

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creada por Ley Nro. 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL
Y SANITARIA**



TESIS

**“NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN
RELACIÓN A LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL
(ECAs-Suelo), EN EL SUELO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
DIRECTA DEL BOTADERO DE PAMPACHACRA, DISTRITO,
PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANCAMELICA”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

GESTIÓN AMBIENTAL Y/O SANITARIA

PRESENTADO POR:

Bach. QUISPE ARANA, CESIA ASENAT

Bach. SILVESTRE SOTO, NELSON

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO

Huancavelica, Perú

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA



FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Auditorium de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, a los 21 días del mes de noviembre del año 2019, a horas 11:30 a.m., se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los siguientes: **Mg. Jorge Luis HUERE PEÑA (PRESIDENTE)**, **Mg. Víctor Guillermo SÁNCHEZ ARAUJO (SECRETARIO)**, **M.Sc. Fernando Martín TORIBIO ROMÁN (VOCAL)**, designados con Resolución de Decano N° 004-2019-FCI-UNH, de fecha 03 de enero del 2019 y ratificados con Resolución de Decano N° 224-2019-FCI-UNH de fecha 19 de noviembre del 2019, a fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación del informe final de tesis titulado: "NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN RELACIÓN A LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECAs-suelo), EN EL SUELO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL BOTADERO DE PAMPACHACRA, DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANCAMELICA", presentado por los Bachilleres **Cesia Azenat QUISPE ARANA y Nelson SILVESTRE SOTO**, para optar el **Título Profesional de Ingeniero Ambiental y Sanitaria**; en presencia del **M.Sc. José Luis CONTRERAS PACO**, como Asesor del presente trabajo de tesis. Finalizado la evaluación a horas... 7:10 p.m.; se invitó al público presente y a los sustentantes abandonar el recinto. Luego de una amplia deliberación por parte de los Jurados, se llegó al siguiente resultado:

Cesia Azenat QUISPE ARANA

APROBADO ☒ POR MAYORIA

DESAPROBADO ☐

Nelson SILVESTRE SOTO

APROBADO ☒ POR MAYORIA

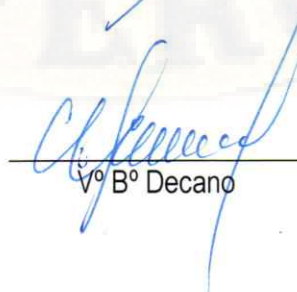
DESAPROBADO ☐

En señal de conformidad, firmamos a continuación:


