



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

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

2019-I01-007502

INFORME N° 00310-2019-OEFA/DEAM-STEC

A : **FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN**
Director de Evaluación Ambiental

DE : **LAZARO WALTHER FAJARDO VARGAS**
Ejecutivo de la Subdirección Técnica Científica

LUIS ANGEL ANCCO PICHUILLA
Coordinador de Evaluaciones Ambientales en Minería y Energía

JORGE KELVIN ALVAREZ TEJADA
Especialista de evaluaciones ambientales

ASUNTO : Determinación de los valores de nivel de fondo y de referencia para metales y metaloides de los suelos Michiquillay, Michiquillay Misceláneo Roca, Quinuayoc Sogoron, Sogoron Misceláneo Roca y bofedales en las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada

CUE : 2018-03-0004

CÓDIGO DE ACCIÓN : 0001-9-2019-412

REFERENCIA : Planefa 2019

FECHA : Lima, 28 de noviembre de 2019

Tenemos el agrado de dirigirnos a usted para informarle lo siguiente:

1. INFORMACIÓN GENERAL

Tabla 1.1. Datos generales de la actividad realizada

a.	Zona evaluada	Comunidades Campesinas de Michiquillay y La Encañada, distrito La Encañada, provincia y departamento Cajamarca
b.	Unidades fiscalizables en la zona de estudio o actividades económicas	Proyecto minero Michiquillay (Etapa de Exploración)
c.	La actividad se realizó en el marco de	Planefa 2019 / POI 2019 y la Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Michiquillay
d.	Tipo de evaluación	Estudio especializado
e.	Periodo de ejecución	Del 2 al 13 de setiembre de 2019

Profesionales que aportaron a este documento:

Tabla 1.2. Listado de profesionales

N.º	Nombres y Apellidos	Profesión	Actividad desarrollada
1	Lázaro Walther Fajardo Vargas	Ing. Químico	Gabinete
2	Luis Ángel Ancco Pichuilla	Ing. Químico	Gabinete
3	Jacqueline Jannet Pechuga Melgar	Ing. Geóloga	Gabinete/campo
4	Heber Ocas Rumay	Ing. Ambiental	Gabinete/campo



N.º	Nombres y Apellidos	Profesión	Actividad desarrollada
5	Jorge Kelvin Alvarez Tejada	Biólogo	Gabinete/campo

2. INTRODUCCIÓN

El proyecto minero Michiquillay, de Southern Perú Copper Corporation - Sucursal del Perú (en adelante, PM Michiquillay)¹ se ubica distrito de La Encañada, provincia y departamento Cajamarca, sobre terrenos de las comunidades campesinas Michiquillay (C.C. Michiquillay) y La Encañada (C.C. La Encañada), a una altitud que varía de 3275 a 4000 m s. n. m. El yacimiento Michiquillay tipo pórfido de cobre, presenta contenido metálico de cobre, molibdeno, oro y plata (INGEMMET, 2007; Cepri, 2002; Minero Perú, 1979).

Las concentraciones de nivel de fondo en suelos naturales pueden ser notablemente diferentes de un área a otra (Siegel, 2002), por tanto, es necesario poder determinar estas concentraciones de fondo para áreas específicas, como es el caso del PM Michiquillay. En ese sentido, la Dirección de Evaluación Ambiental del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), en el marco del Plan Anual de Evaluación y Fiscalización 2019 realizó este estudio con la finalidad de conocer las condiciones naturales del suelo específicamente los niveles de fondo y niveles de referencia para metales y metaloides, antes de que se inicien las actividades mineras.

Para lo cual se colectaron 120 muestras compuestas de suelo del 2 al 13 de setiembre de 2019 y se determinó las concentraciones de metales y metaloides a través de un laboratorio acreditado contratado por el OEFA. Con los resultados de las concentraciones y mediante un tratamiento estadístico se obtuvieron los valores de niveles de fondo y niveles de referencia. La información contenida sobre la calidad de suelo entorno al referido proyecto constituirá un soporte técnico para futuras acciones de supervisión y fiscalización ambiental.

3. OBJETIVO

3.1. Objetivo general

Determinar los valores de nivel de fondo y de referencia para metales y metaloides de los suelos Michiquillay, Michiquillay Misceláneo Roca, Quinuayoc Sogoron, Sogoron Misceláneo Roca y bofedales en las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada.

3.2. Objetivos específicos

Caracterizar los suelos Michiquillay, Michiquillay Misceláneo Roca, Quinuayoc Sogoron, Sogoron Misceláneo Roca y bofedales en las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada.

Determinar los valores de nivel de fondo y de referencia para metales y metaloides de los suelos Michiquillay, Michiquillay Misceláneo Roca, Quinuayoc Sogoron, Sogoron Misceláneo Roca y bofedales en las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada, utilizando el software Pro UCL 5.1.

Comparar los valores de nivel de fondo con los estándares de calidad ambiental para suelo (ECA para suelo – Uso agrícola) y los valores de la guía canadiense.

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

4. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende a los bofedales, ubicados en la naciente de los ríos Michiquillay y Seco, y las quebradas Oxa Segana y La Boya, así como los aledaños a la Laguna Tarucacocha. Además, comprende a 4 unidades de suelo: Michiquillay (Mq), Michiquillay Misceláneo Roca (Mq-R), Quinuayoc Sogoron (Qy-So) y Sogoron Misceláneo Roca (So-R) ubicados en las márgenes de los ríos Michiquillay, Challhuamayo, Quinuamayo y La Encañada, ubicados en las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada ámbito del área de concesión del proyecto minero Michiquillay, distrito de La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca.

Geológicamente, el área de estudio está conformada hacia el sur por la formación Yumagual (Ks-yu) y Chulec (Ki-ch); hacia el norte las formaciones Farrat (Ki-fa), Carhuaz (Ki-ca) y Santa (Ki-sa); y en la parte central se encuentra el cuerpo principal de mineralización (Nm-di). Litológicamente, las principales rocas expuestas son rocas sedimentarias cretácicas (caliza, lutita y arenisca) y rocas metamórficas (cuarcita) sometidas a intrusiones dioríticas/cuarzomonzonitas (AMEC, 2012). Figura 4.1.

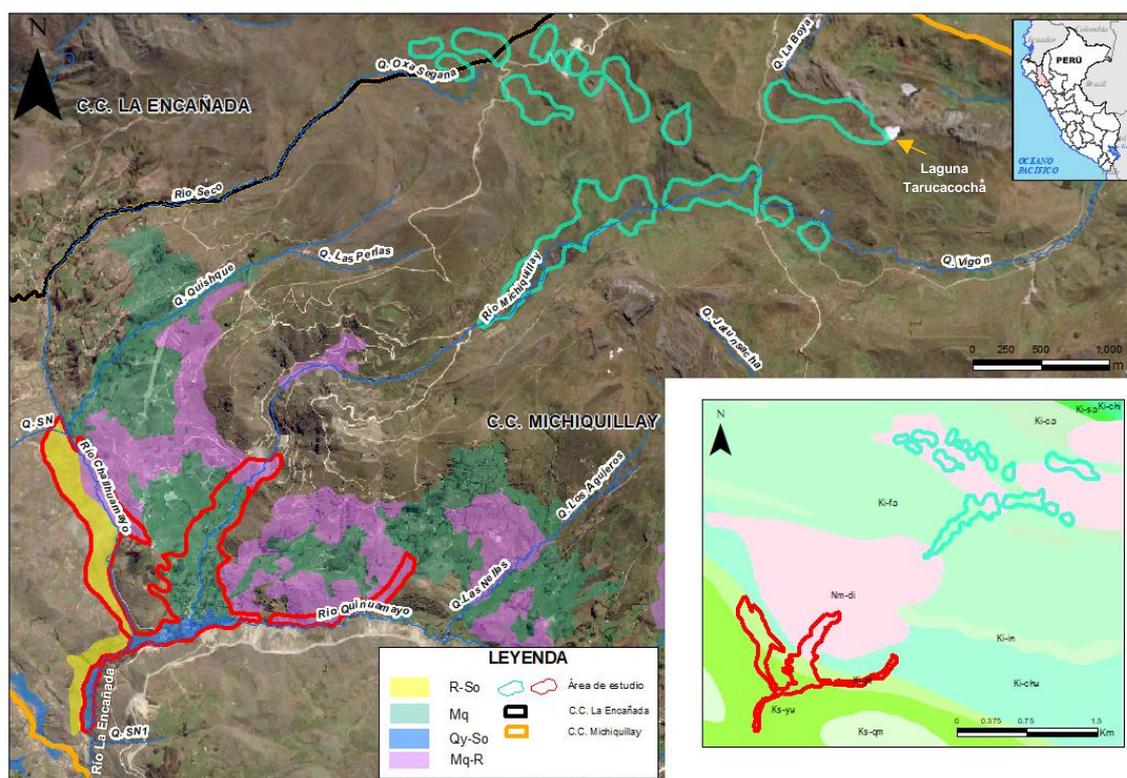


Figura 4.1. Mapa de ubicación del área de estudio en las comunidades campesinas de Michiquillay y La Encañada

5. METODOLOGÍA

En este apartado, se presenta la metodología empleada para la determinación de nivel de fondo y de referencia para metales y metaloides en suelos, que comprende los protocolos utilizados para la toma de muestras, la ubicación de los puntos de muestreo, los parámetros evaluados, los métodos de análisis, los equipos utilizados, aseguramiento de la calidad y los criterios de comparación.

5.1. Documentos técnicos utilizadas para la evaluación

La determinación de nivel de fondo y de referencia para metales y metaloides en suelos se llevó a cabo tomando en cuenta los documentos listados en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Documentos técnicos usados para determinación de nivel de fondo y de referencia

Referencia	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Guía para muestreo de suelos	Todo el documento	Perú	Ministerio del Ambiente	Resolución Ministerial N.º 085-2014-MINAM	2014
Guía para la elaboración de planes de descontaminación de suelos	Sección 1				
Manual de lineamientos y procedimientos para la elaboración y evaluación de «Informes de Identificación de Sitios Contaminados»	Parte A			No aplica	2015
Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo	Todo el documento			Decreto Supremo N.º 011-2017-MINAM	2017
Criterios para la gestión de sitios contaminados	Todo el documento			Decreto Supremo N.º 012-2017-MINAM	2017

5.2. Ubicación de puntos de muestreo

La ubicación de los puntos de muestreo fue establecida tomando como base el Estudio de Impacto Ambiental semidetallado² (EIA-sd) en el 2009 y una modificatoria³ (2013), en los cuales se describen las unidades de suelos y sus usos. Adicionalmente, se consideró los siguientes aspectos:

- Distribución de pendientes en el área de estudio
- Cuerpos de agua como posibles fuentes de transporte de metales y metaloides
- Ubicación de la zona de mineralización
- Geología local del área de estudio
- Ubicación de posibles fuentes de contaminación (pasivos ambientales mineros)
- Puntos de muestreo ambiental contemplados en los instrumentos de gestión ambiental previos en el área de estudio
- Cercanía a centros poblados, sectores, caseríos, anexos de las comunidades que pudieran verse afectados por el proyecto minero

Se realizó una caracterización de suelos de las 4 unidades de suelo y en bofedales, considerando un total de 12 puntos de muestreo. Cuya distribución se detalla en la Tabla 5.2.

² Estudio De Impacto Ambiental Semi Detallado Proyecto De Exploración Michiquillay, aprobado el 12 de marzo de 2009 por Resolución Directoral N.º 057-2009-MEM/AAM. Sección 4.3.5 Suelos.

³ Primera Modificación al Estudio De Impacto Ambiental Semi Detallado Proyecto De Exploración Michiquillay, aprobado el 10 de junio de 2013 por Resolución Directoral N.º 182-2013-MEM/AAM. Sección 4.3.5 Suelos.

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

Tabla 5.2. Distribución de puntos de muestreo de caracterización de suelo

N°	Tipo de suelo	Código OEFA	Fecha	Hora	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
					Este (m)	Norte (m)		
1	Michiquillay Misceláneo Roca	Mq-R-01	6/09/2019	16:25	795260	9219684	3314	Sector Michiquillay, a 30 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
2		Mq-R-02	9/09/2019	11:40	794359	9220427	3359	Sector Michiquillay, a 25 m aproximadamente de la margen izquierda del río Challhuamayo.
3		Mq-R-03	10/09/2019	09:40	795310	9220748	3422	Sector Michiquillay, a 40 m aproximadamente de la margen derecha del río Michiquillay
4	Sogoron Misceláneo Roca	R-So-01	9/09/2019	15:25	794300	9219895	3311	Sector Michiquillay, a 10 m aproximadamente de la margen derecha del río Challhuamayo.
5	Quinuayoc Sogoron	Qy-So-01	7/09/2019	11:20	794629	9219521	3280	Sector Michiquillay, a 20 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
6		Qy-So-02	7/09/2019	13:10	794141	9218920	3253	Sector Michiquillay, a 40 m aproximadamente de la margen derecha del río La Encañada
7	Michiquillay	Mq-01	10/09/2019	11:55	795065	9220294	3371	Sector Michiquillay, a 5 m aproximadamente de la margen izquierda del río Michiquillay
8		Mq-02	10/09/2019	14:20	795020	9220011	3345	Sector Michiquillay, a 15 m aproximadamente de la margen izquierda del río Michiquillay
9		Mq-03	10/09/2019	16:15	794971	9219810	3322	Sector Michiquillay, a 20 m aproximadamente de la margen izquierda del río Michiquillay
10	Bofedal	BM-08-09	3/09/2019	14:00	797872	9222591	3720	Bofedales ubicados en las margen derecha del río Michiquillay cercanos a su nacimiento, en la zona conocida como Pampa del Punre
11		BM-10-11	4/09/2019	10:00	799805	9223354	3833	Bofedales ubicados entre 200 m aproximadamente al oeste de la laguna Tarucacocha
12		BM-19-20	4/09/2019	15:20	797421	9223462	3891	Bofedales ubicados en la nacimiento del río Michiquillay

Fuente: Fichas de datos de campo de suelo (Anexo 1).

Se evaluaron 120 puntos de muestreo distribuidos en 4 unidades de suelo y en bofedales.

Las muestras de suelo fueron colectadas con una profundidad de muestreo menor a 0,30 m; en los bofedales las muestras fueron colectadas en el horizonte que se encuentra debajo del suelo orgánico (turba que varió entre 0,20 m a 2,10 m). El tipo de muestra de suelo fue compuesta, es decir que cada punto de muestreo comprendió 5 submuestras, utilizando el modelo de distribución en forma de cruz o zigzag con espacios entre 15 a 20 metros entre cada submuestra, dependiendo de las condiciones del terreno.

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

En las tablas 5.3 a la 5.7, y en las figuras 5.1 y 5.2 se presenta la cantidad de puntos muestreados y distribución por unidad de suelo. En el Anexo 5, se muestran los mapas con los detalles de cada submuestra.

Tabla 5.3. Ubicación de puntos de muestreo en suelo Michiquillay Misceláneo Roca (Mq-R), distrito La Encañada, provincia y departamento Cajamarca

Código OEFA	Códigos Muestra compuesta	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
SM-01	A	6/09/2019	09:40	796480	9220072	3473	Sector Pampa Grande, a 400 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
	B			796521	9220059	3482	
	C			796505	9220040	3474	
	D			796480	9220056	3474	
	E			796492	9220077	3472	
SM-02	A	6/09/2019	10:07	796451	9219998	3453	Sector Pampa Grande, a 350 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
	B			796464	9219974	3452	
	C			796427	9219996	3457	
	D			796447	9220018	3459	
	E			796473	9220004	3459	
SM-03	A	6/09/2019	10:30	796429	9219894	3440	Sector Pampa Grande, a 300 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
	B			796413	9219933	3435	
	C			796431	9219911	3438	
	D			796418	9219910	3443	
	E			796425	9219938	3437	
SM-04	A	6/09/2019	11:00	796349	9219845	3417	Sector Pampa Grande, a 200 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
	B			796373	9219869	3424	
	C			796343	9219869	3424	
	D			796379	9219884	3430	
	E			796320	9219833	3406	
SM-05	A	6/09/2019	11:45	796274	9219801	3399	Sector Pampa Grande, a 100 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
	B			796289	9219790	3397	
	C			796301	9219807	3407	
	D			796253	9219784	3397	
	E			796233	9219784	3398	
SM-06	A	6/09/2019	12:05	796123	9219774	3389	Sector Pampa Grande, a 60 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
	B			796142	9219769	3388	
	C			796109	9219760	3388	
	D			796108	9219778	3390	
	E			796140	9219795	3390	
SM-07	A	6/09/2019	13:10	796067	9219736	3378	Sector Pampa Grande, a 40 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
	B			796073	9219750	3381	
	C			796053	9219737	3378	
	D			796089	9219721	3370	
	E			796051	9219717	3369	



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Código OEFA	Códigos Muestra compuesta	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
SM-08	A	6/09/2019	13:30	796002	9219670	3367	Sector Pampa Grande, a 20 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
	B			795993	9219653	3366	
	C			796008	9219688	3369	
	D			795981	9219670	3370	
	E			796018	9219677	3367	
SM-09	A	6/09/2019	14:00	795912	9219643	3356	Sector Pampa Grande, a 30 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
	B			795928	9219642	3359	
	C			795900	9219635	3353	
	D			795918	9219630	3351	
	E			795897	9219651	3348	
SM-10	A	6/09/2019	14:20	795803	9219656	3347	Sector Pampa Grande, a 10 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
	B			795814	9219669	3349	
	C			795797	9219668	3348	
	D			795789	9219653	3348	
	E			795795	9219634	3346	
SM-11	A	6/09/2019	14:40	795692	9219632	3328	Sector Pampa Grande, a 15 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
	B			795711	9219622	3329	
	C			795701	9219644	3331	
	D			795672	9219651	3331	
	E			795669	9219631	3328	
SM-12	A	6/09/2019	15:00	795612	9219651	3320	Sector Pampa Grande, a 25 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
	B			795599	9219656	3322	
	C			795596	9219647	3322	
	D			795558	9219638	3321	
	E			795586	9219659	3326	
SM-13	A	6/09/2019	15:20	795559	9219625	3319	Sector Pampa Grande, a 20 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
	B			795575	9219641	3331	
	C			795579	9219624	3321	
	D			795553	9219642	3321	
	E			795543	9219626	3318	
SM-14	A	6/09/2019	16:05	795286	9219667	3325	Sector Michiquillay, a 10 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
	B			795271	9219660	3331	
	C			795273	9219668	3324	
	D			795292	9219673	3320	
	E			795288	9219664	3338	
SM-15	A	6/09/2019	16:25	795260	9219684	3314	Sector Michiquillay, a 30 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
	B			795277	9219686	3318	
	C			795255	9219696	3317	
	D			795243	9219685	3311	



