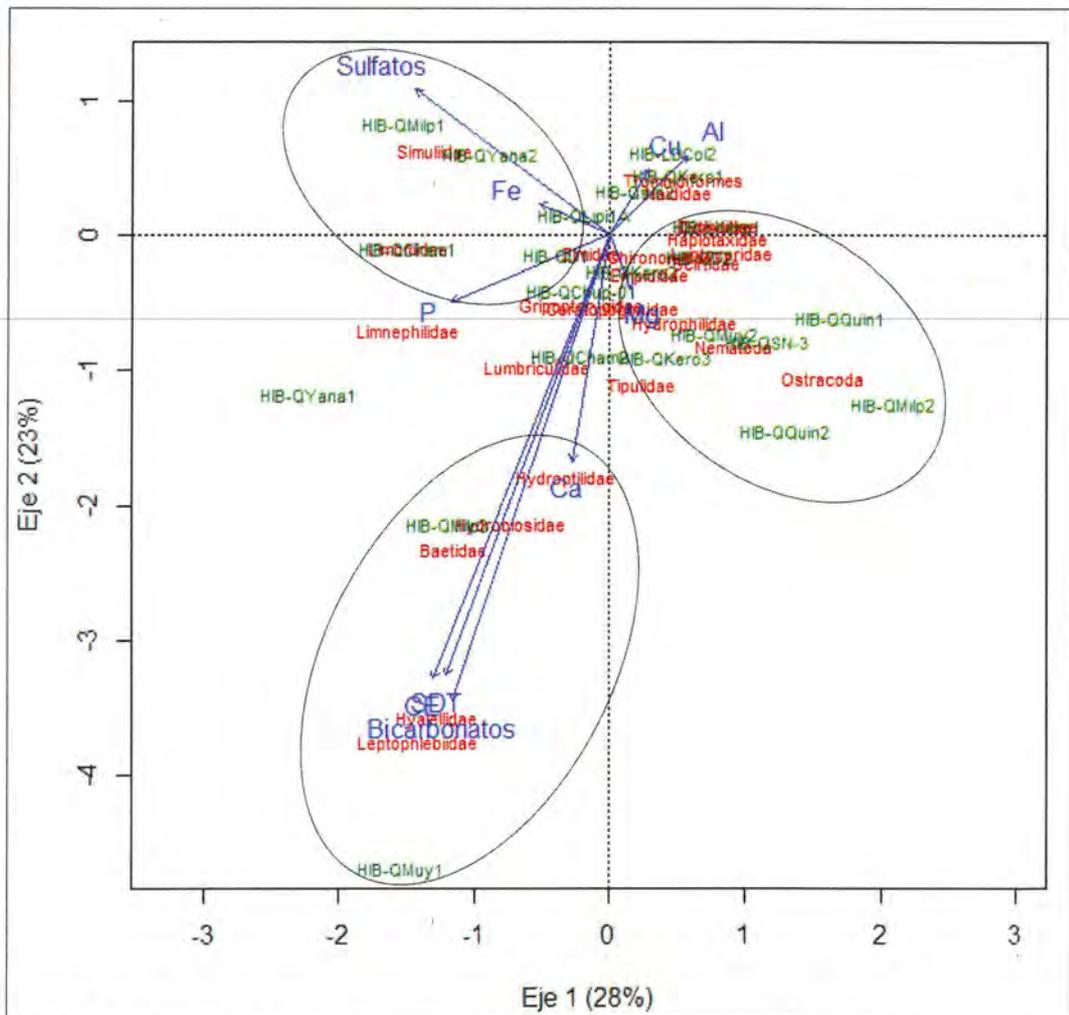


Figura 7-246. Análisis de correspondencia canónica (ACC) de los macroinvertebrados bentónicos en las quebradas de toda el área evaluada

El ACC separó algunos grupos en base a la calidad ecológica que presentaron los puntos de muestreo; el primer grupo relacionó a los puntos de mala calidad (HIB-



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

QMilp1, HIB-QYana2, HIB-QCham1 y HIB-QD1) asociados a familias como Limoniidae y Simuliidae; el segundo, agrupó a los puntos también de mala calidad (HIB-QKero3, HIB-QMuy2, HIB-QSN-3, HIB-QQuin2, HIB-QMilp2 y HIB-LKero1) asociados a las familias Scirtidae, Ostracoda y Chironomidae, excepto por HIB-QQuin1 que presentó organismos de la familia Leptoceridae, característicos de ambientes con buena calidad; sin embargo, pertenece a este grupo junto a HIB-QD2 (calidad moderada) debido a la alta abundancia de organismos de la familia Chironomidae encontrados en ambos puntos (Figura 7-246).

El tercer grupo reunió al punto de buena calidad HIB-QMuy1 y al de calidad moderada HIB-QMilp3 debido a que ambos puntos presentaron organismos de las familias Leptophlebiidae, Hyalellidae, Baetidae, Hydrobiosidae y Hydroptilidae, características de ambientes acuáticos saludables. Finalmente, el resto de puntos ubicados cerca al origen presentaron calidad ecológica moderada, excepto HIB-Qs/n2 (calidad buena), debido a la presencia de familias como Gripopterygidae y Chironomidae, representantes de ambientes de excelente y mala calidad biológica, respectivamente (Figura 7-246).

Los cuerpos de agua también fueron separados de acuerdo a las características del agua; con altas concentraciones de hierro y sulfatos en el primer grupo donde se encontraron los puntos de mala calidad ecológica; además, se observó una ligera influencia del magnesio sobre el segundo grupo que reunió a los puntos generalmente de mala calidad. Por otro lado, el tercer grupo presentó altas concentraciones de bicarbonatos, sólidos disueltos totales y calcio; así como, altos valores de conductividad eléctrica. Puntos como HIB-QYana2 presentaron ligeras influencias de fósforo. También, se observó altas concentraciones de aluminio y cobre en puntos de calidad moderada como HIB-QKero1 y HIB-LDCol2 (Figura 7-246).

c.2. Lagunas

En las lagunas La Rinconada, Dos Colores, Milpo, Muyoc, Yanacocha, Seca y Kerosene fueron evaluadas las comunidades hidrobiológicas del plancton, perifiton y macroinvertebrados bentónicos. Del total de variables ambientales de agua superficial medidas, se utilizaron 6 metales totales (Al, Ca, Cu, Fe, Mg y P) y 4 parámetros físico-químicos (Conductividad eléctrica, bicarbonatos, sulfatos y sólidos disueltos totales) para la evaluación del plancton, perifiton y macroinvertebrados bentónicos colectados en la orilla.

Por otro lado, para la evaluación de los macroinvertebrados bentónicos colectados en el interior y/o orilla de las lagunas Kerosene, Muyoc y Yanacocha se utilizaron 10 metales totales (Mo, Cu, Pb, Zn, As, Ni, Be, Fe, Al y Mn) registrados en el sedimento.

c.2.1. Plancton

De acuerdo al ACC realizado (Figura 247), los 2 primeros ejes explican en un 81% la varianza de la distribución del plancton respecto a las variables ambientales (p = 0,001). Donde el primer eje explicó el 54% (autovalor = 0,623) de la variación de los datos mientras que el segundo eje explicó un adicional 27% (autovalor = 0,318).

El ACC separó las lagunas, el primer grupo relacionó a todos los puntos evaluados en la laguna Muyoc (HIB-LMuy1, HIB-LMuy2, HIB-LMuy3, HIB-LMuy4, HIB-LMuy5, HIB-LMuy6 y HIB-LMuy7) asociados a los taxa Nematoda, Cyanobacteria, Rotifera, Ciliophora y Euglenozoa; el segundo, agrupó a los puntos evaluados en la laguna Seca (HIB-LSeca1 y HIB-LSeca2) asociados a las taxa Charophyta y Tardigrada; y el





«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

tercer grupo reunió a todos los puntos evaluados en la laguna Kerosene (HIB-LKero2, HIB-LKero3 y HIB-LKero4) asociados al phylum Bacillariophyta (Figura 7-247).

Por otro lado, los puntos evaluados en las lagunas La Rinconada, Dos Colores, Milpo y Yanacocha no presentaron una distribución por laguna al mantenerse todos juntos. Las lagunas evaluadas también fueron separadas de acuerdo a las características del agua; con altas concentraciones de bicarbonatos, calcio, magnesio, fósforo, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales en la laguna Muyoc; altas concentraciones de cobre, sulfatos y aluminio en las lagunas La Rinconada, Dos Colores, Milpo, Yanacocha y Kerosene; mientras que, la laguna Seca estuvo influenciada por el hierro y el aluminio (Figura 7-247).



Handwritten signature in blue ink

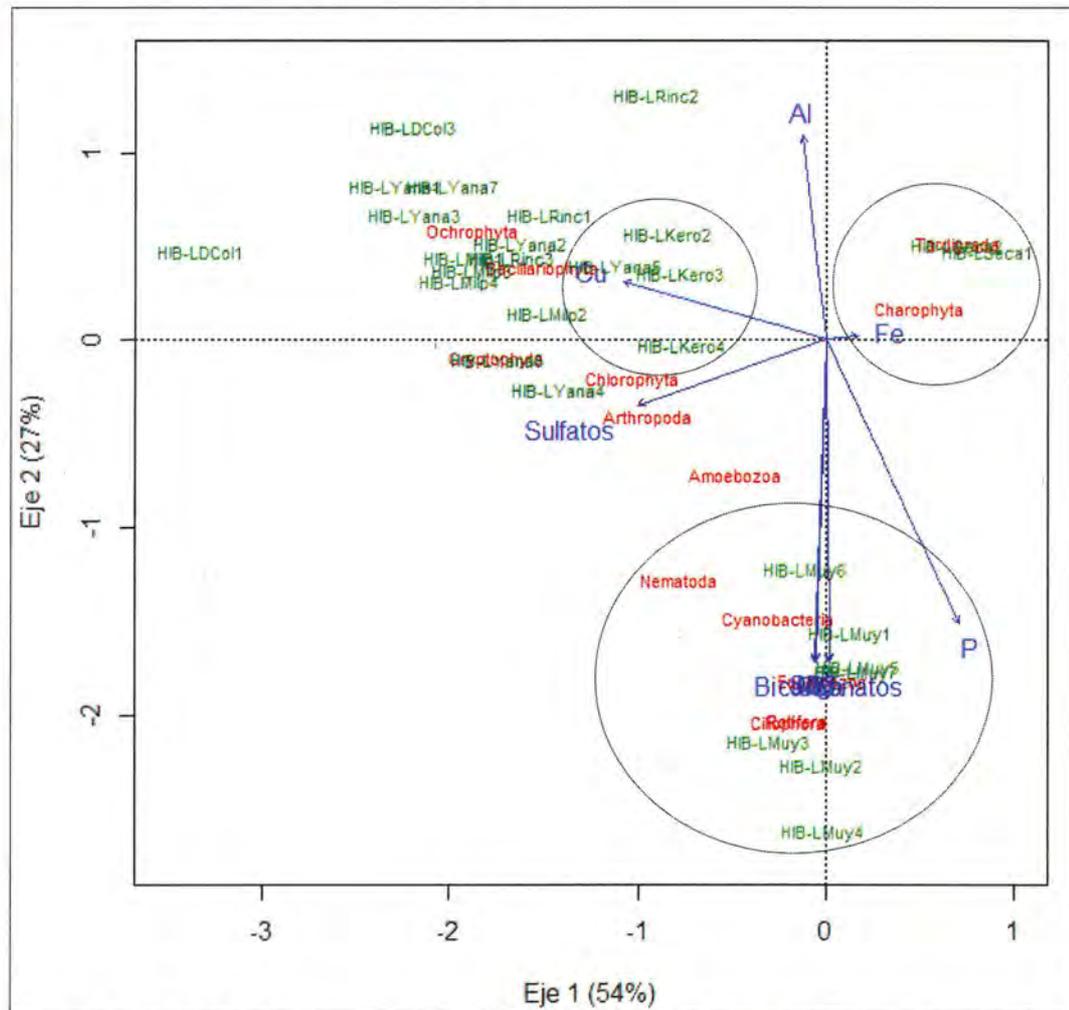


Figura 7-247. Análisis de correspondencia canónica (ACC) del plancton en las lagunas de toda el área evaluada

c.2.2. Perifiton

De acuerdo al ACC realizado (Figura 7-248), los 2 primeros ejes explican en un 90,92% la varianza de la distribución del perifiton respecto a las variables ambientales (p = 0,001). Donde el primer eje explicó el 73,47% (autovalor = 0,795) de la variación de los datos mientras que el segundo eje explicó un adicional 17,45% (autovalor = 0,189).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

El ACC separó las lagunas, el primer grupo relacionó a todos los puntos evaluados en la laguna Muyoc (HIB-LMuy1, HIB-LMuy2, HIB-LMuy3 y HIB-LMuy4) asociados al phylum Euglenozoa que presentó la mayor abundancia en esta laguna; el segundo, agrupó a los puntos evaluados en la laguna Seca (HIB-LSeca1 y HIB-LSeca2), Kerosene (HIB-LKero2, HIB-LKero3 y HIB-LKero4) y al punto HIB-LRinc1 (laguna La Rinconada) asociados a los taxa Chlorophyta, Charophyta, Ciliophora, Arthropoda y Amoebozoa (Figura 7-248).

En cuanto al tercer grupo, se observa a los puntos evaluados en la laguna La Rinconada (HIB-LRinc2 y HIB-LRinc3) quienes estuvieron asociados al phylum Cyanobacteria. Por otro lado, los puntos evaluados en las lagunas Dos Colores, Milpo y Yanacocha estuvieron asociados a los taxa Bacillariophyta, Ochrophyta y Cercozoa. Las lagunas también fueron separadas de acuerdo a las características del agua; con altas concentraciones de bicarbonatos, calcio, magnesio, fósforo, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales en la laguna Muyoc, Seca y Kerosene; y altas concentraciones de cobre, sulfatos y aluminio en las lagunas Dos Colores, Milpo y Yanacocha (Figura 7-248).



24/2/2014

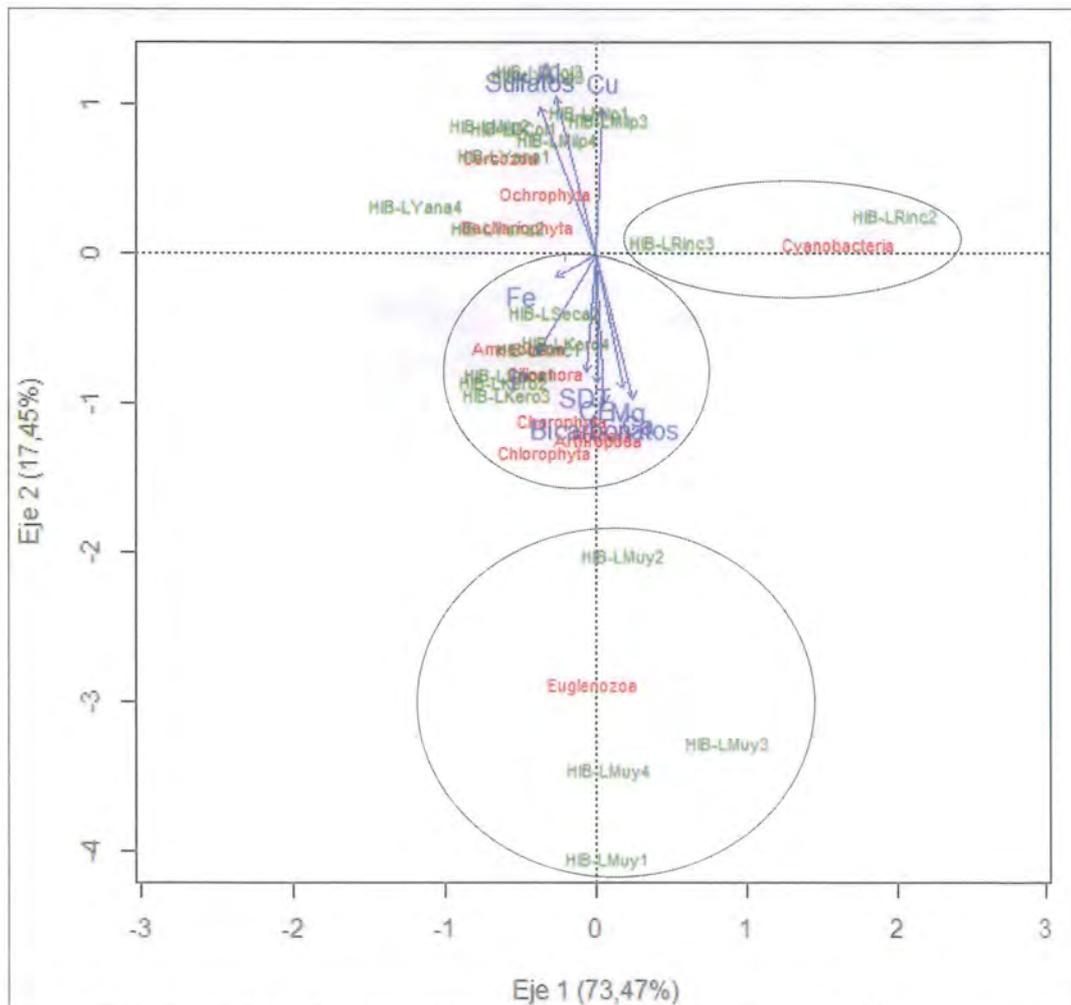


Figura 7-248. Análisis de correspondencia canónica (ACC) del perifiton en las lagunas de toda el área evaluada



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

c.2.3. Macroinvertebrados bentónicos

De acuerdo al ACC realizado para los puntos evaluados en la orilla de las lagunas La Rinconada, Dos Colores, Milpo, Muyoc, Yanacocha, Seca y Kerosene (Figura 7-249); los 2 primeros ejes explican en un 50% la varianza de la distribución de los macroinvertebrados bentónicos respecto a las variables ambientales ($p = 0,033$).

Donde el primer eje explicó el 27% (autovalor = 0,446) de la variación de los datos mientras que el segundo eje explicó un adicional 23% (autovalor = 0,371). El ACC separó los puntos evaluados en la laguna Muyoc (HIB-LMuy1, HIB-LMuy2, HIB-LMuy3 y HIB-LMuy4) del resto de puntos que no presentaron agrupaciones claras entre sí; sin embargo, el punto HIB-LYana3 (laguna Yanacocha) siguió la tendencia del único grupo identificado (Figura 7-249).

Los puntos evaluados en la laguna Muyoc y el punto HIB-LYana3 se encuentran asociados a familias como Haplotoxidae, Sphaeriidae y Simuliidae; así mismo, tienen influencia de parámetros como conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (SDT), magnesio (Mg), calcio (Ca), bicarbonatos y fósforo (P). Por otro lado, el resto de puntos se relacionan a otras familias y están bajo influencia de parámetros como cobre (Cu), aluminio (Al) y sulfatos (Figura 7-249).



Eje 2 (23%)

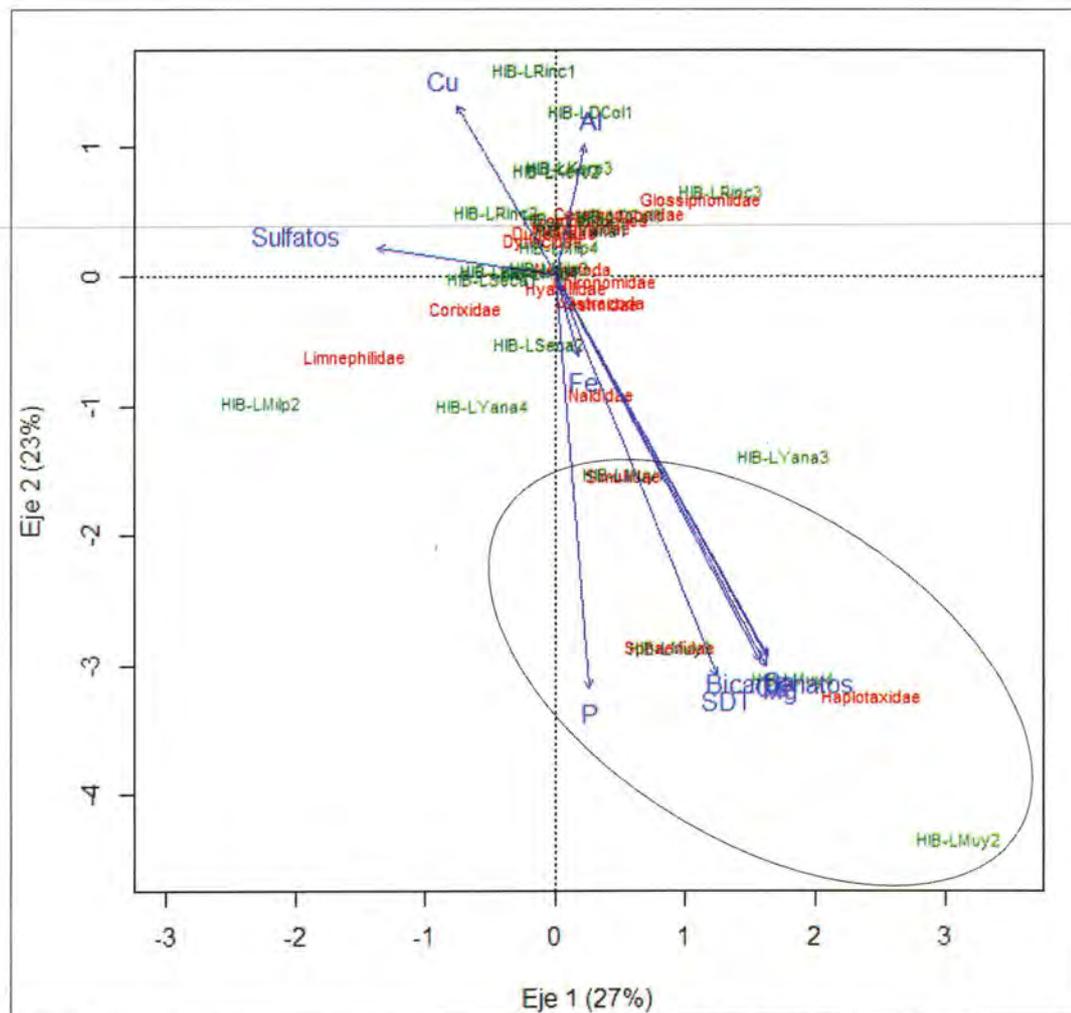


Figura 7-249. Análisis de correspondencia canónica (ACC) de los macroinvertebrados bentónicos en la orilla de las lagunas de toda el área evaluada



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

De acuerdo al ACC realizado para los puntos evaluados en la orilla y/o interior de las lagunas Kerosene, Muyoc y Yanacochoa (Figura 7-250), los 2 primeros ejes explican en un 59% la varianza de la distribución de los macroinvertebrados bentónicos respecto a las variables ambientales ($p = 0,011$).

Donde el primer eje explicó el 34% (autovalor = 0,707) de la variación de los datos mientras que el segundo eje explicó un adicional 25% (autovalor = 0,523). El ACC separó 3 grupos, el primero asoció los puntos evaluados en la laguna Kerosene (HIB-LKero2, HIB-LKero3 y HIB-LKero4) y el punto HIB-LYana5 (laguna Yanacochoa), que estuvieron relacionados a los taxa: Dytiscidae, Nematoda, Trombidiformes y Corixidae; además, estuvieron influenciados por parámetros como Cu y Mo (Figura 7-250).

El segundo grupo estuvo formado por los puntos evaluados en las lagunas Muyoc (HIB-LMuy1, HIB-LMuy3, HIB-LMuy4, HIB-LMuy5 y HIB-LMuy7) y Yanacochoa (HIB-LYana6 y HIB-LYana7), los que estuvieron asociados a los taxa: Dugesidae, Ostracoda, Naididae, Hyalelidae y Chironomidae, principalmente. Así mismo, estos puntos estuvieron bajo influencia de parámetros como Zn, As, Ni, Be, Fe y Al. Finalmente, el tercer grupo estuvo formado por los puntos HIB-LMuy2 y HIB-LMuy6 (ambos en la laguna Muyoc), estuvieron relacionados al taxa Haptotaxidae y bajo influencia de parámetros como el Mn (Figura 7-250).



Handwritten signature and date '2014' in blue ink.

