



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



**INFORME DE DETERMINACIÓN DE
NIVELES DE FONDO Y NIVELES DE
REFERENCIA EN TRES ASOCIACIONES
DE SUELO DEL DEPARTAMENTO DE
LORETO - 2015**

COORDINACIÓN DE EVALUACIONES
AMBIENTALES INTEGRALES

DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN

Diciembre de 2015



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"
"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

INFORME N° 00022 -2015-OEFA/DE-SDCA-CEAI

A : **ADY ROSIN CHINCHAY TUESTA**
Subdirectora de Evaluación de la Calidad Ambiental

De : **FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN**
Coordinador de Evaluaciones Ambientales Integrales

ANDRÉS BRÍOS ABANTO
Tercero Evaluador

ZULAY GUILLERMO PACCORI
Tercero Evaluador

Asunto : Informe de Determinación de Niveles de Fondo y Niveles de Referencia en tres Asociaciones de Suelo del departamento de Loreto, ejecutado durante el año 2015.

Referencia : PLANEFA 2015

Fecha : Lima, 17 DIC 2015

2015-FOI-043863

I. INFORMACIÓN GENERAL

a.	Zona	Distrito Andoas de la provincia Datem, del Maraón, distritos: Trompeteros, Urarinas y Parinari de la provincia y departamento de Loreto.		
b.	Ámbito de influencia	Cuencas: Tigre de código 4982, Pastaza de código 4986 y la Intercuencia Medio Bajo Maraón de código 4983 ¹ .		
c.	Problemática de la zona	Carencia de estudios de nivel de fondo y nivel de referencia de las asociaciones de suelo Gleysol dístico – Histosol fibrico (Gld – HSf), Fluvisol eútrico – Gleysol eútrico (Fle – Gle) y Cambisol dístico – Acrisol háplico (CMD– ACh).		
d.	¿A pedido de qué se realizó la actividad?	PLANEFA 2015		
e.	¿Se realizó en el marco de un espacio de diálogo, mesa de diálogo o mesa de desarrollo?	SI	NO	X

II. OBJETO

- Determinar los niveles de fondo y niveles de referencia de metales en tres Asociaciones de Suelo del departamento de Loreto.

III. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

- El análisis se encuentra desarrollado en el Anexo N° 1 referido al Informe de Determinación de Niveles de Fondo y Niveles de Referencia en Tres Asociaciones de Suelo del departamento de Loreto, ejecutado durante el año 2015, que se adjunta y forma parte del presente Informe.

1 Delimitación y codificación de Unidades Hidrográficas por el método Pfasterter - Oficina de Hidrogeomática de la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua.- 2011.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"
"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

IV. CONCLUSIÓN

- Mediante el presente Informe, se recomienda la revisión y aprobación del Informe "Determinación de Niveles de Fondo y Niveles de Referencia en Tres Asociaciones de Suelo del departamento de Loreto - 2015", que obra como anexo.

Atentamente,

FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN
Coordinador de Evaluaciones
Ambientales Integrales
Dirección de Evaluación

ANDRÉS BRÍOS ABANTO
Tercero Evaluador
Dirección de Evaluación

ZULAY GUILLERMO PACCORI
Tercero Evaluador
Dirección de Evaluación

Lima, 17 DIC. 2015

Visto el Informe N° 00022-2015-OEFA/DE-SDCA-CEAI y habiéndose verificado que se encuentra enmarcado dentro de la función evaluadora, así como su coherencia lógica; la Subdirectora de Evaluación de la Calidad Ambiental recomienda su APROBACIÓN a la Dirección de Evaluación, razón por la cual se TRASLADA el presente Informe.

Atentamente,

ADY ROSIN CHINCHAY TUESTA
Subdirectora de Evaluación de la Calidad Ambiental
Dirección de Evaluación

Lima, 17 DIC. 2015

Visto el Informe N° 00022-2015-OEFA/DE-SDCA-CEAI, y en atención a la recomendación de la Coordinación de Evaluaciones Ambientales Integrales, así como de la Subdirección de Evaluación de la Calidad Ambiental, la Dirección de Evaluación ha dispuesto aprobar el presente Informe.

Atentamente,

GIULIANA BECERRA CELIS
Directora de la Dirección de Evaluación
Dirección de Evaluación



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

ÍNDICE

1.0	INTRODUCCIÓN	5
1.1	Antecedentes	6
1.2	Objetivo General	6
1.3	Objetivos Especificos	6
1.4	Alcance de Estudio	6
1.5	Área de Estudio	7
2.0	MÉTODOS	8
2.1	Etapa de precampo	8
2.2	Etapa de campo	8
2.3	Análisis estadístico	13
2.3.1	Detección de Valores Anómalos	14
2.3.2	Tratamiento de datos por debajo del límite de cuantificación	15
2.4	Determinación de niveles de fondo y niveles de referencia	16
3.0	RESULTADOS Y ANALISIS	19
3.1	Niveles de Fondo y de Referencia	19
3.2	Análisis de la Extracción Secuencial por la Metodología de Tessier	21
4.0	CONCLUSIONES	28
5.0	RECOMENDACIONES	28
6.0	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
7.0	GLOSARIO	29
8.0	ANEXOS	30





PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3-1: Concentraciones de Arsénico Soluble por la metodología de Tessier en las Tres (03) Asociaciones de Suelo en el departamento de Loreto.....	23
Gráfico 3-2: Concentraciones de Cadmio Soluble por la metodología de Tessier en las Tres (03) Asociaciones de Suelo en el departamento de Loreto.....	24
Gráfico 3-3: Concentraciones de Plomo Soluble por la metodología de Tessier en las Tres (03) Asociaciones de Suelo en el departamento de Loreto.....	25
Gráfico 3-4: Concentraciones de Bario Soluble por la metodología de Tessier en las Tres (03) Asociaciones de Suelo en el departamento de Loreto.....	26
Gráfico 3-5: Concentraciones de Cromo Soluble por la metodología de Tessier en las Tres (03) Asociaciones de Suelo en el departamento de Loreto.....	27



AB

L



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Puntos de muestreo en la Asociación de Suelo Gleysol Dístrico – Histosol Fíbrico.	8
Tabla 2-2: Puntos de muestreo en la Asociación de Suelo Fluvisol Eútrico – Gleysol Eútrico.....	9
Tabla 2-3: Puntos de muestreo en la Asociación de Suelo Cambisol Dístrico – Acrisol Háplico.	10
Tabla 2-4: Parámetros considerados en el Estándar de Calidad Ambiental para Suelo.....	12
Tabla 2-5: Método de Análisis y Límites de Cuantificación empleados por el Laboratorio.....	12
Tabla 3-1: Resultados de Niveles de Fondo y Niveles de Referencia (mg/Kg)	20



1.0 INTRODUCCIÓN

1. Las actividades antrópicas en el Perú han tenido periodos de gran desarrollo que han influenciado en la calidad ambiental en diferentes grados, de acuerdo a la capacidad de resiliencia de ambiente, las características propias de los ecosistemas y el grado de impacto que una actividad pudiese tener. Si bien en las áreas donde puede haber influencia antrópica, puede existir una anomalía natural de ciertos parámetros asociada a condiciones propias de la zona, las actividades antrópicas también han dado lugar a importantes anomalías.
2. En ese sentido, el nivel de fondo se define como la concentración de una sustancia presente de forma sistemática en el medio natural, la cual no fue influenciada por actividades humanas localizadas; así pues, estos valores deberían permitir detectar la presencia de concentraciones no naturales en el suelo. Asimismo, el nivel de referencia es un valor que permite diferenciar, con garantías suficientes, entre un suelo natural y un suelo alterado, de acuerdo a su comparación con él; es decir, es un valor que permite asegurar que existe una concentración anormal de alguna sustancia en particular¹.
3. El presente informe pretende definir niveles de fondo y de referencia para 32 metales, cromo hexavalente y cloruros en tres asociaciones de suelo: (i) Gleysol dístico – Histosol fibrico (Gld – HSf), (ii) Fluvisol eútrico – Gleysol eútrico (Fle – Gle) y (iii) Cambisol dístico – Acrisol háplico (CMd– ACh) del departamento de Loreto, con la finalidad de obtener una herramienta de comparación para la evaluación de resultados de metales presentes en los suelos que no se contemplan en el Estándar de Calidad Ambiental para Suelos, establecido en el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM.
4. La metodología de obtención de las concentraciones de los niveles de fondo y niveles de referencia es a través del tratamiento estadístico mediante el software ProUCL 5.0 de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) de los resultados de laboratorio obtenidos de las muestras de suelo colectadas en las tres asociaciones de suelo antes mencionadas. Esta metodología permite la identificación y eliminación de valores anómalos que puedan influir negativamente en la robustez de los niveles de fondo y niveles de referencia determinados.
5. Los niveles de fondo y de referencia obtenidos en el presente informe servirán para realizar el análisis de la información obtenida en los muestreos de identificación, caracterización y de comprobación de suelos potencialmente contaminados por actividades antropogénicas en los parámetros no contemplados en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Suelos, siempre y cuando se encuentren en las asociaciones de la presente área de estudio.