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Código OEFA	Códigos Muestra compuesta	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
	E			795261	9219671	3312	
SM-16	A	9/09/2019	09:35	794134	9220947	3414	Sector Michiquillay, a 70 m aproximadamente de la margen izquierda del río Challhuamayo.
	B			794124	9220958	3418	
	C			794119	9220950	3418	
	D			794137	9220934	3418	
	E			794145	9220942	3417	
SM-17	A	9/09/2019	09:45	794076	9221009	3412	Sector Michiquillay, a 50 m aproximadamente de la margen izquierda del río Challhuamayo.
	B			794090	9220999	3418	
	C			794097	9220985	3416	
	D			794084	9220975	3407	
	E			794077	9220988	3406	
SM-18	A	9/09/2019	09:55	794138	9220913	3406	Sector Michiquillay, a 40 m aproximadamente de la margen izquierda del río Challhuamayo.
	B			794113	9220910	3400	
	C			794111	9220932	3404	
	D			794133	9220898	3398	
	E			794156	9220892	3402	
SM-19	A	9/09/2019	10:15	794191	9220808	3396	Sector Michiquillay, a 30 m aproximadamente de la margen izquierda del río Challhuamayo.
	B			794170	9220825	3398	
	C			794157	9220827	3396	
	D			794178	9220811	3393	
	E			794192	9220792	3390	
SM-20	A	9/09/2019	10:20	794214	9220738	3389	Sector Michiquillay, a 40 m aproximadamente de la margen izquierda del río Challhuamayo.
	B			794199	9220747	3392	
	C			794210	9220730	3389	
	D			794220	9220729	3392	
	E			794229	9220737	3394	
SM-21	A	9/09/2019	10:30	794244	9220659	3393	Sector Michiquillay, a 50 m aproximadamente de la margen izquierda del río Challhuamayo.
	B			794255	9220660	3396	
	C			794244	9220670	3397	
	D			794237	9220653	3388	
	E			794232	9220649	3384	
SM-22	A	9/09/2019	10:40	794253	9220615	3390	Sector Michiquillay, a 45 m aproximadamente de la margen izquierda del río Challhuamayo.
	B			794245	9220616	3384	
	C			794242	9220628	3377	
	D			794239	9220609	3377	
	E			794260	9220613	3386	
SM-23	A	9/09/2019	11:00	794294	9220564	3385	Sector Michiquillay, a 60 m aproximadamente de la margen izquierda del río Challhuamayo.
	B			794294	9220582	3392	
	C			794284	9220578	3390	



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Código OEFA	Códigos Muestra compuesta	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
	D			794307	9220569	3394	
	E			794308	9220550	3387	
SM-24	A	9/09/2019	11:10	794305	9220511	3364	Sector Michiquillay, a 40 m aproximadamente de la margen izquierda del río Challhuamayo.
	B			794289	9220520	3363	
	C			794291	9220529	3369	
	D			794318	9220505	3368	
	E			794329	9220518	3372	
SM-25	A	9/09/2019	11:30	794397	9220418	3369	Sector Michiquillay, a 75 m aproximadamente de la margen izquierda del río Challhuamayo.
	B			794402	9220427	3371	
	C			794398	9220439	3365	
	D			794382	9220437	3370	
	E			794407	9220421	3373	
SM-26	A	9/09/2019	11:40	794359	9220427	3359	Sector Michiquillay, a 25 m aproximadamente de la margen izquierda del río Challhuamayo.
	B			794356	9220445	3357	
	C			794337	9220437	3362	
	D			794346	9220442	3356	
	E			794340	9220447	3358	
SM-27	A	9/09/2019	15:45	794138	9220719	3379	Sector Michiquillay, a 15 m aproximadamente de la margen derecha del río Challhuamayo.
	B			794158	9220733	3375	
	C			794166	9220708	3372	
	D			794116	9220730	3384	
	E			794130	9220699	3378	
SM-28	A	9/09/2019	15:55	794118	9220761	3381	Sector Michiquillay, a 20 m aproximadamente de la margen derecha del río Challhuamayo.
	B			794106	9220749	3386	
	C			794101	9220784	3382	
	D			794148	9220745	3372	
	E			794129	9220795	3375	
SM-29	A	10/09/2019	09:30	795449	9220797	3437	Sector Michiquillay, a 20 m aproximadamente de la margen izquierda del río Michiquillay
	B			795452	9220807	3432	
	C			795465	9220807	3445	
	D			795441	9220779	3436	
	E			795433	9220758	3435	
SM-30	A	10/09/2019	09:40	795310	9220748	3422	Sector Michiquillay, a 40 m aproximadamente de la margen derecha del río Michiquillay
	B			795318	9220753	3423	
	C			795295	9220743	3421	
	D			795321	9220739	3425	
	E			795309	9220734	3427	

Fuente: Fichas de datos de campo de suelo (Anexo 1).

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

Tabla 5.4. Ubicación de puntos de muestreo en suelo Quinuayoc Sogoron (Qy-So), distrito La Encañada, provincia y departamento Cajamarca

Código OEFA	Códigos Muestra compuesta	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
SM-31	A	7/09/2019	10:00	795093	9219665	3308	Sector Michiquillay, a 25 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
	B			795076	9219672	3310	
	C			795096	9219679	3311	
	D			795108	9219665	3311	
	E			795091	9219655	3304	
SM-32	A	7/09/2019	10:10	795037	9219664	3305	Sector Michiquillay, a 30 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
	B			795049	9219665	3307	
	C			795041	9219653	3305	
	D			795024	9219662	3304	
	E			795034	9219673	3306	
SM-33	A	7/09/2019	10:15	795002	9219648	3306	Sector Michiquillay, a 35 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
	B			794995	9219640	3302	
	C			795011	9219650	3307	
	D			795003	9219656	3308	
	E			794990	9219650	3305	
SM-34	A	7/09/2019	10:30	794914	9219551	3304	Sector Michiquillay, a 15 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
	B			794899	9219557	3298	
	C			794898	9219545	3298	
	D			794888	9219551	3296	
	E			794916	9219564	3299	
SM-35	A	7/09/2019	10:35	794854	9219538	3284	Sector Michiquillay, a 10 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
	B			794860	9219549	3390	
	C			794848	9219553	3290	
	D			794839	9219551	3290	
	E			794877	9219540	3291	
SM-36	A	7/09/2019	10:45	794804	9219577	3301	Sector Michiquillay, a 50 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
	B			794816	9219577	3305	
	C			794813	9219588	3304	
	D			794804	9219567	3300	
	E			794791	9219573	3300	
SM-37	A	7/09/2019	11:00	794789	9219532	3296	Sector Michiquillay, a 15 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
	B			794778	9219539	3296	
	C			794772	9219525	3295	
	D			794791	9219549	3297	
	E			794803	9219540	3300	
SM-38	A	7/09/2019	11:20	794629	9219521	3280	Sector Michiquillay, a 20 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
	B			794619	9219512	3280	
	C			794610	9219529	3280	



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Código OEFA	Códigos Muestra compuesta	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
	D			794632	9219509	3280	
	E			794638	9219515	3281	
SM-39	A	7/09/2019	11:30	794631	9219489	3282	Sector Michiquillay, a 5 m aproximadamente de la margen izquierda del río Quinuamayo
	B			794640	9219481	3284	
	C			794654	9219485	3286	
	D			794611	9219488	3280	
	E			794595	9219493	3280	
SM-40	A	7/09/2019	11:35	794575	9219546	3283	Sector Michiquillay, a 35 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
	B			794574	9219531	3282	
	C			794578	9219562	3282	
	D			794593	9219538	3283	
	E			794560	9219547	3282	
SM-41	A	7/09/2019	11:45	794492	9219528	3287	Sector Michiquillay, a 80 m aproximadamente de la margen derecha del río Quinuamayo
	B			794501	9219524	3291	
	C			794485	9219520	3284	
	D			794483	9219536	3284	
	E			794495	9219541	3286	
SM-42	A	7/09/2019	11:55	794440	9219467	3280	Sector Michiquillay, a 10 m aproximadamente de la margen derecha del río La Encañada
	B			794443	9219459	3280	
	C			794446	9219477	3281	
	D			794445	9219462	3280	
	E			794425	9219458	3280	
SM-43	A	7/09/2019	12:10	794221	9219316	3266	Sector Michiquillay, a 30 m aproximadamente de la margen derecha del río La Encañada
	B			794221	9219339	3269	
	C			794212	9219329	3266	
	D			794209	9219315	3266	
	E			794196	9219289	3266	
SM-44	A	7/09/2019	12:25	794133	9219224	3259	Sector Michiquillay, a 40 m aproximadamente de la margen derecha del río La Encañada
	B			794152	9219233	3265	
	C			794144	9219205	3259	
	D			794122	9219190	3255	
	E			794135	9219169	3250	
SM-45	A	7/09/2019	12:35	794161	9219119	3254	Sector Michiquillay, a 20 m aproximadamente de la margen derecha del río La Encañada
	B			794157	9219155	3261	
	C			794167	9219139	3257	
	D			794176	9219102	3255	
	E			794167	9219087	3255	
SM-46	A	7/09/2019	12:45	794151	9219050	3255	Sector Michiquillay, a 15 m aproximadamente de la margen derecha del río La Encañada
	B			794155	9219066	3256	

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

Código OEFA	Códigos Muestra compuesta	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
	C			794167	9219046	3255	
	D			794161	9219027	3255	
	E			794144	9219016	3253	
SM-47	A	7/09/2019	13:05	794152	9218988	3250	Sector Michiquillay, a 35 m aproximadamente de la margen derecha del río La Encañada
	B			794151	9219003	3255	
	C			794133	9218984	3251	
	D			794169	9218980	3249	
	E			794150	9218971	3250	
SM-48	A	7/09/2019	13:10	794141	9218920	3253	Sector Michiquillay, a 40 m aproximadamente de la margen derecha del río La Encañada
	B			794117	9218943	3256	
	C			794118	9218929	3256	
	D			794140	9218905	3253	
	E			794160	9218904	3248	

Fuente: Fichas de datos de campo de suelo (Anexo 1).

Tabla 5.5. Ubicación de puntos de muestreo en suelo Misceláneo Roca Sogoron (R-So), distrito La Encañada, provincia y departamento Cajamarca

Código OEFA	Códigos Muestra compuesta	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
SM-49	A	9/09/2019	12:10	794284	9220401	3352	Sector Michiquillay, a 20 m aproximadamente de la margen derecha del río Challhuamayo.
	B			794297	9220405	3343	
	C			794294	9220392	3349	
	D			794281	9220414	3351	
	E			794300	9220416	3346	
SM-50	A	9/09/2019	13:10	793895	9221080	3415	Sector Michiquillay, a 90 m aproximadamente de la margen derecha del río Challhuamayo.
	B			793899	9221088	3416	
	C			793888	9221073	3416	
	D			793913	9221078	3416	
	E			793907	9221069	3413	
SM-51	A	9/09/2019	13:15	793952	9221072	3405	Sector Michiquillay, a 50 m aproximadamente de la margen derecha del río Challhuamayo.
	B			793936	9221080	3411	
	C			793951	9221088	3407	
	D			793944	9221065	3409	
	E			793967	9221062	3404	
SM-52	A	9/09/2019	13:20	794073	9220821	3385	Sector Michiquillay, a 30 m aproximadamente de la margen derecha del río Challhuamayo.
	B			794077	9220835	3390	
	C			794082	9220823	3387	
	D			794076	9220809	3392	
	E			794067	9220814	3398	



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Código OEFA	Códigos Muestra compuesta	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
SM-53	A	9/09/2019	13:40	794042	9220777	3410	Sector Michiquillay, a 80 m aproximadamente de la margen derecha del río Challhuamayo.
	B			794038	9220792	3407	
	C			794027	9220790	3415	
	D			794029	9220762	3420	
	E			794039	9220758	3408	
SM-54	A	9/09/2019	13:50	794059	9220723	3409	Sector Michiquillay, a 110 m aproximadamente de la margen derecha del río Challhuamayo.
	B			794044	9220741	3410	
	C			794029	9220747	3410	
	D			794035	9220728	3410	
	E			794059	9220710	3407	
SM-55	A	9/09/2019	14:00	794068	9220681	3415	Sector Michiquillay, a 90 m aproximadamente de la margen derecha del río Challhuamayo.
	B			794063	9220699	3413	
	C			794078	9220692	3408	
	D			794083	9220673	3404	
	E			794077	9220658	3413	
SM-56	A	9/09/2019	14:15	794096	9220555	3414	Sector Michiquillay, a 85 m aproximadamente de la margen derecha del río Challhuamayo.
	B			794100	9220578	3420	
	C			794108	9220564	3416	
	D			794102	9220544	3410	
	E			794099	9220537	3416	
SM-57	A	9/09/2019	14:40	794254	9220312	3399	Sector Michiquillay, a 100 m aproximadamente de la margen derecha del río Challhuamayo.
	B			794251	9220314	3405	
	C			794251	9220326	3402	
	D			794233	9220297	3404	
	E			794253	9220300	3397	
SM-58	A	9/09/2019	15:00	794264	9220238	3380	Sector Michiquillay, a 80 m aproximadamente de la margen derecha del río Challhuamayo.
	B			794245	9220235	3394	
	C			794254	9220235	3387	
	D			794251	9220222	3388	
	E			794283	9220245	3369	
SM-59	A	9/09/2019	15:10	794274	9220027	3318	Sector Michiquillay, a 20 m aproximadamente de la margen derecha del río Challhuamayo.
	B			794274	9220071	3321	
	C			794263	9220062	3323	
	D			794272	9220047	3321	
	E			794256	9220045	3327	
SM-60	A	9/09/2019	15:25	794300	9219895	3311	Sector Michiquillay, a 10 m aproximadamente de la margen derecha del río Challhuamayo.
	B			794290	9219916	3313	
	C			794286	9219902	3316	
	D			794292	9219885	3318	

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

Código OEFA	Códigos Muestra compuesta	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
	E			794306	9219867	3308	

Fuente: Fichas de datos de campo de suelo (Anexo 1).

Tabla 5.6. Ubicación de puntos de muestreo en suelo Michiquillay (Mq), distrito La Encañada, provincia y departamento Cajamarca

Código OEFA	Códigos Muestra compuesta	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
SM-61	A	10/09/2019	09:50	795227	9220660	3414	Sector Michiquillay, a 35 m aproximadamente de la margen derecha del río Michiquillay
	B			795234	9220651	3412	
	C			795223	9220639	3414	
	D			795209	9220641	3411	
	E			795220	9220621	3409	
SM-62	A	10/09/2019	10:00	795275	9220510	3403	Sector Michiquillay, a 55 m aproximadamente de la margen izquierda del río Michiquillay
	B			795278	9220518	3404	
	C			795260	9220534	3402	
	D			795271	9220498	3403	
	E			795252	9220496	3400	
SM-63	A	10/09/2019	10:10	795191	9220578	3399	Sector Michiquillay, a 20 m aproximadamente de la margen derecha del río Michiquillay
	B			795207	9220584	3401	
	C			795180	9220596	3404	
	D			795196	9220564	3398	
	E			795171	9220579	3401	
SM-64	A	10/09/2019	10:25	795132	9220572	3408	Sector Michiquillay, a 35 m aproximadamente de la margen derecha del río Michiquillay
	B			795126	9220562	3407	
	C			795119	9220585	3410	
	D			795151	9220565	3406	
	E			795137	9220593	3412	
SM-65	A	10/09/2019	10:40	795142	9220538	3402	Sector Michiquillay, a 65 m aproximadamente de la margen derecha del río Michiquillay
	B			795133	9220549	3407	
	C			795153	9220550	3407	
	D			795129	9220520	3401	
	E			795166	9220522	3401	
SM-66	A	10/09/2019	11:00	795119	9220453	3385	Sector Michiquillay, a 60 m aproximadamente de la margen derecha del río Michiquillay
	B			795129	9220469	3391	
	C			795104	9220446	3386	
	D			795140	9220458	3389	
	E			795114	9220432	3380	
SM-67	A	10/09/2019	11:10	795144	9220425	3384	Sector Michiquillay, a 20 m aproximadamente de la margen derecha del río Michiquillay
	B			795162	9220447	3389	
	C			795147	9220444	3387	



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Código OEFA	Códigos Muestra compuesta	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
	D			795148	9220412	3384	
	E			795127	9220393	3387	
SM-68	A	10/09/2019	11:20	795082	9220372	3376	Sector Michiquillay, a 45 m aproximadamente de la margen derecha del río Michiquillay
	B			795074	9220408	3385	
	C			795070	9220389	3382	
	D			795078	9220388	3383	
	E			795091	9220382	3378	
SM-69	A	10/09/2019	11:45	795111	9220332	3373	Sector Michiquillay, a 10 m aproximadamente de la margen izquierda del río Michiquillay
	B			795101	9220340	3373	
	C			795112	9220343	3372	
	D			795120	9220339	3373	
	E			795127	9220353	3379	
SM-70	A	10/09/2019	11:55	795065	9220294	3371	Sector Michiquillay, a 5 m aproximadamente de la margen izquierda del río Michiquillay
	B			795092	9220302	3377	
	C			795073	9220300	3372	
	D			795049	9220298	3368	
	E			795038	9220286	3364	
SM-71	A	10/09/2019	12:05	795035	9220243	3365	Sector Michiquillay, a 20 m aproximadamente de la margen izquierda del río Michiquillay
	B			795026	9220259	3365	
	C			795023	9220239	3362	
	D			795044	9220228	3368	
	E			795046	9220251	3370	
SM-72	A	10/09/2019	13:05	795013	9220285	3368	Sector Michiquillay, a 15 m aproximadamente de la margen derecha del río Michiquillay
	B			795003	9220272	3363	
	C			794993	9220300	3369	
	D			795020	9220281	3367	
	E			794987	9220285	3372	
SM-73	A	10/09/2019	13:10	794954	9220260	3372	Sector Michiquillay, a 50 m aproximadamente de la margen derecha del río Michiquillay
	B			794956	9220271	3376	
	C			794976	9220263	3375	
	D			794961	9220243	3374	
	E			794938	9220256	3374	
SM-74	A	10/09/2019	13:15	794947	9220216	3368	Sector Michiquillay, a 40 m aproximadamente de la margen derecha del río Michiquillay
	B			794944	9220231	3368	
	C			794961	9220225	3367	
	D			794937	9220214	3366	
	E			794955	9220202	3361	
SM-75	A	10/09/2019	13:20	794923	9220069	3354	Sector Michiquillay, a 40 m aproximadamente de la margen derecha del río Michiquillay
	B			794913	9220098	3361	
	C			794908	9220074	3360	



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Código OEFA	Códigos Muestra compuesta	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
	D			794939	9220095	3353	
	E			794924	9220082	3352	
SM-76	A	10/09/2019	13:45	795003	9220147	3360	Sector Michiquillay, a 25 m aproximadamente de la margen izquierda del río Michiquillay
	B			795000	9220138	3352	
	C			795022	9220153	3358	
	D			795022	9220140	3360	
	E			794993	9220159	3353	
SM-77	A	10/09/2019	13:55	795076	9220146	3356	Sector Michiquillay, a 80 m aproximadamente de la margen izquierda del río Michiquillay
	B			795053	9220163	3350	
	C			795054	9220140	3352	
	D			795072	9220161	3350	
	E			795066	9220150	3352	
SM-78	A	10/09/2019	14:05	795028	9220098	3359	Sector Michiquillay, a 40 m aproximadamente de la margen izquierda del río Michiquillay
	B			795055	9220097	3357	
	C			795041	9220110	3358	
	D			795029	9220115	3354	
	E			795010	9220100	3352	
SM-79	A	10/09/2019	14:10	794997	9220060	3344	Sector Michiquillay, a 25 m aproximadamente de la margen izquierda del río Michiquillay
	B			794997	9220080	3349	
	C			795016	9220070	3348	
	D			795024	9220047	3346	
	E			795044	9220061	3349	
SM-80	A	10/09/2019	14:20	795020	9220011	3345	Sector Michiquillay, a 15 m aproximadamente de la margen izquierda del río Michiquillay
	B			795036	9220018	3345	
	C			795029	9220021	3335	
	D			794995	9220000	3340	
	E			795008	9220014	3343	
SM-81	A	10/09/2019	14:25	794946	9220033	3338	Sector Michiquillay, a 15 m aproximadamente de la margen derecha del río Michiquillay
	B			794962	9220044	3340	
	C			794946	9220049	3341	
	D			794946	9220019	3342	
	E			794930	9220024	3344	
SM-82	A	10/09/2019	14:35	794939	9219982	3336	Sector Michiquillay, a 30 m aproximadamente de la margen derecha del río Michiquillay
	B			794927	9219992	3336	
	C			794922	9219975	3337	
	D			794926	9219988	3330	
	E			794939	9219969	3329	
SM-83	A	10/09/2019	14:40	794941	9219930	3335	Sector Michiquillay, a 20 m aproximadamente de la margen derecha del río Michiquillay
	B			794930	9219952	3342	
	C			794927	9219936	3335	



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Código OEFA	Códigos Muestra compuesta	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
	D			794936	9219941	3337	
	E			794948	9219954	3335	
SM-84	A	10/09/2019	15:05	794921	9219905	3333	Sector Michiquillay, a 40 m aproximadamente de la margen derecha del río Michiquillay
	B			794908	9219906	3339	
	C			794920	9219920	3337	
	D			794919	9219891	3330	
	E			794935	9219905	3332	
SM-85	A	10/09/2019	15:20	794890	9219870	3327	Sector Michiquillay, a 60 m aproximadamente de la margen derecha del río Michiquillay
	B			794900	9219869	3331	
	C			794889	9219851	3331	
	D			794891	9219880	3331	
	E			794890	9219858	3330	
SM-86	A	10/09/2019	15:30	794836	9219844	3334	Sector Michiquillay, a 100 m aproximadamente de la margen derecha del río Michiquillay
	B			794825	9219856	3342	
	C			794819	9219837	3341	
	D			794844	9219838	3338	
	E			794831	9219822	3336	
SM-87	A	10/09/2019	15:40	794854	9219708	3310	Sector Michiquillay, a 60 m aproximadamente de la margen derecha del río Michiquillay
	B			794835	9219710	3316	
	C			794845	9219723	3311	
	D			794856	9219688	3308	
	E			794868	9219695	3312	
SM-88	A	10/09/2019	16:00	794925	9219752	3314	Sector Michiquillay, a 5 m aproximadamente de la margen izquierda del río Michiquillay
	B			794935	9219784	3314	
	C			794926	9219768	3312	
	D			794926	9219742	3312	
	E			794934	9219734	3313	
SM-89	A	10/09/2019	16:05	794939	9219700	3313	Sector Michiquillay, a 15 m aproximadamente de la margen izquierda del río Michiquillay
	B			794922	9219698	3311	
	C			794930	9219713	3312	
	D			794944	9219692	3309	
	E			794954	9219704	3313	
SM-90	A	10/09/2019	16:15	794971	9219810	3322	Sector Michiquillay, a 20 m aproximadamente de la margen izquierda del río Michiquillay
	B			794963	9219803	3318	
	C			794969	9219802	3322	
	D			794986	9219799	3325	
	E			794977	9219795	3321	

Fuente: Fichas de datos de campo de suelo (Anexo 1).