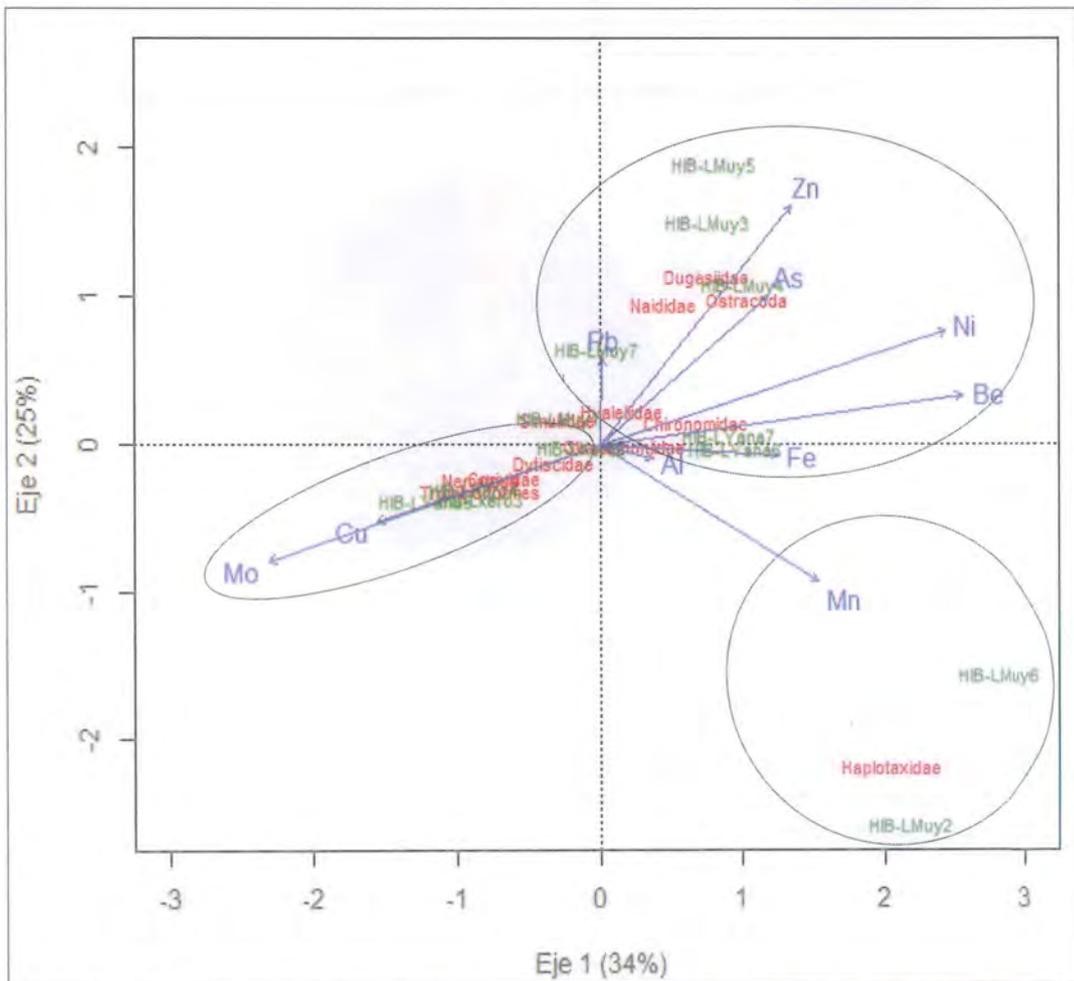


Figura 7-250. Análisis de correspondencia canónica (ACC) de los macroinvertebrados bentónicos en el interior y orilla de las lagunas Kerosene, Muyoc y Yanacochoa.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

7.4.6 Flora Silvestre

7.4.7.1 Composición florística

a. Composición florística en el área de estudio

En los ecosistemas frágiles (en adelante EF) ubicados dentro del área de influencia del PM El Galeno, se han identificado 261 especies de plantas vasculares agrupadas en 4 clases, 62 familias botánicas y 164 géneros (Anexo H.2).

La clase Magnoliopsida (Angiospermas) representó el grupo dominante con 196 especies (75 %), seguida de la clase Liliopsida (Angiospermas) con 47 especies (18 %). Una menor diversidad presentó la clase Polypodiopsida (Helechos) con 17 especies (6,5 %) y la clase Equisetopsida con una (1) especie (0,4 %) (Tabla 7-35 y Figura 7-251).

Tabla 7-35. Número de familias, géneros y especies por cada clase registradas en los EF del PM El Galeno

Clase	Familia	Género	Especie
Liliopsida	8	30	47
Magnoliopsida	44	120	196
Polypodiopsida	9	13	17
Equisetopsida	1	1	1

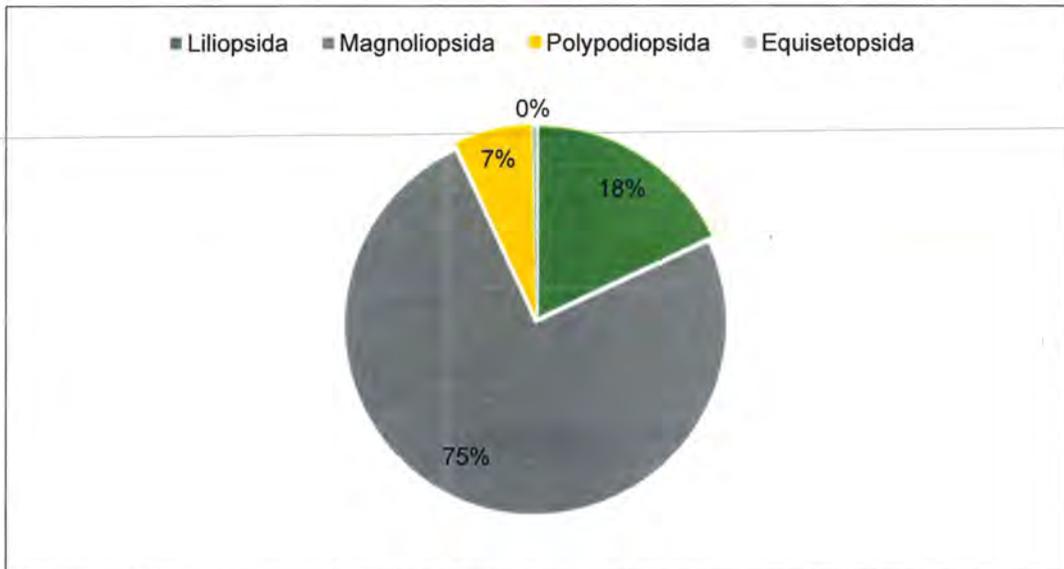


Figura 7-251. Porcentaje de especies por clase registradas en los EF del PM El Galeno

Las familias más diversas fueron Asteraceae con 59 especies agrupadas en 32 géneros, Poaceae (14/8) y Rosaceae (11/5). En conjunto, solo estas 3 familias agruparon el 32,18 % del total de especies, siendo más de la tercera parte del total de especies presentes en el área de estudio y en general son las más frecuentes en las áreas altoandinas.

Entre otras familias se destacan: Caryophyllaceae, Orchidaceae, Cyperaceae y Apiaceae con 9, 8, 8 y 8 especies, respectivamente. Además, entre estas 10 familias se agrupa el 51,72 % de especies registradas en el área (Figura 7-252 y 7-253).



ENTREVISTA



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and notes in blue ink on the left margin.

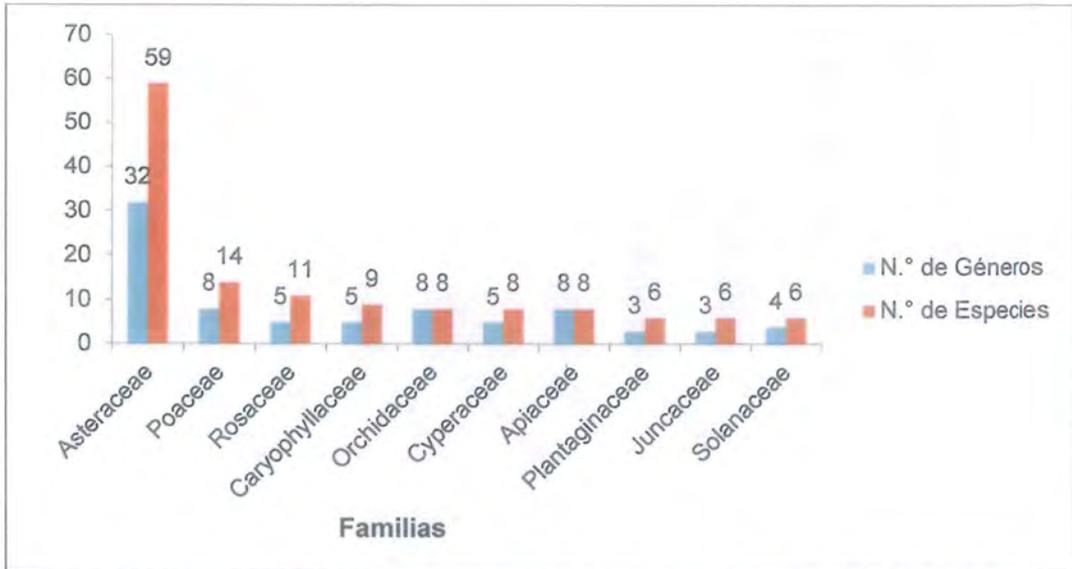


Figura 7-252. Familias más diversas, indicando número de géneros y especies registradas en los EF del PM El Galeno

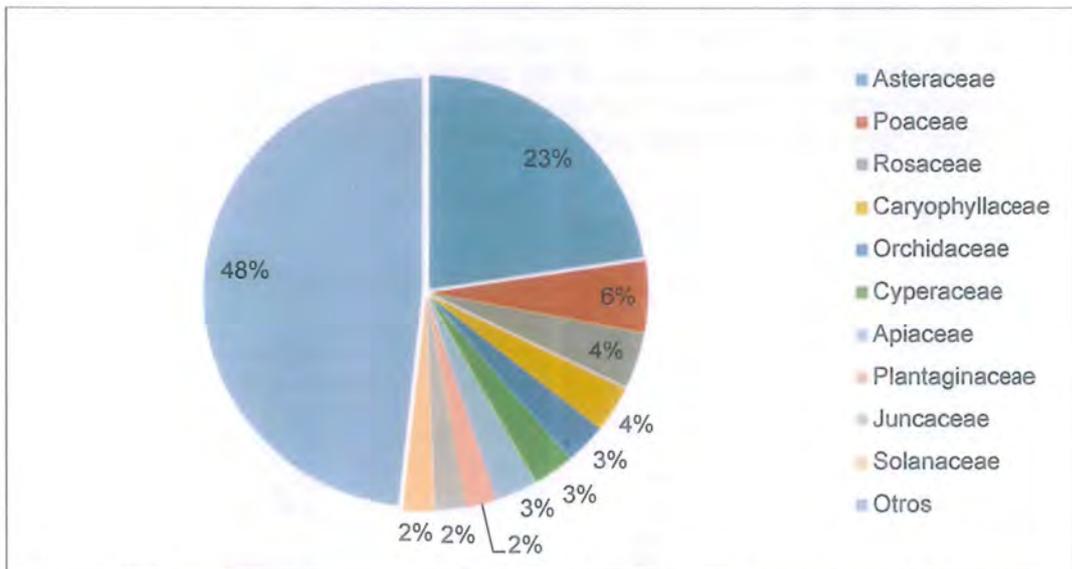


Figura 7-253. Familias con mayor porcentaje de especies. Por encima del 2% de especies registradas en los EF del PM El Galeno

Los géneros con mayor número de especies fueron *Senecio* con 9 (09) especies y *Baacharis* (5), ambos géneros pertenecientes a la familia Asteraceae, seguida de *Bomarea*, *Calceolaria* y *Carex*, pertenecientes a las familias Alstromeriaceae, Calceolariaceae y Cyperaceae, respectivamente. Estas familias se caracterizan por ser las más diversas en el Perú y encontradas con mayor frecuencia en los andes.

Entre otros géneros registrados tenemos a *Lachemilla*, *Solanum* y *Werneria* con 4 especies cada una. Los 10 géneros agrupan el 18.39% de las especies (Figura 7-254), lo que sugiere que el área estudio tiene una variabilidad importante respecto al número de géneros registrados.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



GALENO

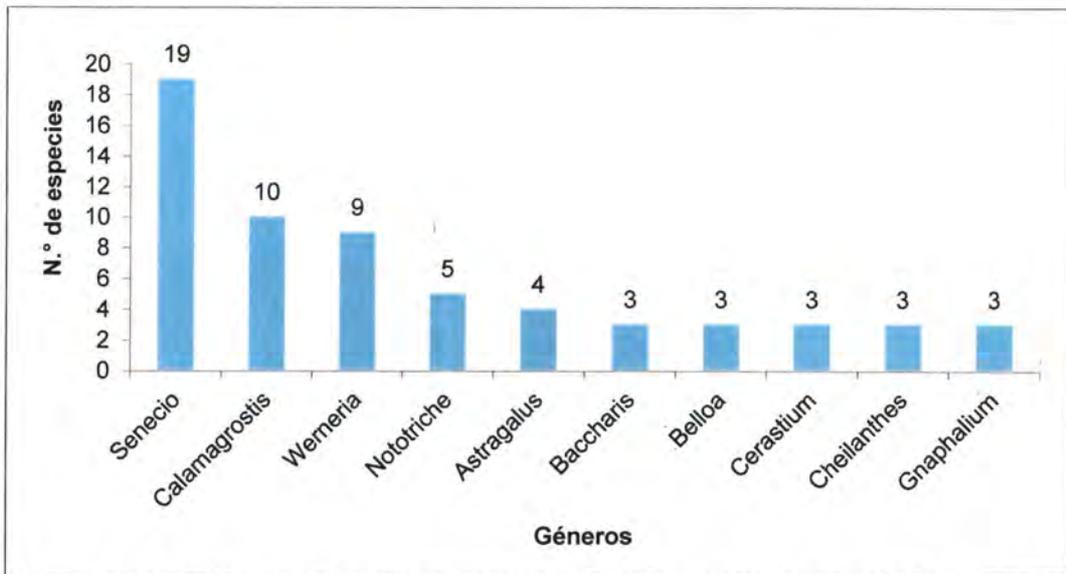


Figura 7-254. Géneros con mayor número de especies registradas en los EF del PM El Galeno

Cabe resaltar que las especies de crecimiento herbáceo fueron las más comunes en el en el área de estudio (EF), agrupando 177 especies (67,8 %) del total de las especies registradas, seguidas de los arbustos con 64 especies (24,5 %). Entre las menos frecuentes se encontraron las formas de crecimiento escandente y arbórea con 16 (6,1 %) y 4 (1,5 %) especies respectivamente (Figura 7-255).

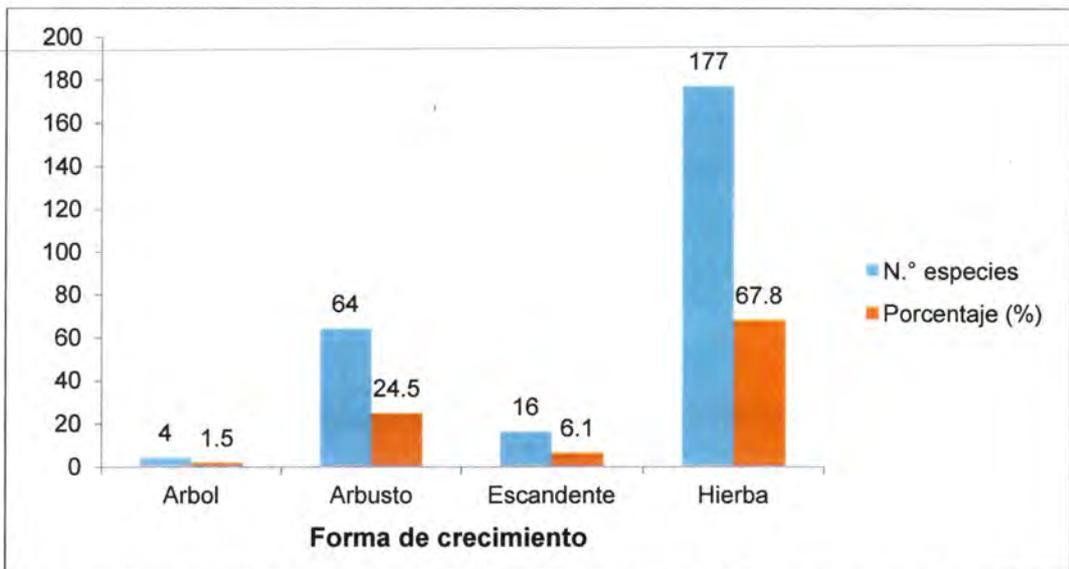


Figura 7-255. Formas de crecimiento de la flora vascular registrada en los EF del PM El Galeno

b. Composición florística por formación vegetal

b.1. Bofedal (humedal altoandino)

Esta formación vegetal hidromórfica constituye una vegetación herbácea característica de origen generalmente natural, se presenta en los andes sobre suelos



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

planos o ligeramente inclinados, permanentemente inundados o saturados de agua corriente con vegetación densa.

Esta fisonomía correspondió a herbazales de 1 a 1,5 metros entremezclados con arbustos de 1 a 3 metros con individuos emergentes de 4 a 4,5 metros. Las especies botánicas presentes asemejan al ecosistema Jalca, que combinan especies tanto del Páramo como con la Puna Húmeda, en ella posee riqueza de endemismos de los géneros *Agrostis*, *Poa*, *Festuca*, *Arcytophyllum*, entre otros.

Por ello, cumplen un rol importante en la ecología altoandina, como hábitat de muchas especies de plantas y animales; así como, importante fuente de recursos para los habitantes locales principalmente respecto a actividades ganaderas. En consecuencia, es uno de los ecosistemas más afectados de la zona y se ha clasificado como un ecosistema con una alta prioridad de conservación. En esta formación se registraron 114 especies agrupadas en 37 familias y 82 géneros (Figura 7-256).



Handwritten signature and date: 10/11/2011

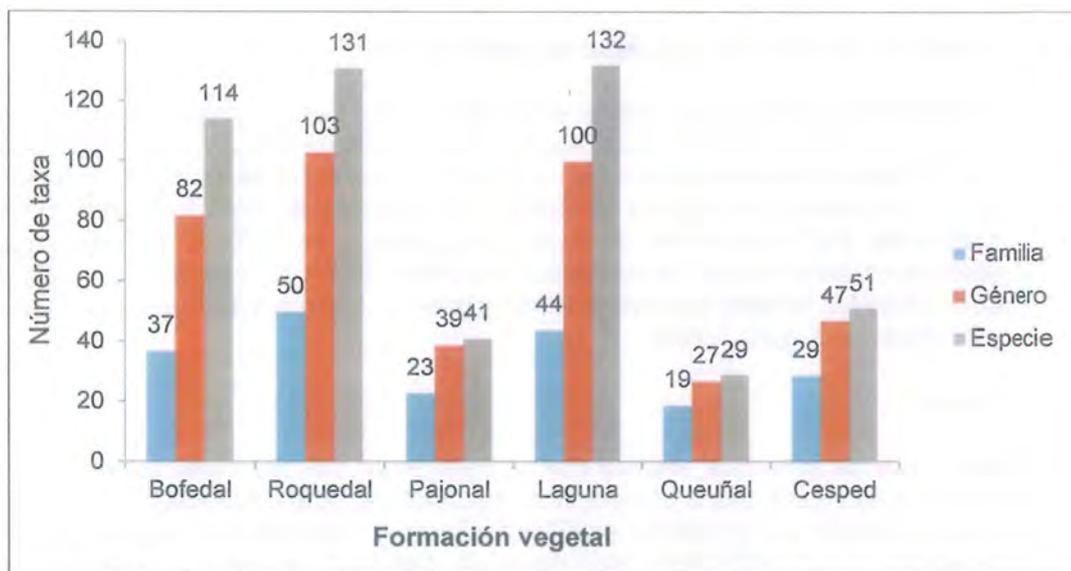


Figura 7-256. Número de especies, géneros y familias presentes en las 5 formaciones vegetales en los EF del PM El Galeno

b.2. Vegetación de roquedal

Los roquedales son comunidades vegetales donde el sustrato dominante es la roca, piedras y suelo descubierto. En ellas se puede observar la alternancia de especies arbustivas y herbáceas, además de otras formas de vida debido principalmente a los numerosos microhábitats que ofrece.

Destacan por su diversidad los arbustos y helechos que aprovechan los intersticios rocosos para establecerse. Los roquedales evaluados en el área de estudio están por encima de los 3500 m s.n.m. Se registraron 131 especies agrupadas en 50 familias y 103 géneros (Figura 7-256). Fue una de las formaciones vegetales más frecuente en el área de estudio.

b.3. Pajonal (Pajonal de paramo "Jalca")

Los pajonales son las formaciones altoandinas más extensas, ocupan laderas de suelo terroso o algo pedregosos a veces bien escarpados. Los elementos característicos que presentan son los robustos manojos de diversas gramíneas cuya



altura es de aproximadamente medio metro. En esta formación se registraron 41 especies agrupadas en 23 familias y 39 géneros (Figura 7-256).

b.4. Laguna “andina”

Las lagunas son superficies saturadas o cubiertas de aguas, sean estas de un régimen natural o artificial, quietas/estancadas (sin circulación continua) o corrientes (movimiento continuo en una misma dirección), permanentes o temporales (al menos un mes de inundación), dulces, salobres o saladas. Son reguladas por factores climáticos y en constante interrelación con los seres vivos que la habitan.

El agua es el principal factor controlador del medio y de la vida vegetal y animal asociada a éste. Particularmente, las lagunas del PM El Galeno están muy relacionadas con los bofedales y otras formaciones vegetales asociadas como el pajonal, roquedal y césped. En esta formación se registraron 132 especies agrupadas en 44 familias y 100 géneros (Figura 7-256).



Vertical handwritten notes in blue ink, including a large arrow pointing upwards and several illegible scribbles.

b.5. Queuñual (bosque de *Polylepis* sp. reforestado)

Superficies o formaciones forestales constituido por bosque altoandino dominado por individuos de “queuñá” (*Polylepis* spp.), que se extienden por más de 0,5 hectáreas con árboles de una altura superior a 2 metros y una cubierta del suelo superior al 10 %; comúnmente restringidos a localidades especiales, como laderas rocosas o quebradas. Las formaciones de queuñual registradas en el PM El Galeno, según los pobladores tienen origen reforestado y presentan una distribución en parches o islas de vegetación. En esta formación se registraron 29 especies agrupadas en 19 familias y 27 géneros (Figura 7-256).

b.6. Césped

Es un tipo de formación vegetal que se caracteriza por presentar especies de porte pequeño, casi pegadas a la superficie, arrosietadas, otras almohadilladas u otras con brotes nuevos de macollos, predominante en la comunidad vegetal. Se ubican rodeando a los bofedales, lagunas y en planicies donde la humedad, aunque medianamente presente es su mejor aliado. Las especies características de esta formación vegetal son variables ya que están relacionadas a otras formaciones como roquedal, matorral o pajonales. En esta formación se registraron 51 especies agrupadas en 29 familias y 47 géneros (Figura 7-256).

c. Compsición florística por ecosistema frágil (EF)

Dentro de las microcuencas determinadas en el área de influencia del PM El Galeno se seleccionaron 9 lagunas, 7 bofedales y un bosque de *Polylepis* (considerados como ecosistemas frágiles), para la evaluación de flora silvestre, los cuales detallamos a continuación.

c.1. EF1 (Ecosistema frágil)

Como ecosistema frágil se evaluó a la formación vegetal asociada a la laguna (Lag) La Rinconada ubicada en la microcuenca de la quebrada Milpo. En este ecosistema (EF1) y formación vegetal asociada se registró 36 especies agrupadas en 19 familias y 33 géneros (Figura 7-257). Las familias más diversas fueron Asteraceae con 11 especies, Poaceae (6), Dryopteridaceae (4), Ericaceae (2), y Melastomataceae (2), seguidas por otras con una especie cada una (Figura 7-258).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and notes in blue ink on the left side of the chart.