¹ 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. Terrenos contaminados N° 2. Instituto Geológico y Minero de España. 167 p., Madrid.

1.1 Antecedentes

6. Los profesionales de la Dirección de Evaluación del OEFA realizaron tres (03) salidas de campo para evaluar la calidad de los suelos en tres asociaciones de suelos del departamento de Loreto, las que se realizaron en las siguientes fechas: la primera salida se realizó del 25 de marzo al 01 de abril en el ámbito de la asociación de suelo Cambisol Dístico – Acrisol Háptico, la segunda salida del 10 al 30 de junio en el ámbito de la Asociación de Suelo Gleysol Dístico – Histosol Fíbrico. y la última del 13 al 27 de julio de 2015 en el ámbito de la Asociación de Suelo Fluvisol Eútrico – Gleysol Eútrico.

1.2 Objetivo General

7. Determinar los niveles de fondo y de referencia de 32 metales, cromo hexavalente y cloruros en tres asociaciones de suelo del departamento de Loreto.

1.3 Objetivos Específicos

8. Se consideran como objetivos específicos:
 - Determinar los niveles de fondo de los parámetros evaluados por asociación de suelo.
 - Determinar los niveles de referencia de los parámetros evaluados por asociación de suelo.
 - Determinar las formas de solubilidad de cinco (05) elementos metálicos que se encuentran en tres asociaciones de suelos del departamento de Loreto.

1.4 Alcance de Estudio

9. La evaluación ambiental comprende tres (3) asociaciones de suelo² en el departamento de Loreto (*ver mapa en el Anexo F*), cuya descripción según el Texto del Mapa de Suelos del Perú³ se detalla a continuación:

- a) **Gleysol dístico – Histosol fíbrico (Gld – HSf):** Se encuentra en forma amplia y conspicua en el corazón mismo de la región selva, en una superficie extensa y depresionada de la Amazonía peruana, formando un gran bloque ubicada entre los ríos Tigre, Marañón, Huallaga y Amazonas, los componentes de esta asociación se encuentran ubicados en superficies cuyos suelos se encuentran permanentemente cubiertos de agua con pendientes de plana a ligeramente inclinada (0 - 8 %).

- ✓ **Gleysol dístico:** Suelos desarrollados a partir de materiales sedimentarios generalmente de naturaleza arcillosa, en terrazas planas con drenaje pobre a muy pobre, son de reacción muy ácida con un pH de varía de 3.6 a 5.0.

² Asociaciones de suelo según el "Mapa de suelos del Perú" – Escala 1:5 000 000 elaborado de acuerdo con la leyenda revisada del Mapa Mundial de suelos FAO-UNESCO-ISRIC, presentada en el portal web del Ministerio de Agricultura del Perú.

³ Disponible en http://dgaaa.minag.gob.pe/images/prueba/2015/Texto_Mapas_Suelos_Peru.pdf

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

- ✓ **Histosol fibrico:** Suelos orgánicos formados a partir de restos de especies vegetales hidrofíticas, se distribuyen en terrazas muy pobremente drenadas, cuyo pH varía de 3.5 a 5.0 con contenido de materia orgánica mayor al 40%.

b) Fluvisol eútrico – Gleysol eútrico (Fle – Gle) : Se encuentra distribuida en áreas aledañas a los principales ríos de la Selva Baja como son el Amazonas, Ucayali, Marañón, Napo, Tigre, Huallaga, Urubamba, Tambo, Purús y Madre de Dios, los componentes de esta asociación se encuentran ubicados en paisajes de terrazas aluviales bajas generalmente inundables con pendiente plana a ligeramente inclinada (0-8 %).

- ✓ **Fluvisol eútrico:** Suelos formados a partir de sedimento fluviales recientes, por lo que tienen una disposición morfológica estratificada de horizontes o capas, presentan un perfil muy poco evolucionado, cuyo pH varía desde 5.5 a 8.0. El contenido de materia orgánica alcanza un 4.0 %.
- ✓ **Gleysol - eútrico:** Suelos desarrollados a partir de materiales fluviales y aluviales finos, ubicados en zonas depresionadas y que generalmente están saturadas con agua, cuyo pH varía de 4.5 a 6.0. El drenaje de estos suelos está determinado por las condiciones topográficas que impiden el escurrimiento superficial normal de las aguas de lluvia y de inundaciones de los ríos. Estas condiciones, asociadas con la presencia del subsuelo poco permeable (arcilla), le confiere un drenaje pobre.



c) Cambisol dístico – Acrisol háplico (CMd– ACh): Se encuentra distribuida en Selva Baja, en el norte de la Amazonía del país, hasta los límites con el Ecuador entre los ríos Santiago, Pastaza y Napo, bordeando la gran zona hidromórfica de la Amazonía, los componentes de esta asociación se encuentran ubicadas en paisajes de lomadas y colinas, con pendientes de moderada a fuertemente inclinada (8-25 %).

- ✓ **Cambisol dístico:** Suelos profundos desarrollados a partir de materiales aluviales subrecientes y antiguos, así como materiales residuales de arcillitas, areniscas y lutitas, ambas de naturaleza ácida, cuyo pH varía de 4.0 a 5.0.
- ✓ **Acrisol háplico:** Suelos residuales desarrollados a partir de materiales sedimentarios de litología variada, principalmente de areniscas de grano fino, lutitas y limonitas, cuyo pH varía de 5.0 a 6.0.

1.5 Área de Estudio

10. La evaluación de las tres asociaciones de suelo descritas anteriormente comprenden las provincias Datem del Marañón y Loreto en el departamento de Loreto. Asimismo, están ubicadas hidrográficamente en la cuenca Tigre (código 4982), la cuenca Pastaza (código 4986) y la Intercuenca Medio Bajo Marañón (código 4983)⁴.

⁴ Delimitación y codificación de Unidades Hidrográficas por el método Pfastetter - Oficina de Hidrogeomática de la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua.- 2011.

2.0 MÉTODOS

2.1 Etapa de precampo

11. El trabajo de gabinete consistió en la recopilación, sistematización y análisis de información de las tres asociaciones de suelo identificadas en el departamento de Loreto. Sobre esta base, se evaluó el establecimiento de puntos de muestreo en áreas que no presentasen afectación por actividades antropogénicas.
12. Los parámetros a evaluar y los criterios de comparación fueron definidos en esta fase, identificando aquellos elementos que estuviesen asociados a la actividad hidrocarburífera.

2.2 Etapa de campo

13. La toma de muestra de suelo se realizó conforme a los lineamientos establecidos en la Guía para el Muestreo de Suelos, aprobada mediante Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM.
14. Las muestras de suelo fueron obtenidas de sitios o áreas alejadas de cualquier tipo de actividad extractiva, para ello, previamente al trabajo de campo se revisó los antecedentes de la zona, y durante el muestreo se inspeccionó minuciosamente el lugar de trabajo y posteriormente, en gabinete se verificó que los resultados obtenidos en los diferentes parámetros analizados sean homogéneos y no presenten resultados anómalos (*ver tablas de resultados en el Anexo H*).
15. Se tomaron 192 muestras de suelo distribuidas de la siguiente manera: 32 puntos ubicados en la Asociación de Suelo Gleysol Dútrico – Histosol Fútrico, 60 puntos ubicados en la Asociación de Suelo Fluvisol Eútrico – Gleysol Eútrico y 100 puntos ubicados en la Asociación de Suelo Cambisol Dútrico – Acrisol Háplico. Las coordenadas se detallan en las siguientes tablas.

Tabla 2-1: Puntos de muestreo en la Asociación de Suelo Gleysol Dútrico – Histosol Fútrico.

Ítem	Código de los puntos evaluados	Coordenadas UTM –WGS 84 Zona 18M		Altitud (msnm)
		Norte	Este	
01	MSCO1-A	9606151	461710	142
02	MSCO1-B	9606112	461726	142
03	MSCO1-C	9606132	461885	142
04	MSCO1-D	9606159	461676	142
05	MSCO2-A	9606720	462563	138
06	MSCO2-B	9606724	462595	138
07	MSCO2-C	9606732	462601	138
08	MSCO2-D	9606754	462585	138
09	MSCO3-A	9578233	485715	143
10	MSCO3-B	9578213	485720	143
11	MSCO3-C	9578199	485706	143
12	MSCO3-D	9578234	485699	143
13	MSCO4-A	9577654	486101	142
14	MSCO4-B	9577642	486083	142
15	MSCO4-C	9577649	486053	142
16	MSCO4-D	9577668	486077	142
17	MSCO5-A	9580883	502912	136
18	MSCO5-B	9580891	502931	136
19	MSCO5-C	9580891	502931	136



"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

Ítem	Código de los puntos evaluados	Coordenadas UTM -WGS 84 Zona 18M		Altitud (msnm)
		Norte	Este	
20	MSC05-D	9580879	502933	136
21	MSC06-A	9582556	506052	140
22	MSC06-B	9582611	506052	140
23	MSC06-C	9582586	506072	140
24	MSC06-D	9582617	506084	140
25	MSC07-A	9583182	507774	143
26	MSC07-B	9583193	507767	143
27	MSC07-C	9583211	507773	143
28	MSC07-D	9583191	507784	143
29	MSC08-A	9583259	508313	139
30	MSC08-B	9583268	508316	139
31	MSC08-C	9583281	508319	139
32	MSC08-D	9583269	508314	139

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 2-2: Puntos de muestreo en la Asociación de Suelo Fluvisol Eútrico – Gleysol Eútrico.