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

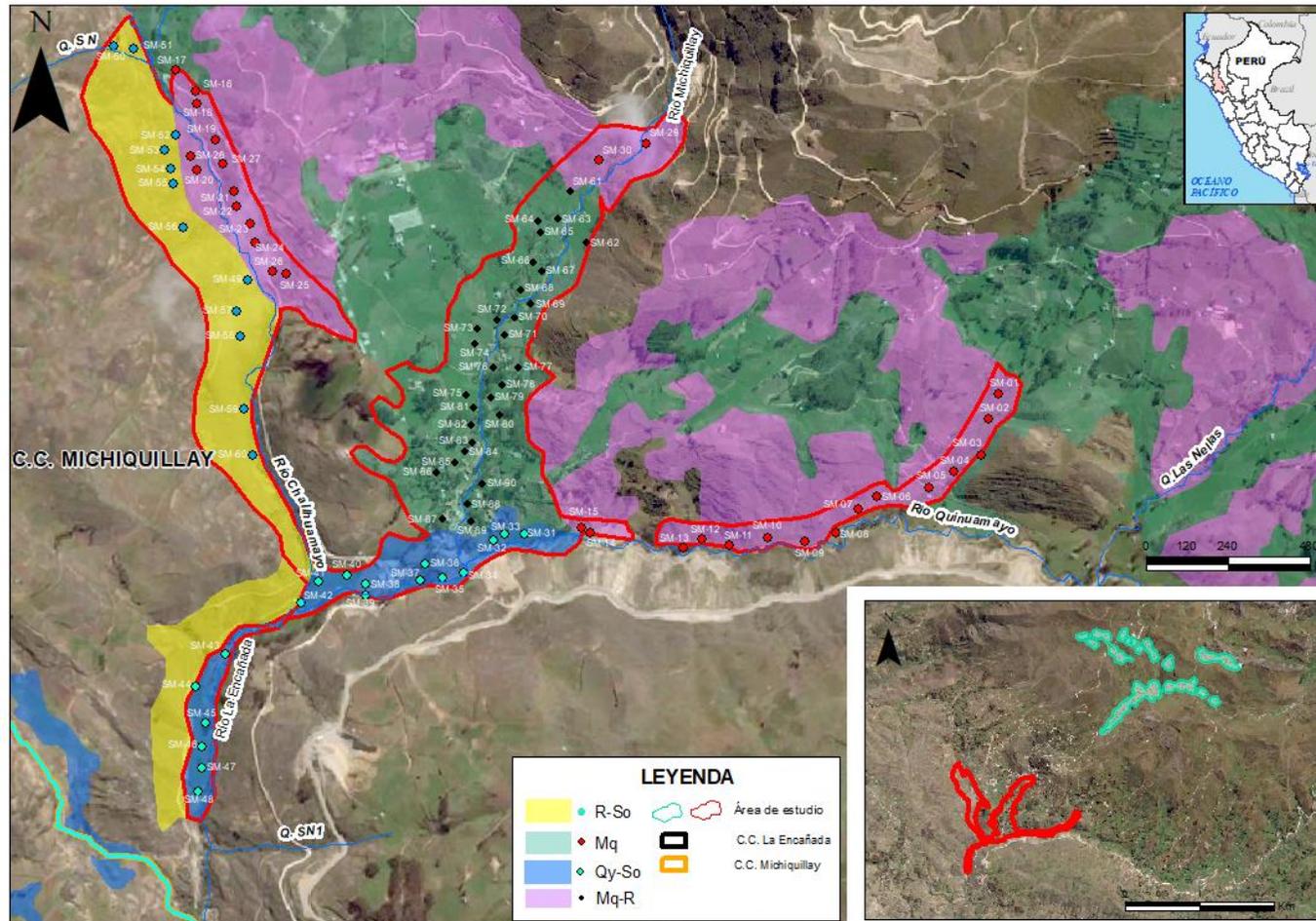


Figura 5.1. Ubicación de los puntos de muestreo de suelo Michiquillay (Mq), Michiquillay Misceláneo Roca (Mq-R), Quinuayoc Sogoron (Qy-So) y Sogoron Misceláneo Roca (R-So), distrito La Encañada, provincia y departamento Cajamarca

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

Tabla 5.7. Ubicación de puntos de muestreo en bofedales (BM), distrito La Encañada, provincia y departamento Cajamarca

Código OEFA	Códigos Muestra compuesta	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
BM-01	A	3/09/2019	09:40	799475	9222523	3758	Bofedales ubicados en las márgenes de la quebrada Vigón cercanos a su nacimiento
	B			799466	9222510	3758	
	C			799490	9222511	3758	
	D			799488	9222529	3758	
	E			799462	9222536	3758	
BM-02	A	3/09/2019	10:20	799226	9222677	3783	
	B			799208	9222685	3782	
	C			799196	9222691	3784	
	D			799177	9222703	3785	
	E			799235	9222671	3780	
BM-03	A	3/09/2019	11:10	799001	9222777	3785	Bofedales ubicados en las márgenes del río Michiquillay cercanos a su nacimiento, en la zona conocida como Pampa del Punre
	B			798994	9222776	3782	
	C			798985	9222785	3781	
	D			799016	9222766	3785	
	E			799023	9222757	3785	
BM-04	A	3/09/2019	11:40	798931	9222827	3779	
	B			798940	9222837	3779	
	C			798955	9222837	3775	
	D			798922	9222815	3777	
	E			798908	9222816	3777	
BM-05	A	3/09/2019	12:10	798749	9222816	3764	
	B			798752	9222826	3765	
	C			798768	9222843	3765	
	D			798737	9222819	3765	
	E			798708	9222818	3764	
BM-06	A	3/09/2019	12:30	798476	9222795	3745	
	B			798474	9222811	3746	
	C			798473	9222825	3747	
	D			798489	9222823	3745	
	E			798496	9222791	3746	
BM-07	A	3/09/2019	13:15	798172	9222738	3739	
	B			798158	9222758	3740	
	C			798166	9222780	3741	
	D			798157	9222810	3742	
	E			798136	9222825	3743	
BM-08	A	3/09/2019	13:30	798073	9222709	3736	
	B			798088	9222703	3736	
	C			798063	9222695	3735	



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

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

Código OEFA	Códigos Muestra compuesta	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
	D			798050	9222676	3734	
	E			798029	9222671	3733	
BM-09	A	3/09/2019	14:00	797872	9222591	3720	Bofedales ubicados entre 200 a 800 m aproximadamente al oeste de la laguna Tarucacocha
	B			797839	9222636	3720	
	C			797866	9222651	3719	
	D			797853	9222673	3719	
	E			797816	9222669	3716	
BM-10	A	4/09/2019	09:35	799697	9223417	3833	
	B			799706	9223434	3832	
	C			799734	9223431	3832	
	D			799734	9223398	3836	
	E			799714	9223385	3832	
BM-11	A	4/09/2019	10:00	799805	9223354	3833	
	B			799820	9223364	3830	
	C			799799	9223337	3831	
	D			799785	9223325	3832	
	E			799788	9223343	3832	
BM-12	A	4/09/2019	10:40	799350	9223463	3810	
	B			799322	9223475	3809	
	C			799297	9223458	3810	
	D			799266	9223464	3809	
	E			799246	9223451	3807	
BM-13	A	4/09/2019	11:00	799196	9223465	3807	
	B			799202	9223486	3808	
	C			799211	9223512	3804	
	D			799190	9223529	3804	
	E			799195	9223567	3804	
BM-14	A	4/09/2019	12:30	798458	9223351	3806	
	B			798448	9223330	3804	
	C			798441	9223308	3801	
	D			798438	9223279	3799	
	E			798460	9223236	3795	
BM-15	A	4/09/2019	13:20	798154	9223413	3816	
	B			798158	9223460	3819	
	C			798156	9223440	3821	
	D			798165	9223485	3823	
	E			798169	9223504	3826	
BM-16	A	4/09/2019	13:40	798065	9223638	3850	
	B			798052	9223657	3853	
	C			798039	9223686	3856	



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

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

Código OEFA	Códigos Muestra compuesta	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
	D			798015	9223719	3862	
	E			798002	9223750	3864	
BM-17	A	4/09/2019	14:10	797832	9223617	3888	
	B			797826	9223622	3890	
	C			797819	9223618	3890	
	D			797820	9223633	3893	
	E			797807	9223625	3896	
BM-18	A	4/09/2019	14:30	797737	9223754	3918	
	B			797721	9223764	3920	
	C			797731	9223777	3920	
	D			797719	9223798	3921	
	E			797714	9223781	3920	
BM-19	A	4/09/2019	15:00	797304	9223619	3919	
	B			797299	9223603	3919	
	C			797279	9223601	3918	
	D			797273	9223581	3912	
	E			797257	9223583	3913	
BM-20	A	4/09/2019	15:20	797421	9223462	3891	
	B			797431	9223474	3891	
	C			797454	9223482	3893	
	D			797402	9223434	3884	
	E			797432	9223415	3888	
BM-21	A	5/09/2019	09:40	797535	9222393	3711	
	B			797540	9222377	3711	
	C			797554	9222372	3711	
	D			797540	9222350	3710	
	E			797563	9222342	3709	
BM-22	A	5/09/2019	10:10	797399	9222233	3709	
	B			797402	9222249	3707	
	C			797398	9222206	3705	
	D			797391	9222180	3702	
	E			797399	9222154	3705	
BM-23	A	5/09/2019	10:30	797290	9222106	3700	
	B			797295	9222083	3703	
	C			797274	9222063	3703	
	D			797253	9222026	3703	
	E			797214	9221997	3704	
BM-24	A	5/09/2019	11:20	797586	9223810	3943	
	B			797595	9223796	3943	
	C			797596	9223783	3940	



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección
Técnica CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Código OEFA	Códigos Muestra compuesta	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
	D			797612	9223788	3941	
	E			797629	9223783	3940	
BM-25	A	5/09/2019	11:40	797489	9223863	3951	Bofedal ubicado en la naciente de la quebrada El Lago
	B			797495	9223876	3951	
	C			797526	9223938	3943	
	D			797514	9223943	3945	
	E			797529	9223976	3940	
BM-26	A	5/09/2019	12:40	797150	9223846	3937	
	B			797138	9223846	3937	
	C			797154	9223872	3936	
	D			797169	9223884	3935	
	E			797171	9223901	3937	
BM-27	A	5/09/2019	13:10	797154	9223922	3936	
	B			797131	9223918	3933	
	C			797101	9223916	3932	
	D			797062	9223932	3921	
	E			797037	9223941	3921	
BM-28	A	5/09/2019	13:30	797001	9223958	3917	Bofedales ubicados en la naciente de la quebrada Oxa Segana
	B			796982	9223954	3917	
	C			796954	9223960	3914	
	D			796912	9223926	3912	
	E			796869	9223938	3907	
BM-29	A	5/09/2019	13:50	796700	9223896	3894	
	B			796687	9223883	3890	
	C			796636	9223875	3884	
	D			796618	9223869	3883	
	E			796579	9223882	3881	
BM-30	A	5/09/2019	14:30	796752	9223783	3893	
	B			796782	9223771	3895	
	C			796815	9223761	3895	
	D			796847	9223743	3894	
	E			796894	9223703	3897	

Fuente: Fichas de datos de campo de suelo (Anexo 1).

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

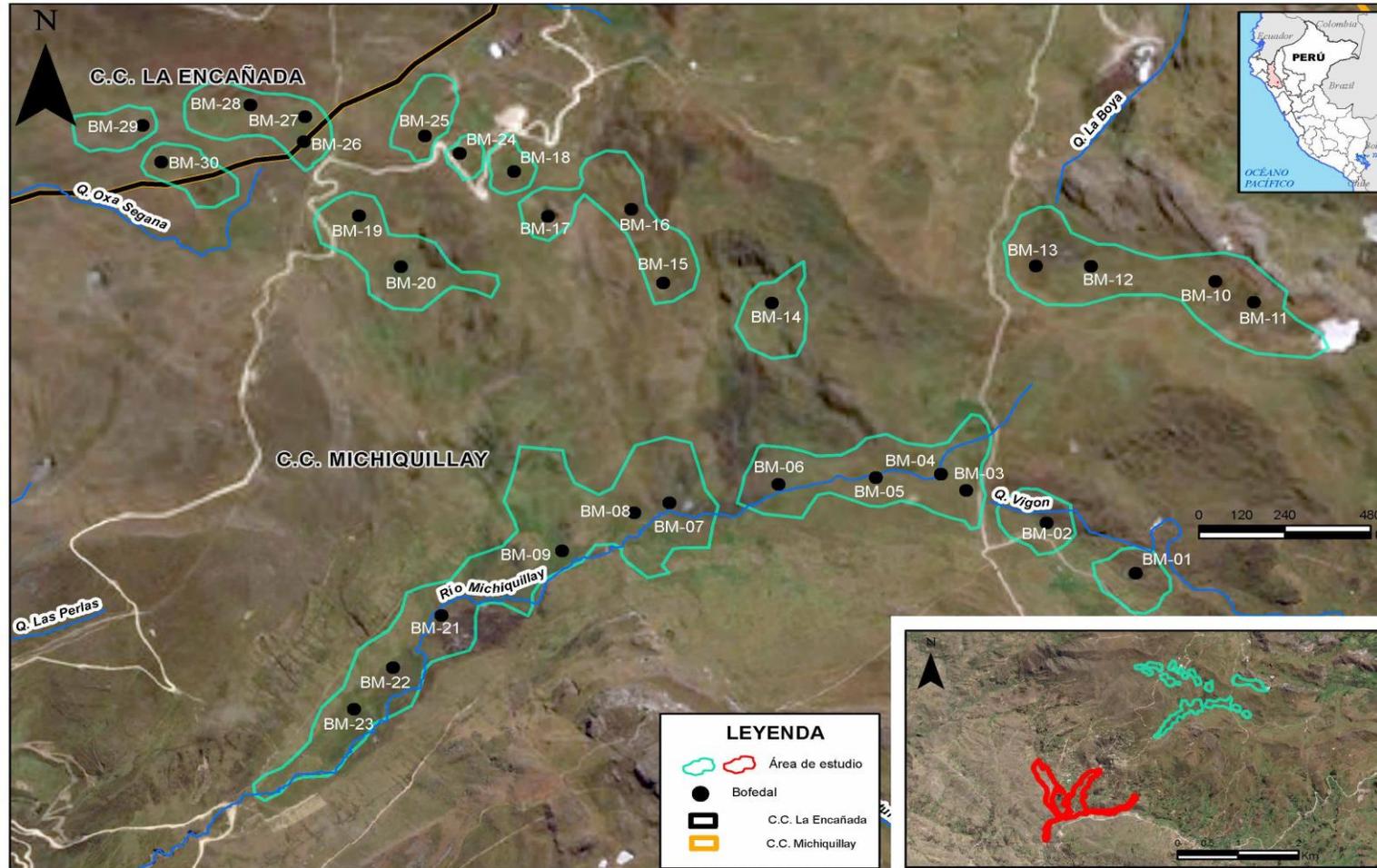


Figura 5.2. Ubicación de los puntos de muestreo de suelo en bofedales

5.3. Equipos utilizados durante el muestreo

Los equipos utilizados para el muestreo de suelo se detallan en la Tabla 5.8.

Tabla 5.8. Equipos y materiales utilizados el muestreo de suelo

Equipos/ Materiales	Marca	Modelo	Serie
Equipo de posicionamiento GPS	GARMIN	Montana 680	4HU005174
Cámara fotográfica digital	CANON	Powershot d30BL	92051001007
Barreno	AMS	-	-
Russian sampler Muestreador tipo Turba	-	TURBA	-
Kit de suelo (acero inoxidable)	-	-	-
Radios Transmisores receptores	Motorola	LAH0ZJDH9UA1N	867TUH1541 867TUH1442
Tamiz (acero inoxidable)	-	-	-

5.4. Parámetros y métodos de análisis

Los parámetros fueron seleccionados en función de las actividades mineras que se pretenden desarrollar y que puedan afectar al suelo dentro del área de estudio, teniendo en cuenta los parámetros contemplados en los ECA para suelo; además, se evaluaron parámetros adicionales que nos ayudaron en la interpretación de los resultados.

De tal manera que El análisis de laboratorio contempló 32 elementos entre metales y metaloides como: Aluminio (Al), bario (Ba), calcio (Ca), cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), hierro (Fe), potasio (K), magnesio (Mg), manganeso (Mn), sodio (Na), fósforo (P), plomo (Pb), silicio (Si), estroncio (Sr), titanio (Ti), vanadio (V), zinc (Zn), cadmio (Cd), níquel (Ni), litio (Li), plata (Ag), arsénico (As), berilio (Be), molibdeno (Mo), antimonio (Sb), selenio (Se), talio (Tl), boro (B), bismuto (Bi), estaño (Sn) y mercurio (Hg).

