

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

495. A continuación, se presentan los resultados de DBO₅, sólidos totales suspendidos, fósforo total y nitrógeno total, que incumplen al menos uno de los valores del ECA para agua Cat4E1-Lagunas y Lagos.

• **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)**

496. En la Figura 10-119, se muestran los valores de DBO₅, que indican que los puntos ubicados en las lagunas Mejía (AG-92 y AG-93) e Iberia (AG-94, AG-95 y AG-96) excedieron el ECA para agua Cat4E1-Lagunas y Lagos (5 mg/L), es importante indicar que los demás puntos evaluados en las lagunas Iberia y Boquerón cumplieron los ECA para agua referido, presentando incluso valores por debajo del límite de cuantificación del método de laboratorio (2,0 mg/L).

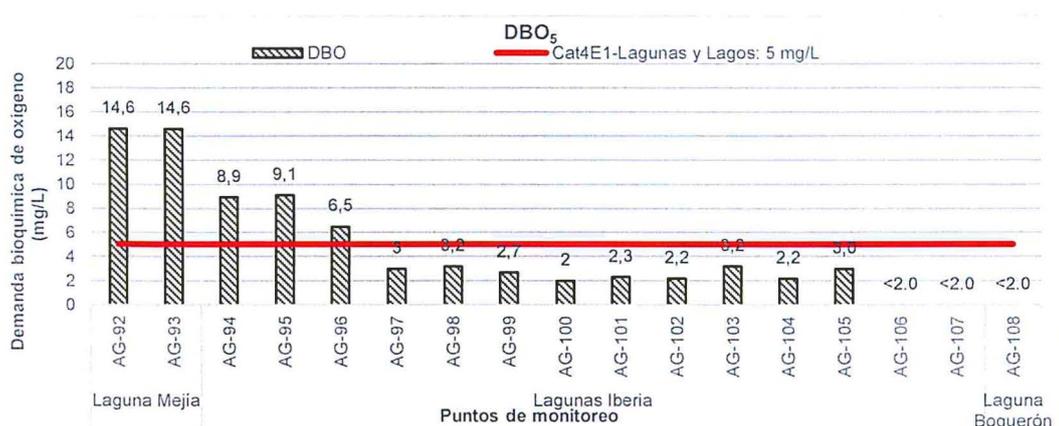


Figura 10-119. Resultados de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en los puntos de la zona IV - Grupo 2

• **Sólidos totales suspendidos (STS)**

497. En la Figura 10-120, se aprecian las concentraciones de STS, donde sólo los puntos AG-97 (26,8 mg/L) y AG-98 (27,0 mg/L), ubicados en la laguna Iberia, excedieron el ECA para agua Cat3E1-Lagunas y Lagos (25 mg/L). Los demás puntos presentaron valores por debajo el ECA para agua Cat3E1-Lagunas y Lagos.



Figura 10-120. Resultados de la concentración de sólidos totales suspendidos en los puntos de la zona IV - Grupo 2



Handwritten notes: X, X, 24, 2

• **Concentración de Fósforo (P)**

498. La Figura 10-121, muestra que todos los puntos ubicados en las lagunas Mejía, Iberia y Boquerón, presentaron concentraciones por encima de 0,035 mg/L, valor establecido en el ECA para agua Cat3E1-Lagunas y Lagos, a excepción del punto AG-105 (P: 0,03 mg/L) ubicado en la laguna Iberia que presentó un valor por debajo del ECA para agua referido.



Figura 10-121. Resultados de la concentración de fósforo en los puntos de la zona IV - Grupo 2

• **Nitrógeno total**

499. La Figura 10-122, muestra que los puntos ubicados en las lagunas Mejía (AG-93), Iberia (AG-95, AG-96, AG-101, AG-107) y Boquerón (AG-108), se obtuvieron concentraciones de nitrógeno total (valores desde 1,29 hasta 2,22 mg/L) que excedieron lo establecido en el ECA para agua Cat4E1-Lagunas y Lagos (0,315 mg/L), el resto de los puntos evaluados presentaron valores por debajo del ECA para agua referido, presentando incluso valores por debajo del límite de cuantificación del método de laboratorio (1 mg/L).

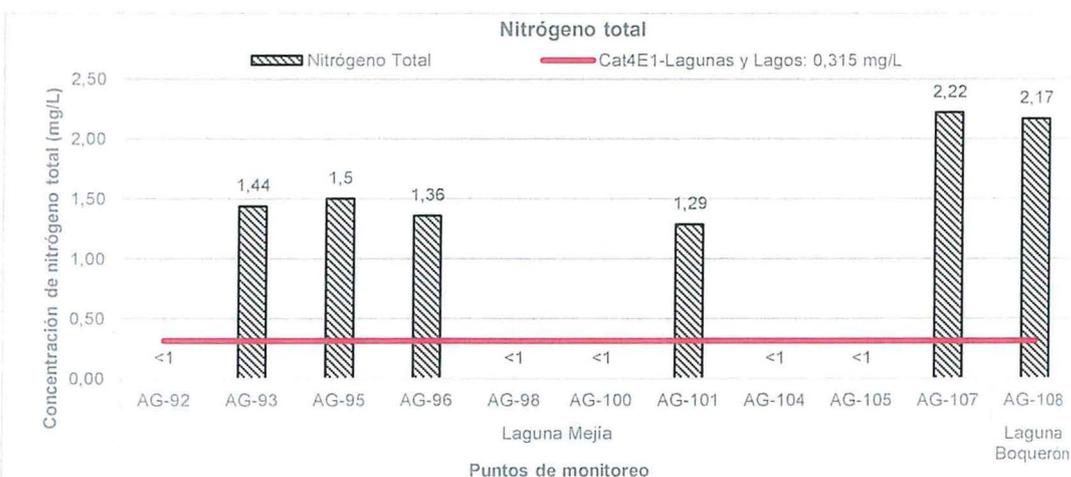


Figura 10-122. Resultados de la concentración de nitrógeno total en los puntos de la zona IV - Grupo 2



1
2
3
4
5

ii. Metales totales

500. Las concentraciones de metales totales y su comparación con los correspondientes ECA para agua, se muestran en el Anexo A.1. La comparación con los ECA para agua se realizó solamente para los metales totales que presentan estándares de comparación. Las concentraciones obtenidas para los metales totales que no presentan estándares de comparación, solo se muestran con fines informativos.

501. Respecto de los resultados del parámetro metales totales (Anexo A.1), se observa que los elementos que excedieron los estándares de comparación, al menos en un punto de monitoreo fueron: plomo (Pb) y zinc (Zn). La Tabla 10-56, detalla los puntos que excedieron los estándares de comparación para metales totales considerados en los ECA para agua Cat4E1-Lagunas y Lagos, y la concentración reportada.

Tabla 10-56. Resultados de los metales totales que excedieron los ECA para agua en al menos uno de los puntos de monitoreo de la Zona IV - Grupo 2

Cuerpo de agua	Puntos de monitoreo	Concentración de metales totales (mg/L)											
		Sb	As	Ba	B	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Tl	Zn
Laguna Meja	AG-92	<0,006	0,064	0,051	5,714	<0,001	<0,002	<0,0001	<0,002	0,007	<0,006	<0,007	0,285
	AG-93	<0,006	0,063	0,051	5,718	<0,001	<0,002	<0,0001	<0,002	0,0097	<0,006	<0,007	0,021
Lagunas Iberia	AG-94	<0,006	0,135	0,058	5,747	<0,001	<0,002	<0,0001	<0,002	0,008	<0,006	<0,007	0,009
	AG-95	<0,006	0,136	0,057	5,775	<0,001	<0,002	<0,0001	<0,002	0,007	<0,006	<0,007	0,01
	AG-96	<0,006	0,136	0,056	5,693	<0,001	<0,002	<0,0001	0,016	0,008	<0,006	<0,007	0,027
	AG-97	<0,006	0,08	0,053	6,95	<0,001	<0,002	<0,0001	<0,002	0,002	<0,006	<0,007	0,005
	AG-98	<0,006	0,074	0,049	6,171	<0,001	<0,002	<0,0001	<0,002	0,008	<0,006	<0,007	0,093
	AG-99	<0,006	0,011	0,058	7,093	<0,001	<0,002	<0,0001	<0,002	0,0097	<0,006	<0,007	0,008
	AG-100	<0,006	0,061	0,038	7,535	<0,001	<0,002	<0,0001	<0,002	0,008	<0,006	<0,007	0,006
	AG-101	<0,006	0,06	0,043	7,074	<0,001	<0,002	<0,0001	<0,002	0,009	<0,006	<0,007	0,012
	AG-102	<0,006	0,01	0,039	7,151	<0,001	<0,002	<0,0001	<0,002	0,012	<0,006	<0,007	0,01
	AG-103	<0,006	0,029	0,041	7,282	<0,001	<0,002	<0,0001	<0,002	0,009	<0,006	<0,007	0,008
AG-104	<0,006	0,077	0,049	7,82	<0,001	<0,002	<0,0001	<0,002	0,005	<0,006	<0,007	0,008	
AG-105	<0,006	0,06	0,038	7,232	<0,001	<0,002	<0,0001	<0,002	0,011	<0,006	<0,007	0,006	
AG-106	<0,006	0,03	0,058	7,182	<0,001	<0,002	<0,0001	<0,002	0,008	<0,006	<0,007	0,015	
AG-107	<0,006	0,115	0,062	8,442	<0,001	<0,002	<0,0001	<0,002	0,009	<0,006	<0,007	0,004	
Laguna Boquerón	AG-108	<0,006	0,134	0,075	10,31	<0,001	<0,002	<0,0001	<0,002	0,008	<0,006	<0,007	0,008
Cat4E1-Lagunas y Lagos		0,61	0,15	0,7	---	0,00025	0,1	0,0001	0,052	0,0025	0,005	0,0008	0,12
		Indica que no cumplió al menos en uno de los ECA para agua.											

		<											
		Indica que el valor se encuentra por debajo del límite de cuantificación del método del laboratorio.											
Cat4E1-Lagunas y Lagos		ECA para agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, Subcategoría E1: Lagunas y Lagos.											

Fuente: Elaboración propia.

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

502. A continuación, se presentan los resultados con las concentraciones de metales totales que excedieron los ECA para agua, en al menos uno de los puntos de monitoreo del Grupo 2.

- **Concentración de plomo (Pb)**

503. La Figura 10-123, muestra las concentraciones de plomo, donde todos los puntos ubicados en las lagunas Mejía, Iberia y Boquerón presentaron concentraciones de plomo (desde 0,005 hasta 0,012 mg/L) que superaron el ECA para agua Cat4E1-Lagunas y Lagos (0,0025 mg/L), a excepción del AG-97, ubicado en la laguna Iberia (0,002 mg/L).

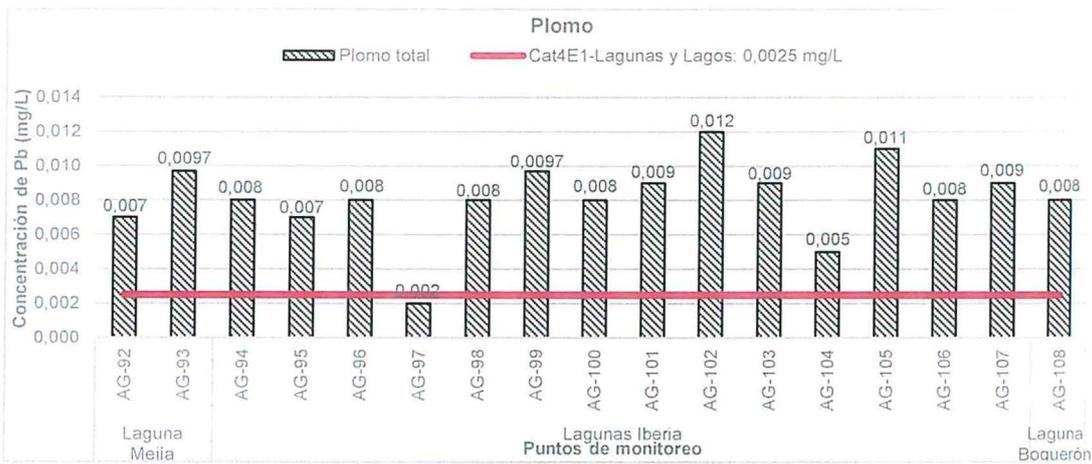


Figura 10-123. Resultados de las concentraciones de plomo en los puntos de la Zona IV-Grupo 2.

- **Concentración de zinc (Zn)**

504. La Figura 10-124, muestra las concentraciones de zinc, donde todos los puntos ubicados en las lagunas Mejía, Iberia y Boquerón, presentaron concentraciones (desde 0,004 hasta 0,093 mg/L) por debajo del ECA para agua Cat4E1-Lagunas y Lagos (0,12 mg/L), a excepción del AG-92, ubicado en la laguna Mejía (0,285 mg/L) el cual excede la concentración establecida en el ECA para agua referido.



Figura 10-124. Resultados de las concentraciones de zinc en los puntos de la Zona IV-Grupo 2.



X
 *
 4
 2

10.4.1.3. Grupo 3: Ambientes marinos

505. Este grupo comprende a los puntos ubicados en mar, frente a: Punta de Bombón, desembocadura del río Tambo, sector de Motobomba y Playa El Sombrero.

a. Parámetros de campo en los puntos de la Zona IV- Grupo 3.

506. Los resultados de los parámetros de campo obtenidos en los puntos ubicados en mar, se detallan en la Tabla 10-57, donde se observa que todos los puntos presentaron valores de potencial de hidrógeno (entre 7,21 y 8,5 unidad de pH) y oxígeno disuelto (entre 3,22 y 8,64 mg/L) que cumplieron con los ECA para agua Cat2C2 y Cat2C3. En cuanto a la conductividad eléctrica se obtuvieron valores entre 49 y 55,2 mS/cm. Respecto a la temperatura, los valores obtenidos estuvieron en el rango de 15,8 - 20,7 °C.

Tabla 10-57. Resultados de los parámetros de campo para calidad de agua en los puntos de la Zona IV – Grupo 3

Cuerpo de agua	Profundidad	Código	Parámetros de Campo			
			pH (unidad de pH)	Conductividad eléctrica (mS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Temperatura (°C)
Mar frente a Punta de Bombón	Superficie	AM-01 (S)	7,62	51,8	8,64	19,6
	Medio	AM-01 (M)	7,45	52	6,22	19,4
	Fondo	AM-01 (F)	7,43	52,1	4,51	19,2
Mar frente a la desembocadura del río Tambo	Superficie	AM-02 (S)	7,52	52,3	7,42	19,3
	Medio	AM-02 (M)	7,40	52,1	6,38	19,5
	Fondo	AM-02 (F)	7,37	52,2	5,60	20,0
Mar frente al sector Motobomba	Superficie	AM-04 (S)	7,44	51,7	7,41	20,7
	Medio	AM-04 (M)	7,21	55,2	7,82	19,9
	Fondo	AM-04 (F)	7,39	52,1	5,30	19,1
Mar frente a playa El Sombrero	Superficie	AM-05 (S)	7,50	52	5,70	17,8
	Fondo	AM-05 (F)	7,55	52,4	5,59	16,9
	Superficie	AM-06 (S)	7,75	51,9	5,62	17,2
	Medio	AM-06 (M)	7,49	52	5,14	16,6
	Fondo	AM-06 (F)	7,71	49	5,18	16,7
	Superficie	AM-07 (S)	7,62	51,6	6,03	17,8
	Medio	AM-07 (M)	7,74	51,8	4,38	16,8
	Fondo	AM-07 (F)	7,7	51,8	4,59	16,8
	Superficie	AM-08 (S)	8,50	51,5	5,97	18,0
	Fondo	AM-08 (F)	7,62	51,8	6,71	16,8
	Superficie	AM-09 (S)	7,51	51,8	4,37	16,9
	Medio	AM-09 (M)	7,55	51,9	6,20	17,8
	Fondo	AM-09 (F)	7,69	51,9	5,09	17,0
	Superficie	AM-10 (S)	7,66	52	6,92	18,0
Medio	AM-10 (M)	7,53	51,5	4,29	20,4	



Handwritten signature and initials in blue ink.



"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

Cuerpo de agua	Profundidad	Código	Parámetros de Campo			
			pH (unidad de pH)	Conductividad eléctrica (mS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Temperatura (°C)
	Fondo	AM-10 (F)	7,61	51,8	4,31	16,6
	Superficie	AM-11 (S)	7,67	51,3	7,40	18,0
	Fondo	AM-11 (F)	7,43	51,8	3,70	17,0
	Superficie	AM-12 (S)	7,67	52,1	7,85	17,8
	Medio	AM-12 (M)	7,64	51,7	3,22	16,1
	Fondo	AM-12 (F)	7,63	51,9	3,26	15,8
	Superficie	AM-13 (S)	7,67	52,1	7,12	17,2
	Medio	AM-13 (M)	7,62	51,7	4,36	15,8
	Fondo	AM-13 (F)	7,63	51,7	4,18	15,9
ECA para Agua Categoría 2-C2 ^(a)			6,8 - 8,5	---	≥3	(*)
ECA para Agua Categoría 2 - C3 ^(b)			6,8 - 8,5	---	≥2,5	
Incumple al menos uno de los valores de los ECA para agua categoría 3.						
(a) Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 2: Agua de mar, Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas.						
(b) Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 2: Agua de mar, Subcategoría C3: Otras actividades.						
(*) Los ECA contemplan: Δ3, que debe interpretarse como una variación de como máximo de 3 °C respecto al promedio mensual multianual del área evaluada; sin embargo, por tratarse muestras puntuales esta variación de temperatura no será considerada.						

Fuente: Elaboración propia.

b. Parámetros determinados en laboratorio para los puntos de la Zona IV - Grupo 3.

507. Seguidamente se realiza el análisis de resultados de los parámetros evaluados.

- Parámetros físico-químicos

508. Los resultados obtenidos en los puntos de monitoreo para los parámetros DBO₅, DQO, aceites y grasas, sólidos totales suspendidos, cromo hexavalente, fosfatos, fósforo total, nitritos, nitratos y sulfuros, se muestran en la Tabla 10-58.

509. En esta tabla se muestran los valores obtenidos de los parámetros de: DBO₅ (entre <2 a 4 mg/L), aceites y grasas (<1 mg/L), sólidos totales suspendidos (entre 9,2 y 41,6 mg/L), cromo hexavalente (<0,01 mg/L), nitratos (entre 0,14 y 0,57 mg/L) y sulfuros (<0,002 mg/L) que cumplieron con lo establecido en los ECA para agua de mar Cat2C2 y Cat2C3. Cabe indicar que el símbolo "<" indica que las concentraciones reportadas se encuentran por debajo del límite de cuantificación del laboratorio.

510. Además, las concentraciones de fósforo total en los puntos AM-08 y AM-11 en los niveles de superficie y fondo (entre 0,05 y 0,06 mg/L) se encontraron por debajo del valor establecido en los ECA para agua de mar Cat2C2 (0,062 mg/L), a excepción del punto AM-08 en el fondo, que presentó un valor de 0,08 mg/L que excede el ECA para agua de mar referido. El resto de puntos evaluados presentaron concentraciones entre los 0,02 y 0,09 mg/L, sin embargo, no presentan estándar de comparación para la Cat2C3, por lo que solo se muestran con fines informativos.



"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

511. En cuanto a la demanda química de oxígeno presentaron valores por debajo del límite cuantificación del laboratorio (DQO: < 5 mg/L). En relación a los fosfatos, presentaron concentraciones desde 0,048 hasta 0,091 mg/L. Respecto a los nitritos, presentaron concentraciones desde 0,005 hasta 0,042 mg/L.

Tabla 10-58. Resultados de los parámetros de laboratorio para calidad de agua en los puntos de la Zona IV - Grupo 3

Cuerpo de agua	Código	Parámetros de laboratorio									
		DBO ₅	DQO	Aceites y grasas	STS	Cromo hexavalente	Fosfatos	Fósforo total	Nitritos	Nitratos	Sulfuros
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Mar frente a Punta de Bombón	AM-01 (S) ^(b)	<2,0	<5,0	<1,0	20,0	<0,01	0,058	0,06	0,026	0,52	<0,002
	AM-01 (M) ^(b)	3	<5,0	*	16,0	<0,01	0,059	0,08	0,012	0,50	*
	AM-01 (F) ^(b)	<2,0	<5,0	*	41,6	<0,01	0,073	0,09	0,005	0,51	*
Mar frente a la desembocadura del río Tambo	AM-02 (S) ^(b)	<2,0	<5,0	<1,0	11,2	<0,01	0,066	0,06	0,024	0,46	<0,002
	AM-02 (M) ^(b)	<2,0	<5,0	*	16,4	<0,01	0,071	0,07	0,016	0,57	*
	AM-02 (F) ^(b)	<2,0	<5,0	*	36,4	<0,01	0,063	0,09	0,025	0,51	*
Mar frente al sector Motobomba	AM-04 (S) ^(b)	<2,0	<5,0	<1,0	14,0	<0,01	0,064	0,06	0,024	0,52	<0,002
	AM-04 (M) ^(b)	<2,0	<5,0	*	12,8	<0,01	0,059	0,08	0,021	0,47	<0,002
	AM-04 (F) ^(b)	4	<5,0	*	23,2	<0,01	0,076	0,08	0,020	0,45	<0,002
Mar frente a la playa El Sombrero	AM-05 (S) ^(b)	<2,0	<5,0	<1,0	9,2	<0,01	0,079	0,06	0,030	0,15	*
	AM-05 (F) ^(b)	<2,0	<5,0	*	18,0	<0,01	0,086	0,05	0,028	0,28	*
	AM-06 (S) ^(b)	3	<5,0	<1,0	19,6	<0,01	0,059	0,04	0,028	0,20	*
	AM-06 (M) ^(b)	3	<5,0	*	16,0	<0,01	0,07	0,05	0,030	0,18	*
	AM-06 (F) ^(b)	<2,0	<5,0	*	16,0	<0,01	0,048	0,04	0,032	0,14	*
	AM-07 (S) ^(b)	4	<5,0	<1,0	18,0	<0,01	0,058	0,04	0,028	0,18	*
	AM-07 (M) ^(b)	4	<5,0	*	11,6	<0,01	0,071	0,05	0,037	0,19	*
	AM-07 (F) ^(b)	4	<5,0	*	13,2	<0,01	0,067	0,06	0,035	0,18	*
	AM-08 (S) ^(a)	4	<5,0	<1,0	*	<0,01	0,065	0,06	0,034	0,20	*
	AM-08 (F) ^(a)	<2,0	<5,0	*	18,4	<0,01	0,064	0,08	0,042	0,21	*
	AM-09 (S) ^(b)	3	<5,0	<1,0	14,8	<0,01	0,066	0,06	0,029	0,14	<0,002
	AM-09 (M) ^(b)	<2,0	<5,0	*	19,6	<0,01	0,078	0,06	0,028	0,21	*
	AM-09 (F) ^(b)	3	<5,0	*	16,0	<0,01	0,067	0,06	0,029	0,19	*
AM-10 (S) ^(b)	<2,0	<5,0	<1,0	10,8	<0,01	0,062	0,08	0,033	0,20	*	
AM-10 (M) ^(b)	<2,0	<5,0	*	9,6	<0,01	0,069	0,07	0,027	0,28	*	
AM-10 (F) ^(b)	4	<5,0	*	14,8	<0,01	0,068	0,08	0,026	0,20	*	
AM-11 (S) ^(a)	<2,0	<5,0	<1,0	13,2	<0,01	0,064	0,05	0,034	0,16	<0,002	
AM-11 (F) ^(a)	<2,0	<5,0	*	15,6	<0,01	0,073	0,06	0,026	0,20	*	
AM-12 (S) ^(b)	5	<5,0	<1,0	14,4	<0,01	0,06	0,05	0,035	0,18	*	
AM-12 (M) ^(b)	<2,0	<5,0	*	15,6	<0,01	0,091	0,06	0,017	0,18	*	
AM-12 (F) ^(b)	3	<5,0	*	12,8	<0,01	0,077	0,06	0,016	0,21	*	
AM-13 (S) ^(b)	3	<5,0	<1,0	15,2	<0,01	0,056	0,06	0,035	0,22	*	
AM-13 (M) ^(b)	3	<5,0	*	15,2	<0,01	0,073	0,06	0,021	0,18	*	
AM-13 (F) ^(b)	<2,0	<5,0	*	22,4	<0,01	0,078	0,02	0,022	0,20	*	
C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas ^(a)		10	---	1,0	60	0,05	---	0,062	---	16	0,05
C3: Otras actividades ^(b)		10	---	2,0	70	0,05	---	---	---	---	0,05
	Incumple al menos uno de los valores de los ECA.										

	No presenta valor para la categoría o subcategoría correspondiente.										
	* No se realizó la medición del parámetro en este punto.										
	< Indica que el valor no fue determinado por estar por debajo del límite de cuantificación del método del laboratorio.										
a Cat2C2	ECA para agua, Categoría 2: Agua de mar, Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas.										
b Cat2C3	ECA para agua, Categoría 2: Agua de mar, Subcategoría C3: Otras actividades.										

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

- Metales totales

512. Las concentraciones de metales totales y su comparación con los correspondientes ECA para agua, se muestran en el Anexo A.1. La comparación con los ECA para agua se realizó solamente para los metales totales que presentan estándares de comparación.

513. Respecto a los resultados del parámetro metales totales (Anexo A.1), se observa que todos los elementos (Sb, As, B, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se y Zn) presentaron concentraciones por debajo de los ECA para agua Cat2C2 y Cat2C3, a excepción del plomo en el nivel superficial en el punto AM-08 (0,019 mg/L), además del punto AM-11 en los niveles de superficie y fondo (ambos con 0,017 mg/L), que incumplieron el ECA para agua Cat2C2 (0,0081 mg/L). La Tabla 10-59, detalla las concentraciones reportadas para metales totales considerados en los ECA para agua Cat2C2 y Cat2C3.

Tabla 10-59. Resultados de los metales totales comparados con los ECA en los puntos de monitoreo de la Zona IV - Grupo 3.

Cuerpo de agua	Puntos de monitoreo	Concentración de metales totales (mg/L)									
		Sb	As	B	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn
Mar frente a Punta de Bombón	AM-01 (S) ^(b)	<0.006	<0.007	3,318	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	<0.001	<0.006	0,025
	AM-01 (M) ^(b)	<0.006	<0.007	3,172	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	<0.001	<0.006	0,031
	AM-01 (F) ^(b)	<0.006	<0.007	3,17	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	<0.001	<0.006	0,027
Mar frente a la desembocadura del río Tambo	AM-02 (S) ^(b)	<0.006	<0.007	3,195	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	<0.001	<0.006	0,026
	AM-02 (M) ^(b)	<0.006	<0.007	3,18	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	<0.001	<0.006	0,042
	AM-02 (F) ^(b)	<0.006	<0.007	3,206	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	<0.001	<0.006	0,025
Mar frente al sector Motobomba	AM-04 (S) ^(b)	<0.006	<0.007	3,3	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	<0.001	<0.006	0,017
	AM-04 (M) ^(b)	<0.006	<0.007	3,186	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	<0.001	<0.006	0,015
	AM-04 (F) ^(b)	<0.006	<0.007	3,267	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	<0.001	<0.006	0,027
Mar frente a la playa El Sombrero	AM-05 (S) ^(b)	<0.006	<0.007	3,411	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	<0.001	<0.006	0,022
	AM-05 (F) ^(b)	<0.006	<0.007	3,308	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	<0.001	<0.006	0,02
	AM-06 (S) ^(b)	<0.006	<0.007	3,173	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	<0.001	<0.006	0,02
	AM-06 (M) ^(b)	<0.006	<0.007	2,916	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	<0.001	<0.006	0,043
	AM-06 (F) ^(b)	<0.006	<0.007	2,91	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	<0.001	<0.006	0,026
	AM-07 (S) ^(b)	<0.006	<0.007	3,435	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	<0.001	<0.006	0,017
	AM-07 (M) ^(b)	<0.006	<0.007	4,141	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	<0.001	<0.006	0,022
	AM-07 (F) ^(b)	<0.006	<0.007	4,194	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	<0.001	<0.006	0,034
	AM-08 (S) ^(a)	<0.006	<0.007	4,238	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	0,019	<0.006	0,016
	AM-08 (F) ^(a)	<0.006	<0.007	4,039	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	<0.001	<0.006	0,018
	AM-09 (S) ^(b)	<0.006	<0.007	4,198	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	0,014	<0.006	0,018
	AM-09 (M) ^(b)	<0.006	<0.007	4,187	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	0,019	<0.006	0,022
	AM-09 (F) ^(b)	<0.006	<0.007	4,279	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	0,019	<0.006	0,018
	AM-10 (S) ^(b)	<0.006	<0.007	4,116	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	<0.001	<0.006	0,018
	AM-10 (M) ^(b)	<0.006	<0.007	4,097	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	<0.001	<0.006	0,019
AM-10 (F) ^(b)	<0.006	<0.007	3,932	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	<0.001	<0.006	0,019	
AM-11 (S) ^(a)	<0.006	<0.007	4,361	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	0,017	<0.006	0,02	
AM-11 (F) ^(a)	<0.006	<0.007	4,458	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	0,017	<0.006	0,021	
AM-12 (S) ^(b)	<0.006	<0.007	4	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	0,016	<0.006	0,021	
AM-12 (M) ^(b)	<0.006	<0.007	4,181	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	0,016	<0.006	0,019	
AM-12 (F) ^(b)	<0.006	<0.007	4,236	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	0,016	<0.006	0,019	
AM-13 (S) ^(b)	<0.006	<0.007	4,504	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	0,018	<0.006	0,028	
AM-13 (M) ^(b)	<0.006	<0.007	4,308	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	<0.001	<0.006	0,018	
AM-13 (F) ^(b)	<0.006	<0.007	3,068	<0.001	<0.002	<0.0001	<0.002	<0.001	<0.006	0,021	
C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas ^(a)		0,64	0,05	5	0,01	0,05	0,0001	0,1	0,0081	0,071	0,081
C3: Otras actividades ^(b)		0,64	0,05	---	---	---	0,0018	0,074	0,03	---	0,12
---	Indica que no cumplió al menos en uno de los ECA para agua.										
<	No presenta valor para la categoría o subcategoría correspondiente.										
<	Indica que el valor se encuentra por debajo del límite de cuantificación del método del laboratorio.										
a Cat2C2	ECA para agua, Categoría 2: Agua de mar, Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas.										
b Cat2C3	ECA para agua, Categoría 2: Agua de mar, Subcategoría C3: Otras actividades.										



1
A
4
2

10.4.2. Calidad de sedimento

514. A continuación, se presentan los resultados y análisis de los parámetros de laboratorio, de la Zona IV para el componente ambiental sedimento tomando como referencia la agrupación realizada para el componente agua.

10.4.2.1. Grupo 1: Ambientes lóticos

i. Parámetros de laboratorio para la Zona IV-Grupo1

515. En las Tablas 10-60 y 10-61, se presentan los resultados de laboratorio de los parámetros evaluados para la calidad de sedimento estos son: predominancia de partícula, y la concentración de los metales: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc.

516. De acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 10-60, el tipo de partícula predominante en el sedimento de los puntos SD-86, SD-87, SD-89 y SD-91 (río Tambo) fue la arena, seguidamente de la arena franca en los puntos SD-84, SD-85 y SD-90 (río Tambo), además del punto SD-89-AD (quebrada Rosa María). Cabe mencionar que la predominancia de arcilla favorece la retención de metales por adsorción o en el complejo de cambio de los minerales de arcilla, mientras que la predominancia de arena es asociada con la carencia de capacidad de fijación de metales.

517. Asimismo, según la Tabla 10-61, las concentraciones de arsénico, cobre y mercurio excedieron los valores establecidos en la norma canadiense empleada de manera referencial. En la siguiente sección se presenta el análisis de dichos metales encontrados en el sedimento. Asimismo, se presenta el análisis de los metales solubles, realizada a través del método de extracción secuencial (Tessier, Campbell & Bisson, 1979).



Tabla 10-60. Resultados de la predominancia de partículas en los puntos de la Zona IV-Grupo 1.

Código	Cuerpo de agua asociado	% de Arena	% de Limo	% de Arcilla	Predominancia de partículas
SD-84	Río Tambo	85	15	0	Areno Franca
SD-85		80	20	0	Areno Franca
SD-86		100	0	0	Arenosa
SD-87		100	0	0	Arenosa
SD-89-AD	Quebrada Rosa María	85	10	5	Areno Franca
SD-89	Río Tambo	90	10	0	Arenosa
SD-90		85	15	0	Areno Franca
SD-91		95	5	0	Arenosa

Fuente: Elaboración propia.



8
A
4
2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

Tabla 10-61. Resultados de parámetros de laboratorio para calidad de sedimentos para la Zona IV-Grupo 1.

Parámetro	Unidad	Puntos de monitoreo								CEQG	
		Río Tambo				Quebrada Rosa María	Río Tambo				
		SD-84	SD-85	SD-86	SD-87	SD-89-AD	SD-89	SD-90	SD-91	ISQG ^(a)	PEL ^(b)
Arsénico (As)	mg/kg MS	18,6	19,1	14,5	14,9	4,7	15,9	17,1	13,6	5,9	17
Cadmio (Cd)	mg/kg MS	0,1803	0,1821	0,1144	0,1205	0,0473	0,1378	0,1842	0,1174	0,6	3,5
Cobre (Cu)	mg/kg MS	25	29,5	22,1	22,9	272	24,3	27,6	19,3	35,7	197
Cromo Total (Cr)	mg/kg MS	9,8	18,2	17,2	6,8	5,1	8	15,6	9,1	37,3	90
Mercurio Total (Hg)	mg/kg MS	1,53	0,05	0,06	0,2	0,33	0,03	0,07	0,03	0,17	0,486
Plomo Total (Pb)	mg/kg MS	10,4	12,9	7,064	6,285	4,855	8,117	11,7	7,934	35	91,3
Zinc Total (Zn)	mg/kg MS	51,6	67,6	62	44,2	22,5	48,3	66	47,2	123	315
		Excede el valor ISQG									
		Excede el valor PEL									
(a) Interim sediment quality guidelines (ISQG). Concentración debajo de la cual no se presentan efectos biológicos adversos.											
(b) Probable Effect Level (PEL): Concentración sobre la cual se encontrarían usualmente efectos biológicos adversos.											

Fuente: Elaboración propia.

518. A continuación, se presentan los resultados de las concentraciones de arsénico, cobre y mercurio que excedieron los valores de la normativa canadiense tomada de manera referencial.

- Concentración de arsénico (As)

519. La Figura 10-125, muestra que las concentraciones de arsénico obtenidas en todos los puntos de monitoreo, ubicados en el río Tambo, excedieron los valores de la norma de referencia CEQG-ISQG (5,9 mg/kg MS). Adicionalmente, los puntos SD-84, SD-85 y SD-90 (18,6; 19,1 y 17,1 mg/kg MS), ubicados en el río Tambo, presentaron concentraciones que excedieron el valor PEL (17 mg/kg MS) de la norma referida. En cambio, el punto SD-89-AD (4,9 mg/kg), ubicado en la quebrada Rosa María no excedió el valor CEQG-ISQG.

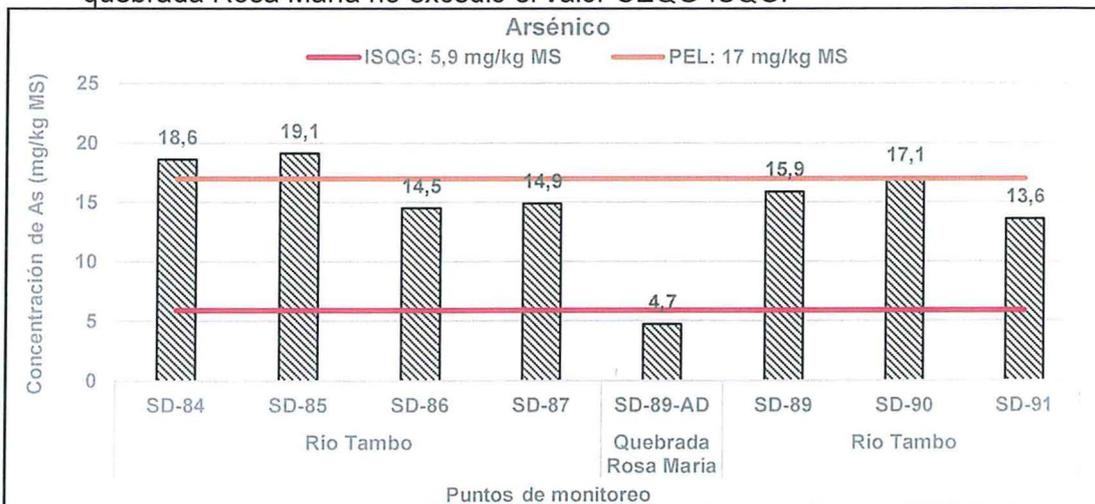


Figura 10-125. Concentraciones de arsénico en la Zona IV-Grupo1 comparados con la norma canadiense.



Handwritten signature and initials in blue ink.

- **Concentración de cobre (Cu)**

520. La Figura 10-126, muestra que la concentración de cobre obtenida en el punto SD-89-AD (272 mg/kg), ubicado en la quebrada Rosa María, excedió los valores de la norma de referencia CEQG-ISQG (35,7 mg/kg MS) y CEQG-PEL (197 mg/kg). Los demás puntos presentaron concentraciones por debajo de los valores ISQG y PEL de la norma referida.

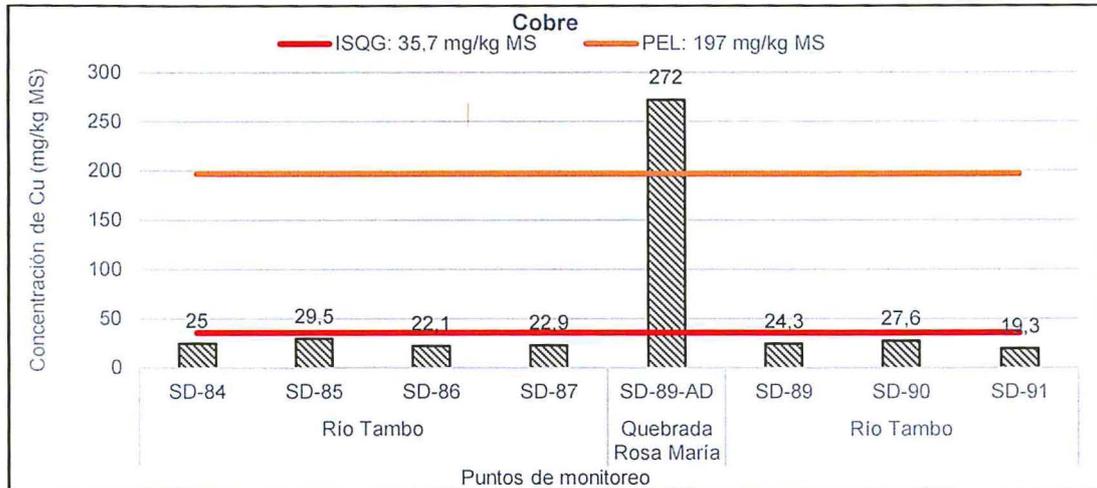


Figura 10-126. Concentraciones de cobre en la Zona IV-Grupo1 comparados con la norma canadiense.

- **Concentración de mercurio (Hg)**

521. La Figura 10-127, muestra que las concentraciones de mercurio obtenidas en los puntos SD-84, SD-87 y SD-89-AD (1,53; 0,2 y 0,33 mg/kg respectivamente), ubicados en la quebrada Rosa María y en el río Tambo, excedieron los valores de la norma de referencia CEQG-ISQG (0,17 mg/kg). Adicionalmente el punto SD-84 (1,53 mg/kg), ubicado en el río Tambo excedió el valor PEL (0,486 mg/kg). Los demás puntos presentaron concentraciones por debajo de los valores ISQG y PEL de la norma canadiense de referencia.

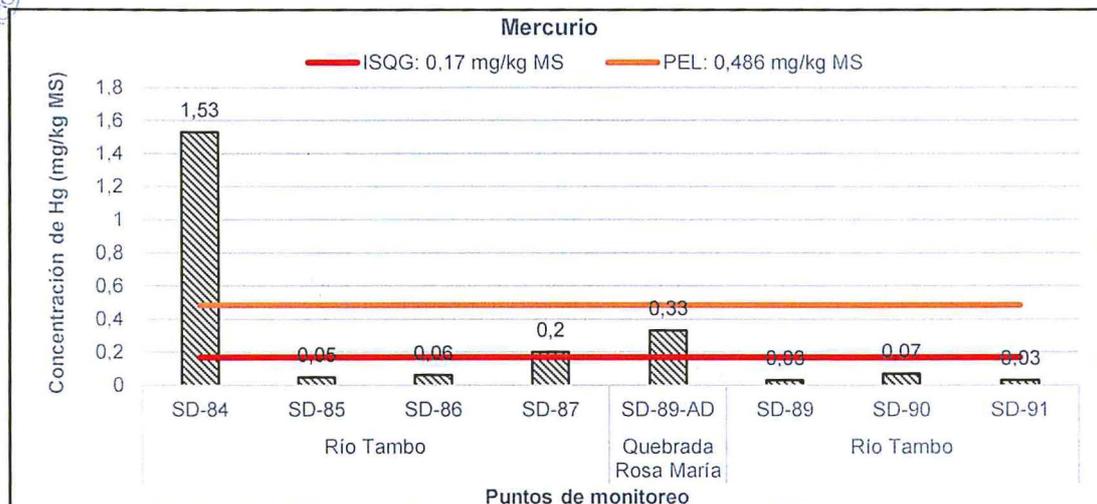


Figura 10-127. Concentraciones de mercurio en la Zona IV-Grupo1 comparados con la norma canadiense.

522. A continuación, se presenta el análisis de la extracción secuencial de Tessier para los metales (arsénico y cobre) que se han descritos en la sección anterior, en el caso del mercurio, este presentó concentraciones por debajo del límite de cuantificación del laboratorio, por tanto, será incluido en el Anexo E.2.

• **Arsénico soluble por extracción secuencial de Tessier**

523. En la Figura 10-128, se muestran los resultados de la extracción secuencial de arsénico para la zona IV- Grupo 1 (ambientes lóticos). Según la figura, en todos los puntos de monitoreo que presentaron concentraciones por encima de lo establecido en la norma de referencia (ubicados en el río Tambo), el arsénico se encuentra enlazado en mayor proporción a la fracción 5 (asociado a minerales primarios y secundarios), con porcentajes que van desde 34,15 a 64,17% y en menor proporción a las demás fracciones. Debido a que el arsénico está asociado principalmente a esta fracción, se espera que no sea liberado fácilmente bajo las condiciones que se dan normalmente en la naturaleza.

524. Además, en los puntos SD-84 y SD-87, existe una proporción de arsénico que está unido a la fracción 3 con porcentajes de 16,5 y 22,89%, respectivamente. El arsénico unido a estos óxidos de hierro y manganeso (fracción 3), puede ser liberado bajo condiciones anóxicas (por ejemplo, bajos potenciales de óxido-reducción, donde los complejos de estos óxidos son inestables) que se pueden dar en el ambiente.

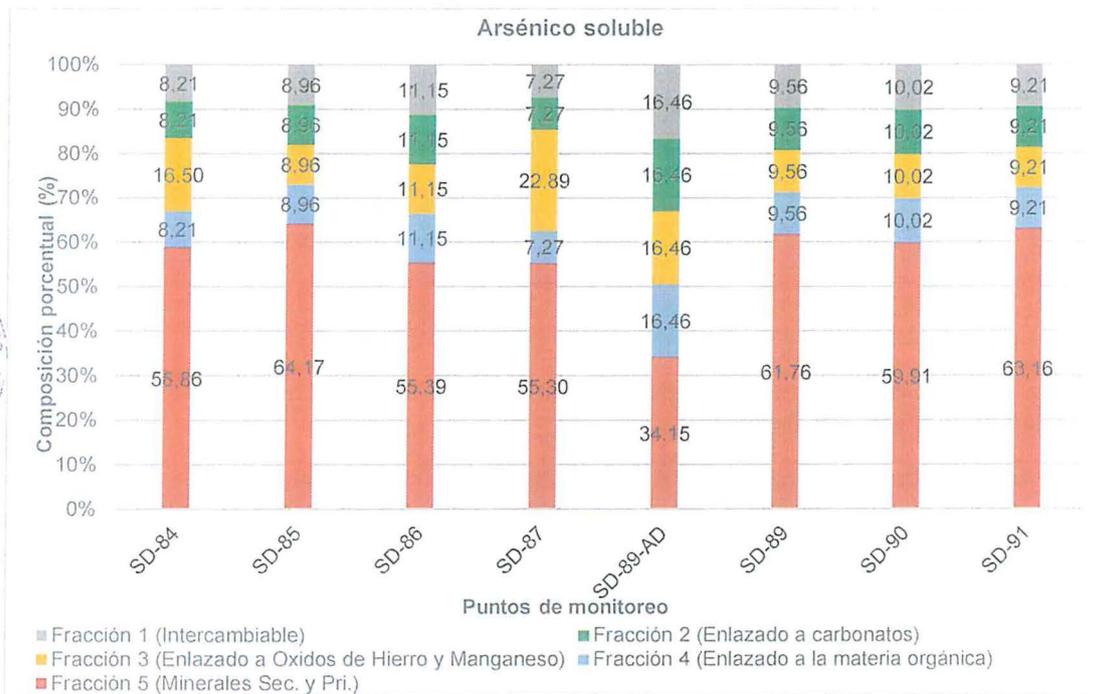


Figura 10-128. Distribución en porcentaje del arsénico soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona IV-Grupo 1.

• **Cobre soluble por extracción secuencial de Tessier**

525. En la Figura 10-129, se muestran los resultados de la extracción secuencial de cobre para la zona IV-Grupo 1 (ambientes lóticos). Según los resultados mostrados, en el punto de monitoreo que presentó una concentración de cobre por encima de lo establecido en la norma de referencia (SD-89-AD, en la quebrada

Rosa María), el cobre se encuentra enlazado en mayor proporción a las fracciones 2 y 4, con porcentajes de 32,24 y 34,53%, respectivamente, y menor proporción a las demás fracciones. De igual forma en los demás puntos de monitoreo el cobre se encuentra unido en mayor porcentaje a éstas fracciones, con porcentajes que van desde 10,10 a 14,97% (fracción 2) y desde 22,49 a 41,45% (fracción 4).

526. El cobre unido a la fracción 2, encontrado en los puntos de monitoreo, nos indica que está asociado a carbonatos en el sedimento los mismos que son susceptibles a cambios de pH (por ejemplo, si hay una disminución de los valores de pH del sistema, se espera que el cobre se libere). Asimismo, el cobre enlazado a la fracción 4, nos indica que dicho metal está asociado a diversas formas de materia orgánica, que en condiciones oxidantes puede ser degradada, liberando el cobre asociado.

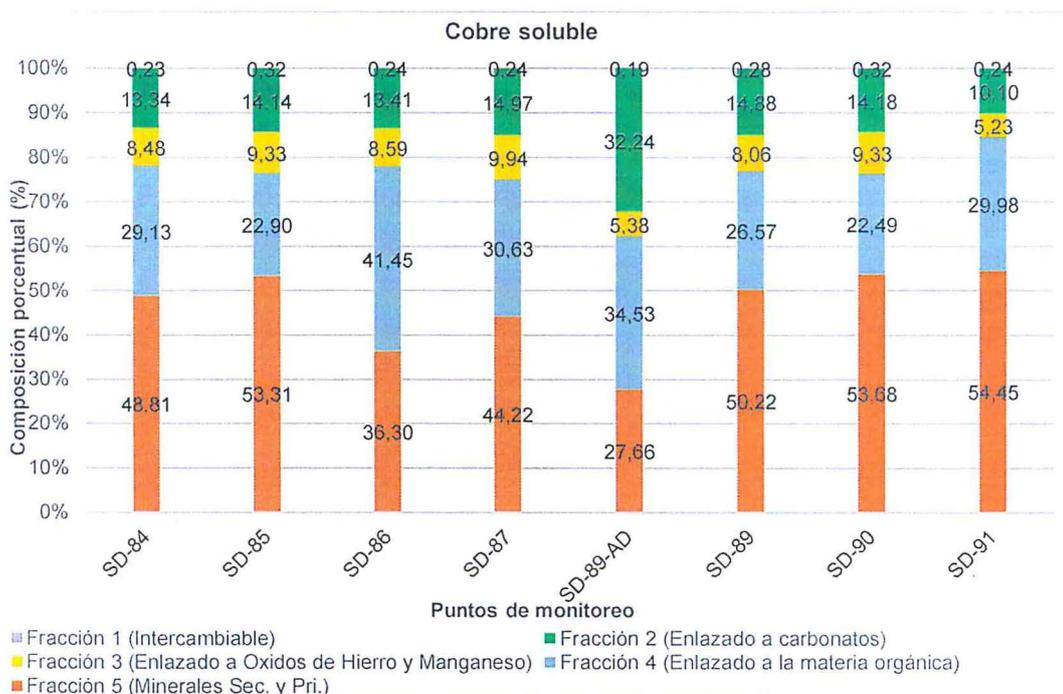


Figura 10-129. Distribución en porcentaje del cobre soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona IV-Grupo 1.

527. A continuación, en la Tabla 10-62 se presenta los resultados de laboratorio de la prueba estática de balance ácido-base (en adelante ABA), para la caracterización del potencial de generación de ácido en el sedimento de la zona IV (ambientes lóticos).