Ítem	Código de los puntos evaluados	Coordenadas UTM -WGS 84 Zona 18M		Altitud (msnm)
		Norte	Este	
01	MSF1-A	9468516	497770	123
02	MSF1-B	9468510	497775	123
03	MSF1-C	9468526	497774	123
04	MSF1-D	9468532	497775	123
05	MSF2-A	9468570	497769	122
06	MSF2-B	9468568	497758	122
07	MSF2-C	9468577	497757	122
08	MSF2-D	9468582	497767	122
09	MSF3-A	9468660	497742	123
10	MSF3-B	9468652	497748	123
11	MSF3-C	9468639	497737	123
12	MSF3-D	9468653	497736	123
13	MSF4-A	9468719	497686	122
14	MSF4-B	9468721	497667	122
15	MSF4-C	9468732	497671	122
16	MSF4-D	9468736	497686	122
17	MSF5-A	9468798	497680	123
18	MSF5-B	9468739	497684	123
19	MSF5-C	9468750	497672	123
20	MSF5-D	9468752	497674	123
21	MSF6-A	946878	497677	123
22	MSF6-B	9468765	497685	123
23	MSF6-C	9468773	497695	123
24	MSF6-D	9468780	497667	123
25	MSF7-A	9468806	497639	123
26	MSF7-B	9468786	497635	123
27	MSF7-C	9468793	497627	123
28	MSF7-D	9468802	497622	123
29	MSF8-A	9468848	497619	123
30	MSF8-B	9468857	497618	123
31	MSF8-C	9468861	497608	123
32	MSF8-D	9468851	497608	123
33	MSF9-A	9468872	497589	123
34	MSF9-B	9468863	497587	123
35	MSF9-C	9468852	497587	123
36	MSF9-D	9468860	497602	123
37	MSF10-A	9468983	497527	123
38	MSF10-B	9468984	497530	123
39	MSF10-C	9468998	497537	123
40	MSF10-D	9468998	497520	123
41	MSF11-A	9469572	495831	122
42	MSF11-B	9469568	495825	122
43	MSF11-C	9469562	495828	122
44	MSF11-D	9469557	495832	122
45	MSF12-A	9469867	496856	122
46	MSF12-B	9469878	496880	122
47	MSF12-C	9469861	496880	122



AS
L



"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

Ítem	Código de los puntos evaluados	Coordenadas UTM –WGS 84 Zona 18M		Altitud (msnm)
		Norte	Este	
48	MSF12-D	9469861	496885	122
49	MSF13-A	9473093	490584	122
50	MSF13-B	9473082	490616	122
51	MSF13-C	9473117	490634	122
52	MSF13-D	9473104	490560	122
53	MSF14-A	9475612	492250	122
54	MSF14-B	9475633	492278	122
55	MSF14-C	9475631	492311	122
56	MSF14-D	9475594	492304	122
57	MSF15-A	9475672	493098	122
58	MSF15-B	9475706	493082	122
59	MSF15-C	9475693	493103	122
60	MSF15-D	9475668	493111	122

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 2-3: Puntos de muestreo en la Asociación de Suelo Cambisol Distrito – Acrisol Háplico.

Ítem	Código de los puntos evaluados	Coordenadas UTM –WGS 84 Zona 18M		Altitud (msnm)
		Norte	Este	
01	SL-PAS-01	9712524	319375	240
02	SL-PAS-02	9712528	319356	240
03	SL-PAS-03	9712542	319360	240
04	SL-PAS-04	9712543	319343	240
05	SL-PAS-05	9712594	319192	240
06	SL-PAS-06	9712615	319193	240
07	SL-PAS-07	9712613	319214	240
08	SL-PAS-08	9712633	319211	240
09	SL-PAS-09	9712695	319033	240
10	SL-PAS-10	9712691	319047	240
11	SL-PAS-11	9712679	319044	240
12	SL-PAS-12	9712668	319054	240
13	SL-PAS-13	9710496	319235	240
14	SL-PAS-14	9710484	319240	240
15	SL-PAS-15	9710487	319227	240
16	SL-PAS-16	9710476	319223	240
17	SL-PAS-17	9710249	319364	240
18	SL-PAS-18	9710235	319362	240
19	SL-PAS-19	9710234	319350	240
20	SL-PAS-20	9710214	319344	240
21	SL-PAS-21	9710699	319168	240
22	SL-PAS-22	9710714	319162	240
23	SL-PAS-23	9710700	319148	240
24	SL-PAS-24	9710702	319144	240
25	SL-PAS-25	9708346	320586	240
26	SL-PAS-26	9708346	320583	240
27	SL-PAS-27	9708327	320603	240
28	SL-PAS-28	9708310	320596	240
29	SL-PAS-29	9708162	320411	240
30	SL-PAS-30	9708165	320402	240
31	SL-PAS-31	9708170	320391	240
32	SL-PAS-32	9708180	320385	240
33	SL-PAS-33	9708081	320270	240
34	SL-PAS-34	9708074	320271	240
35	SL-PAS-35	9708061	320278	240
36	SL-PAS-36	9708049	320277	240
37	SL-PAS-37	9708350	320197	240
38	SL-PAS-38	9708347	320182	240
39	SL-PAS-39	9708361	320172	240
40	SL-PAS-40	9708369	320169	240
41	SL-PAS-41	9707332	320381	240
42	SL-PAS-42	9707340	320376	240
43	SL-PAS-43	9707324	320357	240
44	SL-PAS-44	9707328	320342	240



Handwritten signature and initials



"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

Ítem	Código de los puntos evaluados	Coordenadas UTM -WGS 84 Zona 18M		Altitud (msnm)
		Norte	Este	
45	SL-PAS-45	9714696	319936	240
46	SL-PAS-46	9714690	319918	240
47	SL-PAS-47	9714688	319906	240
48	SL-PAS-48	9714681	319895	240
49	SL-PAS-49	9714572	320088	240
50	SL-PAS-50	9714656	320082	240
51	SL-PAS-51	9714569	320062	240
52	SL-PAS-52	9714555	320060	240
53	SL-PAS-53	9714232	319276	240
54	SL-PAS-54	9714235	319264	240
55	SL-PAS-55	9714248	319281	240
56	SL-PAS-56	9714264	319284	240
57	SL-PAS-57	9714214	320310	240
58	SL-PAS-58	9714233	320296	240
59	SL-PAS-59	9714219	320300	240
60	SL-PAS-60	9714218	320283	240
61	SL-PAS-61	9714132	320133	240
62	SL-PAS-62	9714143	320147	240
63	SL-PAS-63	9714159	320151	240
64	SL-PAS-64	9714164	320166	240
65	SL-PAS-65	9714208	320032	240
66	SL-PAS-66	9714208	320046	240
67	SL-PAS-67	9714227	320043	240
68	SL-PAS-68	9714224	320059	240
69	SL-PAS-69	9714255	319901	240
70	SL-PAS-70	9714253	319917	240
71	SL-PAS-71	9714271	319907	240
72	SL-PAS-72	9714273	319919	240
73	SL-PAS-73	9712259	319096	240
74	SL-PAS-74	9712266	319103	240
75	SL-PAS-75	9712282	319088	240
76	SL-PAS-76	9712299	319103	240
77	SL-PAS-77	9712344	319052	240
78	SL-PAS-78	9712339	319045	240
79	SL-PAS-79	9712325	319041	240
80	SL-PAS-80	9712315	319030	240
81	SL-PAS-81	9712402	318969	240
82	SL-PAS-82	9712407	318973	240
83	SL-PAS-83	9712403	318985	240
84	SL-PAS-84	9712405	318990	240
85	SL-PAS-85	9712488	318997	240
86	SL-PAS-86	9712484	319001	240
87	SL-PAS-87	9712481	319018	240
88	SL-PAS-88	9712471	319024	240
89	SL-PAS-89	9712458	319044	240
90	SL-PAS-90	9712541	319104	240
91	SL-PAS-91	9712534	319092	240
92	SL-PAS-92	9712546	319079	240
93	SL-PAS-93	9712594	319056	240
94	SL-PAS-94	9712579	319054	240
95	SL-PAS-95	9712573	319069	240
96	SL-PAS-96	9712555	319063	240
97	SL-PAS-97	9712566	318944	240
98	SL-PAS-98	9712565	318959	240
99	SL-PAS-99	9712574	318962	240
100	SL-PAS-100	9712579	318975	240

Fuente: Elaboración Propia.