Complementariamente, se realizó la caracterización de cada unidad de suelo y de bofedales, que incluyó el análisis de propiedades físicas y químicas tales como: pH, conductividad eléctrica, carbonato de calcio, materia orgánica, nutrientes (N, P, K), salinidad (conductividad), textura (porcentaje de arena, limo, y arcilla), capacidad de intercambio catiónico (CIC) y cationes cambiables. Estos análisis fueron realizados por ALS LS Perú S.A.C y TYPASA S.A (acreditados ante Instituto Nacional de Calidad - Inacal), respectivamente. En la Tabla 5.9 se detallan los parámetros y métodos utilizados.

Tabla 5.9. Parámetros y métodos de análisis en muestras de suelo

Parámetro	Método de Análisis	Laboratorio	Requerimiento de servicio	N.º de muestras ejecutadas	Observaciones
Metales incluido mercurio	EPA Method 3050 B / EPA Method 6010 D, Rev. 5 July. 2018. EPA 7471 B, Rev 2, February 2007.	ALS LS PERÚ S.A.C.	2558-2019	132	Incluyó 12 duplicados
Caracterización de suelo	Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego Lima-Perú ED. 2017	TYPASA PERÚ S.A.C.	2572-2019	12	Incluyó análisis físico químicos (carbonato de calcio, conductividad, materia orgánica, pH, fósforo y potasio disponible), cationes cambiables (capacidad de intercambio catiónico, Al ⁺⁺⁺ +H ⁺ , Ca ⁺² , K ⁺ , Mg ⁺² , Na ⁺) y clase textural

5.5. Aseguramiento de calidad

El aseguramiento de la calidad se basó en la guía para el muestreo de suelos del Minam, donde se dan recomendaciones para el manejo de las muestras e indica que se deben duplicar el 10 % de las muestras a ser analizadas para sitios con una superficie menor o igual a 20 ha, y 5 % para superficies mayores a 20 ha; también se tomarán en cuenta los criterios técnicos para la aplicación de los ECA suelo para actividades mineras, emitido por la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros del Ministerio de Energía y Minas, en base al Informe Técnico N.º 756-2014-MINAM/VMGA/DGCA, con asunto «Consultas sobre ECA suelo en el sector minero». En este sentido, se colectaron 12 duplicados para un total de 120 puntos de muestreo en 210 ha (Anexo 3).

5.6. Procesamiento de datos

Las concentraciones de metales y metaloides en el suelo de las unidades Michiquillay, Michiquillay Misceláneo Roca, Quinuyoc Sogoron, Sogoron Misceláneo Roca y bofedales, obtenidas del laboratorio fueron ordenados y sistematizados por parámetro para su análisis posterior aplicando los métodos estadísticos, a fin de determinar los niveles de fondo (NF) y niveles de referencia (NR).

El nivel de fondo o límite superior de confianza (*Upper Confidence Limit – 95 % UCL*) es considerado como la cota superior del intervalo de confianza para la media poblacional de algún contaminante en suelos naturales. El nivel de referencia o límite superior de tolerancia (*Upper Tolerance Limit- UTL 95-95 %*) está definido como la cota superior del intervalo de confianza para el percentil 95, diseñado para contener un porcentaje de la población (95 %) de las concentraciones de fondo (valor umbral), (USEPA, 2002). Figura 5.3.

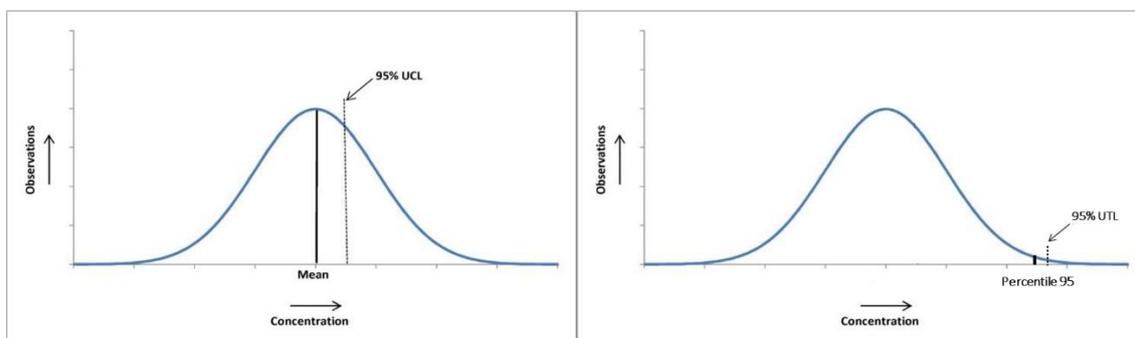


Figura 5.3. Representación gráfica **a.** Nivel de fondo (95 % UCL) y **b.** Nivel de referencia (UTL 95-95 %).

Modificado de Klee (2014).

El cálculo de los valores de niveles de fondo (NF) y niveles de referencia (NR) fue realizado por un tratamiento estadístico mediante el software ProUCL 5.1 de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. EPA); asimismo, de manera complementaria fue utilizado el software libre «R» (Helsel, 2013), para la validación de datos y elaboración de gráficas.

Asimismo, el tratamiento estadístico se realizó para: a) Detectar y evaluar la presencia de valores anómalos (*outliers*) dentro de la serie de datos, para evitar que estos afecten negativamente la determinación de los valores de fondo y referencia, b) Adoptar criterios para la identificación e imputación o reemplazo de valores censurados (valores por debajo del límite de cuantificación del método de análisis de laboratorio) dentro de la serie de datos.

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

El tratamiento estadístico fue realizado con una población muestral de 30 valores de concentración de metales y metaloides en los suelos Michiquillay, Michiquillay Misceláneo Roca y bofedales, 18 en Quinuayoc Sogoron y 12 en Misceláneo Roca Sogoron. A continuación, en la Figura 5.4, se presenta el esquema para el tratamiento de datos:

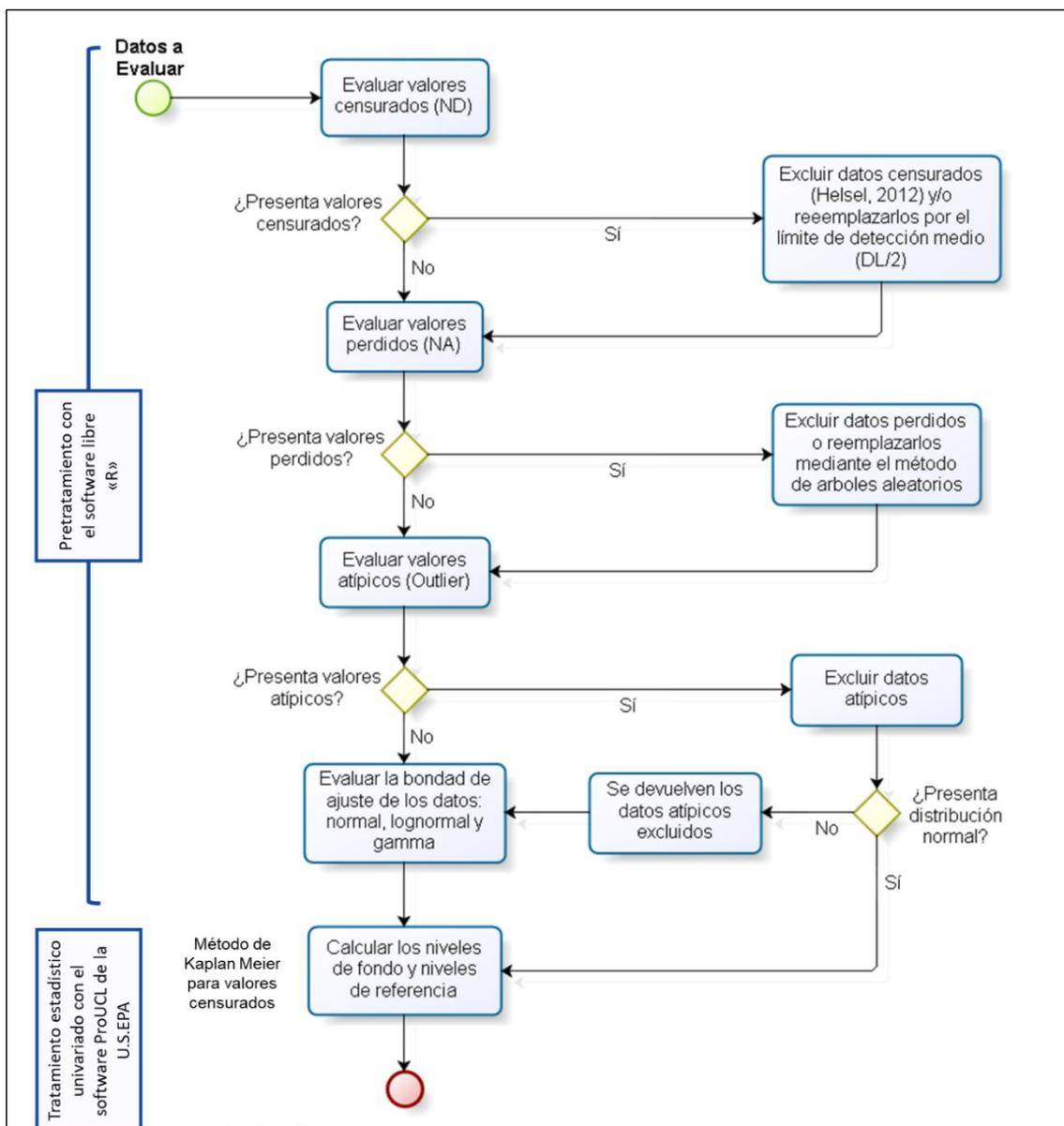


Figura 5.4. Esquema del tratamiento de datos para el cálculo de niveles de fondo y niveles de referencia (adaptado por Cáceres, 2019)

El procedimiento para la obtención de los valores se detalla a continuación:

5.6.1. Identificación de valores anómalos o outliers

Según la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (2006), los valores anómalos o atípicos son mediciones del conjunto de una muestra que son extremadamente grandes o pequeños y que pudiera no tener una relación con el resto de datos recogidos.

El efecto que surge de incluir estos valores anómalos en un conjunto de datos es que pueden distorsionar los test estadísticos utilizados para la determinación de valores de fondo (EPA, 2013). Asimismo, Helsel (2012) manifiesta que la presencia de valores anómalos en un conjunto de datos tiende a destruir la normalidad de la serie de datos, en otras palabras, un conjunto de datos con valores anómalos rara vez sigue una distribución normal.

Por otro lado, estos valores anómalos pueden ser originados por errores sistemáticos en la etapa de muestreo, en el análisis químico de las muestras, o representar valores de otra población (Diamond *et al.*, 2009). Es por esto que el propósito de este análisis es eliminar, el efecto de este tipo de posibles errores en la estimación de las concentraciones de fondo, desde un punto de vista univariante.

Los potenciales valores anómalos se identificaron mediante representaciones gráficas, como el diagrama de cajas (ISO 19258), en el cual se puede identificar visualmente si los datos observados son mucho mayores o menores al resto. En los diagramas empleados en los gráficos, los valores anómalos son representados mediante puntos.

Una vez identificados los potenciales valores anómalos, se aplicaron test estadísticos que permiten determinar de manera objetiva si se trata efectivamente de este tipo de valores. La EPA (2013) recomienda el uso de 2 test, el de Dixon (1953), y el test de Rosner (1975), los cual son empleados para tamaños de muestra menores y mayores a 25, respectivamente.

5.6.2. Tratamiento de datos por debajo del límite de cuantificación o censurados

Es común que en muestras ambientales los datos obtenidos de los análisis químicos pueden estar por debajo del límite de cuantificación del método de análisis de laboratorio para cada parámetro evaluado (EPA, 2006). En estos casos cuando los resultados no son detectados, la verdadera concentración de los datos es desconocida debido a que se encuentra entre cero y su límite de cuantificación. Asimismo, los resultados de las concentraciones de algunos parámetros, presentaron valores por debajo de su respectivo límite de cuantificación, por este motivo se vio necesario el uso de un método que permita tratar estadísticamente los datos cuando haya este tipo de valores dentro de un conjunto de datos.

Existen diferentes formas de evaluar este tipo de datos, la EPA (2013) y Helsel (2012) no recomiendan el uso del método de sustitución por el valor del límite de cuantificación o la mitad del mismo, sino que recomienda el uso de un método robusto para tal fin, como el método de Kaplan-Meier (1958), el cual ha sido empleado en este estudio y se basa en la sustitución de los resultados de los valores no detectados con valores que coincidan con la distribución del resto del conjunto de datos (Klee, 2014).

Una vez determinados los valores anómalos y la forma de abordar el conjunto de datos con resultados por debajo del límite de cuantificación del método de análisis de laboratorio, se determinó el comportamiento de cada uno de los metales evaluados de forma individual (tratamiento estadístico univariante), lo que permitió obtener los valores buscados de los niveles de fondo.

Este tratamiento estadístico univariante consiste en un análisis descriptivo de cada una de las variables, mediante la estimación de estadísticos de tendencia central, distribución de frecuencias y estadísticos de dispersión. Asimismo, se han realizado gráficas de cajas, de histogramas y gráficos de probabilidad, los cuales se describen a continuación:

- ✓ **Gráfico de cajas y bigotes:** Esta gráfica es un instrumento que permite mostrar las características de una muestra de datos. La parte rectangular del diagrama se extiende desde el cuartil inferior hasta el cuartil superior, cubriendo la mitad central de la muestra. La línea del centro dentro de la caja indica la localización de la mediana de la muestra. Los bigotes se extienden desde la caja hasta los valores mínimo y máximo en la muestra, excepto por cualquier punto alejado o muy alejado, los cuales son graficados por separado. Los puntos alejados son aquellos que se encuentran a más de 1,5 veces el rango intercuartílico por arriba o por debajo de la caja y se muestran en forma de puntos.
- ✓ **Histograma:** Esta gráfica despliega el histograma de frecuencias para cada parámetro evaluado. La gráfica despliega el número de datos en cada intervalo.
- ✓ **Gráfico de probabilidad normal (o gráfico Q-Q normal):** Se presenta para el global de los datos y para cada una de las unidades homogéneas. Este gráfico despliega la gráfica de probabilidad normal para cada parámetro evaluado. Para generar esta gráfica, los datos se ordenan de menor a mayor. Se han graficado versus los valores $(i-0,375) / (n+0,25)$, en donde n es el tamaño de la muestra. Si los datos provienen de una distribución normal, los puntos deberán quedar aproximadamente a lo largo de una línea recta. Para juzgar que tan cerca de una línea recta se encuentran, se ha sobrepuesto en la gráfica una línea de referencia. La línea de referencia se ha ajustado a la gráfica utilizando mínimos cuadrados.

5.6.3. Determinación del nivel de fondo y nivel de referencia

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2002) define 2 tipos de nivel de fondo, el primero corresponde al fondo de origen natural definido como las sustancias presentes en el medio ambiente que no han sido influenciadas por la actividad humana. El segundo corresponde al fondo antropogénico el cual se define como las sustancias naturales y humanas presentes en el medio ambiente como resultado de actividades humanas no específicamente relacionadas con el sitio en cuestión. En ese sentido, es posible determinar un nivel de fondo en áreas asociada a una actividad antropogénica.

Según la normativa ambiental peruana, el nivel de fondo se define como la concentración en el suelo de los químicos que no fueron generados por la actividad objeto de análisis y que se encuentran en el suelo de manera natural o fueron generados por alguna fuente antropogénica ajena a la actividad bajo análisis (Minam, 2014).

Para la determinación de niveles de fondo y niveles de referencia se utilizó el software estadístico *Pro UCL 5.1* de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (U.S. EPA). Esta metodología incluye 2 etapas que se describen a continuación:

➤ Nivel de fondo - NF

Para su determinación se empleó un intervalo donde está incluido el valor verdadero del estimador en estudio, considerando la cota superior⁴ de dicho intervalo para la media. Esta cota debe garantizar con un elevado grado de confianza (este fue establecido en 95 %), y cuando el conjunto de datos sigue una distribución normal, la expresión de esta cota permite definir la media para cada variable evaluado, la cual viene dada por la U.S. EPA, 2013 según la siguiente expresión:

⁴ Es el límite superior de un intervalo de confianza de un parámetro de interés, por ejemplo, la cota superior de la media.

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

$$C_M = \bar{x} + t_{\alpha, n-1} s / \sqrt{n} \dots \dots (1)$$

Donde:

C_M : Cota superior de la media de n datos

n : Tamaño de la muestra

\bar{x} : Media aritmética de la muestra de n datos

S : Desviación estándar de la muestra de n datos

$t_{\alpha, n-1}$: Caracterizan la situación real del medio caracterizan la situación real del medio percentil 100(1- α)-ésimo de la distribución t-Student de n-1 grados de libertad.

Algunos conjuntos de datos mostraron a una distribución gamma típica, en este caso, el valor de la cota superior (límite superior del intervalo de confianza de la media) se determinó con la expresión dada para $n \leq 50$ (U.S. EPA, 2013):

$$C_M = \frac{2nk\bar{x}}{X_{2nk}^2(\alpha)} \dots \dots (2)$$

Donde:

C_M : Cota superior de la media

n : Tamaño de la muestra

k : Parámetro de forma de la distribución Gamma

\bar{x} : Media aritmética de la muestra de n datos

X_{2nk}^2 : Estadístico Chi cuadrado con 2nk grados de libertad

α : Nivel de significancia

Por otro lado, cuando el conjunto de datos se ajusta a una distribución log normal, la expresión para determinar la cota superior de la media es la siguiente (U.S. EPA, 2013):

$$C_M = \exp(\bar{y} + 0,5s_y^2 + s_y H_{1-\alpha} / \sqrt{n-1}) \dots \dots (3)$$

Donde:

\bar{y} : Es la media aritmética de la muestra de los datos transformados logarítmicamente.

s_y : Desviación estándar de la muestra de n datos transformados logarítmicamente.

$H_{1-\alpha}$: Es el estadístico H propuesto por Land (1975)

Cuando haya un conjunto de datos que no se ajustan a ninguno de los tipos de distribución vistos anteriormente, para estos casos en particular se realizó una estimación no paramétrica de la cota superior de la media a partir del conjunto de datos disponibles. En estos casos, la cota superior de la media se calculó empleando el método bootstrap propuesto por Efron (1981), el cual es un método no paramétrico que utiliza técnicas de remuestreo⁵ para reducir el sesgo en las estimaciones y construir intervalos de confianza aproximados para los parámetros tales como la media y los percentiles (U.S. EPA, 2013).

➤ Nivel de referencia - NR (percentil 95)

⁵ El método *bootstrap* es una técnica de remuestreo que no requiere el supuesto de normalidad y acepta muestras de cualquier tamaño para la estimación de intervalos. Esta técnica permite estimar la variabilidad de la muestra a través de la toma de sucesivas muestras con reemplazo, de la muestra original. Fuente: *Intervalos de confianza bootstrap del índice de biodiversidad de Shannon. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 2001, 18: 222-234.*

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

Se denomina nivel de referencia como aquel valor que su superación por unidad muestral de la población actual caracterizada sea poco probable y que, por tanto, si no ha habido modificaciones de las condiciones de muestreo, sea también poco probable su superación obtenida posteriormente (De Miguel *et al.*, 2002).

La cota superior del percentil 95 % con un 95 % de nivel de confianza representa el valor por debajo del cual se encuentra el 95 % de los datos de la población con un 95 % de nivel de confianza (U.S. EPA, 2013). La expresión de esta cota dependerá del tipo de distribución a la que se ajusta el conjunto de datos. Así se tiene que para una distribución normal la expresión es la siguiente:

$$C_p = \bar{x} + K_{(n,\alpha,p)} \times s \dots \dots (4)$$

Donde:

C_p : Cota superior del percentil p-ésimo.