528. De acuerdo a la Tabla 10-62, se observa que en todos los puntos de monitoreo (río Tambo y la quebrada Rosa María), el pH en pasta varía desde 8,2 hasta 8,78 unidades de pH; estos valores por encima de 7 nos sugieren la presencia de carbonatos reactivos en el sedimento evaluado y por lo tanto tienen la capacidad de neutralizar acidez. Con respecto a la prueba estática ABA, todos los puntos de monitoreo evaluados son potenciales no generadores de ácido según el criterio de evaluación 2.



"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

Tabla 10-62. Resultados de laboratorio de la prueba estática ABA en sedimento para la Zona IV-Grupo 1

Parámetros	Unidad	Puntos de monitoreo							
		Río Tambo				Quebrada Rosa María	Río Tambo		
		SD-84	SD-85	SD-86	SD-87	SD-89-AD	SD-89	SD-90	SD-91
Azufre Total	(%)	0,12	0,06	0,11	0,07	0,06	0,08	0,08	0,07
Fizz Rating	-	1	1	1	1	1	1	1	1
pH Pasta	Unidades de pH	8,46	8,65	8,78	8,48	8,2	8,73	8,51	8,64
Potencial de Acidez Máximo (PA)	(Kg CaCO ₃ /Ton)	0,625	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313
Potencial de Neutralización Neto (PNN)	(Kg CaCO ₃ /Ton)	25,4	21,7	23,7	24,7	23,7	24,7	22,7	20,7
Potencial de Neutralización Sobek (PN)	(Kg CaCO ₃ /Ton)	26	22	24	25	24	25	23	21
Ratio Potencial de Neutralización	-	41,6	70,4	76,8	80	76,8	80	73,6	67,2
Sulfato Total	(%)	0,1	0,05	0,1	0,06	0,05	0,07	0,07	0,06
Sulfuro Total	(%)	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Conclusión de criterio 1 (PNN) ^(a)		PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	PNGA
Conclusión de criterio 2 (ratio PN/PA) ^(b)		PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	PNGA

^(a) Criterio 1: Para un PNN menor a cero, la muestra es generadora neta de ácido. Sin embargo, para un PNN que varía entre -20 y +20 Kg CaCO₃/Ton de muestra, pueden ser generadores de ácido, este corresponde a un rango de incertidumbre.

^(b) Criterio 2: Proporción entre PN y PA, para un PN/PA < 1:1 es probable que se genere acidez, mientras que para el rango de PN/PA entre 1:1 y 3:1 corresponde a una zona de incertidumbre.

PGA: potencial generador de ácido.
NPGA: potencial no generador de ácido.
Fuente: Elaboración propia.

10.4.2.2. Grupo 2: Ambientes lénticos
A. Parámetros de laboratorio para la Zona IV-Grupo 2

529. En las Tablas 10-63 y 10-64, se presentan los resultados de laboratorio de los parámetros evaluados para la calidad de sedimento estos son: predominancia de partícula, y la concentración de los metales: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc.
530. De acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 10-63, el tipo de partícula predominante en el sedimento de todos los puntos de monitoreo fue la arena a excepción de punto AG-96 (lagunas Iberia) donde predominó la franca arenosa. Cabe mencionar que la predominancia de arcilla favorece la retención de metales por adsorción o en el complejo de cambio de los minerales de arcilla, mientras que la predominancia de arena es asociada con la carencia de capacidad de fijación de metales.
531. Asimismo, según la Tabla 10-64, las concentraciones de arsénico excedieron los valores establecidos en la norma canadiense empleada de manera referencial. En la siguiente sección se presenta el análisis de dichos metales encontrados en el sedimento. Asimismo, se presenta el análisis de los metales solubles, realizada a través del método de extracción secuencial (Tessier, Campbell & Bisson, 1979).


Tabla 10-63. Resultados de la predominancia de partículas en los puntos de la Zona IV-Grupo 2

Código	Cuerpo de agua asociado	% de Arena	% de Limo	% de Arcilla	Predominancia de partículas
AG-92	Laguna Mejía	100	0	0	Arenosa
AG-96	Lagunas Iberia	75	20	5	Franco-Arenosa
AG-100		95	5	0	Arenosa
AG-104		100	0	0	Arenosa
AG-107		100	0	0	Arenosa

Fuente: Elaboración propia.


Tabla 10-64. Resultados de parámetros de laboratorio para calidad de sedimentos para la Zona IV-Grupo 2

Parámetro	Unidad	Puntos de monitoreo					CEQG	
		Laguna Mejía	Lagunas Iberia				ISQG ^(a)	PEL ^(b)
		SD-92	SD-96	SD-100	SD-104	SD-107		
Arsénico (As)	mg/kg MS	11,4	59,2	17	7,9	21,4	5,9	17
Cadmio (Cd)	mg/kg MS	0,021	0,086	0,0099	0,0109	0,0104	0,6	3,5
Cobre (Cu)	mg/kg MS	13,6	17	5,69	11,5	5,96	35,7	197
Cromo Total (Cr)	mg/kg MS	5,5	8,9	7,6	23,7	6,9	37,3	90
Mercurio Total (Hg)	mg/kg MS	< 0,03	0,04	< 0,03	< 0,03	0,03	0,17	0,486
Plomo Total (Pb)	mg/kg MS	2,471	3,357	3,977	4,471	3,969	35	91,3
Zinc Total (Zn)	mg/kg MS	24,5	26,3	23,4	62,7	19,9	123	315
	Excede el valor ISQG							
	Excede el valor PEL							
(a) Interim sediment quality guidelines (ISQG). Concentración debajo de la cual no se presentan efectos biológicos adversos.								
(b) Probable Effect Level (PEL): Concentración sobre la cual se encontrarían usualmente efectos biológicos adversos.								

Fuente: Elaboración propia.

532. A continuación, se presentan los resultados de las concentraciones de arsénico que excedieron los valores de la normativa canadiense tomada de manera referencial.

- Concentración de arsénico (As)

533. En la Figura 10-130, se aprecia que las concentraciones de arsénico obtenidas en todos los puntos de monitoreo, ubicados en las lagunas Mejía (SD-92) e Iberia (SD-96, SD-100, SD-104 y SD-107), excedieron los valores de la norma de referencia CEQG-ISQG (5,9 mg/kg MS). Adicionalmente, los puntos SD-96 y SD-107 de las lagunas Iberia, fueron los únicos que presentaron concentraciones que excedieron el valor CEQG-PEL (17 mg/kg MS) de la norma referida.

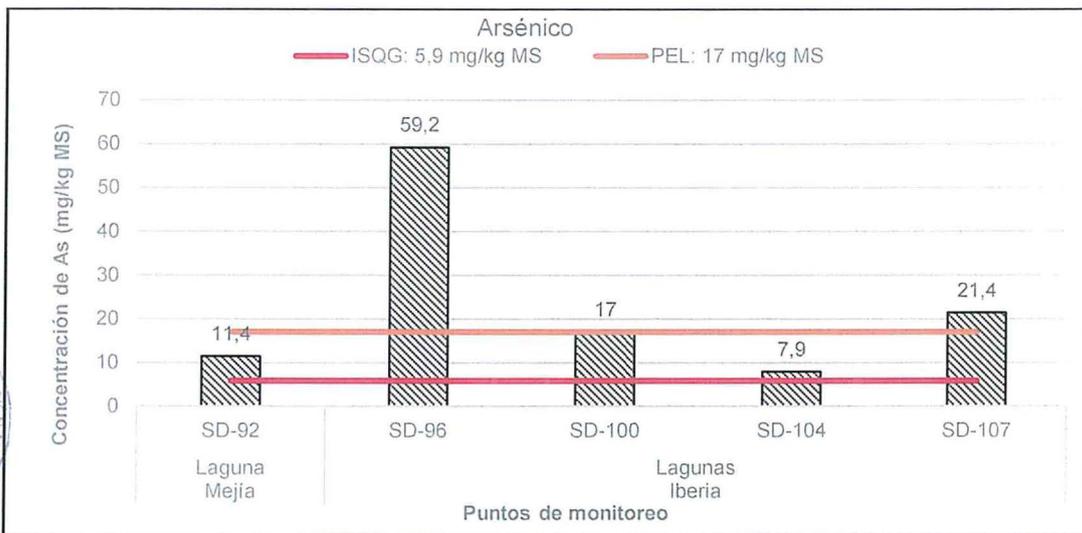


Figura 10-130. Concentraciones de arsénico en la Zona IV-Grupo 2 comparados con la norma canadiense

534. A continuación, se presenta el análisis de la extracción secuencial de Tessier para los metales (arsénico) que se han descritos en la sección anterior.

• Arsénico soluble por extracción secuencial de Tessier

535. En la Figura 10-131, se muestran los resultados de la extracción secuencial de arsénico para la zona IV (ambientes lénticos). Según la figura, en los puntos SD-92 (ubicado en la laguna Mejía), SD-96, SD-100 y SD-107 (lagunas Iberia), el arsénico se encuentra enlazado en mayor proporción a la fracción 5 (asociado con minerales primarios y secundarios), con porcentajes que van desde 49,38 a 78,74%. Asimismo, en el punto SD-92 el arsénico se encuentra también enlazado a la fracción 3 (con un porcentaje de 22,77%) y en el SD-96, se encuentra enlazado también a la fracción 4 (con 19,64%) y 3 (con 16,06%). Por otra parte, el punto SD-104, dicho metal se encuentra unido principalmente a la fracción 3, con un porcentaje de 35,55%.

536. Debido a que el arsénico está unido a la fracción 5, se espera que no sea liberado fácilmente bajo las condiciones que se dan normalmente en la naturaleza. De manera similar, que dicho metal este asociado a la fracción 4, nos indica que esta unido a diversas formas de materia orgánica, que en condiciones oxidantes puede ser degradada y liberar el arsénico. Por último, que este unido a la fracción 3, nos



8
A
4
2

sugiere que el metal puede ser liberado en condiciones anóxicas (por ejemplo, bajos potenciales de óxido-reducción), ya que los óxidos de hierro y manganeso que están asociados al metal, son inestables bajo estas condiciones.

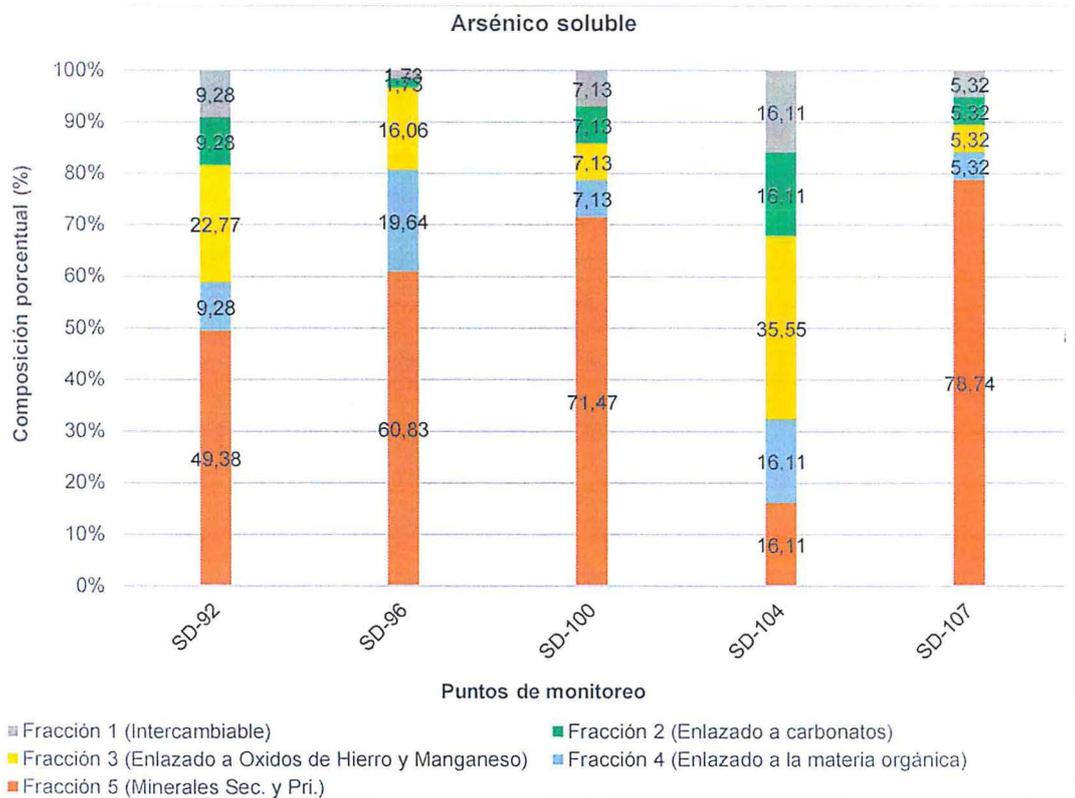


Figura 10-131. Distribución en porcentaje del arsénico soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona IV-Grupo 2.

537. A continuación, en la Tabla 10-65 se presenta los resultados de laboratorio de la prueba estática de balance ácido-base (en adelante ABA), para la caracterización del potencial de generación de ácido en el sedimento de la zona IV (ambientes lénticos).

538. De acuerdo a la Tabla 10-65, se observa que en los puntos de monitoreo SD-92 (ubicados en la laguna Mejía) presentaron valores de pH en pasta de 8,38. Por otra parte, en los puntos SD-96, SD-100, SD-104 y SD-107 (en las lagunas Iberia) los valores de pH variaron entre de 4,08 y 7,64. Valores por encima de 7 nos sugiere la presencia de carbonatos reactivos en el sedimento evaluado y por lo tanto tienen la capacidad de neutralizar acidez. Sin embargo, valores por debajo de 5 (SD-107) nos indican que el material evaluado tiene la capacidad de generar acidez.

539. Con respecto a la prueba estática ABA, los puntos de monitoreo: SD-92, SD-96 y SD-104 son potenciales no generadores de ácido, mientras que el punto SD-107 resultó ser potencial generador de acidez, y por último con respecto al punto SD-100 se tiene incertidumbre; todos los resultados mencionados fueron obtenidos según el criterio de evaluación 2.



8
A
4
2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

Tabla 10-65. Resultados de laboratorio de la prueba estática ABA en sedimento para la Zona IV-Grupo 2

Parámetros	Unidad	Puntos de monitoreo				
		Laguna Mejía	Lagunas Iberia			
		SD-92	SD-96	SD-100	SD-104	SD-107
Azufre Total	(%)	0,19	2,03	0,33	0,1	0,46
Fizz Rating	-	1	3	0	0	0
pH Pasta	Unidades de pH	8,38	7,64	5,63	6,33	4,08
Potencial de Acidez Máximo (PA)	(Kg CaCO ₃ /Ton)	0,313	10,6	3,438	0,625	4,688
Potencial de Neutralización Neto (PNN)	(Kg CaCO ₃ /Ton)	21,69	188,4	2,56	7,38	-0,69
Potencial de Neutralización Sobek (PN)	(Kg CaCO ₃ /Ton)	22	199	6	8	4
Ratio Potencial de Neutralización	-	70,29	18,77	1,75	12,8	0,85
Sulfato Total	(%)	0,18	1,69	0,22	0,08	0,31
Sulfuro Total	(%)	0,01	0,34	0,11	0,02	0,15
Conclusión de criterio 1 (PNN) ^(a)		PNGA	PNGA	Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre
Conclusión de criterio 2 (ratio PN/PA) ^(b)		PNGA	PNGA	Incertidumbre	PNGA	PGA

^(a) Criterio 1: Para un PNN menor a cero, la muestra es generadora neta de ácido. Sin embargo, para un PNN que varía entre -20 y +20 Kg CaCO₃/Ton de muestra, pueden ser generadores de ácido, este corresponde a un rango de incertidumbre.

^(b) Criterio 2: Proporción entre PN y PA, para un PN/PA < 1:1 es probable que se genere acidez, mientras que para el rango de PN/PA entre 1:1 y 3:1 corresponde a una zona de incertidumbre.

PGA: potencial generador de ácido
 PNGA: potencial no generador de ácido.
 Fuente: Elaboración propia.

10.4.2.3. Grupo 3: Ambientes marinos

B. Parámetros de laboratorio para la Zona IV-Grupo 3

- 540. En las Tablas 10-66 y 10-67, se presentan los resultados de laboratorio de los parámetros evaluados para la calidad de sedimento estos son: predominancia de partícula, y la concentración de los metales: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc.
- 541. De acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 10-66, el tipo de partícula predominante en el sedimento de todos los puntos de monitoreo es la arena y arena franca. Cabe mencionar que la predominancia de arcilla favorece la retención de metales por adsorción o en el complejo de cambio de los minerales de arcilla, mientras que la predominancia de arena es asociada con la carencia de capacidad de fijación de metales.
- 542. Asimismo, según la Tabla 10-67, las concentraciones de arsénico, cobre y mercurio excedieron los valores establecidos en la norma canadiense empleada de manera referencial. En la siguiente sección se presenta el análisis de dichos metales encontrados en el sedimento.

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

Tabla 10-66. Resultados de la predominancia de partículas en los puntos de la Zona IV-Grupo 3

Código	Cuerpo de agua asociado	% de Arena	% de Limo	% de Arcilla	Predominancia de partículas
SD-AM-01	Mar frente a Punta de Bombón	100	0	0	Arenosa
SD-AM-02	Mar frente a la desembocadura del río Tambo	80	20	0	Areno Franca
SD-AM-04	Mar frente al sector Motobomba	85	15	0	Areno Franca
SD-AM-05	Mar frente a la playa El Sombrero	100	0	0	Arenosa
SD-AM-06		100	0	0	Arenosa
SD-AM-07		95	5	0	Arenosa
SD-AM-08		100	0	0	Arenosa
SD-AM-09		100	0	0	Arenosa
SD-AM-10		100	0	0	Arenosa
SD-AM-11		100	0	0	Arenosa
SD-AM-12		100	0	0	Arenosa
SD-AM-13		100	0	0	Arenosa

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 10-67. Resultados de parámetros de laboratorio para calidad de sedimentos para la Zona IV-Grupo 3

Parámetro	Unidad	Puntos de monitoreo												CEQG-SQG	
		Mar frente a Punta de Bombón	Mar frente a la desembocadura del río Tambo	Mar frente al sector Motobomba	Mar frente a la playa El Sombrero									ISQG ^(a)	PEL ^(b)
		SD-AM-01	SD-AM-02	SD-AM-04	SD-AM-05	SD-AM-06	SD-AM-07	SD-AM-08	SD-AM-09	SD-AM-10	SD-AM-11	SD-AM-12	SD-AM-13		
Arsénico	mg/kg MS	9,70	18,60	12,40	11,70	10,60	8,70	10,00	10,90	9,30	8,40	11,30	10,00	7,24	41,60
Cadmio	mg/kg MS	0,07	0,16	0,12	0,05	0,07	0,15	0,04	0,06	0,06	0,03	0,05	0,05	0,7	4,2
Cobre	mg/kg MS	18,00	24,80	22,90	12,90	18,20	15,90	14,60	13,90	13,30	12,70	15,50	13,30	18,7	108,0
Cromo	mg/kg MS	21,10	10,00	24,00	16,30	24,60	8,20	30,70	24,00	21,40	15,20	20,20	15,60	52,3	160,0
Mercurio	mg/kg MS	0,04	0,04	0,05	< 0,03	0,03	0,04	< 0,03	0,03	0,05	0,14	0,03	0,81	0,13	0,70
Plomo	mg/kg MS	8,71	11,70	11,40	8,82	9,79	7,80	9,68	8,05	8,14	9,21	8,54	8,71	30,2	112,0
Zinc	mg/kg MS	67,80	54,20	78,20	60,80	79,60	53,00	83,40	74,50	70,30	58,50	68,60	59,30	124,0	271,0
		Excede el valor ISQG													
		Excede el valor PEL													
CEQG (Canadian Environmental Quality Guidelines – Sediment Quality Guidelines for marine): Guías de Calidad de Ambiental Canadiense para Sedimentos de Aguas Marinas.															
(a) Interim sediment quality guidelines (ISQG). Concentración debajo de la cual no se presentan efectos biológicos adversos.															
(b) Probable Effect Level (PEL): Concentración sobre la cual se encontrarían usualmente efectos biológicos adversos.															

Fuente: Elaboración propia.

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

543. A continuación, se presentan los resultados de las concentraciones de arsénico, cobre y mercurio que excedieron los valores de la normativa canadiense tomada de manera referencial.

- **Concentración de arsénico (As)**

544. Las concentraciones de arsénico, se presentan en la Figura 10-132, observándose que en todos los puntos de monitoreo se excedió el valor ISQG (7,24 mg/kg) de la norma canadiense utilizada como referencia; además, todas las concentraciones de arsénico son menores al valor PEL (41,6 mg/kg). Es importante precisar que el punto de monitoreo que presentó la mayor concentración de arsénico es el SD-AM-02 ubicado en el mar frente a la desembocadura del río Tambo.

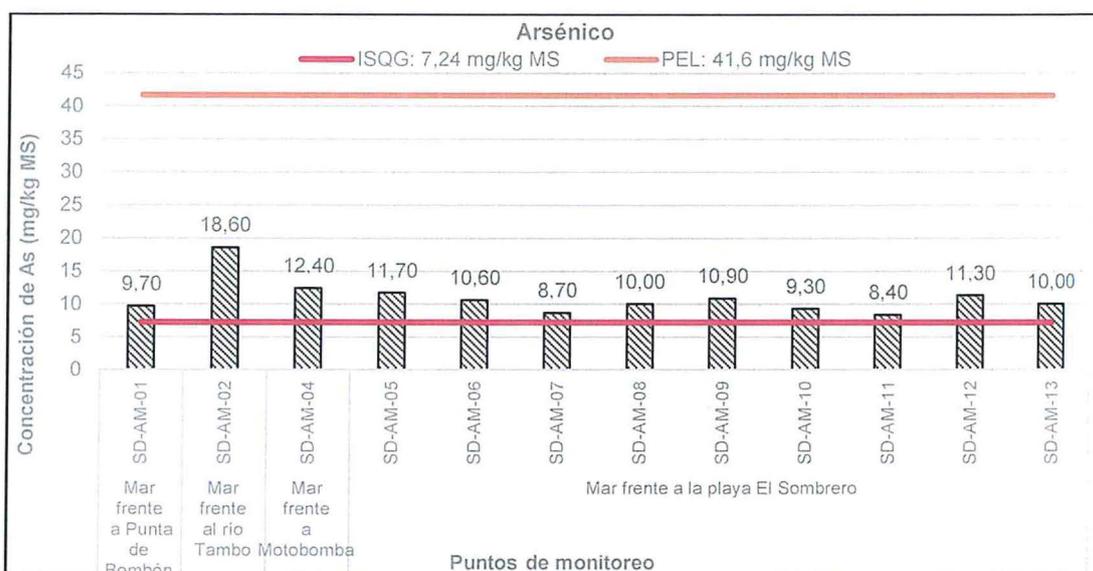


Figura 10-132. Concentraciones de arsénico en la Zona IV-Grupo 3 comparados con la norma canadiense.

- **Concentración de cobre (Cu)**

545. De acuerdo con la Figura 10-133, que presenta las concentraciones de cobre en sedimento marino, sólo los puntos SD-MA-02 (24,8 mg/kg) y SD-MA-04 (22,9 mg/kg), ubicados frente a la desembocadura del río Tambo y frente al sector de Motobomba respectivamente, excedieron el valor ISQG (18,7 mg/kg), el resto de puntos de monitoreo presentaron valores por debajo de ISQG. Además, todos los puntos evaluados presentaron valores por debajo del valor PEL (108 mg/kg).



Handwritten signature and date: 24/2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

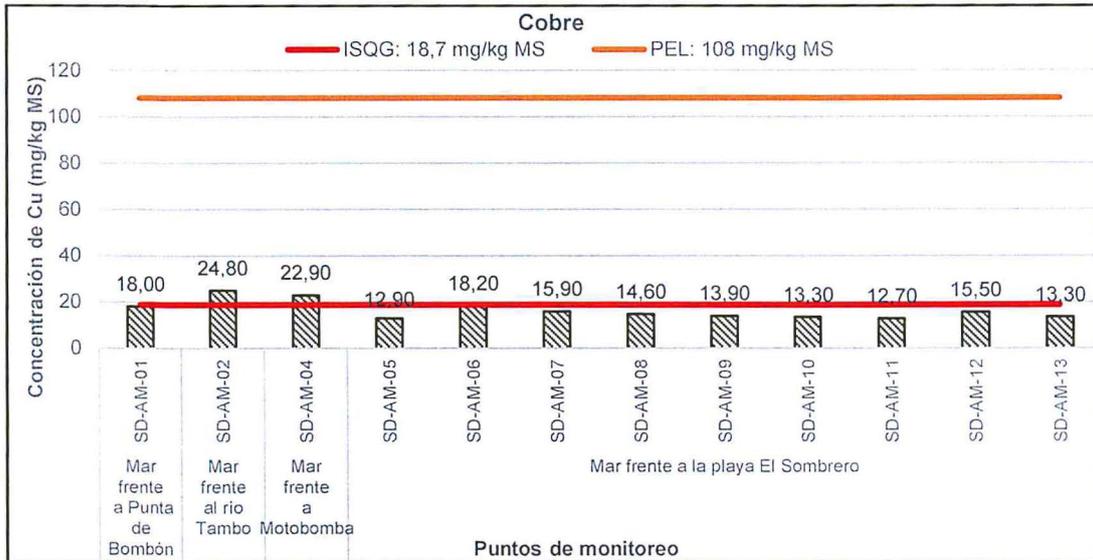


Figura 10-133. Concentraciones de cobre en la Zona IV-Grupo 3 comparados con la norma canadiense.

- Concentración de mercurio (Hg)

546. Las concentraciones de mercurio son detalladas en la Figura 10-134. De acuerdo con dicha figura, los puntos SD-AM-11 (0,14 mg/kg) y SD-AM-13 (0,81 mg/kg) excedieron el valor ISQG para mercurio (0,13 mg/kg). Además, se excedió el valor PEL para mercurio (0,70 mg/kg) sólo en SD-AM-13, ubicado frente a la playa El Sombrero. Los demás puntos presentaron concentraciones de mercurio por debajo de los valores ISQG y PEL de referencia (entre 0,03 y 0,05 mg/kg), incluso por debajo del límite de cuantificación del laboratorio (<0,03 mg/kg).

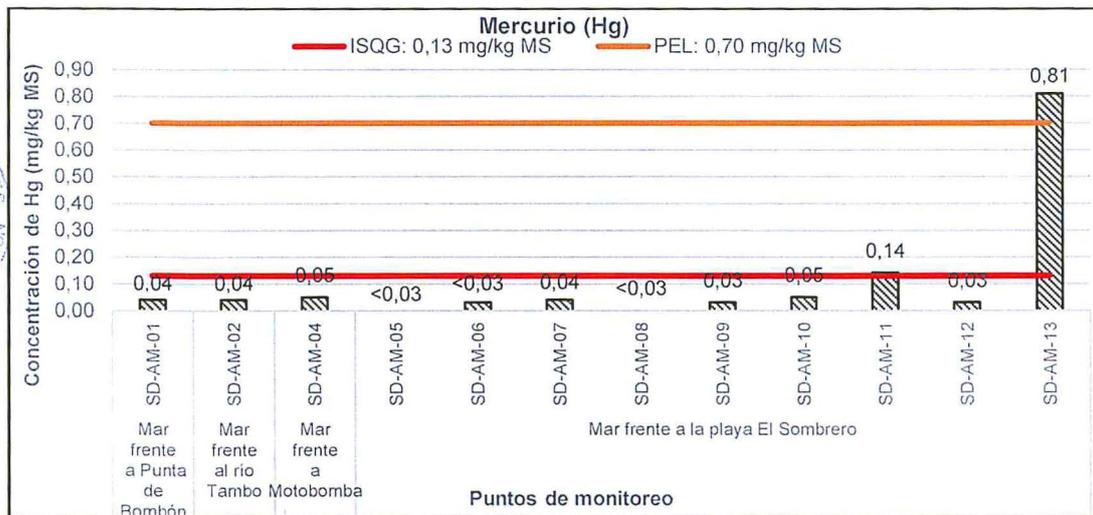


Figura 10-134. Concentraciones de mercurio en la Zona IV-Grupo 3 comparados con la norma canadiense.

547. A continuación, se presenta el análisis de la extracción secuencial de Tessier para los metales (arsénico y cobre) que se han descritos en la sección anterior, en el caso del mercurio, este presenta concentraciones por debajo del límite de cuantificación del laboratorio, por tanto, será incluido en el Anexo E.2.

• **Arsénico soluble por extracción secuencial de Tessier**

548. En la Figura 10-135, se muestran los resultados de la extracción secuencial de arsénico para la zona IV (ambientes lénticos). Según la figura, todos los puntos (ubicados frente a: Punta de Bombón, desembocadura del río Tambo, Motobomba y playa El Sombrero), el arsénico se encuentra enlazado en mayor proporción a la fracción 5 (asociado con minerales primarios y secundarios), con porcentajes que van desde 40,36 a 96,38%. Asimismo, en los puntos SD-AM-02, SD-AM-05, SD-AM-06 y SD-AM-08, el arsénico se encuentra también enlazado a la fracción 3 (con porcentajes de 19,13; 26,29; 27,68 y 14,36 respectivamente).

549. Debido a que el arsénico está unido a la fracción 5, se espera que no sea liberado fácilmente bajo las condiciones que se dan normalmente en la naturaleza. De manera similar, que dicho metal este asociado a la fracción 3, nos sugiere que el metal puede ser liberado en condiciones anóxicas (por ejemplo, bajos potenciales de óxido-reducción), ya que los óxidos de hierro y manganeso que están asociados al metal, son inestables bajo estas condiciones.

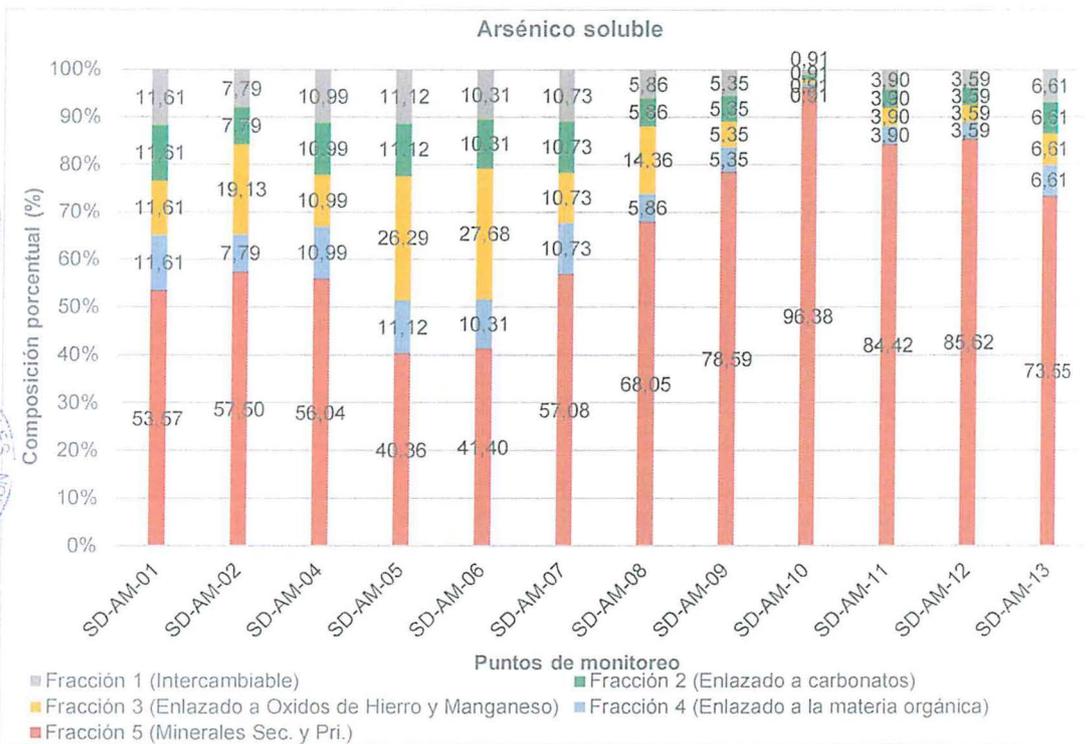


Figura 10-135. Distribución en porcentaje del arsénico soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona IV-Grupo 3.

• **Cobre soluble por extracción secuencial de Tessier**

550. En la Figura 10-136, se muestran los resultados de la extracción secuencial de cobre. Según los resultados mostrados, en el punto de monitoreo que presentó una concentración de cobre por encima de lo establecido en la norma de referencia (SD-AM-02 y SD-AM-04, en el mar frente al río Tambo y sector Motobomba), el cobre se encuentra enlazado en mayor proporción a la fracción 5, con porcentajes de 72,04 y 70,36%, respectivamente, y menor proporción a las demás fracciones. De igual forma en los demás puntos de monitoreo el cobre se



Handwritten signature and date: 'A 24/2'

encuentra unido en mayor porcentaje a ésta fracción, con porcentajes que van desde 70,29 a 87,14% (fracción 5).

551. También el cobre fue encontrado en un porcentaje considerable en la fracción 4 (SD-AM-02 y SD-AM-04) con porcentajes de 11,87 y 17,02% respectivamente. El resto de puntos presentaron un rango entre 3,2 y 17,75%.

552. Debido a que el cobre está unido a la fracción 5, se espera que no sea liberado fácilmente bajo las condiciones que se dan normalmente en la naturaleza. El cobre enlazado a la fracción 4, nos indica que dicho metal está asociado a diversas formas de materia orgánica, que en condiciones oxidantes puede ser degradada, liberando el cobre asociado.

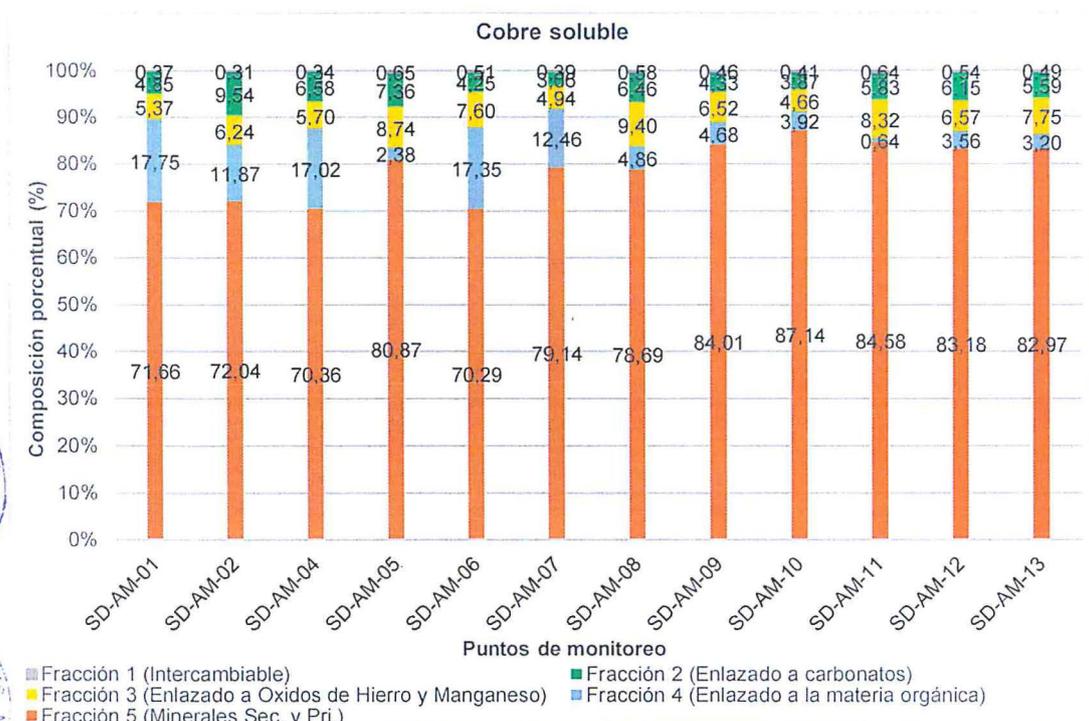


Figura 10-136. Distribución en porcentaje del cobre soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona IV-Grupo 3.

553. A continuación, en la Tabla 10-68, se presenta los resultados de laboratorio de la prueba estática de balance ácido-base (en adelante ABA), para la caracterización del potencial de generación de ácido en el sedimento de la zona IV (ambiente marino).

554. De acuerdo a la Tabla 10-68, se observa que todos los puntos de monitoreo presentaron valores de pH en pasta de 8,23 a 8,39. Estos valores por encima de 7 nos sugiere la presencia de carbonatos reactivos en el sedimento evaluado y por lo tanto tienen la capacidad de neutralizar acidez.

555. Con respecto a la prueba estática ABA, todos los puntos de monitoreo son potenciales no generadores de ácido, todos los resultados mencionados fueron obtenidos según el criterio de evaluación 2.



8
 X
 4
 2



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

Tabla 10-68. Resultados de laboratorio de la prueba estática ABA en sedimento para la Zona IV-Grupo 3.

Parámetros	Unidad	Puntos de monitoreo												
		Mar frente a Punta de Bombón	Mar frente a la desembocadura del río Tambo	Mar frente al sector Motobomba	Mar frente a la playa El Sombrero									
		SD-AM-01	SD-AM-02	SD-AM-04	SD-AM-05	SD-AM-06	SD-AM-07	SD-AM-08	SD-AM-09	SD-AM-10	SD-AM-11	SD-AM-12	SD-AM-13	
Azufre Total	(%)	0,08	0,12	0,1	0,05	0,06	0,09	0,04	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	
Fizz Rating	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
pH Pasta	Unidades de pH	8,30	8,24	8,3	8,32	8,33	8,23	8,39	8,38	8,36	8,38	8,24	8,29	
Potencial de Acidez Máximo (PA)	(Kg CaCO ₃ /Ton)	0,313	0,625	0,625	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313	
Potencial de Neutralización Neto (PNN)	(Kg CaCO ₃ /Ton)	23,7	24,4	27,4	22,7	23,7	22,7	20,7	19,7	22,7	21,7	21,69	20,69	
Potencial de Neutralización Sobek (PN)	(Kg CaCO ₃ /Ton)	24	25	28	23	24	23	21	20	23	22	22	21	
Ratio Potencial de Neutralización	-	76,8	40	44,8	73,6	76,8	73,6	67,2	64	73,6	70,4	70,29	67,09	
Sulfato Total	(%)	0,07	0,1	0,08	0,04	0,05	0,08	0,03	0,05	0,04	0,03	0,05	0,04	
Sulfuro Total	(%)	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Conclusión de criterio 1 (PNN) ^(a)		PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	Incertidumbre	PNGA	PNGA	PNGA	
Conclusión de criterio 2 (ratio PN/PA) ^(b)		PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	

^(a) Criterio 1: Para un PNN menor a cero, la muestra es generadora neta de ácido. Sin embargo, para un PNN que varía entre -20 y +20 Kg CaCO₃/Ton de muestra, pueden ser generadores de ácido, este corresponde a un rango de incertidumbre.

^(b) Criterio 2: Proporción entre PN y PA, para un PN/PA < 1:1 es probable que se genere acidez, mientras que para el rango de PN/PA entre 1:1 y 3:1 corresponde a una zona de incertidumbre.

PGA: potencial generador de ácido.
NPGA: potencial no generador de ácido.
Fuente: Elaboración propia.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

10.4.3. Hidrobiología

556. En esta sección se presentan y analizan los resultados obtenidos luego de aplicar la metodología descrita anteriormente, con el propósito de alcanzar los objetivos planteados en la presente evaluación. El análisis de los resultados fue dividido para ambientes loticos (i.e. ríos y quebradas), lénticos (i.e. laguna) y el ambiente marino que incluye la parte submareal e infralitoral.

10.4.3.1. Ambientes lóticos (Bajo Tambo)

557. En esta sección se detallarán los resultados de ocho puntos de monitoreo evaluados en la parte baja del río Tambo, dichos puntos han sido codificados así: HB-84, HB-85, HB-86, HB-87, HB-89AD, HB-89, HB-90 y HB-91. Debido a que no se cuenta con una información previa de las comunidades hidrobiológicas de la zona de evaluación, los resultados obtenidos nos brindan información de lo que acontece en la dinámica de las comunidades en el momento de la evaluación por lo que solo se realizan comparaciones espaciales entre los puntos de monitoreo. A continuación, se muestran los resultados obtenidos del análisis realizado a la comunidad de perifiton.

I. Perifiton

558. Es una comunidad compleja de microbiota compuesta por algas, microalgas, bacterias, hongos, animales, detritos orgánicos e inorgánicos que se encuentra adherida a un sustrato, el que puede ser orgánico o inorgánico, vivo o muerto. En este estudio para una mejor comprensión de la dinámica de esta comunidad, el análisis de resultados se enfocó en dos grupos: microalgas y microorganismos.



a. Microalgas

559. Es una comunidad compleja de microbiota compuesta por algas, microalgas, bacterias, hongos, animales, detritos orgánicos e inorgánicos que se encuentra adherida a un sustrato, el que puede ser orgánico o inorgánico, vivo o muerto. En este estudio para una mejor comprensión de la dinámica de las microalgas, se analizará la composición, riqueza y abundancia de las especies; así como los índices de diversidad alfa y beta.



i) Composición, riqueza y abundancia de especies

560. La comunidad de microalgas del perifiton estuvo compuesta por un total de 70 especies, pertenecientes a 21 familias y 16 órdenes, distribuidas en tres phyla: Bacillariophyta, Cyanobacteria y Chlorophyta, siendo el phylum más diverso Bacillariophyta con 56 especies; seguidamente el phylum Cyanobacteria con 11 especies y por último Chlorophyta con tres especies como se puede observar en el Anexo A.3, donde se detalla el registro completo de las especies.

X
A
y
v

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

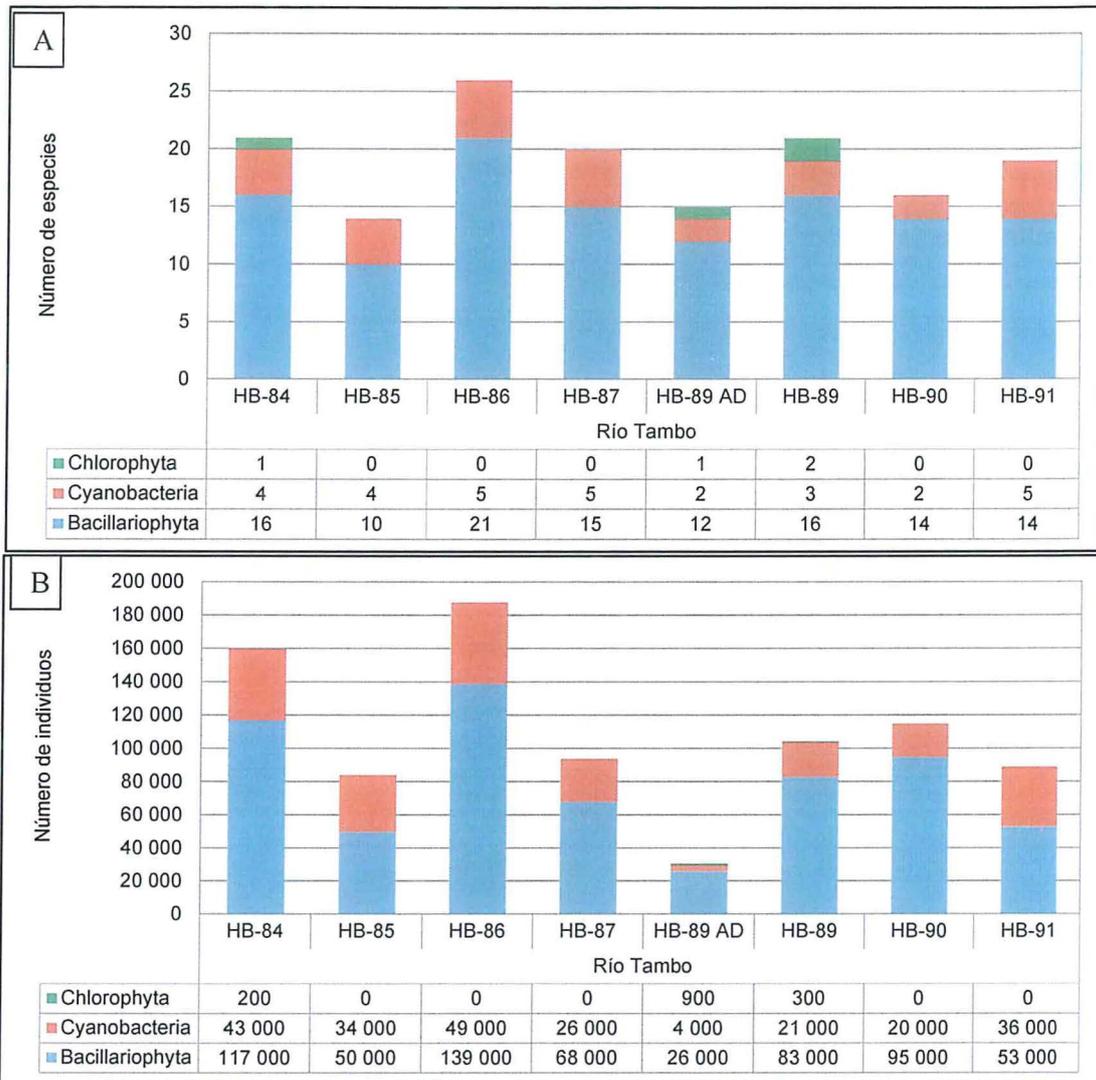


Figura 10-137. Perifiton: Riqueza (A) y abundancia (B) de microalgas por phylum encontrada en los puntos de monitoreo de la zona IV

561. Como se puede observar en la Figura 10-137 el número de especies en los puntos de monitoreo fue variado. La riqueza fue mayor en el punto HB-86; mientras que la menor riqueza se registró en el punto HB-85. En todos los puntos de monitoreo evaluados en el río Tambo se apreció que el phylum más diverso fue Bacillariophyta, seguido de Cyanobacteria; mientras que en los puntos HB-84, HB-89 AD y HB-89 se registró al phylum Chlorophyta.
562. La abundancia de microalgas en los puntos de monitoreo evaluados en la zona IV se detallan en la Figura 10-137. La abundancia total registrada fue de 865 400 organismos evidenciándose que el phylum Bacillariophyta fue dominante en todos puntos de monitoreo. En el punto HB-86 se registró la mayor abundancia con 188 000 organismos, seguidamente se encontró 160 200 organismos en el punto HB-84. En los otros puntos evaluados la



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

abundancia fue menor a 120 00 organismos, observándose que la menor abundancia se registró en HB-89 AD con 30 900 organismos.

ii) Índices de diversidad alfa y beta

563. Con base en los resultados de riqueza y abundancia se muestran en Figura 10-138, los valores de los números de Hill (N1 y N2) y la equidad de Pielou (J') para cada punto de monitoreo.

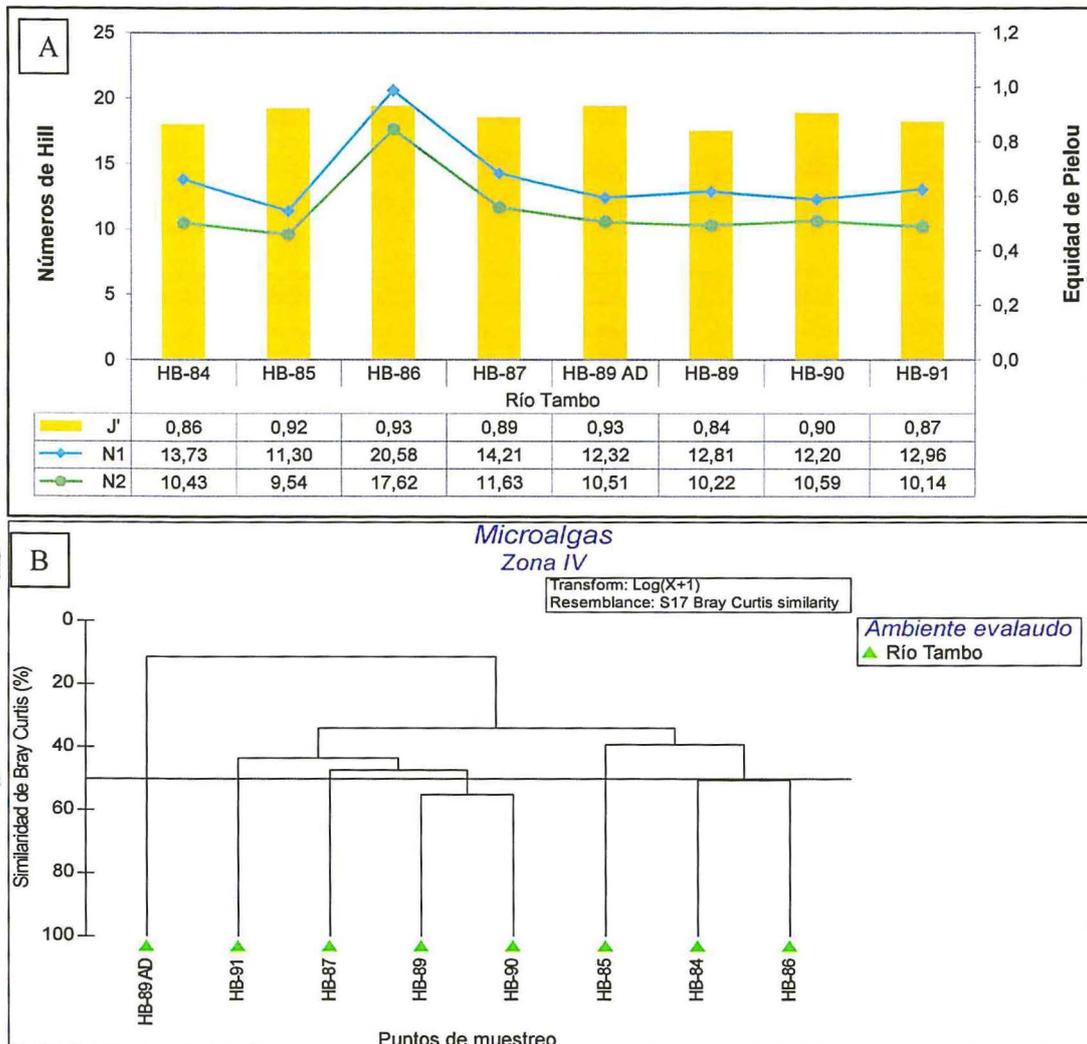


Figura 10-138. Perifiton: Índices de diversidad alfa (A) y beta (B) encontrados en los puntos de monitoreo de la zona IV

564. Se observa que los números de Hill N1 y N2 muestran una misma tendencia, encontrándose que el número de Hill N1 varió desde 11,30 especies efectivas en el punto HB-85 hasta 20,58 especies efectivas en el punto HB-86; mientras que el número de Hill N2 varió desde 9,54 especies efectivas a 17,62 especies efectivas en los mismos puntos de monitoreo. Los valores de Pielou variaron desde 0,84 en el punto HB-89 hasta 0,93 en



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

los puntos HB-86 y HB-89 AD, estos valores muestran una alta equidad ($> 0,5$) lo cual indica que la población de microalgas es equitativa y las especies registradas son igualmente abundantes.