16. Los parámetros considerados fueron: hidrocarburos ligeros (F1) hidrocarburos medianos (F2), hidrocarburos pesados (F3), metales totales por ICP - MS, cromo

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
 "Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

hexavalente, Cloruros. Adicionalmente se realizó el análisis por la extracción secuencial de metales pesados por la metodología de Tessier⁵.

17. Los resultados de los análisis de las muestras de suelo obtenidas fueron comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Suelo de Uso Agrícola, aprobado mediante Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM (ver Tabla 2-4).

Tabla 2-4: Parámetros considerados en el Estándar de Calidad Ambiental para Suelo

N°	Parámetros	ECA Suelo Agrícola (mg/Kg)
1	C ₅ -C ₁₀	200
2	C ₁₀ -C ₂₈	1200
3	C ₂₈ -C ₄₀	3000
4	Benzo (a) pireno	0,1
5	Cromo VI	0,4
6	Arsénico	50
7	Bario	750
8	Cadmio	1,4
9	Mercurio	6,6
10	Plomo	70

Fuente: Elaboración Propia.

18. Los métodos de análisis empleados por el Laboratorio AGQ Perú S.A.C e Environmental Testing Laboratory S.A.C, así como los límites de cuantificación de comparación para cada parámetro figuran en la Tabla 2-5.

Tabla 2-5: Método de Análisis y Límites de Cuantificación empleados por el Laboratorio.

Parámetro	Método de Referencia	Técnica	Límite de Cuantificación (mg/L)
Cromo Hexavalente	PP - 205	Espectometría ICP-OES	0,1 - 250
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C ₅ -C ₁₀)	EPA 8015C	Cromatografía CG-FID	5 - 300000
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C ₁₀ -C ₂₈)	EPA 8015C	Cromatografía CG-FID	5 - 300000
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C ₂₈ -C ₄₀)	EPA 8015C	Cromatografía CG-FID	5 - 300000
Cloruros	PE-336	Análisis Flujo Segmental	2,5 - 20000
Aluminio Total	EPA 200.8	Espectometría ICP-MS	0,15- 50000
Antimonio Total	EPA 200.8	Espectometría ICP-MS	0,0017 - 1000
Arsénico Total	EPA 200.8	Espectometría ICP-MS	0,4 - 1000
Bario Total	EPA 200.8	Espectometría ICP-MS	0,03 - 2000
Berilio Total	EPA 200.8	Espectometría ICP-MS	0,001 -1000
Bismuto Total	EPA 200.8	Espectometría ICP-MS	0,008 -2000
Boro Total	EPA 200.8	Espectometría ICP-MS	0,18-2000

⁵ La metodología de especiación secuencial química propuesta por Tessier (1979), reproduce las condiciones fisicoquímicas sobre matrices ambientales, considerando cinco fases que definen asociaciones de los metales pesados a los diversos constituyentes del suelo con distintas energías de enlace; dicho método se aplica de forma secuencial sobre la misma porción de muestra. El esquema de Tessier (1979) consiste en la aplicación de extractantes selectivos en una secuencia, para determinar las formas de la solubilidad decreciente de los elementos metálicos.

Extracción	Fracción	Fundamento
Extracción 5 (F5)	Fracción Residual	Son metales ligados a los minerales, formando parte de sus estructuras cristalinas. La liberación de metales de esta fase, en un período razonable de tiempo es ciertamente improbable.
Extracción 4 (F4)	Metales ligados a la materia orgánica	Estos metales representan la fracción que se liberaría al pasar a condiciones oxidantes. Un caso típico es la deposición de los sedimentos anóxicos sobre superficies en contacto con la atmósfera.
Extracción 3 (F3)	Metales asociados a Óxidos de hierro (Fe) y manganeso (Mn).	Los metales presentes en esta fase pasarán al agua en aquellas zonas donde el sedimento se encuentre bajo condiciones reductoras. Estos óxidos son sustancias de alto poder de adsorción y son termodinámicamente inestables en condiciones anóxicas (valores bajos de potencial redox).
Extracción 2 (F2)	Metales ligados a Carbonatos	Se considera que los metales unidos a esta fase se liberarán al descender el pH de los sedimentos, al disolverse los metales precipitados en forma de carbonatos.
Extracción 1 (F1)	Metales en forma de Iones Intercambiables	Éstos pueden ser fácilmente liberados de los sistemas acuáticos por pequeños cambios ambientales.

“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
 “Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación”

Parámetro	Método de Referencia	Técnica	Límite de Cuantificación (mg/L)
Cadmio Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	0,0007 - 1000
Calcio Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	8- 100000
Cerio Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	0,0005 -1000
Cobalto Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	0,003 - 1000
Cobre Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	0,03 - 10000
Cromo Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	0,1 - 1000
Estaño Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	0,01 - 2000
Estroncio Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	0,004 -2000
Fósforo Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	0,8 - 50000
Hierro Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	0,006 - 100000
Litio Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	0,01 - 2000
Magnesio Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	0,1 - 50000
Manganeso Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	3- 10000
Mercurio Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	0,03 - 50
Molibdeno Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	0,003 - 1000
Níquel Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	0,09 - 1000
Plata Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	0,006 - 1000
Plomo Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	0,006 - 1500
Potasio Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	8 - 50000
Selenio Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	0,004 - 2000
Sodio Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	1 - 50000
Talio Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	0,0002 - 1000
Titanio Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	0,06 - 2000
Torio Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	0,0001 - 1000
Uranio Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	0,0002- 1000
Vanadio Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	0,6 - 1000
Wolframio Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	0,0017-2000
Zinc Total	EPA 200.8	Espectrometría ICP-MS	0,17-10000

Fuente: Elaboración Propia.



19. Por otro lado, a efectos de garantizar que el tratamiento estadístico corresponda solo a sitios no contaminados, se ha optado por retirar aquellos puntos de muestreo en que presenten, como mínimo, trazas de Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH). Los puntos de muestreo no considerados para el tratamiento estadístico son: MSF9-C, MSF10-B, SL PAS 37, SL-PAS- 57, SL-PAS-58, SL-PAS-59, SL-PAS-64, SL-PAS-65, SL-PAS-67, SL-PAS-74 y SL-PAS- 90, cuyos resultados de laboratorio se presentan en el **Anexo C**.

2.3 Análisis estadístico

- 20. La metodología de obtención de las concentraciones de los niveles de fondo y niveles de referencia es a través del tratamiento estadístico mediante el software ProUCL 5.0 de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA).
- 21. Un aspecto muy importante a considerar en el tratamiento estadístico de los datos es el detectar y evaluar la presencia de valores anómalos dentro de los datos, ya que estos pueden afectar negativamente los valores de fondo y referencia a determinar.
- 22. Por otro lado, también es muy común que en muestras ambientales se obtengan resultados de laboratorio de la concentración de metales por debajo del límite de cuantificación del método de análisis de laboratorio para cada elemento, representando una dificultad al momento de tratar los datos en conjunto.
- 23. Por estos motivos, líneas abajo se describen los criterios tomados para el tratamiento estadístico tanto de los valores anómalos como a aquellos conjuntos de muestras

que contengan parte de resultados por debajo del límite de cuantificación de cada elemento.

2.3.1 Detección de Valores Anómalos

24. Según la Agencia de Protección Ambiental de Los 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.
25. 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 y referencia (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.
26. 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 esta evaluación es eliminar, el efecto de este tipo de posibles errores en la estimación de las concentraciones de fondo y de referencia.
27. La definición de valores de fondo y de referencia para los suelos en estudio se llevó a cabo en zonas no contaminadas, tomándose todas las precauciones posibles para la ubicación de puntos de muestro, toma de muestra en campo y garantizando la ausencia de influencia antrópica en los resultados.
28. A consecuencia de lo expuesto, con el fin de evitar la presencia de valores de concentraciones elementales elevadas que pudiera no tener relación con el resto de datos recogidos, se ha realizado un tratamiento estadístico de los resultados anómalos respecto al conjunto de la base de datos analíticos y por tipo de suelo, desde un punto de vista univariante.
29. 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 el **Anexo I** los valores anómalos son representados mediante puntos.
30. 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 dos test, el de Dixon (1953), y el test de Rosner (1975), los cuales son empleados para tamaños de muestra menores y mayores a 25, respectivamente.
31. Es así que una vez realizado el test por cada metal se obtuvieron los valores anómalos identificados los cuales se presentan en las tablas del **Anexo I**.