\bar{x} : Media aritmética de la muestra de n datos.

S : Desviación estándar de la muestra de n datos.

$K_{(n,\alpha,p)}$: Factor de tolerancia para la determinación de la cota superior del percentil p-ésimo, a partir de una muestra de n datos, con un nivel de confianza de $1-\alpha$, basada en la distribución t-Student (Hahn y Meeker, 1991).

Asimismo, para un conjunto de datos ajustado a una distribución tipo gamma, que transformando los datos según $Y=X^{1/4}$, esta se aproxima a una distribución normal, presenta la siguiente expresión (U.S. EPA, 2013):

$$C_p = (\bar{y} + K_{(n,\alpha,p)} \times s_y)^4 \dots \dots (5)$$

Donde :

\bar{y} : Media aritmética de datos transformados para distribución gamma.

s_y : Desviación estándar de n datos transformados para distribución gamma.

Por otro lado, cuando el conjunto de datos se ajusta a una distribución log normal, la expresión para determinar la cota superior del percentil 95% es la siguiente (U.S. EPA, 2013):

$$C_p = \exp(\bar{y} + K_{(n,\alpha,p)} * s_y) \dots \dots (6)$$

Donde:

\bar{y} : Media aritmética de los datos transformados logarítmicamente

s_y : Desviación estándar de n datos transformados logarítmicamente.

Por otra parte, se tiene el caso que el conjunto de datos no se ajusta a alguna distribución conocida, en esa situación se emplean métodos robustos o no paramétricos.



5.7. Criterios de comparación

La clasificación de parámetros edáficos como potencial de hidrógeno (pH), materia orgánica, fósforo y potasio se realizó tomando en cuenta el Anexo N.º IV «Guía para la clasificación de los parámetros edáficos» del Decreto Supremo N.º 017-2009-AG; mientras que, la conductividad eléctrica se clasificó en base al Soil Survey Manual (2017), el nivel de CaCO_3 y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) se clasificó de acuerdo con la tabla de rangos interpretativos propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2012).

Los resultados analíticos de los metales arsénico, bario, cadmio, mercurio y plomo, obtenidos del muestreo de nivel de fondo, fueron comparados con los ECA para suelo de uso agrícola, aprobados mediante Decreto Supremo N.º 011-2017-MINAM. Si las concentraciones de fondo de estos metales superasen dicha normativa, los resultados que se obtengan en futuras evaluaciones de sitios contaminados dentro del área evaluada, serán comparados con los valores de fondo, de acuerdo con lo establecido en el Decreto Supremo N.º 012-2017-MINAM.

En el caso de aquellos metales como el cobre, cromo, molibdeno, vanadio y zinc, entre otros que pueden ser asociadas a futuras actividades mineras en el área y no se encuentran reguladas en los ECA para suelo, la comparación referencial se realizó con las pautas canadienses de calidad del suelo de uso agrícola para la protección del medio ambiente y salud humana (Canadian Environmental Quality Guidelines. Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human of use Agricultural - CEQG-SQG6) (en adelante guía canadiense); conforme a lo dispuesto en el ítem 1.4 de la guía para la elaboración de planes de descontaminación de suelos, aprobada mediante Resolución Ministerial N.º 085-2014-MINAM.

⁶

Canadian Council of Ministers of the Environment (2018). *Canadian Environmental Quality Guidelines. Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human of use Agricultural* (Valores guía de calidad ambiental de Canadá para la protección del medio ambiente y salud humana de uso agrícola).

6. RESULTADOS

A continuación, se describe las características edáficas, detallan los valores de nivel de fondo y nivel de referencia por cada suelo evaluado. Adicionalmente, se presenta una comparación referencial con los ECA para suelo y los valores guía canadiense para uso agrícola:

Michiquillay Misceláneo Roca (Mq-R)

Este suelo de origen residual, presenta contacto lítico dentro de los primeros 50 cm por lo que fue clasificado como Misceláneo Roca - Lithic Haplustands, con textura Arenosa a Arenosa Franca; pH ligeramente alcalino (pH: 7,24 – 7,31); no salino; contiene carbonato de calcio entre 1,46 % a 4,07 %; alta capacidad de intercambio catiónico (35,21 -36,59 cmol+ / kg); bajo a medio contenido de materia orgánica (1,28% – 2,48%); alto contenido de fósforo (90,33 – 93,73 mg/kg) y potasio (265,5 – 291,8 mg/kg) disponible. Estas características definen una baja fertilidad del suelo. En el Anexo 3, se detallan los resultados de la caracterización de suelo.

El análisis estadístico determinó que los elementos como el cadmio, molibdeno, arsénico, mercurio, plata, berilio, antimonio, selenio, talio, boro, bismuto, litio y estaño presentaron concentraciones por debajo del límite de cuantificación del método de análisis de laboratorio en más del 60 % de los puntos evaluados, por lo tanto, no fue posible determinar los valores de nivel de fondo y nivel de referencia.

De esta manera, los elementos como aluminio, bario, calcio, cromo, cobre, hierro, potasio, magnesio, manganeso, fósforo, plomo, silicio, estroncio, titanio, vanadio, zinc y níquel no presentaron valores censurados; en cambio cobalto y sodio si presentaron valores censurados. Por otro lado, el calcio, cobre, hierro, manganeso, plomo, titanio y níquel presentaron valores anómalos u *outliers*.

Los 19 elementos considerados en el análisis presentaron una distribución normal. En la Tabla 6.1, se presenta un resumen del cálculo de los valores de nivel de fondo y referencia. La estadística general, pruebas de distribución (Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling), diagramas Q-Q de normalidad, caja y bigotes, así como la frecuencia de datos en histogramas, se presentan en el Anexo 4.

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

Tabla 6.1. Resumen estadístico para el cálculo de valores de nivel de fondo y nivel de referencia del suelo Michiquillay Misceláneo Roca

Elemento	n	Mínima	Mediana	Media*	P95	Máximo	Varianza*	Desviación estándar*	Distribución	Censurados	Anómalos	Nivel de fondo	Nivel de referencia
Al	30	5655	22471	22748	31782	32903	40157569	6337	Normal	No	No	24714	36815
Ba	30	15	65,55	65,26	91,47	126,5	485,3209	22,03	Normal	No	No	72,09	114,2
Ca	26	153,3	26203	27412	71876	85113	506115009	22497	Normal al eliminar <i>outliers</i>	No	Sí	34949	78594
Cr	30	2	25,7	25,57	42,46	48,7	90,307009	9,503	Normal	No	No	28,52	46,67
Cu	26	11,3	24,15	27,52	55,05	68,7	210,8304	14,52	Normal al eliminar <i>outliers</i>	No	Sí	32,38	60,55
Fe	28	23919	33845	32060	39676	42408	29246464	5408	Normal al eliminar <i>outliers</i>	No	Sí	33801	44205
K	30	689,7	2382	2388	3992	4045	945561,76	972,4	Normal	No	No	2690	4547
Mg	30	133,8	2561	2338	3264	4375	828100	910	Normal	No	No	2620	4358
Mn	29	26,3	625	642	1052	1397	80883,36	284,4	Normal al eliminar <i>outliers</i>	No	Sí	731,9	1277
P	30	431,2	4745	5322	10008	15040	12271009	3503	Normal	No	No	6409	13099
Pb	22	9,7	18,05	18,7	26,01	32,7	29,322225	5,415	Normal al eliminar <i>outliers</i>	No	Sí	20,68	31,42
Si	30	526,1	1012	984,3	1231	1507	39085,29	197,7	Normal	No	No	1046	1423
Sr	30	4	97,25	107	211,9	278	4454,2276	66,74	Normal	No	No	127,7	255,1
Ti	26	21,5	54,1	64,62	115,6	123,3	786,8025	28,05	Normal al eliminar <i>outliers</i>	No	Sí	74,01	128,4
V	30	10,4	45,6	47,09	82,54	98	352,6884	18,78	Normal	No	No	52,91	88,78
Zn	30	3,1	98,9	124,2	265,9	326	5741,0929	75,77	Normal	No	No	147,7	292,4
Ni	26	9,4	20,05	21,13	29,08	31,8	31,225744	5,588	Normal al eliminar <i>outliers</i>	No	Sí	23	33,84
Co	30	2	8,7	8,663	13,15	17,7	11,42	3,38	Normal	Sí	No	9,731	16,17
Na	30	20	60,5	58,88	104,1	110,8	779,8	27,93	Normal	Sí	No	67,72	120,9

n: Número de muestras

P95: Percentil 95.

(*) Para casos con valores censurados se usa el método Kaplan Meyer

Fuente: Fichas estadísticas y representación gráfica de resultados de nivel de fondo y nivel de referencia (Anexo 4)

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

De la comparación referencial de los niveles de fondo y niveles de referencia de metales y metaloides en este suelo con los estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo uso agrícola se observó que no superaron los valores establecido en la norma referida. El nivel de referencia para zinc (292,4 mg/kg) fue el único que superó el valor (250 mg/kg) de la guía canadiense (Tabla 6.2).

Tabla 6.2. Comparación referencial de los niveles de fondo con los ECA para suelo y la guía canadiense

Parámetros	Nivel de fondo del suelo Michiquillay Misceláneo Roca (Mq-R)	Nivel de referencia del suelo Michiquillay Misceláneo Roca (Mq-R)	Estándares de calidad ambiental para suelo (ECA), aprobado mediante Decreto Supremo N.º 011-2017-MINAM	<i>Canadian Council of Ministers of the Environment (2018). Canadian Environmental Quality Guidelines. Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human</i>
			Uso agrícola	<i>Use Agricultural</i>
(mg/kg PS)				
Arsénico	N.D.	N.D.	50	-
Bario	72,09	114,2	750	-
Cadmio	N.D.	N.D.	1,4	-
Mercurio	N.D.	N.D.	6,6	-
Plomo	20,68	31,42	70	-
Cromo	28,52	46,67	-	64
Cobre	32,38	60,55	-	63
Molibdeno	N.D.	N.D.	-	5
Zinc	147,7	292,4	-	250
Vanadio	52,91	88,78	-	130
Cobalto	9,731	16,17	-	40
Plata	N.D.	N.D.	-	20
Níquel	23	33,84	-	45
Berilio	N.D.	N.D.	-	4
Antimonio	N.D.	N.D.	-	20

N.D.: No determinado, por encontrarse las concentraciones menores a los límites de detección del método de análisis de laboratorio en más del 60 % de los puntos evaluados.

(-): No presenta valor para el parámetro dentro de la normativa.

 Nivel de fondo y/o Nivel de referencia supera el ECA para suelos de uso agrícola del D.S. N.º 011-2017-MINAM.

 Nivel de fondo y/o Nivel de referencia supera los valores de la Guía canadiense (actualización 2018).

Fuente: Fichas estadísticas y representación gráfica de resultados de nivel de fondo y nivel de referencia (Anexo 4)

Quinuayoc Sogoron (Qy-So)

Este suelo originado a partir de materiales residuales, tienen un contacto lítico dentro de los 50 cm de la superficie por lo que fue clasificado como Lithic Haplustolls, con textura arenosa; pH ligeramente alcalino (pH: 7,26 – 7,36); libre de sales; con presencia de carbonato de calcio de 4,98 a 6,44 %; alta capacidad de intercambio catiónico (34,09 -34,13 cmol+ / kg); bajo contenido de materia orgánica (1,15 – 1,43%); alto contenido de fósforo (59 – 60,19 mg/kg) y medio de potasio (230,5 – 239,4 mg/kg) disponible. Estas características definen una baja fertilidad del suelo. En el Anexo 3 se detallan los resultados de la caracterización de suelo.

El análisis estadístico determinó que los elementos como el cadmio, mercurio, plata, berilio, antimonio, selenio, talio, boro, bismuto, litio y estaño presentaron concentraciones por debajo del límite de cuantificación del método de análisis de laboratorio en más del 72,2% de los puntos evaluados, por lo tanto, no fue posible determinar los valores de nivel de fondo y nivel de referencia.

De esta manera, los elementos como aluminio, bario, calcio, cobalto, cromo, cobre, hierro, potasio, magnesio, manganeso, sodio, níquel, fósforo, silicio, estroncio, titanio, vanadio y zinc no presentaron valores censurados; en cambio, el arsénico, molibdeno y plomo si presentaron valores censurados. Por otro lado, el calcio, cobalto, estroncio, vanadio, zinc, arsénico y molibdeno presentaron valores anómalos u *outliers*.

De 21 elementos considerados en el análisis, 16 (Al, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Ni, Si, Sr, Ti, V, Zn, As y Mo) presentaron una distribución normal, 4 (K, Mn, Na y P) gamma y 1 (Pb) lognormal. En la Tabla 6.3, se presenta un resumen del cálculo de los valores de nivel de fondo y referencia. La estadística general, pruebas de distribución (Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling), diagramas Q-Q de normalidad, caja y bigotes, así como la frecuencia de datos en histogramas, se presentan en el Anexo 4.

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

Tabla 6.3. Resumen estadístico para el cálculo de valores de nivel de fondo y nivel de referencia del suelo Quinayoc Sogoron

Elemento	n	Mínima	Mediana	Media*	P95	Máximo	Varianza*	Desviación estándar*	Distribución	Censurados	Anómalos	Nivel de fondo	Nivel de referencia
Al	18	7874	14809	16626	26124	27567	46854025	6845	Normal	No	No	19433	33418
Ba	18	22,7	57,1	61,56	98,11	100,4	535,4596	23,14	Normal	No	No	71,05	118,3
Ca	15	7324	24669	25140	48578	67929	268173376	16376	Normal al retirar outliers	No	Sí	32587	67159
Co	17	2	10,3	12,08	20,16	20,4	25,11012	5,011	Normal al retirar outliers	No	Sí	14,2	24,53
Cr	18	6,8	13,25	16,19	28,01	32	50,09808	7,078	Normal	No	No	19,1	33,56
Cu	18	56,6	688,9	745,4	1596	1898	270920,3	520,5	Normal	No	No	958,8	2022
Fe	18	9954	33875	33181	43619	49927	74891716	8654	Normal	No	No	36730	54409
K	18	595,7	1352	1554	2796	3843	805147,3	897,3	Gamma	No	No	2021	4401
Mg	18	968	1943	2205	3774	4701	947507,6	973,4	Normal	No	No	2604	4593
Mn	18	283	666,2	956,4	1943	2654	364453,7	603,7	Gamma	No	No	1254	2769
Na	18	24,6	59,4	70,91	158,4	192,7	2017,806	44,92	Gamma	No	No	93,14	206,1
Ni	18	7,8	11,95	13,87	22,97	25,6	27,68864	5,262	Normal	No	No	16,03	26,78
P	18	1619	3597	5344	12380	14589	14577124	3818	Gamma	No	No	7369	17767
Si	18	620,6	828,7	817,9	1001	1038	13994,89	118,3	Normal	No	No	866,4	1108
Sr	17	19,4	51	60,43	109	141,6	1294,56	35,98	Normal al retirar outliers	No	Sí	75,67	149,9
Ti	18	30,5	111,3	106	142,7	158,5	894,6081	29,91	Normal	No	No	118,2	179,3
V	17	27	32,2	32,87	39,4	40,2	11,3569	3,37	Normal al retirar outliers	No	Sí	34,3	41,25
Zn	15	40,3	167	168,7	295,4	308,1	4588,708	67,74	Normal al retirar outliers	No	Sí	199,6	342,6
As	11	17,8	26,9	28,31	42,8	50,1	77,92	8,827	Normal al retirar outliers	Sí	Sí	33,43	53,16
Mo	14	3	6,9	8,921	18,58	21,7	31,63	5,624	Normal al retirar outliers	Sí	Sí	11,7	23,62
Pb	18	5	26,45	30,29	63,23	73,6	243,3	15,6	Lognormal	Sí	No	35,97	80,3

n: Número de muestras

P95: Percentil 95.

(*) Para casos con valores censurados se usa el método Kaplan Meyer

Fuente: Fichas estadísticas y representación gráfica de resultados de nivel de fondo y nivel de referencia (Anexo 4)

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

De la comparación referencial de los niveles de fondo y niveles de referencia de metales y metaloides en este suelo con los estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo uso agrícola, se observó que el nivel de referencia para plomo (80,3 mg/kg) superó el valor establecido en dicha normativa (70 mg/kg). En cuanto a la comparación de estos niveles con los valores de la guía canadiense, los niveles de fondo y referencia para cobre (958,8 mg/kg; 2022 mg/kg) y molibdeno (11,7 mg/kg; 23,62 mg/kg), así como el nivel de referencia para zinc (342,6 mg/kg) superaron los valores (63 mg/kg; 5 mg/kg y 250 mg/kg, respectivamente) establecidos dicha normativa internacional (Tabla 6.4).

Tabla 6.4. Comparación referencial de los niveles de fondo con los ECA para suelo y la guía canadiense

Parámetros (mg/kg PS)	Nivel de fondo del suelo Quinuayoc Sogoron (Qy-So)	Nivel de referencia del suelo Quinuayoc Sogoron (Qy-So)	Estándares de calidad ambiental para suelo (ECA), aprobado mediante Decreto Supremo N.º 011-2017-MINAM	<i>Canadian Council of Ministers of the Environment (2018). Canadian Environmental Quality Guidelines. Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human</i>
			Uso agrícola	<i>Use Agricultural</i>
Arsénico	33,43	53,16	50	-
Bario	71,05	118,3	750	-
Cadmio	N.D.	N.D.	1,4	-
Mercurio	N.D.	N.D.	6,6	-
Plomo	35,97	80,3	70	-
Cromo	19,1	33,56	-	64
Cobre	958,8	2022	-	63
Molibdeno	11,7	23,62	-	5
Zinc	199,6	342,6	-	250
Vanadio	34,3	41,25	-	130
Cobalto	14,2	24,53	-	40
Plata	N.D.	N.D.	-	20
Níquel	16,03	26,78	-	45
Berilio	N.D.	N.D.	-	4
Antimonio	N.D.	N.D.	-	20

N.D.: No determinado, por encontrarse las concentraciones menores a los límites de detección del método de análisis de laboratorio en más del 72,2 % de los puntos evaluados.

(-): No presenta valor para el parámetro dentro de la normativa.

 Nivel de fondo y/o Nivel de referencia supera el ECA para suelos de uso agrícola del D.S. N.º 011-2017-MINAM.

 Nivel de fondo y/o Nivel de referencia supera los valores de la Guía canadiense (actualización 2018).

Fuente: Fichas estadísticas y representación gráfica de resultados de nivel de fondo y nivel de referencia (Anexo 4)

Sogoron Misceláneo Roca (R-So)

Este suelo originado a partir de materiales residuales, tienen un contacto lítico dentro de los 50 cm de la superficie por lo que fue clasificado como Misceláneo Roca - Lithic Haplustolls, con textura arenosa franca; pH ligeramente alcalino (pH: 7,40); libre de sales; con presencia de 12,35 % de carbonato de calcio; alta capacidad de intercambio catiónico (48,84 cmol+ / kg); bajo contenido de materia orgánica (1,03 %); alto contenido de fósforo (132,7 mg/kg) y potasio (257,4 mg/kg) disponible. Estas características le otorgan una baja fertilidad. En el Anexo 3 se detallan los resultados de la caracterización de suelo.

El análisis estadístico determinó que los elementos como litio, cadmio, plata, arsénico, berilio, molibdeno, antimonio, selenio, talio, boro, bismuto, estaño y mercurio presentaron concentraciones por debajo del límite de cuantificación del método de análisis de laboratorio en más del 83,3 % de los puntos evaluados, por lo tanto, no fue posible determinar los valores de nivel de fondo y nivel de referencia.