Presidente


Secretario

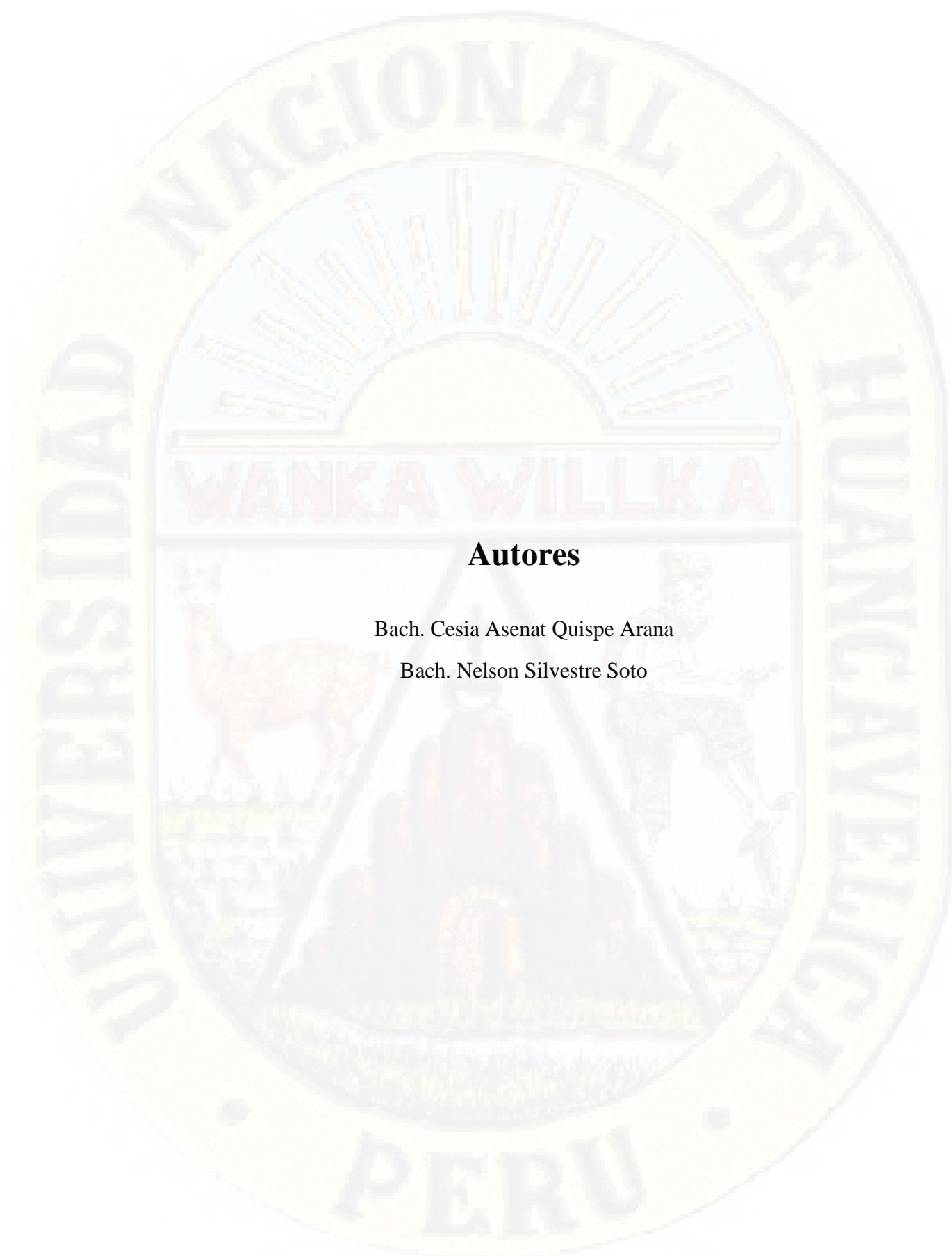

Vocal


Vº Bº Decano



Título

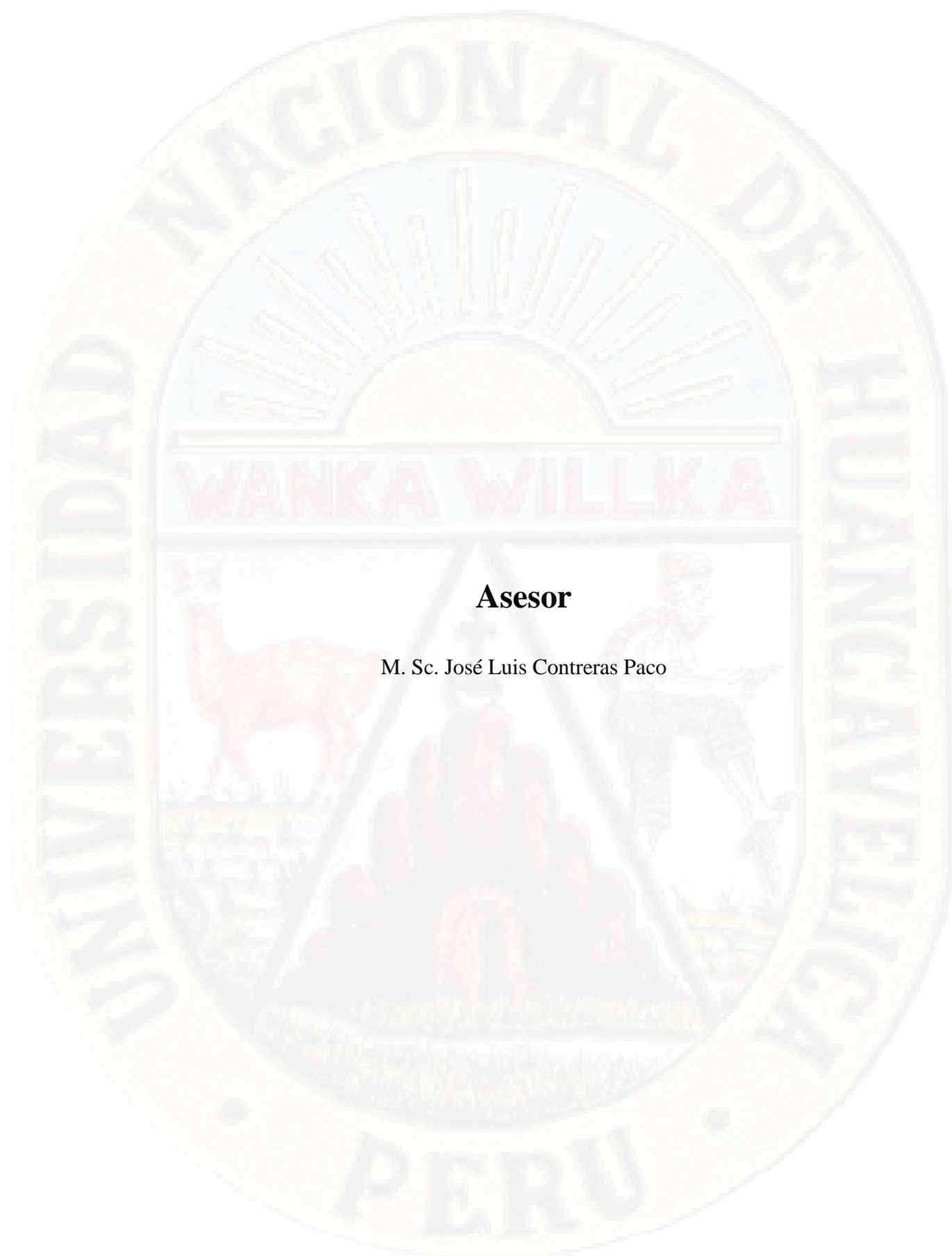
“Nivel de concentración de metales pesados en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (Ecas-suelo), en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica”