2.3.2 Tratamiento de datos por debajo del límite de cuantificación

32. Es común que en muestras ambientales los datos obtenidos de los análisis químicos pueden estar por debajo del límite de cuantificación de la metodología 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 son desconocidos debido a que se encuentra entre cero y su límite de cuantificación.
33. Asimismo, los resultados de las concentraciones de algunos parámetros en los tipos de suelo evaluados, 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.
34. 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 el presente 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).
35. Una vez realizada la detección de valores anómalos y la forma de abordar el conjuntos de datos con resultados por debajo del límite de cuantificación del método de análisis de laboratorio, se determinará el comportamiento de cada uno de los metales evaluados en forma individual, lo que permitirá obtener los valores buscados según la definición dada de niveles de fondo y niveles de referencia. Por lo cual se ha realizado el tratamiento estadístico univariante del conjunto de datos de muestra por tipo de suelo y por tipo de metal.
36. Las variables analizadas fueron: aluminio (Al), antimonio (Sb), arsénico (As), bario (Ba), berilio (Be), bismuto (Bi), boro (B), cadmio (Cd), calcio (Ca), cerio (Ce), cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), cromo Hexavalente (Cr VI), estaño (Sn), estroncio (Sr), fósforo (P), hierro (Fe), litio (Li), magnesio (Mg), manganeso (Mn), mercurio (Hg), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plata (Ag), plomo (Pb), potasio (K), selenio (Se), sodio (Na), talio (Tl), titanio (Ti), uranio (U), vanadio (V), wolframio (W), zinc (Zn), y adicionalmente se ha incluido la variable cloruros.
37. 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.

2.4 Determinación de niveles de fondo y niveles de referencia

38. Para la determinación de los niveles de fondo y de referencia se utilizó el software estadístico *Pro UCL 5.0* de la Agencia de Protección Ambiental de Los Estados Unidos (USEPA). Esta metodología incluye dos (2) etapas, las cuales se describen a continuación:

a) Definición de poblaciones de fondo homogéneas

39. Para determinar los niveles de fondo y de referencia, la población del suelo a evaluar debería estar ubicada en áreas alejadas a actividades extractivas o deberían ser suelos sin ningún tipo de influencia antropogénica; así también debería ser homogénea desde el punto de vista edafológico⁶, para ello se realizó la identificación de las asociaciones de suelo presentes en el área evaluada a través del mapa de suelos del Perú, el cual fue elaborado por el Ministerio de Agricultura.

b) Definición estadística de niveles de fondo y niveles de referencia

➤ Nivel de fondo

40. Según *Ramos (2002)* no existe un criterio común universalmente aceptado para la definición de los niveles de fondo y de los niveles de referencia, sin embargo, diferentes autores como *Chen et al. (1999)* definen al nivel de fondo como el rango de concentración alrededor de la media en suelos no contaminados; asimismo el *Model Toxics Control Act (MTCA, Ch. 173-340-200 WAC)*, lo define como la concentración de sustancias peligrosas, presentes de forma sistemática en el medio natural que no han sido influenciadas por actividades humanas localizadas.
41. En ese mismo sentido, *De Miguel et al. (2002)* manifiestan que los valores de fondo caracterizan la situación real de los suelos naturales de una región en el momento de su estudio. En consecuencia, dichos valores de fondo describen la distribución de valores de concentración de los diferentes elementos químicos en los suelos de una región no afectados por actividades antrópicas.

⁶ Desde el punto de vista de la composición y naturaleza del suelo

42. Cabe resaltar que un solo valor de concentración no permite caracterizar de forma exhaustiva el conjunto de la población de valores de concentración que puedan obtenerse al estudiar los suelos naturales de un determinado lugar, por lo que debe recurrirse al análisis estadístico de un conjunto de datos.
43. Atendiendo a lo mencionado en el párrafo anterior, para la expresión del nivel de fondo se empleó un intervalo entre los cuales se puede afirmar que, excepto para ocurrencias de fenómenos poco frecuentes en el muestreo realizado, está incluido el valor verdadero del estimador en estudio. Por este motivo, en lo que se refiere a valores de fondo, interesa esencialmente la cota superior⁷ de dicho intervalo para la media. Esta cota debe garantizar con un elevado grado de confianza para que el valor verdadero del estimador correspondiente a los suelos muestreados sea inferior a la misma. Por ello, el grado de confianza elegido para el presente estudio ha sido el del 95%.
44. Cuando el conjunto de datos se distribuye Normal, la expresión de la cota superior de la media permite definir los valores de fondo para cada elemento evaluado, la cual viene dada por EPA, 2013:

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

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.
 $t_{\alpha, n-1}$: Percentil 100(1- α)-ésimo de la distribución t-Student de n-1 grados de libertad.



AB

45. 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 (USEPA, 2013):

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

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)

46. Además, para los conjuntos de datos que se ajustaron a una distribución Gamma, el valor de la cota superior de la media se determinó dependiendo del tamaño de la muestra, es así que para $n \leq 50$ se tiene la siguiente expresión (USEPA, 2013):

⁷ Es el límite superior de un intervalo de confianza de un parámetro de interés, por ejemplo, la cota superior de la media.

“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación”

$$C_M = \frac{2nk\bar{x}}{X_{2nk}^2(\alpha)} \dots \dots \dots (3)$$

Y para el caso para $n > 50$, el valor de la cota superior viene dada por:

$$C_M = 2nk\bar{x}/X_{2nk}^2(\beta) \dots \dots \dots (4)$$

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.
- β : Nivel de significancia ajustado.

47. Por otro lado, hay conjuntos 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 remuestreo⁸ para reducir el sesgo en las estimaciones y construir intervalos de confianza aproximados para los parámetros tales como la media y los percentiles (*USEPA, 2013*).

➤ **Nivel de referencia**

48. *De Miguel et al. (2002)* denominan al valor de referencia como aquel 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 por unidad muestral obtenida posteriormente.
49. A efectos del presente informe se consideró como valor de referencia la cota superior del percentil 95% con un 95% de confianza; en otras palabras, representa el valor por debajo del cual se encuentra el 95% de los datos de la población con un 95% de confianza (*USEPA, 2013*).
50. Bajo esta definición, es que se tiene la expresión de la cota superior del percentil p -ésimo, el cual permite definir los valores de referencia. Asimismo, cabe resaltar que 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:

$$C_p = \bar{x} + K_{(n,\alpha,p)} * s \dots \dots \dots (5)$$

⁸ 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.*

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)

51. 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 (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.

52. Asimismo, para un conjunto de datos que se ajuste 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 (USEPA, 2013):

$$C_p = (\bar{y} + K_{(n,\alpha,p)} * s_y)^4 \dots \dots (7)$$

Donde:

- \bar{y} : Media aritmética de datos transformados para distribución gamma.
 s_y : Desviación estándar de n datos transformados para distribución gamma.

53. 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.

3.0 RESULTADOS Y ANALISIS

3.1 Niveles de Fondo y de Referencia

54. El presente capítulo presenta los resultados de niveles de fondo y niveles de referencia de las tres asociaciones de suelo: Gleysol dístico – Histosol fábrico, Fluvisol eútrico – Gleysol eútrico y Cambisol dístico – Acrisol háplico.
55. Los resultados obtenidos mediante el tratamiento estadístico de los datos se muestran en las Fichas Estadísticas (Tablas y Gráficos) del **Anexo I**, donde se muestra el análisis para cada metal.
56. Las tablas del **Anexo I** corresponden al resumen de los datos estadísticos más característicos de la población original como la media, la mediana la desviación

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
 "Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

estándar, asimetría, curtosis, coeficiente de variación, primer y tercer cuartil; además se hace mención al tipo de distribución, si es normal, lognormal, gamma o no paramétrica. Se indica los potenciales valores anómalos por cada conjunto de datos de metales, y finalmente se presentan los niveles de fondo y niveles de referencia por cada metal y por tipo de suelo.

- 57. Asimismo, se realizó el mismo tratamiento estadístico integrando los datos de las tres (03) asociaciones de suelo y así determinar los niveles de fondo y de referencia global, que podrían ser utilizados de forma general.
- 58. Los gráficos del **Anexo I** corresponden a histograma, diagrama de cajas y bigotes, y gráficos de normalidad. En la *Tabla 3-1* se muestra los resultados finales de los niveles de fondo y de referencia por asociación de suelos y también los resultados producto del análisis global de las muestras de suelo.

Tabla 3-1: Resultados de Niveles de Fondo y Niveles de Referencia (mg/Kg)