De esta manera, los elementos como aluminio, bario, calcio, cobalto, cromo, cobre, hierro, potasio, magnesio, manganeso, níquel, fósforo, plomo, silicio, estroncio, titanio, vanadio y zinc no presentaron valores censurados; en cambio, el sodio si presentó valores censurados. Por otro lado, el cobre, vanadio, zinc y sodio presentaron valores anómalos u *outliers*.

De 19 elementos considerados en el análisis, 18 (Al, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, P, Pb, Si, Sr, V, Zn y Na) presentaron una distribución normal y 1 (Ti) no paramétrica. En la Tabla 6.5, se presenta un resumen del cálculo de los valores de nivel de fondo y referencia. La estadística general, pruebas de distribución (Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling), diagramas Q-Q de normalidad, caja y bigotes, así como la frecuencia de datos en histogramas, se presentan en el Anexo 4.



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFAPor defecto subdirección
según correspondaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad**Tabla 6.5.** Resumen estadístico para el cálculo de valores de nivel de fondo y nivel de referencia del suelo Sogoron Misceláneo Roca

Elemento	n	Mínima	Mediana	Media*	P95	Máximo	Varianza*	Desviación estándar*	Distribución	Censurados	Anómalos	Nivel de fondo	Nivel de referencia
Al	12	25890	34761	36409	47167	49431	53640976	7324	Normal	No	No	40206	56448
Ba	12	54,8	87	86,71	111,8	114,2	356,0769	18,87	Normal	No	No	96,49	138,3
Ca	12	9429	48701	60742	1E+05	136167	1522248256	39016	Normal	No	No	80969	167491
Co	12	4,1	6,9	7,625	12,18	14,1	8,282884	2,878	Normal	No	No	9,117	15,5
Cr	12	14,1	28	28,88	36,65	37,2	46,06337	6,787	Normal	No	No	32,39	47,44
Cu	11	12	18,7	19,33	28,1	30,2	32,79853	5,727	Normal al retirar outliers	No	Sí	22,46	35,45
Fe	12	19402	26590	27344	37491	44110	48483369	6963	Normal	No	No	30954	46395
K	12	1840	4256	4108	5496	5577	1256641	1121	Normal	No	No	4689	7174
Mg	12	2824	3907	3930	4697	4877	328329	573	Normal	No	No	4227	5498
Mn	12	322,9	470,9	505,4	721,5	771,3	16666,81	129,1	Normal	No	No	572,3	858,7
Ni	12	12,5	19,7	19,64	26,18	26,4	26,5019	5,148	Normal	No	No	22,31	33,73
P	12	4701	11349	11124	17404	17816	21399876	4626	Normal	No	No	13523	23782
Pb	12	9,2	16,5	16,56	21,83	22,1	11,58041	3,403	Normal	No	No	18,32	25,87
Si	12	853,1	1151	1189	1505	1606	54195,84	232,8	Normal	No	No	1310	1826
Sr	12	61,1	145,2	141,7	197,1	204,7	1507,769	38,83	Normal	No	No	161,8	247,9
Ti	12	70,7	92,9	156,4	403	446,2	16179,84	127,2	No paramétrico	No	No	316,5	446,2
V	10	25,8	35,35	35,45	44,26	44,8	43,5336	6,598	Normal al retirar outliers	No	Sí	39,27	54,66
Zn	10	37,5	59,85	60,24	76,72	80	171,61	13,1	Normal al retirar outliers	No	Sí	67,83	98,38
Na	11	20	105,2	98,67	151,1	152,4	1972	44,4	Normal al retirar outliers	Sí	Sí	124,2	223,7

n: Número de muestras

P95: Percentil 95.

(*) Para casos con valores censurados se usa el método Kaplan Meyer

Fuente: Fichas estadísticas y representación gráfica de resultados de nivel de fondo y nivel de referencia (Anexo 4)

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

De la comparación referencial de los niveles de fondo y niveles de referencia para metales y metaloides en este suelo con los estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo uso agrícola y la guía canadiense, ningún elemento superó los valores establecido en las normas referidas (Tabla 6.6)

Tabla 6.6. Comparación referencial de los niveles de fondo con los ECA para suelo y la guía canadiense

Parámetros	Nivel de fondo del suelo Sogoron Misceláneo Roca (R-So)	Nivel de referencia del suelo Sogoron Misceláneo Roca (R-So)	Estándares de calidad ambiental para suelo (ECA), aprobado mediante Decreto Supremo N.º 011-2017-MINAM	<i>Canadian Council of Ministers of the Environment (2018). Canadian Environmental Quality Guidelines. Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human</i>
			Uso agrícola	<i>Use Agricultural</i>
(mg/kg PS)				
Arsénico	N.D.	N.D.	50	-
Bario	96,49	138,3	750	-
Cadmio	N.D.	N.D.	1,4	-
Mercurio	N.D.	N.D.	6,6	-
Plomo	18,32	25,87	70	-
Cromo	32,39	47,44	-	64
Cobre	22,46	35,45	-	63
Molibdeno	N.D.	N.D.	-	5
Zinc	67,83	98,38	-	250
Vanadio	39,27	54,66	-	130
Cobalto	9,117	15,5	-	40
Plata	N.D.	N.D.	-	20
Níquel	22,31	33,73	-	45
Berilio	N.D.	N.D.	-	4
Antimonio	N.D.	N.D.	-	20

N.D.: No determinado, por encontrarse las concentraciones menores a los límites de detección del método de análisis de laboratorio en más del 83,3% de los puntos evaluados.

(-): No presenta valor para el parámetro dentro de la normativa.

 Nivel de fondo y/o Nivel de referencia supera el ECA para suelos de uso agrícola del D.S. N.º 011-2017-MINAM.

 Nivel de fondo y/o Nivel de referencia supera los valores de la Guía canadiense (actualización 2018).

Fuente: Fichas estadísticas y representación gráfica de resultados de nivel de fondo y nivel de referencia (Anexo 4)



Michiquillay (Mq)

Este suelo originado a partir de materiales residuales, tienen un contacto lítico dentro de los 50 cm de la superficie por lo que fue clasificado como Lithic Haplustands, con textura arenosa; pH ligeramente ácido (pH: 6,32 -6,54); libre de sales; sin contenido de carbonato de calcio; media a alta capacidad de intercambio catiónico (14,20 – 33,91 cmol+ / kg); bajo a medio contenido de materia orgánica (1,70 – 2,20%); alto contenido de fósforo (76,64 – 93,57 mg/kg) y potasio (339,9 – 670,5 mg/kg) disponible. Estas características definen una baja fertilidad del suelo. En el Anexo 3 se detallan los resultados de la caracterización de suelo.

El análisis estadístico determinó que los elementos como molibdeno, cadmio, mercurio, plata, berilio, antimonio, selenio, talio, boro, bismuto, litio y estaño presentaron concentraciones por debajo del límite de cuantificación del método de análisis de laboratorio en más del 60 % de los puntos evaluados, por lo tanto, no fue posible determinar los valores de nivel de fondo y nivel de referencia.

De esta manera, los elementos como aluminio, bario, calcio, cromo, cobre, hierro, potasio, magnesio, manganeso, fósforo, plomo, silicio, estroncio, titanio, vanadio y zinc no presentaron valores censurados; en cambio, el arsénico, sodio, cobalto y níquel si presentaron valores censurados. Por otro lado, el bario, cromo, titanio, zinc y sodio presentaron valores anómalos u *outliers*.

De 20 elementos considerados en el análisis, 13 (Ba, Cr, Fe, K, Mn, P, Sr, Ti, V, Zn, Co, Na y Ni) presentaron una distribución normal, 3 (Ca, Cu y Pb) gamma, 2 (Al, y Si) lognormal y 2 (Mg y As) no paramétrica. En la Tabla 6.7, se presenta un resumen del cálculo de los valores de nivel de fondo y referencia. La estadística general, pruebas de distribución (Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling), diagramas Q-Q de normalidad, caja y bigotes, así como la frecuencia de datos en histogramas, se presentan en el Anexo 4.



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

Tabla 6.7. Resumen estadístico para el cálculo de valores de nivel de fondo y nivel de referencia del suelo Michiquillay

Elemento	n	Mínima	Mediana	Media*	P95	Máximo	Varianza*	Desviación estándar*	Distribución	Censurados	Anómalos	Nivel de fondo	Nivel de referencia
Al	30	13438	20523	23739	38516	44164	72829156	8534	Lognormal	No	No	26386	47417
Ba	28	36,9	74,45	71,34	98,07	101,8	364,81	19,1	Normal al retirar outliers	No	Sí	77,49	114,2
Ca	30	1201	4734	7170	21309	31601	47955625	6925	Gamma	No	No	9571	25491
Cr	21	3,8	9,1	9,162	13,6	16,4	10,099684	3,178	Normal al retirar outliers	No	Sí	10,36	16,7
Cu	30	62,6	559,4	809,7	1948	2112	342810,25	585,5	Gamma	No	No	1056	2714
Fe	30	23103	34117	34249	45323	48476	54552996	7386	Normal	No	No	36540	50645
K	30	564	1206	1222	1992	2231	193952,16	440,4	Normal	No	No	1359	2200
Mg	30	230,9	1032	2392	6574	7708	5593225	2365	No paramétrica	No	No	4274	7708
Mn	30	52,2	662,3	723,7	1410	1495	178337,29	422,3	Normal	No	No	854,7	1661
P	30	894,6	2772	2907	5108	6507	2190400	1480	Normal	No	No	3366	6193
Pb	30	15,8	27,75	31,92	56,07	71,7	187,69	13,7	Gamma	No	No	36,55	70,58
Si	30	599,2	807,2	851,4	1131	1223	23409	153	Lognormal	No	No	898,9	1231
Sr	30	14,7	45,85	56,33	130,9	145,6	1374,9264	37,08	Normal	No	No	67,83	138,6
Ti	23	30,1	59	59,23	77,48	85,6	212,8681	14,59	Normal al retirar outliers	No	Sí	64,45	93,19
V	30	18	30,5	33,58	53,08	55,7	100,4004	10,02	Normal	No	No	36,69	55,83
Zn	29	52,8	216,7	221,6	493,4	524,8	16307,29	127,7	Normal al retirar outliers	No	Sí	261,9	506,6
As	30	17,8	37	54,75	135,2	145,7	1392	37,31	No paramétrica	Sí	No	84,99	137,6
Co	30	2	9,15	10,66	20,87	23,9	44,04	6,636	Normal	Sí	No	12,76	25,4
Na	29	20	46,8	46,58	71,3	89,4	237,6	15,42	Normal al retirar outliers	Sí	Sí	51,54	80,98
Ni	30	2	8	10,3	26,64	30,6	82,14	9,063	Normal	Sí	No	13,19	30,42

n: Número de muestras.

P95: Percentil 95.

(*) Para casos con valores censurados se usa el método Kaplan Meyer.

Fuente: Fichas estadísticas y representación gráfica de resultados de nivel de fondo y nivel de referencia (Anexo 4)

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

De la comparación referencial de los niveles de fondo y niveles de referencia para metales en este suelo con los estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo uso agrícola, se observó que los niveles de fondo y referencia para arsénico (84,99 mg/kg; 137,6 mg/kg) superaron los valores establecidos en la norma referida (50 mg/kg). En cuanto a la comparación de los niveles de fondo y referencia con los valores de la guía canadiense, el cobre (1056 mg/kg; 2714 mg/kg) y zinc (261,9 mg/kg; 506,6 mg/kg) superaron los valores establecidos en dicha normativa internacional, 63 mg/kg y 250 mg/kg, respectivamente (Tabla 6.8).

Tabla 6.8. Comparación referencial de los niveles de fondo con los ECA para suelo Michiquillay

Parámetros (mg/kg PS)	Nivel de fondo del suelo Michiquillay (Mq)	Nivel de referencia del suelo Michiquillay (Mq)	Estándares de calidad ambiental para suelo (ECA), aprobado mediante Decreto Supremo N.º 011-2017-MINAM	<i>Canadian Council of Ministers of the Environment (2018). Canadian Environmental Quality Guidelines. Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human</i>
			Uso agrícola	<i>Use Agricultural</i>
Arsénico	84,99	137,6	50	-
Bario	77,49	114,2	750	-
Cadmio	N.D.	N.D.	1,4	-
Mercurio	N.D.	N.D.	6,6	-
Plomo	36,55	70,58	70	-
Cromo	10,36	16,7	-	64
Cobre	1056	2714	-	63
Molibdeno	N.D.	N.D.	-	5
Zinc	261,9	506,6	-	250
Vanadio	36,69	55,83	-	130
Cobalto	12,76	25,4	-	40
Plata	N.D.	N.D.	-	20
Níquel	13,19	30,42	-	45
Berilio	N.D.	N.D.	-	4
Antimonio	N.D.	N.D.	-	20

N.D.: No determinado, por encontrarse las concentraciones menores a los límites de detección del método de análisis de laboratorio en más del 60% de los puntos evaluados.

(-): No presenta valor para el parámetro dentro de la normativa.

 Nivel de fondo y/o Nivel de referencia supera el ECA para suelos de uso agrícola del D.S. N.º 011-2017-MINAM.

 Nivel de fondo y/o Nivel de referencia supera los valores de la Guía canadiense (actualización 2018).

Fuente: Fichas estadísticas y representación gráfica de resultados de nivel de fondo y nivel de referencia (Anexo 4)

Bofedales (BM)

Este suelo orgánico formado a partir de materiales vegetales, presentó en la mayoría de lugares una vegetación muy potente y en otros decrece en densidad y profundidad, con raíces descompuestas, este material orgánico varío entre (0,20 a 2,20 m). Los suelos que lo integran registraron una textura de arenosa a arenosa franca; pH de moderado a fuertemente ácido (pH: 5,24 -5,80); libre de sales; sin contenido de carbonato de calcio; baja a media capacidad de intercambio catiónico (7,29 – 12,96 cmol+ / kg); bajo contenido de materia orgánica (1,28 – 1,48%); alto contenido de fósforo (14,22 – 28,71 mg/kg) y bajo de potasio (15,9 – 50,3 mg/kg) disponible. Estas características determinan una baja fertilidad del suelo. En el Anexo 3 se detallan los resultados de la caracterización de suelo.

El análisis estadístico determinó que los elementos como cadmio, arsénico, níquel, plata, berilio, molibdeno, antimonio, selenio, talio, boro, bismuto, litio y estaño presentaron concentraciones por debajo del límite de cuantificación del método de análisis de laboratorio en más del 73,3 % de los puntos evaluados, por lo tanto, no fue posible determinar los valores de nivel de fondo y nivel de referencia.

De esta manera, los elementos como aluminio, bario, calcio, cromo, cobre, hierro, potasio, magnesio, manganeso, sodio, fósforo, silicio, estroncio, titanio, vanadio y zinc no presentaron valores censurados; en cambio, el plomo, cobalto y mercurio sí presentaron valores censurados. Por otro lado, el aluminio, cobre, potasio, sodio, silicio, zinc, cobalto, mercurio y plomo presentaron valores anómalos u *outliers*.

De 19 elementos considerados en el análisis, 15 (Al, Ba, Ca, Cr, Cu, K, Mg, Na, P, Sr, Ti, V, Zn, Hg y Pb) presentaron una distribución normal, 2 (Fe y Si) gamma, 1 (Mn) lognormal y 1 (Co) no paramétrica. En la Tabla 6.9, se presenta un resumen del cálculo de los valores de nivel de fondo y referencia. La estadística general, pruebas de distribución (Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling), diagramas Q-Q de normalidad, caja y bigotes, así como la frecuencia de datos en histogramas, se presentan en el Anexo 4.

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

Tabla 6.9. Resumen estadístico para el cálculo de valores de nivel de fondo y nivel de referencia en bofedales

Elemento	n	Mínima	Mediana	Media*	P95	Máximo	Varianza*	Desviación estándar*	Distribución	Censurados	Anómalos	Nivel de fondo	Nivel de referencia
Al	27	7781	18165	18486	25816	27859	23658496	4864	Normal al retirar outliers	No	Si	20083	29479
Ba	30	10,7	53,85	60,3	115,8	152,9	1144,4689	33,83	Normal	No	No	70,8	135,4
Ca	30	553,9	3560	3584	6635	9054	3810304	1952	Normal	No	No	4189	7918
Cr	30	3,3	9	8,75	13,77	18,6	12,588304	3,548	Normal	No	No	9,851	16,63
Cu	20	3,8	17,5	18,5	40,8	44,6	139,9489	11,83	Normal al retirar outliers	No	Si	23,07	46,84
Fe	30	5210	14320	18231	41597	48106	131148304	11452	Gamma	No	No	22463	50659
K	29	130,6	502,8	556,3	1036	1217	74092,84	272,2	Normal al retirar outliers	No	Si	642,3	1164
Mg	30	101,5	893,8	1092	2102	2195	458599,84	677,2	Normal	No	No	1302	2595
Mn	30	15,3	206	963,5	5490	7721	3663396	1914	Lognormal	No	No	2487	8129
Na	24	68,5	90,9	91,85	107,9	124,5	167,4436	12,94	Normal al retirar outliers	No	Si	96,38	121,7
P	30	402	1041	1061	1928	2066	167608,36	409,4	Normal	No	No	1188	1970
Si	28	545	663	693,9	936	1002	14232,49	119,3	Gamma	No	Si	734,8	975,7
Sr	30	5,1	34,9	35,27	68,22	72,1	408,8484	20,22	Normal	No	No	41,54	80,17
Ti	30	17,8	59,3	68,28	137,7	166,5	1536,64	39,2	Normal	No	No	80,44	155,3
V	30	8,4	28,65	32,95	65,65	86	385,7296	19,64	Normal	No	No	39,05	76,56
Zn	27	2,1	91,4	102,9	300,3	311,9	8053,2676	89,74	Normal al retirar outliers	No	Si	132,3	305,7
Co	30	2,1	3,05	10,28	44,35	72,2	252,9	15,9	No paramétrico	Sí	Si	15,36	45,59
Hg	28	0,1	0,105	0,121	0,186	0,21	0,0009096	0,0302	Normal al retirar outliers	Sí	Sí	0,131	0,189
Pb	29	16,9	64	66,97	150,5	170,3	1906	43,65	Normal al retirar outliers	Sí	Sí	81,01	164,4

n: Número de muestras

P95: Percentil 95.

(*) Para casos con valores censurados se usa el método Kaplan Meyer

Fuente: Fichas estadísticas y representación gráfica de resultados de nivel de fondo y nivel de referencia (Anexo 4)

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

De la comparación referencial de los niveles de fondo y niveles de referencia para metales en este suelo con los estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo uso agrícola, se observó que los niveles de fondo (81,01 mg/kg) y referencia (164,4 mg/kg) para plomo superaron los valores establecidos en la referida norma (70 mg/kg). Por otro lado, ningún nivel de fondo y referencia superó los valores de la guía canadiense (Tabla 6.10).

Tabla 6.10. Comparación referencial de los niveles de fondo con los ECA para suelo

Parámetros (mg/kg PS)	Nivel de fondo de bofedales (BM)	Nivel de referencia de bofedales (BM)	Estándares de calidad ambiental para suelo (ECA), aprobado mediante Decreto Supremo N.º 011-2017-MINAM	<i>Canadian Council of Ministers of the Environment (2018). Canadian Environmental Quality Guidelines. Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human</i>
			Uso agrícola	<i>Use Agricultural</i>
Arsénico	N.D.	N.D.	50	-
Bario	70,8	135,4	750	-
Cadmio	N.D.	N.D.	1,4	-
Mercurio	0,131	0,189	6,6	-
Plomo	81,01	164,4	70	-
Cromo	9,851	16,63	-	64
Cobre	23,07	46,84	-	63
Molibdeno	N.D.	N.D.	-	5
Zinc	132,3	305,7	-	250
Vanadio	39,05	76,56	-	130
Cobalto	15,36	45,59	-	40
Plata	N.D.	N.D.	-	20
Níquel	N.D.	N.D.	-	45
Berilio	N.D.	N.D.	-	4
Antimonio	N.D.	N.D.	-	20

N.D.: No determinado, por encontrarse las concentraciones menores a los límites de detección del método de análisis de laboratorio en más del 60% de los puntos evaluados.