Autores

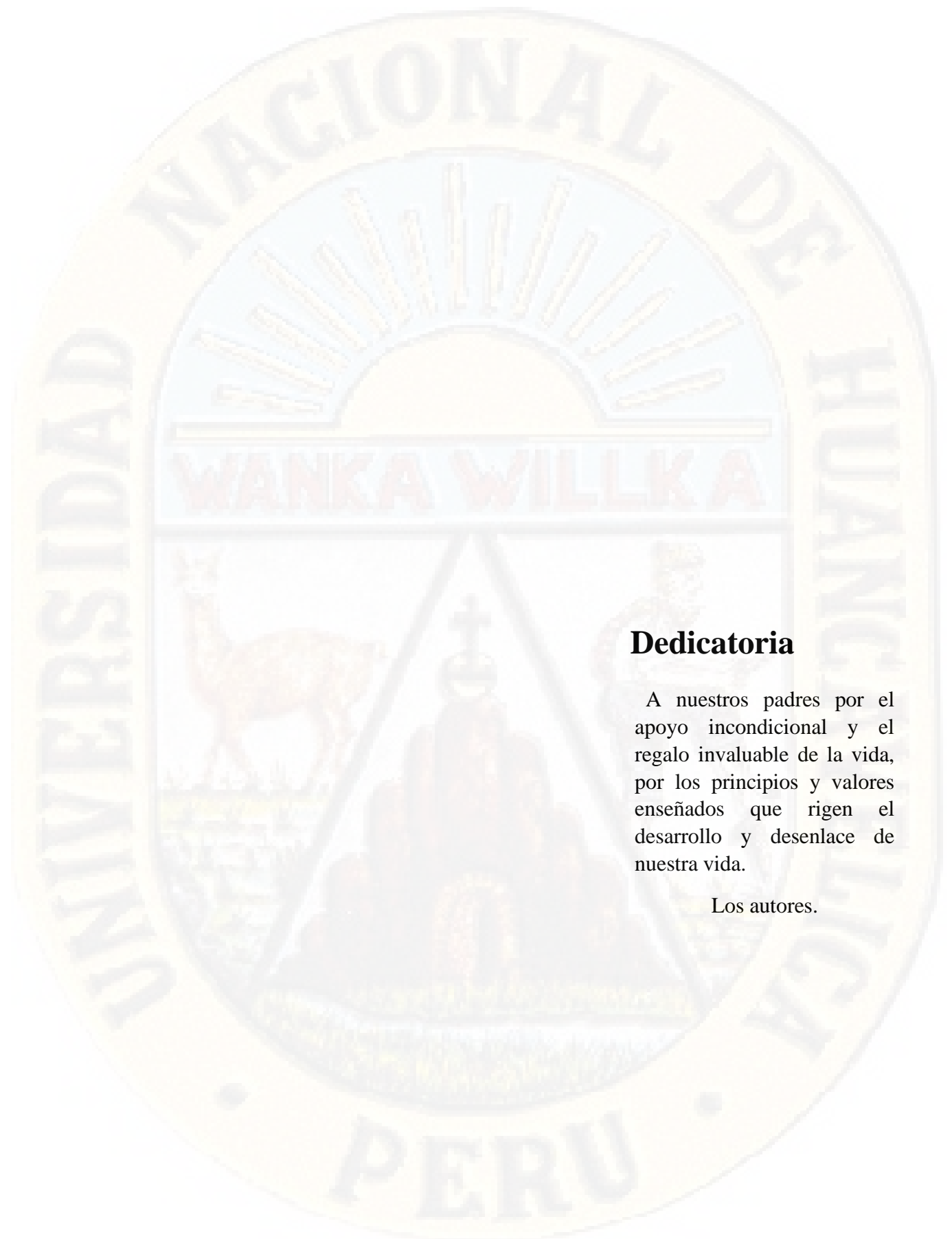
Bach. Cesia Asenat Quispe Arana

Bach. Nelson Silvestre Soto



Asesor

M. Sc. José Luis Contreras Paco



Dedicatoria

A nuestros padres por el apoyo incondicional y el regalo invaluable de la vida, por los principios y valores enseñados que rigen el desarrollo y desenlace de nuestra vida.

Los autores.

Agradecimientos

Agradeceremos a Dios por permitirnos gozar de salud y bienestar que permitió que logremos nuestras metas.

A la Universidad Nacional de Huancavelica; creada por Ley N° 25265 por permitirnos desarrollarnos en el aspecto profesional y humanitario.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria y a los docentes quienes nos acogieron y nos impartieron sus conocimientos brindados que contribuyeron en nuestra formación académica profesional.

Al Fondo de Desarrollo Socioeconómico de Camisea – FOCAM, fondo que financió la investigación.