Asociación de Suelo	Gleysol dístico - Histosol fibrico (GLe - HSf)		Fluvisol éútrico - Gleysol éútrico (FLe - Gle)		Cambisol dístico - Acrisol háplico CMd - ACh		GLOBAL	
	Nivel de fondo	Nivel de referencia	Nivel de fondo	Nivel de referencia	Nivel de fondo	Nivel de referencia	Nivel de fondo	Nivel de referencia
Aluminio	37 355	43 379	33 284	46 759	14 693	30 056	25 373	42 329
Antimonio	0,089	0,206	0,376	0,568	---	---	0,146	0,447
Arsénico	1,59	2,413	8, 567	12,65	0,911	1,888	3,724	11,5
Bario	297,3	545,5	149,8	208,1	215,5	469	215,5	469
Berilio	0,515	0,906	1,369	1,941	0,449	1,142	0,748	1,678
Bismuto	0,0809	0,128	0,149	0,205	1,512	7,114	1,131	5,296
Boro	10,44	18,87	2,242	4,018	3,826	13,71	4,258	15,35
Cadmio	0,232	0,471	0,268	0,438	0,0815	0,203	0,155	0,365
Calcio	2602	4496	15 093	35 197	1707	3240	5746	23 078
Cerio	8,381	13,2	40,24	53,89	1,419	2,321	19,4	47,6
Cobalto	14,63	24,44	15,02	19,9	60,95	107	45,4	97,7
Cobre	23,34	37,06	28,05	40,17	22,13	32,93	21,52	39,5
Cromo	31,31	46,52	29,74	38,24	23,48	45,61	25,95	40,96
Cromo VI	0,592	1,5	0,128	0,224	1,474	3,158	0,874	2,697
Estaño	0,353	0,686	0,679	1,32	---	---	0,259	0,719
Estroncio	35,36	58,13	38,79	76,1	37,91	97,9	34,22	76,1
Fósforo	294	455,5	718,4	1078	132,3	307,8	413,9	975
Hierro	26 850	42 753	36 144	46 477	22 362	38 457	28 691	45 944
Litio	6,285	10,21	20,14	28,09	2,374	4,654	10,31	22,8
Magnesio	3697	6446	8030	10406	1473	3951	4534	9507
Manganeso	554,6	960,3	816,6	1166	848,9	1766	781,5	1652
Mercurio	0,159	0,471	0,0373	0,0633	0,462	2,04	0,276	0,898
Molibdeno	0,233	0,399	0,648	0,862	13,36	27,85	10,04	26
Níquel	20,94	34,59	21,25	26,01	9,096	23,51	16,46	26,7
Plata	0,0496	0,123	0,0914	0,161	---	---	0,0394	0,109
Plomo	11,44	17,16	13,58	19,41	7,71	12,8	10,05	16,5
Potasio	306,9	471,5	1663	2268	169,3	326	833	2112
Selenio	0,325	1,631	0,841	2,306	---	---	0,615	2,032
Sodio	151,7	362,1	254,6	374,1	137,5	238,8	189,1	415,6
Talio	0,0501	0,116	0,102	0,157	39,85	69,29	29,31	65
Titanio	620,3	1365	169,5	363	719,9	2093	520,5	1645
Torio	1,959	3,59	2,129	3,137	---	---	0,967	2,91
Uranio	0,608	0,943	0,475	0,659	0,0901	0,185	0,348	0,721
Vanadio	73,05	122,1	60,08	100,2	85,63	168,8	72,52	148,3
Wolframio	0,0345	0,105	0,0347	0,0518	0,099	0,218	0,0622	0,182
Zinc	73,08	116,9	70,95	89,37	34,7	63,25	56,66	88,7
Cloruros	2,662	3,137	9,193	16,57	10,99	15,43	5,148	16,2

"---": La mayoría de los datos se encuentran debajo del valor de detección, por lo que no se pudo estimar estos niveles.
 Fuente: Elaboración Propia.



Handwritten signatures and initials in blue ink.

3.2 Análisis de la Extracción Secuencial por la Metodología de Tessier

59. El presente ítem permite determinar las fracciones de los elementos metálicos que se encuentran en las tres (03) asociaciones de suelo, a través de la Extracción Secuencial de metales por la metodología de Tessier. Las tablas de resultados se presentan en el **Anexo H**.

Fracciones del Arsénico en las tres asociaciones de suelo

60. Las fracciones de arsénico presentes en las tres asociaciones de suelos son: (i) Asociación Gleysol dístico – Histosol fibrico (Gld – HSf): La fracción predominante en orden de abundancia es la fracción 3 (arsénico asociado a óxidos de hierro y manganeso, seguida de la fracción 4 (asociado a la materia orgánica); las otras fracciones presentaron valores no significativos. (ii) Asociación Fluvisol eútrico – Gleysol eútrico (Fle – Gle): La fracción predominante fue la fracción 5 (fracción residual, ligada a los minerales), mientras que las otras fracciones presentaron valores no significativos. (iii) Asociación Cambisol dístico – Acrisol háptico (CMD– ACh): Todas las fracciones presentaron valores no significativos (*ver Gráfico 3-1*).

Fracciones del Cadmio en las tres asociaciones de suelo

61. Las fracciones de cadmio presentes en las tres asociaciones de suelos son: (i) Asociación Gleysol dístico – Histosol fibrico (Gld – HSf): La fracción predominante en orden de abundancia es la fracción 1 (cadmio en forma de iones intercambiables); las otras fracciones presentaron valores no significativos. (ii) Asociación Fluvisol eútrico – Gleysol eútrico (Fle – Gle): La fracción predominante en orden de abundancia es la fracción 1 (cadmio en forma de iones intercambiables), seguida de la fracción 2 (cadmio ligado a carbonatos) y la fracción 3 (cadmio asociado a óxidos de hierro y manganeso), mientras que las otras fracciones presentaron valores no significativos. (iii) Asociación Cambisol dístico – Acrisol háptico (CMD– ACh): La fracción predominante en orden de abundancia es la fracción 1 (cadmio en forma de iones intercambiables), seguida de la fracción 2 (cadmio ligado a carbonatos); las otras fracciones presentaron valores no significativos (*ver Gráfico 3-2*).



Handwritten signature and initials.

Fracciones del Plomo en las tres asociaciones de suelo

62. Las fracciones de plomo presentes en las tres asociaciones de suelos son: (i) Asociación Gleysol dístico – Histosol fibrico (Gld – HSf) y (ii) Asociación Fluvisol eútrico – Gleysol eútrico (Fle – Gle): La fracción predominante en orden de abundancia para ambas asociaciones de suelos son: La fracción 5 (fracción residual, ligada a los minerales), seguida de la fracción 4 (plomo asociado a la materia orgánica), la fracción 3 (asociado a óxidos de hierro y manganeso), la fracción 1 (en forma de iones intercambiables) y fracción 2 (ligados a carbonatos); (iii) Asociación Cambisol dístico – Acrisol háptico (CMD– ACh): La fracción predominante en orden de abundancia es la fracción 4 (asociado a la materia orgánica), seguida de la fracción 5 (fracción residual, ligada a los minerales), la fracción 3 (asociado a óxidos de hierro y manganeso), la fracción 2 (ligados a carbonatos) y la fracción 1 (en forma de iones intercambiables) (*ver Gráfico 3-3*).



Fracciones del Bario en las tres asociaciones de suelo

63. Las fracciones de bario presentes en las tres asociaciones de suelos son: (i) Asociación Gleysol déstrico – Histosol fíbrico (Gld – HSf) y (iii) Asociación Cambisol déstrico – Acrisol háplico (CMD– ACh): La fracción predominante en orden de abundancia para ambas asociaciones de suelos son: La fracción 5 (fracción residual), ligada a los minerales), seguida de la fracción 1 (en forma de iones intercambiables), la fracción 2 (ligados a carbonatos), la fracción 2 (ligados a carbonatos), la fracción 4 (asociado a la materia orgánica) y la fracción 3 (asociado a óxidos de hierro y manganeso); (ii) Asociación Fluvisol eútrico – Gleysol eútrico (Fle – Gle): En orden de abundancia la fracción predominante es la fracción 1 (en forma de iones intercambiables), seguida de la fracción 2 (ligados a carbonatos), la fracción 4 (asociado a la materia orgánica) y fracción 3 (asociado a óxidos de hierro y manganeso) (*ver Gráfico 3-4*).

Fracciones del Cromo en las tres asociaciones de suelo

64. Las fracciones de cromo presentes en las tres asociaciones de suelos son: (i) Asociación Gleysol déstrico – Histosol fíbrico (Gld – HSf), (ii) Asociación Fluvisol eútrico – Gleysol eútrico (Fle – Gle): y (iii) Asociación Cambisol déstrico – Acrisol háplico (CMD– ACh): La fracción predominante en orden de abundancia para las tres asociaciones de suelo son: Fracción 5 (fracción residual), seguida de la fracción 4 (asociado a la materia orgánica), fracción 3 (asociado a óxidos de hierro y manganeso), fracción 2 (ligados a carbonatos) y la fracción 1 (en forma de iones intercambiables) (*ver Gráfico 3-5*).