(-): No presenta valor para el parámetro dentro de la normativa.

 Nivel de fondo y/o Nivel de referencia supera el ECA para suelos de uso agrícola del D.S. N.º 011-2017-MINAM.

 Nivel de fondo y/o Nivel de referencia supera los valores de la Guía canadiense (actualización 2018).

Fuente: Fichas estadísticas y representación gráfica de resultados de nivel de fondo y nivel de referencia (Anexo 4)

7. DISCUSION

Los principales elementos constituyentes de los suelos evaluados se caracterizaron por presentar a aluminio, hierro, fósforo y calcio, siendo este último encontrado en mayor proporción en los suelos Michiquillay Misceláneo Roca (Mq-R) y Sogoron Misceláneo Roca (R-So). En cuanto a las concentraciones de metales y metaloides pesados en estos suelos, el nivel de referencia para zinc en el suelo Mq-R, aledaño a la zona mineralizada, superó el valor establecido en la guía canadiense. Mientras que el suelo R-So, alejado de la zona mineralizada, no presentó elementos que superen la normativa nacional o internacional.

Por otro lado, el suelo Michiquillay (Mq) que se ubica aproximadamente a 100 m aguas abajo de la zona mineralizada, presentó valores de niveles de fondo y referencia para arsénico que superó los valores establecidos en los ECA para suelo de uso agrícola; también

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

presentó niveles de fondo y referencia para cobre y zinc que excedieron los valores de la guía canadiense.

El nivel de referencia para arsénico en el suelo Quinuayoc Sogoron (Qy-So), ubicado aproximadamente a 1 km aguas abajo de la zona mineralizada, superó los ECA para suelo de uso agrícola; mientras que los niveles de fondo y referencia para cobre y molibdeno; y el nivel de referencia para zinc excedieron los valores de la guía canadiense. En relación al suelo de bofedales, estos presentaron niveles de fondo y referencia para plomo que excedieron ECA para suelo de uso agrícola.

En relación con la presencia de elevadas concentraciones Al y Fe es una tendencia natural de los suelos (Bowen, 1979). Las elevadas concentraciones de calcio y fósforo de los suelos Sogoron Misceláneo Roca, Michiquillay Misceláneo Roca y Quinuayoc Sogoron en comparación con la corteza terrestre Wedepohl (1995), Figura 7.1, tendrían su origen en las características geológicas de la roca, calizas de la formación Yura que afloran hacia el sur de la zona mineralizada (AMEC, 2012). Asimismo, estas concentraciones guardan relación con las características del suelo; por ejemplo, en el suelo Sogoron Misceláneo Roca se presentaron los mayores porcentajes de carbonato de calcio (12,35 %) y una alta disponibilidad de fósforo y potasio.

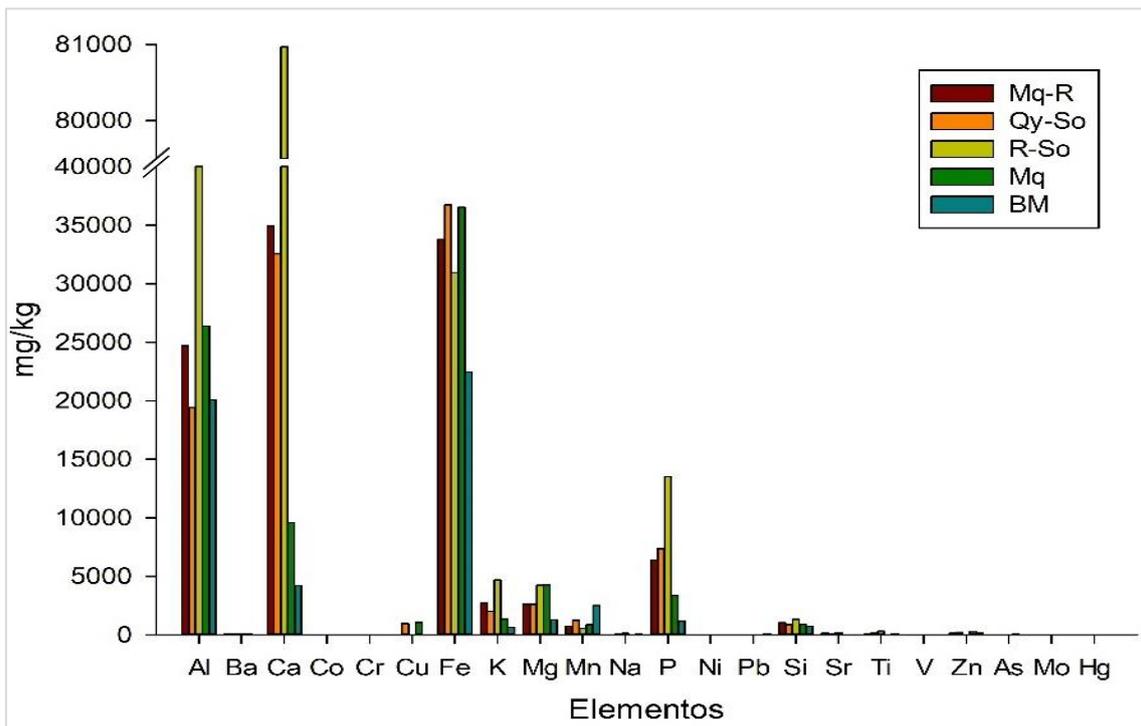


Figura 7.1. Distribución de las concentraciones de nivel de fondo en los suelos Michiquillay Misceláneo Roca (Mq-R), Sogoron Misceláneo Roca (R-So), Quinuayoc Sogoron (Qy-So), Michiquillay (Mq) y bofedales (BM)

En cuanto a las elevadas concentraciones de metales y metaloides pesados que siguen el orden Cu>Zn>As>Pb y Mo reportadas en los suelos Michiquillay, Quinuayoc Sogoron y en bofedales aledaños a la zona mineralizada, que junto al mercurio en bofedales (Figura 7.2) presentaron concentraciones mayores a la corteza terrestre (Wedepohl, 1995), tal como se observa en la Figura 7.3. Estas fuertes anomalías de estos elementos con mayores concentraciones de cobre, se relacionan a una dispersión geoquímica asociada un pórfido de Cu-Au-Mo en regiones húmedas (Butt, 2005).

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

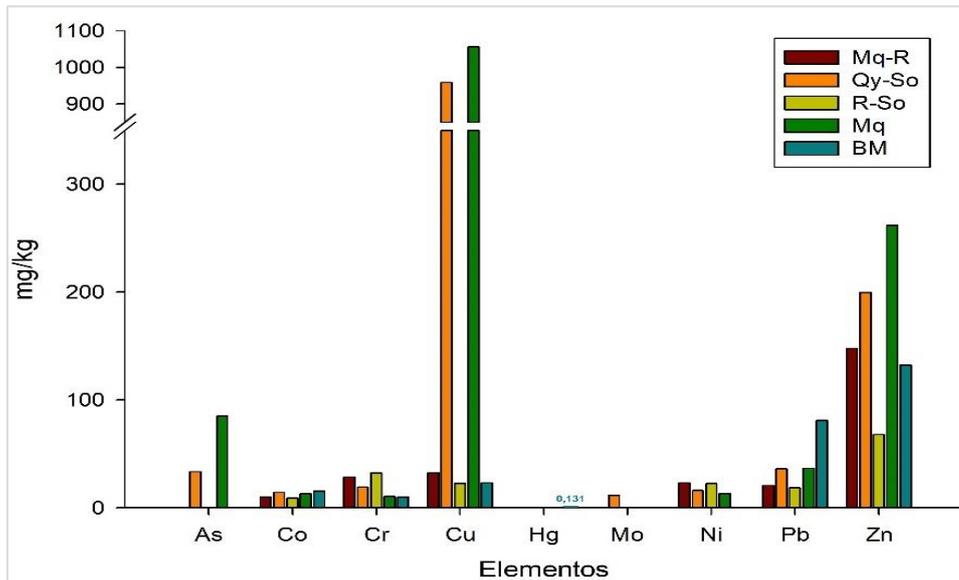


Figura 7.2. Distribución de las concentraciones de nivel de fondo de metales y metaloides pesados en los suelos Michiquillay Misceláneo Roca (Mq-R), Sogoron Misceláneo Roca (R-So), Quinuayoc Sogoron (Qy-So), Michiquillay (Mq) y bofedales (BM)

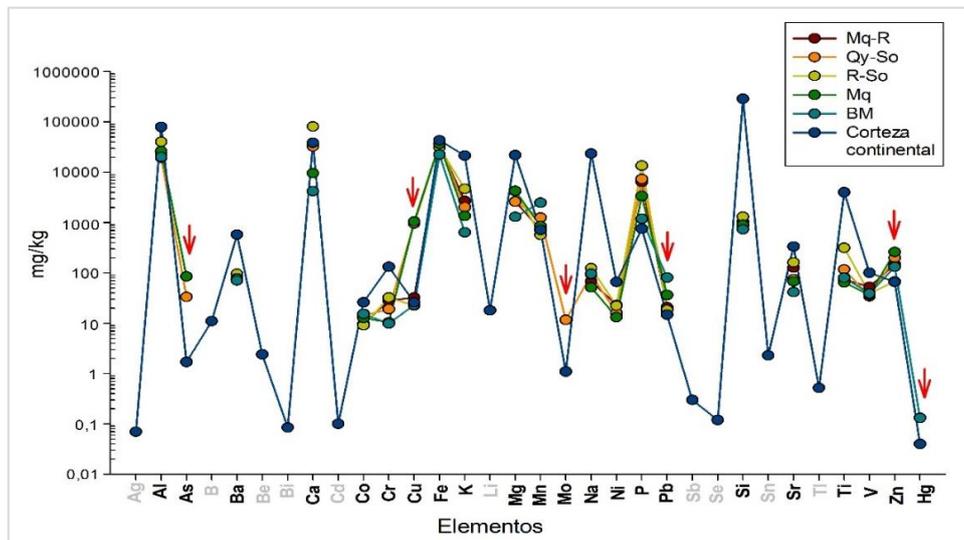


Figura 7.3. Distribución de las concentraciones de nivel de fondo de metales y metaloides en los suelos Michiquillay Misceláneo Roca (Mq-R), Sogoron Misceláneo Roca (R-So), Quinuayoc Sogoron (Qy-So), Michiquillay (Mq) y bofedales (BM) comparadas con las concentraciones de la superficie de corteza continental (Wedepohl, 1995)

Nota: Los elementos resaltados en negrita presentaron valores de nivel de fondo y los elementos en gris presentaron concentraciones menores al límite de detección del método de análisis de laboratorio.

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

Estos elementos (Cu, Zn, As, Pb, Hg y Mo) tendrían un origen litológico (material parental) sobre el cual los suelos se han formado, producto de la meteorización y su transporte (Alloway, 1990; Kabata Pendias y Pendias, 2001; Salonen y Korkka-Niemi, 2007); en ese sentido los suelos en el área estudiada se caracterizaron por tener poco espesor (<50 cm), denominados Lithic Haplustands y Lithic Haplustolls (AMEC, 2012); Asimismo, al encontrarse cercanos a un depósito tipo pórfido Cu-Au-Mo (zona mineralizada) que presenta como principales minerales calcosina y calcopirita, asociados a metales y metaloides pesados como el Zn, As, Pb, Mo, entre otros (Peters, 1978; Rose *et al.*, 1979; Shibata y Uchida, 1976; Davies y Williams, 2005), hizo posible el enriquecimiento de estos suelos con dichos elementos, tal como se observa en los mapas de distribución de concentraciones de metales y metaloides (figuras 7.4 – 7.8).

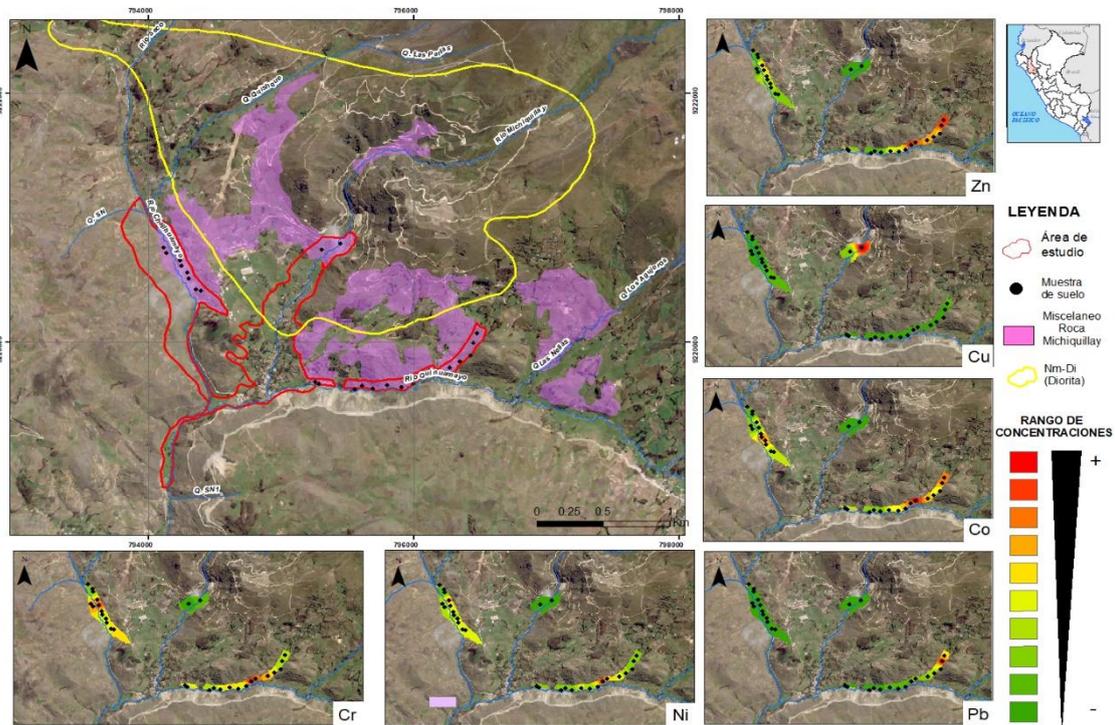


Figura 7.4. Distribución de las concentraciones de metales y metaloides en el suelo Misceláneo Roca Michiquillay

Nota: La distribución de concentraciones de metales y metaloides fueron realizados en base a la Tabla de resultados (Anexo 3.1).

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

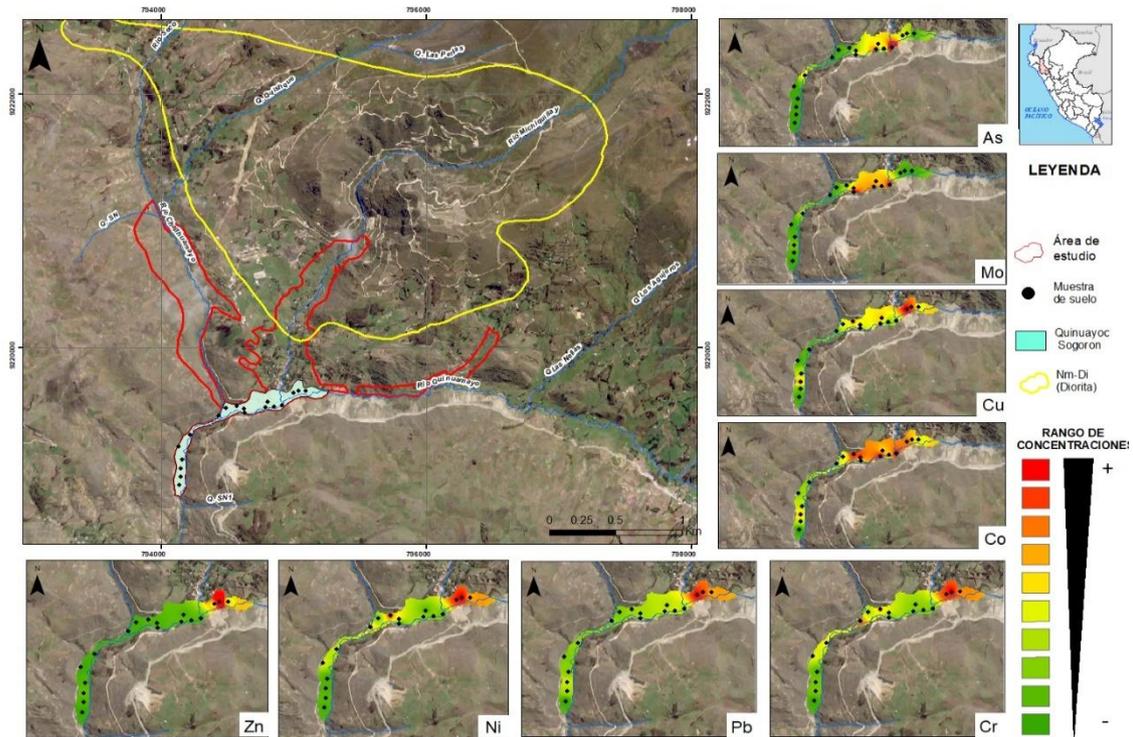


Figura 7.5. Distribución de las concentraciones de metales y metaloides en el suelo Quinayoc Sogoron
Nota: La distribución de concentraciones de metales y metaloides fueron realizados en base a la Tabla de resultados (Anexo 3.1).

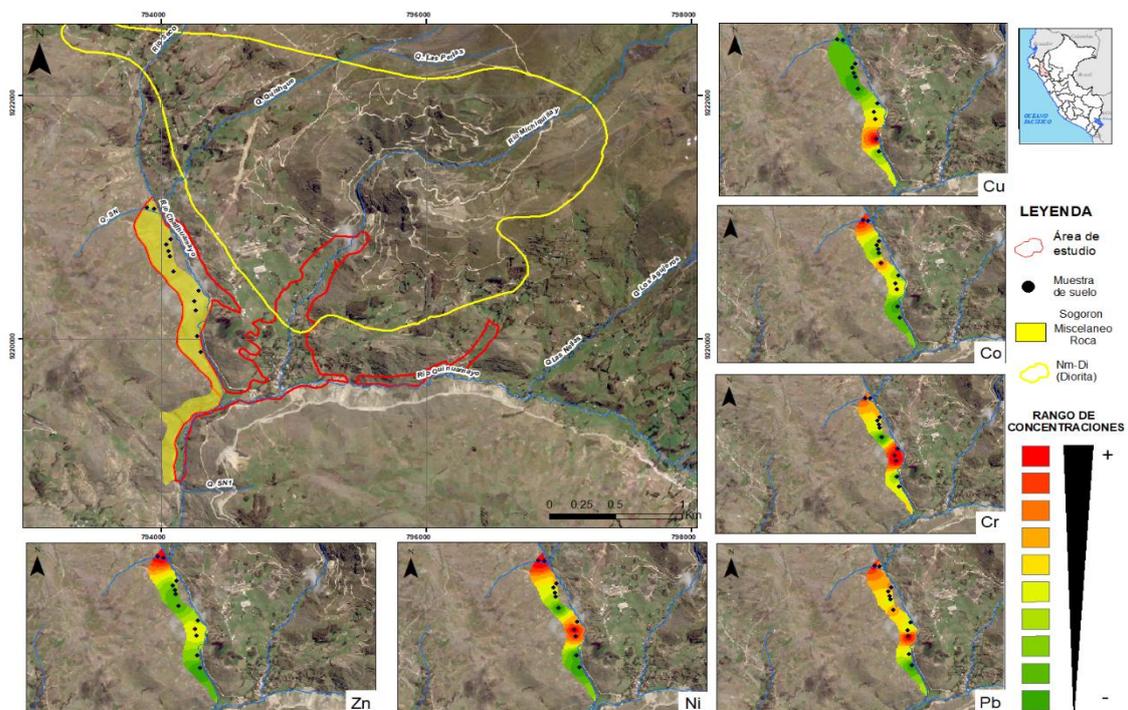


Figura 7.6. Distribución de las concentraciones de metales y metaloides en el suelo Sogoron Misceláneo Roca
Nota: La distribución de concentraciones de metales y metaloides fueron realizados en base a la Tabla de resultados (Anexo 3.1).