Al Laboratorio de Nutrición Animal y Evaluación de Alimentos (LUNEA) de la Universidad Nacional de Huancavelica, unidad que nos brindó el acceso al equipamiento necesario para lograr el cumplimiento de los objetivos de la investigación.

A nuestros mis padres por el apoyo incondicional durante toda nuestra educación y el alcance de nuestras metas.

A nuestro asesor M. Sc. José Luis Contreras Paco, quien dedicó parte de su tiempo para guiarnos, motivarnos y ver concluido el presente estudio.

Al Ingeniero James Curasma Ccente encargado del Laboratorio de Nutrición Animal y Evaluación de Alimentos (LUNEA), por su apoyo incondicional en base a la confianza, empeño, motivación, calidad de persona y la excelencia profesional que contribuyeron a la ejecución del proyecto, desde el inicio hasta el final.

A nuestros amigos que nos dieron su apoyo incondicional y desinteresado, en general a todas las personas que de una o de otra manera colaboraron en el desarrollo del presente proyecto.

Índice

Título.....	ii
Autores	iii
Asesor	iv
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Índice de tablas	ix
Índice de figuras.....	xi
Resumen.....	xiv
Abstract.....	xv
Introducción	xvi
CAPÍTULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Formulación del problema	4
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos Específicos.....	5
1.4. Justificación	5
1.5. Limitaciones.....	7
CAPITULO II	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Antecedentes	8
2.1.1. Internacionales:	8
2.1.2. Nacionales:.....	14
2.2. Bases teóricas:.....	17
2.2.1. Teoría de los Metales pesados	17
2.2.2. Teoría del mar de electrones	20
2.2.3. Teoría de las bandas.....	24
2.2.4. Otras teorías	28
2.3. Bases Conceptuales:.....	32
2.3.1. Botadero de residuos sólidos:	32
2.3.2. Residuos Sólidos:.....	39
2.3.3. Área de Influencia:.....	42
2.3.4. Metales pesados en el suelo:	43

2.4.	Definición de términos:	53
2.5.	Hipótesis:	54
2.6.	Variables	55
2.7.	Operacionalización de variables	56
CAPÍTULO III.....		58
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		58
3.1.	Ámbito temporal y espacial:	58
3.2.	Tipo de investigación	59
3.3.	Nivel de investigación.....	60
3.3.1.	Método de investigación	60
3.4.	Población, muestra, muestreo	62
3.4.1.	Población:	62
3.4.2.	Muestra	62
3.4.3.	Muestreo	62
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	65
3.5.1.	Procedimiento de recolección de datos	67
3.5.2.	Recolección de datos en laboratorio:	83
3.6.	Técnicas y procesamiento de análisis de datos	116
CAPÍTULO IV.....		119
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS		119
4.1.	Análisis de información	119
4.1.1.	Caracterización física del suelo:.....	119
4.1.2.	Caracterización química del suelo:	123
4.1.3.	Resultados de la concentración de metales pesados en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra – Huancavelica:	128
4.1.4.	Análisis Multivariado de los metales - General:	143
4.1.5.	Análisis general del comportamiento de los metales en ambas épocas:	150
4.2.	Prueba de Hipótesis:	155
4.2.1.	Análisis inferencial de metales pesados	156
4.3.	Discusión de resultados:.....	208
Conclusiones		211
Recomendaciones		212
Referencias bibliográficas.....		214
Apéndice		221