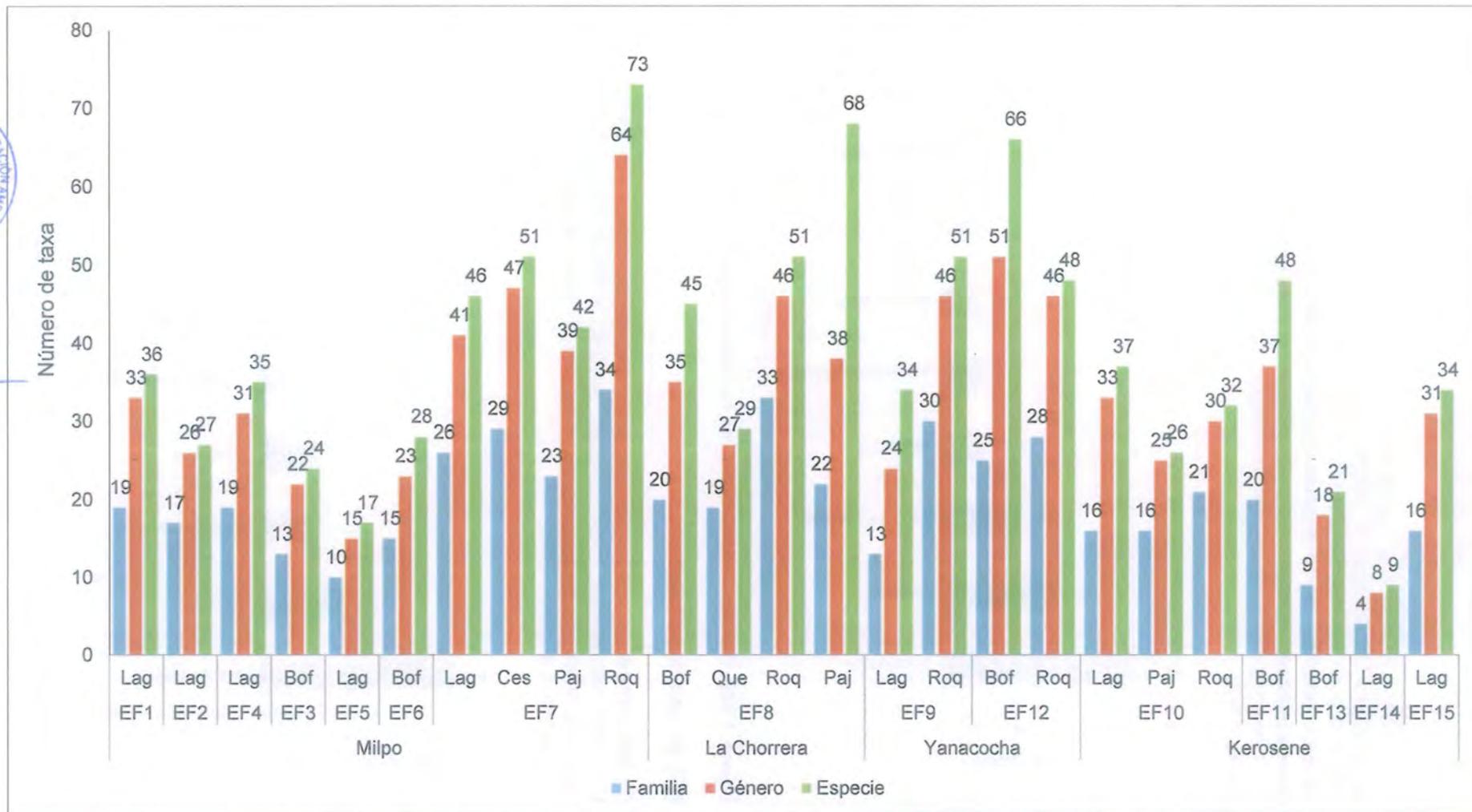


Figura 7-257. Número de especies, géneros y familias por formación vegetal en los ecosistemas frágiles (EF) del PM El Galeno



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

En la formación vegetal asociada a este EF1 (laguna) también se registró 2 especies de la familia Orchidaceae 1° *Alteinstenia fimbriata* y 2° *Alteinstenia* sp1 (en revisión debido a que presenta características extrañas respecto a otras especies del mismo género); además, de la especie *Calceolaria divaricata* perteneciente a la familia Calceolariaceae, considerada endémica para el Perú y que está en la categoría de NT (casi amenazada) y de *Bartsia tomentosa* (Orobanchaceae) como endémica (LC) (Tabla 7-40).



Vertical handwritten notes in blue ink, including an arrow pointing up and several illegible characters.

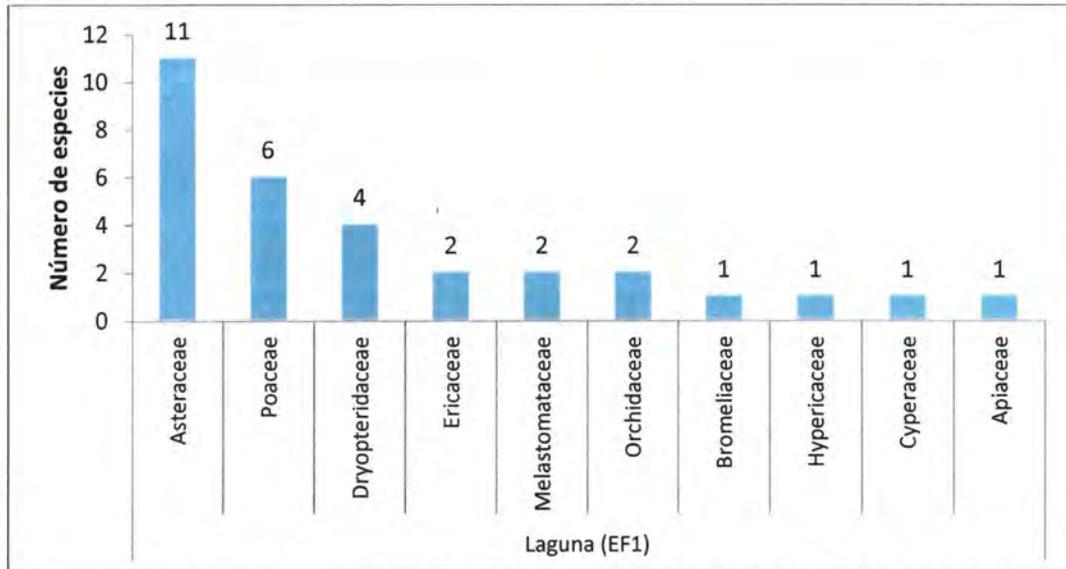


Figura 7-258. Familias más diversas por formación vegetal en el EF1 del PM El Galeno

c.2. EF2 (Ecosistema frágil)

En esta zona se identificó como formación vegetal de interés a la laguna Dos Colores (A) como ecosistema frágil principal, también ubicada en la microcuenca de la quebrada Milpo. En esta formación se registró 27 especies agrupadas en 17 familias y 26 géneros (Figura 7-257).

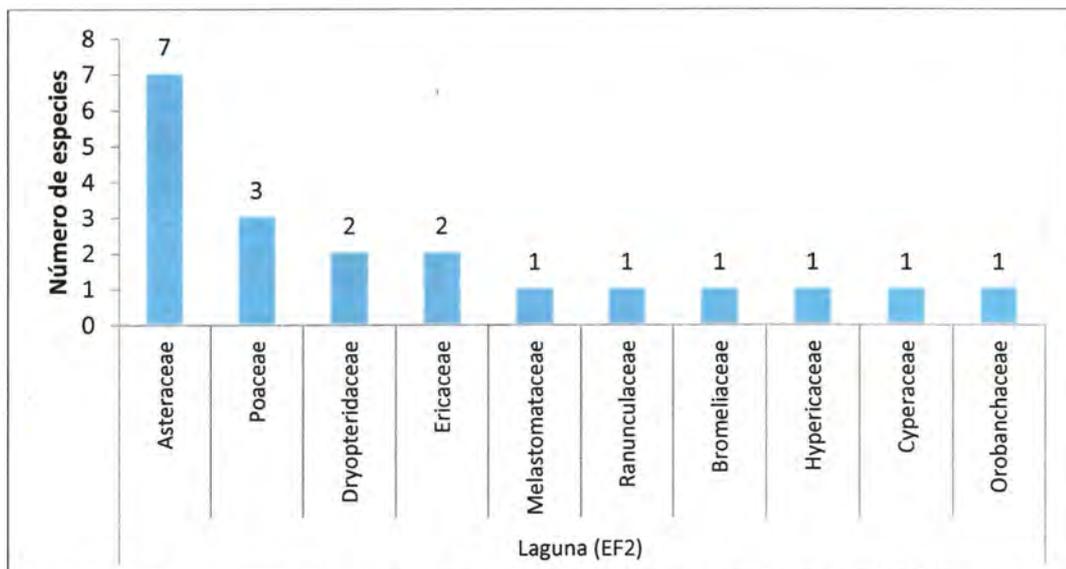


Figura 7-259. Familias más diversas en el EF2 (laguna Dos Colores A) del PM El Galeno



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Las familias más diversas registradas fueron Asteraceae y Poaceae con 7 y 3 especies, respectivamente. Entre otras familias están Dryopteridaceae y Ericaceae con 2 especies y Melastomataceae con una especie, entre otras (Figura 7-259).

Asimismo, en la vegetación asociada a este ecosistema frágil se registró a las especies *Senecio emmae* (EN) y *Bartsia tomentosa* (LC) de las familias Asteraceae y Orobanchaceae, respectivamente, como endémicas para Perú según el Libro Rojo (EN: En Peligro; LC: Preocupación menor).

c.3. EF4 (Ecosistema frágil)

En esta zona se identificó como formación vegetal de interés a la laguna Dos Colores (B) como ecosistema frágil principal, también ubicada en la microcuenca de la quebrada Milpo. En esta formación se registró 35 especies agrupadas en 19 familias y 31 géneros (Figura 7-257). Donde las familias más diversas fueron Asteraceae y Poaceae con 9 y 7 especies, respectivamente. Entre otras familias destacaron Juncaceae con 3 especies y las demás con sólo una (Figura 7-260).



Vertical handwritten notes in blue ink, including a checkmark and the number '4'.

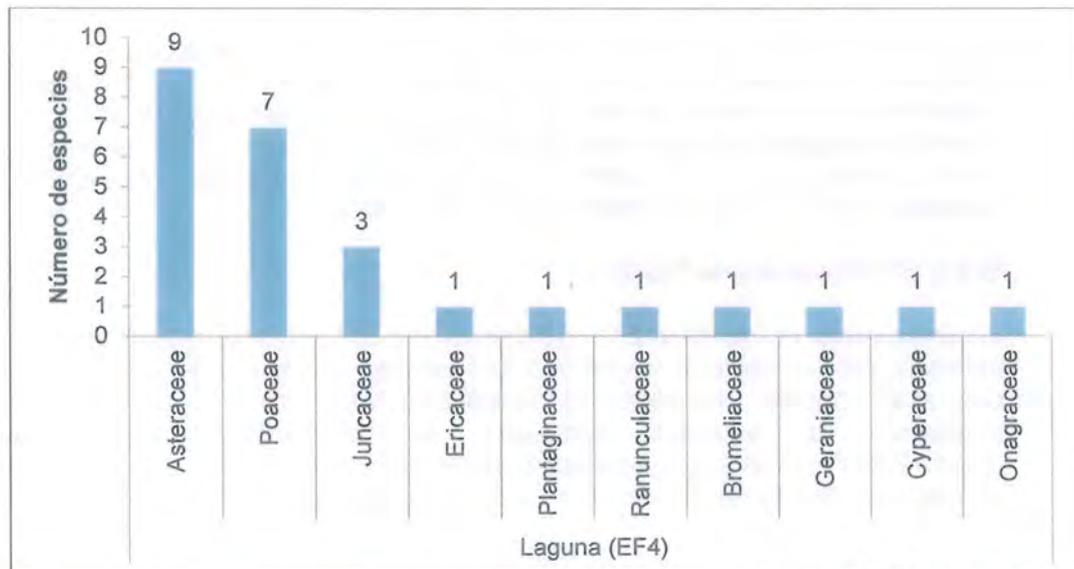


Figura 7-260. Familias más diversas en el EF4 (laguna Dos Colores B) del PM El Galeno

Cabe resaltar que la vegetación dominante fue *Loricaria leptothamna* y *Loricaria ferruginea*, ambas pertenecientes a la familia de las Asteraceae, y dentro de la familia Poaceae la especie *Paspalum bonplandianum* como la más frecuente (Figura 7-255).

c.4. EF3 y EF5 (Ecosistema frágil)

En estas zonas se identificaron 2 formaciones vegetales, entre ellas el ecosistema frágil bofedal (EF3) y la laguna Milpo (EF5) como ecosistemas principales, ambas ubicadas en la microcuenca de la quebrada Milpo. En el EF3 se registró 24 especies agrupadas en 13 familias y 22 géneros y en el EF5 se registró 17 especies agrupadas en 10 familias y 15 géneros (Figura 7-257).

Las familias más diversas fueron Asteraceae y Poaceae para ambos EF, entre la presencia de otras familias se resalta a Ericaceae, Caryophyllaceae y Onagraceae con una (1) especie, entre otras (Figura 7-261).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



B
O
F
E
D
A
L
L
A
G
U
N
A

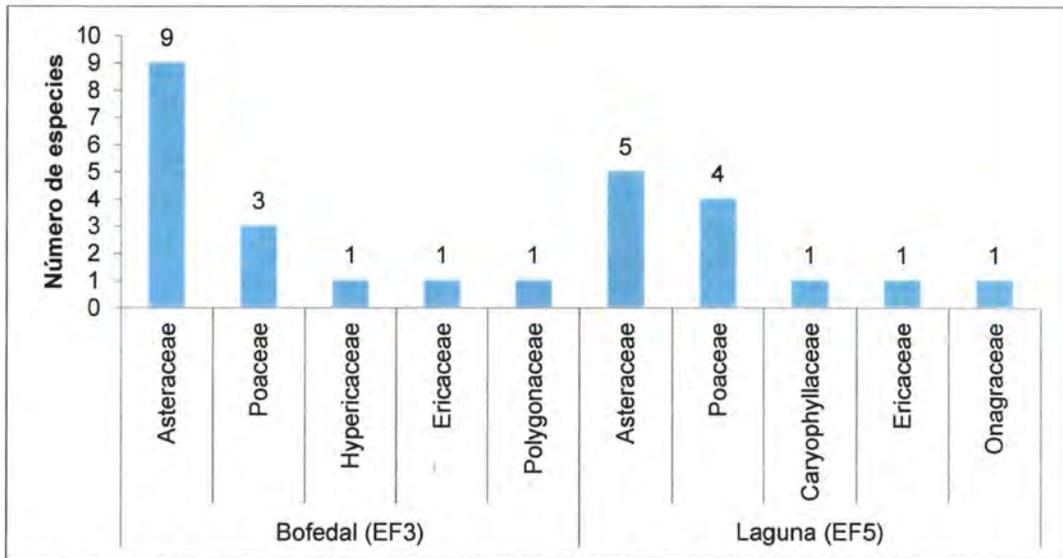


Figura 7-261. Familias más diversas por ecosistema EF3 y EF5 en el PM El Galeno

Cabe destacar que la vegetación dominante fue *Loricaria leptothamna* y *Loricaria ferruginea* en ambos EF. Estas 2 especies pertenecientes a la familia Asteraceae y *Paspalum bonplandianum* (familia Poaceae) fueron las más frecuentes (Figura 7-261). Además, se registró a las especies *Gynoxys nítida* (LC) de la Familia Asteraceae para el EF3 y *Paronychia fusciflora* (NT) de la Familia Caryophyllaceae para el EF5 como especies endémicas para el Perú según el Libro Rojo.

c.5. EF6 y EF7 (Ecosistema frágil)

En estas zonas se identificó 2 EF (EF6 bofedal y EF7 laguna), el EF7 laguna con 46 especies, este ecosistema contiene 3 formaciones vegetales asociadas, entre ellas pajonal 42 especies, roquedal (73) y césped (51). De forma similar, para el EF6 se registraron 28 especies agrupadas en 15 familias y 23 géneros (Figura 7-257). En ambos ecosistemas, las familias más diversas fueron: Asteraceae y Poaceae, además de Rosaceae y Solanaceae entre otras (Figura 7-262).

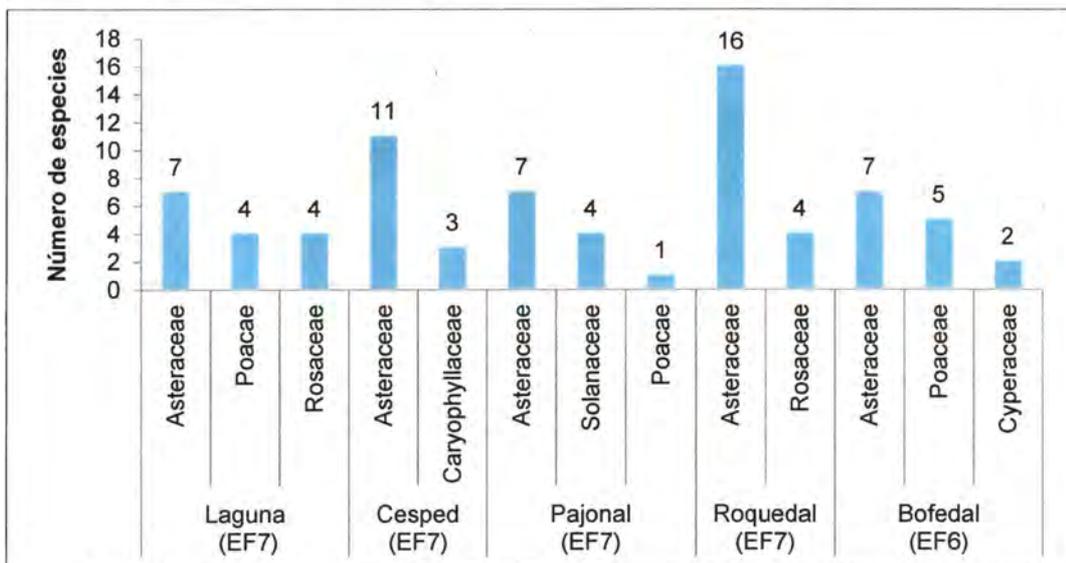


Figura 7-262. Familias más diversas por formación vegetal en EF7 y EF6 del PM El Galeno



En el EF7 se registró 19 especies que están registradas como endémicas para el Perú según el Libro Rojo, entre ellas las categorizadas en peligro (EN) *Baccharis ledifolia* y *Baccharis tarmensis*, además de *Chuquiraga weberbaueri* (VU), también *Senecio chiquianensis* como casi amenazado (NT) y *Senecio emmae* en peligro (EN), entre otras (Tabla 7-40).

c.6. EF8 (Ecosistema frágil)

En esta zona ubicada en la microcuenca de la quebrada La Chorrera, se identificó 4 formaciones vegetales (bofedal, pajonal, roquedal y queuñal) asociadas al EF8 (bofedal) como ecosistema principal. En la formación vegetal (bofedal) se registró 45 especies agrupadas en 20 familias y 35 géneros; la formación (pajonal) registró 68 especies agrupadas en 22 familias y 38 géneros; y el roquedal, 61 especies agrupadas en 33 familias y 46 géneros.

Finalmente, la formación de queuñal reforestada contiene 29 especies agrupadas en 19 familias y 27 géneros (Figura 7-257). Las familias más diversas fueron Asteraceae en las 4 formaciones, Rosaceae en 2 formaciones y Poaceae en el bofedal entre otras como Fabaceae, Solanaceae y Ericaceae (Figura 7-263).

Cabe resaltar que la vegetación dominante fue *Werneria stuebelii* y *Loricaria ferruginea*, ambas especies pertenecientes a la familia Asteraceae, y dentro de la familia Poaceae las especies *Paspalum bonplandianum*, *Cortaderia bifida*, *Cortaderia sericantha* y *C. hapalotricha* como las más frecuentes.

Entre ellas se registró 15 especies que están consideradas como endémicas para el Perú según el Libro Rojo, categorizadas en peligro (EN) *Baccharis ledifolia* y *Senecio emmae*, además de *Senecio chiquianensis* como casi amenazado (NT), entre otras como *Bomarea albimontana* y *Bomarea porrecta* (EN) (Tabla 7-40).

Además, están las 2 especies de la familia Rosaceae como *Polylepis racemosa* y *Polylepis sericea*, características por forman los bosques "reforestados" de Queuñá, como formación vegetal asociada al ecosistema frágil EF8 (bofedal).



Handwritten notes in blue ink: 'EF8', 'Bofedal', 'Pajonal', 'Queuñal', 'Roquedal'.

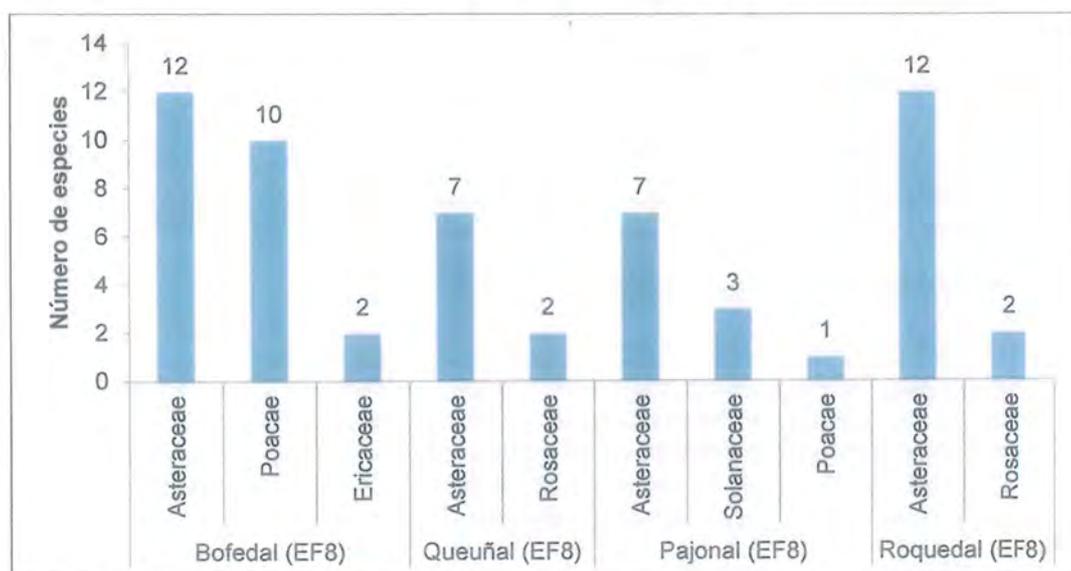


Figura 7-263. Familias más diversas por formación vegetal en el EF8 del PM El Galeno



c.7. EF12 y EF9 (Ecosistema frágil)

En estas zonas se identificaron 3 formaciones vegetales, entre ellas el ecosistema frágil bofedal (EF12) y laguna (EF9) como ecosistemas principales, seguido de roquedal como formación vegetal asociada, todas ubicadas en la microcuenca de la quebrada Yanacocha. En la formación vegetal bofedal (EF12) se registró 66 especies agrupadas en 25 familias y 51 géneros; la formación roquedal presentó 48 especies, 28 familias y 46 géneros; mientras que, para el EF9 la formación vegetal de roquedal registró 51 especies y la laguna Yanacocha 34 especies. (Figura 7-257).

Las familias más diversas fueron Asteraceae y Poaceae para ambos EF, seguida de la familia Orchidaceae con 7 especies en el EF12 (Figura 7-264) resulta ser una de las más importantes, debido a que las especies de esta familia están dentro de CITES con la categoría de protección mencionada en el Anexo II, además se registra a la especie *Polylepis sericea* en el EF9, especie que amplía su distribución en el Perú (anteriormente no estaba considerado para el departamento de Cajamarca).

Cabe resaltar que la vegetación dominante fue *Loricaria ferruginea* y *Werneria stuebelii* en ambos EF, las 2 especies pertenecientes a la familia Asteraceae y dentro de la familia Poaceae destacó la especie *Paspalum bonplandianum* como la más frecuente, además de *Hypericum aciculare* de la familia Hypericaceae.



E N T R E

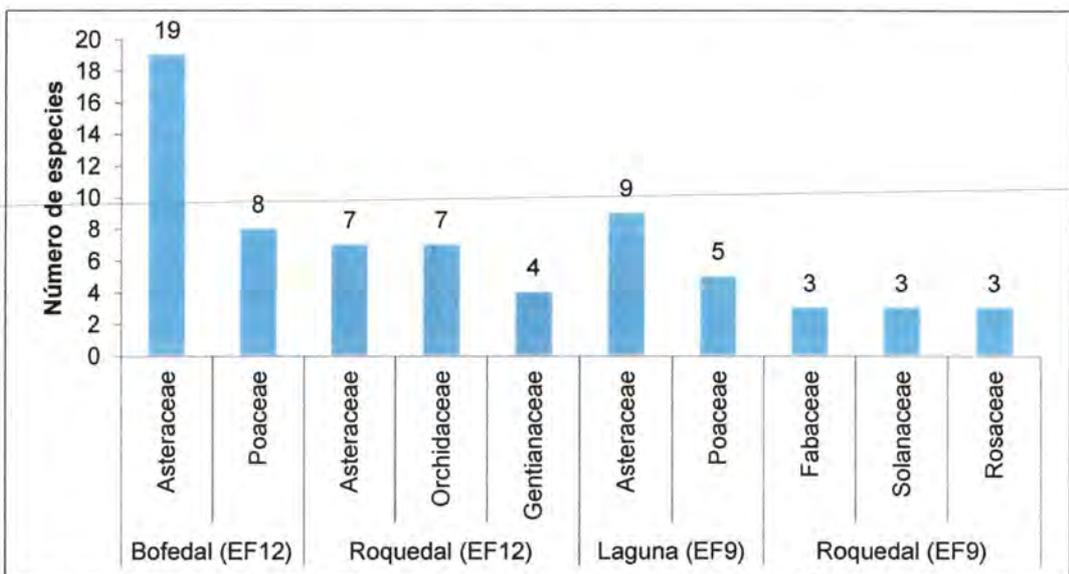


Figura 7-264. Familias más diversas por formación vegetal en los EF12 y EF9 del PM El Galeno

c.8. EF12 y EF9 (Ecosistema frágil)

En esta zona se identificaron 3 formaciones vegetales (laguna, roquedal y pajonal), entre ellas el ecosistema frágil (EF10) laguna Kerosene como formación principal, todas ubicadas en la microcuenca de la quebrada Kerosene. En la formación vegetal asociada a la laguna, se registró 37 especies agrupadas en 16 familias y 33 géneros; la formación roquedal 32 especies, 20 familias y 30 géneros; mientras que, para el pajonal se registró únicamente 26 especies (Figura 7-257).