565. Con el uso del software PAST (Paleontological Statistics) se realizó el análisis del índice de similitud de Bray Curtis, dando como resultado la relación de tres grupos con una similitud menor al 20 % como se observa en la Figura 10-138. El primer grupo solo contiene al punto HB-89 AD, el segundo grupo lo conforman cuatro puntos de monitoreo: HB-91, HB-87, HB-89 y HB-90 encontrándose que los puntos HB-89 y HB-90 registraron una similitud de 55 % con 10 especies comunes; mientras que el tercer grupo reúne tres puntos de monitoreo: HB-84, HB-85 y HB-86 evidenciándose que los puntos HB-84 y HB-86 registraron una similitud de 50 % con 12 especies comunes.

b. Microorganismos

566. Se registró en el punto HB-89 ubicado en el río Tambo la especie: *Vorticella sp.* con una abundancia de 30 organismos.

II. Necton (peces)

567. Se identificaron dos especies distribuidas en dos órdenes. El orden Cyprinodontiformes, familia Poeciliidae con la especie *Poecilia reticulata* y el orden Mugiliformes, familia Mugilidae con la especie *Mugil cephalus*. En el punto HB-85, se registraron tres individuos de la especie *Poecilia reticulata*; mientras que en los puntos HB-90 y HB-91 se registró a la especie *Mugil cephalus* con tres y once individuos, respectivamente.

10.4.3.2. Ambientes lénticos (Lagunas de Mejía)

568. Cabe precisar que la evaluación se realizó en el Santuario Nacional de Lagunas de Mejía, el cual está conformado por un conjunto de lagunas salobres y en el que se evaluaron seis puntos de monitoreo los cuales estuvieron distribuidos en la laguna denominada Mejía y la laguna Iberia, esta última laguna conformada por tres zonas: Iberia norte, centro y sur. Dichos puntos fueron codificados así: HB-92, HB-94, HB-97, HB-100, HB-103 y HB-107 en los cuales se evaluó la comunidad del plancton la cual se detalla a continuación.

I. Plancton

569. El plancton está conformado de organismos de pequeño tamaño (típicamente $< 3,0$ cm) que tienen como característica principal habitar la columna de agua con limitada capacidad de contrarrestar las corrientes del agua. En este estudio, el análisis de los resultados se enfocó en dos grupos: fitoplancton y zooplancton.

a. Fitoplancton

570. Conformado por microalgas, a continuación, se analizará la composición, riqueza y abundancia de las especies del fitoplancton; así como los índices de diversidad alfa y beta.



↓
A
4
2

i) Composición, riqueza y abundancia de especies

571. La comunidad de microalgas del perifiton estuvo compuesta por un total de 26 especies, pertenecientes a 20 familias y 14 órdenes, distribuidas en seis phyla: Bacillariophyta, Cyanobacteria, Chlorophyta, Charophyta, Euglenophyta y Miozoa; siendo el phylum más diverso Bacillariophyta con nueve especies, seguido del phylum Cyanobacteria con ocho especies; mientras que el phylum Charophyta está representado por una sola especie: *Mougeotia sp.*, como se puede observar en el Anexo A.3, donde se detalla el registro completo de las especies.

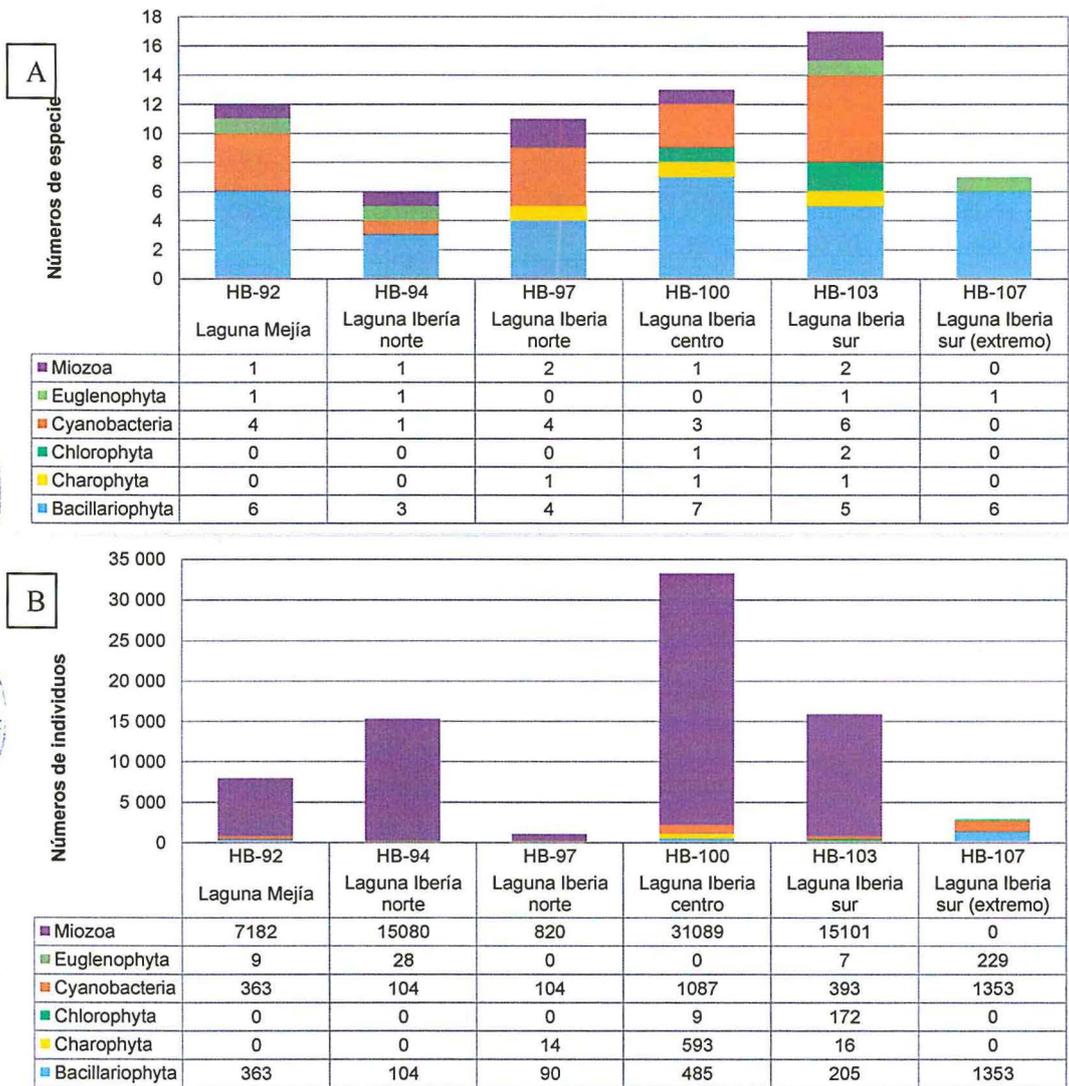


Figura 10-139. Fitoplancton: Riqueza (A) y abundancia (B) de fitoplancton por phylum en los puntos de la zona IV

572. Como se puede observar en la Figura 10-139, el número de especies en los puntos de monitoreo fue variado. En el punto HB-103 ubicado en la laguna Iberia Sur se registró la mayor riqueza a nivel de phyla encontrándose los seis phyla identificados, asimismo se



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

registró la mayor riqueza con 17 especies. En la laguna Iberia norte (HB-94, HB-97) y centro (HB-100), se registraron 06, 11 y 13 especies, respectivamente, en el punto HB-92 ubicado en la laguna de Mejía, la riqueza de especies fue de 12 especies, siendo el punto HB-94 el de menor riqueza registrada en todos los puntos de monitoreo. Por último, en la laguna sur se encontraron siete especies, de las cuales una especie corresponde al phylum Euglenophyta: *Lepocinclis sp.*

573. La abundancia del fitoplancton encontrada en los puntos de monitoreo de las lagunas de Mejía de la zona IV se muestran en la Figura 10-139. La abundancia total registrada fue de 89 403 organismos, evidenciándose que el phylum más abundante fue Miozoa con 69 272 organismos, la alta abundancia de este phylum se debe a la presencia de dos especies: *Parvodinium cf. goslaviense* en los puntos HB-97, HB-100 y HB-103 y una especie no identificada a ese nivel que corresponde al orden Peridiniales en los puntos HB-93 y HB-94. Asimismo, tenemos al phylum Cyanobacteria con 16 454 organismos; mientras que los otros phyla no superaron los 3 000 organismos. En los puntos HB-97 y HB-107 se registró una menor abundancia con 1 487 y 1 582 organismos, respectivamente.

ii) Índice de diversidad alfa y beta

574. Con base en los resultados de riqueza y abundancia se muestran en la Figura 10-140, los valores de los números de Hill (N1 y N2) y la equidad de Pielou (J') para cada punto de monitoreo. Se observa que los números de Hill N1 y N2 muestran una misma tendencia, encontrándose que el número de Hill N1 varió desde 1,07 especies efectivas en el punto HB-94 hasta 4,83 especies efectivas en el punto HB-107; mientras que el número de Hill punto N2 varió desde 1,02 especies efectivas a 4,01 especies efectivas en los mismos puntos de monitoreo. Los valores de Pielou variaron desde 0,04 en el punto HB-94 hasta 0,81 en el punto HB-107. En los puntos HB-97 y HB-107 los valores muestran una alta equidad ($> 0,5$) lo cual indica que la población de microalgas en estos puntos de monitoreo es equitativa y las especies registradas son igualmente abundantes. Por otro lado, en los puntos de muestreo restantes los valores del índice de Pielou son menores a 0,5 lo que indica que hay especies dominantes y no muestran es una población equitativa. Las especies dominantes fueron: *Anabaenopsis sp.* en el punto HB-92, *Aphanocapsa sp.* en el punto HB-103, *Parvodinium cf. goslaviense* en los puntos HB-100 y HB-103 y dos especies no determinadas a nivel de especie: una Cyanobacteria del orden Chroococcales dominante en el punto HB-103 y una Miozoa del orden Peridiniales en el punto HB-94.

575. Con el uso del software PAST (Paleontological Statistics) se realizó el análisis del índice de similitud de Bray Curtis, dando como resultado la relación de dos grupos con una similitud menor al 42 % como se observa en la Figura 10-140. El primer grupo reúne cuatro puntos de monitoreo HB-92, HB-100, HB-97 y HB-103 encontrándose que los puntos HB-97 y HB-103 registraron una similitud de 62 %. El segundo grupo está conformado por los puntos de monitoreo HB-94 y HB-107 y registraron una similitud de 48 % con una sola especie en común: *Lepocinclis sp.*



1
A
4
2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

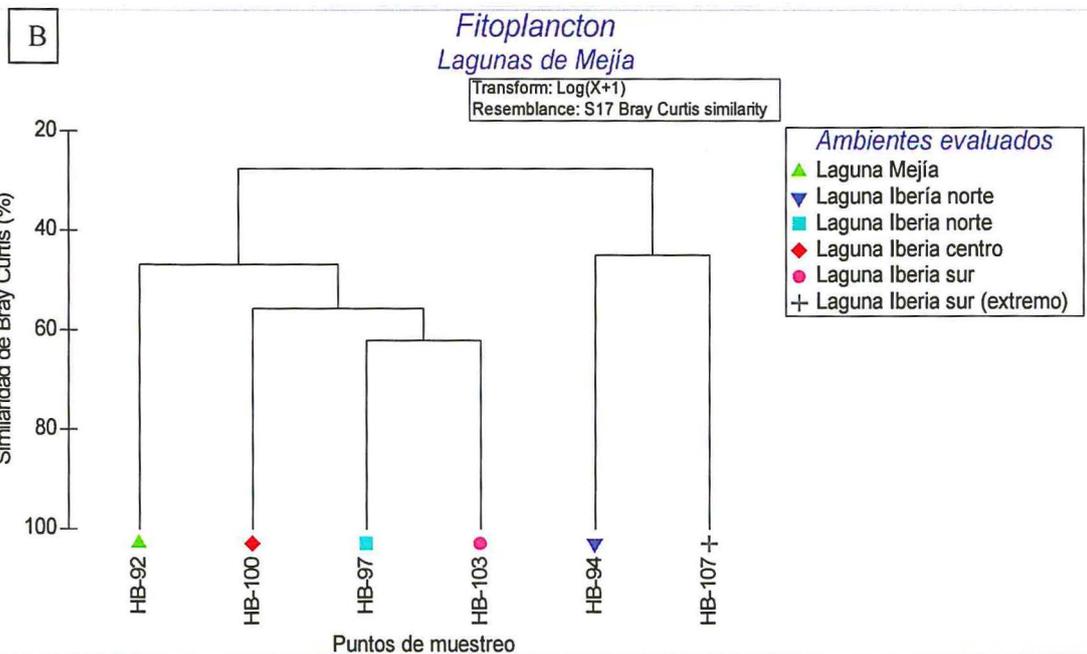
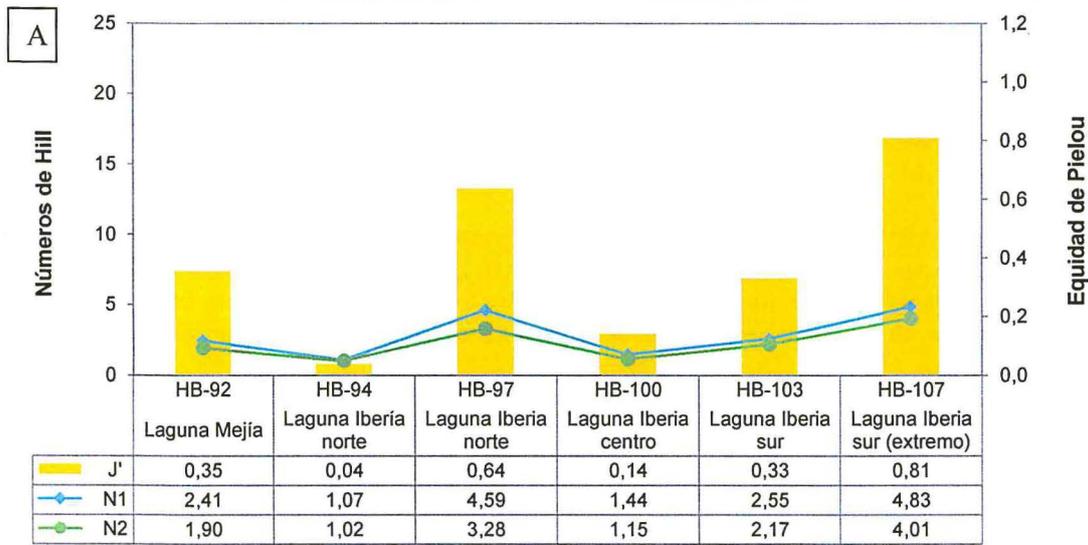


Figura 10-140. Fitoplancton: Índices de diversidad alfa (A) y beta (B) encontrados en los puntos de monitoreo de la zona IV

II. Necton (peces)

576. Se registró visualmente la especie introducida *Oreochromis niloticus* conocida comúnmente como Tilapia en el punto HB-97. Adicionalmente, se observaron cardumen de esta especie y *Mugil cephalus* en las diferentes lagunas evaluadas.

577. A continuación, se hace mención los ambientes marinos evaluados en la zona IV que corresponden a la parte baja de la cuenca del Tambo.



X
X
4
2



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

10.4.3.3. Ambientes marinos

578. Se evaluó la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en ambientes marinos, abarcando la parte submareal e infralitoral y lo cual se detalla a continuación.

I. Parte submareal

579. En la parte submareal se evaluaron seis puntos de monitoreo frente a la zona de Lagunas de Mejía y fueron codificados de la siguiente manera: HB-AM-01, HB-AM-02, HB-AM-04, HB-AM-05, HB-AM-08, HB-AM-11. En cada uno de estos puntos se tomaron tres réplicas de macroinvertebrados bentónicos dominadas así: R1, R2 y R3, estas réplicas ayudan a tener una mayor información de la comunidad ya que abarca una mayor área en el punto de monitoreo.

a. Macroinvertebrados bentónicos

580. La comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo compuesta por un total de 30 especies, pertenecientes a 22 familias y 12 órdenes, distribuidas en siete phyla: Annelida, Arthropoda, Chordata, Equinodermata, Mollusca, Nemertea y Phoronida, siendo el phylum más diverso Annelida con 13 especies; mientras que los phyla Chordata, Equinoderamata, Nemertea y Phoronida están representados por una sola especie, como se puede observar en el Anexo A.3, donde se detalla el registro completo de las especies.

i) Composición, riqueza y abundancia de especies

581. La comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo compuesta por un total de 30 especies, pertenecientes a 22 familias y 12 órdenes, distribuidas en siete phyla: Annelida, Arthropoda, Chordata, Equinodermata, Mollusca, Nemertea y Phoronida, siendo el phylum más diverso Annelida con 13 especies; mientras que los phyla Chordata, Equinoderamata, Nemertea y Phoronida están representados por una sola especie, como se puede observar en el Anexo A.3 donde se detalla el registro completo de las especies.

582. Como se puede observar en la Figura 10-141, el número de especies en los puntos de monitoreo fue variado; sin embargo, los valores de las réplicas fueron similares. En el punto HB-AM-01 la riqueza varió desde cinco especies hasta nueve especies. En el punto HB-AM-04 se registró la mayor riqueza encontrándose valores de 10 especies en la réplica 1 (R1) y nueve especies en la réplica 2 y 3 (R2 y R3). La menor riqueza se registró en la réplica 1 (R1) del punto HB-AM-02 con tres especies.

583. La abundancia de macroinvertebrados bentónicos en los puntos de monitoreo evaluados en la zona 4 se detallan en la Figura 10-141. La abundancia total registrada fue de 436 individuos. En las tres réplicas del punto HB-AM-01 se observó una dominancia del phylum Arthropoda con 50 individuos para R1, 38 individuos para R2 y 52 individuos, asimismo en la réplica R3 del punto HB-AM-04 con 38 individuos; mientras que en las réplicas R1 y R2 del punto HB-AM-04 fue dominante el phylum Annelida con 46 y 29 individuos, respectivamente.



1
A
9
2



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

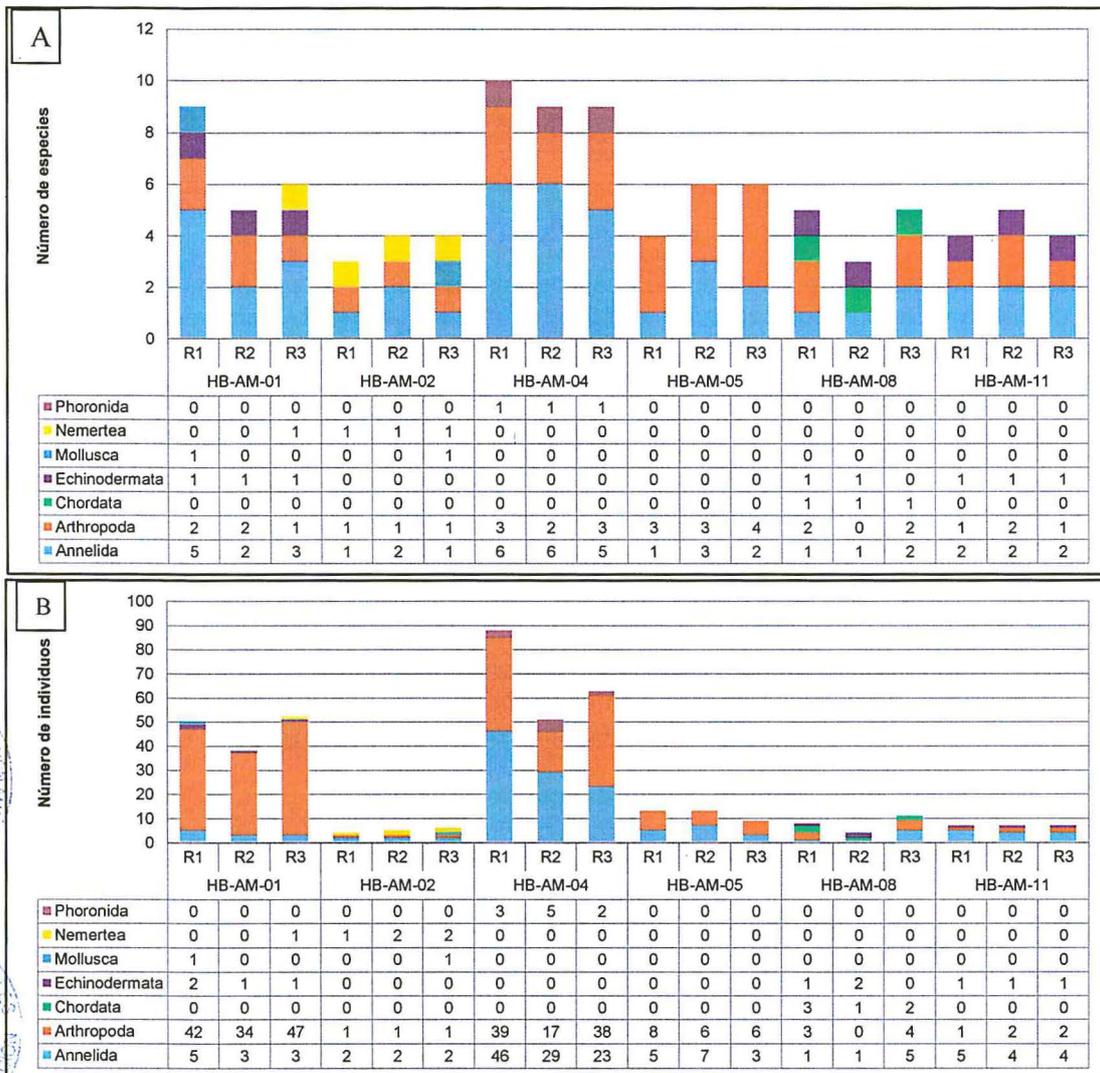


Figura 10-141. Macroinvertebrados bentónicos: Riqueza (A) y abundancia (B) de macroinvertebrados bentónicos por phylum encontrada en los puntos de monitoreo de la parte submareal de los ambientes marinos.

ii) Índices de diversidad alfa y beta

584. Con base en los resultados de riqueza y abundancia se muestran en Figura 10-142, los valores de los números de Hill (N1 y N2) y la equidad de Pielou (J') para cada punto de monitoreo.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

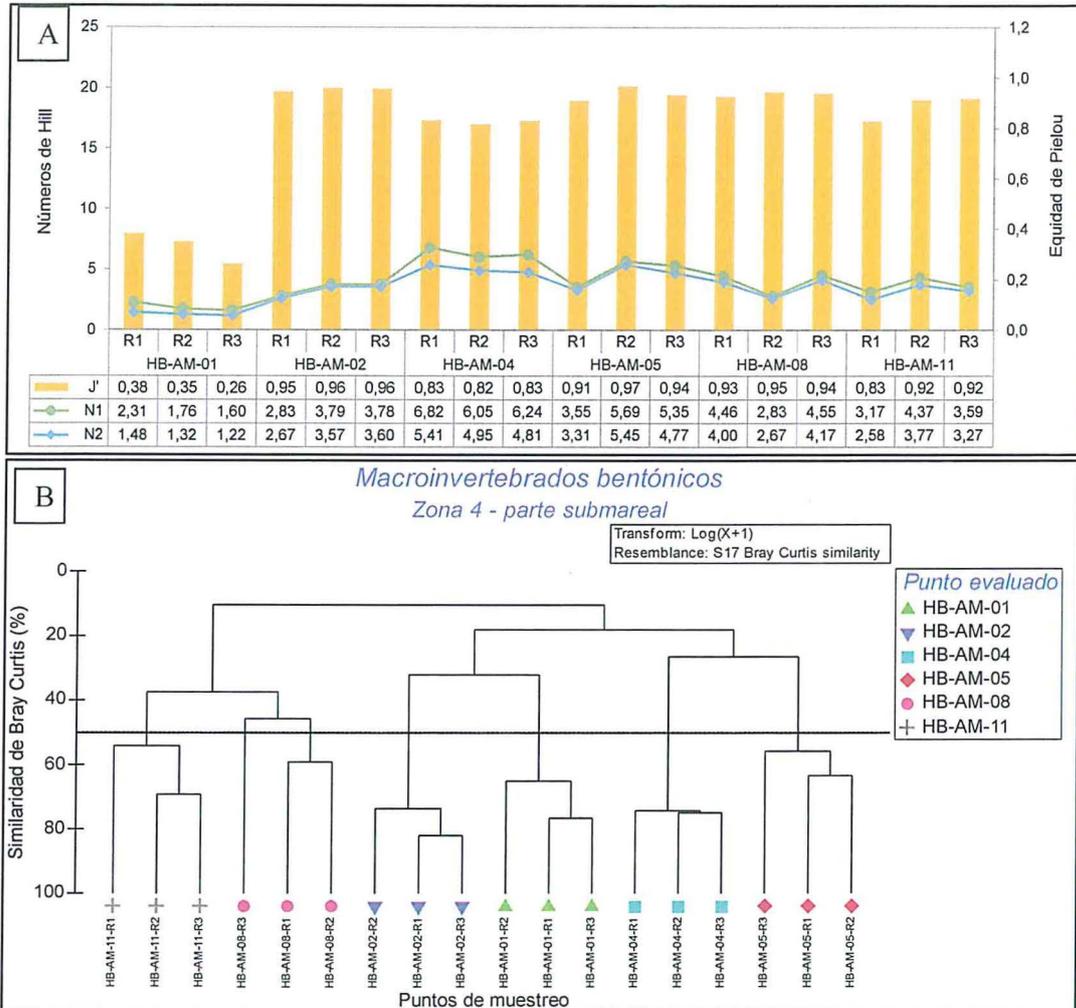


Figura 10-142. Macroinvertebrados bentónicos: Índices de diversidad alfa encontrados en los puntos de monitoreo de la parte submareal de los ambientes marinos.

585. Se observa que los números de Hill N1 y N2 muestran una misma tendencia, encontrándose que el número de Hill N1 varió desde 1,60 especies efectivas en la réplica R3 del punto HB-AM-01 hasta 6,82 especies efectivas en la réplica 1 del punto HB-AM-04; mientras que el número de Hill punto N2 varió desde 1,22 especies efectivas a 5,41 especies efectivas en los mismos puntos de monitoreo. Los valores de Pielou variaron desde 0,26 en la réplica R3 del punto HB-AM-01 hasta 0,97 en la réplica R2 del punto HB-AM-05. Se observó que los valores registrados en las tres réplicas del punto HB-AM-01 fueron bajos (<0,5) lo cual indica que existe una especie dominante, la cual ha sido determinada como "Ampeliscidae ND". Por otro lado, los demás puntos registraron valores altos (> 0,5) los cuales muestran una alta equidad, lo cual indica que la población de microalgas es equitativa y las especies registradas son igualmente abundantes.

586. Con el uso del software PAST (Paleontological Statistics) se realizó el análisis del índice de similitud de Bray Curtis, dando como resultado la relación de seis grupos con una similitud mayor al 50 % como se observa en la Figura 10-142. En primer lugar, se observó que las réplicas analizadas de cada punto se agrupan entre sí, esto corrobora que presentan las mismas condiciones del punto de monitoreo cada grupo está conformado por sus respectivas réplicas. En el punto HB-AM-11, las réplicas R1 y R3: HB-AM-11-R1 y HB-AM-11-R3 registraron una similitud del 70 %. En el punto HB-AM-08, las réplicas R1 y R2: HB-AM-08-R1 y HB-AM-08-R2 presentaron una similitud de 60 %. En el punto HB-AM-02 con sus réplicas R1 y R2: HB-AM-02- R1 y HB-AM-02- R2 fueron las que registraron una mayor similitud con 82 %. A continuación, se realiza el análisis con el índice AMBI para poder determinar el estado ecológico de la zona evaluada.

iii) **Índice de AMBI.** En la Figura 10-143. se muestra el histograma de los macroinvertebrados bentónicos en cada uno de los puntos de muestreo con sus respectivas réplicas.

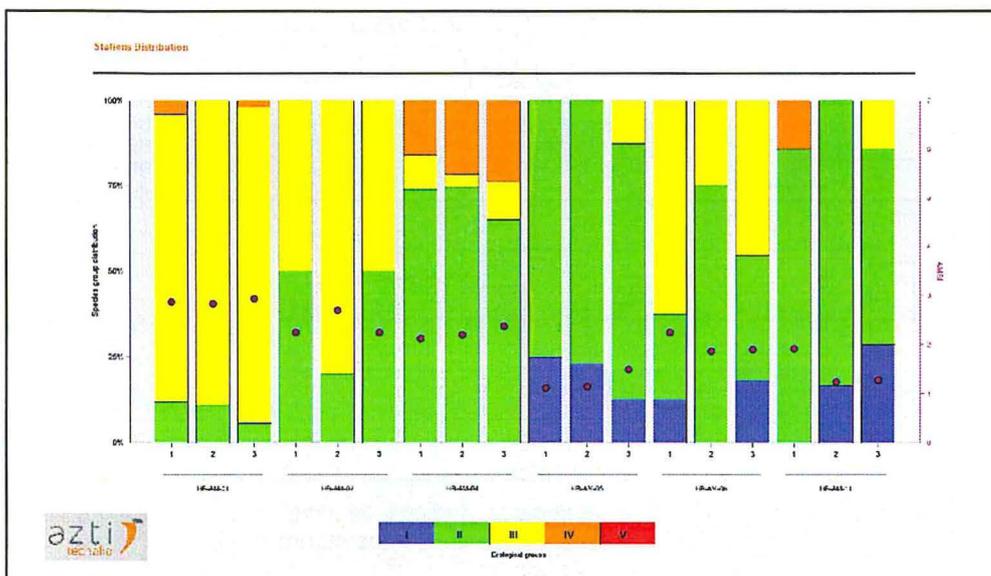


Figura 10-143. Macroinvertebrados bentónicos: Histograma de los macroinvertebrados bentónicos encontrados en los puntos de monitoreo de la parte submareal de los ambientes marinos.

587. Se observó que los valores del índice AMBI en los puntos de monitoreo HB-AM-05 y HB-AM-11 HB-AM-01, HB-AM-02 HB-AM-04 y HB-AM-08 con sus respectivas réplicas variaron desde 0,0 hasta 3,3 indicando un estado ecológico desde muy bueno a bueno y se determinó que se encuentra ligeramente perturbado o casi nada perturbado.

588. En la Figura 10-144, se observa la desviación estándar de los valores obtenidos en cada una de las réplicas realizadas en cada punto de monitoreo, evidenciándose que los valores del índice AMBI variaron de 1 a 3 lo cual indica un ligero disturbio en la zona de evaluación.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

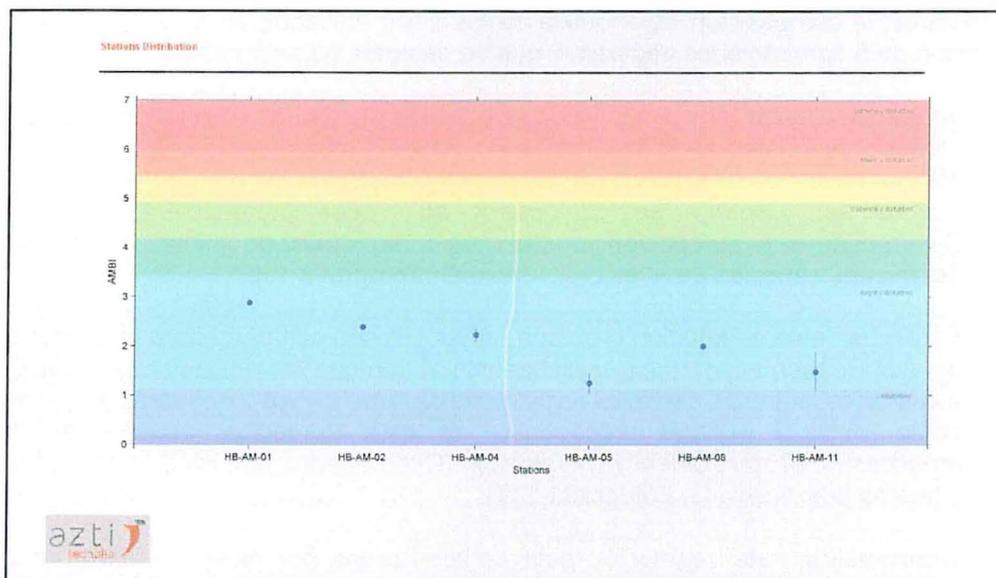


Figura 10-144. Macroinvertebrados bentónicos: Desviación estándar de los macroinvertebrados bentónicos encontrados en los puntos de monitoreo de la parte submareal de los ambientes marinos

II. Infralitoral

589. Con respecto a la parte infralitoral se evaluaron tres puntos de monitoreo, en cada uno de ellos se tomaron tres réplicas. La réplica N° 1, se considera la toma de muestra a 0 metros de la orilla; la réplica N° 2 se consideró a 10 metros de la orilla y la réplica N° 3 fue a 15 metros de la orilla. Dichos puntos fueron codificados de la siguiente manera: HM-01-AC, HM-02-AC y HM-03-AC. Para la ubicación de los puntos fue en base a las lagunas de Mejía. La riqueza obtenida fue de cinco especies, con una abundancia total de 15 individuos. Como se puede observar en el Anexo A.3 donde se detalla el registro completo de las especies.

10.4.4. Flora

590. Los resultados de la evaluación de flora silvestre en los sitios (transectos) ubicados en el SNLM, relacionados a la composición, diversidad (riqueza) y cobertura, son presentados en esta sección; haciendo la comparación entre los transectos ubicados en cada sitio de interés por formación vegetal. Además, con la finalidad de fortalecer la distinción de la vegetación evaluada entre los transectos se presenta los resultados y descripción de las formaciones vegetales encontradas en este estudio.

10.4.4.1. Composición y diversidad de flora silvestre

591. La composición florística de los 14 sitios (transectos) ubicados en el SNLM, y en base a la evaluación de 423 individuos, estuvo distribuida taxonómicamente en 25 especies, 21 géneros y 10 familias. Las familias Poaceae (7 especies), Cyperaceae (5), Asteraceae (4) y Chenopodiaceae (3), son las tres (03) familias con más especies en los sitios evaluados. Para mayor detalle, el Anexo A.4, presenta la lista de especies registradas en cada sitio;



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

no obstante, la composición taxonómica de los sitios ubicados en el SNLM determina la formación de 5 agrupaciones vegetales, que se describe a continuación:

- **Juncuales;** esta vegetación es típica de este tipo de hábitat. Se encuentra en una gran extensión a lo largo de todo el humedal, en los alrededores cercanos a los cuerpos de agua, entre las especies registradas se tiene a *Scirpus americanus*, *Scirpus olneyi*, *Scirpus sp.*, *Cyperus sp.*, *Eleocharis sp.*, todas pertenecientes a la familia Cyperaceae; esta agrupación vegetal sirve como refugio de anidación y alimentación de muchas especies de aves (ver Anexo G, Fotografía 116).
- **Totorales;** esta vegetación presenta mayor tamaño con una altura promedio de 3 m de alto. Poseen importancia social debido al uso que las poblaciones locales le dan a sus hojas, entre las especies registradas se tiene a *Typha angustifolia* (Typhaceae) como principal especie responsable de esta formación, seguida de *Scirpus americanus*, *Scirpus olneyi* y *Cyperus sp.* (Cyperaceae), con las cuales crean tejidos y telares (ver Anexo G, Fotografía 117).
- **Gramadales;** esta vegetación está caracterizados por pastos y hierbas rastreras como "grama salada" *Distichlis spicata* (Poaceae), "grama dulce" *Cynodon dactylon* (Poaceae). Se encuentran alrededor de los totorales y juncuales, además la presencia en menor grado de especies como *Paspalum vaginatum*, *Phragmites australis*, *Sporobolus virginicus* (Poaceae) y *Cyperus sp.* (Cyperaceae). Es el lugar preferido por aves de las familias Ardeidae, Scolopacidae, Cuculidae, Tyrannidae, Icteridae, entre otras. (ver Anexo G, Fotografía 118).
- **Salicorniales;** esta vegetación es una agrupación vegetal dominada por *Salicornia fruticosa* (Chenopodiaceae), pudiéndose encontrar también *Portulaca oleracea* (Portulacaceae) y *Sesuvium portulacastrum* (Aizoaceae), entre otros como *Cynodon dactylon* y *Distichlis spicata* (Poaceae) en menor grado (ver Anexo G, Fotografía 119).
- **Matorral;** esta formación vegetal forma parte de la vegetación encontrada en alrededores del SNLM, estos parches que se caracterizan por poseer una vegetación dominada principalmente por la presencia de arbustos. A menudo, en los matorrales, también vamos a encontrar césped y algunas hierbas. (ver Anexo G, Fotografía 115).



X
A
y
z

592. En la Figura 10-145, se presenta el número de especies (riqueza) por sitio (transecto) evaluado. De acuerdo con este gráfico, los transectos en la formación vegetal de matorral presentan mayor abundancia de especies en relación con los demás transectos, siendo más notorio con respecto a la formación vegetal de totoral, que únicamente presenta 3 especies, principalmente dominada por *Typha angustifolia* (Typhaceae) el cual tiene mayor influencia que otras especies.

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

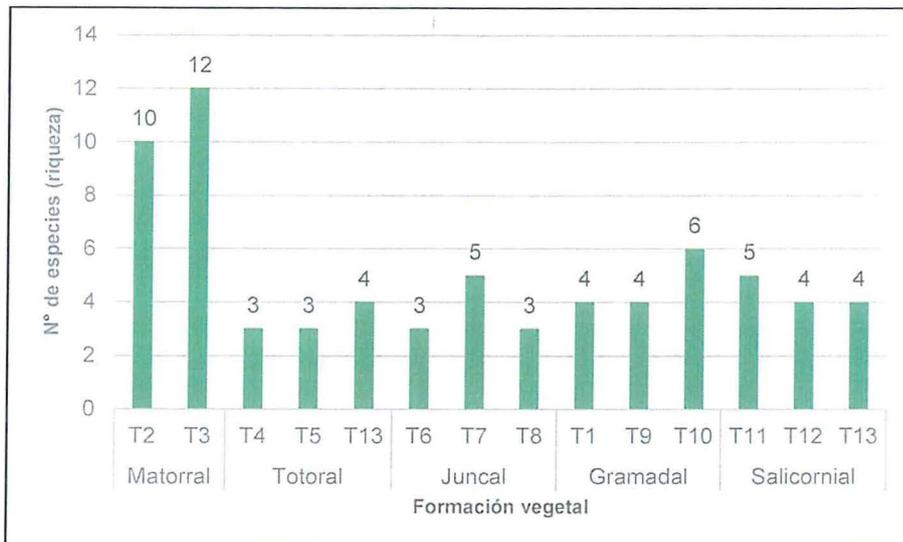


Figura 10-145. Número de especies (riqueza) en los sitios evaluados en el SNLM

593. Asimismo, de acuerdo con la Figura 10-145 la formación vegetal ubicada en matorral T2 y T3 tiene influencia de otros sitios o formaciones aledañas, es así que además de especies arbustivas como *Tessaria integrifolia*, *Baccharis salicifolia*, *Baccharis glutinosa* (Asteraceae), presentan especies que corresponde a gramadales y salicorniales como especies del genero *Chenopodium*, *Ludwigia*, *Heliotropum*, *Spilanthes*, *Cynodon*, *Distichlis* y *Sporobolus*, razón por la cual es más rica en especies.

594. Finalmente, se pudo registrar en total 25 especies de plantas dentro de los 14 transectos evaluados. Los transectos con mayor diversidad fueron T2 y T3, ambos dentro de la agrupación vegetal matorral. La diversidad de especies resultó ser similar en transectos pertenecientes a la misma agrupación vegetal en transectos donde existe una dominancia de una especie, como en las agrupaciones de totoral y juncal donde se observó la menor diversidad.

10.4.4.2. Análisis de cobertura

595. La figura 10-146 muestra el análisis de la cobertura en base a la información levantada en los 14 sitios (transectos) para más detalle ver Anexo A.4, este análisis se realizó debido al tipo de vegetación presente, tales como herbazales, pastizales y matorrales donde es muy difícil diferenciar cada individuo, por tal razón se requirió el estudio de cobertura. Donde las especies dominantes reportadas fueron:

- *Distichlis spicata* (grama): ubicado en lugares mucho más secos, domina en los alrededores de los totorales y juncuales.
- *Typha angustifolia* (totora): habita zonas inundables, su cobertura es casi total en zonas muy cercanas a las lagunas.
- *Salicornia fruticosa* (salicornia): esta especie domina en zonas áridas, formando varios parches de menor tamaño.

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

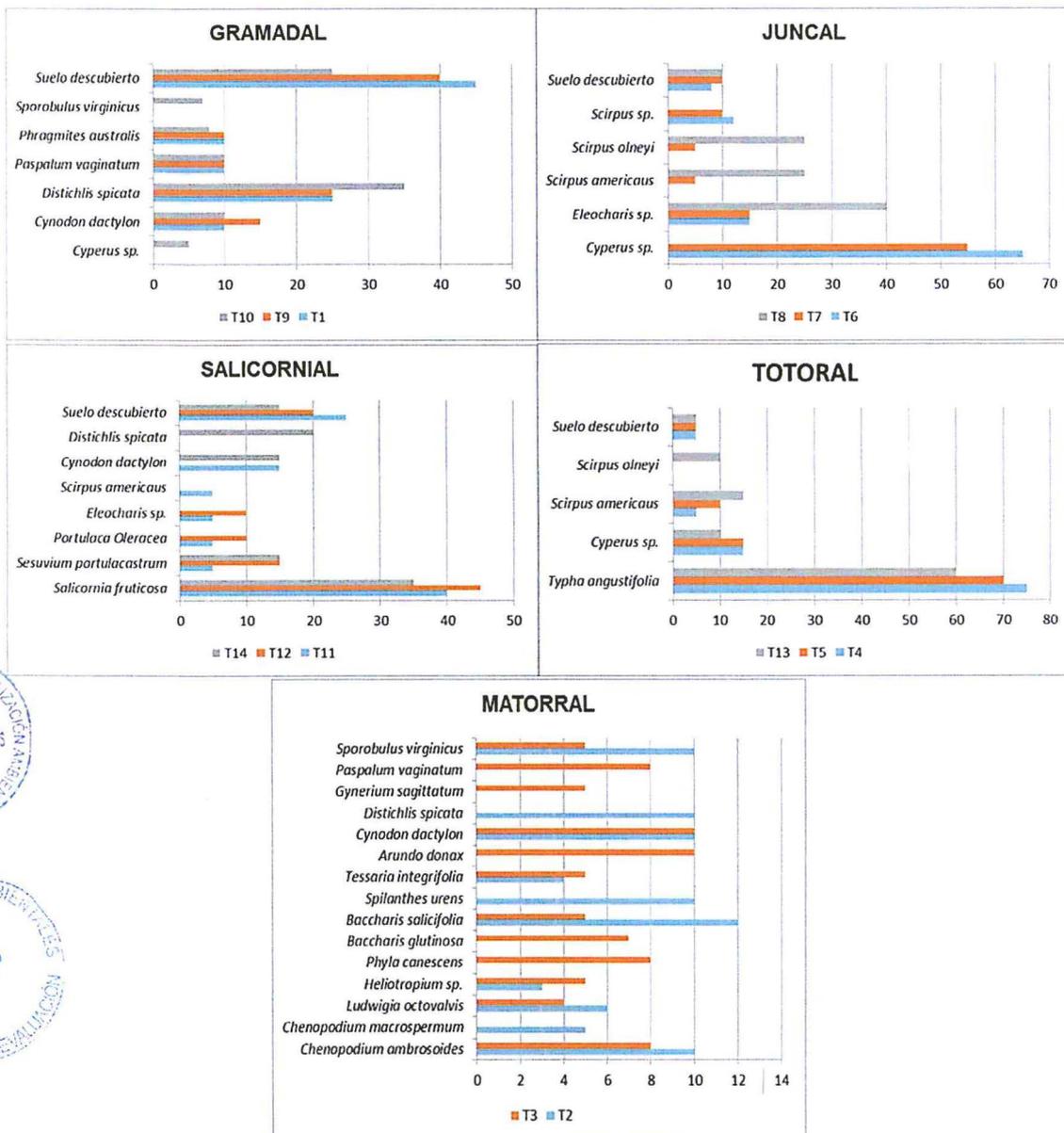


Figura 10-146. Análisis de cobertura en los sitios evaluados en el SNLM

596. Así mismo, la Figura 10-146 muestra a detalle (cf. Anexo A.4) las especies que tienen mayor cobertura en cada sitio (transecto), es así que; para la formación vegetal de Gramadal, la especie con mayor cobertura en los 3 transectos es *Distichlis spicata* (Poaceae) con 25 a 35% de cobertura pero con 45% de suelo descubierto; en la formación vegetal Juncal, las especies del género *Cyperus* y *Eleocharis* son los que ocupan mayor cobertura con 40 y 70% respectivamente, reportando únicamente 10% de suelo descubierto; en la formación vegetal Salicornial, la especie *Salicornia fruticosa* (Chenopodiaceae) reporta entre 35 y 45% de cobertura con un suelo descubierto de 15 a 25%, seguidamente en la formación Totoral, la especie *Typha angustifolia* (Thyphaceae)



X
 X
 4
 2



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

ocupa entre 60 y 75% de cobertura, dejando únicamente menos del 5% de suelo descubierto y finalmente la formación Matorral muestra mayor cobertura para el suelo descubierto 20%, sin embargo no muestra una especie que tenga más cobertura que otras, básicamente por el habito (arbusto, pastizal y herbazal) que estas tienen, ya que pueden superponerse y ocupar el mismo área.

10.4.5. Fauna (Avifauna)

10.4.5.1. Riqueza y composición de especies

597. Se registraron 56 especies pertenecientes a 30 familias y 14 órdenes. De estas 56 especies, 52 se encuentran en el listado de aves comunes del Santuario Nacional Lagunas de Mejía, representando un 53.06 % de las mismas²⁹ (Plan Maestro del Santuario Nacional Lagunas de Mejía periodo 2015-2019). Los órdenes que poseen mayor número de especies fueron los Passeriformes con 13 especies incluidas en ocho familias, seguido de Charadriiformes con 12 especies incluidas en seis familias y Pelecaniformes con nueve especies incluidas en tres familias (Anexo A.5). Los 10 órdenes restantes presentan entre una y cuatro especies.

598. Las familias con mayor número de especies fueron Ardeidae (garzas) con siete especies, Thraupidae (semilleros y espiqueros) con seis especies, Laridae (gaviotas) con cinco especies, Anatidae (patos) y Podicipedidae (zambullidores) con cuatro especies cada una. Estas familias son las más representativas en los humedales costeros (Schulenberg *et al.* 2010). Las demás familias presentan entre una y tres especies (*cf.* Figura 10-147).

599. La mayoría de especies son especies residentes, encontrando solamente 10 especies migratorias, de las cuales cinco especies son migratorias boreales o neárticas, dos especies son migratorias australes, tres migratorias andinas, una migratoria amazónica y una ocasional (Anexo A.5). Esto era de esperarse en el mes de mayo, debido la mayoría de las especies migratorias boreales, han retornado a sus lugares de reproducción. Las especies migratorias boreales mayormente en Peru se encuentran en su época no reproductiva entre setiembre a mayo, estando establecidas en los lugares de la costa en el febrero, siendo ese mes donde se realizan los censos de aves playeras (Senner & Angulo Pralongo, 2014).



1
x
9
2

²⁹

Las especies que no se encuentran en el listado de aves comunes del SNLM son: *Jabiru mycteria*, *Phalacrocorax bougainvillii*, *Butorides striata* y *Larosterna inca*.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

Porcentaje de riqueza de especies registradas por familia de aves.

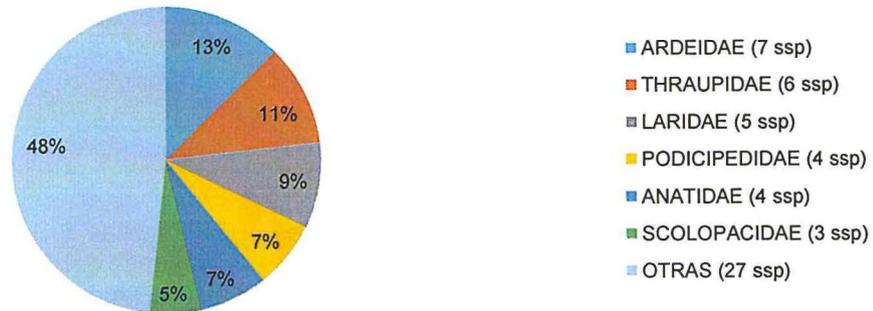


Figura 10-147. Representatividad de familias de las aves del Santuario Nacional Lagunas de Mejía, Arequipa. Mayo 2016.