Índice de tablas

Tabla 1 Proceso de desarrollo de métodos de disposición final de Residuos Sólidos Municipales.....	34
Tabla 2 Cuadro de composición de los residuos sólidos en el Perú.....	41
Tabla 3 Cuadro de Operacionalización de Variables.....	56
Tabla 4 Cantidad de zonas de distribución del área de influencia directa del botadero de Pampachara.....	69
Tabla 5 Puntos de sectorización para las zonas húmedas y secas en coordenadas UTM WGS84.....	71
Tabla 6 Puntos de muestreo de suelos en el área de influencia directa del botadero.....	73
Tabla 7 Profundidad del muestreo según el uso del suelo-MINAM.....	78
Tabla 8 Consideraciones para material de muestreo por parámetro	80
Tabla 9 Parámetros de campo analizados in situ	81
Tabla 10 Cuadro de Parámetros fisicoquímicos del suelo	83
Tabla 11 Concentraciones de los Estándares extraídas del Stock.....	98
Tabla 12 Concentración de estándares preparados del Stock para mercurio	106
Tabla 13 Cantidad de Mixeres empleados para la determinación de la concentración de mercurio	107
Tabla 14 Concentración de estándares preparados del Stock para arsénico	111
Tabla 15 Cantidad de Mixeres empleados para la determinación de la concentración de Arsénico	112
Tabla 16 Resultados de color del suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachara	120
Tabla 17 Resultados de las clases texturales del área de influencia directa del botadero...	121
Tabla 18 Resultados de densidad aparente de las áreas de muestreo.....	122
Tabla 19 Resultados de estructura del suelo del área de influencia directa del botadero ..	122
Tabla 20 Resultados de pH de suelo del área de influencia directa del botadero	123
Tabla 21 Resultados de conductividad eléctrica del suelo del área de influencia directa del botadero	124
Tabla 22 Resultados de humedad de suelo, analizado a 35° C en 72 horas.....	125
Tabla 23 Humedad promedio de suelo por área de muestreo	126
Tabla 24 Tabla de T Student para procesamiento estadístico en SPSS para el nivel de concentración de metales pesados.....	155
Tabla 25 Tabla de Wilcoxon para aceptar o rechazar la hipótesis del nivel de concentración de metales pesados.....	156
Tabla 26 Prueba de Normalidad de Shapiro Wilk	157
Tabla 27 Prueba estadístico W.....	160
Tabla 28 Prueba estadística mediante Wilcoxon	160
Tabla 29 Prueba de Normalidad por Shapiro Wilk del arsénico en época de lluvia.....	162
Tabla 30 Prueba estadístico W.....	165
Tabla 31 Prueba estadística mediante Wilcoxon para arsénico en la época de lluvia	166
Tabla 32 Prueba de Normalidad por Shapiro Wilk del mercurio en época de seca.....	167
Tabla 33 Prueba estadística “W” para niveles de mercurio en la época seca	171
Tabla 34 Prueba estadístico mediante Wilcoxon para mercurio en la época seca	171
Tabla 35 Prueba de Normalidad por Shapiro Wilk del mercurio en época de lluvia.....	173
Tabla 36 Prueba estadística “W” para niveles de mercurio en la época de lluvia	176

Tabla 37	Prueba estadística mediante Wilcoxon para mercurio en la época de lluvia	177
Tabla 38	Prueba de Normalidad por Shapiro Wilk del cadmio en época de seca.....	178
Tabla 39	Prueba estadística “T” para niveles de cadmio en la época seca	182
Tabla 40	Prueba de Normalidad por Shapiro Wilk del cadmio en época de lluvia	183
Tabla 41	Prueba estadística “T” para niveles de cadmio en la época de lluvia	187
Tabla 42	Prueba de Normalidad por Shapiro Wilk del cromo en época seca.....	188
Tabla 43	Prueba estadístico “T” para niveles de cromo en la época seca.....	192
Tabla 44	Prueba de Normalidad por Shapiro Wilk del cromo en época de lluvia.....	193
Tabla 45	Prueba estadístico “T” para niveles de cromo en la época de lluvia	197
Tabla 46	Prueba de Normalidad por Shapiro Wilk del plomo en época seca.....	198
Tabla 47	Prueba estadístico “T” para niveles de plomo en la época seca.....	202
Tabla 48	Prueba de Normalidad por Shapiro Wilk del plomo en época de lluvia.....	203
Tabla 49	Prueba estadístico “T” para niveles de plomo en la época de lluvia.....	207

Índice de figuras

Figura 1. Elementos con anotaciones de relevancia en el estudio de suelos.....	18
Figura 2. Evolución en el mejoramiento de la disposición final de RSM.....	35
Figura 3. Delimitación de área total abarcada para la investigación.....	62
Figura 4. Sectorización de áreas para muestreo de suelo.....	64
Figura 5. Sectorización en áreas para muestreo de suelo.....	68
Figura 6. Delimitación del área en estudio – área de influencia directa del botadero de Pampachacra.....	70
Gráfico 7. Sentido de muestreo de suelo en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra.....	72
Figura 8. Patrón de recorrido para el muestreo.....	77
Figura 9. Forma de Cuarteo de muestra de suelo-MINAM (2014).....	79
Figura 10. Triangulo Textural – USDA.....	87
Figura 11. Estándares de cromo preparados a diferentes concentraciones.....	98
Figura 12. Configuración del programa AI1300.....	99
Figura 13. Encendido y calibración de la lámpara de cátodo del metal.....	100
Figura 14. Configuración de las características del metal.....	100
Figura 15. Configuración de la cantidad de estándares y muestras empleados.....	101
Figura 16. Curva de Calibración de los Estándares.....	101
Figura 17. Comprobación del equipo mediante lectura de patrones empleados.....	102
Figura 18. Lectura de los analitos en el espectrofotómetro de absorción metálica.....	102
Figura 19. Resultados finales de la concentración de metales lecturados en el espectrofotómetro.....	103
Figura 20. Estándares preparados a diferentes concentraciones de mercurio.....	106
Figura 21. Curva de Calibración para el mercurio.....	108
Figura 22. Resultados de la concentración de mercurio.....	108
Figura 23. Introducción de la cantidad de Estándares y muestras a analizarse arsénico. ...	113
Figura 24. Curva de Calibración para arsénico.....	114
Figura 25. Muestras digestadas para arsénico.....	114
Figura 26. Generador de Hidruros para la determinación de arsénico y mercurio	115
Figura 27. Resultados de la concentración de arsénico, posterior a la lectura.....	115
Figura 28. histograma de simetría y sesgo.....	117
Figura 29. Resultados de la concentración de arsénico en ambas épocas, con respecto a los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo	129
Figura 30. Resultados de la concentración de mercurio en ambas épocas, con respecto a los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo	132
Figura 31. Resultados de la concentración de Cadmio en ambas épocas, con respecto a los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo	135
Figura 32. Resultados de la concentración de Cromo en ambas épocas, con respecto a los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo	137
Figura 33. Resultados de la concentración de Plomo en ambas épocas con respecto a los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo – Época Seca.....	140
Figura 34. Comportamiento general del cadmio, con respecto a variables en general	143
Figura 35. Comportamiento general del plomo, con respecto a variables en general.....	145
Figura 36. Comportamiento general del cromo, con respecto a variables en general.....	146
Figura 37. Comportamiento general del mercurio, con respecto a variables en general	147