Las familias más diversas fueron Asteraceae, Cyperaceae y Poaceae para las 3 formaciones vegetales, seguida de las familias Solanaceae y Orchidaceae (Figura 7-265).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and initials in blue ink.

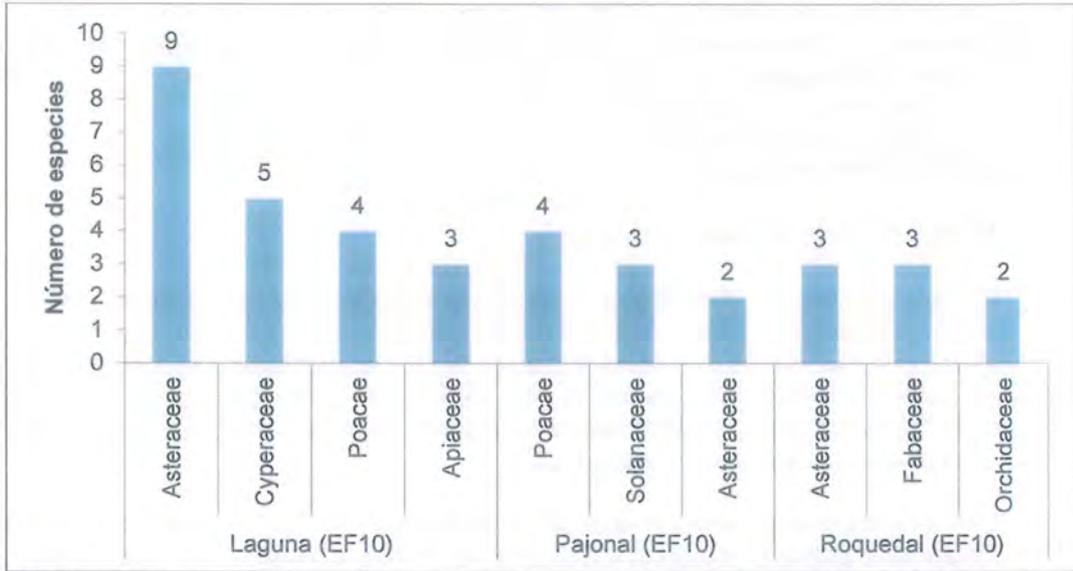


Figura 7-265. Familias más diversas por formación vegetal en el EF10 del PM El Galeno

La vegetación dominante fue *Baccharis chilco* y *Diplostephium pachyphyllum* K ambas especies pertenecientes a la familia Asteraceae y dentro de la familia Poaceae, las especies *Paspalum bonplandianum* y *Agrostis toluensis* como las más frecuentes, además de *Carex humboldtiana* de la familia Cyperaceae.

c.9. EF11 y EF14 (Ecosistema frágil)

En estas zonas se identificaron 2 formaciones vegetales, entre ellas el ecosistema frágil bofedal (EF11) y laguna eventual (EF14) como ecosistemas principales, ambas ubicadas en la microcuenca de la quebrada Kerosene. En la formación vegetal bofedal (EF11) se registró 48 especies agrupadas en 20 familias y 37 géneros; mientras que para el EF14, la formación vegetal asociada a la laguna registró 9 (9) especies (Figura 7-257).

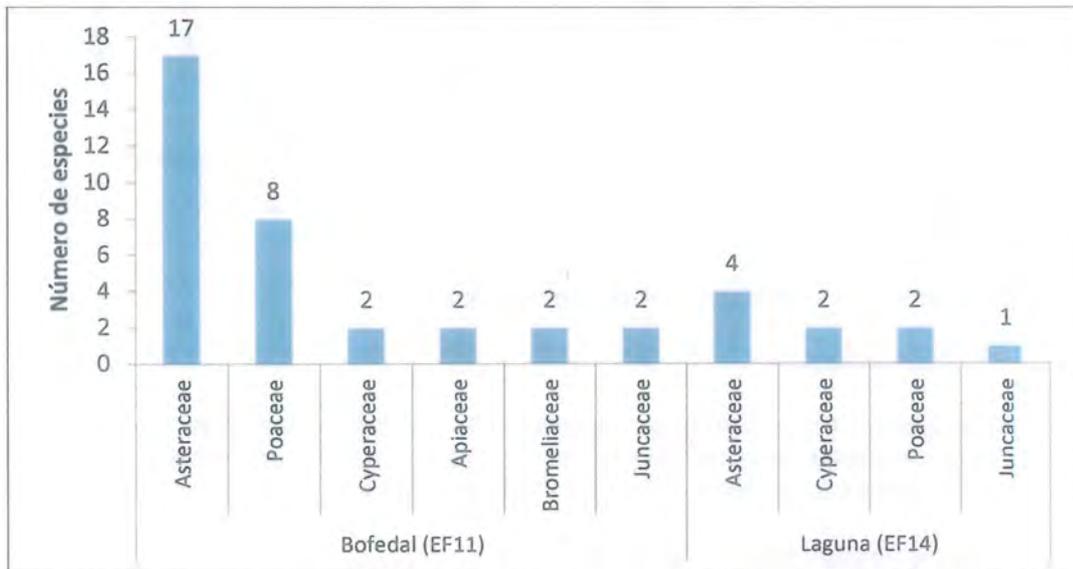


Figura 7-266. Familias más diversas por formación vegetal en el EF11 y EF14 del PM El Galeno



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Las familias más diversas fueron Asteraceae para ambos EF, seguida de la familia Poaceae y Cyperaceae en el EF11 (Figura 7-266). La vegetación dominante fue *Loricaria ferruginea* y *Loricaria leptothamna* en ambos EF, ambas especies pertenecientes a la familia Asteraceae y dentro de la familia Poaceae la especie *Paspalum bonplandianum* como la más frecuente, además de *Hypericum aciculare* de la familia Hypericaceae.

c.10. EF13 y EF15 (Ecosistema frágil)

En estas zonas se identificaron 2 formaciones vegetales, entre ellas el ecosistema frágil bofedal (EF13) y laguna (EF15) como ecosistemas principales, ambas ubicadas en la microcuenca de la quebrada Kerosene. En la formación vegetal bofedal (EF13) se registró 21 especies agrupadas en 9 (9) familias y 18 géneros; mientras que para el EF15, la formación vegetal asociada a la laguna registró 34 especies agrupadas en 16 familias y 31 géneros (Figura 7-257).

Las familias más diversas fueron Asteraceae para ambos EF, seguida de la familia Poaceae y Cyperaceae en el EF13 (Figura 7-267). Las especies dominantes fueron *Loricaria ferruginea* en ambos EF especie perteneciente a la familia Asteraceae y dentro de la familia Poaceae la especie *Paspalum bonplandianum* como la más frecuente, además de *Polylepis sericea* de la familia Rosaceae.



Handwritten signature and date: 2014

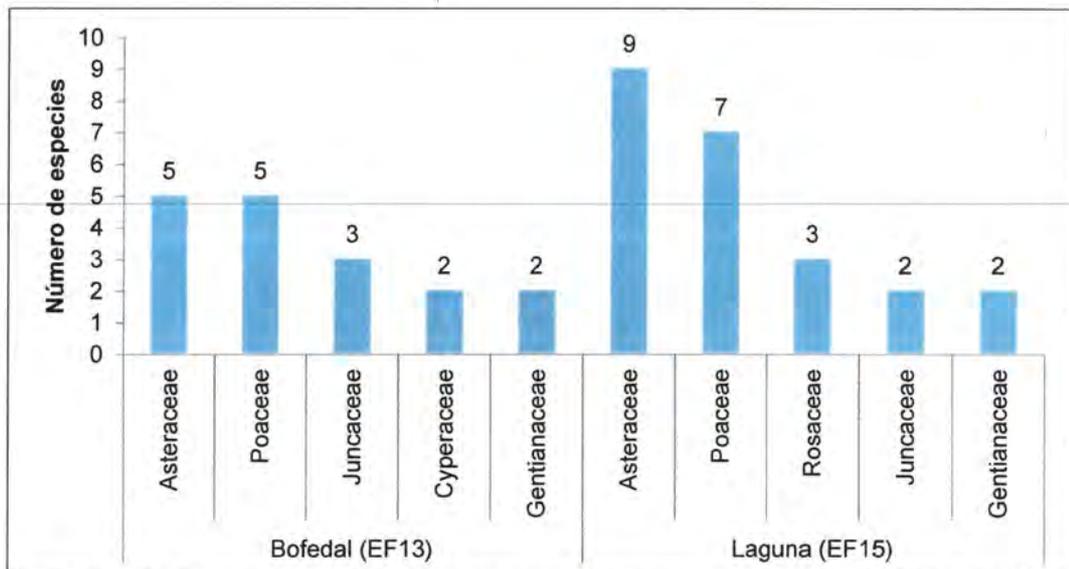


Figura 7-267. Familias más diversas por formación vegetal en el EF13 y EF15 del PM El Galeno

7.4.7.2 Abundancia relativa y cobertura vegetal

a. Cobertura vegetal

Los valores de cobertura de la vegetación en los ecosistemas frágiles evaluados, dentro del área de influencia del PM El Galeno presentaron valores, de moderados a altos, que variaron entre el 68,75 y 95 % según la formación vegetal analizada.

En la formación vegetal de bofedal, y formaciones vegetales asociadas, el porcentaje de cobertura vegetal promedio de las zonas evaluadas (6 zonas) varió entre 76,1 % y 90 %, considerada como alta. Así mismo, otra de las formaciones vegetales con mayor presencia en las zonas evaluadas (9 zonas) es la que estuvo asociada a lagunas. En



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

estas zonas (incluidas sus formaciones vegetales asociadas) la cobertura vegetal promedio osciló entre 68,75 % y 95 %, considerada entre moderada y alta (Tabla 7-36).

Tabla 7-36. Cobertura vegetal de los ecosistemas frágiles, por transecto y formación vegetal en el área de influencia del PM El Galeno

Zona (EF)	F. Vegetal	Transecto*	Cobertura %	Promedio Cobertura %
EF10	Laguna	EF10-FL1L	79	82
		EF10-FL2L	93	
	Pajonal	EF10-FLp1	100	
	Roquedal	EF10-FLr1	60	
EF11	Bofedal	EF11-FL1b	81	87
		EF11-FL2b	93	
EF12	Bofedal	EF12-FL1b	72	76,1
		EF12-FL2b	93	
	Roquedal	EF12-FLr2	70	
		EF12-FLr3	70	
EF13	Bofedal	EF13-FL1b	73	82,5
	EF13-FL2b	92		
EF14	Laguna	EF14-FL1L	91	91
EF15	Laguna	EF15-FL1L	62	75,5
		EF15-FL2L	89	
EF1	Laguna	EF1-FL1L	89	94,5
		EF1-FL2L	100	
EF2	Laguna	EF2-FL1L	95	95
EF3	Bofedal	EF3-FL1b	90	90
EF4	Laguna	EF4-FL1L	79	89,5
		EF4-FL2L	100	
EF5	Laguna	EF5-FL1L	90	90
EF6	Bofedal	EF6-FL1b	89	87
		EF6-FL2b	85	
EF7	Laguna	EF7-FL1L	95	84,1
		EF7-FL2L	99	
	Césped	EF7-FLc1	99	
		EF7-FLc2	100	
	Pajonal	EF7-FLp1	80	
		EF7-FLp2	75	
Roquedal	EF7-FLr1	60		
	EF7-FLr2	65		
EF8	Bofedal	EF8-FL1b	74	78,15
		EF8-FL2b	98	
	Pajonal	EF8-FLp1	95	
		EF8-FLp2	95	
	Queuñal	EF8-FLq1	60	
		EF8-FLq2	70	
	Roquedal	EF8-FLr1	55	
EF8-FLr2		75		
EF8-FLr3		70		
EF9	Laguna	EF9-FL1L	50	68,75
		EF9-FL2L	95	
	Roquedal	EF9-FLr1	65	

b. Abundancia relativa en el área de estudio

Considerando solo los transectos evaluados en los ecosistemas frágiles del área de influencia del PM El Galeno, que corresponden a los bofedales (6 EF) y lagunas (9 EF), se pudo determinar que la composición de especies fue muy variada. Siendo importante resaltar, que las 10 especies con mayor abundancia relativa suman el 38,2



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

% de las 254 especies registradas, es decir más de la tercera parte del total (Anexo H.2).

Las especies con mayor abundancia relativa en el área de estudio fueron: *Stipa ichu*, *Loricaria ferruginea* y *Paspalum bonplandianum* con un 11,3 %, 7,1 % y 6,1 %, respectivamente. Entre otras especies dominantes están: *Polylepis racemosa* (2,4 %), *Werneria stuebelii*, *Disterigma emetrifolium* y *Cortaderia bifida* (2,3 %) entre otras de menores porcentajes.

Todas caracterizadas como especies típicas de estos ecosistemas hidromorficos (siempre húmedos) que están muy relacionados a ecosistemas de paramo "Jalca". Asimismo, están las especies dominantes en las formaciones vegetales asociadas a bofedales y lagunas como, pajonal y queuñal entre ellas las especies *Paspalum tuberosum* (1,3 %) y *Polylepis racemosa* (2,4 %) (Figura 7-268).



Handwritten signature and date: 2014

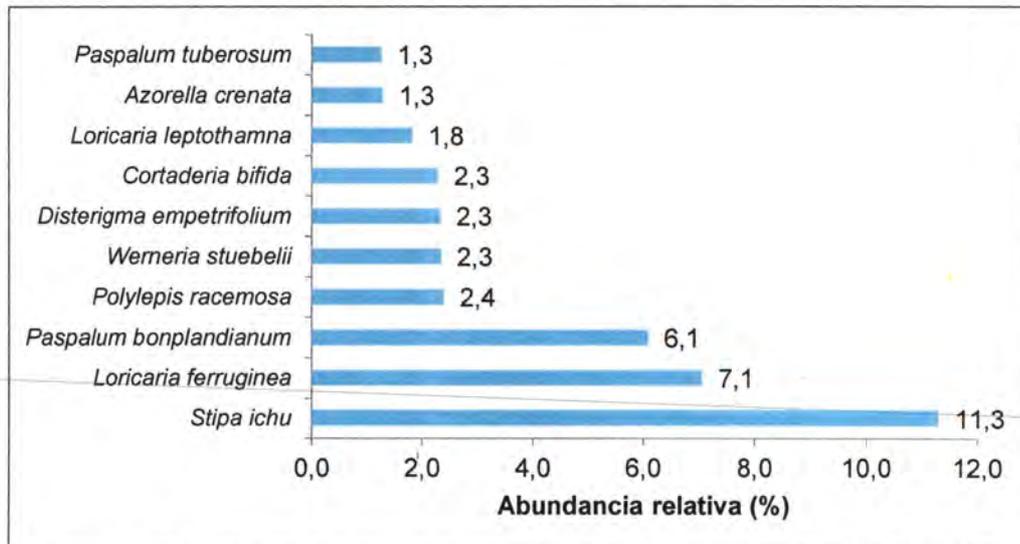


Figura 7-268. Especies con mayor abundancia relativa presentes en los EF del PM El Galeno

c. Abundancia relativa por formación vegetal

c.1. Bofedal (humedal altoandino)

Las especies con mayor abundancia relativa en esta formación vegetal (11 transectos), pertenecen principalmente a las familias Poaceae, Asteraceae y Juncaceae, aunque entre ellas también tenemos a especies de la familia Juncaceae.

La especie con mayor abundancia relativa fue *Stipa ichu* con 21,6 %, *Loricaria ferruginea* (16,6 %) y *Paspalum bonplandianum* (6,6 %), estas especies son típicas de estos ecosistemas de bofedales y paramos "Jalca" presentes en el área de estudio (Figura 7-269).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and initials in blue ink.

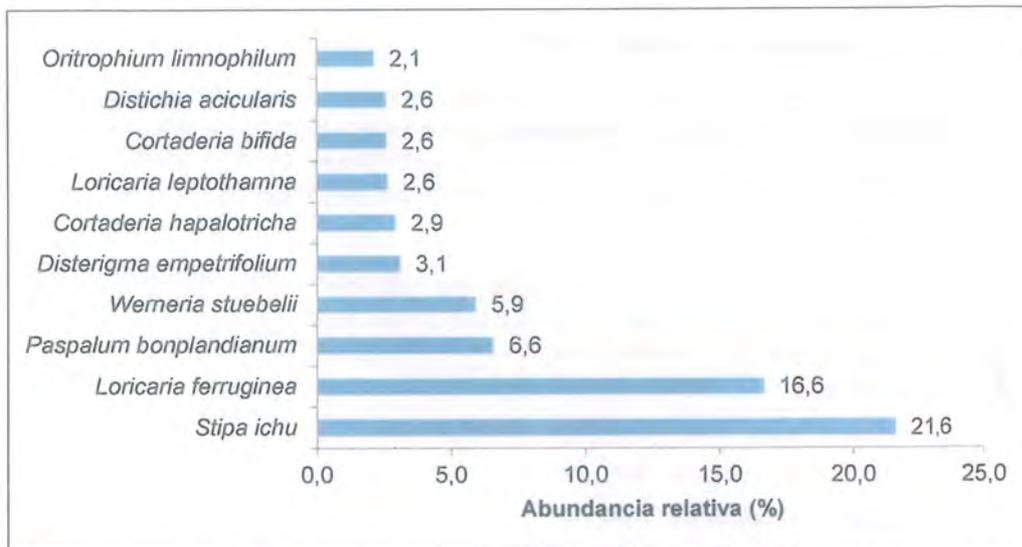


Figura 7-269. Especies con mayor abundancia relativa en la formación vegetal de bofedales presentes en los EF del PM El Galeno

c.2. Vegetación de roquedal

Las especies con mayor abundancia relativa en esta formación vegetal (9 transectos) pertenecen principalmente a las familias Grosulariaceae, Asteraceae y Rosaceae. Entre ellas tenemos a *Ribes hirtum* (5 %), como la especie con mayor abundancia relativa, seguida de *Eupatoriadelphus sp* (3,3 %) y *Polylepis sp1* (3,2 %), las 2 primeras especies arbustivas frecuentes en estas formaciones.

Entre otras especies dominantes tenemos a *Brachyotum naudinii* (3 %), *Hypericum aciculare* (2,5 %), *Azorella crenata* (2,3 %), entre otras (Figura 7-270).

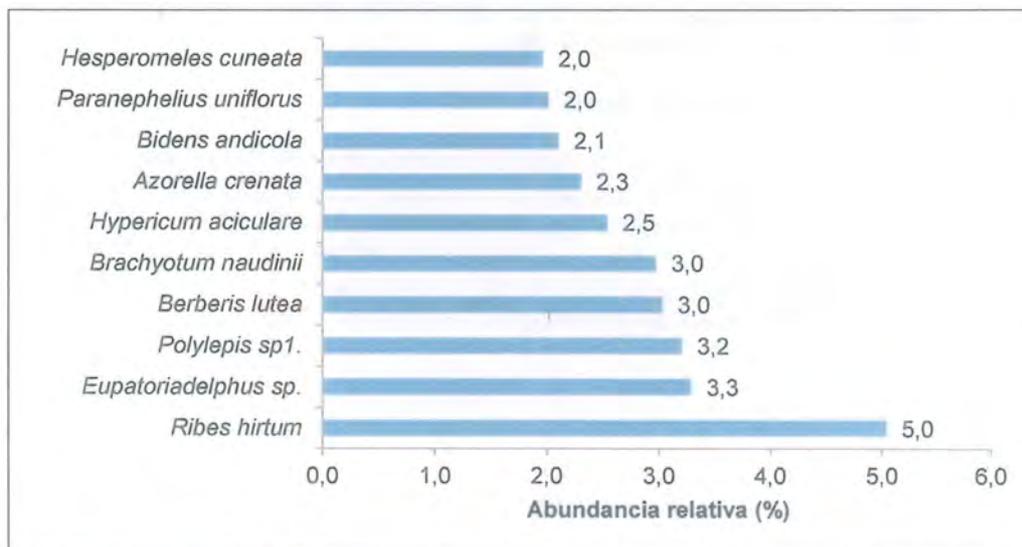


Figura 7-270. Especies con mayor abundancia relativa en la formación vegetal de roquedal presente presentes en los EF del PM El Galeno



c.3. Pajonal (Pajonal de paramo "Jalca")

Las especies con mayor abundancia relativa en esta formación vegetal (5 transectos) pertenecen principalmente a las familias Poaceae y Ericaceae. Entre ellas tenemos a *Paspalum tuberosum* (10,4 %) la más abundante en general, seguida de *Stipa ichu* (9,4 %) y *Cortaderia bifida* (7,3 %), todas especies de gramíneas que conforman el pajonal.

El estrato arbustivo está conformado por *Vaccinium floribundum* (6 %) y *Azorella crenata* (5,7 %) ambas de la familia Ericaceae y Apiaceae respectivamente. Entre otras especies dominantes tenemos a *Paspalum bonplandianum* (4,8 %) y *Bartsia tomentosa* (4,6 %), entre otras (Figura 7-271).

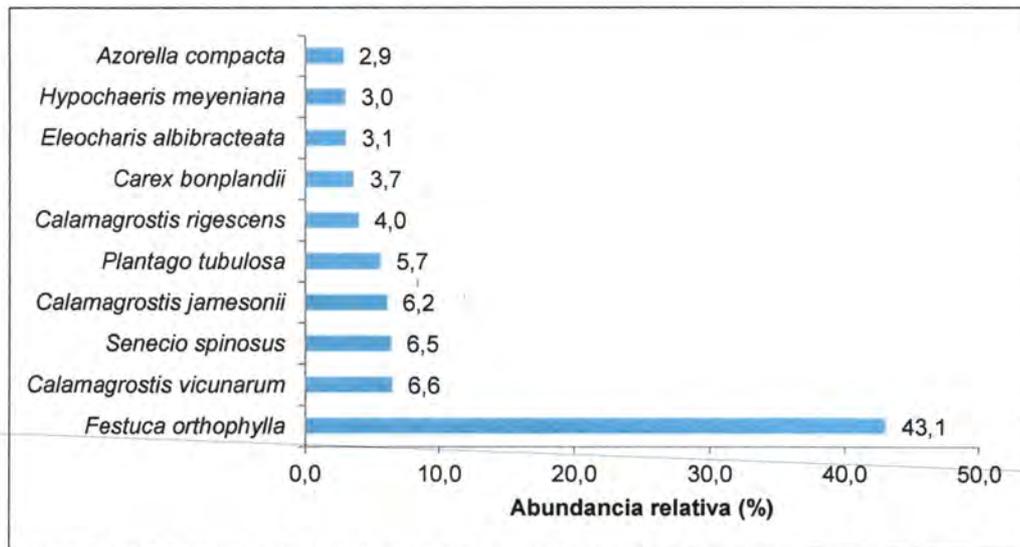


Figura 7-271. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de pajonal presentes en los EF del PM El Galeno

c.4. Vegetación de laguna "andina"

Las especies con mayor abundancia relativa en esta formación vegetal asociada a lagunas (15 transectos) pertenecen principalmente a la familia Poaceae. Entre ellas tenemos a *Stipa ichu* (13,8 %) como especie más abundante, seguida de *Paspalum bonplandianum* (10,4 %) y *Loricaria ferruginea* (8,5 %). Entre otras especies dominantes tenemos a *Disterigma empetrifolium* (3,8%), *Loricaria leptothamna* (3,4 %) y *Rhynchospora brownii* (2,7 %) (Figura 7-272).