PERÚ

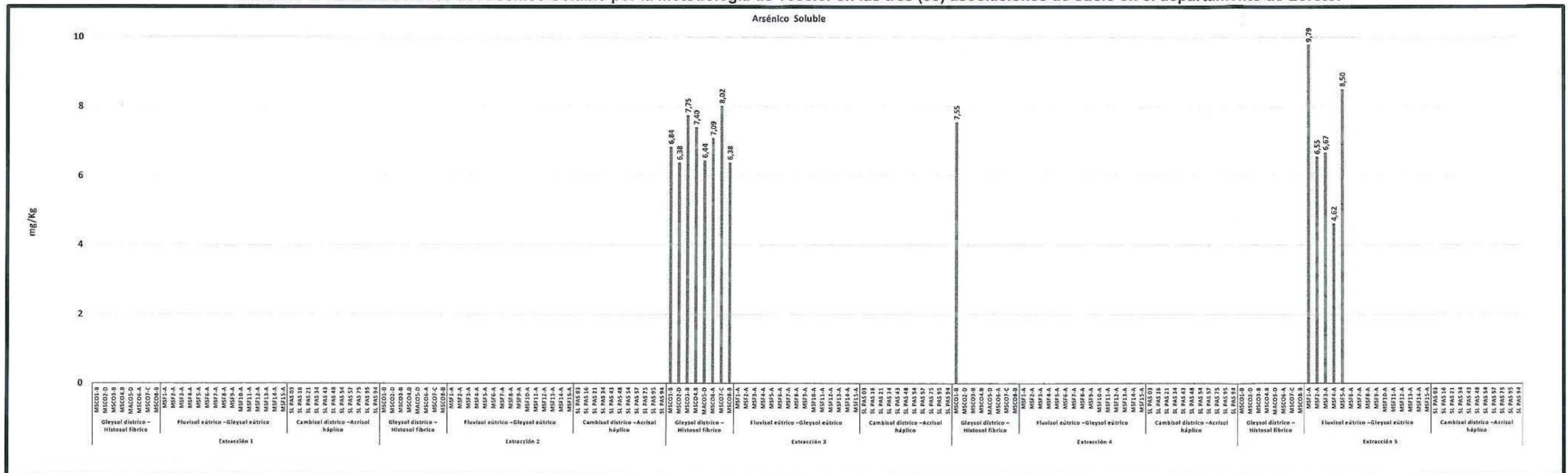
Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

Gráfico 3-1: Concentraciones de Arsénico Soluble por la metodología de Tessier en las tres (03) asociaciones de suelo en el departamento de Loreto.



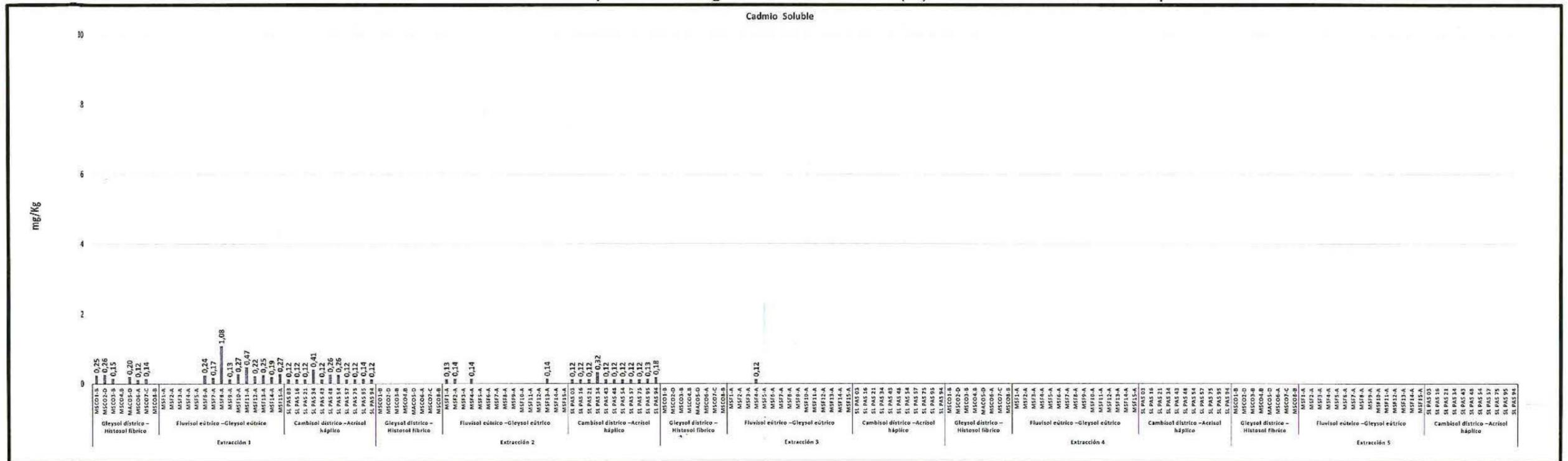
Fuente: Elaboración propia.



Handwritten signature

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
 "Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

Gráfico 3-2: Concentraciones de Cadmio Soluble por la metodología de Tessier en las tres (03) asociaciones de suelo en el departamento de Loreto.



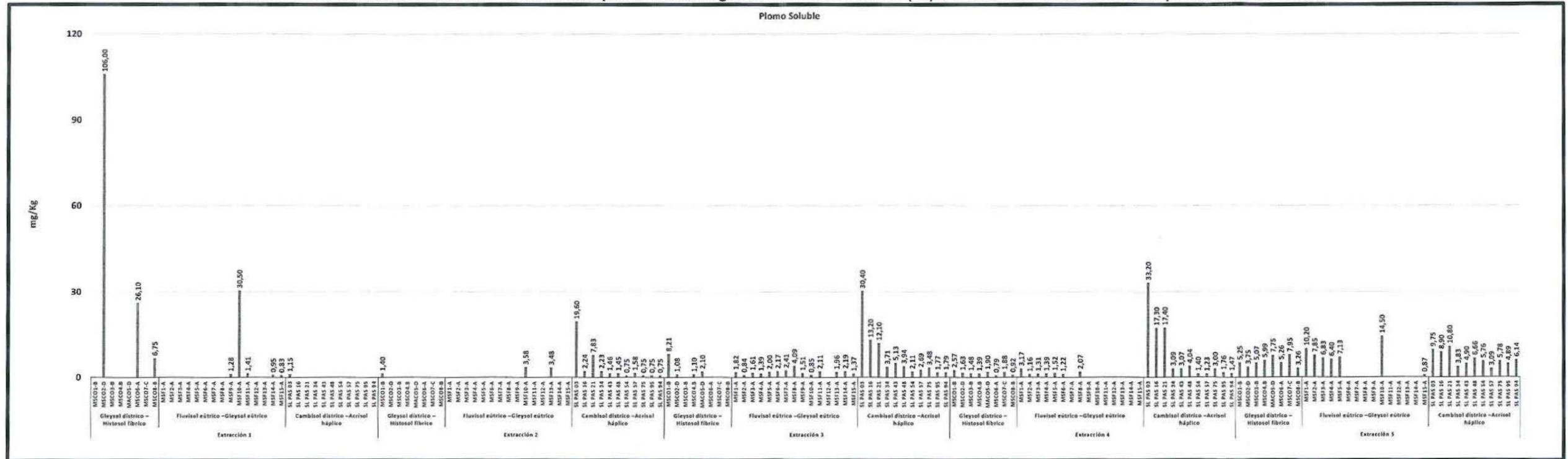
Fuente: Elaboración propia.



(Handwritten signature)

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
 "Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

Gráfico 3-3: Concentraciones de Plomo Soluble por la metodología de Tessier en las tres (03) asociaciones de suelo en el departamento de Loreto.



Fuente: Elaboración propia.



Handwritten signature and initials in blue ink.



PERÚ

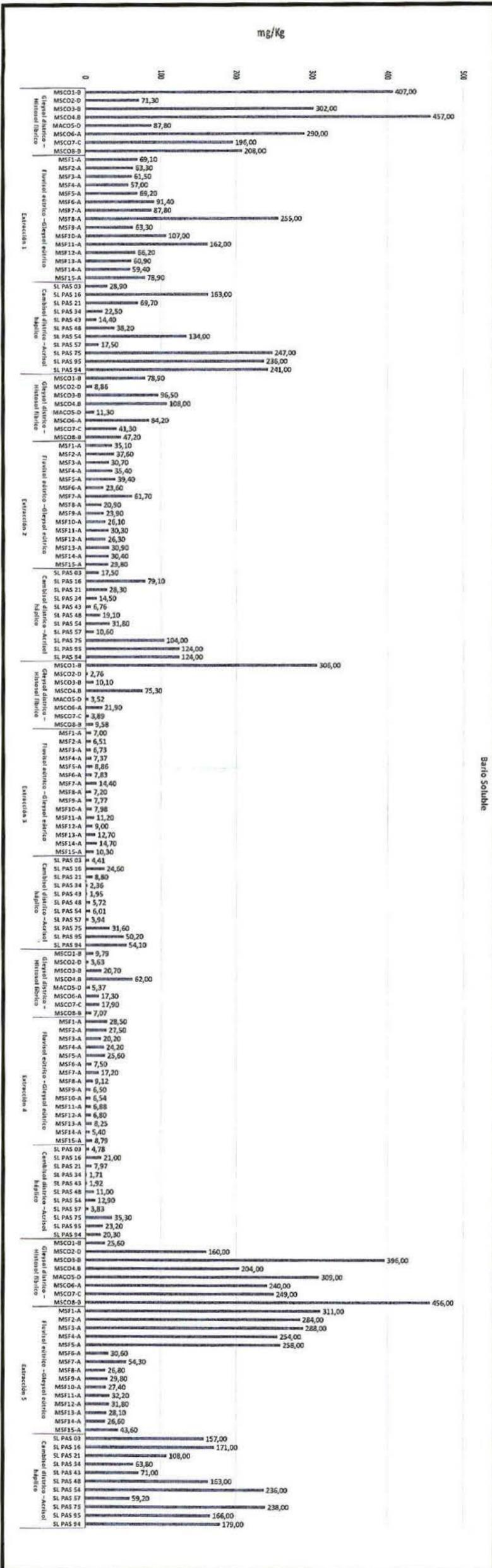
Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

Gráfico 3-4: Concentraciones de Bario Soluble por la metodología de Tessier en las tres (03) asociaciones de suelo en el departamento de Loreto.