10.4.5.2. Riqueza, Abundancia y Diversidad

600. Se evaluaron 16 estaciones de muestreo, las estaciones con mayor riqueza fueron la laguna Iberia Sur con 17 especies, seguidas de la laguna iberia norte, el monte ribereño y la playa arenosa con 14 especies cada una.

601. Las estaciones que registraron la menor riqueza fueron las estaciones de gramadal. En la Tabla 10-69, se presenta un resumen de la riqueza y abundancia de las estaciones evaluadas y en el Anexo A.5, se presenta en detalle la riqueza de especies y abundancia por estación de muestreo.

Tabla 10-69. Resumen de la riqueza de especies y abundancia en el área de muestreo

Estación de muestreo	Riqueza (S)	Abundancia (n)
Estuario del río Tambo	13	633
Monte Ribereño	14	72
Laguna Boquerón	8	2101
Laguna Iberia Sur	17	321
Laguna Iberia Centro II	9	2905
Laguna Iberia Centro I	12	213
Laguna Iberia Norte	14	75
Laguna La Isla	5	36
Laguna Mejía	13	85
Lagunilla	12	428
Sector Motobombas	10	42
Playa arenosa	14	2332
Salicornial	7	54
Gramadal 1	3	16
Gramadal 2	3	6
Gramadal 3	2	22
16 Estaciones	56	9341



8
A
4
2

602. Los sitios de evaluación se agruparon por tipos de hábitats de acuerdo a los especificados en el Plan Maestro del Santuario Nacional Lagunas de Mejía periodo 2015-2019.

- **Lagunas**

603. En el complejo de lagunas se evaluaron ocho sitios registrando 29 especies con 6 164 individuos. La mayor riqueza se encontró en la Laguna Iberia Sur con 17 especies, seguida de la Laguna Iberia Norte con 14 especies (Figura 10-148). La mayor abundancia se registró en la Laguna Iberia Centro II con 2 905 individuos. En la Laguna La Isla se registró la menor riqueza y abundancia (cf. Tabla 10-70).

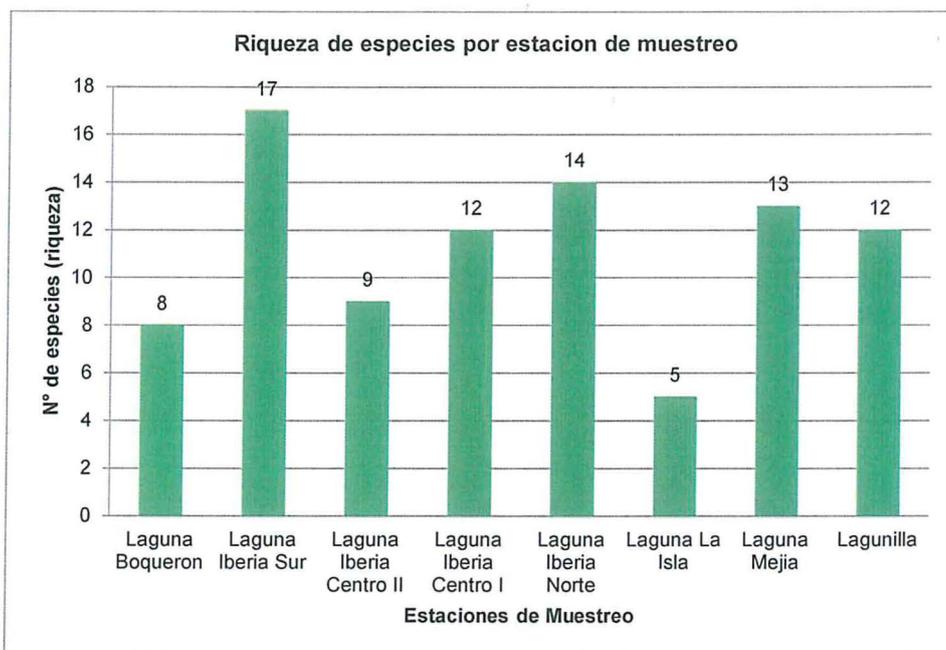


Figura 10-148. Riqueza de especies de aves en el complejo de lagunas del Santuario Nacional Lagunas de Mejía, Arequipa. Mayo 2016.

604. Las especies con mayor abundancia en el complejo de las lagunas fueron cuatro especies residentes, el pato colorado *Anas cyanoptera*, la gallareta andina *Fulica ardesiaca*, el pato rana *Oxyura jamaicensis* y la polla de agua común *Gallinula galeata*. En las lagunas evaluadas, estas cuatro especies registraron su mayor abundancia en la Laguna Iberia Centro II (Tabla 10-70), debido a que está presenta una mayor área de espejo de agua y hábitat para albergar dichas especies.



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

Tabla 10-70. Riqueza de especies y abundancia en el complejo de lagunas

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	Lb	Lis	Lic II	Lic I	Lin	Lm	La	Li	Total	
ANSERIFORMES	ANATIDAE	<i>Anas bahamensis</i>	Pato Gargantillo	15	20	20	6		6	30		97	
		<i>Anas cyanoptera</i>	Pato Colorado	1975	140	2397	12	8	30	200		4762	
		<i>Anas georgica</i>	Pato Jergón								2		2
		<i>Oxyura jamaicensis</i>	Pato Rana		35	71	61	6	2			175	
PODICIPEDIFORMES	PODICIPEDIDAE	<i>Podiceps major</i>	Zambullidor Grande	2	10	13	14	6	7			52	
		<i>Podiceps occipitalis</i>	Zambullidor Plateado		2	4	2					8	
		<i>Podilymbus podiceps</i>	Zambullidor de Pico Grueso									1	1
		<i>Rollandia rolland</i>	Zambullidor Pimpollo						1				1
PHOENICOPTERIFORMES	PHOENICOPTERIDAE	<i>Phoenicopus chilensis</i>	Flamenco Chileno		1							1	
SULIFORMES	PHALACROCORACIDAE	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Cormorán Neotropical		4		3	2	7	50		66	
PELECANIFORMES	ARDEIDAE	<i>Ardea alba</i>	Garza Grande		1	1	1	1	1		2	7	
		<i>Bubulcus ibis</i>	Garcita Bueyera							11		11	
		<i>Butorides striata</i>	Garcita Estriada				1	1				2	
		<i>Egretta caerulea</i>	Garcita Azul	4	3			1		3		11	
		<i>Egretta thula</i>	Garcita Blanca					1		50	2	53	
		<i>Plegadis ridgwayi</i>	Ibis de la Puna						5	60		65	
CATHARTIFORMES	CATHARTIDAE	<i>Cathartes aura</i>	Gallinazo de Cabeza Roja					20	12		5	37	
ACCIPITRIFORMES	ACCIPITRIDAE	<i>Circus cinereus</i>	Aguilucho Cenizo		2							2	
	PANDIONIDAE	<i>Pandion haliaetus (NB)</i>	Aguila Pescadora		1							1	
GRUIFORMES	RALLIDAE	<i>Fulica ardesiaca</i>	Gallareta Andina	1	78	351	95	8	3	4	26	566	
		<i>Gallinula galeata</i>	Polla de Agua Común	14	18	46	16	14	6	15		129	
CHARADRIIFORMES	RECURVIROSTRIDAE	<i>Himantopus mexicanus</i>	Cigüeñuela de Cuello Negro	4	2				2	2		10	
	LARIDAE	<i>Chroicocephalus cirrocephalus</i>	Gaviota de Capucha Gris	86			1					87	
	SCOLOPACIDAE	<i>Tringa flavipes (NB)</i>	Playero Pata Amarilla Menor		1							1	
<i>Phalaropus tricolor (NB)</i>		Faláropo Tricolor		1							1		
PASSERIFORMES	FURNARIIDAE	<i>Phleocryptes melanops</i>	Junquero					2		1		3	
	ICTERIDAE	<i>Sturnella bellicosa</i>	Pastorero Peruano						3			3	
	THRAUPIDAE	<i>Sicalis luteola</i>	Chirigüe Común		2	2	1	4				9	
	TROGLODYTIDAE	<i>Troglodytes aedon</i>	Cucarachero Común					1				1	
10	18	29	Abundancia	2101	321	2905	213	75	85	428	36	6164	
			N° Especies	8	17	9	12	14	13	12	5	29	

Lb: Laguna Boquerón, Lis: Laguna Iberia Sur, Lic II: Laguna Iberia Centro II, Lic I: Laguna Iberia Centro I, Lin: Laguna Iberia Norte, Lm: Laguna de Mejía, Li: Laguna La Isilla, La: Lagunilla, Leyenda:
NB: especies que ocurren regularmente en Perú, pero solo en su período no reproductivo.



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

- Playa arenosa

605. Se registraron 14 especies con 2332 individuos. Las especies más representativas en este hábitat fueron la migratoria austral "Gaviota Gris" (*Leucophaeus modestus*) con 2 135 individuos y el residente "Ostrero Americano" (*Haematopus palliatus*) con 92 individuos. En la Tabla 10-71, se presenta la lista de especies con su abundancia.

606. Se registró solo un individuo del "Vuelvepiedras Rojizo" (*Arenaria interpres*) y del "Rayador Negro" (*Rynchops niger*). Además, se registraron tres especies de mar litoral el o conocidas como aves guaneras el "Pelicano Peruano" (*Pelecanus thagus*), el "Piquero Peruano" (*Sula variegata*) y el "Cormorán Guanay" (*Phalacrocorax bougainvillii*).

Tabla 10-71. Riqueza de especies y abundancia en la Playa Arenosa.

Orden	Familia	Especie	Nombre Común	N° Individuos
SULIFORMES	SULIDAE	<i>Sula variegata</i>	Piquero Peruano	22
	PHALACROCORACIDAE	<i>Phalacrocorax bougainvillii</i>	Cormorán Guanay	6
		<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Cormorán Neotropical	5
PELECANIFORMES	PELECANIDAE	<i>Pelecanus thagus</i>	Pelicano Peruano	18
	ARDEIDAE	<i>Egretta thula</i>	Garcita Blanca	1
CATHARTIFORMES	CATHARTIDAE	<i>Cathartes aura</i>	Gallinazo de Cabeza Roja	9
CHARADRIIFORMES	HAEMATOPODIDAE	<i>Haematopus palliatus</i>	Ostrero Americano	92
	LARIDAE	<i>Chroicocephalus cirrocephalus</i>	Gaviota de Capucha Gris	1
		<i>Larosterna inca</i>	Gaviotín Zarcillo	25
		<i>Larus belcheri</i>	Gaviota Peruana	12
		<i>Larus dominicanus</i>	Gaviota Dominicana	4
		<i>Leucophaeus modestus (NB)</i>	Gaviota Gris	2135
	RHYNCHOPIDAE	<i>Rynchops niger</i>	Rayador Negro	1
SCOLOPACIDAE	<i>Arenaria interpres (NB)</i>	Vuelvepiedras Rojizo	1	
4	9	14		2332

Legenda: NB: especies que ocurren regularmente en Perú, pero solo en su periodo no reproductivo.

- Estuario

607. Se registraron 13 especies con 663 individuos. Las especies con mayor abundancia fueron los residentes el "Ostrero Americano" (*Haematopus palliatus*) con 354 individuos, el "Gallinazo de Cabeza Roja" (*Cathartes aura*) con 136 individuos y la "Garcita Blanca" (*Egretta thula*) con 49 individuos. En la Tabla 10-72, se presenta la lista de especies con su abundancia registradas en este hábitat.



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

608. Se registró dos especies migratorias, una especie migratoria boreal el "Aguila Pescadora" (*Pandion haliaetus*) y una migratoria austral la "Gaviota Gris" (*Leucophaeus modestus*).
609. En este hábitat se registró un solo individuo del "Jabirú" (*Jabiru mycteria*) que es una cigüeña rara pero ampliamente distribuida en el centro y sur de la amazonia; y muy escasa y ausente en el norte (Schulenberg *et al.*, 2010).

Tabla 10-72. Riqueza de especies y abundancia en el Estuario

Orden	Familia	Especie	Nombre Común	N° Individuos
CICONIIFORMES	CICONIIDAE	<i>Jabiru mycteria</i>	Jabirú	1
SULIFORMES	PHALACROCORACIDAE	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Cormorán Neotropical	6
PELECANIFORMES	ARDEIDAE	<i>Ardea alba</i>	Garza Grande	1
		<i>Egretta thula</i>	Garcita Blanca	49
		<i>Egretta tricolor</i>	Garcita Tricolor	2
CATHARTIFORMES	CATHARTIDAE	<i>Cathartes aura</i>	Gallinazo de Cabeza Roja	136
ACCIPITRIFORMES	PANDIONIDAE	<i>Pandion haliaetus</i> (NB)	Aguila Pescadora	1
CHARADRIIFORMES	HAEMATOPODIDAE	<i>Haematopus palliatus</i>	Ostrero Americano	354
	RECURVIROSTRIDAE	<i>Himantopus mexicanus</i>	Cigüeñuela de Cuello Negro	6
	LARIDAE	<i>Chroicocephalus cirrocephalus</i>	Gaviota de Capucha Gris	40
		<i>Larus belcheri</i>	Gaviota Peruana	8
		<i>Larus dominicanus</i>	Gaviota Dominicana	4
		<i>Leucophaeus modestus</i> (NB)	Gaviota Gris	25
6	8	13		633

Leyenda: NB: especies que ocurren regularmente en Perú, pero solo en su periodo no reproductivo.

- Monte Ribereño

610. Se registraron 14 especies con 72 individuos. En este hábitat predomina el orden Passeriformes con 10 especies. Entre los que destacan los residentes el "Pastorero Peruano" (*Sturnella bellicosa*), el "Gorrión de Collar Rufo" (*Zonotrichia capensis*), el "Chirigüe Común" (*Sicalis luteola*) y el restringido y el casi amenazado el "Fringilo Apizarrado" (*Xenospingus concolor*).
611. Las especies con mayor abundancia fueron los residentes el "Pastorero Peruano" (*Sturnella bellicosa*) con 19 individuos, el "Gallinazo de Cabeza Roja" (*Cathartes aura*) con 12 individuos y el "Gorrión de Collar Rufo" (*Zonotrichia capensis*) con ocho individuos. En la Tabla 10-73, se presenta la lista de especies con su abundancia registradas en el hábitat Monte Ribereño.



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

612. En este hábitat se registró una especie migratoria boreal la "Golondrina Tijereta" (*Hirundo rustica*) que permanece en Peru en la época no reproductiva (Schulenberg *et al.* 2010).

Tabla 10-73. Riqueza de especies y abundancia en el Monte Ribereño

Orden	Familia	Especie	Nombre Común	Nº Individuos
PELECANIFORMES	ARDEIDAE	<i>Nycticorax nycticorax</i>	Huaco Común	2
CATHARTIFORMES	CATHARTIDAE	<i>Cathartes aura</i>	Gallinazo de Cabeza Roja	12
COLUMBIFORMES	COLUMBIDAE	<i>Zenaida auriculata</i>	Tórtola Orejuda	2
		<i>Zenaida meloda</i>	Tórtola Melódica	5
PASSERIFORMES	EMBERIZIDAE	<i>Zonotrichia capensis</i>	Gorrión de Collar Rufo	8
	HIRUNDINIDAE	<i>Hirundo rustica (NB)</i>	Golondrina Tijereta	2
	ICTERIDAE	<i>Sturnella bellicosa</i>	Pastorero Peruano	19
	THRAUPIDAE	<i>Conirostrum cinereum</i>	Pico-de-Cono Cinéreo	3
		<i>Sicalis luteola</i>	Chirigüe Común	7
		<i>Sporophila telasco</i>	Espiguero de Garganta Castaña	4
		<i>Volatinia jacarina</i>	Semillerito Negro Azulado	4
		<i>Xenospingus concolor</i>	Fringilo Apizarrado	2
	TROGLODYTIDAE	<i>Troglodytes aedon</i>	Cucarachero Común	1
	TYRANNIDAE	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Mosquero Bermellón	1
4	9	14		72

NB: especies que ocurren regularmente en Perú, pero solo en su periodo no reproductivo.

- El salicornial

613. Se registraron siete especies con 53 individuos. En este hábitat se registraron cuatro Passeriformes, dos rapaces diurnas (*Circus cinereus* y *Falco sparverius*) y un carroñero el "Gallinazo de Cabeza Roja" (*Cathartes aura*). Estas tres rapaces se encuentran a lo largo de la costa de Perú y reportados en el departamento de Arequipa. Siendo el "Aguilucho Cenizo" (*Circus cinereus*) raro y ampliamente distribuido en la costa (Schulenberg *et al.*, 2010).

614. Las especies con mayor abundancia fueron las residentes el "Chirigüe Común" (*Sicalis luteola*) y el "Pastorero Peruano" (*Sturnella bellicosa*). En la Tabla 10-74, se presenta la lista de especies con su abundancia registradas en el hábitat Salicornial.



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

Tabla 10-74. Riqueza de especies y abundancia en el Salicornial

Orden	Familia	Especie	Nombre Común	N° Individuos
CATHARTIFORMES	CATHARTIDAE	<i>Cathartes aura</i>	Gallinazo de Cabeza Roja	7
ACCIPITRIFORMES	ACCIPITRIDAE	<i>Circus cinereus</i>	Aguilucho Cenizo	2
FALCONIFORMES	FALCONIDAE	<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo Americano	1
PASSERIFORMES	EMBERIZIDAE	<i>Zonotrichia capensis</i>	Gorrion de Collar Rufo	4
	ICTERIDAE	<i>Sturnella bellicosa</i>	Pastorero Peruano	15
	THRAUPIDAE	<i>Sicalis luteola</i>	Chirigüe Común	22
	TROGLODYTIDAE	<i>Troglodytes aedon</i>	Cucarachero Común	3
4	7	7		54

- Gramadal

615. En las tres áreas de gramadal de baja altura menor a 50 cm, se registraron cuatro especies residentes pertenecientes a cuatro familias y dos órdenes. La especie con mayor abundancia fue el "Alcaraván Huerequeque" (*Burhinus superciliaris*). Además, la "Cachirla Amarillenta" (*Anthus lutescens*) solamente se registró en este hábitat. En la Tabla 10-75, se presenta la riqueza de especies y abundancia en el Gramadal.

Tabla 10-75. Riqueza de especies y abundancia en el Gramadal

Orden	Familia	Especie	Nombre Común	Gr1	Gr2	Gr3	Total
CHARADRIIFORMES	BURHINIDAE	<i>Burhinus superciliaris</i>	Alcaraván Huerequeque	10	-	20	30
PASSERIFORMES	ICTERIDAE	<i>Sturnella bellicosa</i>	Pastorero Peruano	4	-	-	4
	MOTACILLIDAE	<i>Anthus lutescens</i>	Cachirla Amarillenta	2	2	-	4
	THRAUPIDAE	<i>Sicalis luteola</i>	Chirigüe Común	-	4	2	6
2	4	4		16	6	22	44

Gr1: Gramadal 1 Gr2: Gramadal2, Gr3: Gramadal 3.

- Sector Motobomba

616. Se registraron 10 especies con 42 individuos. Las especies que se registraron fueron unas que usan el cuerpo o espejo de agua (*Anas cyanoptera*, *Podilymbus podiceps*), otras que usan los bordes del cuerpo de agua como las garzas (*Egretta caerulea*, *Egretta thula* y *Egretta tricolor*) y la Cigüeñuela de Cuello Negro (*Himantopus mexicanus*).

617. Las especies registradas en el borde del canal entre las hierbas y la arena se registró una especie migratoria austral "Dormilona de Cara Oscura" (*Muscisaxicola maclovianus*) y el residente "Gorrion de Collar Rufo" (*Zonotrichia capensis*). Además, se registró una pareja de "Lechuza Terrestre" (*Athene cunicularia*) cerca de una casa abandonada.



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

618. Las especies con mayor abundancia fueron la "Polla de Agua Común" (*Gallinula galeata*), la "Garcita Blanca" (*Egretta thula*) y el "Pato Colorado" (*Anas cyanoptera*). En la Tabla 10-76, se presenta la riqueza de especies y abundancia en el Salicornial.

Tabla 10-76. Riqueza de especies y abundancia en el Salicornial

Orden	Familia	Especie	Nombre Común	Nº Individuos
ANSERIFORMES	ANATIDAE	<i>Anas cyanoptera</i>	Pato Colorado	7
PODICIPEDIFORMES	PODICIPEDIDAE	<i>Podilymbus podiceps</i>	Zambullidor de Pico Grueso	3
PELECANIFORMES	ARDEIDAE	<i>Egretta caerulea</i>	Garcita Azul	2
		<i>Egretta thula</i>	Garcita Blanca	9
		<i>Egretta tricolor</i>	Garcita Tricolor	2
GRUIFORMES	RALLIDAE	<i>Gallinula galeata</i>	Polla de Agua Común	12
CHARADRIIFORMES	RECURVIROSTRIDAE	<i>Himantopus mexicanus</i>	Cigüeñuela de Cuello Negro	2
STRIGIFORMES	STRIGIDAE	<i>Athene cunicularia</i>	Lechuza Terrestre	2
PASSERIFORMES	EMBERIZIDAE	<i>Zonotrichia capensis</i>	Gorrión de Collar Rufo	2
	TYRANNIDAE	<i>Muscisaxicola maclovianus (NB)</i>	Dormilona de Cara Oscura	1
7	8	10		42

LNB: especies que ocurren regularmente en Perú, pero solo en su periodo no reproductivo.

• Índices de diversidad alfa

619. La estación de muestreo con los mayores valores de los índices de diversidad fue el monte ribereño con un índice de diversidad Shannon Wiener de $H': 2.28$ bits/ind, un índice de equidad de 0.86 y un índice de Simpson de 0.86 y una dominancia de 0.14. Estos valores muestran que hay poca dominancia entre las especies que componen la comunidad de aves en el monte ribereño.

620. En las lagunas las que obtuvieron los mayores valores de los índices de diversidad fueron las lagunas Iberia Norte y la laguna Mejía. Encontrando que las especies dominantes su abundancia no fue muy significativa respecto a las demás especies. En cambio, las lagunas que obtuvieron los mayores valores del índice de dominancia fueron las lagunas Boquerón y la laguna Iberia Centro II, que tuvieron como especie dominante a "Pato Colorado" (*Anas cyanoptera*) respecto a las demás especies. En la Tabla 10-77, se presenta los valores de los índices de diversidad para cada estación de muestreo en el área de estudio.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

Tabla 10-77. Índices de diversidad de aves para las estaciones de muestreo

Estación de muestreo	Riqueza (S)	Abundancia (n)	Dominancia (D)	Shannon (H' (loge))	Simpson (1-D)	Equidad(J)
Estuario del río Tambo	13	633	0.37	1.38	0.63	0.54
Monte Ribereño	14	72	0.14	2.28	0.86	0.86
Laguna Boqueron	8	2101	0.89	0.29	0.11	0.14
Laguna Iberia Sur	17	321	0.27	1.71	0.73	0.60
Laguna Iberia Centro II	9	2905	0.70	0.65	0.30	0.29
Laguna Iberia Centro I	12	213	0.30	1.56	0.70	0.63
Laguna Iberia Norte	14	75	0.15	2.19	0.85	0.83
Laguna La Isla	5	36	0.55	0.93	0.45	0.58
Laguna Mejía	13	85	0.18	2.11	0.82	0.82
Lagunilla	12	428	0.27	1.67	0.73	0.67
Sector Motobombas	10	42	0.17	1.99	0.83	0.86
Playa arenosa	14	2332	0.84	0.44	0.16	0.17
Salicornial	7	54	0.27	1.54	0.73	0.79
Gramadal 1	3	16	0.47	0.90	0.53	0.82
Gramadal 2	3	6	0.56	0.64	0.44	0.92
Gramadal 3	2	22	0.83	0.30	0.17	0.44

• Índices de diversidad beta

A. Similitud en las comunidades de aves

621. En las estaciones de muestreo, según el índice de Sorensen como se observa en la Tabla 10-78 y Figura 10-149, muestra que los sitios de muestreo como la laguna Iberia Centro II y la laguna Iberia Centro I presentaron el mayor valor de similitud en la composición de especies, compartiendo 9 especies en común, las especies que se comparten son especies comunes registrarlas en las lagunas y son residentes en el Santuario Nacional Lagunas de Mejía.

622. Las estaciones que presentaron la mayor disimilitud fueron las estaciones de gramadal al compararlo con las estaciones de las lagunas.

623. En la Figura 10-149, se observa tres grupos, un grupo de aves en las dominan las aves terrestres y que usan la vegetación que se encuentran en el monte ribereño, salicornial y gramadal, el segundo grupo conformado por las aves acuáticas que se encontraron en las lagunas y el tercer grupo está conformado por las aves que usan las playas arenosas y el estuario.

624. La mayor de similitud de especies se encontró en aquellas estaciones de muestreo que presentan similares hábitats en composición como cobertura vegetal, espejo de agua o tipo sustrato como las playas arenosas y estuario, y en las estaciones o hábitats que se encuentran contiguos, y de acuerdo a la preferencia de hábitats de las especies.



X
X
y
2



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

Tabla 10-78. Valores de similitud de las comunidades de aves en los sitios evaluados. Índice de Sorensen. Mayo 2016.

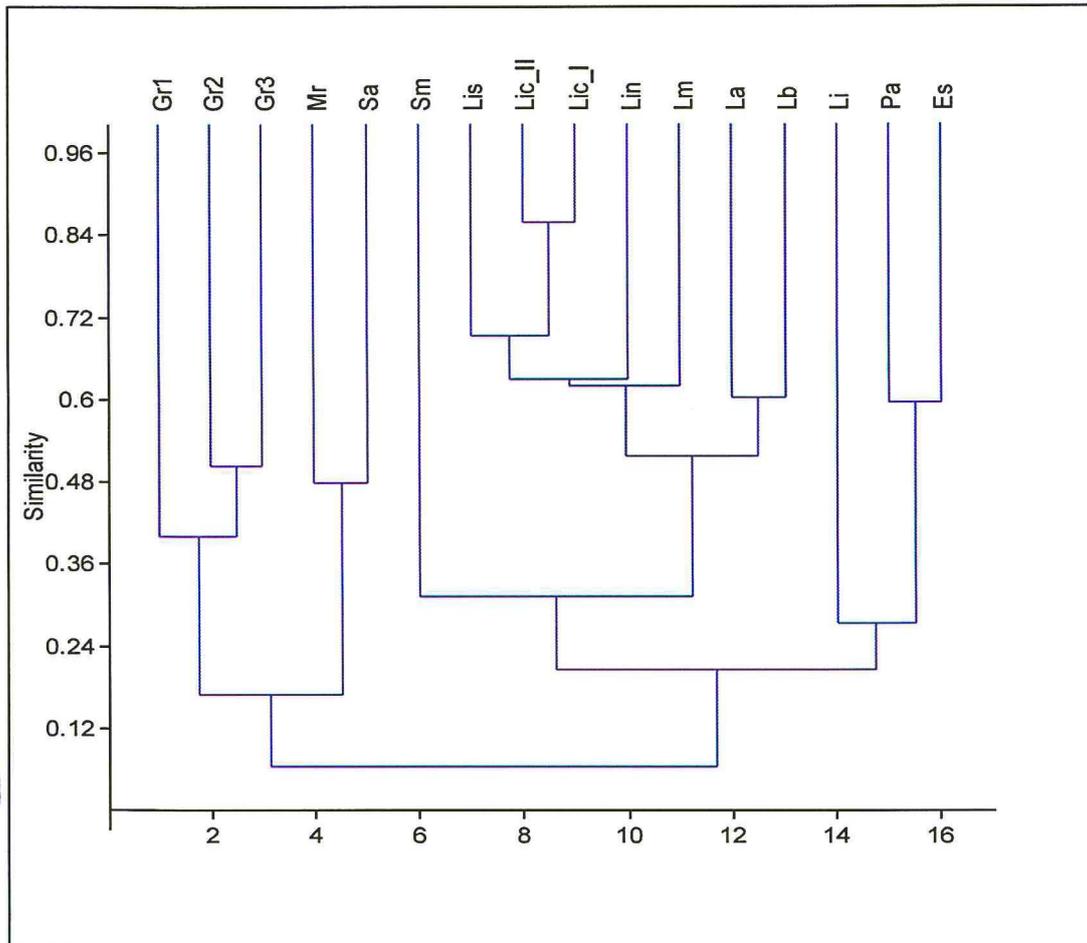
	Es	Mr	Lb	Lis	Lic II	Lic I	Lin	Lm	Li	La	Pa	Sm	Sa	Gr1	Gr2	Gr3
Es	1	0,07	0,19	0,27	0,09	0,24	0,3	0,31	0,33	0,24	0,59	0,26	0,1	0	0	0
Mr	0,07	1	0	0,06	0,09	0,08	0,21	0,15	0,11	0	0,07	0,08	0,48	0,12	0,13	0,13
Lb	0,19	0	1	0,56	0,59	0,6	0,45	0,57	0,15	0,6	0,09	0,44	0	0	0	0
Lis	0,27	0,06	0,56	1	0,69	0,69	0,58	0,6	0,18	0,48	0,06	0,3	0,17	0	0,11	0,11
Lic II	0,09	0,09	0,59	0,69	1	0,86	0,61	0,64	0,29	0,38	0	0,21	0,13	0	0,18	0,18
Lic I	0,24	0,08	0,6	0,69	0,86	1	0,69	0,64	0,24	0,42	0,15	0,18	0,11	0	0,14	0,14
Lin	0,3	0,21	0,45	0,58	0,61	0,69	1	0,59	0,42	0,54	0,21	0,33	0,29	0	0,13	0,13
Lm	0,31	0,15	0,57	0,6	0,64	0,64	0,59	1	0,33	0,56	0,15	0,26	0,2	0,13	0	0
Li	0,33	0,11	0,15	0,18	0,29	0,24	0,42	0,33	1	0,24	0,21	0,27	0,17	0	0	0
La	0,24	0	0,6	0,48	0,38	0,42	0,54	0,56	0,24	1	0,15	0,45	0	0	0	0
Pa	0,59	0,07	0,09	0,06	0	0,15	0,21	0,15	0,21	0,15	1	0,08	0,1	0	0	0
Sm	0,26	0,08	0,44	0,3	0,21	0,18	0,33	0,26	0,27	0,45	0,08	1	0,12	0	0	0
Sa	0,1	0,48	0	0,17	0,13	0,11	0,29	0,2	0,17	0	0,1	0,12	1	0,2	0,22	0,22
Gr1	0	0,12	0	0	0	0	0	0,13	0	0	0	0	0,2	1	0,4	0,4
Gr2	0	0,13	0	0,11	0,18	0,14	0,13	0	0	0	0	0	0,22	0,4	1	0,5
Gr3	0	0,13	0	0,11	0,18	0,14	0,13	0	0	0	0	0	0,22	0,4	0,5	1

Es: Estuario, Mr: Monte Ribereño, Lb: Laguna Boquerón, Lis: Laguna Iberia Sur, Lic II: Laguna Iberia Centro II, Lic I: Laguna Iberia Centro I, Lin: Laguna Iberia Norte, Lm: Laguna de Mejía, Li: Laguna La Isilla, La: Lagunilla, Pa: Playa Arenosa, Sm: Sector Motobombas, Sa: salicornial, Gr1: Gramadal 1 Gr2: Gramadal2, Gr3: Gramadal 3.



J
A
4
2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"



Legenda: Es: Estuario, Mr: Monte Ribereño, Lb: Laguna Boquerón, Lis: Laguna Iberia Sur, Lic II: Laguna Iberia Centro II, Lic I: Laguna Iberia Centro I, Lin: Laguna Iberia Norte, Lm: Laguna de Mejía, Li: Laguna La isilla, La: Lagunilla, Pa: Playa Arenosa, Sm: Sector Motobombas, Sa: salicornial, Gr1: Gramadal 1 Gr2: Gramadal2, Gr3: Gramadal 3.

Figura 10-149. Dendrograma de similitud de Sorensen entre los sitios evaluados.

• **Índice de reemplazo de especies**

625. El índice de reemplazo de especies índice de Whittaker fue de 4.78, esto nos indica que hay variación en la composición de aves entre las diferentes estaciones evaluadas en los hábitats encontrados en el Santuario Nacional Lagunas de Mejía. Esto se aprecia en los diferentes hábitats que tenemos en este humedal y encontrando una variedad de aves características a ciertos hábitats.

10.4.5.3. Estado reproductivo de las Aves

626. Se encontraron registros reproductivos de seis especies. En la laguna Boquerón se encontró ocho polluelos de *Chroicocephalus cirrocephalus* que estaban en sus nidos y un polluelo de *Anas bahamensis*.

627. Las dos especies que presentaron mayor número de polluelos fueron *Fulica ardesiaca* con 24 polluelos y *Podiceps major* con 23 polluelos de distribuidos en las lagunas (Tabla 10-79).



628. En la playa arenosa se registraron cinco individuos de *Larus belcheri* con plumaje juvenil, además se observó que los *Haemantopus palliatus* estaban en parejas en la playa arenosa.
629. Se registró cualitativamente cuatro individuos de *Phoenicopterus chilensis* con plumaje juvenil en la Laguna Iberia Sur.

Tabla 10-79. Registros reproductivos de las aves en el Santuario Nacional Lagunas de Mejía. Mayo 2016

Especie	Lb	Lis	Lic II	Lic I	Lin	Lm	Li	Pa	Total
<i>Anas bahamensis</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Chroicocephalus cirrocephalus</i>	8	-	-	-	-	-	-	-	8
<i>Fulica ardesiaca</i>	-	6	8	-	2	-	8	-	24
<i>Larus belcheri</i>	-	-	-	-	-	-	-	5	5
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	-	4*	-	-	-	-	-	-	4
<i>Podiceps major</i>	-	7	4	5	2	5	-	-	23
6	9	17	12	5	4	5	8	5	65

Leyenda: Lb: Laguna Boquerón, Lis: Laguna Iberia Sur, Lic II: Laguna Iberia Centro II, Lic I: Laguna Iberia Centro I, Lin: Laguna Iberia Norte, Lm: Laguna de Mejía, Li: Laguna La isilla, Pa: Playa Arenosa,
*: Registro cualitativo

10.4.5.4. Especies incluidas en categorías de conservación y endémicas

630. De las 56 especies reportadas, 20 especies se encuentran incluidas en alguna categoría de conservación o nivel de endemismo (Tabla 10-80).
631. Con respecto a la categoría de conservación seis especies se encuentran categorizadas, de las cuales dos se encuentran en la categoría En Peligro (EN), una considerada como Vulnerable (VU) y tres consideradas como Casi Amenazadas. De estas seis especies, solo cuatro son categorizadas como Casi Amenazadas según la IUCN.
632. Por otro lado, según la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) se encontraron seis especies que están incluidas en el Apéndice II, de las cuales cinco son rapaces (gavilanes, halcones y lechuza) y un flamenco. Dicho Apéndice contempla a las especies que no están necesariamente amenazadas de extinción, pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio, y solo una especie, *Jabiru mycteria* está incluida en el apéndice I, que incluye a las especies que se encuentran en mayor grado de peligro de desaparecer.
633. Respecto al nivel de endemismo, se registró una especie endémica de la Vertiente Pacífica de Peru y Chile (EBA-52), una restringida al bioma de los Andes Centrales (CAN) y tres restringidas al bioma Pacífico Subtropical (STP) (Tabla 12), de las cuales una se encuentra amenazada.
634. En las aves migratorias, se registró cinco especies migratorias boreales y dos especies migratorias australes.



J
A
u
r

Tabla 10-80. Especies incluidas en categorías de conservación y endémicas encontradas en el área de estudio

Especie	Categorías de Conservación			Endemismo		Migratorio
	Perú (2014)	IUCN (2016)	CITES (2015)	EBA	BIOMAS	
<i>Podiceps occipitalis</i>	NT	LC	-	-	-	-
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	NT	NT	II	-	-	-
<i>Jabiru mycteria</i>	NT	LC	I	-	-	-
<i>Sula variegata</i>	EN	LC	-	-	-	-
<i>Phalacrocorax bougainvillii</i>	NT	NT	-	-	-	-
<i>Pelecanus thagus</i>	EN	NT	-	-	-	-
<i>Plegadis ridgwayi</i>	-	-	-	-	CAN	-
<i>Circus cinereus</i>	-	-	II	-	-	-
<i>Pandion haliaetus (NB)</i>	-	-	II	-	-	Boreal
<i>Larosterna inca</i>	-	-	-	-	STP	-
<i>Leucophaeus modestus (NB)</i>	-	-	-	-	STP	Austral
<i>Arenaria interpres (NB)</i>	-	-	-	-	-	Boreal
<i>Tringa flavipes (NB)</i>	-	-	-	-	-	Boreal
<i>Phalaropus tricolor (NB)</i>	-	-	-	-	-	Boreal
<i>Athene cunicularia</i>	-	-	II	-	-	-
<i>Falco sparverius</i>	-	-	II	-	-	-
<i>Hirundo rustica (NB)</i>	-	-	-	-	-	Boreal
<i>Sicalis raimondii</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Xenospingus concolor</i>	VU	NT	-	52	STP	-
<i>Muscisaxicola maclovianus (NB)</i>	-	-	-	-	-	Austral

EN: En Peligro, VU: Vulnerable, NT: Casi Amenazada, I: Apéndice I de CITES, II: Apéndice II de CITES, EBA-52: la Vertiente Pacífica de Perú y Chile, STP: Bioma Pacífico Subtropical, CAN: Andes Centrales, NB: especies que ocurren regularmente en Perú, pero solo en su periodo no reproductivo.

10.5. Zona V

635. De acuerdo a lo desarrollado en la sección de área de estudio, la Zona V agrupa los puntos que se encuentran en los principales tributarios de cada zona y el río Tambo desde su nacimiento (confluencia del río Ichuña y Paltiture) hasta su desembocadura en el mar.

10.5.1. Calidad de agua

636. A continuación, se presentan los resultados y análisis de los parámetros de campo y laboratorio, de la zona V.

10.5.1.1. Grupo 1: Ambientes lóticos

637. Los resultados de los parámetros de campo obtenidos en los puntos ubicados en los principales ríos aportantes de cada zona evaluada (Ichuña, Paltiture, Tassa y Coralaque) y en el río principal Tambo, se detallan en la Tabla 10-81, donde se observa que los parámetros de potencial de hidrógeno (pH), conductividad

eléctrica (CE) incumplieron los ECA para agua, Cat3D1 y Cat3D2, al menos en un punto de monitoreo. En cuanto al oxígeno disuelto, este presentó valores entre 6,31 y 8,74 mg/L, cumpliendo de esta manera con los ECA para agua, Cat3D1 (≥ 4 mg/L) y Cat3D2 (≥ 5 mg/L) Respecto a la temperatura, los valores obtenidos estuvieron en el rango de 12,1 - 26 °C.

Tabla 10-81. Resultados de los parámetros de campo para calidad de agua en los puntos de la Zona V

Cuerpo de agua	Código	Parámetros de Campo			
		pH (unidad de pH)	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Temperatura (°C)
Río Ichuña	AG-61	8,19	3 970	6,55	13,9
Río Paltiture	AG-62	8,43	2 460	6,37	14,2
Río Tambo	AG-63	8,32	3 330	6,64	13,4
	AG-70	8,30	3 290	7,26	14,3
Río Tassa	AG-69	8,55	2 104	6,68	14,7
Río Tambo	AG-71	8,27	3 250	6,79	14,8
	AG-32	8,49	3 450	6,81	14,2
Río Coralaque	AG-31	7,95	1 398	6,31	14,9
Río Tambo	AG-33	8,50	2 710	7,87	12,1
Río Omate	AG-79	8,10	2930	8,01	17,04
Río Tambo	AG-80	8,15	2240	7,99	19,6
	AG-84	8,27	2410	8,22	25,4
	AG-85	8,23	2400	8,16	21,2
	AG-86	8,29	2360	8,04	23,7
	AG-87	8,23	2410	8,17	23,1
	AG-89	8,11	2460	8,73	24,2
	AG-90	8,29	2460	8,74	20,5
	AG-91	8,01	2680	7,66	26,0
ECA para Agua Categoría 3 – D1^(a)		6,5 - 8,5	2500	≥ 4	(*)
ECA para Agua Categoría 3 – D2^(b)		6,5 - 8,4	5000	≥ 5	
Incumple al menos uno de los valores de los ECA para agua categoría 3.					
(a) Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebidas de Animales – D1: Riego de Cultivos de Tallo Alto y Bajo.					
(b) Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebidas de Animales – D2: Bebida de animales.					
(*) Los ECA contemplan: $\Delta 3$, que debe interpretarse como una variación de como máximo de 3 °C respecto al promedio mensual multianual del área evaluada; sin embargo, por tratarse muestras puntuales esta variación de temperatura no será considerada.					

Fuente: Elaboración propia.

638. A continuación, se muestran los resultados de los parámetros de campo que excedieron los ECA para agua, por lo menos en uno de los puntos de monitoreo de la zona V.

- **Potencial de hidrógeno (pH)**

639. La Figura 10-150, muestra los valores de pH, donde sólo los puntos AG-62, AG-69, AG-32 y AG-33 ubicados en los ríos Paltiture, Tassa y Tambo presentaron valores (pH: 8,43; 8,55; 8,49 y 8,50) que se encuentran ligeramente por encima del rango establecido en los ECA para agua Cat3D1 (pH: 6,5-8,5) y Cat3D2 (pH: 6,5-8,4). Los demás puntos presentaron valores (entre 7,95 y 8,32 unidad de pH) que se encuentran dentro de los rangos establecidos en los ECA para agua mencionados. Cabe mencionar que el río Tambo presentó en su nacimiento (AG-63) un valor de 8,32 unidad de pH y desemboca al mar (AG-91) con un valor de 8,01 unidad de pH.

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

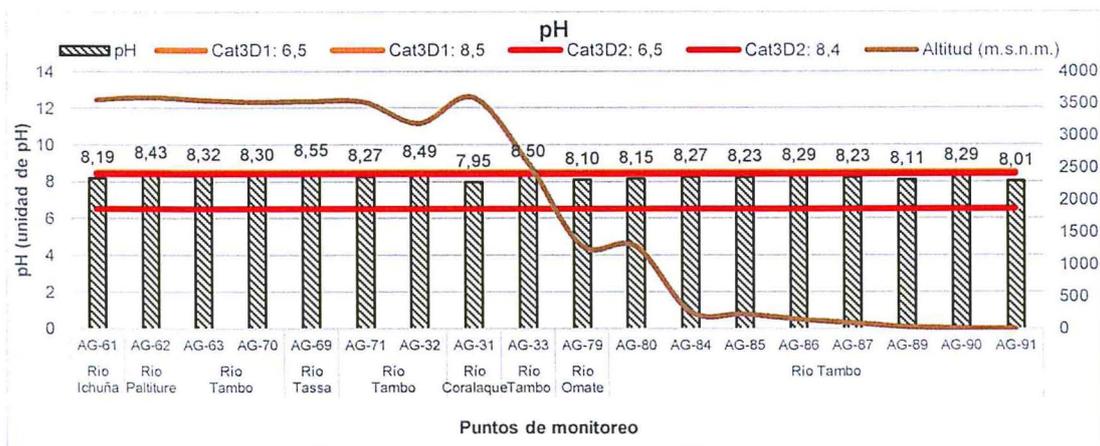


Figura 10-150. Resultados de potencial de hidrogeno (pH) en los puntos de la Zona V.

• Conductividad eléctrica (CE)

640. La Figura 10-151, muestra que los puntos (AG-61, AG-63, AG-70, AG-71, AG-32, AG-33, AG-79 y AG-91), ubicados en los ríos Ichuña, Omate y Tambo, excedieron los valores establecidos en el ECA para agua Cat3D1 (2500 µS/cm), al presentar valores entre los 2680 y 3970 µS/cm). Los demás puntos evaluados presentaron valores (CE: 1398 y 2460 µS/cm) por debajo de los establecidos en el ECA para agua referido. Asimismo, todos los puntos evaluados presentaron valores por debajo del ECA para agua Cat3D2 (CE: 5000 µS/cm).

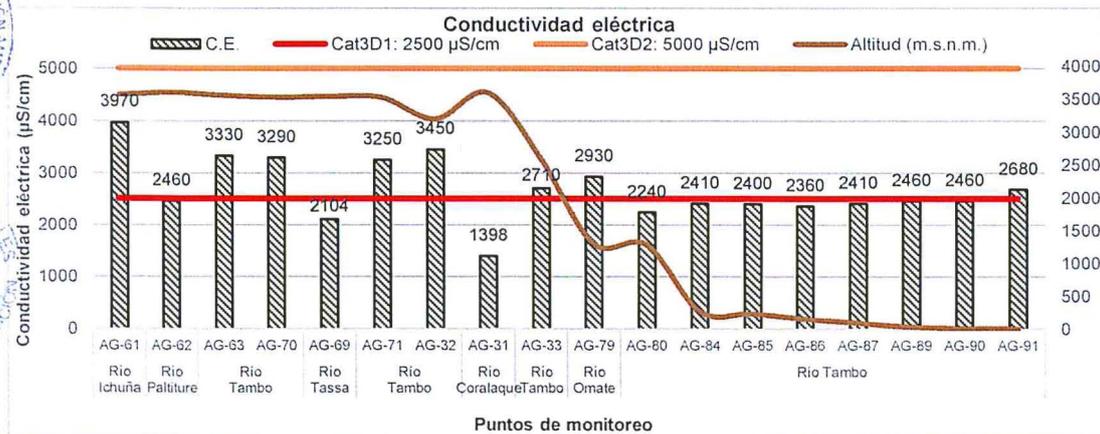


Figura 10-151. Resultados de conductividad eléctrica en los puntos de la Zona V

• Parámetros determinados en laboratorio para los puntos de la Zona V

641. Los resultados obtenidos en los puntos de monitoreo para los parámetros DBO₅, DQO, aceites y grasas, cloruros, sulfatos, bicarbonatos, fosfatos, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, cromo hexavalente y cianuro wad, se muestran en la Tabla 10-82. En esta tabla se resaltan los valores de cloruros que incumplieron al menos en un punto el ECA para agua Cat3D1.

642. Por otro lado, las concentraciones de DBO₅, DQO, aceites y grasas, bicarbonatos, cianuro wad, nitritos y sulfatos, obtenidas en todos los puntos evaluados presentaron valores por debajo de los establecidos en los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2.



X
A
ey
2



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

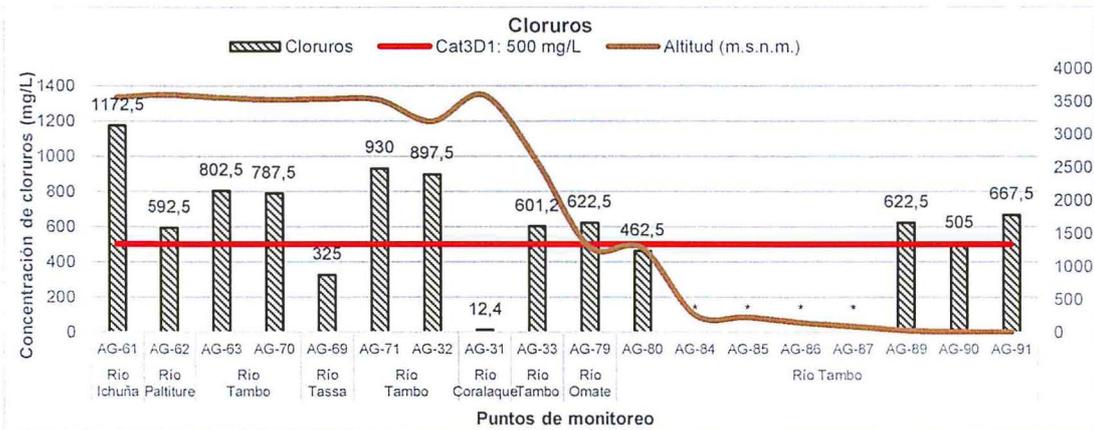
Tabla 10-82. Resultados de los parámetros de laboratorio para calidad de agua en los puntos de la Zona V

Parámetro	Unidad	Puntos de monitoreo																		ECA para agua (D.S. N° 015-2015-MINAM)	
		Río Ichuña	Río Paltiture	Río Tambo		Río Tassa	Río Tambo		Río Coralauque	Río Tambo	Río Omate	Río Tambo								Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales	
		AG-61	AG-62	AG-63	AG-70	AG-69	AG-71	AG-32	AG-31	AG-33	AG-79	AG-80	AG-84	AG-85	AG-86	AG-87	AG-89	AG-90	AG-91	Riego de vegetales ^(a)	Bebida de animales ^(b)
DBO ₅	mg/L	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	2,8	<2,0	<2,0	<2,0	*	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	15	15
DQO	mg/L	<2,0	<2,0	2,6	3,2	23,2	<2,0	3,2	6,4	<2,0	<2,0	<2,0	9,7	5,8	9,7	6,5	14,2	13,5	12,9	40	40
Aceites y grasas	mg/L	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	<1,0	<1,0	*	*	-	1	<1,0	5	10	
Bicarbonatos	mg/L	226,8	193,8	218,3	228,1	409,6	226,3	201,4	19,9	139,7	142,7	148	132,6	127,2	136,6	147,4	170	145,8	184,7	518	---
Cianuro Wad	mg/L	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,1	0,1
Cloruro de Mercurio	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	*	*	<0,01	<0,01	*	*	-	-	-	---	---
Fosfato	mg/L	0,03	0,03	0,029	0,032	0,053	0,007	<0,007	0,007	*	0,193	0,074	0,101	0,129	0,033	0,041	0,048	0,077	0,088	---	---
Cloruros	mg/L	1172,5	592,5	802,5	787,5	325	930	897,5	12,4	601,2	622,5	462,5	*	*	*	*	622,5	505	667,5	500	---
Nitritos	mg/L	0,136	<0,005	0,128	0,06	0,065	0,071	0,106	0,012	*	0,009	0,09	0,031	0,02	<0,005	0,02	0,03	0,019	0,027	10	10
N-Amoniacal	mg/L	0,29	<0,01	0,16	0,13	<0,01	0,23	0,17	0,29	0,18	0,01	0,02	0,04	<0,01	<0,01	0,06	0,01	0,02	0,03	---	---
Nitratos	mg/L	0,49	<0,05	0,31	0,42	0,17	0,52	0,35	0,21	0,23	0,67	0,49	0,095	0,32	0,53	0,24	0,54	0,39	0,65	---	---
Nitrógeno Total	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0,682	0,581	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	---	---
Sulfatos	mg/L	253,4	217,2	162,3	197,8	188,3	179,2	186,3	141,9	211,7	356,5	222,8	254,5	269,7	249,4	278,8	242,4	273,5	220,7	1000	1000
Sulfuros	mg/L	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	-	-	-	---	---
		Incumple al menos uno de los valores de los ECA.																			
		No presenta valor para la categoría o subcategoría correspondiente.																			
*		No se realizó la medición del parámetro en este punto.																			
<		Indica que el valor no fue determinado por estar por debajo del límite de cuantificación del método del laboratorio.																			
a Cat3D1		ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, Subcategoría D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo.																			
b Cat3D2		ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, Subcategoría D2: Bebida de animales.																			