Figura 38. Comportamiento general del arsénico, con respecto a variables en general.....	148
Figura 39. Análisis multivariado de metales pesados	149
Figura 40. Comportamiento de arsénico en ambas épocas	150
Figura 41. Comportamiento de mercurio en ambas épocas	151
Figura 42. Comportamiento de cadmio en ambas épocas.....	152
Figura 43. Comportamiento de cromo en ambas épocas	153
Figura 44. Comportamiento de plomo en ambas épocas	154
Figura 45. Diagrama de distribución no normal	157
Figura 46. Diagrama Q-Q Plot del nivel de concentración de arsénico en época seca.....	158
Figura 47. Distribución por el diagrama de cajas	158
Figura 48. Diagrama de distribución no normal de la concentración de arsénico en la época de lluvia.....	162
Figura 49. Diagrama Q-Q Plot del nivel de concentración de arsénico en época de lluvia	163
Figura 50. Distribución por el diagrama de cajas y bigotes para la concentración de arsénico en la época de lluvia.....	164
Figura 51. Diagrama de distribución no normal de la concentración de mercurio en la época seca.....	168
Figura 52. Diagrama Q-Q Plot del nivel de concentración de mercurio en la época seca. .	169
Figura 53. Distribución por el diagrama de cajas y bigotes para la concentración de mercurio en la época de seca.	169
Figura 54. Diagrama de distribución no normal de la concentración de mercurio en la época de lluvia.....	173
Figura 55. Diagrama Q-Q Plot del nivel de concentración de mercurio en la época de lluvia	174
Figura 56. Distribución por el diagrama de cajas y bigotes para la concentración de mercurio en la época de seca.....	175
Figura 57. Diagrama de distribución no normal de la concentración de cadmio en la época seca.....	179
Figura 58. Diagrama Q-Q Plot del nivel de concentración de cadmio en la época seca.....	179
Figura 59. Distribución por el diagrama de cajas y bigotes para la concentración de cadmio en la época de seca.....	180
Figura 60. Diagrama de distribución no normal de la concentración de cadmio en la época de lluvia.....	184
Figura 61. Diagrama Q-Q Plot del nivel de concentración de cadmio en la época de lluvia	185
Figura 62. Distribución por el diagrama de cajas y bigotes para la concentración de cadmio en la época de seca.....	185
Figura 63. Diagrama de distribución no normal de la concentración de cromo en la época seca.....	189
Figura 64. Diagrama Q-Q Plot del nivel de concentración de cromo en la época seca	190
Figura 65. Distribución por el diagrama de cajas y bigotes para la concentración de cromo en la época de seca.....	190
Figura 66. Diagrama de distribución no normal de la concentración de cromo en la época de lluvia	194
Figura 67. Diagrama Q-Q Plot del nivel de concentración de cromo en la época seca	194
Figura 68. Distribución por el diagrama de cajas y bigotes para la concentración de cromo en la época de lluvia.....	195

Figura 69. Diagrama de distribución no normal de la concentración de plomo en la época seca.....	199
Figura 70. Diagrama Q-Q Plot del nivel de concentración de plomo en la época seca	200
Figura 71. Distribución por el diagrama de cajas y bigotes para la concentración de plomo en la época de lluvia.....	200
Figura 72. Diagrama de distribución no normal de la concentración de plomo en la época de lluvia	204
Figura 73. Diagrama Q-Q Plot del nivel de concentración de plomo en la época de lluvia	204
Figura 74. Distribución por el diagrama de cajas y bigotes para la concentración de plomo en la época de lluvia.....	205