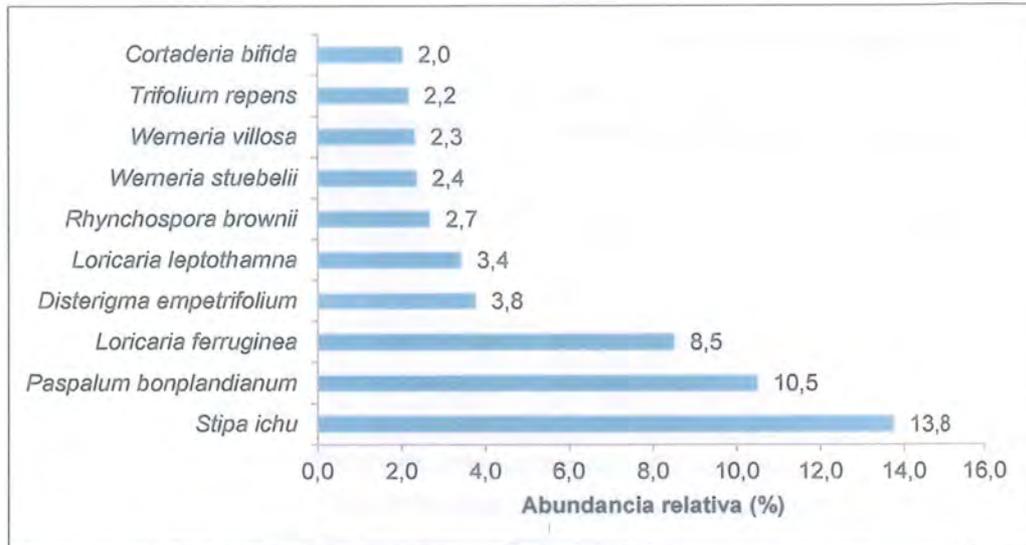


Figura 7-272. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación asociada a las lagunas presentes en los EF del PM El Galeno

c.5. **Queñual (bosque de *Polylepis* sp. reforestado)**

Las especies con mayor abundancia relativa en esta formación vegetal (2 transectos) pertenecen principalmente a las familias Rosaceae y Fabaceae. Entre ellas tenemos a *Polylepis racemosa* (52,7 %) la más abundante en general por el habito, seguida de *Lachemilla orbiculata* (7,6 %) y *Lupinus* sp. (7,3 %). Siendo las 2 últimas de crecimiento herbáceo que conforman la vegetación asociada a estos bosques "relictos". El estrato arbustivo está conformado también por *Gynoxys nitida* (2,5 %), entre otras (Figura 7-273).

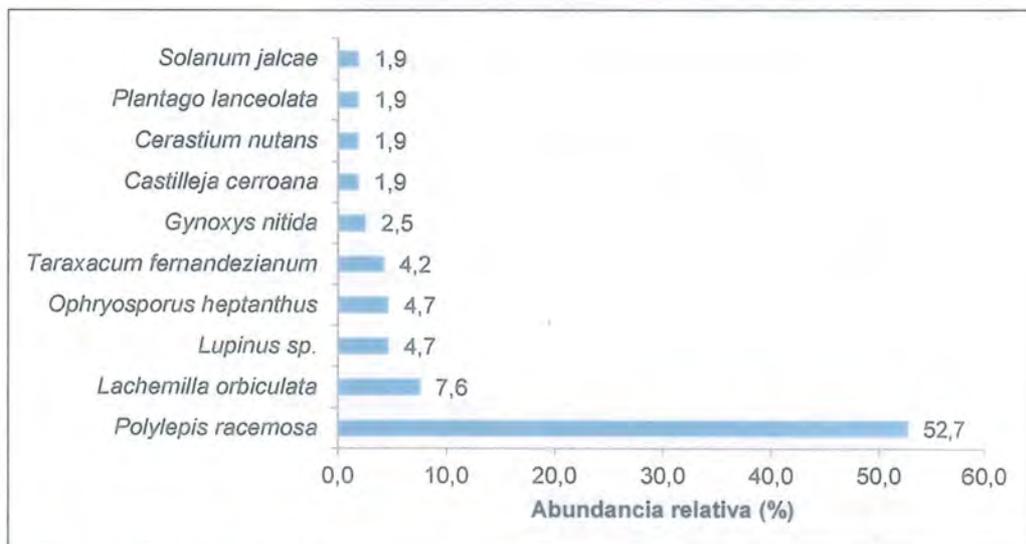


Figura 7-273. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación asociada a queñuales en el área de influencia del PM El Galeno



c.6. Vegetación de césped

Las especies con mayor abundancia relativa en esta formación vegetal asociada como césped (2 transectos) pertenecen principalmente a la familia Melastomataceae y Asteraceae. Entre ellas tenemos a *Brachyotum naudinii* (6,4 %) como especie más abundante, seguida de *Gamochaeta americana* (5,5 %) y *Taraxacum fernandezianum* (4,6 %). Entre otras especies dominantes tenemos a *Trifolium repens* (4,3 %), *Berberis lutea* (4,2 %) y *Geranium sessiliflorum* (4,2 %) (Figura 7-274).



Handwritten signature and date in blue ink.

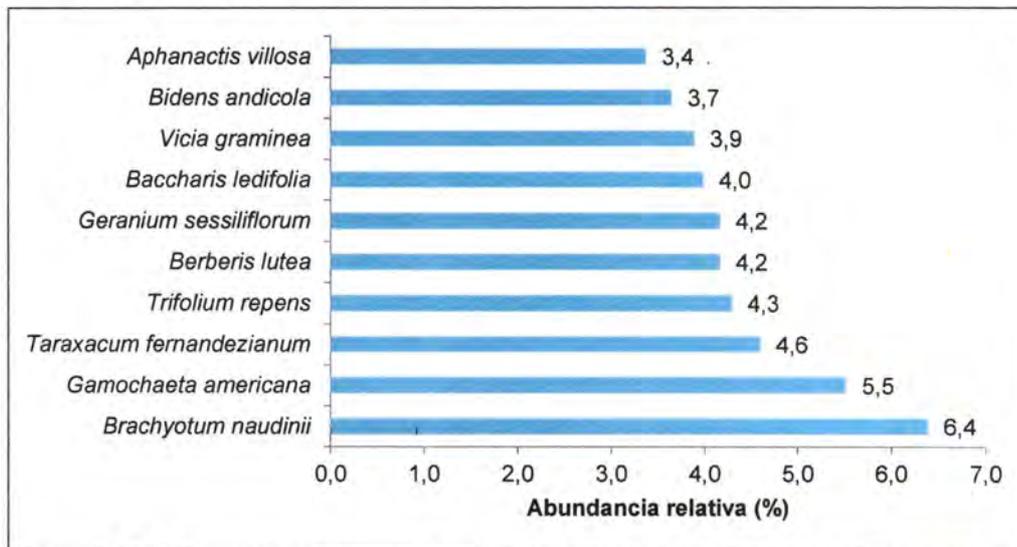


Figura 7-274. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación asociada como césped presente en los EF del PM El Galeno

d. Abundancia relativa por ecosistema frágil (EF)

d.1. EF1, EF2, EF3, EF4, EF5, EF6 y EF7 (Microcuenca Milpo)

Las especies con mayor abundancia relativa en los EF de laguna (EF1, EF2, EF4, EF5 y EF7) se encuentran detallados en la Figura 7-275, de las cuales podemos señalar que las especies más abundante en estos ecosistemas fueron *Stipa ichu*, *Paspalum bonplandianum*, ambas de la familia Poaceae, seguida de *Loricaria ferruginea* y *Loricaria leptothamna* en representación de las Asteraceae, y otras menos abundantes como *trifolium repens*, *Lachemilla orbiculata* y *Achyrocline alata*.

Del mismo modo para los EF de bofedales (EF3 y EF6), los cuales coinciden en compartir las mismas especies abundantes, entre ellas tenemos a: *Loricaria ferruginea*, *Loricaria leptothamna* y *Paspalum bonplandianum*, principalmente porque ambos ecosistemas están muy cercanos y relacionados entre sí (Figura 7-275).

Las especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de roquedal pertenecen principalmente a las especies *Ribes hirtum*, *Ageratina glechonophylla* y *Glandularia fasciculata*, del mismo modo para las especies de césped, en el cual *Brachyotum naudinii* y *Gamochaeta americana* son las especies más abundantes (Figura 7-275).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and initials in blue ink.

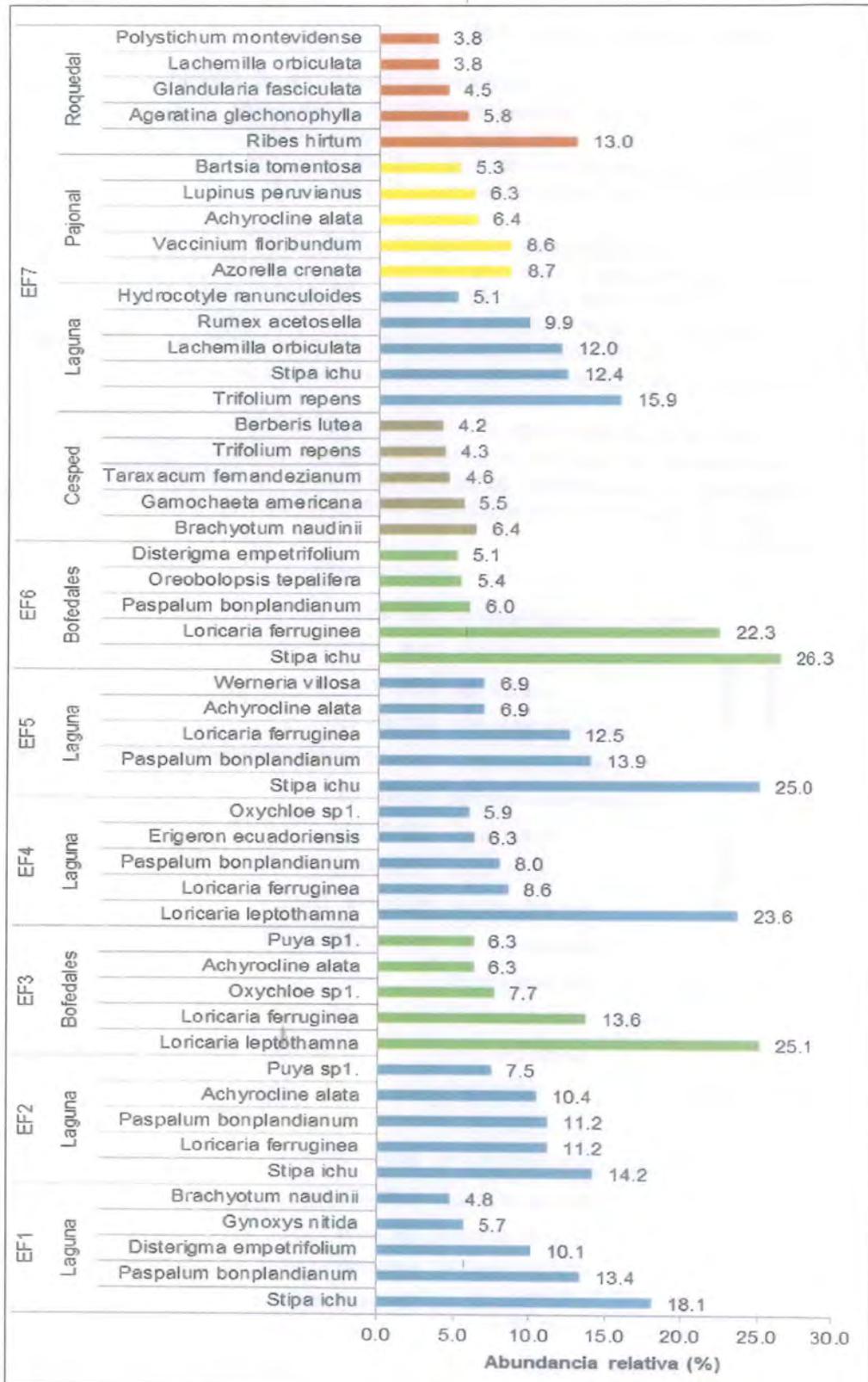


Figura 7-275. Especies con mayor abundancia relativa en los EF de la Microcuenca Milpo en el PM El Galeno



d.2. EF8 (Microcuenca La Chorrera)

Las especies con mayor abundancia relativa en el bofedal del EF8 pertenecen principalmente a las familias Poaceae y Asteraceae. Las especies con mayor abundancia relativa fueron *Stipa ichu*, *Carex pichinchensis*, *Calamagrostis* sp2 y *Paspalum bonplandianum* para la Familia Poaceae, y *Werneria stuebelii* como representante de la familia Asteraceae (Figura 7-276).

Por otro lado, las especies con mayor abundancia relativa en el pajonal pertenecen a las familias Poaceae y Apiaceae. Entre ellas tenemos a *Paspalum tuberosum*, *Stipa ichu*, *Cortaderia bifida* y *Azorella crenata*. Del mismo modo, las especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de roquedal pertenecen a las familias Asteraceae y Apiaceae. Entre ellas tenemos a *Eupatoriadelphus* sp., como especie más abundante, seguida de *Azorella crenata* y *Ribes hirtum*, entre otras (Figura 7-276).

Es importante señalar que la formación vegetal de queuña, considerada como relicto de bosques protegidos por la normativa nacional, aplica principalmente a bosques de origen natural; sin embargo, consideramos importante evaluar dicha formación vegetal porque ocupa un área considerable dentro de la microcuenca de la quebrada La Chorrera.



Handwritten signature and date: 12/11/2014

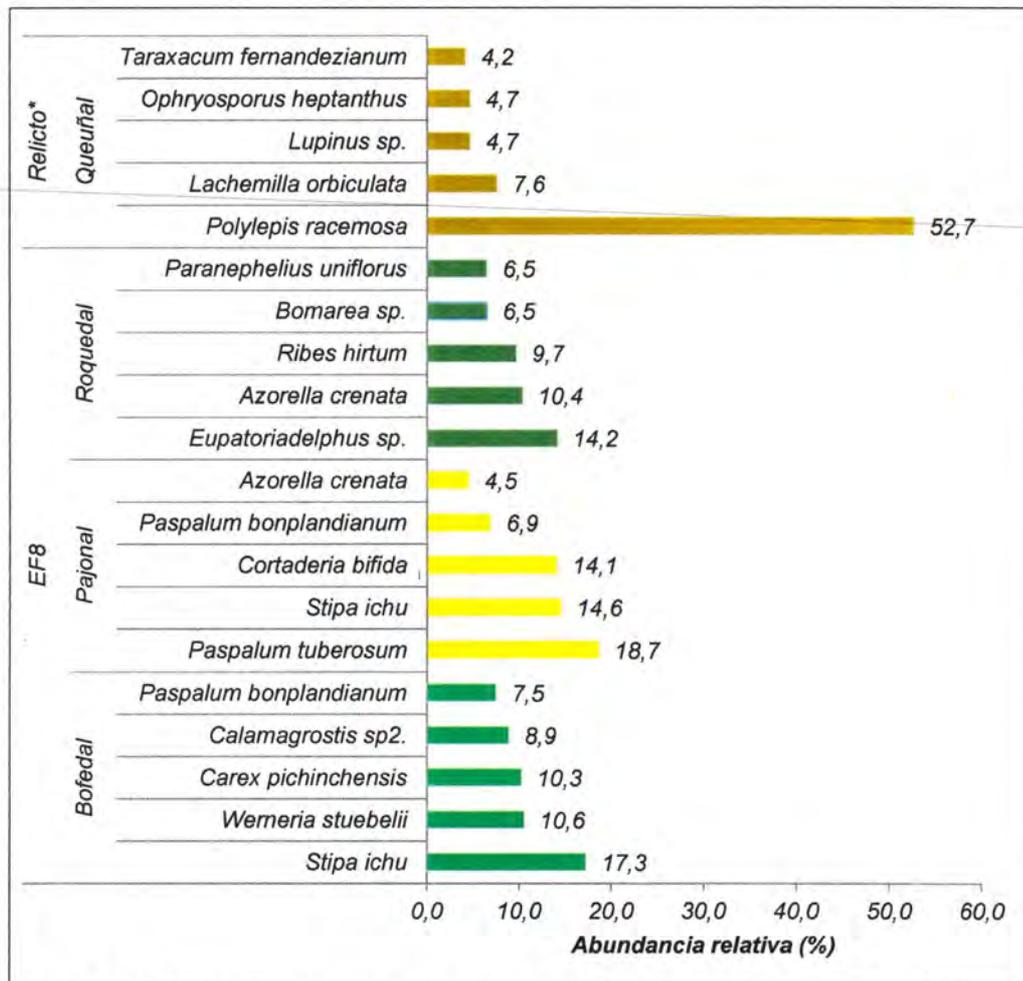


Figura 7-276. Especies con mayor abundancia relativa en el EF8 presente en el área de influencia del PM El Galeno



d.3. EF9 y EF12 (microcuenca Yanacocha)

En esta microcuenca se determinaron 2 ecosistemas frágiles a evaluar: EF9 (laguna) y EF12 (bofedal). Las especies con mayor abundancia relativa en el EF12, pertenecen principalmente a las familias Poaceae y Asteraceae. Entre ellas tenemos a *Stipa ichu* como especie principal del estrato herbáceo; seguida de *Werneria stuebelii* y *Paspalum bonplandianum*, esta última como especie de gramínea que conforman el estrato herbáceo. Entre otras especies dominantes tenemos a *Loricaria ferruginea* y *Cortaderia bifida* (Figura 7-277).

Para el EF9, las especies *Loricaria ferruginea* y *Paspalum bonplandianum* seguida de *Juncus imbricatus* son los más abundantes. Asimismo, las especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de roquedal pertenecen principalmente a las familias Rosaceae y Asteraceae. Entre ellas tenemos a *Polylepis sp1* como especie más dominante, seguidas de *Berberis lutea* y *Hesperomeles cuneata*, entre otras especies (Figura 7-277).



Handwritten signature in blue ink

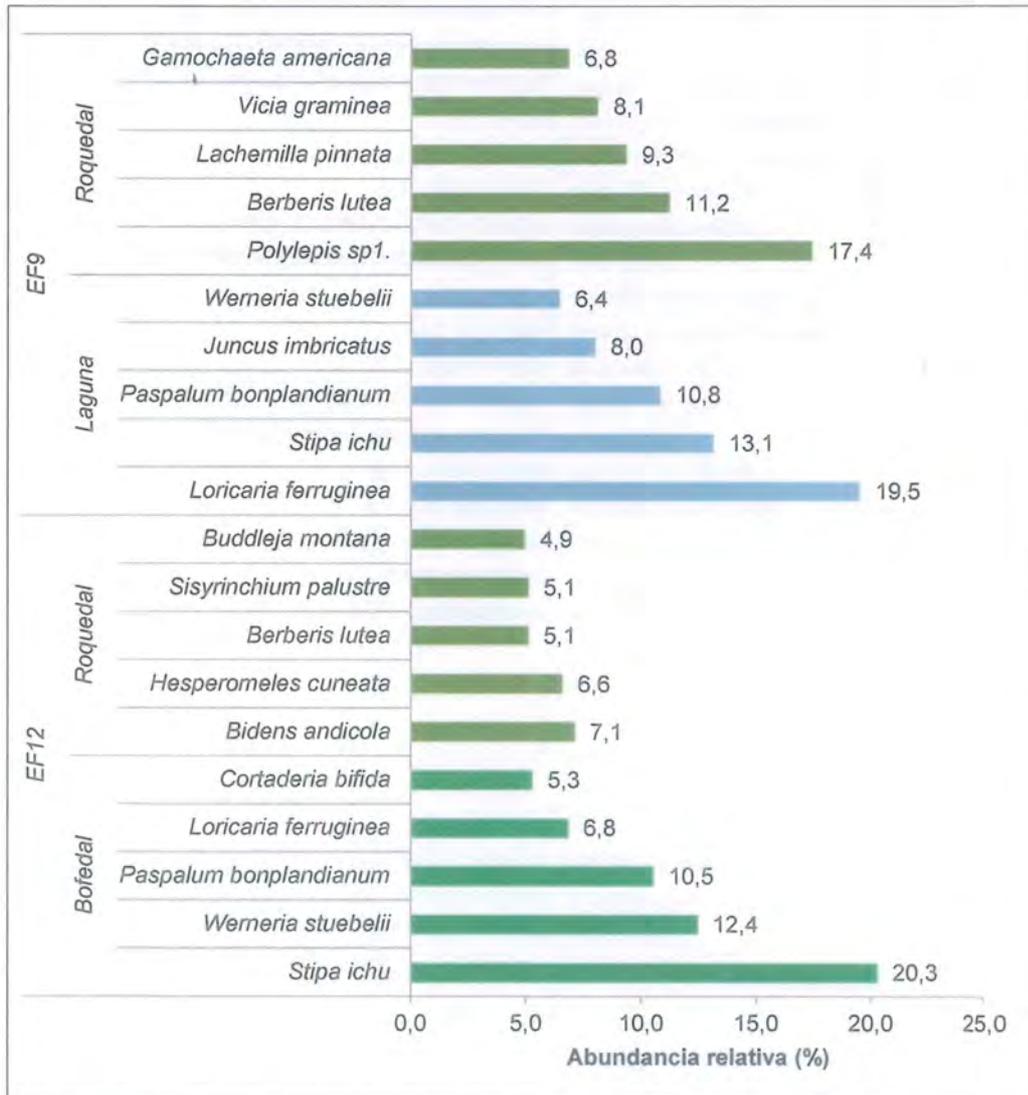


Figura 7-277. Especies con mayor abundancia relativa en el EF9 y EF12 presente en el área de influencia del PM El Galeno



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

d.4. EF10, EF11, EF13, EF14 Y EF15 (microcuenca Kerosene)

Las especies con mayor abundancia relativa en los ecosistemas frágiles de esta microcuenca (quebrada Kerosene), tanto para lagunas y bofedales coinciden en las especies más abundantes. De este modo, se tiene registrado a las especies *Loricaria ferruginea*, *Werneria nubigena*, *Werneria stuebelii*, *Paspalum bonplandianum*, *Stipa ichu* y *Distichia acicularis*, como las principales (Figura 7-278).



Handwritten signature and initials in blue ink.

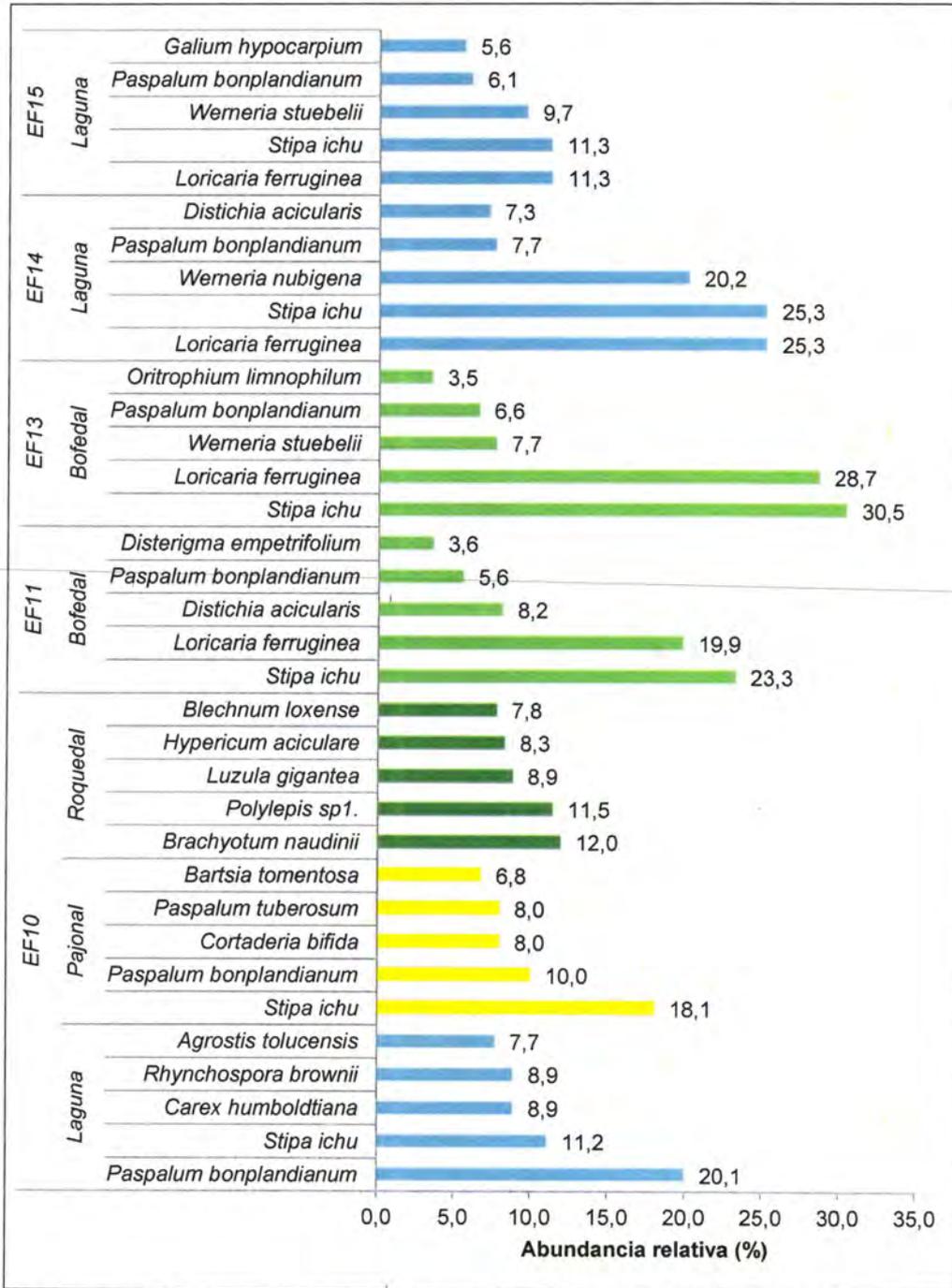


Figura 7-278. Especies con mayor abundancia relativa en los EF de la Microcuenca Kerosene en el PM El Galeno



Es importante tomar en cuenta que esta microcuenca tiene otras formaciones vegetales asociadas a los bofedales y lagunas, entre ellas los pajonales y roquedales, donde predominan las especies *Stipa ichu*, *Paspalum bonplandianum*, *Cortaderia bifida*, además de *Polylepis* sp1., *Luzula gigantea*, *Hypericum aciculare* y *Blechnum loxense* (Figura 7-278).