Fuente: Elaboración propia.

• **Cloruros**

643. La Figura 10-152, muestra las concentraciones de cloruros, donde se observa que los puntos AG-61, AG-62, AG-63, AG-70, AG-71, AG-32, AG-33, AG-79, AG-89, AG-90 y AG-91, ubicados en los ríos Ichuña, Paltiture, Omate y Tambo presentaron concentraciones de cloruros por encima del establecido en el ECA para agua Cat3D1 (500 mg/L). Cabe mencionar que el punto AG-61, ubicado en el río Ichuña, presentó la mayor concentración de cloruros (1172,5 mg/L). Además, el río Tambo presentó en su nacimiento (AG-63) un valor de 802,5 mg/L y desemboca al mar (AG-91) con un valor de 667 mg/L.



*: No se realizó la medición de este parámetro en este punto.

Figura 10-152. Resultados de la concentración de cloruros en los puntos de la Zona V.

• **Metales totales y disueltos**

644. Las concentraciones de metales totales y su comparación con los correspondientes ECA para agua, se muestran en el Anexo A.1. La comparación con los ECA para agua se realizó solamente para los metales totales que presentan estándares de comparación. Cabe mencionar que, los metales totales como berilio, mercurio y selenio presentaron valores muy por debajo de los ECA para agua, por lo tanto, son detallados en el Anexo A.1. junto con los resultados de metales totales y disueltos que no cuentan con estándares de comparación con fines informativos.

645. Respecto a los resultados del parámetro metales totales (Anexo A.1), se observa que los elementos que excedieron los estándares de comparación, al menos en un punto de monitoreo fueron: arsénico (As), boro (B), cobre (Cu), litio (Li) y manganeso (Mn). La Tabla 10-83, detalla los puntos que excedieron los estándares de comparación para metales totales considerados en los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (así como los porcentajes de metales disueltos). Cabe resaltar que el parámetro de metales disueltos no presenta estándares de comparación.



X
 A
 4
 2



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

Tabla 10-83. Resultados de los metales totales que excedieron los ECA para agua en al menos uno de los puntos de monitoreo y metales disueltos expresados en porcentaje de la Zona V

Table with columns for water body, monitoring points, and concentrations of various metals (Al, As, Ba, B, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Li, Mg, Mn, Ni, Pb, Zn) in mg/L and dissolved percentages. Includes a 'Nota' section at the bottom explaining symbols like '---' and '<'. Handwritten signatures and stamps are visible on the left side of the page.

• **Concentración de arsénico (As)**

646. En la Figura 10-153, se muestran las concentraciones de arsénico donde los puntos (río Omate: AG-79; río Tambo: AG-80, AG-84, AG-85, AG-86, AG-87, AG-89, AG-90 y AG-91) superaron el ECA para agua Cat3D1 (0,1 mg/L), los demás puntos evaluados presentaron valores por debajo del ECA para agua Cat3D1. Asimismo, sólo los puntos AG-79 (río Omate) y AG-84, AG-85, AG-86 y AG-87 (río Tambo) presentaron concentraciones de 4,398; 0,302; 0,281 y 0,271 mg/L respectivamente, que excedieron el ECA para agua Cat3D2 (0,2 mg/L). El resto de puntos presentaron concentraciones que se encuentran por debajo del ECA para agua referido.

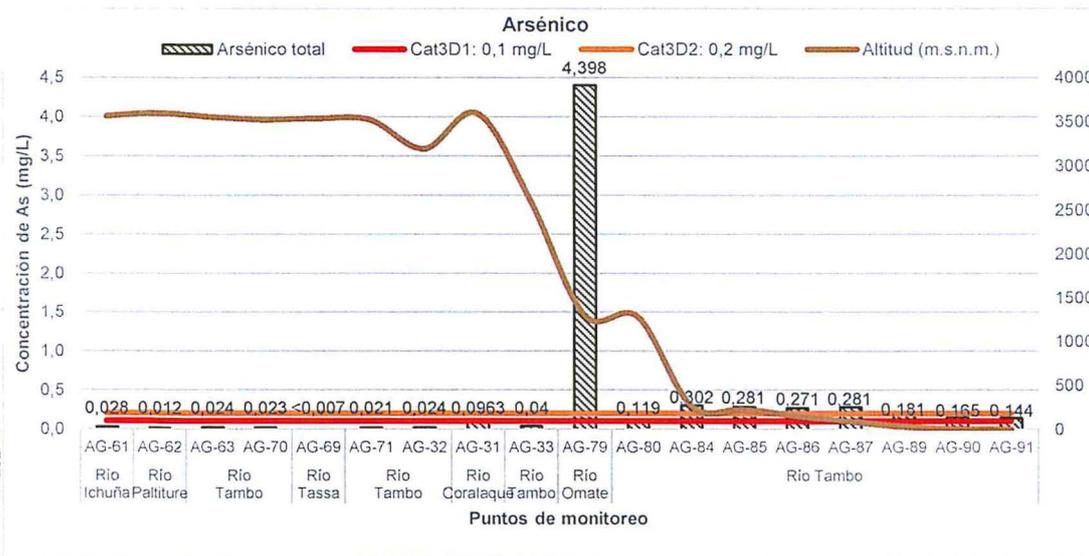


Figura 10-153. Resultados de las concentraciones de arsénico en los puntos de la Zona V

• **Concentración de boro (B)**

647. La Figura 10-154, muestra las concentraciones de boro, donde todos los puntos superaron el ECA para agua Cat3D1 (1 mg/L) con concentraciones desde 1,493 (Río Paltiture) hasta 38,09 mg/L (Río Omate). Además, los puntos AG-69, AG-79, AG-84, AG-85, AG-86, AG-87, AG-89 y AG-91 presentaron concentraciones que excedieron el ECA para agua Cat3D2 (5 mg/L), los demás puntos presentaron concentraciones que se encuentran por debajo del ECA referido. Es necesario indicar que el boro se presentó en el río Tambo desde su nacimiento (AG-63) con un valor de 2,5 mg/L hasta su desembocadura al mar (AG-91) con un valor de 5,115 mg/L.

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

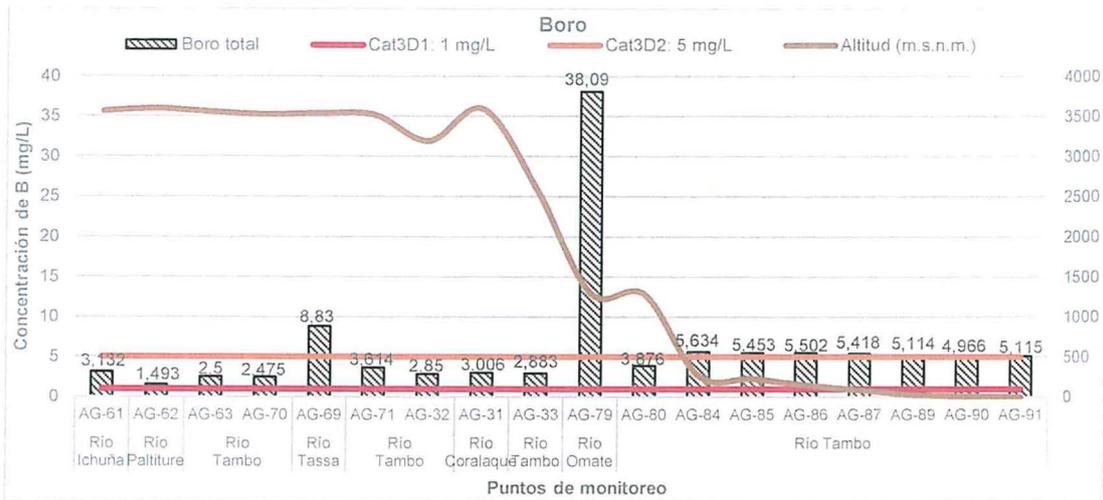


Figura 10-154. Resultados de las concentraciones de boro en los puntos de la Zona V.

• **Concentración de cobre (Cu)**

648. La Figura 10-155, muestra las concentraciones de cobre, donde se aprecia que sólo el punto AG-31 (0,258 mg/L), ubicado en el río Coralaque superó el ECA para agua Cat3D1 (0,2 mg/L). Además, todos los puntos presentaron concentraciones de cobre que se encuentran por debajo del el ECA para agua Cat3D2 (0,5 mg/L).

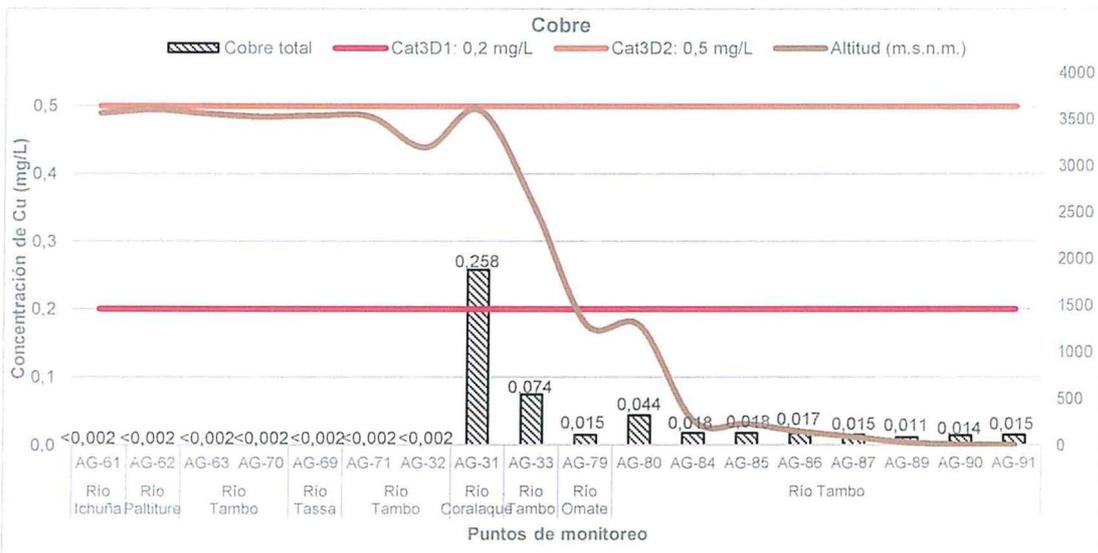


Figura 10-155. Resultados de las concentraciones de cobre en los puntos de la Zona V.

• **Concentración de litio (Li)**

649. La Figura 10-156, muestra las concentraciones de litio, donde se aprecia que sólo el punto AG-79 (3,133 mg/L), ubicado en el río Omate, superó el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (2,5 mg/L). Los demás puntos presentaron concentraciones (entre 0,239 y 0,9874 mg/L) que se encuentran por debajo del ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (2,5 mg/L).



8
 4
 2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

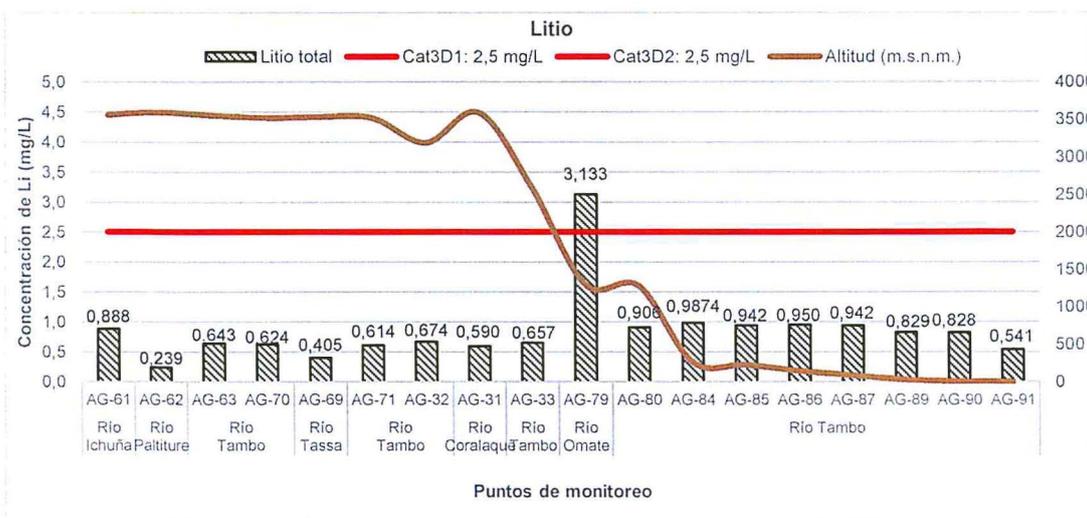


Figura 10-156. Resultados de las concentraciones de litio en los puntos de la Zona V

• **Concentración de manganeso (Mn)**

650. La Figura 10-157, muestra las concentraciones de manganeso, donde se aprecia que sólo los puntos AG-31 (0,457 mg/L) y AG-79 (0,33 mg/L), ubicados en los ríos Coralaque y Omate, superaron el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (0,2 mg/L). Los demás puntos presentaron concentraciones (entre 0,014 y 0,185 mg/L) que se encuentran por debajo del ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (0,2 mg/L).

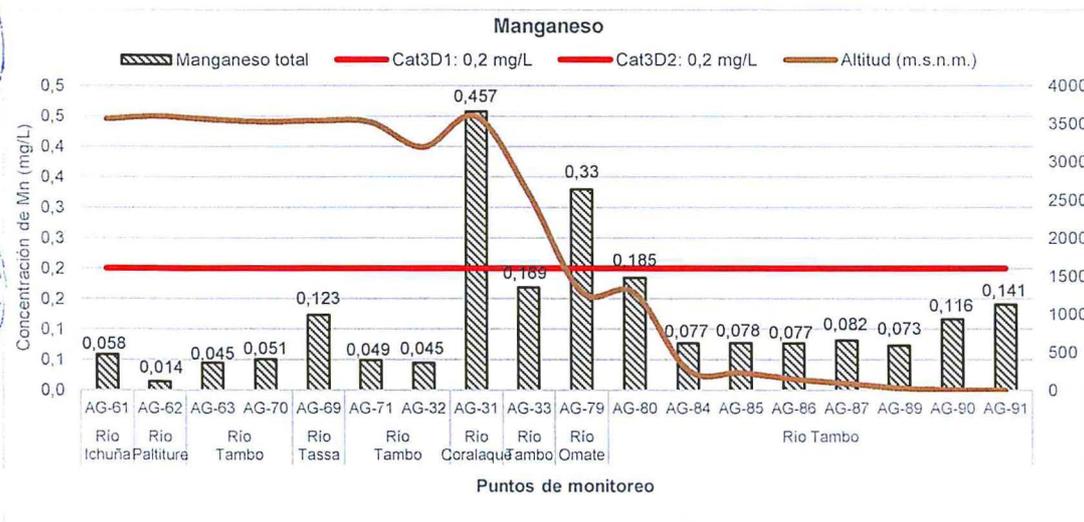


Figura 10-157. Resultados de las concentraciones de manganeso en los puntos de la Zona V



X
A
4
2



10.5.2. Calidad de sedimento

10.5.2.1. Grupo 1: Ambientes lóticos

651. A continuación, se presentan los resultados y análisis de los parámetros de laboratorio, de la Zona V. En la Tabla 10-84, se presentan los resultados de las concentraciones de metales: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc. Asimismo, según la Tabla 10-84, las concentraciones de arsénico, cobre y mercurio excedieron los valores establecidos en la norma canadiense empleada de manera referencial en al menos uno de los puntos evaluados. En la siguiente sección se presenta el análisis de dichos metales encontrados en el sedimento de los puntos que se encuentran en los principales tributarios de cada zona y el río Tambo desde su nacimiento (confluencia del río Ichuña y Paltiture) hasta su desembocadura en el mar.



J
A
4
2



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

Tabla 10-84. Resultados de parámetros de laboratorio para calidad de sedimentos para la Zona V

Parámetro	Unidad	Puntos de monitoreo																	CEQG	
		Río Ichuñá	Río Paltiture	Río Tambo				Río Coralaque	Río Tambo	Río Omate	Río Tambo							ISGQ ^(a)	PEL ^(b)	
		SD-61	SD-62	SD-63	SD-70	SD-71	SD-32	SD-31	SD-33	SD-79	SD-80	SD-84	SD-85	SD-86	SD-87	SD-89	SD-90			SD-91
Arsénico (As)	mg/kg MS	8,1	5,2	6,6	12,7	18,4	15,4	25,7	14,5	56,1	20,2	18,6	19,1	14,5	14,9	15,9	17,1	13,6	5,9	17
Cadmio (Cd)	mg/kg MS	0,14	0,16	0,13	0,25	0,4	0,4482	0,5276	0,4416	0,0838	0,1557	0,1803	0,1821	0,1144	0,1205	0,1378	0,1842	0,1174	0,6	3,5
Cobre (Cu)	mg/kg MS	10,9	15,2	10,8	15,3	15,4	11,1	86,3	25,9	30,9	29,4	25	29,5	22,1	22,9	24,3	27,6	19,3	35,7	197
Cromo (Cr)	mg/kg MS	5,5	10,6	5,2	9,7	7,5	7,8	6,1	9	9,6	22,6	9,8	18,2	17,2	6,8	8	15,6	9,1	37,3	90
Mercurio (Hg)	mg/kg MS	0,83	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,17	< 0,03	0,03	< 0,03	0,04	0,04	1,53	0,05	0,06	0,2	0,03	0,07	0,03	0,17	0,486
Plomo (Pb)	mg/kg MS	7,72	6,74	10,6	12,6	17,1	0,18	0,198	13,6	16,6	17,8	10,4	12,9	7,064	6,285	8,117	11,7	7,934	35	91,3
Zinc (Zn)	mg/kg MS	45,5	37,2	47,6	72,3	91,7	77,4	75,3	67,9	45,6	76,6	51,6	67,6	62	44,2	48,3	66	47,2	123	315
		Excede el valor ISQG																		
		Excede el valor PEL																		
(a) Interim sediment quality guidelines (ISQG). Concentración debajo de la cual no se presentan efectos biológicos adversos.																				
(b) Probable Effect Level (PEL): Concentración sobre la cual se encontrarían usualmente efectos biológicos adversos.																				

Fuente: Elaboración propia.

652. A continuación, se presentan los resultados de las concentraciones de arsénico, cobre y mercurio que excedieron los valores de la normativa canadiense tomada de manera referencial.

- Concentración de arsénico (As)

653. Las concentraciones de arsénico, se presentan en la Figura 10-158, observándose que en todos los puntos de monitoreo se excedió el valor ISQG (5,9 mg/kg) de la norma canadiense utilizada como referencia a excepción del punto SD-62 (5,2 mg/kg) ubicado en el río Paltiture. Además, los puntos SD-71, SD-31, SD-79, SD-80, SD-84, SD-85 y SD-90, presentaron concentraciones de arsénico que excedieron el valor PEL (17 mg/kg). Es importante precisar que las concentraciones de arsénico se presentan desde el nacimiento (SD-63) hasta la desembocadura (SD-91) del río Tambo al mar. Asimismo, el punto que presentó la mayor concentración fue el SD-79 (56,1 mg/kg) ubicado en el río Omate.

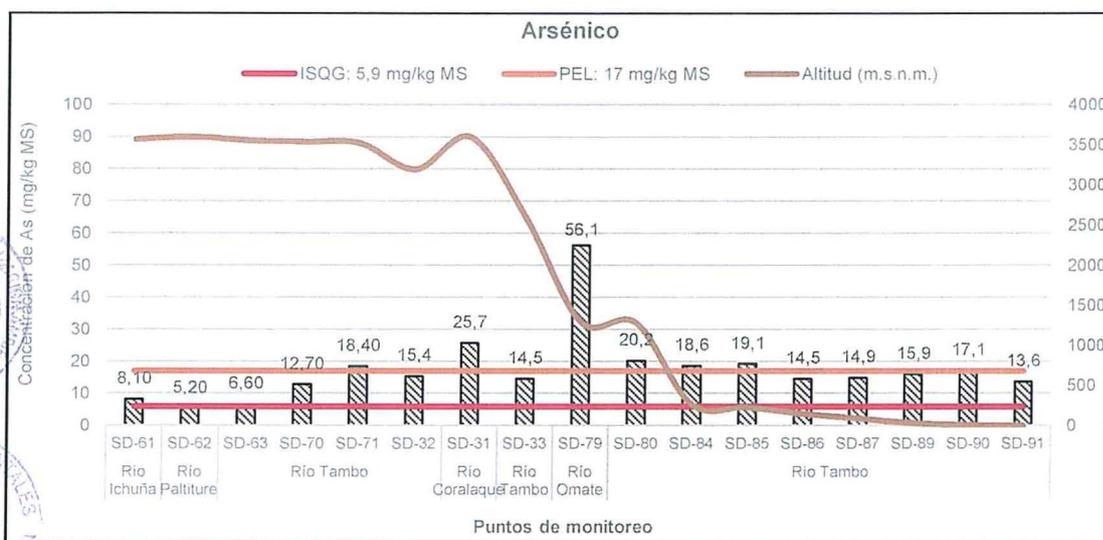


Figura 10-158. Concentraciones de arsénico en la Zona V comparados con la norma canadiense.

- Concentración de cobre (Cu)

654. La Figura 10-159, presenta las concentraciones de cobre en sedimento, donde se muestra que sólo el punto SD-31 (86,3 mg/kg), ubicado en el río Coralaque, excedió el valor ISQG (35,7 mg/kg). Además, todos los puntos evaluados presentaron valores por debajo del valor PEL (197 mg/kg). Es importante precisar que se presentan concentraciones de cobre (entre 10,8 y 30,9 mg/kg) desde el nacimiento del río Tambo (SD-63) hasta su desembocadura (SD-91) al mar.



X
★
4
2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

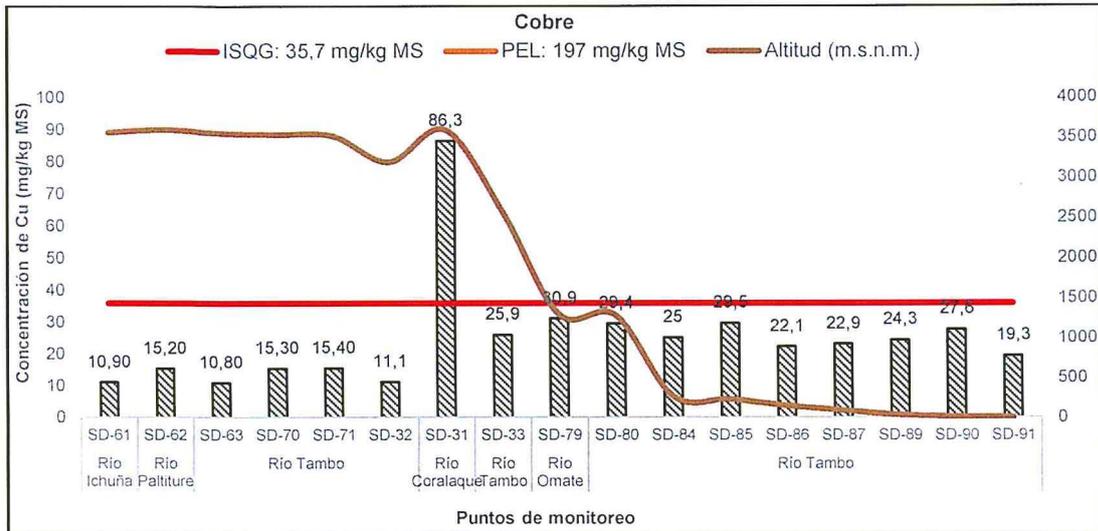


Figura 10-159. Concentraciones de cobre en la Zona V comparados con la norma canadiense.

- Concentración de mercurio (Hg)

655. Las concentraciones de mercurio son detalladas en la Figura 10-160. De acuerdo con dicha figura, los puntos SD-61 (0,83 mg/kg), SD-84 (1,53 mg/kg) y SD-87 (0,2 mg/kg) excedieron el valor ISQG para mercurio (0,17 mg/kg). Además, se excedió el valor PEL para mercurio (0,486 mg/kg) sólo en los puntos SD-61 y SD-84, ubicados en los ríos Ichuña y Tambo respectivamente. Los demás puntos presentaron concentraciones de mercurio por debajo de los valores ISQG y PEL de referencia (entre 0,03 y 0,17 mg/kg), incluso por debajo del límite de cuantificación del laboratorio (<0,03 mg/kg).

Handwritten notes and stamps on the left side of the page, including a circular stamp from OEFA and a signature.

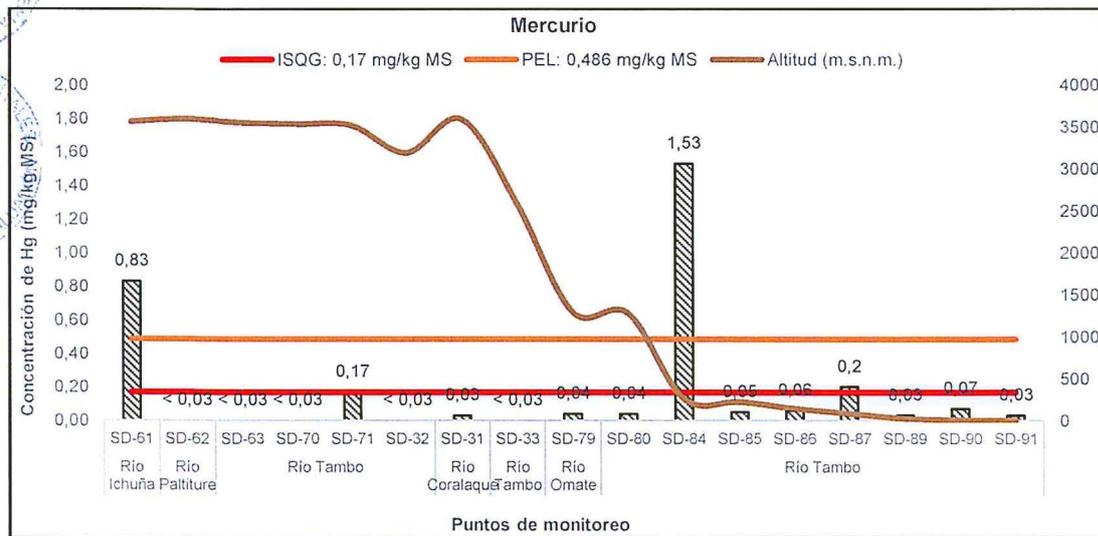


Figura 10-160. Concentraciones de mercurio en la Zona V comparados con la norma canadiense.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

10.5.3. Hidrobiología

656. En esta sección se presentan y analizan los resultados obtenidos luego de aplicar la metodología descrita anteriormente, con el propósito de alcanzar los objetivos planteados en la presente evaluación. El análisis de los resultados fue dividida para ambientes lénticos (i.e. laguna) y loticos (i.e. ríos y quebradas).

10.5.3.1. Ambientes lóticos

657. En esta sección se detallarán los resultados de 14 puntos de monitoreo ubicados a lo largo del río Tambo desde su nacimiento hasta casi la desembocadura en el Océano Pacífico. Dichos puntos fueron codificados como: HB-32, HB-33, HB-63, HB-70, HB-71, HB-80, HB-84, HB-85, HB-86, HB-87, HB-89, HB-89 AD, HB-90, HB-91. Debido a que no se cuenta con una información previa de las comunidades hidrobiológicas de la zona de evaluación, los resultados obtenidos nos brindan información de lo que acontece en la dinámica de las comunidades en el momento de la evaluación por lo que solo se realizan comparaciones espaciales entre los puntos de monitoreo.

I. Perifiton

658. Es una comunidad compleja de microbiota compuesta por algas, microalgas, bacterias, hongos, animales, detritos orgánicos e inorgánicos que se encuentra adherida a un sustrato, el que puede ser orgánico o inorgánico, vivo o muerto. En este estudio para una mejor comprensión de la dinámica de esta comunidad, el análisis de resultados se enfocó en dos grupos: microalgas y microorganismos.

a. Microalgas

659. Es una comunidad compleja de microbiota compuesta por algas, microalgas, bacterias, hongos, animales, detritos orgánicos e inorgánicos que se encuentra adherida a un sustrato, el que puede ser orgánico o inorgánico, vivo o muerto. A continuación, se analizará la composición, riqueza y abundancia de las especies, así como los índices de diversidad alfa y beta.

i) Composición, riqueza y abundancia de especies

660. La comunidad de microalgas del perifiton estuvo compuesta por un total de 105 especies, pertenecientes a 24 familias y 15 órdenes, distribuidas en tres phyla: Bacillariophyta, Cyanobacteria y Chlorophyta, siendo el phylum más diverso Bacillariophyta con 81 especies; seguido de Cyanobacteria con 20 especies y Charophyta solo con cuatro especies, como se puede observar en el Anexo A.3, donde se detalla el registro completo de las especies.



J
A
4
2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

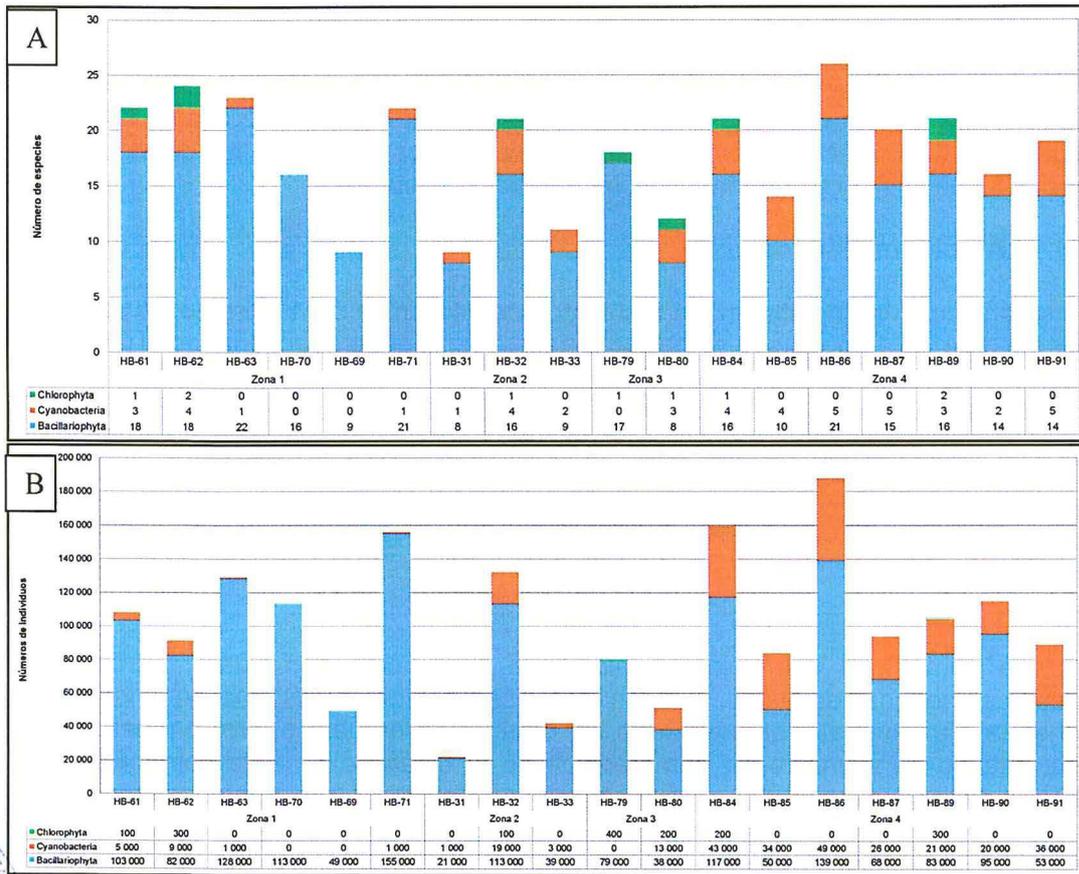


Figura 10-161. Perifiton: Riqueza (A) y abundancia (B) de microalgas por phylum encontrada en los puntos de monitoreo de la zona V

661. Como se puede observar en la Figura 10-161, el número de especies en los puntos de monitoreo fue variado. La mayor riqueza se registró en el punto HB-86 con 26 especies; mientras que la menor riqueza se encontró en el punto HB-69 con nueve especies. En todos los puntos de monitoreo el phylum más diverso fue Bacillariophyta seguido de Cyanobacteria. Por otro lado, el phylum Chlorophyta está presente en los puntos HB-61, HB-62, HB-32, HB-79, HB-80, HB-84 y HB-89.

662. La abundancia de microalgas en los puntos de monitoreo evaluados en la zona V se detallan en la Figura 10-161. La abundancia total registrada fue de 1 807 600 organismos evidenciándose que el phylum Bacillariophyta con 1 525 000 organismos fue dominante en todos los puntos de monitoreo con, la alta abundancia de este grupo está relacionada con presencia de las siguientes especies: *Ulmaria ulna* con 143 000 organismos, *Planothidium lanceolatum* con 123 000 organismos, *Fragilaria capuccina var. gracilis* con 105 000 organismos, *Nitzschia gracilis* con 94 000 organismos, esta última estaría asociada a ecosistemas contaminados. Se observó que la abundancia a lo largo del río Tambo fue variada, apreciándose que la mayor abundancia se registró en el punto HB-86 con 188 000 organismos y la menor abundancia fue de 22 000 organismos en el punto HB-31.



X
X
4
2

ii) Índices de diversidad alfa y beta

663. Con base en los resultados de riqueza y abundancia se muestran en Figura 10-162, los valores de los números de Hill (N1 y N2) y la equidad de Pielou (J') para cada punto de monitoreo.

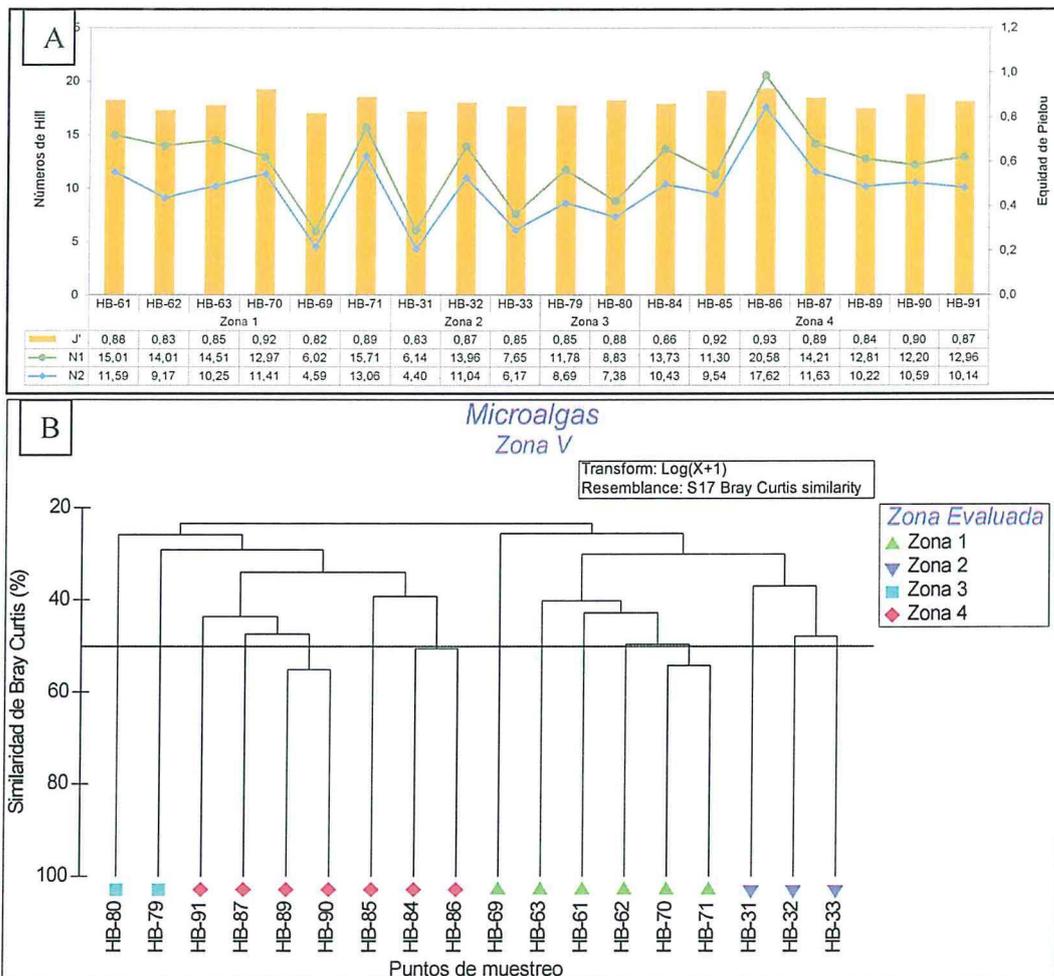


Figura 10-162. Perifiton: Índices de diversidad alfa (A) y beta (B) encontrados en los puntos de monitoreo de la zona V

664. Se observa que los números de Hill N1 y N2 muestran similares tendencias, encontrándose que el número de Hill N1 varió desde 6,02 especies efectivas en el punto HB-69 hasta 20,58 especies efectivas en el punto HB-86; mientras que el número de Hill punto N2 varió desde 4,40 especies efectivas en el punto HB-31 a 17,62 especies efectivas en el punto HB-86 de monitoreo. En cuanto a los valores de Pielou, estos variaron desde 0,82 en los puntos HB-69 hasta 0,93 en el punto HB-86, estos valores muestran una alta equidad (> 0,5) lo cual indica que la población de microalgas es equitativa y las especies registradas son igualmente abundantes.

665. Con el uso del software PAST (Paleontological Statistics) se realizó el análisis del índice de similitud de Bray Curtis, dando como resultado la relación de dos grupos con una similitud menor al 30 % como se observa en la Figura 10-162.



Handwritten blue markings: a vertical line, a star, and the numbers 4 and 2.

666. El primer grupo nos indica que las especies de microalgas registradas en la zona 3 y la zona 4 son más semejantes. Además, se observó que reúne cuatro subgrupos, donde los puntos de monitoreo HB-80 y HB-79 están solos, el tercer subgrupo lo conforman siete puntos de los cuales los puntos HB-89 y HB-90 registraron una similaridad de 55 % con 10 especies comunes. Por otro lado, en el segundo grupo se apreció que las zonas 1 y 2 registraron especies similares. Asimismo, reúne tres subgrupos: en el primero solo se encontró al punto HB-69, el segundo subgrupo reúne a seis puntos de monitoreo, encontrándose que los puntos HB-70 y HB-71 registraron una similaridad de 55 % con 10 especies comunes y el tercer subgrupo reúne a tres puntos de monitoreo, donde los puntos HB-32 y HB-33 registraron una similaridad de 48 % con ocho especies comunes.

11.0. DISCUSIONES

11.1. Zona I

11.1.1. Calidad de agua

667. En la zona I de la cuenca Tambo, se han identificado diferentes características en los cuerpos de agua de los sectores: Itapallone, Agani y Tassa. El sector Itapallone se caracterizó por presentar pH ácidos y baja conductividad eléctrica en las quebradas Juttaiccaca, sin nombre, Corire, sin embargo; aguas abajo donde confluyen estas aguas dando origen a la quebrada Itapallone, presentaron un pH ligeramente alcalino y baja conductividad eléctrica. Asimismo, se obtuvieron valores de pH alcalinos y elevada conductividad eléctrica en los ríos Ichuña y Crucero (cf. Tabla 10-1). Los bajos valores de pH y baja conductividad eléctrica, registrados en la parte alta del sector Itapallone, podrían ser atribuidos a la existencia de manantiales ácidos,³⁰ ubicados en la cabecera de las quebradas Juttaiccaca, sin nombre y Corire (cf. Figura 11-1). Asimismo, los valores alcalinos de pH y baja conductividad eléctrica registrados en la parte baja de la quebrada Itapallone, podrían ser atribuidos a que en su recorrido, sus aguas se mezclan con aguas provenientes de manantiales con pH neutro en la zona; además, atraviesan zonas con rocas carbonatadas (calizas de formación jurásico-cretácica Gramadal) que tendrían capacidad buffer aumentando el pH y la concentración de bicarbonatos (Mallén, 2013), como se evidenció en el punto AG-47 (parte baja de la quebrada Itapallone), donde se obtuvo un pH de 8,45 y una concentración de bicarbonatos de 79,6 mg/L. Por otro lado, los puntos AG-46 (río Crucero) y AG-48 (río Ichuña), presentaron elevadas concentraciones de cloruros de 1085 y 1000 mg/L, respectivamente (cf. Tabla 10-2). Las concentraciones de cloruros en estos ríos son posiblemente originadas por el aporte de aguas termales³¹ volcánicas altamente mineralizadas, que contienen principalmente cloruros, sodio y altas concentraciones de litio, boro y arsénico (cf. Figura 11-2) (Mallén, 2013).



X
X
4
2

³⁰ Sección 3.2.12 Manantiales. Tercera Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Chucapaca" aprobado mediante R.D. N° 345-2015-MEM-DGAAM.

³¹ Instituto Geológico Minero Metalúrgico – INGEMMET. 2013. Inventario de fuentes de agua subterránea del Perú del programa nacional de hidrogeología, 2006-2013. Disponible en: <http://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/index.html>

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

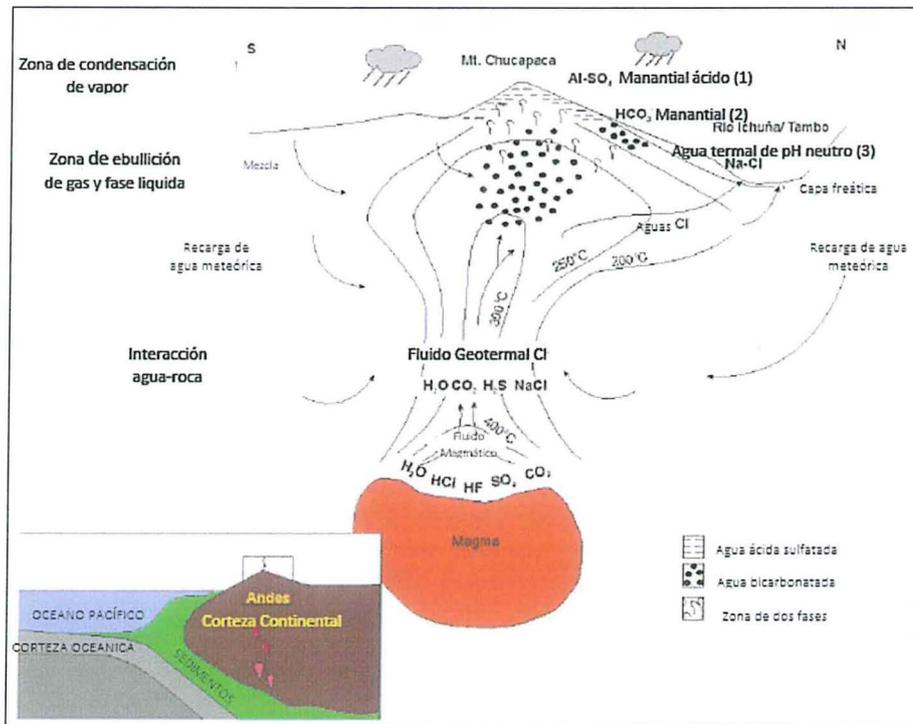


Fuente: Mallén, 2013

Figura 11-1. Manantial ácido (tipo Al-H-SO₄, 60-20-99 %eq) aflorando al pie del domo Chucapaca



AA
42



Fuente: Modelo según Mallén, 2013.

Figura 11-2. Típica distribución de aguas termales volcanogénicas alrededor del Cerro Chucapaca en la cuenca Tambo, (1) manantiales ácidos en la parte alta Quebradas Juctaiccaca, sin nombre, Corire; (2) Manantiales con presencia de bicarbonatos en la quebrada Itapallone; y (3) Aguas termales en río Ichuña.

668. Respecto a los metales totales, la quebrada Juctaiccaca presentó concentraciones de hierro y manganeso; la quebrada sin nombre; aluminio y hierro; y la quebrada Corire presentó aluminio, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso, plomo y zinc que incumplieron el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2; sin embargo, en la quebrada

Itapallone donde tributan las aguas de las quebradas anteriormente mencionadas, se presentaron bajas concentraciones de metales totales que no excedieron los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. En los ríos Crucero e Ichuña se presentaron concentraciones de boro que excedieron los ECA para agua (cf. Tabla 10-3). La presencia de metales (Al, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Pb y Zn) en la parte alta de este sector podría ser atribuida a la naturaleza geológica de la zona, que al presentar minerales como pirita (FeS_2), marcasita (S_2Fe), pirrotina (SFe_{1-r}), arsenopirita (SAsFe), melnikovita (Fe_3S_4), wolframita ($(\text{Fe},\text{Mn})\text{WO}_4$), calcopirita (S_2CuFe), estibina (S_3Sb_2), bismutinita (S_3Bi_2), tenantita-tetraedrita ($\text{Cu}_6[\text{Cu}_4(\text{Fe},\text{Zn})_2]\text{As}_4\text{S}_{13}$), esfalerita ($(\text{Zn},\text{Fe})\text{S}$) y galena (SPb), que contienen como principales metales al Fe, Cu, As, W, Bi, Sb, Zn y Pb³² que junto con el aporte de las aguas de los manantiales ácidos, generarían reacciones químicas teniendo como resultado la generación de drenaje ácido de roca y por consiguiente la disolución de semi-metales y metales pesados (Mallén, 2013). En la parte baja de la quebrada Itapallone descienden las concentraciones de los metales encontrados en la parte alta, este hecho podría deberse a la mezcla con aguas de pH neutro (manantiales) y la capacidad buffer de las rocas carbonatadas (calizas), que provocan la precipitación de los metales en el tramo central e inferior de la quebrada Itapallone (Mallén, 2013). Sin embargo, no podemos excluir la presencia de otras fuentes de estos metales, asociada a la existencia de pasivos ambientales (bocaminas, inclinados) aledaños a la quebrada Corire³³. En cuanto a la concentración de boro esta podría ser originada debido al aporte de aguas termales en la zona, de acuerdo a lo descrito anteriormente.

669. El sector Agani se caracterizó por presentar pH ligeramente alcalinos (7,8 – 8,77), que llegaron a superar ligeramente los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 en los puntos ubicados en las quebradas Agani (AG-49) y Ansamani (AG-56), así como, en los ríos Ichuña (AG-59 y AG-60) y Paltiture (AG-62). Además, se presentaron valores de conductividad eléctrica que excedieron los ECA para agua Cat3D1, en los ríos Ichuña y Tambo (entre 2890 y 3970 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (cf. Tabla 10-4). Estas condiciones ligeramente alcalinas en las quebradas Agani y Ansamani podrían presentarse debido al aporte de aguas de manantiales con pH alcalinos a dichas quebradas³⁴, además, de las condiciones geológicas (calizas) que se presentan en el sector Agani (Mallén, 2013), reflejadas en los valores de bicarbonatos encontrados en este sector (entre 10,2 a 106,6 mg/L). Por otro lado, los cloruros presentaron concentraciones entre 592,5 y 1172,5 mg/L en los ríos Ichuña (AG-59, AG,60 y AG-61), Paltiture (AG-62) y Tambo (AG-63) los cuales superaron el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (cf. Tabla 10-5); respecto a los metales, se presentaron elevadas concentraciones de manganeso en la quebrada Jamochini (AG-55) y boro en los ríos Ichuña, Paltiture y Tambo incumpliendo los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (cf. Tabla 10-6). Estas elevadas concentraciones de cloruros y boro, posiblemente son originadas por el aporte de aguas termales que contienen principalmente cloruros, sodio y altas concentraciones de litio, boro y arsénico (Mallén, 2013; Cruz *et al.*, 2014). En cuanto a las concentraciones elevadas de manganeso en la quebrada Jamochini, podrían atribuirse a la existencia de pasivos ambientales (botaderos de desmonte y bocamina³⁵) aguas arriba del punto AG-55. Cabe mencionar que dichos pasivos no

³² Sección 3.2.5.2. Geología local. Tercera Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Chucapaca" aprobado mediante R.D. N° 345-2015-MEM-DGAAM

³³ Sección 3.1.2 Pasivos ambientales. Tercera Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Chucapaca" aprobado mediante R.D. N° 345-2015-MEM-DGAAM

³⁴ Sección 3.2.12 Manantiales. Tercera Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Chucapaca" aprobado mediante R.D. N° 345-2015-MEM-DGAAM

³⁵ Sección 3.1.2 Pasivos ambientales Tercera Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Chucapaca" aprobado mediante R.D. N° 345-2015-MEM-DGAAM

se encuentran en el inventario nacional de pasivos ambientales mineros (R.M. N° 102-2015-MEM/DM).