Resumen

En la presente tesis se determinó los niveles de concentración de metales pesados arsénico, mercurio, cadmio, cromo y plomo en suelo del área de influencia directa del botadero ubicado en el centro poblado de Pampachacra, Huancavelica. Metodología; tipo aplicada, nivel descriptivo, diseño no experimental-transversal y el método científico; con una población de 13 ha del área de influencia directa del botadero, la muestra fue de 20 puntos, el muestreo fue no probabilístico del tipo Intencional, el instrumento de recolección de datos fue el espectrofotómetro de absorción atómica. Resultados: el nivel de concentración de cadmio, plomo y cromo, en ambas épocas se obtuvo un rango de concentración entre 0.9-1.34, 3.6-32.74 y 1.19–60.6 mg/Kg PS, respectivamente, por lo que no superan los Estándares de Calidad Ambiental para suelo–uso agrícola; con respecto arsénico la concentración determinada se encuentra entre el rango de 7.6 y 222.4 mg/Kg PS, según los estándares, el límite mínimo es de 50 mg/Kg PS, por lo que se puede indicar que existen puntos que superan los Estándares; en cuanto al Hg la concentración determinada varía entre 0.01 y 22.7 mg/Kg PS, por lo que existen puntos que superan los estándares, puesto que el valor límite es de 6.6 mg/Kg PS. De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que los metales: Cadmio, plomo y cromo no superan a los estándares en ambas épocas, pero en cuanto a concentraciones de arsénico y mercurio, existen puntos que superan los Estándares de Calidad Ambiental para suelo–uso agrícola.

Palabras clave: Metales pesados, botadero, espectrofotometría de absorción atómica, residuos sólidos.

Abstract

In the present thesis it was determined the concentration levels of heavy arsenic metals, mercury, cadmium, chromium and lead in the soil of the direct influence area of the dump located in the populated center of Pampachacra, Huancavelica. Methodology; applied type, descriptive level, non-experimental cross-sectional design and scientific method; with a population of 13 hectares of the area of direct influence of the dump, the sample was 20 points, Sampling was not probabilistic of the intentional type, the instrument to collect the data was the atomic absorption spectrophotometer. Results: the level of concentration of cadmium, lead and chromium, in both periods a concentration range was obtained between 0.9-1.34, 3.6-32.74 and 1.19–60.6 mg / kg DW, respectively, so they do not exceed Environmental Quality Standards for soil – agricultural use; with respect to arsenic the determined concentration is between the range of 7.6 and 222.4 mg / kg DW, according to standards, the minimum limit is 50 mg / kg DW, so it can be indicated that there are points that exceed the Standards; as for the Hg the determined concentration varies between 0.01 and 22.7 mg / kg DW, so there are points that exceed the standards, since that the limit value is 6.6 mg / kg DW. According to the results obtained, it is concluded that metals: cadmium, lead and chromium do not exceed the standards at both times, but in terms of arsenic and mercury concentrations, there are points that exceed Environmental Quality Standards for soil – agricultural use.

Keywords: Heavy metals, dump, absorption spectrophotometry atomic, solid waste.

Introducción

El trabajo de tesis titulado “Nivel de concentración de metales pesados en relación a los estándares de calidad ambiental (ECAs-suelo), en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica”, para la cual se dio inicio con el planteamiento del problema el cual fue ¿Cuál es el nivel de concentración de metales pesados en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs-Suelo) en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica?, en la que se plantea como objetivo general: Determinar el nivel de concentración de metales pesados en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs-Suelo), en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, además de ello se plantea una posible respuesta de acuerdo a la experiencia y revisión bibliográfica el cual es; el nivel de concentración de metales pesados en el suelo del área de influencia directa del Botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

La producción de residuos sólidos es un problema muy grande en la actualidad para la misma sociedad en sí, en el Perú y zonas rurales no es la excepción la denominación de botadero hace referencia a la acumulación inapropiada de residuos sólidos en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas, rurales o baldías que generan riesgos sanitarios o ambientales y carecen de autorización sanitaria, siendo el problema principal la contaminación por metales pesados a partir de residuos sólidos que se vierten en ellos.

El botadero de basura es una de las prácticas de disposición final más antiguas que ha utilizado el hombre para tratar de deshacerse de los residuos que él mismo produce en sus diversas actividades. Se le llama botadero al sitio donde los residuos sólidos se abandonan sin separación ni tratamiento alguno. Este lugar suele funcionar sin criterios técnicos en una zona de recarga situada junto a un cuerpo de agua, un drenaje natural, etc. Allí no existe ningún tipo de control sanitario ni se impide la contaminación del ambiente; el aire, el agua y el suelo son deteriorados por la

formación de gases y líquidos lixiviados, quemas y humos, polvo y olores nauseabundos (DESA, 2014).

Actualmente en Huancavelica el botadero de Pampachacra, es uno de los focos contaminantes latentes que está afectando ecosistemas tales son como fuentes hídricas, el suelo, el aire, animales, así como a la salud de población cercana. Actualmente es un botadero cielo abierto que no tiene ningún tipo de manejo, que a causa de vertido incontrolado se ha generado contaminantes secundarios como lixiviados que drenan por el suelo, suelo destinado a la agricultura y ganadería.

Por estas razones el problema en el que nos enfocamos en el presente estudio son los metales pesados en el suelo del área de influencia directa del botadero del Pampachacra. Tales son los casos en Ecuador “botadero “El Valle”, España “Botadero Moravia “, Cusco “Botadero en Piscay”, etc.