7.4.7.3 Análisis de diversidad

a. Diversidad alfa

Para los análisis de diversidad se consideraron los datos obtenidos en los transectos evaluados, considerando un total de 254 especies. Se observa que la riqueza de especies fluctúa entre 15 y 55 especies por transecto. Los valores de diversidad varían de acuerdo a la formación vegetal estudiada. Los valores de diversidad representada por el índice de Shannon-Wiener (H') en los transectos realizados fluctúa entre 1,44 y 3,79, el índice de dominancia de Simpson fluctúa entre 0,04 y 0,46, y el índice de equidad fluctúa entre 0,53 y 0,94 (Tabla 7-37).

Tabla 7-37. Índices de diversidad alfa obtenido de los transectos* evaluados en los EF del PM El Galeno

Zona (EF)	Formación Vegetal	Transecto*	Riqueza	Equidad	Dominancia D	Shannon H
EF10	Laguna	EF10-FL1L	23	0,8265	0,1013	2,592
		EF10-FL2L	15	0,6642	0,2318	1,799
	Pajonal	EF10-FLp1	26	0,9047	0,07958	2,948
	Roquedal	EF10-FLr1	29	0,8759	0,06182	2,949
EF11	Bofedal	EF11-FL1b	29	0,7232	0,1857	2,435
		EF11-FL2b	20	0,6249	0,2704	1,872
EF12	Bofedal	EF12-FL1b	40	0,7834	0,1038	2,89
		EF12-FL2b	27	0,6126	0,2105	2,019
	Roquedal	EF12-FLr2	25	0,8937	0,06643	2,877
		EF12-FLr3	30	0,9138	0,06429	3,108
EF13	Bofedal	EF13-FL1b	9	0,6457	0,3692	1,419
		EF13-FL2b	12	0,5813	0,3987	1,444
EF14	Laguna	EF14-FL1L	9	0,8576	0,1895	1,884
EF15	Laguna	EF15-FL1L	15	0,8726	0,1198	2,363
		EF15-FL2L	19	0,8417	0,103	2,478
EF1	Laguna	EF1-FL1L	22	0,9043	0,06799	2,795
		EF1-FL2L	16	0,7062	0,2151	1,958
EF2	Laguna	EF2-FL1L	27	0,8569	0,07211	2,824
EF3	Bofedal	EF3-FL1b	24	0,8487	0,1095	2,697
EF4	Laguna	EF4-FL1L	20	0,6781	0,2463	2,031
		EF4-FL2L	17	0,8739	0,1	2,476
EF5	Laguna	EF5-FL1L	17	0,8673	0,1221	2,457
EF6	Bofedal	EF6-FL1b	14	0,7129	0,2424	1,881
		EF6-FL2b	15	0,6412	0,323	1,736
EF7	Laguna	EF7-FL1L	29	0,7462	0,1272	2,513
		EF7-FL2L	17	0,7399	0,1737	2,096



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Zona (EF)	Formación Vegetal	Transecto*	Riqueza	Equidad	Dominancia D	Shannon H
EF7	Césped	EF7-FLc1	28	0,9078	0,0589	3,025
		EF7-FLc2	29	0,8904	0,05835	2,998
	Pajonal	EF7-FLp1	31	0,8864	0,05404	3,044
		EF7-FLp2	14	0,8988	0,1049	2,372
	Roquedal	EF7-FLr1	22	0,8791	0,08501	2,717
		EF7-FLr2	55	0,9462	0,04045	3,792
EF8	Bofedal	EF8-FL1b	29	0,7756	0,1274	2,612
		EF8-FL2b	16	0,7101	0,2036	1,969
	Pajonal	EF8-FLp1	27	0,7815	0,1136	2,576
		EF8-FLp2	22	0,8475	0,09595	2,62
	Queuña	EF8-FLq1	16	0,7581	0,2065	2,102
		EF8-FLq2	15	0,5385	0,4654	1,458
	Roquedal	EF8-FLr1	21	0,8624	0,08049	2,626
		EF8-FLr2	15	0,8148	0,1512	2,207
		EF8-FLr3	19	0,9198	0,07542	2,708
EF9	Laguna	EF9-FL1L	14	0,7827	0,1928	2,066
		EF9-FL2L	20	0,7416	0,1589	2,222
	Roquedal	EF9-FLr1	21	0,9112	0,08493	2,774

* Transecto adaptado de cuadrantes para análisis

a.1. Diversidad por formación vegetal

La mayor diversidad representada por el índice de Shannon-Wiener (H') se registra en la formación vegetal de césped como parte del EF7 con una diversidad promedio de 3,01 nits/individuo, seguida de la vegetación de roquedal con una diversidad de 2,86 nits/individuo (Figura 7-279).

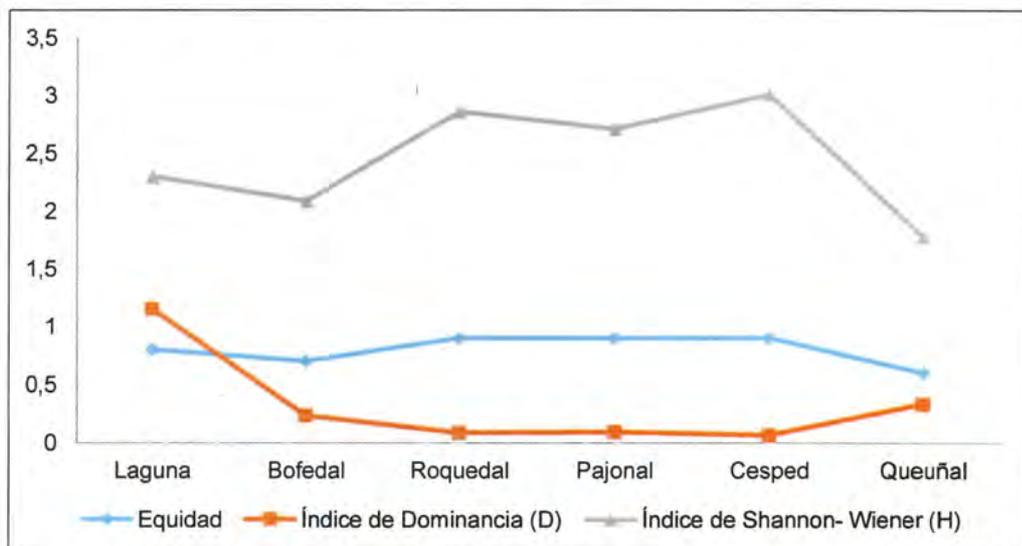


Figura 7-279. Índices de diversidad alfa de las formaciones vegetales presentes en los EF del PM El Galeno



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Asimismo, en el pajonal se registra una diversidad promedio de 2,71 nits/individuo; en el bofedal se registra una diversidad promedio de 2,09 nits/individuo; en las lagunas se registra una diversidad promedio de 2,3 nits/individuo y la menor diversidad se presenta en la formación vegetal conocida como Queuña con un índice de diversidad de 1,78 bits/individuo, esto se debe principalmente, a la dominancia presentada por la especie *Polylepis racemosa* (Queuña) que presenta más del 50 % de abundancia relativa en el análisis de su transecto.

Los índices de equidad y dominancia de Simpson, respaldan lo mostrado por el índice de Shannon, es así que la formación vegetal de queuña presenta el mayor índice de dominancia promedio (0,47) registrado, consecuente al menor índice de equidad promedio (0,54) obtenido. Las formaciones vegetales como roquedal y pajonal siguen el mismo patrón, es decir, gradualmente son más diversos que los bofedales y lagunas, y esto es corroborado por los índices de dominancia y equidad (Figura 7-279).

a.2. Diversidad por EF/Zona

La mayor diversidad representada por el índice de Shannon-Wiener (H') se registra para los ecosistemas frágiles EF7, con una diversidad promedio de 2.82 nits/individuo, seguida de los EF2 y EF3 con una diversidad de 2.8 y 2.7 nits/individuo respectivamente; y los menos diversos para los EF6, EF14 y EF13.

Los resultados de diversidad, tanto de los ecosistemas frágiles más diversos como los menos diversos, son corroborados por los índices de dominancia y equidad como se muestra en la Figura 7-280. Es así, que para los ecosistemas frágiles menos diversos los valores del índice de dominancia son los más altos, principalmente por la mayor abundancia relativa de alguna especie en particular, según sea el caso (Figuras 7-275 y 7-278).

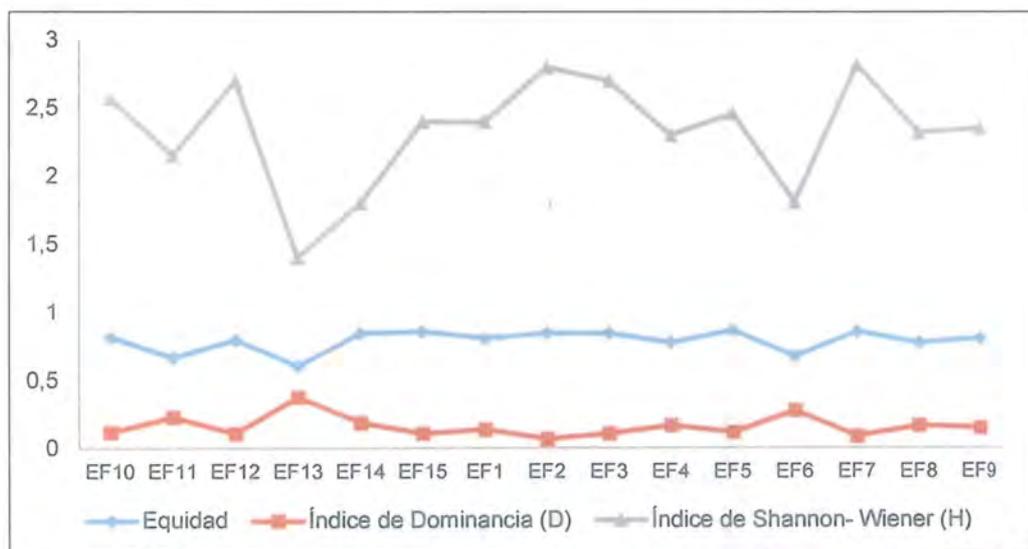


Figura 7-280. Índices de diversidad alfa de las formaciones vegetales presentes en el área de ecosistemas frágiles del PM El Galeno



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

b. Diversidad beta

b.1. Similitud por formación vegetal

Se obtiene un índice de similitud de Morisita bajo, entre las formaciones vegetales, tomando como referencia las formaciones vegetales de laguna y bofedal como ecosistemas principales, estos ecosistemas presentan un valor de 0,85, muy diferente al de las demás formaciones vegetales que fluctúan entre 0,01 y 0,33, evidenciándose que, a diferencia de los bofedales y lagunas, cada formación vegetal tiene un tipo de vegetación característico (Tabla 7-38).

Tabla 7-38. Índices de similitud entre las formaciones vegetales presentes en los EF del PM El Galeno, con el Índice Morisita

Formación Vegetal	Bofedales	Césped	Laguna	Pajonal	Queuñaíl	Roquedaíl
Bofedales	1	0.010992	0.84783	0.38006	0.0021329	0.081901
Césped	0	1	0.079519	0.04812	0.021942	0.32855
Laguna	0	0	1	0.44324	0.012882	0.17942
Pajonal	0	0	0	1	0.0062059	0.23311
Queuñaíl	0	0	0	0	1	0.015973
Roquedaíl	0	0	0	0	0	1

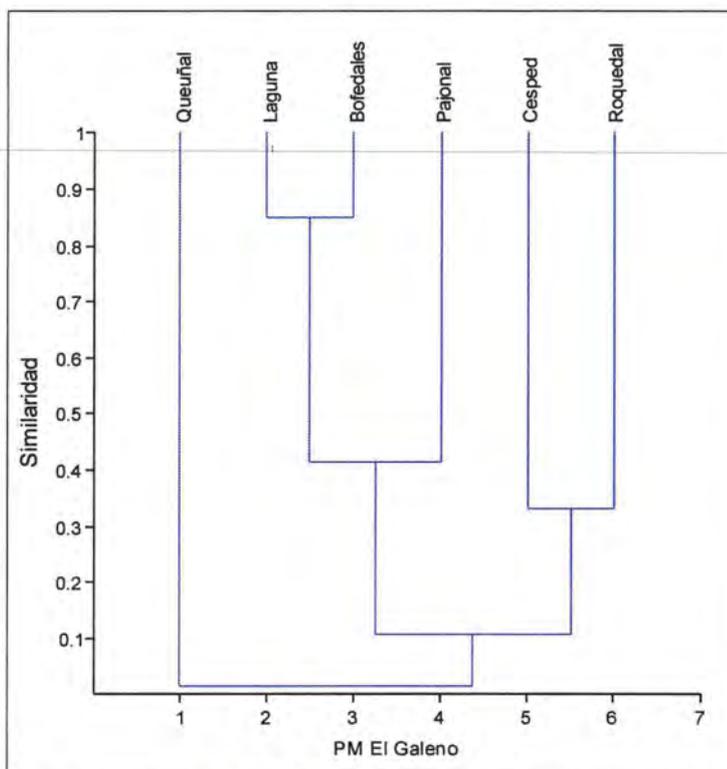


Figura 7-281. Análisis Clúster de las formaciones vegetales presentes en los EF del PM El Galeno con el Índice Morisita

También se observa una clara separación entre los bofedales y lagunas con las otras formaciones vegetales de roquedaíl y césped. Asimismo, la formación vegetal pajonal está ubicada entre ambos grupos. Una mayor disimilitud existe entre la vegetación de



Handwritten signature in blue ink



queuñal y todas las otras formaciones vegetales con un índice de 0,002, lo que indica que hay una marcada diferencia en la composición vegetal de estas formaciones, respecto al queuñal (Tabla 7-38 y Figura 7-281).

b.2. Similitud por ecosistema frágil (EF)

Se obtiene un índice de similitud de Morisita en general mayor a 50%, básicamente por la presencia de bofedales y lagunas en cada ecosistema, sin embargo, los valores para el EF7 y EF8 se reduce a menos del 50% (0,5) principalmente debido a que estos ecosistemas contienen información de formaciones vegetales asociadas a pajonal, roquedal y césped, además de queuñal (Tabla 7-39 y Figura 7-276).



Vertical handwritten text: 2014-04-15

Tabla 7-39. Índices de similitud entre los EF presentes en el área de influencia del PM El Galeno, con el Índice Morisita

ZONA	EF1	EF10	EF11	EF12	EF13	EF14	EF15	EF2	EF3	EF4	EF5	EF6	EF7	EF8	EF9
EF1	1,00	0,70	0,59	0,57	0,51	0,44	0,54	0,70	0,13	0,35	0,75	0,59	0,25	0,44	0,44
EF10	0,00	1,00	0,44	0,61	0,35	0,34	0,46	0,58	0,09	0,27	0,57	0,42	0,34	0,47	0,54
EF11	0,00	0,00	1,00	0,53	0,91	0,82	0,69	0,72	0,39	0,45	0,83	0,95	0,17	0,34	0,66
EF12	0,00	0,00	0,00	1,00	0,45	0,36	0,68	0,55	0,13	0,27	0,52	0,47	0,38	0,45	0,63
EF13	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,82	0,66	0,65	0,32	0,35	0,79	0,95	0,13	0,29	0,61
EF14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,53	0,56	0,31	0,32	0,71	0,82	0,12	0,23	0,53
EF15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,60	0,24	0,37	0,66	0,65	0,20	0,40	0,70
EF2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,37	0,38	0,83	0,70	0,21	0,40	0,60
EF3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,84	0,37	0,35	0,05	0,09	0,30
EF4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,49	0,39	0,07	0,18	0,37
EF5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,82	0,21	0,39	0,59
EF6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,16	0,31	0,62
EF7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,37	0,26
EF8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,36
EF9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
Ecosistemas con lagunas															
Ecosistemas con bofedales															

Además, los ecosistemas EF7 y EF8 tampoco son similares entre sí (valores menores a 0,5), lo que corrobora lo variado de la composición florística en cada transecto (roquedal, pajonal, césped y queuñal) respecto a los bofedales y lagunas, esto podría deberse a las características del suelo (nutrientes o materia orgánica disponible) u otras variables físicas o químicas (Tabla 7-39 y Figura 7-282).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

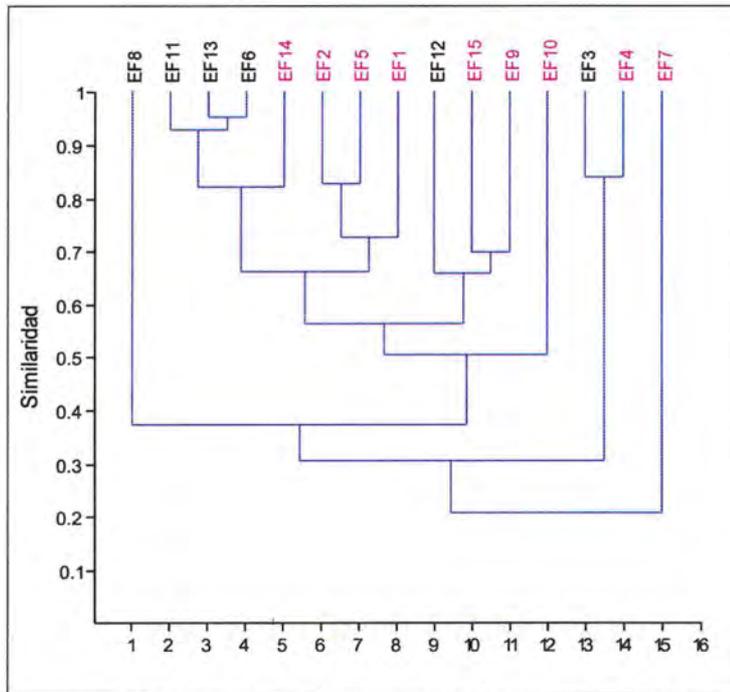


Figura 7-282. Análisis de Clúster de las EF presentes en el área de influencia directa del PM El Galeno con el Índice Morisita

b.3. Análisis NMDS

El análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), utilizando el índice de Morisita, muestra visualmente la similitud entre los transectos evaluados, presentándolos en 3 (3) grupos bien diferenciados.

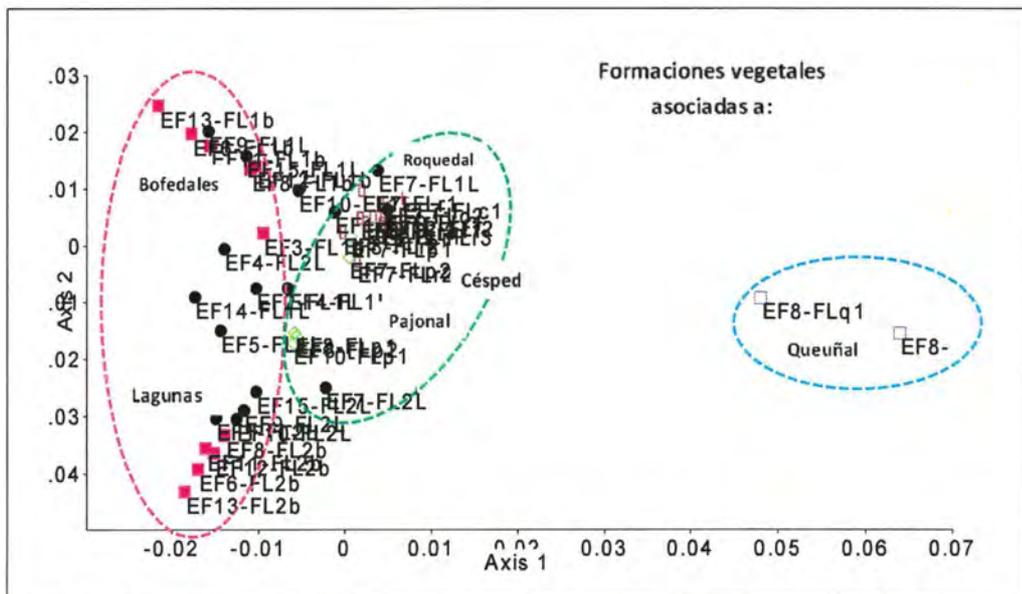


Figura 7-283. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) con los transectos evaluados en los EF del PM El Galeno con el Índice Morisita



Handwritten signature and date: 2014



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Los transectos agrupados en el grupo 1 corresponden a los transectos evaluados en la formación vegetal de bofedales y lagunas, los transectos agrupados en el grupo Dos corresponden a los transectos evaluados en las formaciones vegetales asociados a los bofedales (roquedal, pajonal y césped) y un tercero bien diferenciado y definido es la formación vegetal de queuña "reforestado".

Así mismo, la formación vegetal de roquedal, césped y pajonal son más afines, razón por el cual se agrupan, principalmente debido a las especies que comparten entre sí. Sin embargo, con los transectos de queuña ocurre lo contrario, se separan de ambos grupos (Figura 7-283).

7.4.7.4 Curva de acumulación



De acuerdo al análisis de la curva de acumulación de especies con los datos obtenidos de los transectos estudiados, muestran que la curva se ajusta bien al modelo de Clench ($R=0,99986$) y que el número máximo de especies predicho es de 340. No se llegó a obtener una curva asintótica, pero estuvo cerca (Figura 7-284).

La evaluación representa el 74,4% (254) de la flora total estimada para el área de estudio. Sin embargo, se puede observar que con la evaluación cualitativa se logra registrar un número mucho más cercano (261 especies) al predicho por el modelo, sin embargo es importante recalcar que esta evaluación enfoca su evaluación en áreas específicas, los determinados como ecosistemas frágiles (bofedales y lagunas).

Además de la vegetación asociada a estas zonas, los registros superarían el número esperado si ampliaríamos la evaluación en otros microhábitats que no están relacionados a los ecosistemas frágiles. No obstante los datos obtenidos en este estudio son estadísticamente significativos.

Vertical handwritten notes in blue ink, including a checkmark and various symbols.