670. El sector Tassa se caracterizó por presentar pH ligeramente alcalinos (pH: 7,89 – 8,55), que llegaron a superar ligeramente el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 en el punto AG-69, ubicado en el río Tassa. Además, se presentaron valores de conductividad eléctrica que excedieron los ECA para agua Cat3D1 en el río Tambo (entre 3250 y 3290 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (cf. Tabla 10-7). Los pH alcalinos en el río Tassa podrían ser atribuidos a las características hidrogeológicas de la zona, debido a que se han reportado afloramientos de agua subterránea con pH que varían entre 7,3 a 9,0, clasificándolas de ligeramente alcalinas³⁶. La excedencia de los valores de conductividad eléctrica posiblemente se deba al aporte de iones proveniente de aguas termales a lo largo del recorrido del río Tambo. Para el caso de los cloruros, se presentaron concentraciones entre 787,5 y 930 mg/L en el río Tambo (AG-70 y AG-71) (cf. Tabla 10-8). Respecto a las concentraciones de metales se presentaron elevadas concentraciones de boro en los ríos Tassa y Tambo incumpliendo los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (cf. Tabla 10-9). Estas elevadas concentraciones de cloruros y boro en estos ríos tienen sus orígenes en los manantiales y fuentes termales³⁷, las cuales aportan sus aguas a los ríos Tassa (cf. Figura 11-3) y Tambo.



Figura 11-3. Fuente termal ubicada a la margen izquierda del río Tassa.



X
A
4
2

³⁶ Sección 4.2.5 Recursos hídricos. Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Tassa" aprobado mediante R.D. N° 281-2011-MEM-AAM.

³⁷ Instituto Geológico Minero Metalúrgico – INGEMMET. 2013. Inventario de fuentes de agua subterránea del Perú del programa nacional de hidrogeología, 2006-2013. Disponible en: <http://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/index.html>

11.1.2. Calidad de sedimento

671. La calidad de sedimentos en el sector Itapallone, resalta por la presencia de metales como As, Cd, Hg, Pb y Zn en las quebradas Corire; As y Pb en la parte baja de la quebrada Itapallone; As, Cd y Zn en el río Crucero y; As en el río Ichuña, los cuales excedieron los estándares referenciales de la norma canadiense (CEQG) (cf. Tabla 10-14). La elevada presencia del arsénico podría ser originada por la existencia de manantiales en la zona, el cual precipita al sedimento por cambios en el pH del agua; otros metales como Cd, Hg, Pb y Zn, pueden atribuirse a la presencia de pasivos ambientales mediante la existencia de inclinados, bocaminas y desmonte de mina³⁸, ubicados aguas arriba de los puntos evaluados, los cuales durante la época húmeda podrían ser arrastrados a los cuerpos de agua, y posteriormente precipitados al sedimento. Cabe precisar que, dichos pasivos no se encuentran en el inventario nacional de pasivos ambientales (R.M. N° 102-2015-MEM/DM). Asimismo, la mineralogía de la zona también puede estar aportando ciertos metales, como lo evidencia la presencia de plomo en el suelo, en la parte alta y media de la quebrada Corire³⁹. Respecto a las elevadas concentraciones de arsénico, cadmio y zinc en el río Crucero, la presencia del arsénico se atribuye posiblemente a las fuentes termales de la zona; por otro lado, las elevadas concentraciones del cadmio y el zinc pueden tener como origen a los diversos pasivos ambientales Huanacune y Cobremina (bocaminas, desmontes de mina, relaves, piques⁴⁰), que se encuentran aguas arriba del río Crucero.

672. En el sector Agani se registraron concentraciones elevadas de arsénico en la mayoría de puntos evaluados; además de mercurio en la quebrada Agani (AG-50) y el río Ichuña (AG-61) y plomo en la quebrada Jamochini (AG-55), cuyos valores excedieron los estándares canadienses utilizados de manera referencial (CEQG) (cf. Tabla 10-17). El arsénico encontrado podría tener su origen en los manantiales y fuentes termales que se encuentran aguas arriba de los puntos evaluados, que estaría precipitando debido al contacto con oxígeno atmosférico y el pH neutro a ligeramente alcalino del agua (Mallén, 2013). Respecto a la presencia de arsénico y plomo en sedimento en la quebrada Jamochini, podría ser atribuido a la presencia pasivos ambientales (desmonte de mina y bocaminas) en la parte alta de este punto que durante la época húmeda y producto de la escorrentía estarían acarreado estos elementos, depositándolos en este punto. Respecto a los valores de mercurio en la quebrada Agani y en el río Ichuña, podrían tener su origen en las características mineralógicas de la zona, como lo evidencia la presencia de mercurio en muestras de suelo aledaña al punto AG-50⁴¹.

673. El sector Tassa presentó elevadas concentraciones de arsénico en los puntos ubicados en la quebrada Pachaca y en los ríos Tassa y Tambo. Los metales como cadmio (Cd), plomo (Pb) y zinc (Zn), también presentaron elevadas concentraciones en comparación a la norma canadiense tomada como referencia (CEQG) (cf. Tabla 10-20). Las concentraciones de arsénico tendrían su origen en las fuentes termales

³⁸ Sección 3.1.2 Pasivos ambientales. Tercera Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Chucapaca" aprobado mediante R.D. N° 345-2015-MEM-DGAAM

³⁹ Sección 3.2.9.5 Elementos potencialmente tóxicos (EPTs) en suelos. Tercera Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Chucapaca" aprobado mediante R.D. N° 345-2015-MEM-DGAAM

⁴⁰ Actualizan el Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros aprobado mediante Resolución Ministerial N° 102-2015-MEM/DM.

⁴¹ Sección 3.2.9.5 Elementos potencialmente tóxicos (EPTs) en suelos. Tercera Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Chucapaca" aprobado mediante R.D. N° 345-2015-MEM-DGAAM

volcanogénicas que contienen elevadas concentraciones de este metal, y que precipitan en el sedimento debido a los factores descritos en el párrafo anterior. En cuanto a las concentraciones de Cd, Pb y Zn, podrían tener su origen en los veintisiete (27) pasivos ambientales (entre bocaminas, media barreta y desmontes de mina) con denominación Tassa, que se encuentran aguas arriba del río Tassa (cf. Figura 11-4), dichos pasivos se encuentran identificados en el inventario de nacional de pasivos ambientales mineros (R.M. N° 102-2015-MEM/DM).

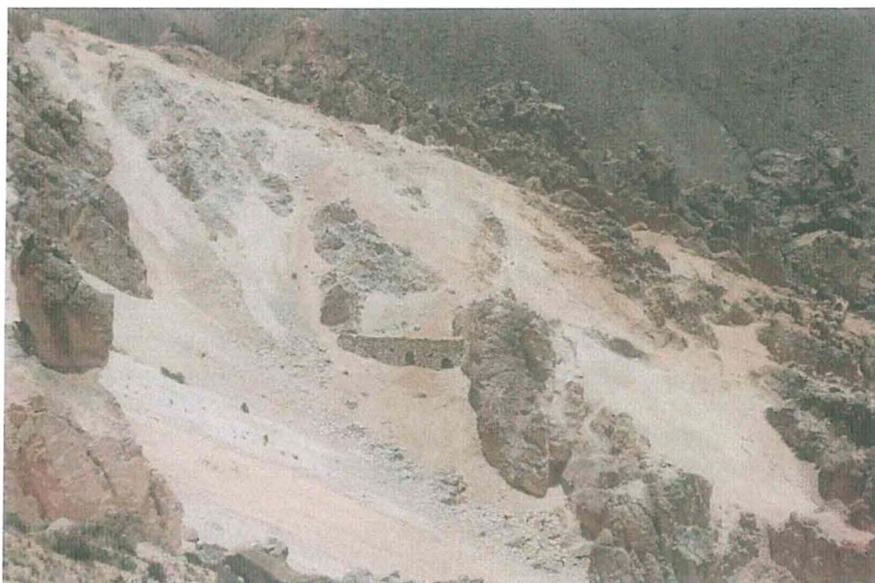


Figura 11-4. Pasivo ambiental (bocaminas) en la parte alta del río Tassa.

11.1.3. Hidrobiología

674. Respecto al resultado de microalgas, encontramos que está conformado principalmente por el phylum Bacillariophyta o diatomeas, las cuales constituyen uno de los grupos más utilizados como indicadores de calidad del agua y actualmente existen numerosos métodos basados en la variación del número y proporción de las especies de esta taxocenosis (Whitton et al., 1991; Whitton & Rott, 1996; Prygiel et al., 1999; Barbour et al., 1999; Prygiel & Coste, 2000; Lobo et al., 2002; Prygiel, 2002 y Gómez et al., 2003). Al ser este grupo un indicador de cambios en las aguas, observamos que fue notable la poca riqueza y abundancia en los puntos HB-37 (quebrada sin nombre), HB-40, HB-43, HB-44 y HB-45 (quebrada Corire) a causa de las aguas ácidas registradas en estos puntos que podría estar relacionados con los manantiales ácidos presentes en el sector Itapallone; de acuerdo a lo explicado en el capítulo de agua superficial (sección 10.1.1).

675. Los resultados obtenidos en el punto de monitoreo HB-35, ubicado en la laguna Tinquicocha, en lo concerniente a la riqueza y abundancia del fitoplancton mostraron la presencia de los phyla Bacillariophyta y Charophyta siendo este último grupo el más abundante. Por otro lado, en el caso del zooplancton, dominó el phylum Artropoda (microcrustáceos). A pesar de la existencia de estos phyla, se registró una baja riqueza y abundancia, lo cual estaría asociada a la poca aportación de nutrientes, ya que el hábitat es bastante árido (posiblemente por la temporada seca en que se realizó la evaluación).

11.2. Zona II

11.2.1. Calidad de agua

676. Los resultados de la zona II de la cuenca Tambo, en general, presentaron valores de pH ácidos que incumplieron el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2; sin embargo, los valores de DBO₅, DQO, cianuro wad, fosfatos, cloruros, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, y bicarbonatos cumplieron con los ECA para agua. El grupo 1 (ambientes no influenciados por actividades mineras) presentaron valores bajos de conductividad eléctrica, bajas concentraciones de sulfatos a excepción del punto ubicado en la cabecera de la quebrada Queullirijahuiri, y bajas concentraciones de metales que cumplieron con los ECA para agua, exceptuando los puntos ubicados en las quebradas Hualcani (AG-01) y Queullirijahuiri (AG-12, AG-13 y AG-14), y en el río Queullirijahuiri (AG-17). Por el contrario, los puntos de monitoreo del grupo 2 (ambientes influenciados directamente por actividades mineras), presentaron valores altos de conductividad eléctrica, así como, concentraciones altas de sulfatos y metales. Mientras que los puntos del grupo 3 (ambientes indirectamente influenciados), presentaron valores altos de conductividad eléctrica y altas concentraciones de sulfatos y metales, haciendo evidente la contribución de los cuerpos de agua del grupo 2 al aumento de las concentraciones de estos parámetros; sin embargo, las concentraciones de metales y sulfatos fueron diluidas aguas abajo por el aporte de otros tributarios al río Coralaque (ríos: Vizcachas, Huilcahuarmi, Jarupampa, Totorani, entre otros) hasta la confluencia con el río Tambo.



677. El cianuro wad, fue detectado en los puntos del grupo 2 (ambientes influenciados directamente por actividades mineras) AG-27, AG-28, AG-29, AG-30, ubicados en la quebrada Apostoloni y AG-24 ubicado en el río Margaritani (cf. Tabla 10-30; Figura 10-54), los cuales se encuentran aguas abajo de los componentes mineros (pilas de lixiviación - PAD's, y pozas de soluciones) en concentraciones que no superaron los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2; sin embargo, la presencia de cianuro wad en el punto AG-27, el cual se encuentra aguas arriba de los puntos de vertimiento aun cuando no sobrepasó los valores de los ECA, puede indicar la existencia de fallas en el mantenimiento del proceso cerrado, descargas y/o vertimientos imprevistos durante la colecta y extracción de la solución rica en metales como lo indica Mineral Policy Center (2000). Cabe precisar que durante la evaluación no se observó descargas en los puntos de vertimientos autorizados⁴².



678. El potencial de hidrógeno (pH), presentó valores bajos en la mayoría de los grupos evaluados (grupo 1, 2 y 3). El grupo 1 tuvo un rango de acidez entre 3,00 - 5,02; el grupo 2 entre 2,86 - 3,11 y el grupo 3, entre 3,18 - 4,78, siendo el grupo 2 el más ácido; sin embargo, en el punto AG-18 de este grupo, ubicado en el río Margaritani, se registró un pH de 12,99, muy por encima del rango establecido en los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2, que podría estar relacionado con el uso de cal durante las actividades mineras para la neutralización del agua, como se aprecia en la Figura 11-5.

X
X
4
2

⁴² Aprobado mediante Resolución Directoral N° 203-2016-ANA-DGCRH y Resolución Directoral N° 20-2014-ANA-DGCRH por la Autoridad Nacional del Agua.

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"



Figura 11-5. Utilización de cal en el proceso de neutralización de agua.

679. Los valores de acidez registrados en el grupo 1 (zona no influenciada por actividades mineras) podrían ser atribuidos a la existencia de manantiales ácidos, ubicados en la cabecera de la quebrada Queullirijahuri (manantial Quihuire), cercano al punto AG-13 y en el río Aruntaya (manantial Pajcha) ubicado aguas arriba del punto AG-05 (cf. Tabla 10-26) (Carpio et al., 2013; INGEMMET, 2013); así como a la geología del lugar por la presencia de zonas mineralizadas con piritita (FeS_2), debido a que este mineral al ser expuesto a la atmosfera en presencia de oxígeno y agua meteórica se oxida, liberando principalmente hierro Fe^{2+} , sulfatos disueltos (SO_4^{2-}) e iones hidrógeno (H^+) que incrementan la acidez del cuerpo de agua según la siguiente ecuación (Lottermoser, 2010):



680. En el grupo 2 (zona influenciada directamente por actividades mineras), los valores bajos de pH, pueden ser atribuidos además de la presencia de piritita como ocurre en el grupo 1, a las actividades de explotación del yacimiento mineral que, tiene el potencial de exponer los minerales de sulfuro a oxidación, generando aguas ácidas y por tanto reduciendo aún más los valores de pH (cf. Tabla 10-29).

681. En el grupo 3 (zona influenciada indirectamente por actividades mineras), los valores de pH se mantienen ácidos hasta después de la confluencia del río Aruntaya con el río Titire (AG-11) (cf. Figura 10-32), probablemente debido a la influencia de las actividades mineras, como a la presencia del manantial ácido Quellopujo (Q (l/s): 2,5), ubicado en una zona aledaña al río Aruntaya (Carpio et al., 2013; INGEMMET, 2013). Asimismo, el pH se incrementa aguas abajo en el río Coralque (pH= 7,50), debido al aporte de otros ríos (Vizcachas, Huilcahuarmi, Jarupampa, Totorani, entre otros) y; en el río Tambo, el pH llegó a ser ligeramente alcalino (pH: 8,49), reportándose valores similares en zonas cercanas a los puntos evaluados por otras instituciones públicas (Tabla 11-1).



8
 x
 4
 2

Tabla 11-1. Resultados de los valores de pH reportados por otras instituciones en los puntos de los grupos 1, 2 y 3

Comparación de resultados de los valores de pH (unidad de pH)							
Río Aruntaya	Quebrada Queullirijahuir	Quebrada Margaritani	Quebrada Margaritani	Quebrada Apostolon	Río Margaritani	Río Aruntaya	Institución
AG-05	AG-13	AG-20	AG-22	AG-25	AG-18	AG-08	OEFA, 2016
4,11	3,01	2,86	2,68	3,01	12,99	3,07	
-	-	QMarg-1	-	QApos-1	QMarg-2*	-	ANA, 2015
-	-	3,47	-	3,06	2,97	-	
131808-084	130808-057	-	130808-220	-	-	130808-070	INGEMMET, 2013
3,5	3,47	-	3,77	-	-	3,28	
131808-084	130808-057	-	130808-220	-	-	130808-070	Carpio et al., 2013
5,95	4,35	-	3,77	-	-	3,59	
Cat3D1	6,5 - 8,5						
Cat3D2	6,5 - 8,4						
	Incumplió los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2.						
-	Indica que no se realizó la medición de los valores en el punto.						
*	Este punto se encuentra en el río Margaritani						
Cat3D1	ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales, Subcategoría D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo.						
Cat3D2	ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales, Subcategoría D2: Bebida de animales.						

682. La conductividad eléctrica en el grupo 1 (Ambientes no influenciados por actividades mineras) tuvo un rango de 88 a 1955 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (cf. Tabla 10-26). En el grupo 2 (Ambientes directamente influenciados por actividades mineras) se registraron valores mayores, con un rango entre 240 a 4490 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (cf. Tabla 10-29), y en el grupo 3 (Ambientes indirectamente influenciados por actividades mineras) entre 1398 a 3450 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (cf. Tabla 10-32), donde algunos puntos de monitoreo de los grupos 2 y 3, excedieron los valores establecidos en los ECA para agua Cat3D1 (2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Debido a que el grupo 3 es una zona indirectamente influenciada por las actividades mineras y dado que se encuentra aguas abajo del grupo 2 (que presentó altos valores de CE), es probable que pueda tener una influencia sobre los valores de conductividad eléctrica obtenidos en el grupo 3. Por otro lado, estos valores de conductividad eléctrica indican la presencia de iones como sulfatos, metales, metaloides, entre otros, los cuales fueron registrados en los cuerpos de agua evaluados.

683. En lo referido a los sulfatos, el grupo 1 (Ambientes no influenciados por actividades mineras), presentaron concentraciones entre 11,9 – 1300,9 mg/L (cf. Tabla 10-27), cuyo valor extremo supera las concentraciones establecidas en los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (1000 mg/L). Este valor podría ser atribuido a la presencia del manantial Quihuire (manantial ácido), ubicado aguas arriba del punto AG-13, el cual aflora sobre depósitos sulfurosos que se oxidan al contacto con la atmósfera formando los sulfatos, óxidos de hierro y azufre de color amarillento e iones hidrógeno que le otorgan la acidez al cuerpo de agua (cf. Figura 11-7) (Carpio et al, 2013; Eppinger et al. 2007; Furniss et al. 1999). Por otro lado, el grupo 2 registró concentraciones más altas (905,6 - 2412,7 mg/L) (cf. Tabla 10-30), respecto a las reportadas en el grupo 1 (11,9 a 1003,9 mg/L) y el grupo 3 (141,9 a 1460,4 mg/L) (cf. Tabla 10-33). La alta concentración de sulfatos en el grupo 2, sugiere ser un indicador del drenaje ácido de mina, además de ayudar a rastrear el comportamiento de las plumas contaminantes⁴³ sobre los cuerpos de agua, a través de la disminución de las

⁴³ Concentración de contaminante presente en un sector determinado.



X
A
4
2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

concentraciones de sulfato, aguas abajo del punto de descarga. (Ghomshei y Allen 2000; Schmiermund 1997). Bajo este concepto, se determinó la disminución de las concentraciones de sulfatos, aguas abajo del río Queullirijahuiri (AG-19, grupo 3: influenciada indirectamente por las actividades mineras); después de la confluencia del punto AG-17 (río Queullirijahuiri-grupo1: no influenciado por la actividad minera) con el río Margaritani en punto AG-18 (grupo 2: influenciado directamente por la actividad minera). De la misma forma, hubo una disminución de la concentración de sulfatos aguas abajo del río Aruntaya (AG-08, grupo 3: influenciada indirectamente por las actividades mineras) después de la confluencia con el río Queullirijahuiri (AG-07; grupo 3), con el río Aruntaya (AG-05 y AG-06; grupo 1) (Figura 11-6).

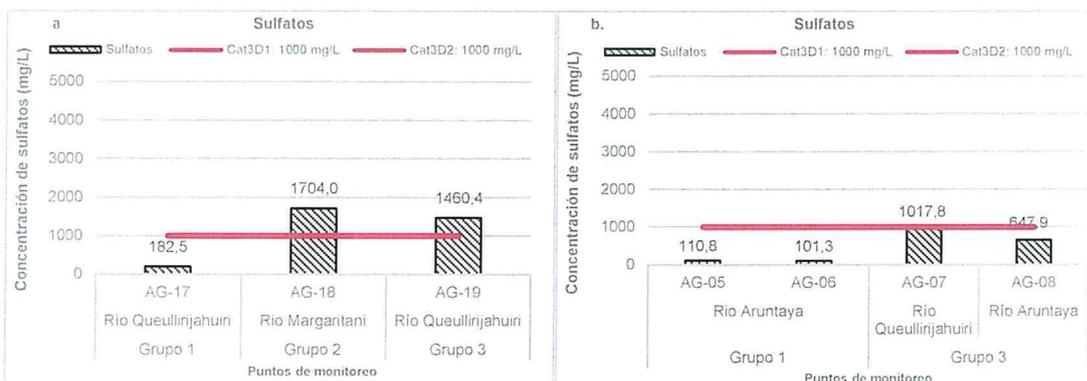


Figura 11-6. Comparación de resultados de la concentración de sulfatos entre grupos: a. Grupos 1, 2 y 3, b. Grupos 1 y 3.



1
A
4
2

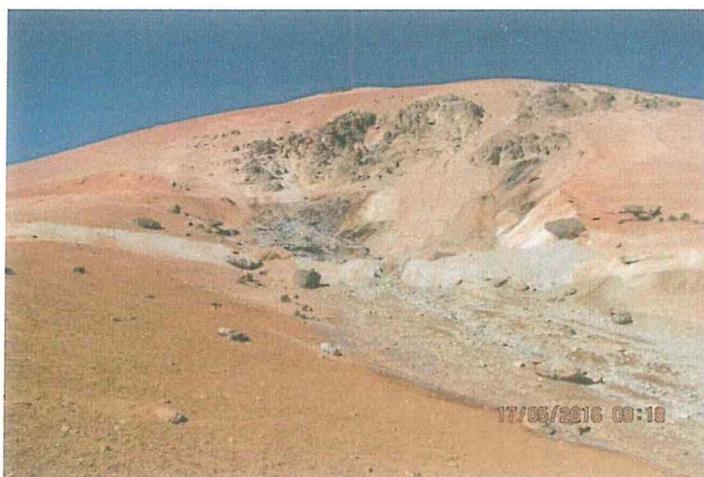


Figura 11-7. Manantial Quihuire ubicado en la parte alta quebrada Queullirijahuiri.

684. Respecto a los metales totales, los puntos del grupo 1 (zona no influenciada por la actividad minera) presentaron concentraciones de Al, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn que excedieron los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (cf. Tabla 10-28), pudiendo ser atribuidas a la presencia natural de minerales sulfurosos, expuestos al ambiente por efecto de la meteorización⁴⁴, promoviendo la movilidad de estos elementos al ambiente (Eppinger et al. 2007; Furniss et al. 1999; Graham and Kelly 2009). Por otro lado, la presencia de manantiales ácidos cargados de metales y metaloides estarían

⁴⁴ Es la desintegración y descomposición de una roca en la superficie terrestre o próxima a ella como consecuencia de su exposición a los agentes atmosféricos, con la participación de agentes biológicos.

aportando estos elementos de manera natural al medio acuático (Lottermoser, 2010). Las concentraciones de metales en los puntos AG-13, AG-12 y AG-14, determinadas en la parte alta de la quebrada Queullirijahuiri, disminuyeron al cruzar el bofedal, como lo evidencia los valores determinados en el punto AG-17, lo que demuestra su natural efecto depurador (Hammer, 1989).

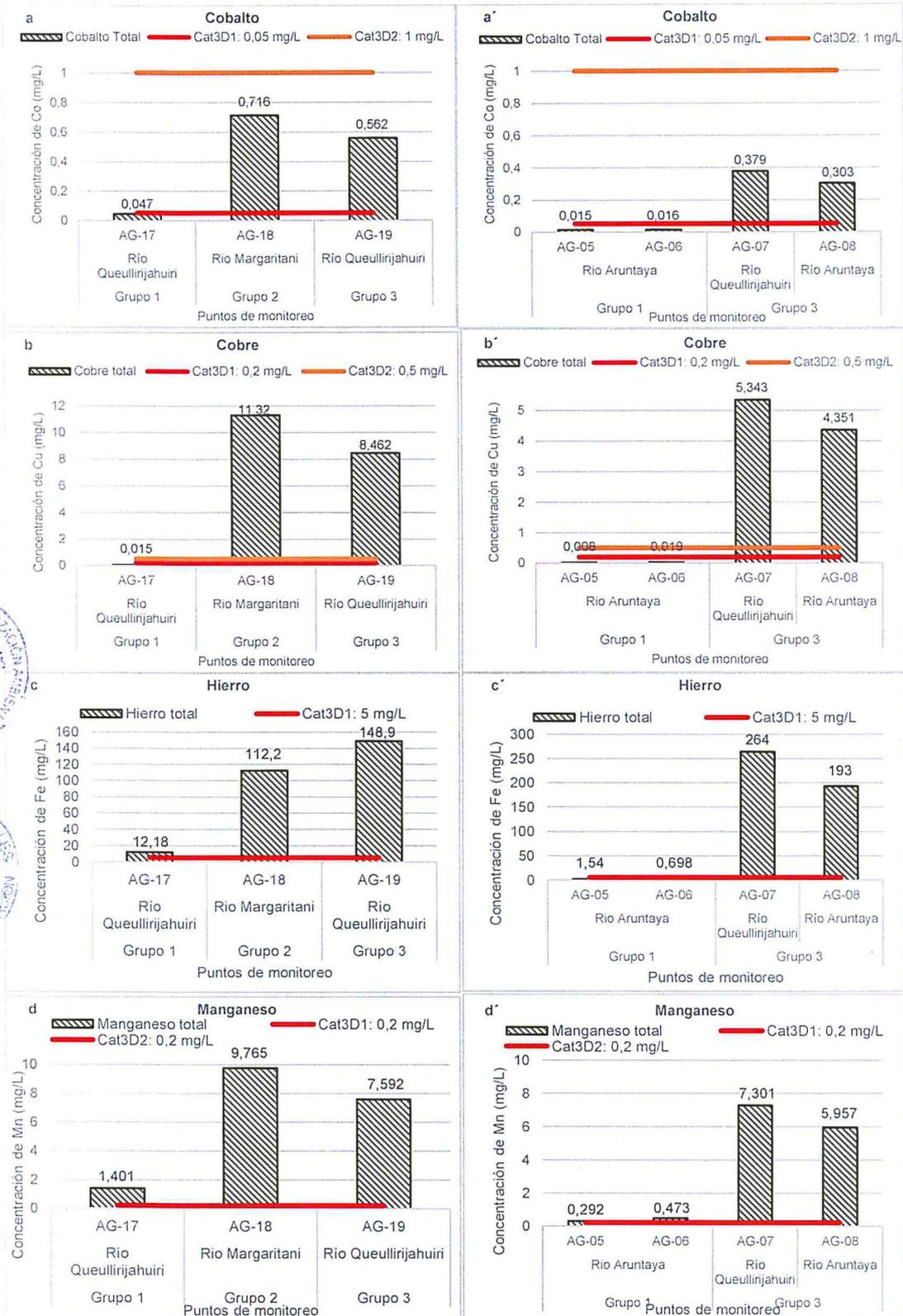
685. En el grupo 2 (Ambientes directamente influenciados por actividades mineras), se determinó que las concentraciones de Al, As, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn incumplieron los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (cf. Tabla 10-31), si bien podrían originarse de manera natural como producto de los procesos mencionados en el grupo 1 (exposición de minerales sulfurosos por meteorización); es probable que el desarrollo de actividades mineras (tajo, pilas de lixiviación, depósitos de desmonte, carreteras, entre otros) incrementen estas concentraciones por la exposición de grandes volúmenes de materiales sulfurosos a un ambiente oxidante (gases atmosféricos, agua meteórica y microorganismos), provocando la inestabilidad química de los materiales acompañada de una compleja serie de reacciones químicas que libera ácidos, metales y metaloides (Ashley y Lottermoser 1999a, b; Koehnken, 1997; Lottermoser et al. 1997b, 1999).
686. Las concentraciones de metales totales en el grupo 3 (Ambientes indirectamente influenciados por actividades mineras) de los puntos AG- 19, AG-07, AG-08, AG-10 y AG-11, excedieron los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (cf. Tabla 10-34), debido probablemente a la influencia de carga de los metales presentes en el grupo 2 (ambientes directamente influenciados por actividades mineras), ya que la mayoría de metales que excedieron los ECA en este grupo (Al, As, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn), también lo hicieron aguas abajo en el grupo 3. Sin embargo, las concentraciones de Boro (AG-10, AG-11, AG-31, AG-32 y AG-33) y Bario (AG-07) sobrepasaron los valores de los ECA para agua Cat3D1, en el grupo 3 y no en el grupo 2. Para el caso del Boro, este hecho puede ser atribuido al aporte de manantiales y fuentes termales ubicadas en zonas aledañas a los ríos Aruntaya (Quellopujo, Untupujo, Huertapatilla 1, Huertapatilla 2, Baños y Titire2), Coralaque y Tambo. (INGEMMET, 2013). Respecto al Bario, las elevadas concentraciones podrían ser atribuidas por el aporte del río Javira al río Queullirijahuiri.
687. Las concentraciones de metales obtenidas en el punto de referencia AG-17 del grupo 1 (Al, As, Ba, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn), en la gran mayoría, estuvieron por debajo de los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2; sin embargo, en el punto AG-18 (grupo 2), fueron encontradas elevadas, sobrepasando los ECA para agua referidos. En el punto AG-19 (grupo 3), las concentraciones de estos metales disminuyeron a comparación del punto AG-18, sin embargo, sobrepasaron los niveles de los ECA para agua. De la misma manera comparando las concentraciones de metales entre el grupo 1 (puntos AG-05 y AG-06) con el grupo 3 (puntos AG-07 y AG-08), los primeros tuvieron bajas concentraciones en comparación a los segundos. Estos cambios en cuanto a las concentraciones de metales en los cuerpos de agua nos pueden indicar la posible influencia de las actividades mineras que se desarrollan aguas arriba (grupo 2) (Figuras 11-8, 11-9 y 11-10).
688. Los metales en los grupos evaluados fueron encontrados generalmente en fase disuelta, debido probablemente a los procesos de oxidación de los materiales sulfurosos descritos previamente, haciéndolos biodisponibles, pudiendo generar la reducción de la biodiversidad, agotamiento del número de especies sensibles, e incluso la muerte de peces y otras especies (Angelo et al. 2007; Askaer et al., 2008; Gray, 1998).

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"



Figura 11-8. Comparación de resultados de la concentración de metales (Al, As, Ba y Cd) en puntos de confluencia del agua proveniente de zonas con y sin influencia de actividades mineras: a, b, c y d. cuerpos de agua directamente influenciados y a', b', c' y d'. cuerpos de agua indirectamente influenciados.

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"



Handwritten blue marks: a checkmark, an 'X', and the number '2'.

Figura 11-9. Comparación de resultados de la concentración de metales (Co, Cu, Fe y Mn) en puntos de confluencia del agua proveniente de zonas con y sin influencia de actividades mineras: a, b, c y d. cuerpos de agua directamente influenciados y a', b', c' y d'. cuerpos de agua indirectamente influenciados.

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

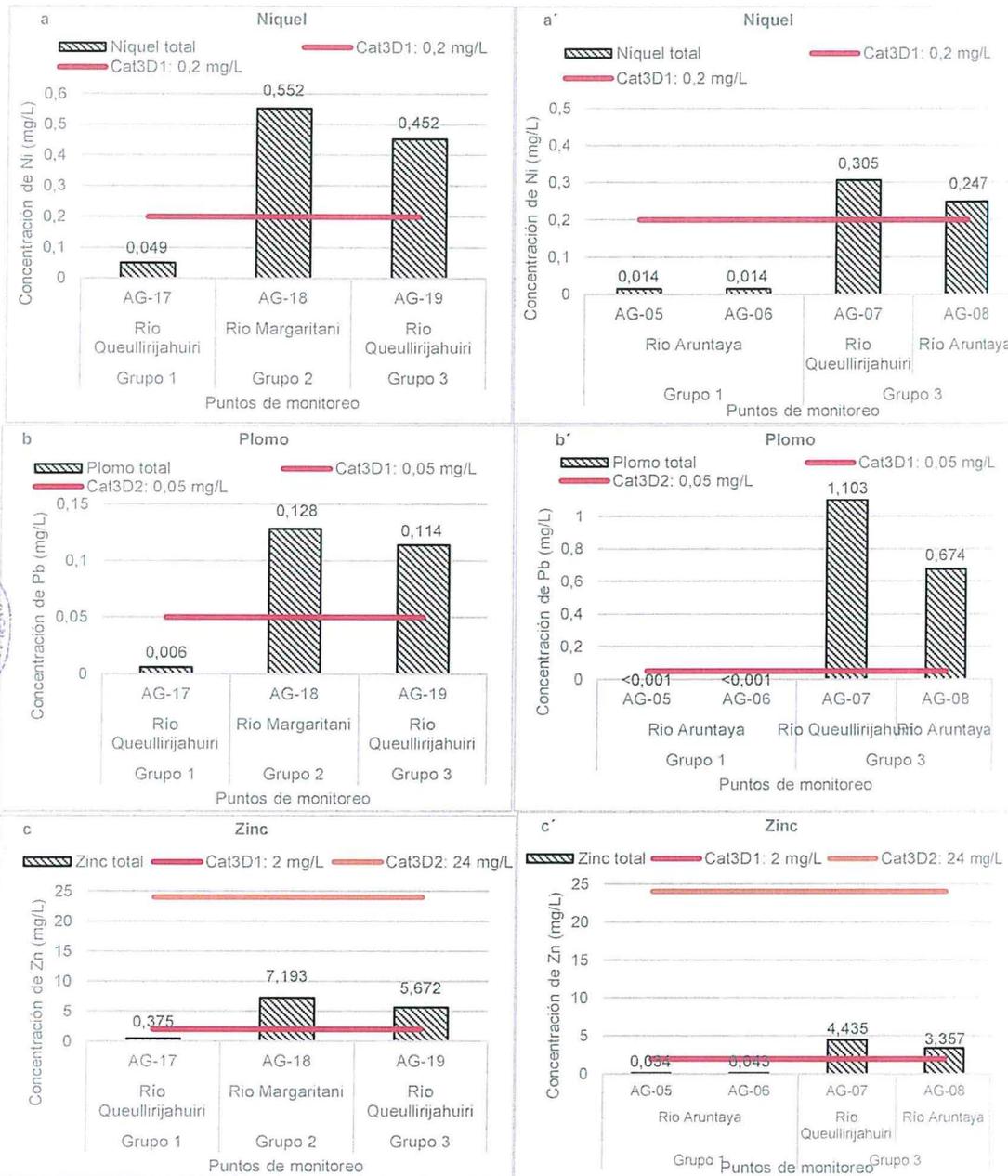


Figura 11-10. Comparación de resultados de la concentración de metales (Ni, Pb y Zn) en puntos de confluencia del agua proveniente de zonas con y sin influencia de actividades mineras: a, b, y c. Cuerpos de agua directamente influenciados y a', b', y c'. Cuerpos de agua indirectamente influenciados.

689. La unidad minera Tucari viene desarrollando sus actividades sobre un depósito mineral de oro epitermal de alta sulfuración (Acosta y Huanacuni, 2008), caracterizado por la falta de carbonatos y la abundancia de piritas (Craw, 2001), que podrían producir de manera natural un drenaje ácido, llamado drenaje ácido de roca (Lottermoser, 2010), sin embargo, debido al desarrollo de actividades mineras (tajo, pilas de lixiviación, depósitos de desmonte, carreteras, etc.), se exponen grandes volúmenes de minerales sulfurados al ambiente, que en presencia de oxígeno, agua meteórica y microorganismos, podrían generar un drenaje ácido de mina caracterizado por valores de pH ácidos, elevadas concentraciones de sulfatos (> 1000 mg/L), elevadas concentraciones de metales, especialmente hierro y aluminio (>100 mg/L) y; coloraciones amarillentas en las aguas, que fueron coincidentes con lo hallado en los puntos del grupo 2 (ver Tabla 10-7, Figura 11-11), además de incrementar las concentraciones de sulfatos y metales que se podrían producir de manera natural. Por lo tanto, las condiciones geológicas, el clima, las prácticas mineras y el procesamiento del mineral (Craw 2001; Plumlee 1999) estarían provocando una serie de reacciones que producen pH ácidos, liberación de sulfatos y metales al ambiente, acelerando el drenaje ácido en esta zona.



Fuente: Registro fotográfico Anexo G.

Figura 11-11. Confluencia de los ríos Aruntaya y Queullirijahuri (obsérvese el recubrimiento del lecho debido a la presencia de óxidos e hidróxidos de hierro)



Δ
X
4
2

11.2.2. Calidad de sedimento

690. En esta sección se comparan los resultados obtenidos en los grupos para el componente sedimento (cf. Figura 11-12).

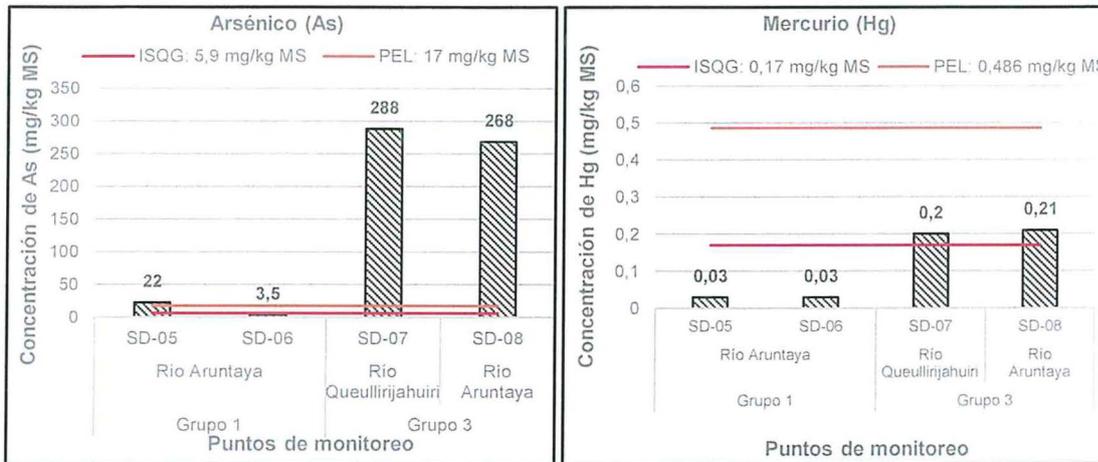


Figura 11-12. Concentraciones de arsénico y mercurio en los grupos 1 y 3.

691. Como se observa en la Figura 11-12, los metales arsénico y mercurio en los puntos SD-05 y SD-06, ubicados en el río Aruntaya (Ambientes no influenciadas por actividades mineras), se encuentran en concentraciones bajas en comparación con los valores obtenidos en el río Queullirijahuiri (288 mg/kg y 0,2 mg/kg de arsénico y mercurio, respectivamente). Cabe mencionar que los puntos SD-05 y SD-06, fueron tomados como puntos de monitoreo que no presentan influencia de la actividad minera (puntos referenciales), mientras que el punto SD-07 tiene influencia de dichas actividades. Asimismo, en el punto SD-08 (río Atuntaya, luego de la confluencia del río Queullirijahuiri), las concentraciones de los metales se incrementan en el cuerpo de agua, notándose la posible influencia de las operaciones en la unidad minera que se desarrollan aguas arriba.

692. El arsénico está asociado a muchos tipos de depósito mineral, en particular a minerales sulfurados como la arsenopirita. Tras su exposición a la atmósfera, estos minerales pueden ser degradados y oxidados, liberando acidez, aniones y iones de arsénico y otros potenciales elementos tóxicos (Rieuwerts *et al.*, 2014). Una vez liberado el arsénico a partir del mineral que lo contiene, su movilidad depende en gran medida de los procesos de adsorción y desorción en los oxi-hidróxido o hidrosulfatos de hierro de los minerales en el sedimento; y la precipitación y/o disolución de los minerales secundarios que contienen el arsénico como la escorodita (Harvey *et al.*, 2009). Estos procesos ayudan a explicar cómo el arsénico fue liberado del material que lo contiene y ha sido transportado hasta el río Aruntaya (punto de monitoreo SD-08). Asimismo, Rieuwerts *et al.*, 2014, menciona que un aumento de las concentraciones de arsénico en sedimentos en un área minera, ocurre generalmente debido al transporte de este elemento desde los residuos mineros hacia los cuerpos de agua cercanos, lo que podría explicar la presencia de altas concentraciones obtenidas en los puntos SD-07 (288 mg/kg) y SD-08 (268 mg/kg). Por otro parte,



Handwritten blue marks: a checkmark, an 'X', and the numbers '4' and '2'.

también se han comparado las concentraciones de arsénico, cobre, mercurio y plomo entre los tres grupos de evaluación del presente estudio.

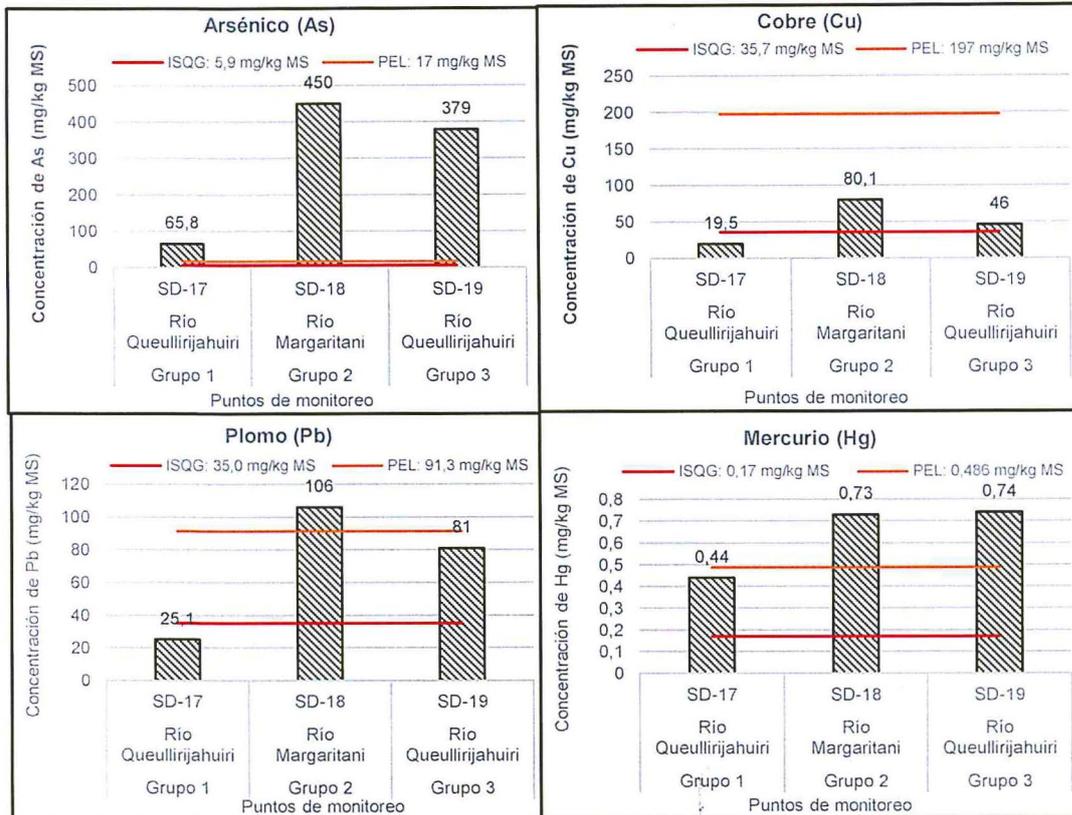


Figura 11-13. Concentraciones de arsénico, cobre, mercurio y plomo en los grupos 1, 2 y 3.



693. De acuerdo con los resultados mostrados en la figura 11-13, en el punto de monitoreo SD-17 (ubicado en el río Queullirijahuiri) las concentraciones de los metales arsénico, cobre, mercurio y plomo, son bajas en comparación a los valores encontrados en los puntos SD-18 y SD-19. Es importante señalar, que el punto SD-17 no presenta influencia de actividad minera (tomado como punto referencial), mientras que el punto SD-18 (río Margaritani), si presenta influencia de dichas actividades. Además, como se puede observar, la mayor concentración de los metales se encontró en el río Margaritani (punto SD-18), a excepción del mercurio. Luego de la confluencia con en el río Queullirijahuiri (punto SD-17), las concentraciones de los metales disminuyen aguas abajo, en el punto SD-19, aunque todavía son muy elevadas en comparación con el punto tomado como referencia (SD-17).



694. El arsénico puede ser liberado a partir de los desechos de la minería, ya sea través del transporte físico de los minerales primarios y secundarios que contienen el arsénico, o en solución como iones disueltos (como arsenato y arsenito), dentro del drenaje ácido de mina (DAM). En cualquiera de los casos, el agua superficial y los sedimentos asociados pueden tener elevadas concentraciones de arsénico. Posteriormente, la resuspensión de los sedimentos y las fluctuaciones en los potenciales es de óxido-reducción y el pH, también pueden influir en el potencial de movilidad del arsénico (Rieuwerts et al., 2014). Esto nos ayuda explicar las altas concentraciones de arsénico que se han encontrado en los ríos Margaritani y Queullirijahuiri (puntos SD-18 y SD-19), y como se están dispersando. Asimismo, las concentraciones de arsénico encontradas en los sedimentos de las áreas con

X
A
4
2

actividad minera de este estudio, son similares o estuvieron por debajo de lo reportado en otras áreas mineras del mundo (Tabla 11-2).

Tabla 11-2. Concentración de Arsénico en sedimentos afectados por drenaje ácido de mina

Ubicación	Arsénico (mg/kg)	Fuente
Tamar, Reino Unido	800-25000	Rieuwerts et al. (2014)
Río Tinto, España	400-2400	Usero Garcia et al. (1999)
Río Tinto, España	250-3100	Galan et al. (2003)
Tasmania, Australia	13700	Gault et al. (2005)

695. Por otra parte, elementos tóxicos y potencialmente tóxicos (como arsénico, cobre, mercurio y plomo encontrados en la presente evaluación) pueden estar en cantidades varias veces mayores a las concentraciones naturales y contaminar los cuerpos de agua y sedimentos asociados causando efectos adversos en la vida acuática, especialmente en los organismos bentónicos que están en contacto íntimo con los sedimentos. La afectación de los sedimentos por elementos potencialmente tóxicos es un grave problema ecológico, ya que los elementos como el mercurio, arsénico y plomo, son tóxicos incluso a bajas concentraciones. Asimismo, aunque algunos elementos como el cobre son considerados micronutrientes esenciales para los organismos vivos, pueden ser perjudiciales a concentraciones elevadas.

696. Así, las concentraciones de arsénico, cobre y plomo, encontradas en los ríos Margaritani y Queullirijahuiri fueron comparados con otros valores registrados en sedimentos en otros ríos alrededor del mundo, para comprender mejor el grado de la posible afectación de los sedimentos en la presente evaluación (cf. Tabla 11-3). Como se observa en la tabla, las concentraciones de arsénico encontradas en la presente evaluación son mayores (valores de 450 mg/kg y 379 mg/kg) a los reportado en otros estudios, mientras que los valores de cobre y plomo están por debajo de estudios en áreas afectadas por drenaje ácido de mina y minas abandonadas.

Tabla 11-3. Concentración de arsénico, cobre y plomo en sedimentos en áreas afectadas por actividad minera

Ubicación	Arsénico (mg/kg)	Cobre (mg/kg)	Plomo (mg/kg)	Fuente
Río Moulouya, Marruecos	110-160	24-40	97-11200	El Azhari et al., 2016
Río Finnis, Australia	202,3	360,93	113,33	Taylor., 2007
Arroyo Corona, Portugal	166	199	131	Luis et al., 2011
Río Margaritani	450	80,1	106	OEFA,2016
Río Queullirijahuiri	379	46	81	

697. Con respecto al mercurio, éste es un metal que tiene un impacto significativo en la calidad del ambiente, debido a su toxicidad, persistencia en la naturaleza y a su capacidad de magnificarse a través de la cadena alimenticia. El mercurio encontrado en los sedimentos (como el obtenido en los ríos Margaritani y Queullirijahuiri con concentraciones de 0,73 mg/kg y 0,74 mg/kg), tiene un rol crítico en el ciclo del mercurio en el ecosistema acuático (Zhang et al., 2014).


 J
 X
 4
 2

698. Las descargas de mercurio a partir de fuentes antropogénicas, pueden acumularse en el sedimento de fondo como partículas suspendidas, donde se establecen. Por otra parte, los procesos de coagulación, floculación y co-precipitación pueden causar la remoción del mercurio de la columna de agua hacia el sedimento. Ullrich et al. (2001) estableció en su estudio, que las concentraciones de mercurio total en el sedimento fluctúan desde 0,02 hasta 0,04 mg/kg en ríos no contaminados o poco contaminados, y pueden ser tan altas (100 mg/kg) en áreas urbanas, industriales o mineras; las concentraciones encontradas en el presente estudio en los puntos SD-18 y SD-19 son mayores con valores de 0,73 mg/kg y 0,74 mg/kg.