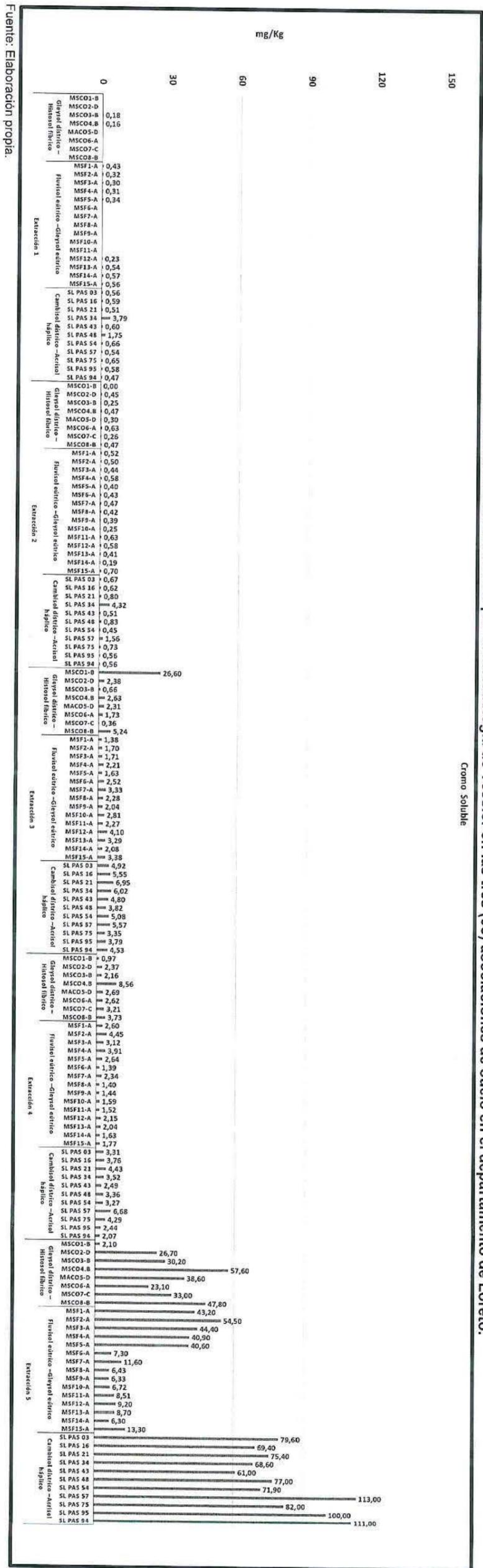


Fuente: Elaboración propia.



"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
 "Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

Gráfico 3-5: Concentraciones de Cromo Soluble por la metodología de Tessier en las tres (03) asociaciones de suelo en el departamento de Loreto.



Fuente: Elaboración propia.

4.0 CONCLUSIONES

- (i) Se realizó un análisis de nivel de fondo, nivel de referencia de treinta y dos (32) metales, cromo hexavalente y cloruros en las asociaciones de suelo (i) Gleysol dístico – Histosol fibrico (Gld – HSf), (ii) Fluvisol eútrico – Gleysol eútrico (Fle – Gle) y (iii) Cambisol dístico – Acrisol háplico (CMd– ACh) del departamento de Loreto.
- (ii) Los 286 valores de niveles de fondo y de referencia resultantes del análisis estadístico, indicaron que si bien existe una amplia variación entre las concentraciones de parámetros evaluados presentes en condiciones naturales, los elementos hierro, aluminio, calcio, magnesio y potasio, fueron los que se encontraron con mayor abundancia en el área de estudio. Asimismo, los elementos con menor abundancia fueron plata, wolframio, cadmio, antimonio y estaño.
- (iii) El análisis de la extracción por la metodología de Tessier para las tres asociaciones de suelo no contaminados indican que los metales plomo, bario y cromo se encuentran mayoritariamente asociados a la extracción 5 (fracción residual); mientras que el cadmio se encuentra asociado a la fracción 1 (en forma de iones intercambiables), y el arsénico asociado a la fracción 3 (asociado a óxidos de hierro y manganeso).

5.0 RECOMENDACIONES

- (iv) Se recomienda emplear los niveles de fondo y de referencia para la evaluación del estado de la calidad ambiental de sitios contaminados del departamento de Loreto, asociado a los tipos de suelo evaluados en el presente estudio.

6.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chen, M., Ma, L.Q., and Hanis, W.G. 1999. Background concentrations of 15 trace metals in Florida Soils. *J. Environ. Qual.* 28, 1173-1181.

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. Terrenos contaminados nº 2.* Instituto Geológico y Minero de España. 167 p., Madrid.

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 for Outliers. *Biometrics* 9: 74-89.

Efron, B. 1981. Censored Data and Bootstrap. *Journal of American Statistical Association*, Vol. 76, pp.312-319.



"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

EN ISO 19258, 2005. Soil quality- Guidance on the determination of background values. International Standar Organization.

Hahn, J. G. and Meeker, W.Q. 1991. *Statistical Intervals. A Guide for Practitioners.* John Wiley.

Helsel, D.R. 2012. Statistics for Censored Environmental Data Using Minitab and R. Second Edition. John Wiley and Sons, NY.

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, p. 12.

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

Lawrence Berkely National Laboratory (LBNL). 2009. Analysis of Background Distributions of Metals in the Soil at Lawrence Berkeley National Laboratory. LBNL-1782E. University of California.

Ramos, J. 2002. Estudio de la Contaminación por Metales Pesados y Otros Procesos de Degradación Química en los Suelos de Invernadero del Poniente Almeriense. Universidad de Almería. Facultad de Ciencias Experimentales, Departamento de Edafología y Química Agrícola, p. 154.

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

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 2006. 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

7.0 GLOSARIO

Cuartil. - Es una medida de posición no central o de localización. Los cuartiles son los tres valores que dividen la distribución en cuatro partes iguales, es decir, en cuatro intervalos dentro de cada cual están incluidos el 25% de los datos de la distribución.

Curtosis. - Es una medida de forma. También se conoce como medida de apuntalamiento mide si los valores de la distribución están más o menos concentrados alrededor de los valores medios de la muestra. Se definen 3 tipos de distribuciones según su grado de curtosis: Distribución mesocúrtica, distribución leptocúrtica y distribución platicúrtica.



"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

Dato. - Conocido también como información, es el valor de la variable asociada a un elemento de una población o una muestra.

Desviación estándar. - Conocida también como desviación típica, es una medida de dispersión que se obtiene como la raíz cuadrada de la varianza.

Estadística descriptiva. - Rama de la ciencia estadística que se encarga desde la recopilación, procesamiento y análisis de la información siendo sus conclusiones válidas solo para el grupo analizado.

Estadístico. - Conocido también como estadígrafo, es el valor calculado en base a los datos que se obtienen sobre una muestra y por lo tanto es una estimación de los parámetros. Entre los más usados se tiene la media muestral y la desviación estándar muestral.

Estimador. - Es un estadístico empleado para estimar un parámetro.

Grados de libertad. - En estadística grados de libertad de un estadístico calculado en base a n datos, se refiere al número de cantidades independientes que se necesitan en su cálculo, menos el número de restricciones que ligan a las observaciones y estadístico.

Intervalo de confianza. - Conocido también como límites de confianza. Es un rango de valores en el cual se encontraría el valor del parámetro, con una probabilidad determinada. Generalmente se construye intervalos de confianza con 95% de probabilidad.

Muestra. - Es un subconjunto representativo de la población a partir del cual se pretende realizar inferencias respecto a la población de donde procede. Los elementos seleccionados con cierta técnica reúnen ciertas características que la hacen ser representativa, significativa y confiable y que en base a ella se pueden hacer inferencias respecto a la población.

Nivel de significación. - Se define como la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando ésta es verdadera.

Percentil. - Es el valor que resulta de dividir el conjunto de datos en 100 partes iguales. Cada parte representa al 1% del total.

Sesgo. - Se denomina así a la asimetría que presenta una distribución de frecuencias. Puede ser sesgo negativo y sesgo positivo.

Variable. - Es una característica de la población o de la muestra cuya medida puede cambiar de valor. Según su naturaleza puede ser cualitativa y cuantitativa.

Varianza. - Es una medida de dispersión de la información. Se obtiene como el promedio de los cuadrados de las desviaciones de los valores de la variable respecto a su media aritmética.

8.0 ANEXOS

Anexo A : Reporte de Campo

Anexo B : Hojas de Campo



"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

- Anexo C : Informes de ensayo
- Anexo D : Cadenas de custodia
- Anexo E : Registro Fotográfico
- Anexo F : Mapa de ubicación
- Anexo G : Certificado de Acreditación
- Anexo H : Tabla de Resultados
- Anexo I : Fichas Estadísticas