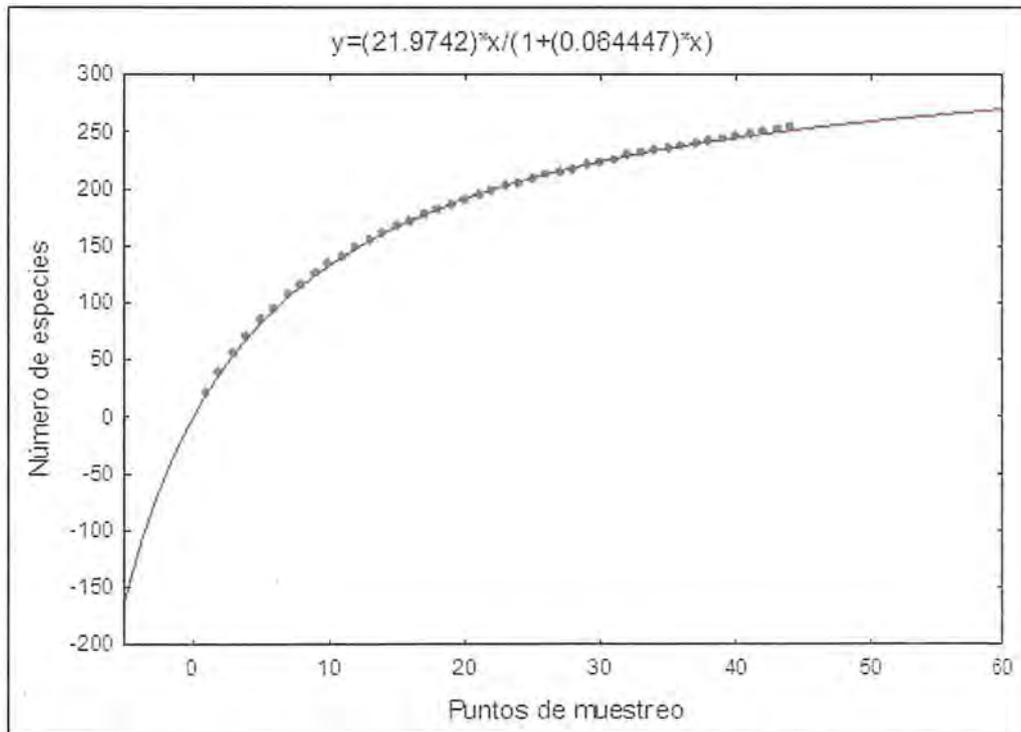


Figura 7-284. Curva de acumulación de especies. Modelo: $v_2 = \frac{a \cdot v_1}{1 + (b \cdot v_1)}$. Función de Clench



7.4.8.5 Conservación

a. Especies amenazadas presentes en alguna categoría de protección

Las especies determinadas en la evaluación de flora que se encuentran en alguna categoría de protección se detallan en la Tabla 7-40. En dicha tabla, se indica que en la evaluación de los 17 ecosistemas frágiles en el área de influencia del PM El Galeno se ha registrado un total de 26 especies que están al menos en alguna categoría de amenaza y protección, ya sea nacional o internacional y 32 especies endémicas para Perú, según el Libro Rojo de plantas endémicas del Perú, sumando 58 especies importantes.

Tabla 7-40. Especies de flora registradas en las zonas de evaluación que están protegidas por el Estado Peruano o categorizadas por la UICN y CITES

Especie	Categoría de Conservación				Endemismo****
	DS-043-2006-AG*	RM-0505-2016-MIN	IUCN 2018**	CITES 2017***	
<i>Acaulimalva alismatifolia</i>	EN	-	-	-	CA.
<i>Altensteinia fimbriata</i>	-	-	-	Apéndice II	
<i>Arctophyllum weberbaueri</i>	-	-	-	-	AM, AN, HV, IC, LI.
<i>Baccharis genistelloides</i>	NT	NT	-	-	
<i>Baccharis ledifolia</i>	-	-	-	-	AM, CA.
<i>Baccharis tarmensis</i>	-	-	-	-	AM, CA, JU.
<i>Bartsia tomentosa</i>	-	-	-	-	AN, CA, LL, PA
<i>Bomarea albimontana</i>	-	-	-	-	AN, CA.
<i>Bomarea porrecta</i>	-	-	-	-	AN, LL, PA
<i>Brachyotum longisepalum</i>	-	-	-	-	AN, CA, LL.
<i>Buddleja montana</i>	-	EN	-	-	
<i>Calceolaria cirsiifolia</i>	-	-	-	-	AN, AP, AR, AY, CA, HV, LI, MO, TA.
<i>Calceolaria divaricata</i>	-	-	-	-	AM, CA, PI, TU.
<i>Calceolaria nivalis</i>	-	-	-	-	AM, AN, CA, LA, LL, LI
<i>Calceolaria reichlinii</i>	-	-	-	-	CA, LL.
<i>Calceolaria rhododendroides</i>	-	-	-	-	AM, CA, LL, PI.
<i>Castilleja virgatooides</i>	-	-	-	-	AP, AY, CU, JU, LA, LL, LI.
<i>Chuquiraga weberbaueri</i>	-	-	-	-	AM, CA, LL, PI.
<i>Coreopsis fasciculata</i>	-	-	-	-	CU.
<i>Diplostephium callaense</i>	-	-	-	-	AM, CA.
<i>Distichia acicularis</i>	-	-	LC	-	
<i>Ephedra rupestris</i>	CR	-	LC	-	
<i>Escallonia myrtilloides</i>	-	VU	-	-	
<i>Gentianella dianthoides</i>	-	-	-	-	AN, AY, CA, HU
<i>Gynoxys nitida</i>	-	-	-	-	AN, AY, CU, LI, PA
<i>Hieracium peruanum</i>	-	-	-	-	CA, PI
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	-	-	LC	-	
<i>Kyllinga brevifolia</i>	-	-	LC	-	
<i>Lupinus asymbepus</i>	-	-	-	-	AP, CA.
<i>Lupinus peruvianus</i>	-	-	-	-	AM, AP, AY, CA, CU, JU, PA.
<i>Mimulus glabratus</i>	-	-	LC	-	
<i>Monnina conferta</i>	-	-	-	-	AM, AN, AY, CA, HU, HV, JU, LA, LL.
<i>Nasa ranunculifolia</i>	-	-	-	-	CA, LL.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Especie	Categoría de Conservación				Endemismo****
	DS-043-2006-AG*	RM-0505-2016-MIN	IUCN 2018**	CITES 2017***	
<i>Nasturtium officinale</i>	-	-	LC	-	
<i>Paronychia fusciflora</i>	-	DD	-	-	CA.
<i>Paspalum tuberosum</i>	-	-	-	-	AN, CA, LL.
<i>Pelexia weberbaueriana</i>	-	-	-	Apéndice II	
<i>Pilea dombeyana</i>	-	-	-	-	CA, HU
<i>Plagiocheilus solivaeformis</i>	-	-	LC	-	
<i>Polylepis racemosa</i>	CR	EN	VU	-	
<i>Polylepis sericea</i>	VU	-	-	-	
<i>Pteridium aquilinum</i>	-	-	LC	-	
<i>Salvia lanicaulis</i>	-	-	-	-	CA, LL.
<i>Senecio chíquianensis</i>	-	-	-	-	AN, AY, CA, LL.
<i>Senecio emmae</i>	-	-	-	-	AN, CA, LL.
<i>Senecio nivalis</i>	VU	-	-	-	
<i>Siphocampylus platysiphon</i>	-	-	-	-	CA, LL.
<i>Solanum jalcae</i>	CR	-	-	-	AN, CA, LL, LI.
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	-	-	LC	-	
<i>Veronica serpyllifolia</i>	-	-	LC	-	
<i>Puya herrerae</i>	VU	VU	VU	-	
<i>Aa sp.</i>				Apéndice II	
<i>Alteinstenia sp1.</i>				Apéndice II	
<i>Elleanthus sp.</i>				Apéndice II	
<i>Epidendrum sp.</i>				Apéndice II	
<i>Gomphichis sp.</i>				Apéndice II	
<i>Maxilaria sp1.</i>				Apéndice II	
<i>Typha angustifolia</i>			LC		
TOTAL	8	6	11	6	32

*Categorías de la Clasificación Oficial de Especies Amenazadas de Flora Silvestre (INRENA 2006): En peligro (EN); Vulnerable (VU); Casi Amenazado (NT); Riesgo Menor (LR); Preocupación Menor (LC); Datos Insuficientes (DD) y Críticamente Amenazado (CR).

**Categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) "Lista Roja de Especies Amenazadas": Extinto (EX), Extinto en estado silvestre (SW), En peligro crítico (CR), En peligro (EN); Vulnerable (VU); Casi Amenazado (NT); Riesgo Menor (LR); Preocupación Menor (LC); Datos Insuficientes (DD) y Críticamente Amenazado (CR).

***Categorías de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES): Apéndice I (En vía de extinción); Apéndice II (Vulnerables o potencialmente amenazadas) y Apéndice III (Protegidas al menos en un país)

****Registros departamentales según el Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Perú de Leon *et al.*, (2006): AM (Amazonas), AN (Ancash), AP (Apurímac), AR (Arequipa), AY (Ayacucho), CA (Cajamarca), CU (Cusco), HU (Huánuco), HV (Huancavelica), IC (Ica), JU (Junín), LA (Lambayeque), LL (La Libertad), LI (Lima), LO (Loreto), MD (Madre de Dios), MO (Moquegua), PA (Pasco), PI (Piura), PU (Puno), SM (San Martín), TA (Tacna), TU (Tumbes) y UC (Ucayali)

La norma vigente de categorización de especies amenazadas de flora silvestre⁵⁰ determina que las especies *Acaulimalva alismatifolia*, *Baccharis genistelloides*, *Ephedra rupestris*, *Polylepis racemosa*, *Polylepis sericea*, *Senecio nivalis* y *Solanum jalcae* se encuentran en alguna categoría de clasificación (Tabla 7-40).

50

Decreto Supremo N° 043-2006-AG del 06 de julio de 2006, que aprueba la categorización de Especies Amenazadas de Flora Silvestre.



Cabe resaltar que en la propuesta de lista de clasificación oficial de especies de flora silvestre categorizadas como amenazadas⁵¹, se incrementa las especies *Buddleja montana* con la categoría de En peligro (EN), *Distichia muscoides* con la categoría de Casi Amenazado (NT), *Escallonia myrtilloides* con la categoría de Vulnerable (VU) y *Paronychia fusciflora* con Datos insuficientes (DD) para clasificarlo en alguna de estas categorías.

Además, recategoriza a la especie *Polylepis racemosa* de categoría Críticamente Amenazado (CR) a En peligro (EN), asimismo, mantiene a la especie *Baccharis genistelloides* como casi amenazado (NT). Estos resultados muestran que con el transcurso del tiempo, se aumentó la amenaza de estas especies debido a la alteración de los ecosistemas donde se desarrollan.

Es importante destacar que de las especies detalladas en la Tabla 7-40, las especies *Altensteinia fimbriata*, *Aa sp*, *Alteinstenia sp1* (en revisión), *Elleanthus sp.*, *Pterichis leucoptera*, *Gomphichis sp.*, *Maxilaria sp.* y *Pelexia weberbaueriana* están incluidas dentro del Apéndice II de La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES), lo que indicaría que se encuentran vulnerables o potencialmente amenazadas. Esta condición se debería a algún cambio o decrecimiento drástico en sus poblaciones debido a la afectación del ambiente donde se desarrolla, por una excesiva extracción o por comercio del mismo.

Se ha registrado 32 especies endémicas en la presente evaluación de las cuales, según León *et al.* (2006), solo 27 de ellas están descritas como endémicas para el departamento de Cajamarca y 5 especies (*Arcytophyllum weberbaueri*, *Bomarea porrecta*, *Castilleja virgatooides*, *Coreopsis fasciculata* y *Gynoxys nítida*) fueron registradas como endémica para otros departamentos, ampliando así su distribución.

7.4.7. Fauna Silvestre

En la presente sección se detalla los resultados de la evaluación del componente Fauna Silvestre realizada en el área de influencia del proyecto minero El Galeno.

7.4.9.1 Anfibios y reptiles

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación de anfibios y reptiles, realizada con las metodologías explicadas anteriormente.

a. Composición Herpetológica

Durante la evaluación herpetológica realizada en el área del proyecto, se registró la presencia de 3 especies de anfibios, distribuidas en 2 familias, pertenecientes al orden Anura. Asimismo, se registraron 2 especies de reptiles, pertenecientes a 2 familias distintas del orden Squamata, las cuales se describen en la Tabla 7-41.

Tabla7-41. Orden, familia y especies de anfibios y reptiles

N.º	Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común
1	Amphibia	Anura	Craugastoridae	<i>Pristimantis simonsii</i>	Ranita de Jalca
<i>Pristimantis pinguis</i>				Ranita	
3			Hemiphractidae	<i>Gastrotheca peruana</i>	Rana marsupial
4	Reptilia	Squamata	Tropiduridae	<i>Stenocercus stigmossus</i>	Lagartija
5			Gymnophthalmidae	<i>Petracola ventrimaculata</i>	Lagartija de paja

⁵¹ Resolución Ministerial N° 0505-2016-MINAGRI del 29 de setiembre de 2016, que aprueba el proyecto de Decreto Supremo, referido a la "Lista de clasificación de especies de flora silvestre categorizadas como amenazadas".



Vertical blue handwritten marks and signatures on the left margin.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

La familia Craugastoridae presentó la mayor abundancia de especies en el área de estudio, debido a la presencia de 2 especies del mismo género (*Pristimantis simonsii* y *Pristimantis pinguis*). En el caso de los reptiles, las familias registradas Colorespondieron a cada una de las 2 especies encontradas (*Tropiduridae* y *Gymnophthalmidae*) (Figura 7-285).

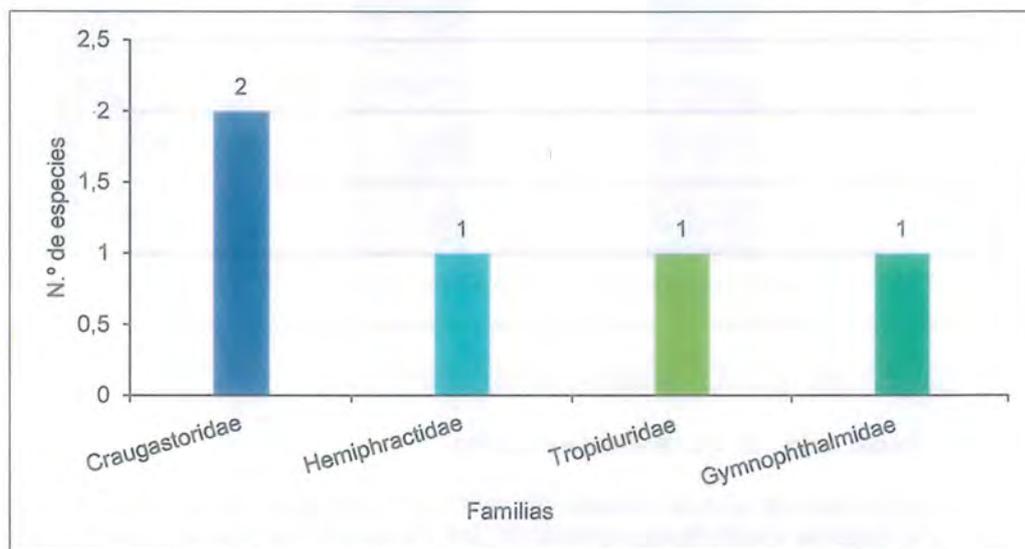


Figura 7-285. Familias con mayor número de especies de anfibios y reptiles

b. Abundancia relativa de los anfibios y reptiles en el área del proyecto

Se obtuvieron un total de 41 registros de anfibios adultos durante las evaluaciones realizadas en el área de estudio, siendo *Pristimantis pinguis* la especie con mayores registros de abundancia (17 individuos; 41,46 %), seguida de *Gastrotheca peruana* con 13 individuos registrados (31,71 %) y finalmente *Pristimantis simonsii* con 11 registros (26,83 %) (Tabla 7-42 y Figura 7-286).

Tabla 7-42. Abundancia relativa de anfibios

Orden	Familia	Anfibios	Nº de individuos	Abundancia relativa %
Anura	Hemiphractidae	<i>Gastrotheca peruana</i>	13	31,71
		<i>Pristimantis pinguis</i>	17	41,46
	Craugastoridae	<i>Pristimantis simonsii</i>	11	26,83
Total	2	3	41	100

R.
A.
S.
H.

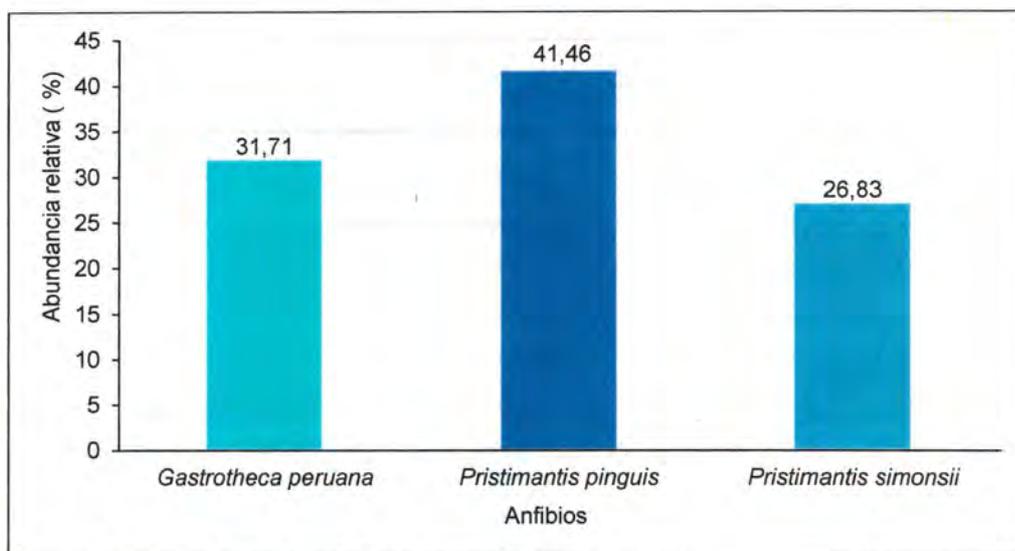


Figura 7-286. Abundancia relativa de los anfibios

- Renacuajos de *Gastrotheca peruana*

Durante las evaluaciones realizadas, se registró una gran abundancia de renacuajos de la especie *Gastrotheca peruana* en los diferentes cuerpos de agua presentes en los ecosistemas frágiles (bofedales principalmente). Asimismo, se obtuvieron 5 registros oportunistas de renacuajos en las inmediaciones de la laguna Lipiac (EF8) y Yanacocha (EF12).

Debido a su tipo de desarrollo (ciclo de vida) los renacuajos pueden presentarse en grandes cantidades; sin embargo, no todos llegarán a convertirse en adultos, por lo que su análisis debe llevarse a cabo de forma separada, pues podría sobrestimar los resultados de abundancia para la especie. En ese sentido, los resultados de la abundancia de renacuajos se muestran en la Tabla 7-43.

Tabla 7-43. Abundancia relativa de los renacuajos

Familia	Renacuajos	Nº de individuos	Abundancia relativa %
Hemiphractidae	<i>Gastrotheca peruana</i>	455	100
Total	1	455	100

En el caso de los reptiles, se obtuvieron un total de 17 registros durante las evaluaciones realizadas en el área de estudio, siendo *Stenocercus stigmus* la especie con mayores registros de abundancia (9 individuos, 52,94 %), mientras que *Stenocercus stigmus* presentó una abundancia de 8 individuos (47,06 %) (Tabla 7-44 y Figura 7-287).

Tabla 7-44. Abundancia relativa de reptiles

Orden	Familia	Reptiles	Nº de individuos	Abundancia relativa %
Squamata	Gymnophthalmidae	<i>Petracola ventrimaculata</i>	8	47,06
	Tropiduridae	<i>Stenocercus stigmus</i>	9	52,94
Total	2	2	17	1,0

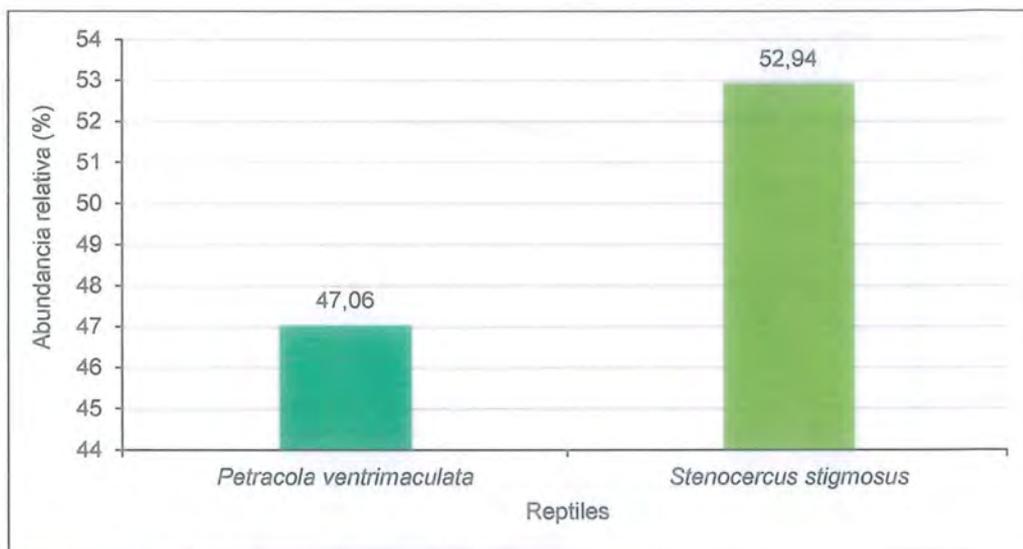


Figura 7-287. Abundancia relativa de los reptiles

c. **Diversidad de anfibios y reptiles en toda el área del proyecto**

Los resultados obtenidos muestran que los anfibios presentaron una mayor riqueza y abundancia de especies que los reptiles. Del mismo modo, los anfibios presentaron un mayor índice de diversidad de Shannon-Winner ($H' = 1,561$ bits/ind) en comparación con los reptiles ($H' = 0,998$ bits/ind). Asimismo, el índice de diversidad de Simpson (1-D) muestra que las especies de anfibios y reptiles presentaron equidad en la composición de las especies registradas (0,672 y 0,529 respectivamente) (Tabla 7-45).

Tabla 7-45. Abundancia, riqueza e índices de diversidad de los anfibios en toda el área del proyecto

Índices de Diversidad	Anfibios	Reptiles
Riqueza e especies	3	2
Nº de Individuos	41	17
Índices de Shannon-Winner (H')	1,561	0,998
Índice de Simpson (1-D)	0,672	0,529

d. **Estimación de riqueza esperada**

• **Curva de acumulación de especies**

La curva de acumulación de especies mediante el método de rarefacción y extrapolación para anfibios y reptiles en base a la metodología de búsquedas por encuentro visual (VES) muestra que mediante el esfuerzo total realizado (48 VES) se logró registrar a todas las especies esperadas en la zona de estudio (5 especies) (Figura 7-288).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten blue notes and arrows pointing to the stamp and the first figure.

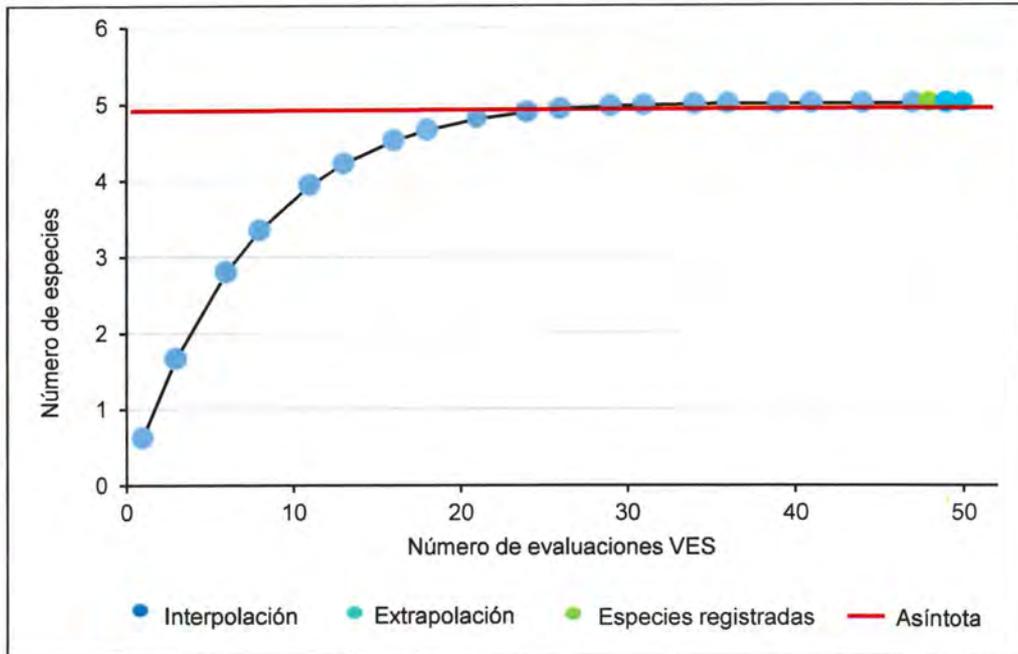


Figura 7-288. Curva de acumulación de observadas mediante la metodología de VES

Por otro lado, la curva de acumulación de especies mediante la metodología de transectos en hábitats acuáticos (Figura 7-289), muestra un menor acercamiento hacia la asíntota, de manera que se necesitaría de un mayor esfuerzo mediante esta metodología para lograr registrar a todas las especies presentes en el área de estudio. Sin embargo, cabe señalar que estas evaluaciones se centraron en los cuerpos de agua, reduciendo la posibilidad de registrar a las especies presentes en otros hábitats.