11.2.3. Hidrobiología

699. Con respecto a la evaluación de las microalgas en los ambientes lóticos de la zona II (grupo1) se evidenció una riqueza y abundancia moderada en los puntos de monitoreo que no se encuentran influenciados por las actividades mineras; asimismo en los puntos HB-13 y HB-09 la abundancia fue mucho mayor debido a que estos se encuentran aguas arriba de los componentes mineros.

700. El punto HB-16 ubicado en la laguna Tucari, se encontró abundante presencia de clorofitas (en campo se evidenció por la coloración verdosa del agua), que podría desencadenar en la eutrofización de la laguna ya que el crecimiento exponencial de estas algas impide el paso de la luz y ocasiona la mortandad de otras especies con la que comparten el nicho debido a la disminución del oxígeno generando un ambiente pobre.

701. En el grupo 2 la poca abundancia en los puntos HB-27, HB-28, HB-29 y HB-30 (quebrada Apostoloni) y HB-24 (río Margaritani) estaría relacionada a su ubicación aguas abajo de los componentes mineros (posiblemente la presencia de cianuro wad) como se indica en el capítulo de calidad de agua. Por otro lado, con respecto a la abundancia en los puntos HB-21 y HB-25 es considerablemente alta, lo que podría asociarse a la adaptación de estas especies a las condiciones evidenciadas. Así también, los ambientes evaluados en el grupo 2 presentaron aguas de condiciones ácidas (2,86 - 3,11 unidades de pH), donde los puntos de monitoreo HB-20, HB-21 (quebrada Margaritani) y HB-25 (quebrada Apostoloni), registraron valores de 2,86, 2,71 y 3,01 evidenciándose una dominancia del genero *Achnanthydium*, el cual presenta un amplio rango de tolerancia a diversos factores ambientales (Stevenson & Bahls 1999; Potapova & Hamilton 2007, Lobo et. al 2004).

702. En el grupo 3, se evidenció una poca riqueza y abundancia en los puntos HB-07, HB-19, HB-08, HB-10 y HB-11 lo cual podría estar asociado con los valores ácidos registrados hasta después de la confluencia del río Aruntaya con el río Titire en el punto HB-11 debido a la posible influencia de las actividades mineras, así como la presencia del manantial ácido Quellopujo, ubicado en una zona aledaña al río Aruntaya, tal como se indicó en el capítulo de calidad de agua. Por otro lado, en los puntos HB-31, HB-32 y HB-33 se observó un notable incremento en la riqueza de especies y abundancia, especialmente en el punto HB-32, el cual podría estar asociado a un aumento en las concentraciones de pH, registrándose incluso en el río Tambo aguas ligeramente alcalinas. Asimismo, en los tres puntos mencionados se registró a la especie *Ulnaria ulna*, la cual es una especie que forma colonias que se adhieren apicalmente al sustrato, proyectándose verticalmente (Stevenson & Peterson 1989) así también esta presente el género *Achnanthydium*.

11.3. Zona III

11.3.1. Calidad de agua

703. Los puntos de monitoreo ubicados en los ríos Agua Buena (AG-77), Vagabundo (AG-78) y Omate (AG-79) presentaron valores de conductividad eléctrica que excedieron los ECA para agua (cf. Tabla 10-45). Los altos valores de CE registrados en el punto AG-77 (río Agua Buena), podrían ser atribuidos al aporte de agua altamente ionizada del manantial termal "Los Meadores"⁴⁵, este manantial se encuentra ubicado en el curso del río Agua Buena entre los puntos AG-74 (1249 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y AG-77 (4120 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Estos valores de CE van disminuyendo a medida que el río Agua Buena confluye con el río Amarillo AG-76 (1624 $\mu\text{S}/\text{cm}$) formando el río Vagabundo (AG-78), donde la CE disminuyó de 4120 a 3960 $\mu\text{S}/\text{cm}$, posteriormente decrece aún más, al confluir con otros cuerpos de agua (río Omate), formando el río del mismo nombre (AG-79) presentando una CE de 2930 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Por otra parte, los cloruros presentaron elevadas concentraciones en los ríos Agua Buena (AG-77), Vagabundo (AG-78) y Omate (AG-79) (cf. Tabla 10-46). Estas concentraciones de cloruros, tendrían un origen natural en el manantial termal "Los Meadores" que aportaría grandes cantidades de cloruros al río Agua Buena, cuya concentración va disminuyendo a medida que confluyen sus aguas con otros ríos, hasta tributar al río Tambo. Respecto a los metales, se presentaron elevadas concentraciones de arsénico, boro, litio y manganeso en la mayoría de los puntos evaluados (cf. Tabla 10-47). Estos metales pueden tener un origen natural, en el manantial termal mencionado, ya que estos tipos de manantiales termales, se caracterizan por tener altas concentraciones de boro, sodio, cloruros, hierro, litio, manganeso, arsénico (Mallén, 2013; Huamani, 2001; Cruz *et al.*, 2014). Además, se han reportado otros cuatro (04) manantiales^{46,47} aguas arriba de los puntos evaluados que aportarían estos elementos a los cuerpos de agua.

11.3.2. Calidad de sedimento

704. En lo referido a los sedimentos, todos los puntos evaluados presentaron elevadas concentraciones de arsénico. En los puntos SD-75 y SD-76 se reportaron valores elevados de cobre y sólo el punto SD-78 ubicado en el río vagabundo mostró valores elevados de mercurio comparados referencialmente con la norma canadiense (CEQG) (cf. Tabla 10-49). En cuanto al arsénico su origen procedería de los manantiales termales que se encuentran en esta zona, los cuales aportarían arsénico al sedimento, debido a que este elemento se oxidaría en contacto con oxígeno atmosférico, precipitándose en forma de hidróxido, debido al pH neutro del agua en la zona (Mallén, 2013). También se han reportado concentraciones de arsénico y plomo en el suelo de las partes altas de la zona evaluada^{48,49}, que producto de las precipitaciones y la escorrentía podrían estar aportando este metal al sedimento. En

⁴⁵ Manantial termal "Los Meadores" con coordenadas UTM (E 282632, N 8162531).

⁴⁶ Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Colquemayo" aprobado mediante R.D. N° 351-2011-MEM-AAM donde reporta alumbramientos de agua subterránea con códigos: CQGW-02, CQGW-03 y CQGW-04.

⁴⁷ Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Amata" aprobado con expediente N° 2341619 donde se reporta manantial "Huertas", ubicado en la naciente de la quebrada Huertas con coordenadas UTM (E 274535, N 8166118).

⁴⁸ Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Colquemayo" aprobado mediante R.D. N° 351-2011-MEM-AAM donde reporta concentraciones de estos metales en los puntos de muestreo de suelo: CQSU-01, CQSU-02, CQSU-03, CQSU-04, CQSU-06, CQSU-07, CQSU-08, CQSU-09, CQSU-10, CQSU-13, CQSU-15, CQSU-SU-16 CQSU-17, CQSU-18, CQSU-19.

⁴⁹ Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Amata" aprobado con expediente N° 2341619 donde reporta concentraciones de estos metales en el punto de muestreo de calidad de suelo: SC-03.

mercurio reportado en el río Vagabundo, al no haberse encontrado alguna fuente antropogénica en la zona, puede ser atribuida a la mineralización de la zona, ya que se presenta forma de sulfuros mixtos como cinabrio (HgS) y metacinabrio. Estos sulfuros pueden asociarse conjuntamente con otros sulfuros como piritas (sulfuro de hierro) y otros sulfuros de zinc, plomo y cobre (Luque, 1992).

11.3.3. Hidrobiología

705. De acuerdo a los resultados se tiene que la riqueza y abundancia de microalgas fue moderada, excepto en los puntos HB-74 y HB-75 donde se evidenció una menor abundancia, lo que podría estar asociado a las altas concentraciones de arsénico, boro en el punto HB-74 y manganeso en los puntos HB-74 y HB-75. Asimismo, la presencia de las especies *Ulnaria ulna*, *Fragilaria capucina*, *Planothidium lanceolatum* podrían estar asociadas a ambientes poco perturbados (Calizaya-Anco et al, 2013).

11.4. Zona IV

11.4.1. Calidad de agua

706. En los cuerpos lóticos de la zona IV, ubicados en el río Tambo y la quebrada Rosa María, sólo un punto (AG-109) presentó un valor (pH: 4,43) por debajo de los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. Se presentaron elevados valores de conductividad eléctrica en los puntos AG-88 y AG-109 (quebrada Rosa María); y AG-91 (desembocadura de río Tambo). En relación al oxígeno disuelto todos los puntos de esta zona se presentaron de acuerdo con los ECA para agua referido (>5 mg/L), a excepción del punto AG-109 (quebrada Rosa María) (cf. Tabla 10-51). Estos valores altos de conductividad eléctrica y bajo oxígeno disuelto, en la quebrada Rosa María pueden ser atribuidos a que el agua proviene de un manantial (afloramiento de agua subterránea, acuífero fisurado) altamente ionizados (Na^+ , SO_4^{2-} y Cl^-) con contenidos de nitratos, boro, hierro, entre otros metales (Ego-Aguirre & Smuda S.A.C., 2013), además, las aguas subterráneas se caracterizan por presentar bajos valores de oxígeno disuelto entre 0 y 5 mg/L (López-Geta *et al.*, 2009). Respecto a los valores de conductividad eléctrica en el río Tambo puede deberse a la presencia de iones aportados por manantiales y fuentes termales⁵⁰, ubicados en la parte alta y media de la cuenca.

- X
X
4
2
707. Por otro lado, se presentaron elevadas concentraciones de cloruros en la quebrada Rosa María (AG-88 y AG-109) y en el río Tambo (AG-89, AG-90 y AG-91) (cf. Tabla 10-52). Respecto a los metales, se obtuvieron elevadas concentraciones de boro en todos los puntos evaluados; arsénico en el río Tambo; y magnesio en la quebrada Rosa María (cf. Tabla 10-53). La presencia de cloruros y metales en la quebrada Rosa María, se deben posiblemente a las características geológicas de la zona, como resultado de la interacción prolongada de agua-roca (Ego-Aguirre & Smuda S.A.C., 2013). En cuanto al arsénico, boro y cloruros encontrados en el río Tambo, provienen posiblemente del aporte de manantiales y fuentes termales ubicados en la parte alta y media de la cuenca¹⁷.

⁵⁰ Instituto Geológico Minero Metalúrgico – INGEMMET. 2013. Inventario de fuentes de agua subterránea del Perú del programa nacional de hidrogeología, 2006-2013. Disponible en: <http://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/index.html>

708. Los cuerpos de agua lénticos de la zona IV, en general presentaron valores de pH ligeramente alcalinos (pH: 7,49 – 9,09), elevados valores de conductividad eléctrica (5190 a 10990 $\mu\text{S}/\text{cm}$), y en relación al oxígeno disuelto sólo los puntos AG-95, AG-96 y AG-106 incumplieron los ECA para agua Cat4E1-Lagunas y lagos, (cf. Tabla 10-54). Los altos valores de conductividad eléctrica pueden ser producto de que las lagunas están formadas en las escorrentías de aguas superficiales y por el aporte de la napa freática (INRENA, 2000) proveniente del río Tambo, además del aporte de agua marina, las cuales contribuirían con iones, como cloruros, sulfatos, bicarbonatos y otros iones metálicos. Por otra parte, los valores de DBO_5 (AG-92, AG-93, AG-94 AG-95 y AG-96); sólidos totales suspendidos (AG-97 y AG-98); nitrógeno total (AG-93, AG-95, AG-96, AG-101, AG-107 y AG-108); y fósforo total (todos los puntos a excepción del AG-105) excedieron los ECA para agua Cat4E1-Lagunas y lagos (cf. Tabla 10-55). Las concentraciones de DBO_5 , sólidos totales suspendidos, fósforo y nitrógeno total son posiblemente producto de las actividades antropogénicas que se realizan en áreas aledañas a las lagunas, debido a que las aguas que forman las lagunas provienen de filtraciones y flujos superficiales de la irrigación Ensenada-Mejía-Mollendo, además, la irrigación Iberia influye en las lagunas del mismo nombre. Adicionalmente, la laguna Boquerón es posiblemente influenciada por el río Tambo y aguas de la napa freática de la cuenca (INRENA, 2000). En relación a los metales totales, sólo el plomo y zinc excedieron los ECA para agua Cat4E1-Lagunas y lagos (cf. Tabla 10-56). Estas concentraciones de plomo y zinc encontradas en las lagunas, podrían originarse producto del proceso de la erosión de los suelos que presentan dentro de su composición a estos metales⁵¹. Sin embargo, no podemos excluir la presencia de otras fuentes de estos metales, que podrían estar asociadas a las características geológicas en la que se ubican las lagunas.

709. Los puntos ubicados en el ambiente marino mostraron en general valores de pH y oxígeno disuelto que cumplieron con los ECA para agua Cat2C2 y Cat2C3. De la misma manera, los parámetros de DBO_5 , aceites y grasas, sólidos totales suspendidos, cromo hexavalente, fósforo total, nitratos y sulfuros, a excepción del fósforo total en el punto AM-08 a nivel de fondo. Así mismo los metales; antimonio, arsénico, boro, cadmio, cobre, mercurio, níquel, plomo, selenio y zinc, mostraron concentraciones que cumplieron con los ECA para agua Cat2C2 y Cat2C3, a excepción del plomo en los puntos AM-08 a nivel superficial y AM-11 a nivel superficial y de fondo, estas concentraciones de plomo, se presumen que se originan producto de la erosión de los suelos (que contienen a este metal⁵²) por el agua utilizada en agricultura que se desarrolla en la zona, cuyas aguas conteniendo este metal discurren directamente al mar.

11.4.2. Calidad de sedimento

710. En los puntos evaluados de la zona IV, se determinó la presencia de arsénico en todos los puntos ubicados en el río Tambo; cobre en la quebrada Rosa María; y mercurio en los puntos SD-84 y SD-87 del río Tambo y SD-89-AD en la quebrada Rosa María (cf. Tabla 10-61). En las lagunas de Mejía se presentaron concentraciones de arsénico en todos los puntos evaluados (cf. Tabla 10-64). En los ambientes marinos se evidenció la presencia de arsénico, cobre y mercurio por encima de los valores referenciales de la norma canadiense (CEQG) (cf. Tabla 10-67). La presencia estos metales en el río Tambo, lagunas de Mejía y el ambiente

⁵¹ Estudio de Impacto Ambiental proyecto Tía María aprobado mediante R.D. N° 392-2014-MEM-DGAAM donde reporta concentraciones de estos metales en los puntos de muestreo de suelo: CS-04, CS-09, CS-12 y CS-14.

⁵² Estudio de Impacto Ambiental proyecto Tía María aprobado mediante R.D. N° 392-2014-MEM-DGAAM donde reporta concentraciones de estos metales en los puntos de muestreo de suelo: CS-04, CS-09, CS-12 y CS-14.



marino, podrían ser atribuidos a características de los suelos que presentarían en su composición a estos metales, tal como se evidencia en las concentraciones de arsénico y mercurio reportado en el área de estudio⁵³; además, para el caso del cobre, dichas concentraciones podrían ser atribuidas a las condiciones geológicas de la zona⁵⁴. Cabe señalar que, el río Tambo contiene arsénico (desde su nacimiento), por un lado, es la fuente de agua disponible utilizada para la irrigación, y cuyas filtraciones aportan agua a las lagunas de Mejía, por otro lado, el río Tambo con esta elevada concentración de arsénico desemboca al mar, pudiendo precipitar al sedimento como lo reportado en esta evaluación.

11.4.3. Hidrobiología

711. En el estudio realizado por Moreira et al. menciona que los grupos de microalgas típicas de lagunas costeras influenciadas por aportes de agua dulce y de áreas estuarinas como las clorofíceas y diatomeas, presentaron bajos valores de riqueza y abundancia de especies; sin embargo, se encontró una considerable presencia de dinoflagelados registrándose especies altamente tóxicas productoras de toxinas paralizante y diarreas. En el presente estudio se registró que la riqueza y abundancia de diatomeas y clorofitas fueron bajas; asimismo se encontró la presencia de las miozoa, conocidas como dinoflagelados, pero no se registraron las especies tóxicas o nocivas. Por otro lado, la riqueza y abundancia de microalgas registradas en la parte baja del río Tambo registró un rango de moderada a alta, a excepción del punto HB-89-AD ubicado en la quebrada Rosa María, el cual se encuentra el área del proyecto Tía María. Es preciso indicar que este punto es un cuerpo de agua con poco caudal y extremadamente pequeño.
712. Con respecto a los macroinvertebrados bentónicos en la zona marina dominaron los artrópodos en las tres réplicas del punto HB-AM-01 y en las tres réplicas del punto HB-AM-04 dominaron los artrópodos y anélidos; mientras que en los demás puntos la riqueza y abundancia disminuyó considerablemente, esto podría estar asociado a los niveles de materia orgánica o cambios en los parámetros fisicoquímicos que afectan a estas especies. Asimismo, con el índice AMBI se determinó que existe una ligera perturbación en los puntos de monitoreo evaluados.



X
A
y
v

⁵³ Estudio de Impacto Ambiental proyecto Tía María aprobado mediante R.D. N° 392-2014-MEM-DGAAM donde reporta concentraciones de estos metales en los puntos de muestreo de suelo: CS-04, CS-12 y CS-14.

⁵⁴ Bellido E. y C. Guevara. 1963. Geología de los cuadrángulos de Punta de Bombón y Clemesí 35-s y 35-t. Instituto Geológico Minero Metalúrgico-INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, N° 5. Disponible en: <http://bibliotecavirtual.ingemmet.gob.pe:84/xmlui/handle/123456789/2743>

11.5. Zona V

11.5.1. Calidad del agua

713. Los puntos evaluados en el río Tambo, desde su nacimiento hasta su desembocadura, se caracterizaron por presentar valores de pH ligeramente alcalinos, conductividades eléctricas elevadas hasta la parte media de la cuenca del río Tambo, con valores de oxígeno disuelto por encima de 6 mg/L. Resaltando que el río Ichuña presentó los mayores valores de conductividad eléctrica (3970 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y el río Coralque los menores (1398 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (cf. Tabla 10-81). Se hallaron elevadas concentraciones de cloruros principalmente en el río Ichuña (1172,5 mg/L), uno de los ríos que da origen al Tambo, además, es importante resaltar que el río Coralque presentó las menores concentraciones de cloruros (12,4 mg/L), cabe precisar que los valores registrados se mantienen constantes a lo largo de la cuenca Tambo, incumpliendo los ECA para agua (cf. Tabla 10-82). Respecto a la concentración de los metales, se encontraron elevados valores de arsénico a partir del aporte de aguas del punto AG-79 (río Omate) hasta la desembocadura del río Tambo; boro desde el nacimiento hasta la desembocadura del río Tambo; cobre y manganeso en el río Coralque; y manganeso y litio en el río Omate (cf. Tabla 10-83).

714. Los valores de CE, cloruros y metales podrían tener su origen en las múltiples fuentes termales que se concentran en la parte alta y media de la cuenca Tambo, destacando entre ellas a las fuentes termales de Tuncane, Pobaya, Ullucan, los cuales resaltan por su contribución de diversos elementos al agua como sodio (Na^+) y cloruros (Cl^-) con 88 % y 89 % eq los iones dominantes, Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} y HCO_3^- entre 2 y 9 % eq de los iones. Además, de concentraciones de elementos traza litio (Li^+), boro (B^{3+}) y arsénico (As^{3+}) con 8, 21 y 0,8 mg/L respectivamente, que caracterizan estas aguas termales volcanogénicas. Es importante mencionar, que la fuente termal Tuncane presenta un caudal de ~ 100 l/s (cf. Figura 11-14), y se ubica en el río del mismo nombre, que tributa sus aguas al río Ichuña, otorgándole dichas características a este río, de la misma forma aguas abajo, la fuente termal Pobaya aporta sus aguas al río Ichuña, aumentando así la carga de iones de origen termal al río Ichuña (aproximadamente al triple), a continuación, el río Ichuña se une con el río Paltiture, formando el Tambo; sin embargo, pese a tener el río Paltiture casi el doble de caudal que el río Ichuña, y además de estar menos mineralizado por presencia de menor cantidad de fuentes termales en el río (Tolapalca, entre otros), la cantidad de iones no disminuye. Siguiendo el recorrido del río Tambo, se presentan diversas fuentes termales de origen volcanogénico (en la zona se ubican los volcanes Ubinas, Huanaputina, Ticsani) que ayudan a mantener estas características, sobresaliendo las fuentes termales de Ullucan – Los meadores (15 fuentes termales) (cf. Figura 11-15), que aportan sus aguas (elevadas concentraciones de B y As) al río Agua Buena, Omate y finalmente al río Tambo, asentando las características particulares de este río hasta su desembocadura en el mar (Mallén, 2013; Cruz *et al.*, 2014).

1
A
4
2

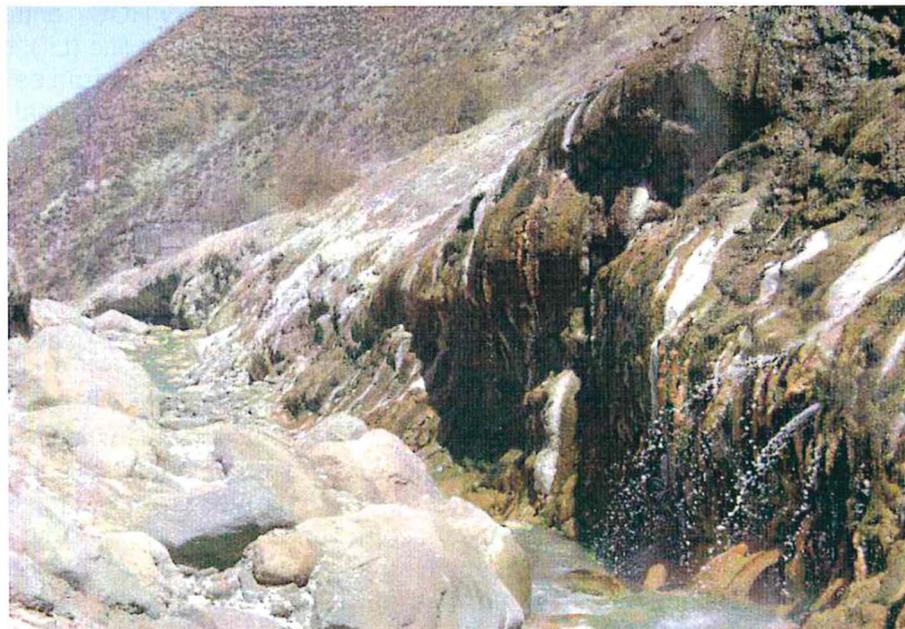


Fuente: Mallén, 2013.

Figura 11-14. Burbujas de CO₂ y otros gases en uno de los afloramientos de aguas termales en el lecho del río Tuncane.



8
A
4
2



Fuente: Cruz et al., 2014.

Figura 11-15. Fuentes termales en la zona de Ullucan – Los Meadowes, que aportan sus aguas al río Agua Buena.

11.5.2. Calidad de sedimento

715. En sedimento, se determinó la presencia de arsénico en todos los puntos evaluados a excepción del punto SD-62, ubicado en el río Paltiture que da origen al Tambo; además de cobre en el río Coralaque; y mercurio en el punto SD-61 (río Ichuña), y

en la parte baja del río Tambo (SD-84 y SD-87). La presencia de arsénico posiblemente se origina de la precipitación de este metal, que al entrar en contacto con el oxígeno atmosférico y el pH neutro en los ríos precipita en forma de hidróxido (Mallén, 2013). En tanto el cobre y mercurio dichas concentraciones podrían ser atribuidas a las condiciones mineralógicas de la zona que producto de la erosión arrastrarían estos metales al sedimento^{55,56,57,58}.

11.5.3. Hidrobiología

716. La riqueza y abundancia de microalgas de la zona V fue de moderada a alta, encontrándose una alta abundancia en los puntos del río Tambo (HB-62, HB-63, HB-32, HB-71, HB-79, HB-80, HB-85, HB-86, HB-87, HB-89, HB-90 y HB-91) en los cuales predominaron los géneros *Nitzschia*, *Gomphonema* y *Navicula*, los cuales están asociados a ecosistemas con cierto grado de contaminación relacionado con la materia orgánica. (Goncalves *et al.*, 2008).

11.5.4. Flora

717. La evaluación de flora en el Santuario Nacional de Lagunas de Mejía (SNLM), presentó el estado actual de la vegetación en los sitios de interés propuestos para el presente estudio (lugares de interés para determinar posibles cambios en el futuro). En ese sentido, la composición florística y diversidad (riqueza) de las especies que reportamos en estos sitios, guarda concordancia con lo señalado en el Plan Maestro del Santuario Nacional Lagunas de Mejía del 2015, el cual presenta e identifica las mismas formaciones vegetales, tales como Gramadal, Juncal, Salicornial, Totoral y Matorral, y dentro de ellos las especies que las caracterizan.

718. La formación Gramadal, presenta a *Distichlis spicata* y *Cynodon dactylon* como las especies más predominantes, seguidas de otras especies de menor importancia como *Paspalum vaginatum* que se encuentra en mayor proporción en zonas cercanas a sitios o áreas de cultivo; asimismo, la formación Juncal presenta a *Scirpus americanus* como especie predominante como lo señala el Plan Maestro del Santuario Nacional Lagunas de Mejía⁵⁹, sin embargo nuestro estudio llegó a determinar taxonómicamente hasta el género *Scirpus*, puesto que las descripciones taxonómicas no guardan concordancia con la descripción de dicho individuo, ni otras del mismo género hasta ahora descrito, por lo tanto, se presume como un nuevo reporte para dicha especie. Por otro lado, las formaciones Salicornial y Totoral están predominados por *Salicornia fruticosa* y *Typha angustifolia* respectivamente; finalmente la formación Matorral, correspondería a lo que se denomina monte ribereño, en el cual se reportan las especies de *Tessaria integrifolia* y otras especies del género *Baccharis*, principalmente la especie *Baccharis salicifolia*.



1
2
3
4
5

⁵⁵ Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Colquemayo" aprobado mediante R.D. N° 351-2011-MEM-AAM donde reporta concentraciones de estos metales en los puntos de muestreo de suelo: CQSU-01, CQSU-02, CQSU-03, CQSU-04, CQSU-06, CQSU-07, CQSU-08, CQSU-09, CQSU-10, CQSU-13, CQSU-15, CQSU-SU-16 CQSU-17, CQSU-18, CQSU-19.

⁵⁶ Tercera Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Chucapaca" aprobado mediante R.D. N° 345-2015-MEM-DGAAM.

⁵⁷ Estudio de Impacto Ambiental proyecto Tía María aprobado mediante R.D. N° 392-2014-MEM-DGAAM donde reporta concentraciones de estos metales en los puntos de muestreo de suelo: CS-04, CS-12 y CS-14.

⁵⁸ Bellido E. y C. Guevara. 1963. Geología de los cuadrángulos de Punta de Bombón y Clemesí 35-s y 35-t. Instituto Geológico Minero Metalúrgico-INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, N° 5. Disponible en: <http://bibliotecavirtual.ingemmet.gob.pe:84/xmlui/handle/123456789/2743>

⁵⁹ Aprobado mediante Decreto Supremo N° 015-84-AG, disponible en www.sernanp.gob.pe/lagunas-de-mejia



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

719. La flora vascular del SNLM presentó un patrón similar a otros humedales costeros, registrando como familias más dominantes a Poaceae, Cyperaceae y Asteraceae. Nuestros resultados señalan que el número promedio de especies registradas (25), se encontró dentro de lo esperado para este tipo de ecosistemas, tal como se reporta en los humedales de ventanilla, donde se registraron 20 especies de flora silvestre⁶⁰; además, de registrarse 33 especies naturales en los humedales de Santa Rosa, ambos ecosistemas similares al que presenta el SNLM⁶¹.



1
2
3
4
5

⁶⁰ Aponte, H.; Ramírez, W., 2014. Riqueza florística y estado de conservación del área de conservación regional humedales de Ventanilla, Callao, Perú. *The Biologist*, Lima. Vol. 12, N°2, jul-dec 2014.

⁶¹ Ramírez, Damaso w.; Aponte, Hector y Cano, Asunción. Flora vascular y vegetación del humedal de Santa Rosa (Chancay, Lima). *Rev. Perú Biol.* [online]. 2010, vol.17, n.1 [citado 2016-06-23], pp.105-110. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S172799332010000100012&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1727-9933.

12.0. CONCLUSIONES

12.1. Calidad de agua

a. Zona I

(i) En el sector Itapallone, respecto a los parámetros de campo, se presentaron valores de pH ácidos en los puntos de las quebradas Juttaiccaca, sin nombre y Corire (cuyos valores variaron entre 3,17 y 5,73), y pH ligeramente alcalinos en la quebrada Itapallone (8,45) y el río Ichuña (8,72), en ambos casos se incumplieron con los rangos establecidos en los ECA para agua Cat3D1 (6,5 – 8,5) y Cat3D2 (6,5 – 8,4). Sólo el punto ubicado en el río Crucero (pH: 8,01) cumplió con los rangos establecidos en los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. Respecto a la conductividad eléctrica (CE) todos los puntos a excepción de los ubicados en el río Crucero e Ichuña cumplieron con los ECA para agua Cat3D1 (2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y Cat3D2 (5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Por otro lado, todos los puntos presentaron valores de oxígeno disuelto que cumplieron con los ECA para agua Cat3D1 (valor mínimo 4 mg/L) y Cat3D2 (valor mínimo 5 mg/L). Los valores de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO), bicarbonatos, cianuro wad, nitritos y sulfatos cumplieron con los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. No obstante, los cloruros incumplieron los ECA para agua Cat3D1 (500 mg/L), sólo en los puntos ubicados en los ríos Crucero e Ichuña. Las concentraciones de metales (Al, B, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Pb y Zn) excedieron los ECA para agua en algunos puntos ubicados en las quebradas Corire, sin nombre, resaltando las concentraciones elevadas de boro en los puntos de los ríos Crucero e Ichuña que incumplieron los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. Los valores de pH, CE, cloruros y metales, son posiblemente originados por la presencia de manantiales ácidos y alcalinos, y de fuentes termales volcanogénicas que afloran en este sector, además de la naturaleza geológica y la existencia de pasivos ambientales.

(ii) El sector Agani, en relación a los parámetros de campo, presentó valores de pH alcalinos (cuyos valores variaron entre 7,8 y 8,77) incumpliendo en algunos puntos los rangos de los ECA para agua Cat3D1 (6,5 – 8,5) y Cat3D2 (6,5 -8,4). Los valores de conductividad eléctrica cumplieron con los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2, a excepción de los puntos ubicados en los ríos Ichuña y Tambo. Por otro lado, todos los puntos evaluados presentaron valores de oxígeno disuelto que cumplieron con los ECA para agua Cat3D1 (valor mínimo 4 mg/L) y Cat3D2 (valor mínimo 5 mg/L). Los valores de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO), bicarbonatos, cianuro wad, nitritos y sulfatos cumplieron con los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. No obstante, los cloruros incumplieron los ECA para agua Cat3D1, en los puntos ubicados en los ríos Ichuña, Paltiture y Tambo. Las concentraciones de metales como manganeso, en el punto ubicado en la quebrada Jamochini, y boro en los puntos de los ríos Ichuña, Paltiture y Tambo incumplieron los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. Los valores de pH, CE, cloruros y metales, posiblemente se deban a los manantiales alcalinos, fuentes termales y pasivos ambientales existentes en este sector.

- (iii) El sector Tassa, se caracterizó por presentar pH ligeramente alcalino (pH: 7,89 – 8,55), que sólo en el río Tassa (AG-69) incumplió el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. Los valores de conductividad eléctrica que incumplieron los ECA para agua, sólo en los puntos ubicados en el río Tambo. Por otra parte, todos los puntos presentaron valores de oxígeno disuelto que cumplieron con los ECA para agua. Los valores de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), bicarbonatos, cianuro wad, nitritos y sulfatos cumplieron con los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. El boro fue el único metal que incumplió los ECA para agua Cat3D1 en los puntos AG-68, AG-69, AG-70 y AG-71 de los ríos Tassa y Tambo, adicionalmente incumplió el ECA para agua Cat3D2 en el punto AG-69 del río Tassa. Estos valores de pH, CE, cloruros y boro, podrían ser atribuidos a los manantiales alcalinos y fuentes termales que aportan sus aguas a los cuerpos de agua de este sector.
- (iv) La laguna Tinquicocha presentó un pH que incumplió el ECA para agua, Cat4E1-Lagunas y Lagos. Los valores de conductividad eléctrica y oxígeno disuelto cumplieron los ECA para agua Cat4E1. Por otro lado, los parámetros DBO₅, cromo hexavalente, nitratos y nitrógeno total, además de los metales como el antimonio, arsénico, bario, cadmio, cobre, mercurio, níquel, plomo, selenio, talio y zinc cumplieron el ECA para agua Cat4E1. En cambio, el fósforo total presentó un valor que incumplió los ECA para agua Cat4E1.

b. Zona II

- (v) La evaluación de los parámetros de campo en la mayoría de puntos del grupo 1 (ambientes no influenciados por actividades mineras) presentaron valores de pH ácidos incumpliendo los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2, Cat4E1 y Cat4E2, sólo los puntos ubicados en la quebrada Hualcani (AG-04) y río Titire (AG-09) presentaron valores dentro del rango establecido en los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2, Indicando que estas zonas presentan naturalmente aguas ácidas. En el grupo 2 (ambientes directamente influenciados por actividades mineras), todos los puntos evaluados presentaron valores ácidos, a excepción del punto en el río Margaritani (AG-18) con pH de 12,99 posiblemente por la cal utilizada en la neutralización del agua. En el grupo 3 (ambientes indirectamente influenciados por actividades mineras) se mantienen valores ácidos (3,00 a 4,78) hasta después de la confluencia del río Aruntaya con el río Titire, reflejando la influencia de la acidez del agua proveniente del grupo 2. Aguas abajo del río Titire, el pH se incrementa en los ríos Coralque y Tambo debido al aporte de otras fuentes de agua. La acidez del grupo 2 podría ser atribuida a la naturaleza hidrogeológica y mineralizada de la zona como a las actividades mineras que se realizan en el entorno a estos cuerpos de agua y pueden estar influyendo en los resultados obtenidos en el grupo 3.

- (vi) La conductividad eléctrica en todos los puntos del grupo 1 cumplieron con los ECA para agua Cat4E2, a excepción del punto ubicado en la quebrada Hualcani (CE: 1228 µS/cm). El grupo 2 presentó en su mayoría valores por encima de los ECA para agua Cat3D1, en las quebradas Margaritani (AG-21 y AG-22) y Apostoloni (AG-25 y AG-29), así como posterior a la confluencia de ambas formando el río Margaritani (AG-24 y AG-18). En el grupo 3, sólo los puntos ubicados en el río Tambo (AG-32 y AG-33) presentaron valores por encima de los ECA para agua. Por lo tanto, los altos niveles de CE en el grupo 2, indicarían la presencia de iones como sulfatos, metales, entre otros, que podría ser atribuida además de la naturaleza geológica de la zona, a las actividades mineras que se desarrollan. Por otro lado, los valores de de oxígeno



8
A
e
2

disuelto todos los grupos evaluados cumplieron con los valores establecidos en los ECA para agua Cat3D1, Cat3D2, Cat4E1 y Cat4E2.

- (vii) Respecto a los parámetros de laboratorio, los resultados de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), bicarbonatos, cromo hexavalente, fosfatos, cloruros, nitratos, nitritos, y nitrógeno total en la mayoría de los puntos de monitoreo de los grupos evaluados cumplen con los estándares establecidos en los ECA para agua, Cat3D1, Cat3D2 Cat4E1 y Cat4E2-Ríos-Costa y Sierra.
- (viii) El cianuro wad solamente fue encontrado en el grupo 2, en los puntos AG-27 (0,013 mg/L), AG-28 (0,032 mg/L), AG-29 (0,009 mg/L), AG-30 (0,015 mg/L) y en el río Margaritani en el punto AG-18 (0,010 mg/L), en concentraciones que cumplieron con los ECA para agua, Cat3D1 y Cat3D2, cuya presencia pueda deberse a su uso en el pad de lixiviación N°3 y las pozas de soluciones aguas arriba de dichos puntos de monitoreo donde se utiliza el cianuro para la lixiviación del oro. Es importante precisar que el punto AG-27 se ubica aguas arriba del punto de vertimiento (PM-02) y aguas abajo del PAD de lixiviación N°3 y de las pozas de soluciones y de grandes eventos.
- (ix) Las concentraciones de sulfatos en el grupo 1 se encontraron por debajo de los ECA para agua, Cat3D1 y Cat3D2, a excepción del punto ubicado en la quebrada Queullirijahuiri AG-13 (1300,9 mg/L). En el grupo 2, la mayoría de puntos excedieron los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2, registrando concentraciones entre 1203,4 y 2412,7 mg/L, a excepción del punto AG-26 ubicado en la quebrada Apostoloni con 905,6 mg/L. En el grupo 3, solamente los puntos ubicados en el río Queullirijahuiri (AG-19 y AG-07), posterior a la zona influenciada por la actividad minera (grupo 2), presentaron concentraciones por encima de los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. Aguas abajo de estos puntos, estas concentraciones van disminuyendo debido al incremento del caudal, por el aporte de otros tributarios desde el río Aruntaya hasta el Tambo. Las altas concentraciones en el grupo 2, además de la naturaleza geológica de la zona, podrían ser atribuidas a las actividades mineras que se desarrollan ya que exponen materiales sulfurosos a oxidación.
- (x) Los metales cadmio, cobre, níquel, plomo y zinc en el punto AG-01 (quebrada Hualcani) del grupo 1, superaron las concentraciones establecidas en los ECA para agua, Cat4E2. En los puntos de la quebrada y río Queullirijahuiri, los metales: aluminio, cadmio, cobalto, hierro, manganeso, níquel y zinc superaron los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2, sugiriendo que naturalmente esta zona es altamente mineralizada. Por otro lado, en el grupo 2, los metales: aluminio, arsénico, cadmio, cobalto, cobre, cromo, hierro, manganeso, níquel, plomo y zinc, presentaron elevadas concentraciones que superaron los ECA para agua, Cat3D1 y Cat3D2, cuyas concentraciones podrían producirse debido a la naturaleza hidrogeológica y mineralizada como a las actividades de cierre minero que se desarrollan en la zona.
- (xi) En el punto AG-19, donde se reúnen las aguas de los ríos Margaritani (AG-18) del grupo 2 y Queullirijahuiri (AG-17) del grupo 1, se presentaron concentraciones elevadas de arsénico, cadmio, cobalto, cobre, níquel, plomo y zinc, que incumplieron los ECA para agua; sin embargo, dichas concentraciones no superaron los ECA para agua en el punto AG-17. De acuerdo a lo señalado, el incrementando de las concentraciones de los metales mencionados, se deben al aporte de las aguas del río Margaritani, ubicado aguas debajo de las actividades mineras.



- (xii) Los valores ácidos de pH, la baja alcalinidad (bicarbonatos), las concentraciones elevadas de sulfatos y de metales (aluminio, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso, níquel, plomo y zinc) obtenidas en el grupo 2 en comparación con los puntos de referencia (grupo 1), además de la persistencia de estos parámetros en el grupo 3, sugieren que las actividades mineras posiblemente estarían generando un drenaje ácido.

c. Zona III

- (xiii) Esta zona en relación a los parámetros de campo, presentó valores de pH (entre 6,77 y 8,28) cumpliendo en todos los puntos evaluados, los rangos de los ECA para agua Cat3D1 (6,5 – 8,5) y Cat3D2 (6,5 -8,4). Las conductividades eléctricas incumplieron los ECA para agua Cat3D1 (2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) sólo en los puntos ubicados en el río Agua Buena (4120 $\mu\text{S}/\text{cm}$), Vagabundo (3960 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y Omate (2930 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Por otra parte, todos los puntos presentaron valores de oxígeno disuelto que cumplieron con los ECA para agua Cat3D1 (valor mínimo 4 mg/L) y Cat3D2 (valor mínimo 5 mg/L). Además, los valores de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO), bicarbonatos, cianuro wad, nitritos y sulfatos cumplieron con los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. Sin embargo, los cloruros incumplieron los ECA para agua Cat3D1 (500 mg/L) en los puntos ubicados en los ríos Agua Buena, Vagabundo y Omate. Adicionalmente, se presentaron concentraciones de metales (As, B, Li y Mn) en la mayoría de puntos evaluados, los cuales excedieron los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2, destacando los puntos ubicados aguas abajo del río Agua Buena. Finalmente, los valores de pH, CE, cloruros y metales, probablemente puedan tener un origen natural en manantiales y aguas termales volcanogénicas de Ullucan-Los Meadores que afloran en este sector.

d. Zona IV

- (xiv) Los ambientes lóticos en esta zona, presentaron valores de pH (entre 4,43 – 8,29) cuyo valor inferior, registrado en la quebrada Rosa María (AG-109) fue el único que incumplió los rangos establecidos en los ECA para agua Cat3D1 (6,5 – 8,5) y Cat3D2 (6,5 – 8,4). Las conductividades eléctricas incumplieron los ECA para agua Cat3D1 (2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y Cat3D2 (5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) en los puntos AG-88 y AG-109 (quebrada Rosa María); y únicamente el ECA para agua Cat3D1 en el punto AG-91 (desembocadura de río Tambo). En relación al oxígeno disuelto, todos los puntos evaluados cumplieron los ECA para agua Cat3D1 (valor mínimo 4 mg/L) y Cat3D2 (valor mínimo 5 mg/L), a excepción del punto AG-88, ubicado en la quebrada Rosa María (1,34 mg/L). Por otro lado, los valores de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), aceites y grasas, bicarbonatos, cianuro wad, nitritos y sulfatos cumplieron con los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. En cambio, los valores de demanda química de oxígeno (DQO) en los puntos ubicados en la quebrada Rosa María, presentaron valores que excedieron los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (40 mg/L), de la misma forma, los cloruros excedieron los ECA para agua Cat3D1 (500 mg/L) en los puntos ubicados en la quebrada Rosa María y en el río Tambo. Las concentraciones de arsénico y boro que se presentaron en todos los puntos evaluados en el río Tambo; y de boro y magnesio en los puntos ubicados en la quebrada Rosa María incumplieron los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. Los valores de pH, CE, oxígeno disuelto, cloruros y metales como boro y magnesio registrados en la quebrada Rosa María, estarían presumiblemente relacionados a la naturaleza del agua (afloramiento de agua subterránea) y las características geológicas de la zona. En el río Tambo, los valores de CE, cloruros y metales como arsénico y boro probablemente son producto del



A
4
2



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

aporte de aguas provenientes de manantiales y fuentes termales volcanogénicas en la parte alta y media de la cuenca Tambo.

- (xv) Los ambientes lénticos evaluados en la zona IV, presentaron valores de pH (entre 7,49 – 9,09) ligeramente alcalinos, y cuyo valor superior superó los rangos establecidos en los ECA para agua Cat4E1-Lagunas y Lagos (6,5 – 9,0) únicamente en el punto AG-100, ubicado en las Lagunas Iberia. Los valores de conductividad eléctrica incumplieron con los ECA para agua Cat4E1 (1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ya que presentaron valores (entre 5190 - 10990 $\mu\text{S}/\text{cm}$) en todos los puntos evaluados. Por otra parte, todos los puntos presentaron valores de oxígeno disuelto que cumplieron con los ECA para agua Cat4E1 (valor mínimo ≥ 5 mg/L) a excepción de algunos puntos (AG-95, AG-96 y AG-106) ubicados en las Lagunas Iberia. Los valores de aceites y grasas, cromo hexavalente y nitratos cumplieron con los ECA para agua Cat4E1-Lagunas y Lagos. En cambio, los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), sólidos totales suspendidos (STS), fósforo total y nitrógeno total presentaron concentraciones que incumplieron en algunos puntos los ECA para agua Cat4E1-Lagunas y Lagos. Las concentraciones de plomo incumplieron los ECA para agua Cat4E1-Lagunas y Lagos (0,0025 mg/L) en todos los puntos evaluados, a excepción del punto AG-97 (0,002 mg/L), ubicado en las Lagunas Iberia, de la misma forma, el zinc presentó un valor (0,285 mg/L) que incumplió los ECA para agua Cat4E1-Lagunas y Lagos (0,12 mg/L) únicamente en el punto AG-92, ubicado en la laguna Mejía. Los altos valores de conductividad eléctrica posiblemente se originan en las aguas de escorrentía de agua superficial y por el aporte de la napa freática proveniente del río Tambo, además del aporte de agua marina, que forman a estas lagunas, las concentraciones de DBO_5 , STS, fósforo y nitrógeno total se relacionan presumiblemente a las actividades antropogénicas que se desarrollan en áreas aledañas a estas lagunas. En relación a las concentraciones de plomo y zinc se presume que se originan producto de la erosión de los suelos, así como, las características geológicas en la que se ubican las lagunas.

- (xvi) El ambiente marino, presentó valores de pH (entre 7,21 y 8,5 unidad de pH) que cumplieron con los rangos establecidos en los ECA para agua Cat2C2 y Cat2C3 (6,8 -8,5). De la misma manera, los valores oxígeno disuelto (entre 3,22 y 8,64 mg/L) cumplieron con los ECA para agua Cat2C2 (≥ 3 mg/L) y Cat2C3 ($\geq 2,5$ mg/L). Así mismo, los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), aceites y grasas, sólidos totales suspendidos (STS), cromo hexavalente, fósforo total, nitratos y sulfuros presentaron concentraciones que cumplieron con los ECA para agua Cat2C2 y Cat2C3 en todos los puntos evaluados, a excepción del fósforo total en el punto AM-08 a nivel de fondo. Los metales (Sb, As, B, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se y Zn) presentaron concentraciones que cumplieron con los ECA para agua Cat2C2 y Cat2C3, a excepción del plomo en los puntos AM-08 a nivel superficial y AM-11 a nivel superficial y de fondo. Estas concentraciones de plomo, se presumen que se originan producto de la erosión de los suelos (que contienen a este metal) por el agua utilizada en agricultura que se desarrolla en la zona.



↑

x
x
4
2

e. Zona V

- (xvii) El río Tambo presentó valores de pH alcalinos (entre 7,95 y 8,55) desde su nacimiento a su desembocadura, incumpliendo los rangos establecidos en los ECA para agua Cat3D1 (6,5 – 8,5) y Cat3D2 (6,5 – 8,4) sólo en los puntos ubicados en los ríos Paltiture (AG-62), Tassa (AG-69) y Tambo (AG-32 y AG-33). Respecto a la conductividad eléctrica (CE) solamente los puntos ubicados en los ríos Ichuña (AG-61), Tambo (AG-63, AG-70, AG-71, AG-32, AG-33 y AG-91) y Omate (AG-79) incumplieron los ECA para agua Cat3D1 (2500 μ S/cm). Por otro lado, todos los puntos presentaron valores de oxígeno disuelto que cumplieron con los ECA para agua Cat3D1 (valor mínimo 4 mg/L) y Cat3D2 (valor mínimo 5 mg/L). Los valores de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), aceites y grasas, bicarbonatos, cianuro wad, nitritos y sulfatos cumplieron con los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. En cambio, los cloruros incumplieron los ECA para agua Cat3D1 (500 mg/L) en la mayoría de los puntos evaluados. Las concentraciones de metales como: arsénico en todos los puntos evaluados a partir del aporte de agua del río Omate (AG-79) al río Tambo; boro en todos los puntos evaluados desde la nacimiento del río Tambo hasta su desembocadura en el mar; cobre y manganeso en el río Coralque; y manganeso y litio en el río Omate incumplieron los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. Los valores de pH, CE, además de las concentraciones de cloruros, y metales se presume que tengan su origen en las múltiples fuentes termales ubicadas en la parte alta y media de la cuenca del río Tambo, que aportan sus aguas a estos ríos, además, de las características geológicas de la zona (volcanes Ubinas, Huaynaputina, Ticsani).

12.2. Calidad de sedimento

- (xviii) Las concentraciones de metales totales obtenidas en sedimentos, comparadas referencialmente con la norma canadiense (CEQG), superaron el valor PEL (el cual indica que usualmente podrían presentarse efectos biológicos adversos) para arsénico en todos los puntos evaluados; asimismo se registró mercurio y plomo en las quebradas Corire; y zinc en el río Crucero. La presencia de estos metales probablemente son producto de la precipitación de estos elementos presentes en el agua, provenientes de manantiales y fuentes termales, así también, obedecerían al arrastre de estos elementos presentes en los pasivos ambientales, ubicados aguas arriba de los puntos evaluados, sin embargo; no se descartan otras fuentes asociadas a la mineralogía de la zona. Similares comportamientos fueron observados en los sectores Agani, donde se presentaron elevadas concentraciones de arsénico en la quebrada Jamochini; además, de mercurio en el río Ichuña y; en el sector Tassa se presentaron arsénico en el río Tambo, y cadmio, plomo y zinc en el río Tassa.

- (xix) Las concentraciones de metales totales obtenidas en sedimentos de la zona II comparadas referencialmente con la norma canadiense (CEQG), superaron el valor PEL (el cual indica que usualmente podrían presentarse efectos biológicos adversos) para arsénico en la mayoría de puntos evaluados; además de plomo el punto ubicado en la quebrada Queullirijahuiri (SD-13) en el grupo 1 (puntos no influenciados por las actividades mineras), la presencia de estos metales podría ser atribuida a la naturaleza hidrogeológica y mineralizada de la zona. En el grupo 2, el arsénico en todos los puntos evaluados; mercurio y plomo en los puntos de la quebrada Apostoloni y río Margaritani superaron el valor PEL, probablemente debido a las condiciones hidrogeológicas naturales y la mineralización de la zona, no obstante, se presume que estos valores pudieron ser incrementados por las actividades mineras que se desarrollan en la zona. En el grupo 3, se registraron valores de arsénico por

encima del PEL en la mayoría de los puntos evaluados y sus concentraciones se relacionarían, por un lado, con las actividades mineras que se desarrollan en la zona, y por otro lado con las naturaleza hidrogeológica y mineralizada de la zona.