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

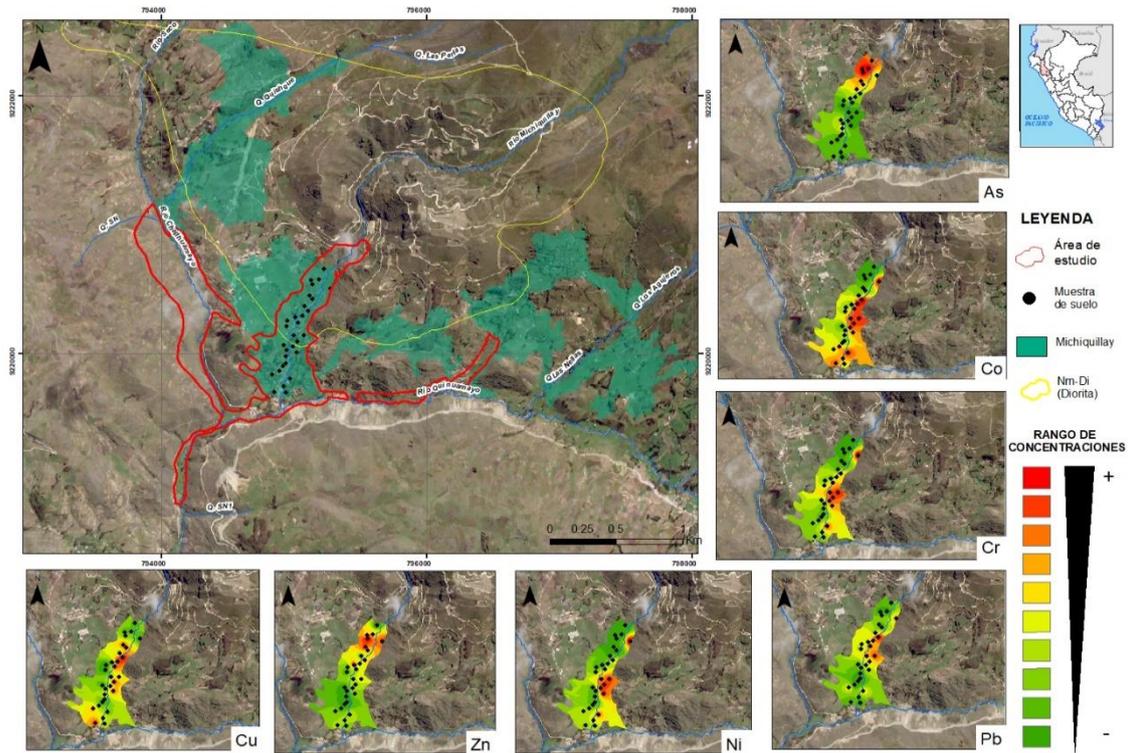


Figura 7.7. Distribución de las concentraciones de metales y metaloides en el suelo Michiquillay

Nota: La distribución de concentraciones de metales y metaloides fueron realizados en base a la Tabla de resultados (Anexo 3.1).

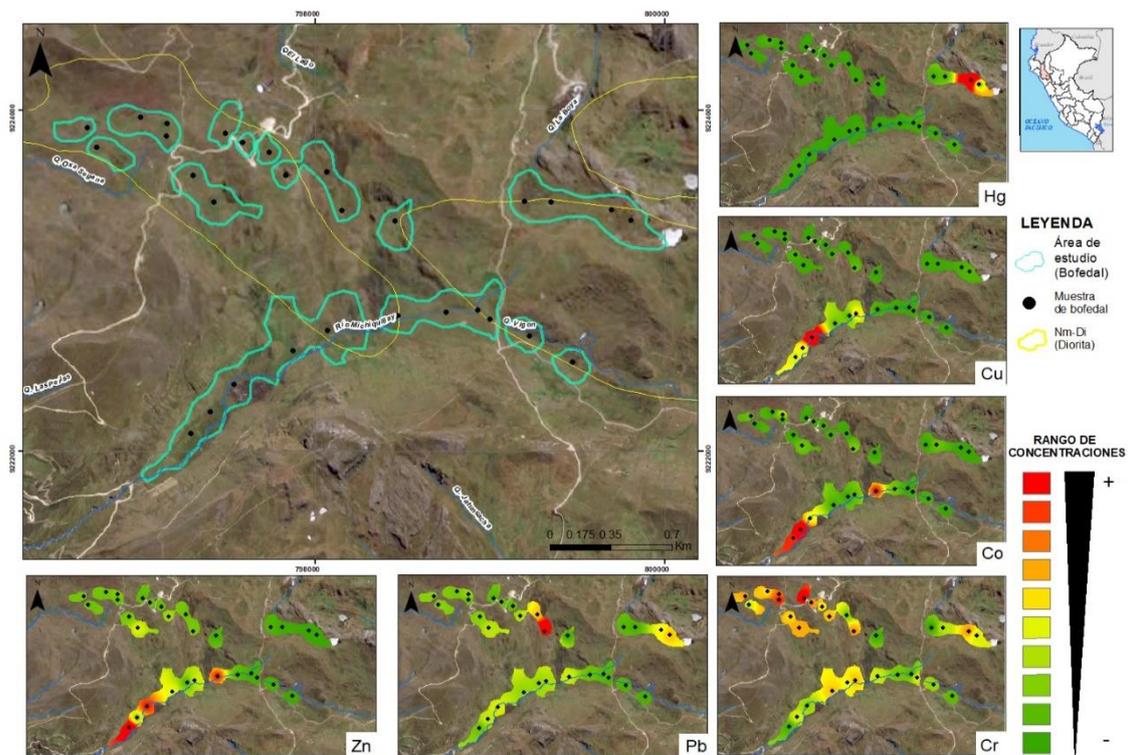


Figura 7.8. Distribución de las concentraciones de metales y metaloides en bofedales

Nota: La distribución de concentraciones de metales y metaloides fueron realizados en base a la Tabla de resultados (Anexo 3.1).

8. CONCLUSIONES

Unidad Michiquillay Misceláneo Roca (Mq-R)

El suelo Michiquillay Misceláneo Roca presentó una fertilidad química baja, con textura entre arenosa a arenosa franca, libre de sales, ligeramente alcalino, debido a los diversos tipos de rocas que conforman el material parental. Presenta un contenido de materia orgánica entre bajo a medio, con alta capacidad de intercambio catiónico y niveles de fósforo y potasio disponibles.

Los valores de nivel de fondo y referencia (mg/kg) calculados para esta unidad de suelo (Mq-R) fueron: Ca (34949; 78594), Fe (33801; 44205), Al (24714; 36815), P (6409; 13099), K (2690; 4547), Mg (2620; 4358), Si (1046; 1423), Mn (731,9; 1277), Zn (147,7; 292,4), Sr (127,7; 255,1), Ti (74,01; 128,4), Ba (72,09; 114,2), Na (67,72; 120,9), V (52,91; 88,78), Cu (32,38; 60,55), Cr (28,52; 46,59), Ni (23; 33,84), Pb (20,68; 31,42) y Co (9,731; 16,17).

Los niveles de fondo y referencia determinados no superaron los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para suelo de uso agrícola (Decreto Supremo N.º 011-2017-MINAM) ni la guía canadiense (*Canadian Environmental Quality Guidelines. Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human of use Agricultural - CEQG-SQG*), a excepción del nivel de referencia para zinc que superó los valores de la referida guía.

Unidad Quinuayoc Sogoron (Qy-So)

El suelo Quinuayoc Sogoron presentó una fertilidad química baja, con textura arenosa, libre de sales, ligeramente alcalino, debido a los diversos tipos de rocas que conforman el material parental. Tiene un bajo contenido de materia orgánica; alta capacidad de intercambio catiónico y niveles de fósforo disponible; y un nivel medio de potasio disponible.

Los valores de nivel de fondo y referencia (mg/kg) calculados para esta unidad de suelo (Qy-So) fueron: Fe (36730; 54409), Ca (32587; 67159), Al (19433; 33418), P (7369; 17767), Mg (2604; 4593), K (2021; 4401), Mn (1254; 2769), Cu (958,8; 2022), Si (866,4; 1108), Zn (199,6; 342,6), Ti (118,2; 179,3). Na (93,14; 206,1), Sr (75,67; 149,9), Ba (71,05; 118,3), Pb (35,97; 80,3), V (34,3; 41,25), As (33,43; 53,16), Cr (19,1; 33,56), Ni (16,03; 26,78), Co (14,2; 24,53) y Mo (11,7; 23,62).

Los niveles de fondo y referencia determinados en este suelo no superaron los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para suelo de uso agrícola (Decreto Supremo N.º 011-2017-MINAM), a excepción del nivel de referencia para plomo. Los niveles de fondo y referencia para cobre y molibdeno; y el nivel de referencia para zinc superaron los valores de la guía canadiense (*Canadian Environmental Quality Guidelines. Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental*).

Unidad Sogoron Misceláneo Roca (R-So)

El suelo Sogoron Misceláneo Roca presentó una fertilidad química baja, con textura arenosa franca, libre de sales, ligeramente alcalino, con el mayor porcentaje (12 %) de carbonato de calcio en comparación con las demás unidades de suelos evaluadas, debido a la roca caliza que conforman el material parental. Posee un bajo contenido de materia orgánica; alta capacidad de intercambio catiónico y niveles de fósforo y potasio disponibles.

Los valores de nivel de fondo y referencia (mg/kg) calculados para esta unidad suelo (R-So) fueron: Ca (80969; 167491), Al (40206; 56448), Fe (30954; 46935), P (13523; 23782), K (4689; 7174), Mg (4227; 5498), Si (1310; 1826), Mn (572,3; 858,7), Ti (316,5; 446,2), Sr (161,8; 247,9), Na (124,2; 223,7), Ba (96,49; 138,3), Zn (67,83; 223,7), V (39,27; 54,66), Cr (32,39; 47,44) Cu (22,46; 35,45), Ni (22,31; 33,73), Pb (18,32; 25,87) y Co (9,117; 15,5).

Los niveles de fondo y referencia no superaron los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para suelo de uso agrícola (Decreto Supremo N.º 011-2017-MINAM) ni los valores de la guía canadiense (*Canadian Environmental Quality Guidelines. Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental*).

Unidad Michiquillay (Mq)

El suelo Michiquillay presentó una fertilidad química baja, con textura arenosa, libre de sales, ligeramente ácido, debido a las rocas que conforman el material parental. El contenido de materia orgánica fue entre bajo y medio; con alta capacidad de intercambio catiónico y niveles de fósforo y potasio disponibles.

Los valores de nivel de fondo y referencia (mg/kg) calculados para esta unidad suelo (Mq) fueron: Fe (36540; 50645), Al (26386; 47417), Ca (9571; 25491), Mg (4274; 7708), P (3366; 6193), K (1359; 2200), Cu (1056; 2714), Si (898,9; 1231), Mn (854,7; 1661), Zn (261,9; 506,6). As (84,99; 137,6), Ba (77,49; 114,2), Sr (67,83; 138,6), Ti (64,45; 93,19), Na (51,54; 80,98), V (36,69; 55,83), Pb (36,55; 70,58), Ni (13,19; 30,42), Co (12,76; 25,4) y Cr (10,36; 16,7).

De los niveles de fondo y referencia calculados, solo el arsénico superó los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para suelo de uso agrícola (Decreto Supremo N.º 011-2017-MINAM). Mientras que los niveles de fondo y referencia para cobre y zinc superaron los valores de la guía canadiense (*Canadian Environmental Quality Guidelines. Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental*).

Bofedales (BM)

El suelo de bofedales presentó una fertilidad química baja, con textura arenosa a arenosa franca, libre de sales, fuerte a moderadamente ácido, debido a las rocas que conforman el material parental. Presentan un bajo contenido de materia orgánica; baja a media capacidad de intercambio catiónico, con altos niveles de fósforo y bajos de potasio disponible.

Los valores de nivel de fondo y referencia (mg/kg) calculados para este suelo fueron: Fe (22463; 50659), Al (20083; 29479), Ca (4189; 7918), Mn (2487; 8129), Mg (1302; 2595), P (1188; 1970), Si (734,8; 975,7), K (642,3; 1164), Zn (132,3; 305,7). Na (96,38; 121,7), Pb (81,01; 164,4), Ti (80,44; 155,3), Ba (70,8; 135,4), Sr (41,54; 80,17), V (39,05; 76,56) Cu (23,07; 46,84), Co (15,36; 45,59), Cr (9,851; 16,63) y Hg (0,131; 0,189).

De los niveles de fondo y referencia calculados, el plomo superó los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para suelo de uso agrícola (Decreto Supremo N.º 011-2017-MINAM). Mientras que ningún elemento superó los valores de la guía canadiense (*Canadian Environmental Quality Guidelines. Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental*).

9. REFERENCIAS

- Alloway, B.J. (1990) Heavy Metals in Soils; Blackie Academic & Professional: London, UK.
- AMEC (Perú) S.A. (2012). Primera Modificación al Estudio De Impacto Ambiental Semi Detallado Proyecto de Exploración Michiquillay, preparado para Anglo American Michiquillay S.A., aprobado el 10 de junio de 2013 por Resolución Directoral N.º 182-2013-MEM/AAM.
- Bowen, H.J.M. (1979). "Environmental Chemistry of the Elements." Academic Press, London.
- Butt, C.R.M (2005): Geochemical dispersion, process and exploration models; in Regolith Expression of Australian Ore Systems, C.R.M. Butt, I.D.M. Robertson, K.M. Scott and M. Cornelius (ed.), CRC LEME, Perth, p. 81–106
- CEPRI (2002) - Perú: Mining privatization process, p. 12. Ministerio de Energía y Minas.
- Davies C. and Williams P. (2005). The El Galeno and Michiquillay porphyry Cu–Au–Mo deposits: geological descriptions and comparison of Miocene porphyry systems in the Cajamarca district, northern Peru. Springer-Verlag. Mineralium Deposita (2005) 40: 598–616
- De Miguel, E., A. Callaba, J.C. Arranz, V. Cala, E. Chacón, E. Gallego, E. Alberruche, C. Alonso, P. Fdez-Canteli, I. Iribarren, and H. Palacios (2002). Determinación de niveles de fondo y niveles de referencia de metales pesados y otros elementos traza en suelos de la Comunidad de Madrid. Serie Medio Ambiente.
- Diamond D., Baskin D., Brown D., Lund L., Najita J., and Javandel I. (2009). Analysis of Background Distributions of Metals in the Soil at Lawrence Berkeley National Laboratory. University of California. Environmental Restoration Program. LBNL- 1782E. p. 1-15.
- Dixon, W.J. (1953). Processing Data far Outliers. Biometrics 9: 74-89.
- Efron, B. (1981). Censored Data and Bootstrap. Journal of American Statistical Association, Vol. 76, pp.312-319.
- Helsel, D.R. (2012). Statistics far Censored Environmental Data Using Minitab and R. Second Edition. John Wiley and Sons, NY.
- Helsel, D.R. (2013). Nondetects and Data Analysis for Environmental Data, NADA in R.
- INGEMMET (2007) -GR-4: Volcanismo cenozoico (Grupo Calipuy) y su asociación a los yacimientos epitermales, Norte del Perú.
- ISO 19258:2018. Soil quality — Guidance on the determination of background values
- Kabata Pendias, A.; Pendias, H. (2001). Trace Elements in Soils and Plants; CRC Press Inc.: Boca Raton, FL, USA.
- Kaplan, E.L. and Meier, O. (1958). Nonparametric Estimation from Incomplete Observations. Journal of the American Statistical Association, Vol. 53. 457-481.
- Klee, R. (2014). Guidance for calculating the 95% Upper Confidence Level for Demonstrating Compliance with the Remediation Standar Regulations. State of Connecticut Department of Energy and Environmental Protection.



Land, C. E. (1975). Tables of Confidence Limits for Linear Functions of the Normal Mean and Variance. In *Selected Tables in Mathematical Statistics*, Vol. 111, American Mathematical Society, Providence, R.I., pp. 385-419.

Minam, 2014. Guía para el Muestreo de Suelos y Guía para la Elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos aprobado mediante Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM, aprobado el 9 de abril de 2014.

MINERO PERÚ (1979). Proyecto en estudio Michiquillay. Informe de proyectos minerometalúrgicos. Minero Perú, Lima, 18 p.

Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura - FAO. (2012). Subíndice de Uso Sustentable del Suelo: Metodología de Cálculo. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura. México. 53p.

Peters, W. C. (1978). *Exploration and mining geology*. New York: Wiley.

Rose, A. W., Hawkes, H. E., & Webb, J. S. (1979). *Geochemistry in mineral exploration* (2nd ed.). London: Academic.

Rosner, B. (1975). On the detection of many outliers. *Technometrics*, 17, 221-227.

Salonen, V.; Korkka-Niemi, K. (2007). Influence of parent sediments on the concentration of heavy metals in urban and suburban soils in Turku, Finland. *Appl. Geochem*, 22, 906-918.

Shibata, K. and Uchida, K. (1976): K-Ar ages of altered rocks from the Michiquillay Mine, Peru. *Bull. Geol. Surv. J.*

Siegel F.R. (2002). *Environmental Geochemistry of Potentially Toxic Metals*. Berlin. Springer. 218 pp.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2002). Calculating Upper Confidence Limits for Exposure Point Concentrations at Hazardous Waste Sites. OSWER 9285.6-10. December 2002.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2006a). *Data Quality Assessment: Statistical Methods for Practitioners*, EPA QA/G-9S. EPA/240/B-06/003. Office of Environmental Information, Washington, DC.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2006b). *Data Quality Assessment: Statistical Methods for Practitioners*, EPA QA/G-9S. EPA/240/B-06/003. Office of Environmental Information, Washington, DC.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2013). *ProUCL Version 5.0 Technical Guide*. EPA /600/R-07/041, 2013

Wedepohl, K. H. (1995). The composition of the continental crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59, 1217-1232.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Por defecto subdirección
según corresponda

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

10. ANEXOS

Anexo 1: Fichas de datos de campo

Anexo 2: Registro fotográfico

Anexo 3: Resultados de laboratorio

Anexo 3.1 Tabla de resultados

Anexo 3.2 Informes de ensayo y cadenas de custodia

Anexo 4: Fichas estadísticas y representación gráfica de resultados de nivel de fondo y nivel de referencia.

Anexo 5. Mapas de puntos de muestreo.

Es cuanto informamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente:

[LFAJARDO]

[LANCCO]

[JALVAREZT]

Visto este informe la Dirección de Evaluación Ambiental ha dispuesto su aprobación.

Atentamente:

[DRAMOS]



"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por el OEFA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. N° 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: <https://sistemas.oefa.gob.pe/verifica> e ingresando la siguiente clave: 09927617"



09927617