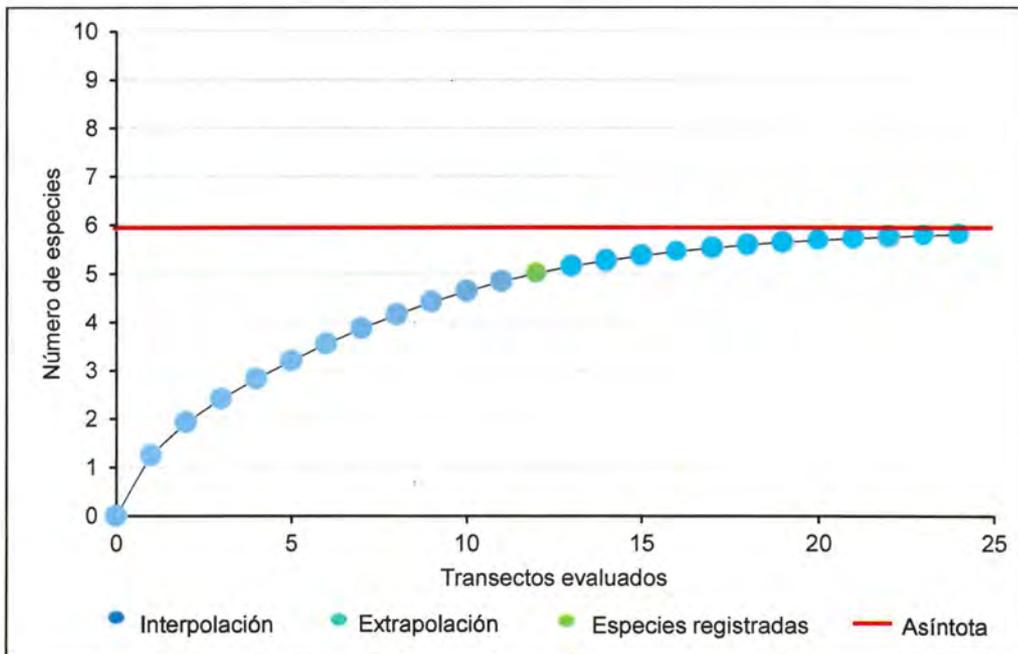


Figura 7-289. Curva de acumulación de observadas mediante la metodología de Transectos en hábitats acuáticos



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Los análisis se realizaron tomando en cuenta la incidencia (presencia o ausencia) de los anfibios y reptiles registrados en conjunto durante las evaluaciones, a pesar que ambos son grupos presentan características biológicas distintas.

e. Colecta de especímenes

Se colectaron 2 individuos por cada especie anfibio o reptil registrado durante las evaluaciones. Todos los especímenes fueron depositados en la colección de Herpetología del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (MUSM). La Tabla 7-46 muestra los códigos de las especies colectadas.

Tabla 7-46. Colecta de especímenes de anfibios y reptiles realizadas en los ecosistemas frágiles evaluados

Especies	Zona de ecosistema frágil	Punto de evaluación	Código de campo	Código de museo (MUSM)
<i>Pristimantis simonsii</i>	EF8, EF9	HE-V5, HE-V27	OEFA01, OEFA10	38079, 38442
<i>Pristimantis pinguis</i>	EF7, EF12	HE-T3, HE-V31	OEFA08, OEFA09	38449, 38450
<i>Gastrotheca peruana</i>	EF8, EF12	HE-V9, HE-T6	OEFA04, OEFA05	38445, 38446
<i>Petracola ventrimaculata</i>	EF8	HE-V6	OEFA06, OEFA07	38447, 38448
<i>Stenocercus stigmus</i>	EF8, EF7	HE-V10, HE-V15	OEFA02, OEFA03	38443, 38444

f. Descripción de la herpetofauna por hábitats

En esta sección se detallan los resultados de la riqueza y abundancia de las especies de anfibios y reptiles registrados en los diferentes hábitats evaluados en el área de estudio (Tabla 7-47).

Tabla 7-47. Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles por hábitat

Especies	Hábitats					
	Bofedal	Laguna	Roquedal	Pajonal	Quebrada	Césped
<i>Gastrotheca peruana</i>	11	2	0	0	0	0
<i>Pristimantis pinguis</i>	0	0	11	3	3	0
<i>Pristimantis simonsii</i>	3	3	0	5	0	0
<i>Stenocercus stigmus</i>	0	0	2	5	2	0
<i>Petracola ventrimaculata</i>	0	0	8	0	0	0
<i>Renacuajos G. peruana</i>	430	0	0	25	0	0
Total	444	5	21	38	5	0

La riqueza de especies fue mayor en los hábitats de pajonal y roquedal, donde se presentaron todas las especies de anfibios y reptiles registradas. Por el contrario, el hábitat de césped presentó la menor riqueza de especies en el área de estudio, debido a que no presentó ninguna especie de anfibio o reptil durante las evaluaciones (Tabla 7-47 y Figura 7-290).

Respecto a la abundancia, las especies más abundantes fueron en los anfibios *Pristimantis pinguis* y *Gastrotheca peruana*, en los hábitats de roquedal y bofedal respectivamente (Tabla 7-47 y Figura 7-290).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

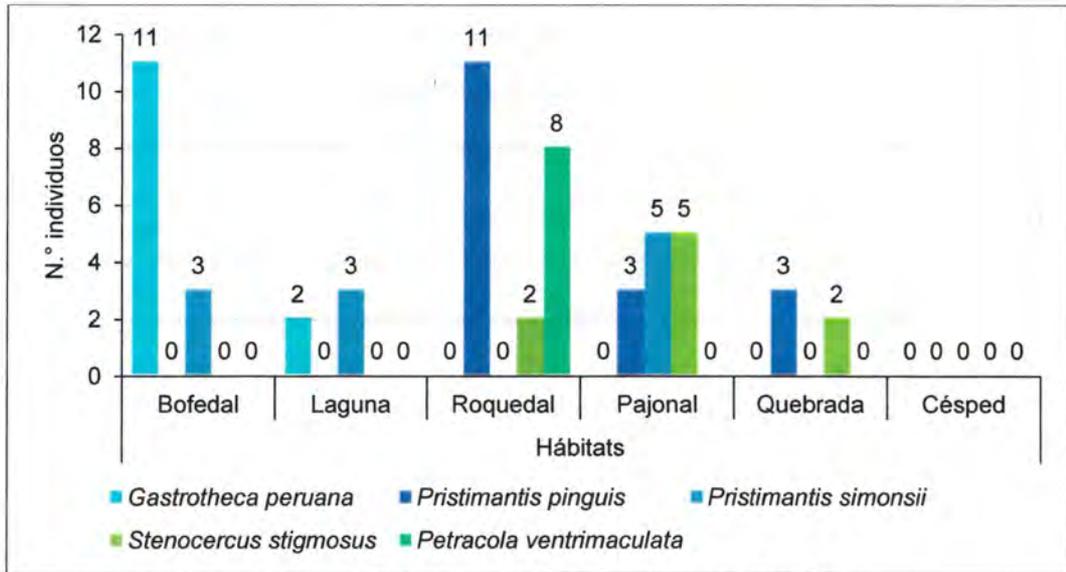


Figura 7-290. Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles por hábitats

Los renacuajos de *Gastrotheca peruana* fueron registrados en los ambientes acuáticos de bofedal y pajonal. La mayor abundancia fue registrada en los bofedales con 430 individuos observados, mientras que 25 renacuajos fueron registrados dentro de pozos de agua acumulada, en las inmediaciones del pajonal (Figura 7-291).

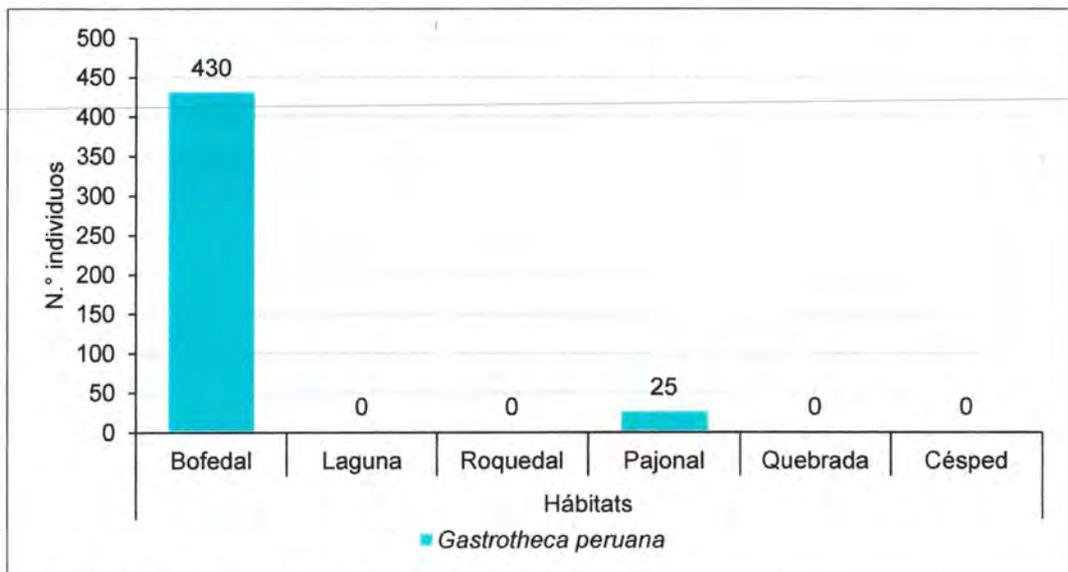


Figura 7-291. Abundancia de renacuajos por hábitats

A continuación, se presentan de forma detallada las riquezas y abundancias de las especies de anfibios y reptiles registrados en cada hábitat. Cabe señalar que la abundancia de los renacuajos de *Gastrotheca peruana* fue analizada de forma separada por cada ambiente evaluado.

• Bofedal

Este ambiente semiacuático presentó un mayor esfuerzo de muestreo 19 evaluaciones (9 VES y 10 transectos), debido a que los objetivos del estudio se centraron en el análisis de la fauna presente en este ecosistema. Respecto a la



Vertical handwritten signature in blue ink



composición herpetológica, se registraron 2 especies de anfibios (*Gastrotheca peruana* y *Pristimantis simonsii*) y 14 individuos. La especie más abundante fue *Gastrotheca peruana* con 11 registros.

Los renacuajos de *Gastrotheca peruana* fueron los representantes más abundantes en este ambiente con 430 individuos registrados. Todos fueron observados y contabilizados en los cuerpos de agua que se forman a lo largo del bofedal.

• Pajonal

El esfuerzo realizado en este hábitat fue de 16 evaluaciones VES, debido a su amplia distribución en el área de estudio. Se registraron 2 especies de anfibios: *Pristimantis simonsii* y *Pristimantis pinguis*, con abundancias de 5 y 3 individuos respectivamente. Asimismo, se registró a 5 individuos de la especie de lagartija *Stenocercus stigmatosus* durante las evaluaciones en este hábitat.

Los renacuajos de *Gastrotheca peruana* fueron los representantes más abundantes en este hábitat con 18 individuos registrados. Todos fueron observados y contabilizados en las pozas de agua estacionales que se forman por las lluvias y filtraciones.

• Roquedal

Este hábitat presentó una combinación de arbustos y matorrales asociados a las rocas, los cuales estuvieron distribuidos en parches a lo largo de algunos ecosistemas frágiles. Se realizó un esfuerzo de 12 evaluaciones VES; donde se pudo registrar la presencia de 2 especies de lagartijas: *Petracola ventrimaculata* y *Stenocercus stigmatosus*, con 8 y 3 registros respectivamente. El único anfibio registrado en este hábitat fue *Pristimantis pinguis*, quien obtuvo el más alto valor de abundancia con 11 registros. No se registraron renacuajos en este hábitat.

• Césped

El esfuerzo de muestreo en hábitat fue mínimo (1 VES), debido a su presencia en un solo ecosistema frágil. No se registraron especies de anfibios y reptiles en este ambiente.

• Lagunas y quebradas

Las evaluaciones de anfibios y reptiles se centraron en los ecosistemas frágiles de lagunas, y en las quebradas que abastecen a los bofedales presentes en el área de estudio, teniendo un esfuerzo de muestreo de 12 evaluaciones (10 VES en lagunas y 2 transectos en quebradas).

Se registraron 3 especies de anfibios: *Pristimantis simonsii*, *Pristimantis pinguis*, ambos con 3 registros; mientras que *Gastrotheca peruana* presentó 2 individuos. De igual forma, se registraron 2 individuos de la especie de lagartija: *Stenocercus stigmatosus* en los bordes de las quebradas. No se registraron renacuajos en este hábitat.

g. Diversidad por hábitats

Los hábitats que presentaron una mayor diversidad de especies de anfibios fueron laguna y pajonal ($H' = 0,971$ bits/ind y $H' = 0,954$ bits/ind); mientras que los hábitats de



Handwritten signature in blue ink.



roquedal, quebrada y césped obtuvieron un índice de diversidad bajo ($H'=0$) debido a la presencia de una sola especie de anfibio durante las evaluaciones.

El índice de diversidad de Simpson (1-D) muestra los hábitats de laguna y pajonal presentaron similar equidad en la composición de los anfibios registrados (0,6 y 0,536 respectivamente); por el contrario, en el bofedal existe una mayor dominancia de una especie de anfibio (*Gastrotheca peruana*) durante las evaluaciones realizadas (1-D=0,362) (Tabla 7-48).

Tabla 7-48. Abundancia, riqueza e índices de diversidad de los anfibios por hábitat

Índices de Diversidad	Bofedal	Laguna	Roquedal	Pajonal	Quebrada	Césped
Riqueza e especies	2	2	1	2	1	0
Nº de Individuos	14	5	11	8	3	0
Índices de Shannon-Winner (H')	0,750	0,971	0	0,954	0	0
Índice de Simpson (1-D)	0,363	0,6	0	0,536	0	-

En el caso de los reptiles, el hábitat que presentó una mayor diversidad de especies fue roquedal ($H'=0,722$ bits/ind); mientras que el resto de hábitats obtuvieron un índice de diversidad bajo ($H'=0$) debido a la presencia de una sola especie de reptil o ninguna durante las evaluaciones. El índice de diversidad de Simpson (1-D) muestra que las especies de reptiles presentaron diferencias en la composición de las especies, presentándose una dominancia de la especie *Petracola ventrimaculata* sobre *Stenocercus stigmus* (1-D=0,356) (Tabla 7-49).

Tabla 7-49. Abundancia, riqueza e índices de diversidad de los anfibios por hábitat

Índices de Diversidad	Bofedal	Laguna	Roquedal	Pajonal	Quebrada	Césped
Riqueza e especies	0	0	2	1	1	1
Nº de Individuos	0	0	6	5	2	4
Índices de Shannon-Winner (H')	0	0	0,722	0	0	0
Índice de Simpson (1-D)	-	-	0,356	0	0	0

h. Similitud por hábitats

La similitud de especies de anfibios y reptiles en los hábitats evaluados según el índice de Morisita, que expresa cuan semejantes son 2 muestras en base a la abundancia proporcional de cada especie en dichas muestras, indica que los hábitats de roquedal y quebrada presentan una alta similitud (75 %) debido a que ambas comparten a las especies *Pristimantis pinguis* y *Stenocercus stigmus* en abundancias similares.

Del mismo modo, los hábitats laguna y bofedal presentan similitudes altas (75 %) ya que comparten en riqueza y abundancia a las especies *Gastrotheca peruana* y *Pristimantis simonsii*. El hábitat de césped fue la que presentó una menor similitud respecto al resto, debido a que no se registraron individuos durante las evaluaciones (Figura 7-292).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

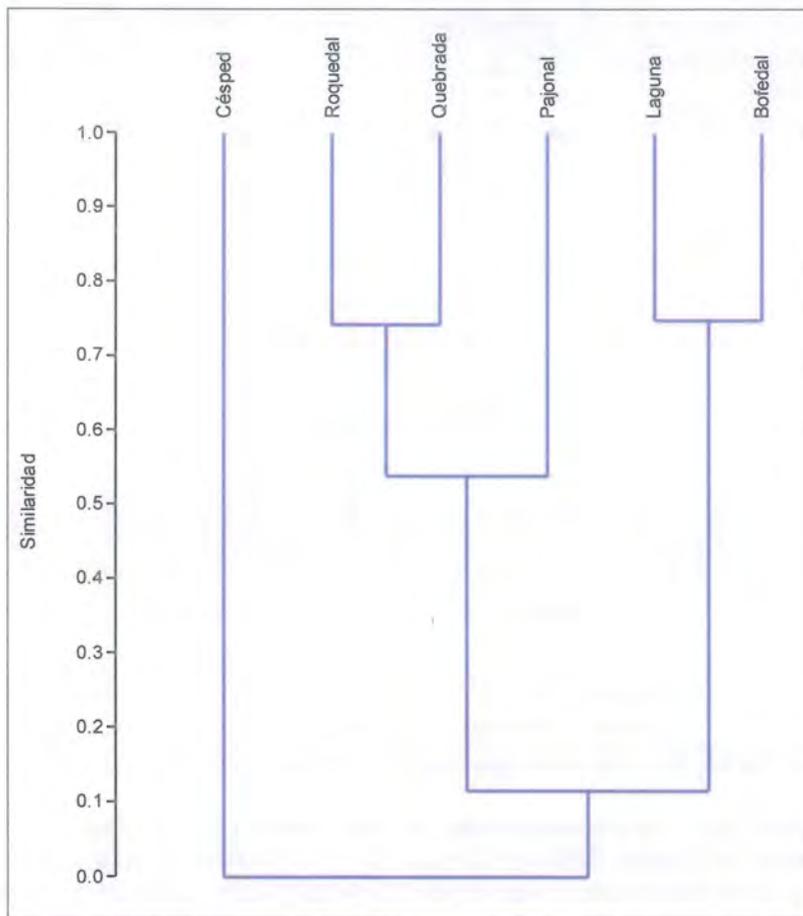


Figura 7-292. Similaridad de Morisita entre los diferentes hábitats evaluados

i. Descripción de la herpetofauna por ecosistemas frágiles

En esta sección se detallan los resultados de la riqueza y abundancia de las especies de anfibios y reptiles registrados en las diferentes zonas de ecosistemas frágiles evaluados en el proyecto El Galeno (Tabla 7-50).

La riqueza de especies fue mayor en las zonas de ecosistemas frágiles EF8 y EF12 presentando ambas 4 especies de anfibios y reptiles, siendo *Pristimantis pinguis* la especie más abundante. Por el contrario, las zonas EF2, EF5 presentaron la menor riqueza de especies en el área de estudio, debido a que no se registró ninguna especie de anfibio o reptil durante las evaluaciones.

Respecto a la abundancia de especies, las zonas de ecosistemas frágiles EF8 y EF7 presentaron la mayor abundancia de especies de anfibios y reptiles con 17 y 14 individuos respectivamente (Figura 7-293).

Tabla 7-50. Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles por ecosistema frágil en el proyecto El Galeno

Especies	Ecosistemas frágiles											
	EF1	EF2	EF3	EF4	EF5	EF7	EF8	EF9	EF10	EF11	EF12	EF13
<i>Gastrotheca peruana</i>	0	0	0	0	0	0	7	0	2	3	1	0
<i>Pristimantis pinguis</i>	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	5	2
<i>Pristimantis simonsii</i>	0	0	0	0	0	0	2	3	5	0	1	0
<i>Stenocercus stigmopus</i>	1	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Especies	Ecosistemas frágiles												
	EF1	EF2	EF3	EF4	EF5	EF7	EF8	EF9	EF10	EF11	EF12	EF13	
<i>Petracola ventrimaculata</i>	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4	0	
Renacuajos de <i>Gastrotheca peruana</i>	25	0	20	15	0	0	105	0	0	101	180	9	
Total	26	0	20	15	0	14	122	3	7	104	191	11	

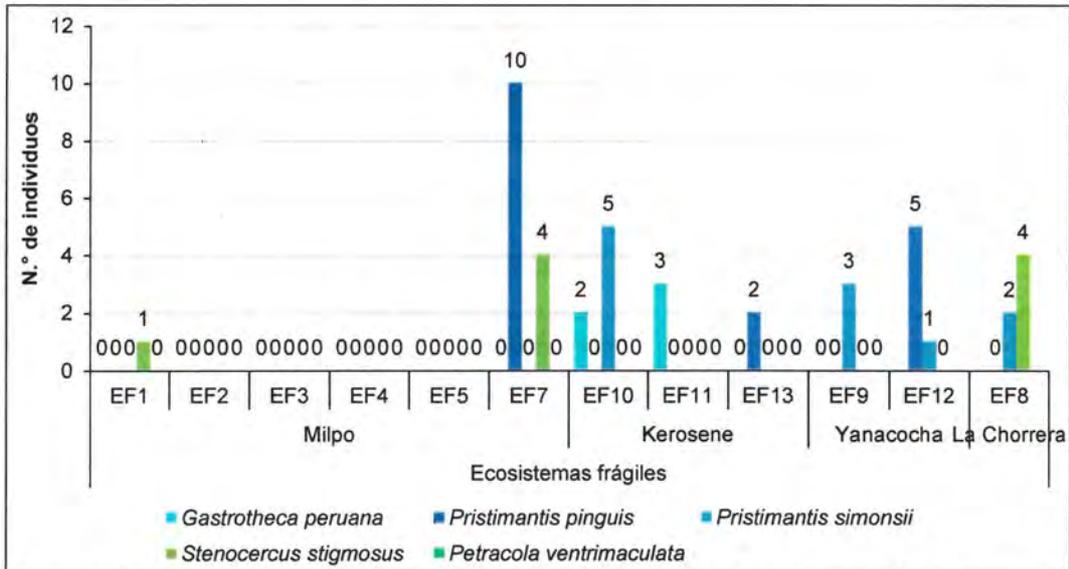


Figura 7-293. Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles por ecosistema frágil

La abundancia de los renacuajos de *Gastrotheca peruana* fue mayor en las zonas de ecosistemas frágiles EF8 y EF12 con 180 y 105 individuos respectivamente. Las zonas EF3 y EF4 presentaron únicamente renacuajos de *Gastrotheca peruana* (Figura 7-294).

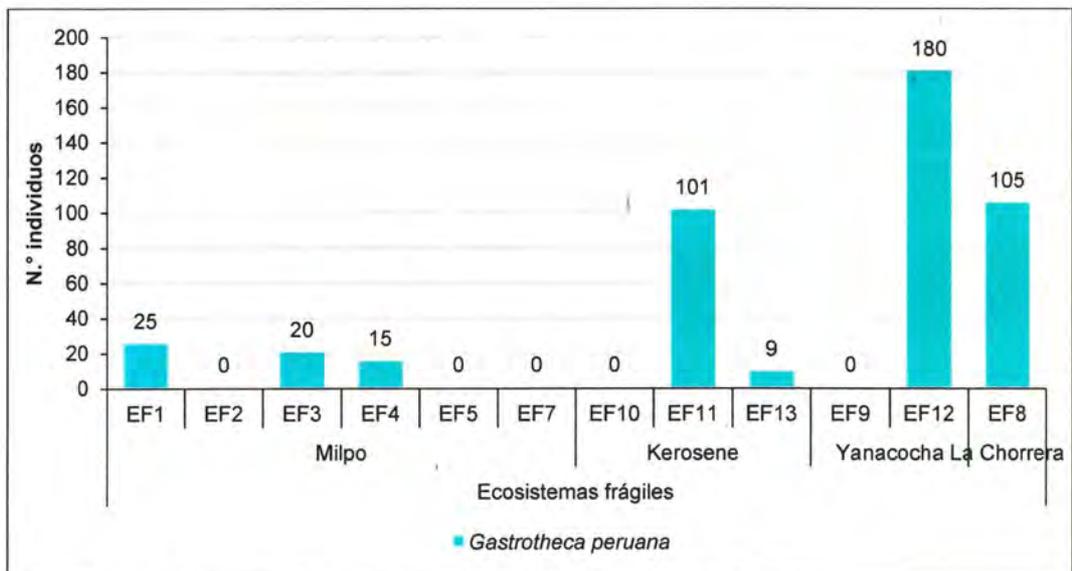


Figura 7-294. Abundancia de renacuajos por ecosistemas frágiles

A continuación, se presentan de forma detallada las riquezas y abundancias de las especies de anfibios y reptiles registrados en cada zona de ecosistema frágil por microcuencia. Cabe señalar que la abundancia de los renacuajos de *Gastrotheca peruana* fue analizada de forma separada por cada zona.



Handwritten signature and initials in blue ink.