- (xx) Las concentraciones de metales totales obtenidas en sedimentos, comparadas referencialmente con la norma canadiense (CEQG), superaron el valor PEL (el cual indica que usualmente podrían presentarse efectos biológicos adversos) para arsénico en todos los puntos evaluados a excepción de los ubicados en el río Amarillo; asimismo se registró mercurio en el río Vagabundo (SD-78). La presencia de arsénico probablemente sea producto de la precipitación de este elemento presente en el agua, proveniente de manantiales y fuentes termales; asimismo, estas concentraciones de metales obtenidas podrían ser atribuidas a la mineralización del área de estudio.
- (xxi) Las concentraciones de metales totales obtenidas en sedimentos de los ambientes lóticos de la zona IV, comparadas referencialmente con la norma canadiense (CEQG), superaron el valor PEL (el cual indica que usualmente podrían presentarse efectos biológicos adversos) para arsénico en los puntos (SD-84, SD-85 y SD-90) ubicados en el río Tambo; asimismo se registró cobre en la quebrada Rosa María (SD-89-AD) y; mercurio en el punto SD-84, ubicado en el río Tambo. Además, en los ambientes lénticos, las concentraciones de arsénico superaron el valor PEL de referencia en los puntos SD-96 y SD-107, ubicados en las Lagunas Iberia. Así mismo, en el ambiente marino, sólo un punto SD-AM-13 (0,81 mg/L) ubicado frente a la playa El Sombrero superó en valor PEL (0,70 mg/L) de la norma de referencia. La presencia de estos metales podría ser atribuida a la naturaleza geológica del área de estudio.
- (xxii) Las concentraciones de metales totales obtenidas en sedimentos a lo largo del río Tambo y sus tributarios, comparadas referencialmente con la norma canadiense (CEQG), superaron el valor PEL (el cual indica que usualmente podrían presentarse efectos biológicos adversos) para arsénico en los puntos (SD-71, SD-80, SD-84, SD-85 y SD-90) ubicados en el río Tambo; Coralque (SD-31); y Omate (SD-79); asimismo, se registró mercurio en los ríos Ichuña (SD-61) y Tambo (SD-84). La presencia de arsénico probablemente sea producto de la precipitación de este elemento presente en el agua, proveniente de manantiales y fuentes termales; asimismo, las concentraciones de metales obtenidas podrían ser atribuidas a la mineralización del área de estudio.

12.3. Hidrobiología

- (xxiii) En general en la zona I con relación a las microalgas el grupo dominante fue Bacillariophyta o diatomeas; en el sector Itapallone en los puntos HB-37, HB-40, HB-43, HB-44 y HB-45 se registró una baja riqueza y abundancia asociada a las aguas ácidas (zonas mineralizadas); en el sector Agani se destacó la presencia de los géneros *Nitzschia* y *Navicula* asociados a polución orgánica. Por ultimo en el sector Tassa las especies *Ulnaria ulna* y *Surirella brebissonii* fueron las más dominantes. Por otro lado, en el punto de monitoreo HB-35 ubicado en la laguna Tinquicocha, se encontró en buenas condiciones de acuerdo al análisis de fitoplancton y zooplancton realizado. Además, se registraron las especies de *Trichomycterus sp.* (especie indicadora de aguas limpias) y *Onchorhynchus mykiss* (especie introducida) en el punto HB-46 y solo se evidenció la presencia *O. mykiss* en el punto HB-59.

- (xxiv) La zona II registró una alta abundancia de clorofitas en el punto HB-16 (laguna Tucari), lo cual se estaría ocasionando un proceso de eutrofización en la laguna. Según las microalgas encontradas en los ambientes lóticos, se puede inferir que en las zonas no afectadas por la minería se encuentran conservadas; mientras que en las zonas afectadas por esta actividad mostraron una disminución en la riqueza de microalgas excepto en los puntos HB-21 y HB-25. Adicionalmente, se evidenció la presencia de la especie *Onchorhynchus mykiss* (especie introducida) en el punto HB-09.
- (xxv) Se evidenció que en los puntos (HB-74 y HB-75) ubicados en los ríos Agua Buena y Amarillo de la zona III, las microlagas estarían siendo afectadas por el incremento de las concentraciones de arsénico, boro y manganeso.
- (xxvi) Los puntos de monitoreo evaluados en la zona IV, correspondiente a la zona de las lagunas de Mejía indican que la riqueza y abundancia de fitoplancton son moderadas; sin embargo, existe la presencia de miozoa que podrían causar algún daño de toxicidad sino son controladas. Además, se registraron y observaron cardumen de las especies *Oreochromis niloticus* y *Mugil cephalus*. Los puntos de monitoreo ubicados en la parte baja del río Tambo presentaron una riqueza y abundancia moderada excepto el punto HB-89-AD, ya que este punto es un afloramiento de agua subterránea. Adicionalmente, se evidenció la presencia de dos especies de peces en el río Tambo *Poecilia reticulata* en el punto HB-85 y *Mugil cephalus* en los puntos HB-90 y HB-91. Con respecto a los macroinvertebrados bentónicos en la zona marina existe un cierto grado de perturbación de acuerdo al índice AMBI.
- (xxvii) La presencia de microalgas de los géneros *Nitzschia*, *Gomphonema* y *Navicula*, en más de cinco especies encontradas en esta zona V nos estarían indicando un grado moderado de perturbación en los puntos de monitoreo ubicados en los ríos Paltiture (HB-62), Omate (HB-79) y Tambo (HB-63, HB-32, HB-71, HB-80, HB-85, HB-86, HB-87, HB-89, HB-90 y HB-91).



12.4. Flora

- (xxviii) La composición taxonómica de las especies de flora de los transectos evaluados en el Santuario Nacional Lagunas de Mejía corresponde a los ecosistemas "humedales", propios de este sistema biológico. Sin embargo, se determinó que, la agrupación vegetal matorral, es la única que se diferencia respecto a la vegetación propia de estos humedales.
- (xxix) La agrupación matorral resultó ser la más diversa, con 12 especies en su composición, presentando una mayor diversidad debido a las condiciones ambientales que tiene a disposición, como agua y suelo, más estables para el crecimiento de diversas familias botánicas.
- (xxx) La cobertura observada para las diferentes especies refleja la dominancia y buen estado de conservación de las agrupaciones vegetales tales como, matorral, totorales, juncales, gramadales y salicorniales.



X
X
4
2



12.5. Fauna

- (xxxii) La riqueza y diversidad de especies de aves en el Santuario Nacional Lagunas de Mejía, es típica de los humedales de la costa de Perú, encontrando especies de amplia distribución y especies de distribución restringida, además, de especies propias del lugar y migratorias.
- (xxxiii) Se registraron un total de 56 especies pertenecientes a 30 familias y 14 órdenes, estas especies representaron un 53.06 % del listado de aves comunes del Santuario Nacional Lagunas de Mejía.
- (xxxiv) La mayor riqueza de especies se encontró en el complejo de lagunas con 29 especies, seguida del monte ribereño y playa arenosa con 14 especies, de acuerdo a la caracterización realizada en las estaciones de monitoreo conforme a los hábitats registrados.
- (xxxv) Se registró una de las poblaciones más grandes de la especie residente *Anas cyanoptera* con más de 4 000 individuos, por lo que el Santuario Nacional de Lagunas de Mejía constituiría un importante refugio y lugar de reproducción para esta especie.
- (xxxvi) Se registraron mayormente especies residentes siendo *Anas cyanoptera* la más representativa y abundante, diez especies migratorias correspondientes a andina: *Podiceps occipitalis*, *Phoenicopterus chilensis*, *Plegadis ridgwayi* e *Himantopus mexicanus*; boreal o austral: *Pandion haliaetus*, *Leucophaeus modestus*, *Arenaria interpres*, *Tringa flaviceps*, *Phalaropus tricolor*, *Muscisaxicola maclovianus*, *Hirundo rustica* y; amazónico: *Rynchops niger*. Además, la especie ocasional *Jabiru mycteria*.
- (xxxvii) En los índices de similitud y reemplazo de especies mostraron que las aves están agrupadas de acuerdo a su preferencia de hábitat, registrando que el grupo de las aves terrestres usan la vegetación de los hábitats monte ribereño, salicornial y gramadal, otro grupo de aves está conformado por las aves acuáticas que se encontraron en el complejo de lagunas y el tercer grupo está conformado por las aves que usan las playas arenosas y el estuario. Esta preferencia se basa principalmente por la disponibilidad de alimento, incluso refugio y reproducción.
- (xxxviii) En la zona de evaluación se ha logrado registrar especies amenazadas características de los humedales costeros, especies de aves marinas y una especie característica del monte ribereño (*Xenospingus concolor*).

12.6. Hidrogeología

- (xxxviii) Se identificaron dos unidades hidrogeológicas principales: el acuífero poroso no consolidado de Mejía con valores de permeabilidad que varían de 0,9945 a 6,987 m/día y los acuitardos correspondientes a rocas metamórficas, volcánicas intrusivas y sedimentarias con valores que varían de $2,53 \times 10^{-04}$ a $1,02 \times 10^{-01}$ m/día.
- (xxxix) Los puntos PZ-1 al PZ-8, SA-1 (piezómetros), AG-88 y el AG-89 (manantial y filtraciones) del ámbito del proyecto de Tía María presentaron un sistema de flujo regional, lo que obedecería al mayor tiempo de residencia y circulación en la unidad hidrogeológica.



- (xi) Las relaciones iónicas rNa/rCl y $rMg-Ca/rCl$ determinaron que los puntos AG-97, AG-99 y AG-106 (lagunas de Mejía) corresponden a agua de mezcla (agua continental y agua marina) con mayor presencia de agua de mar y; los puntos AG-88, AG-109, PZ-1 al PZ-8 y SA-1 (agua subterránea) corresponden a aguas continentales, cuyo origen estaría asociada a la alteración de rocas intrusivas. Por otro lado, los puntos AG-89 al AG-91 (río Tambo); AG-92 al AG-94, AG-100 al AG-105, AG-107 y AG-108 (lagunas de Mejía), presentarían características hidroquímicas relacionadas al lavado de materiales aluviales y marinos; sin embargo, se precisa que los últimos puntos ubicados en la laguna de Mejía, corresponden a agua de mezcla (agua continental y agua marina) pero con mayor influencia de aguas continentales.
- (xli) Las relación iónica rB/rCl definieron que las aguas subterráneas (PZ-1 al PZ-8, AG-88 y AG-109) presentaron concentraciones menores a 1 meq/L, mientras que los puntos ubicados en el río Tambo presentaron valores superiores a 1 meq/L, evidenciando que la procedencia de la recarga del acuífero Mejía proviene principalmente del río Tambo; por otro lado, los valores mayores a 1 meq/L obtenidos en las lagunas de mejía (1,72 a 3,11 meq/L) estaría atribuida a las actividades antrópicas relacionadas al uso de fertilizantes en la actividad agrícola y/o al vertimiento de aguas residuales de poblaciones adyacentes.
- (xlii) La recarga de las lagunas de Mejía (acuífero libre) proviene principalmente por el aporte del río Tambo a través de sistemas de riego por inundación aplicados en la actividad agrícola, ratificándose con el análisis hidroquímico realizado y; su descarga se realiza por medio de drenajes que evacúan al mar y por procesos de evaporación y evapotranspiración y; la recarga de las aguas subterráneas ubicadas en el proyecto Tía María se asocian a precipitaciones pluviales históricas que podrían estar asociadas a eventos del fenómeno El Niño.
- (xliii) Debido a las condiciones hidrogeológicas superficiales observadas en el SNLM (nivel de agua poco profunda o rápida escorrentía superficial), evidenciaría la saturación del acuífero, sobre todo en el sector donde se ubican las lagunas; sin embargo, conforme al análisis geológico, la zona del acuífero poroso no consolidado (zona no saturada) presentaría hasta una profundidad de 25 metros. A partir de esta profundidad (25 m), y conforme a los valores de resistividad eléctrica de 15 - 30 $\Omega.m$, se presenta la zona correspondiente al acuífero poroso no consolidado (zona saturada), conformado por estructuras de distintas características litologías deltaicas (gravas, arenas, limos y arcillas) con buen potencial de retención de agua en sus poros; esta zona se ubicaría en promedio hasta una profundidad de 50 metros; seguido, se ubicaría la parte del acuífero considerada como zona de mezcla (aguas marinas y continentales); la cual, presentaría resistividades en el rango de 10 - 25 $\Omega.m$ y tendría un espesor de unos 10 metros en promedio. Finalmente, debajo de esta zona, se presentaría el acuífero poroso no consolidado (saturado – ambiente marino) con valores de resistividad menores a los 10 - 25 $\Omega.m$.
- (xliv) No se evidenció un flujo subterráneo profundo de aguas continentales en el acuífero Mejía que pueda atenuar la intrusión marina existente; por tanto, se presume que sería poco probable la existencia de un flujo subterráneo proveniente del proyecto Tía María hacia las lagunas de Mejía.



Handwritten marks: a checkmark, a star, the number 4, and a squiggle.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

13.0. RECOMENDACIONES

720. Remitir el presente informe a la Dirección de Supervisión del OEFA, para conocimiento y atención correspondiente.



J
A
y
2

**14.0. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Acosta J. y Huanacuni D. (2008). Instituto Geológico Minero Metalúrgico – INGEMMET. Informe sobre la relación del volcanismo Mio-Plioceno con la franja de depósitos epitermales de Au-Ag en la cordillera occidental del sur del Perú (Arequipa-Puno). Estudio de los Volcánicos Cenozoicos del sur del Peru y su relación con la Metalogenia.

Afli, A., Ayari, R., Zaabi, S., (2008). Ecological quality of some Tunisian coast and lagoon locations, by using benthic community parameters and biotic indices. Estuarine, Coastal and Shelf Science 80, 269–280.

Angelo RT, Cringan MS, Chamberlain DL, Stahl AJ, Haslouer SG, Goodrich CA (2007) Residual effects of lead and zinc mining on freshwater mussels in the Spring River Basin (Kansas, Missouri, and Oklahoma, USA). Sci Total Environ 384:467–496

APG III. (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. Botanical Journal of the Linnean Society 161:105-121.

Aponte, H.; Ramírez, W., (2014). Riqueza florística y estado de conservación del área de conservación regional humedales de Ventanilla, Callao, Perú. The Biologist, Lima. Vol. 12, N°2, jul-dec 2014.

Arana C. & L. Salinas. (2003). Flora vascular de los Humedales de Chimbote, Perú. Rev. Perú Biol., 10(2): 221-224.

Arcos, M.P. & Gómez, A.C. (2006)- Microalgas perifíticas como indicadoras del estado de las aguas de un humedal urbano: Jaboque, Bogotá D.C., Colombia. Acta Nova, 4 (6): 60-79.

Ashley PM, Lottermoser BG. (1999a). Geochemical, mineralogical and biogeochemical characterisation of abandoned metalliferous mine sites, southern New England Orogen. In: Proceedings of the NEO'99 Conference. Armidale, Division of Earth Sciences, University of New England, pp 409–418

Ashley PM, Lottermoser BG. (1999b). Arsenic contamination at the Mole River mine, northeastern New South Wales, Australia. Austral J Earth Sci 46:861–874
Askaer L, Schmidt LB, Elberling B, Asmund G, Jónsdóttir IS (2008) Environmental impact on an arctic soil-plant system resulting from metals released from coal mine waste in Svalbard (78° N). Water Air Soil Pollut 195:99–114

Autoridad Nacional del Agua. (2010). Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA. Aprobar la clasificación de cuerpos de agua superficiales y marino-costeros. 22 de marzo de 2010.

Autoridad Nacional del Agua. (2013). Reporte del sistema de alerta hídrico-Reporte N° 001-2013-ANA / OSNIRH Cuencas Tambo y Quilca – Vitor – Chili. 09 de septiembre del 2013. Disponible en: <http://www.ana.gob.pe/media/918965/reporte%20situacional%200001.pdf>
<http://www.ana.gob.pe/media/918965/reporte%20situacional%200001.pdf>



X
A
y
2



Autoridad Nacional del Agua. (2014). Resolución Directoral N° 20-2014-ANA-DGCRH por la Autoridad Nacional del Agua. Disponible en: http://portal.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/rd_0020_2014_ana_dgcrh.pdf

Autoridad Nacional del Agua. (2014). Informe consolidado de reportes de monitoreos de la calidad del agua superficial en el ámbito de influencia del volcán Ubinas. 22 p.

Autoridad Nacional del Agua. (2015). Informe Técnico N° 005-2015-ANA-AAAIC-O/ALA T-ATOQ/ECRH/VNCA-LVUC. Tercer Monitoreo participativo de calidad de agua superficial de la cuenca Tambo. Realizado del 30 de junio al 23 de julio del 2014. 94 p.

Autoridad Nacional del Agua. (2016). Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Aprobado mediante R.J. N° 010-2016-ANA. Lima, Perú.

Autoridad Nacional del Agua. (2016). Resolución Directoral N° 203-2016-ANA-DGCRH Disponible en: http://portal.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/rd_0203_2016_ana_dgcrh.pdf

Autoridad Nacional del Agua. (2016). Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA Aprobar el "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales". 11 de enero de 2016.

Autoridad Nacional del Agua. (2016). Resolución Jefatural N° 030-2016-ANA Aprobar la clasificación del cuerpo de agua marino – costero. 25 de enero de 2016.

Bahrami A, Hosseini MR, Razmi K (2007) An investigation on reusing process water in gold cyanidation. *Mine Water Environ* 26:191–194

Bakalem, A., Ruellet, T., Dauvin, J.C., (2009). Benthic indices and ecological quality of shallow Algeria fine sand community. *Ecological Indicators* 9, 395–408.

Barbour, M. T., J. Gerritsen, B. D. Snyder & J. B. Stribling. (1999). Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish. Second Edition. EPA/841-B-99-002. U.S. EPA, Office of Water, Washington, D.C. 197 pp. plus appendices.

Bazairi, H., Bayed, A., Hily, C., (2005). Structure et bioévaluation de l'état écologique des communautés benthiques d'un écosystème lagunaire de la côte atlantique marocaine. *Comptes Rendus Biologies* 328, 977–990.

Biggs, B.J. & Smith, R.A. (2002).- Taxonomic Richness of Stream Benthic Algae: Effects of Flood Disturbance and Nutrients. *Society of Limnology & Oceanography*, 47 (4): 1175-1186.

BirdLife International. (2016). 2106 IUCN Red List for birds. Disponible en <http://www.birdlife.org/datazone/species/>. Acceso el 25 mayo 2016.

Blache Snow Consulting SAC (BLASCO). (2013). Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Amata"



1
2
3
4
5



Borja, A., & Tunberg, B. G. (2011). Assessing benthic health in stressed subtropical estuaries, eastern Florida, USA using AMBI and M-AMBI. *Ecological Indicators*, 11(2), 295-303.

Borja, A., Dauer, D.M., Diaz, R., Llansó, R.J., Muxika, I., Rodriguez, J.G., Schaffner, L., (2008b). Assessing estuarine benthic quality conditions in Chesapeake Bay: a comparison of three indices. *Ecological Indicators* 8, 395–403.

Borja, A., Muxika, I., Franco, J., (2003). The application of a Marine Biotic Index to different impact sources affecting soft-bottom benthic communities along European coasts. *Marine Pollution Bulletin* 46, 835–845

Borja, A., Muxika, I., Rodríguez, J.G., (2009b). Paradigmatic responses of marine benthic communities to different anthropogenic pressures, using M-AMBI, within the European Water Framework Directive. *Marine Ecology* 30, 214–227.

Bowell, R. J. (2004): A review of sulphate removal options for mine waters. – In: Jarvis, A. P., Dudgeon, B. A. & Younger, P. L.: mine water 2004 – Proceedings International Mine Water Association Symposium 2. – p. 75-91, 6 Fig., 7 Tab.; Newcastle upon Tyne (University of Newcastle)

Cai, L., Tam, N.F.Y., Wong, T.W.Y., Ma, L., Gao, Y., Wong, Y.S., (2003). Using benthic macrofauna to assess environmental quality of four intertidal mudflats in Hong Kong and Shenzhen Coast. *Acta Oceanologica Sinica* 22, 309–319

Calizaya-Anco, J. Avendaño-Cáceres, M. y Delgado-Vargas, I. (2013). Evaluación de la calidad del agua fluvial con diatomeas (Bacillariophyceae), una experiencia en Tacna, Perú. 2013 Vol 30 (1).

Callier, M.D., McKindsey, C.W., Desrosiers, G., (2008). Evaluation of indicators used to detect mussel farm influence on the benthos: two case studies in the Magdalen Islands, Eastern Canada. *Aquaculture* 278, 77–88.

Canadian Environmental Quality Guidelines. Sediment. Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life – Fresh water (Valores guía de calidad ambiental de Canadá para sedimentos en cuerpos de agua dulce). (2002). Disponible en: http://www.ccme.ca/en/resources/canadian_environmental_quality_guidelines/, consultado el 12 de enero de 2016.

Canadian Environmental Quality Guidelines. Sediment. Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life – Marine Sediment (Valores guía de calidad ambiental de Canadá para sedimentos marinos). (2012). Disponible en: http://www.ccme.ca/en/resources/canadian_environmental_quality_guidelines/, consultado el 12 de enero de 2016.

Canevari, P., D. E. Blanco & E. H. Bucher. (1999). Los Beneficios de los Humedales de la Argentina. Amenazas y propuestas de soluciones. *Wetlands International*. Buenos Aires.

Cano A., La Torre M.I., León B., Young K., Roque J. & Arakaki M. (1998). Estudio comparativo de la Flora vascular de los Principales Humedales de las Zona Costera del Departamento de Lima, Perú. En: *Los Pantanos de Villa: Biología y Conservación*.



Carpio J., F. Peña, M. Charca, J. Farfán. (2013). Aspectos hidrogeológicos de la subcuenca Coralaque en base a parámetros físicos e hidráulicos. Instituto Geológico Minero Metalúrgico-INGEMMET. Revista institucional N° 21. 12-18 p

Cheung, S.G., Lam, N.W.Y., Wu, R.S.S., Shin, P.K.S. (2008). Spatio-temporal changes of marine macrobenthic community in sub-tropical waters upon recovery from eutrophication. II. Life-history traits and feeding guilds of polychaete community. Marine Pollution Bulletin 56, 297-307.

CITES. (2016). Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Apéndices I, II y III. Disponible en: <http://www.cites.org/esp/app/appendices.shtml/> (Acceso 26 de mayo 2016).

Craw D. (2001). Tectonic controls on gold deposits and their environmental impact, New Zealand. J Geochem Explor 73:43-56

Cruz, V., Vargas, V. & Cacya, L. (2014) - Caracterización y evaluación del potencial geotérmico de la región Moquegua. INGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 58, 155 p.

Defensoría del Pueblo. (2016). Reporte Mensual de Conflictos Sociales N° 151, setiembre 2016 – Defensoría del Pueblo. Revisado el 10 de octubre de 2016. Disponible en: <http://www.defensoria.gob.pe/modules/Downloads/conflictos/2016/Reporte-Mensual-de-Conflictos-Sociales-N-151-Septiembre-2016.pdf>

Díaz, C. & Rivera, C.A. (2004).- Diatomeas de pequeños ríos andinos y su utilización como indicadores de condiciones ambientales. Caldasia, 26 (2): 381-394.

Donato, D. B., Nichols, O., Possingham, H., Moore, M., Ricci, P. F. & Noller, B. N. (2007). A critical review of the effects of gold cyanide-bearing tailings solutions on wildlife. Environment International, 33(7), 974-984

Ego-Aguirre & Smuda S.A.C. (EAS). (2013). Estudio Hidroquímico e Isotópico de la zona del Proyecto Tía María, Southern Perú Copper Corporation.

El Azhari, A., Rhoujjati, A. & EL Hachimi, M.L. (2016). Assessment of heavy metals and arsenic contamination in the sediments of the Moulouya River and the Hassan II Dam downstream of the abandoned mine Zeïda (High Moulouya, Morocco). Journal of African Earth Sciences, 119(1), 279-288.

El Peruano. (2014). Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI. 08 de abril de 2014. Lima: Decreto Supremo que aprueba la actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas.

Eppinger RG, Briggs PH, Dusel-Bacon C, Giles SA, Gough LP, Hammarstrom JM, Hubbard BE. (2007). Environmental geochemistry at Red Mountain, an unmined volcanogenic massive sulphide deposit in the Bonfield district, Alaska Range, east-central Alaska. Geochem Explor Environ Anal 7:207-223



1
A
4
2



Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (Fondepes). (2014). Manual de crianza de trucha. Disponible en línea en: http://www.fondepes.gob.pe/src/manuales/MANUAL_TRUCHA.pdf. Consultado el 21 de noviembre de 2016

Furniss G, Hinman NW, Doyle GA, Runnells DD. (1999). Radiocarbon-dated ferricrete provides a record of natural acid rock drainage and paleoclimatic changes. *Environ Geol* 37:102–106

Galán, E., Gómez-Arizaba, J. L., Gonzáles, I., Fernández-Caliani, J. C., Morales, E. & Giráldez, I. (2003). Heavy metal partitioning in river sediments severely polluted by acid mine drainage in the Iberian Pyrite Belt. *Applied Geochemistry*, 18 (3), 409-421.

García, J.U., Aguado, J. M. & Manarillo, I. G. (1999). Heavy metals in sediments from the Tinto River (Spain). *Proc. mine, water and environment, IMWA Congress, Seville*; p. 243–6.

Gault, A. G., Cooke, D. R., Townsend, A. T., Charnock, J. M. & Polya, D. A. (2005). Mechanisms of arsenic attenuation in acid mine drainage from Mount Bischoff, western Tasmania. *Science of the Total Environment*, 345 (1-3), 219-228.

GEADES CONSULTING S.A.C. (2011). Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Tassa" aprobado mediante R.D. N° 281-2011-MEM-AAM.

Geldenhuis S, Bell FG. (1998). Acid mine drainage at a coal mine in the eastern Transvaal, South Africa. *Environ Geol* 34:234–242

Gensemer, R. W., DeFores, D. K., Stenhouse, A. J., Higgins, C. J., Cardwell, R. D. (2006). Aquatic toxicity of cyanide. En D. Dzombak, R. Ghosh, G. Wong-Chong (Eds.), *Cyanide in Water and Soil—Chemistry, Risk, and Management* (pp. 251-284). Amsterdam: Elsevier Science.

Gentry A. H. (1993). A Field Guide to the Families and Genera of Woody Plants of Northwest South America (Colombia, Ecuador, Perú) with supplementary notes on herbaceous taxa. Conservation International. Washington-USA. 1° Edic. 895 pp.

GEOSERVICE INGENIERIA S.A.C. (2013). Estudio de Impacto Ambiental proyecto Tía María. Aprobado mediante R.D. N° 392-2014-MEM-DGAAM. 01 de agosto del 2014.

Ghomshei MM, Allen DM. (2000). Hydrochemical and stable isotope assessment of tailings pond leakage, Nickel Plate Mine, British Columbia. *Environ Geol* 39:937–944.

Gómez, N.; Licursi, M.; Bauer, D. E.; Hualde, P. R.; Sierra, M. V. (2003). Reseña sobre modalidades de estudio mediante la utilización de microalgas en la evaluación y monitoreo de algunos sistemas lóticos pampeanos bonaerenses. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, Córdoba*, v. 38, n. 1-2, p. 93-103.

Goncalves, V, Raposeiro P, Costa A. (2008). Benthic diatoms and macroinvertebrates in the assessment of the ecological status of Azorean streams. *Limnetica*; 27(2): 317-328.

Graham GE, Kelley KD. (2009). The Drenchwater deposit, Alaska: an example of a natural low pH environment resulting from weathering of an undisturbed shale-hosted Zn-Pb-Ag deposit. *Appl Geochem* 24:232–245

Gray NF(1998). Acid mine drainage composition and the implications for its impact on lotic systems. *Water Res* 32:2122–2134

Grémare, A., Labrune, C., Vanden Berghe, E., Amouroux, J.M., Bachelet, G., Zettler, M.L., Vanaverbeke, J., Fleischer, D., Bigot, L., Maire, O., Deflandre, B., Craeymeersch, J., Degraer, S., Dounas, C., Duineveld, G., Heip, C., Herrmann, M., Hummel, H., Karakassis, I., Kedra, M., Kendall, M., Kingston, P., Laudien, J., Occhipinti-Ambrogi, A., Rachor, E., Sardá, R., Speybroeck, J., Van Hoey, G., Vincx, M., Whomersley, P., Willems, W., Wlodarska-Kowalczyk, M., Zenetos, A., (2009). Comparison of the performances of two biotic indices based on the MacroBen database. *Marine Ecology Progress Series* 382, 297–311.

Halffter, G. y Moreno, C. (2005). Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma, En Halffter, G.; Soberón J.; Koleff, P. & Melic, A. (Eds.), *Sobre el significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma* (pp. 1-18). México: CONABIO.

Hammer D. (1989). Constructed wetlands for wastewater treatment. Municipal, Industrial, and Agricultural. CRC Press LLC. 5-20 p.

Hammer, O., D.A.T. Harper & P.D. Ryan. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontological Electronica* 4 (1):9.pp. Disponible en http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.

Harding, W.R., Archibald, C.G.M. & Taylor, J.C. (2005). - The relevance of diatoms for water quality assessment in South Africa: A position paper. *Water SA*, 31(1): 41-46.

Harvey, M.C., Schreiber, M. E., Rimstidt, D. J. & Griffith, M. M. (2006). Scorodite Dissolution Kinetics: Implications for Arsenic Release. *Environmental Science and Technology*, 40 (21), 6709-6714.

Huamani A. (2001). Aguas termales y minerales en el suroriente del Perú (Dptos. Apurímac, Cusco, Madre de Dios y Puno) -Instituto Geológico Minero Metalúrgico-INGEMMET. Boletín, Serie D: Estudios Regionales: N° 24.

INECC-CCA (2010). Manual de métodos de muestreo y preservación de muestras de las sustancias prioritarias para las matrices prioritarias del PRONAME. México. p. 29-35.

INSIDEO. (2015). Tercera Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Chucapaca" aprobado mediante R.D. N° 345-2015-MEM-DGAAM.

Instituto Geológico Minero Metalúrgico – INGEMMET. (2012). Estudio hidrogeológico en la cuenca río Tambo (Regiones Arequipa – Moquegua – Puno). Revisado el 21 de noviembre de 2016. Disponible en



http://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/203315/7c_Zonas_Criticas_Cuenca_Rio_Tambo.pdf/7ba1a337-a68e-4848-949e-fa8b69e35b3e

Instituto Geológico Minero Metalúrgico – INGEMMET. (2013). Inventario de fuentes de agua subterránea del Perú del programa nacional de hidrogeología, 2006-2013. Disponible en: <http://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/index.html>

Instituto Nacional de Recursos Naturales-INRENA. (2000). Plan Maestro del Santuario Nacional Lagunas de Mejía. Aprobado mediante Resolución Jefatural N° 077-2000-INRENA. 08 de marzo de 2000.

Jain, R. K., Cui, Z. C. & Domen, J. K. (2016). Environmental impacts of mining. En R. Jain (Ed.), *Environmental Impact of Mining and Mineral Processing*, (pp.53-157). London: Elsevier Inc.

Jennings, S. R., Neuman, D. R. & Blicher, P. S. (2008). Acid mine drainage and effects on fish health and ecology: A review. Recuperado de http://www.pebblescience.org/pdfs/Final_Lit_Review_AMD.pdf.

Koehnken L. (1997). Final report Mount Lyell remediation research and demonstration program. Supervising Scientist report 126. Supervising Scientist, Canberra

Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry, (2007b). Managing Acid and Metalliferous Drainage. Australian Department of Industry, Tourism and Resources. Retrieved from: <http://www.industry.gov.au/resource/Documents/LPSDP/LPSDP-AcidHandbook.pdf>.

Leiva, M. (2004). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en la Cuenca del Estero Peu Peu Comuna de Lautaro IX Región de la Araucanía. Tesis presentada a la Facultad de Ciencias de la Universidad Católica de Temuco para optar al Grado de Licenciado en Recursos Naturales. Temuco, Chile.

Lobo E. A.; Callegaro, V. L. M.; Bender, E. P. (2002). Utilização de algas diatomáceas epilíticas como indicadoras da qualidade da água em rios e arroios da região hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil. Santa Cruz do Sul: EDUNISC. 127 p.

Lobo, E.A., V.L.M. Callegaro, G. Hermany, D. Bes, C.A. Wetzel & M.A. Oliveira. (2004). Use of ephilitic diatoms as bioindicators from lotic systems in southern Brazil, with special emphasis on eutrophication. *Acta Limnologica Brasiliensis* 16(1): 25-40.

López-Geta J., Fornes J., Ramos G. y Villaroya G. (2009). Las aguas subterráneas: un recurso natural del subsuelo. 4ª ed.- Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.

Lottermoser BG, Ashley PM, Lawie DC.(1999). Environmental geochemistry of the Gulf Creek copper mine area, northeastern New South Wales, Australia. *Environ Geol* 39:61–74

Lottermoser BG, Ashley PM, Muller M, Whistler BD. (1997b). Metal contamination at the abandoned Halls Peak massive sulphide deposits, New South Wales. In: Ashley PM, Flood PG (eds) *Tectonics and metallogenesis of the New England*



Orogen. Special Publication no 19. Geological Society of Australia, Sydney, pp 290–299

Lottermoser, B.G. (2010). Mine Wastes. Third ed. Springer. Berlín. Heidelberg. 400 p.

Luís, A. T., Teixeira, P., Almeida, S. F., Matos, X. J. & Ferreira da Silva, E. (2001). Environmental impact of mining activities in the Lousal area (Portugal): Chemical and diatom characterization of metal-contaminated stream sediments and surface water of Corona stream. *Science of Total Environment*, 409: 4312-4325.

Luque C. (1992). El mercurio en la Cordillera Cantábrica. En: Recursos minerales de España. García Guinea y Martínez Frías (Coords.). C.S.I.C. Textos Universitarios nº15, 803-826. Madrid.

Mallén G. (2013). MWH Perú S.A. Impacto de aguas termales volcanogénicas en la química del Río Ichuña/ Río Tambo (Moquegua y Arequipa) en época seca. PeruMin. 2013. Disponible en: <http://www.convencionminera.com/perumin31/images/perumin/mencion-honrosa/tt-720.pdf>

Masseret, E., Amblard, C. & Bourdier, G. (1998). Changes in the structure and metabolic activities of periphytic communities in a stream receiving treated sewage from a waste stabilization pond. *Water Research*, 32 (8): 2299-2314.

Matteucci & Colma A. (1982). Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaria general de la organización de los estados americanos. Programa regional del desarrollo científico y tecnológico.

Meffe, Gary K & Carroll, C. Ronald (Carl Ronald), 1941- (1997). Principles of conservation biology (2nd ed). Sinauer, Sunderland, Ma

Miller, J.R. & Orbock, S. (2007). Contaminated Rivers: A Geomorphological-Geochemical Approach to site Assessment and Remediation.

Mineral Policy Center, (2000). Cyanide Leach Mining Packet. Retrieved from: http://www.earthworksaction.org/files/publications/Cyanide_Leach_Packet.pdf.
Mineral Policy Center, (2000). Cyanide Leach Mining Packet. Retrieved from: http://www.earthworksaction.org/files/publications/Cyanide_Leach_Packet.pdf.

Ministerio de Agricultura. (1984). Decreto Supremo N° 015-84-AG. Declara Santuario Nacional "Lagunas de Mejía" a la superficie de 690.60 Hás., señaladas en el plano adjunto que forma parte del presente Decreto Supremo, ubicado en el distrito de Dean Valdivia, provincia de Islay y departamento de Arequipa.

Ministerio de Agricultura. (1994). Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA. Diagnóstico de la calidad del agua de la vertiente del Pacífico. Pág. 637-648

Ministerio de Agricultura. (2008). Resolución Ministerial N° 033-2008-AG. Aprueban Metodología de Codificación de Unidades Geográficas de Pfafstetter, Memoria Descriptiva y el Plano de Delimitación y Codificación de las Unidades Hidrográficas del Perú.



Ministerio de Energía y Minas - MEM. (2015). R.M. N° 102-2015-MEM/DM. Resolución Ministerial que actualiza el Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros. 09 de marzo de 2015. Disponible en: <http://sinia.minam.gob.pe/normas/actualizan-inventario-inicial-pasivos-ambientales-mineros>

Ministerio de Energía y Minas - MEM. (1997). Guía Ambiental para el Manejo de Drenaje Ácido de Mina. Lima, Perú. pp. 117.

Ministerio del Ambiente. (2001). Ley N° 27446. Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. Publicada el 23 de abril de 2001.

Ministerio del Ambiente. (2005). Ley N° 28611-Ley General del Ambiente. 15 de octubre del 2005.

Ministerio del Ambiente. (2009). Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM. Aprueban Disposiciones para la Implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua. 18 de diciembre de 2009.

Ministerio del Ambiente. (2008). Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. Aprueban los estándares nacionales de calidad ambiental para agua. 30 de julio de 2008.

Ministerio del Ambiente. (2015). Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM. Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación. 19 de diciembre de 2015.

Mitsch & Gosselink. (1993). Wetlands. Segunda edición. Van Nostrand Reinhold, New York. 722pp.

Moreno, C. E., & Moreno, C. E. (2001). Manual de métodos para medir la biodiversidad (No. Sirsi) i9789688345436. Universidad Veracruzana.

Moreno, C. E., Barragán, F. Pineda, E. & Pavón, N. P. (2001). Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. Revista Mexicana de Biodiversidad 82: 1249-1261.

Muniz, P., Venturini, N., Pires-Vanin, A.M.S., Tommasi, L.R., Borja, A., (2005). Testing the applicability of a Marine Biotic Index (AMBI) for assessing the ecological quality of soft-bottom benthic communities in the South America Atlantic region. Marine Pollution Bulletin 50, 624-637.

Muxika, I., Borja, A., Bonne, W., (2005). The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts. Ecological Indicators 5 (1), 19-31.

Oficina Nacional de Diálogo y Sostenibilidad ONDS – PCM. (2016). Willaqniki N° 46. Lima, setiembre 2016. Revisado el 07 de octubre de 2016. Disponible en: <http://onds.pcm.gob.pe/edicion-no-46-de-willaqniki/>

Pizarro, H. & Alemanni, M. (2005). Variables físico-químicas del agua y su influencia en la biomasa del perifiton en un tramo inferior del Río Luján (Provincia de Buenos Aires). Ecología Austral, 15: 73-88.



LA
4
2



Plenge, M. A. (2014). Especies y subespecies de las aves del Perú. Lima, Perú. <https://sites.google.com/site/boletinunop/subespecies> (Acceso 15 junio del 2016).

Plenge, M. A. (2016). Lista de las Aves de Perú. Disponible en <https://sites.google.com/site/boletinunop/checklist> (Acceso 14 de junio del 2016).

Plumlee GS, Smith KS, Montour MR, Ficklin WH, Mosier EL (1999) Geologic controls on the composition of natural waters and mine waters draining diverse mineral–deposit types. In: Filipek LH, Plumlee GS (eds) The environmental geochemistry of mineral deposits. Part B: case studies and research topics, vol 6B. Society of Economic Geologists, Littleton, pp 373–432 (Reviews in economic geology).

Plumlee GS.(1999). The environmental geology of mineral deposits. In: Plumlee GS, Logsdon MS (eds) The environmental geochemistry of mineral deposits. Part A: processes, techniques and health issues, vol 6A. Society of Economic Geologists, Littleton, pp 71–116 (Reviews in economic geology)

Potapova M. & Hamilton P.B. (2007). Morphological and ecological variation within the *Achnantheidium minutissimum* (Bacillariophyceae) species complex. *Journal of Phycology* 43: 561-575. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1529-8817.2007.00332.x>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2009). Procedimientos para el muestreo de agua y sedimentos para de determinación de metales. Subdirección de estudios ambientales. República de Colombia. p. 5-7.

Prygiel J. & Coste M. (2000). Guide metodologique pour la mise en oeuvre de l'Indice Biologique Diatomées – NFT 90-354.

Prygiel J. (2002). Mangement of the diatom monitoring network in France. *J. Appl. Phycol.* 14, 19–26.

Prygiel, J., Whitton, B.A., Bukowska, J., (1999). Use of algae for monitoring rivers III. Proceedings of an International Symposium, Douai.

Ralph, C.; Geupel, G.; Pyle, P.; Martin, T.; DeSante, D. & Milá, B. (1996). Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR- 159. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture.

Ramírez, Damaso Ww.; Aponte, Hector y Cano, Asunción. (2010). Flora vascular y vegetación del humedal de Santa Rosa (Chancay, Lima). *Rev. Perú Biol.* [online]. 2010, vol.17, n.1 [citado 2016-06-23], pp.105-110. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S17279933201000010012&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1727-9933.

Ravi K. J.; P.E Zengdi "Cindy" Cu; Jeremy K. Domen. (2016). Environmental Impact of Mining and Mineral Processing: Management, Monitoring, and Auditing Strategies. 111-117pp.

Rieuwerts, J. S., Mighanetara, K., Braungardt, C. B., Rollinson, G. K., Pirrie, D. & Azizi, F. (2014). Geochemistry and mineralogy of arsenic in mine wastes and

stream sediments in a historic metal mining area in the UK. *Science of the Total Environment*, 472 (1-2), 226–234

Roldán, G. (1992). Fundamento de limnología neotropical. 1ª Edición. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. 128p.

Schlumberger Water Services (Perú) S.A. (2011). Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Colquemayo".

Schmiermund RL. (1997). Acid mine drainage and other mining-influenced waters (MW). In: Marcus JJ (ed) *Mining environmental handbook: effects of mining on the environment and American environmental controls on mining*. Imperial College Press, London, pp 599–617

Schulenberg, T.S.; Stotz, D.F., Lane, D.F.; O'Neill, J. P. & Parker III, T. A. (2010). Aves de Perú. Serie Biodiversidad Corbidi 01. Centro de Ornitología y Biodiversidad-CORBIDI. Lima, Perú.

Senner, N.R. & F. Angulo Pralongo. (2014). Atlas de las aves playeras del Peru. Sitios importantes para su conservación. CORBIDI. Lima, Peru. 293 Pp.

SERNANP (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2015). Plan Maestro del Santuario Nacional Lagunas de Mejía 2015- 2019. Ministerio del Ambiente. Lima, Perú. 65 pp.

Sidenko NV, Cooper MA, Sherriff BL, Jamieson HE (2009) Formation and stability of $(\text{Na,K})_2\text{Zn}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_{2n}\text{H}_2\text{O}$ in gold heap-leach mine-waste. *Can Mineral* 47:525–531

Simate, G. S., & Ndlovu, S. (2014). Acid mine drainage: challenges and opportunities. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2(3), 1785-1803.

Smith, R. & Smith, T. (2001). *Ecología*. 4a edición. Madrid: Addison Wesley. 642p.

Stattersfield, A.; Crosby, M.; Long, A. y D. Wege. (1998). Endemic Bird Area of the World: Priorities for Biodiversity Conservation. BirdLife Conservation Series N 7. Cambridge U.K: BirdLife International.

Stevenson, R. J. & Peterson, CH. G. (1989): Variation in benthic diatom (Bacillariophyceae) immigration with habitat characteristics and cell morphology. – *Journal of Phycology* 25: 120- 129.

Stevenson, R. J. and L. L. Bahls. (1999). Periphyton protocols. Pp 6-1 to 6-22 in: M. T. Barbour, J. Gerritsen, & B. D. Snyder (Eds.), *Rapid bioassessment protocols for use in wadeable streams and rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates, and fish*. Second edition. EPA 841-B-99-002 United States Environmental Protection Agency, Washington, DC.

Stolz, D.F., Fitzpatrick, J. W., Parker, T.A. & Moskovits, D. K. (1996). *Neotropical birds: ecology and conservation*: Chicago, EE.UU. Chicago University Press.



Taylor, M.P. (2007). Distribution and storage of sediment-associated heavy metals downstream of the remediated Rum Jungle Mine on the East Branch of the Finniss River, Northern Territory, Australia. *Journal of Geochemical Exploration*, 92: 55–72.

Teixeira, P. J., Carraça, E. V., Markland, D., Silva, M. N., & Ryan, R. M. (2012). Exercise, physical activity, and self-determination theory: a systematic review. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 9(1), 1.

Tellería, J. (2005). Métodos de censo en vertebrados terrestres. Departamento de Biología Animal I (Zoología de Vertebrados) Facultad de Biología, Universidad Complutense.

Tessier, A.; Campbell, P. y Bisson, M. (1979). Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Particulate Trace Metals (Vol. 51). Canada.

The IUCN. (2016). Red List of Threatened Species. Version 2015-4. Disponible <www.iucnredlist.org>. Acceso el 14 junio 2016.

Toro, J.; Schuster, J.; Kurosawa, J.; Araya, A. & Contreras, M. (2003). Diagnóstico de la calidad del agua en sistemas lóticos utilizando diatomeas y macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores Río Maipo (SANTIAGO: CHILE) Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica XIV Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica.

U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA), (1994). Technical Document – Acid Mine Drainage Prediction. Retrieved from: <http://water.epa.gov/polwaste/nps/upload/amd.pdf>.

U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA), (1997)a. EPA's National Hardrock Mining Framework: Appendix B Potential Environmental Impacts of Hardrock Mining. Retrieved from: http://www.epa.gov/aml/policy/app_b.pdf.

Ullrich, S. M., Tanton, T. W. & Abdrashitova, S. A. (2001). Mercury in the Aquatic Environment: A Review of Factors Affecting Methylation. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 31 (3): 241-293.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Museo de Historia Natural (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Lima. pp. 75. Recuperado del sitio de internet del Ministerio del Ambiente: <http://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/M%C3%A9todos-de-Colecta-identificaci%C3%B3n-y-an%C3%A1lisis-de-comunidades-biol%C3%B3gicas.compressed.pdf>

Vasquez R. & Rojas, R. (2004). Plantas en Perú. Missouri Botanical Garden. Arnoldia. Revista del museo de historia natural. Perú. 261 pags.

Vazquez M. R. (1997). Flórua de las Reservas Biológicas de Perú. Missouri Botanical Garden Press. St. Louis-USA. 1046 pag.

Villarreal, H.; Álvarez, M.; Córdoba, S.; Escobar, F.; Fagua, G.; Gast, F.; Mendoza, H.; Ospina, M. & Umaña, A.M., (2006).- Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de



biodiversidad: 185-226 (en) Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá. Colombia.

Whittaker, R. H. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 213-251.

Whitton, B. A., E. Rott, and G. Friedrich. (1991). Use of algae for monitoring rivers. E. Rott Publishers, Institut fur Botanik, Universitaat Innsbruck, Innsbruck, Austria.

Whitton, B. A.; Rott, E.; Friedrich, G. (1991). Use of Algae for Monitoring Rivers. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM, I., Düsseldorf, 1991. Proceedings at the Kandesamt für Wasser und Nofall Nordrhein Westfalen. Düsseldorf. 1991. 193p.

WU, J.T. (1999). A generic index of diatom assemblages as bioindicator of pollution in the Keelung River of Taiwan. *Hydrobiologia*, 397: 79-87.

Wuana, R. A., & Okieimen, F. E. (2011). Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. *Isrn Ecology*, 2011.

Zhang, C., Yu, Z., Zeng, G., Jiang, M., Yang, Z., Cui, F., Zhu, M., Shen, L. & Hu, L. (2014). Effects of sediment geochemical properties on heavy metal bioavailability. *Environment International*, 73: 270-281.



X
A
4
2

15.0. ANEXOS

- Anexo A : Tablas de resultados.**
Anexo A.1 : Calidad de Agua
Anexo A.2 : Calidad de Sedimentos
Anexo A.3 : Comunidades Hidrobiológicas
Anexo A.4 : Flora
Anexo A.5 : Fauna
- Anexo B : Reportes de campo.**
Anexo B.1 : Calidad de Agua
Anexo B.2 : Calidad de Sedimentos
Anexo B.3 : Comunidades Hidrobiológicas
- Anexo C : Hojas de registro de datos de campo.**
Anexo C.1 : Calidad de Agua
Anexo C.2 : Calidad de Sedimentos
Anexo C.3 : Comunidades Hidrobiológicas
- Anexo D : Evaluación Hidrogeológica del Santuario Nacional Lagunas de Mejía y ámbito del proyecto Tía María - provincia de Islay, departamento de Arequipa.**
- Anexo E : Informes de ensayo.**
Anexo E.1 : Calidad de Agua
Anexo E.2 : Calidad de Sedimentos
Anexo E.3 : Comunidades Hidrobiológicas
- Anexo F : Cadenas de custodia.**
Anexo F.1 : Calidad de Agua
Anexo F.2 : Calidad de Sedimentos
Anexo F.3 : Comunidades Hidrobiológicas
- Anexo G : Registro fotográfico.**
- Anexo H : Mapas de puntos de monitoreo.**
Anexo H.1 : Mapas Generales
Anexo H.2 : Mapa de puntos de agua y sedimentos
Anexo H.3 : Mapa de comunidades hidrobiológicas
Anexo H.4 : Mapa de fuentes de agua subterránea
Anexo H.5 : Mapa de pasivos ambientales mineros
- Anexo I : Certificados de acreditación de laboratorios.**
- Anexo J : Certificados de calibración de equipos de monitoreo.**

J
A
4
2