Siendo nuestro objetivo principal la determinación del nivel de concentración de los metales pesados tales como Cd, Pb, Hg, As y Cr, en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, metales nocivos para el ser vivo. Con ello finalmente comprobar si dichos metales superan los Estándares de Calidad Ambiental para suelo.

El presente trabajo se estructuro de forma general en los siguientes capítulos: Capítulo I: Problema, capítulo II: Marco teórico, capítulo III: Metodología de la investigación, capítulo IV: Resultados, de la misma forma se termina presentando las discusiones, conclusiones, sugerencias, anexos y por último el panel fotográfico.

Los autores

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

En las últimas dos décadas del siglo XX y las primeras del XXI se ha identificado y ha venido en ascenso la problemática ambiental como una prioridad para casi todos los países del mundo. Es imperiosa la necesidad de establecer una relación sostenible entre el desmedido crecimiento poblacional, la cultura consumista y la demanda irracional de los recursos naturales (Galvis, 2016).

En ese contexto, es evidente el impacto directo causado por los residuos sólidos en términos de la contaminación del recurso hídrico, la polución del aire, la esterilización del suelo, la proliferación de plagas y sus efectos en la salud pública. Sin duda alguna, para la sociedad contemporánea y futura el control o gestión ambiental es un punto crítico que se convierte en un gran desafío desde las perspectivas de la producción, recolección, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de los residuos sólidos (Galvis, 2016).

En el Perú uno de los problemas más graves relacionados con el manejo de los residuos sólidos es su disposición final. Es común observar que las ciudades, aunque tengan un apropiado sistema de recolección de residuos sólidos, disponen sus residuos en los ríos, las quebradas y espacios públicos en general. La práctica de disponer los residuos en lugares abiertos, comúnmente denominados "botaderos", es altamente nociva para el ambiente y pone en grave riesgo la salud de la población (Buenos M, Flores L, Vivanco V, Vargas K, 2012).

El botadero de basura es una de las prácticas de disposición final más antiguas que ha utilizado el hombre para tratar de deshacerse de los residuos que él mismo produce en sus diversas actividades. Se le llama botadero al sitio donde los residuos sólidos se abandonan sin separación ni tratamiento alguno. Este lugar suele funcionar sin criterios técnicos en una zona de recarga situada junto a un cuerpo de agua, un drenaje natural, etc. Allí no existe ningún tipo de control sanitario ni se impide la contaminación del ambiente; el aire, el agua y el suelo son deteriorados por la formación de gases y líquidos lixiviados, quemas y humos, polvo y olores nauseabundos (DESA, 2014).

Solo el 6% de las municipalidades provinciales en el Perú cuentan con relleno sanitario, este porcentaje equivale a 12 rellenos sanitarios para una población que supera los treinta y tres millones de habitantes (OEFA, 2015). Esta situación demuestra que existen graves problemas que impiden la rápida implementación de infraestructuras para la adecuada disposición final de los residuos sólidos; esto quiere decir que gran parte de los residuos sólidos terminan en lugares de disposición inadecuado, la disposición de residuos a cielo abierto genera grandes impactos negativos afectando el agua, aire y suelo.

La problemática originada por la gestión inadecuada de los residuos sólidos se está agravando prácticamente en todas las ciudades del país, tal es el caso detallado el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), quien identificó durante el 2014 que en las principales ciudades del Perú hay 20 botaderos de basura informales en estado crítico para la salud y el ambiente, y en los que se reciben alrededor de 3.200 toneladas de residuos diariamente (EC, 2015).

El más crítico se ubica cerca de la ciudad de Trujillo, en La Libertad. Se trata del botadero de basura El Milagro, a donde se lleva sin mayor tratamiento ni control unas 720 toneladas de residuos cada día, los cuales provienen de diferentes distritos (EC, 2015).

Otras ciudades con la misma problemática son Tumbes, Paita y Sullana (Piura), Yacucatina y Tarapoto (San Martín), Coishco (Áncash), La Moyuna (Huánuco), Pucallpa (Ucayali), Huaura y Cañete (Lima), Rumiallana (Pasco), El Edén (Junín), Quitasol (Apurímac), Chilla (Puno) y Quebrada Cementerio (Moquegua) (EC 2015).

En Huancavelica, según reportes de la Dirección Regional de Salud Huancavelica, el manejo de los residuos sólidos en el botadero de Pampachacra por la Municipalidad Provincial de Huancavelica fue calificado con riesgo sanitario muy alto, al primer semestre de ese año (Cusi S, 2017).

Según el responsable de Vigilancia de la Gestión Municipal de Residuos Sólidos de la DIRESA, Simeón Cusi de la Cruz, el botadero no cuenta un sistema de captación y eliminación de gases y el deficiente sistema de recolección de lixiviados (líquido por la descomposición de la basura) (Mendoza J, 2012).

"El botadero está ubicado en una zona inadecuada, donde existe ojos de agua, ya que fue instalado cuando no existía las normativas de residuos sólidos", agregó tras recomendar que deben proseguir con el proyecto de la planta de tratamiento que viene desde hace tres años, a fin de evitar la contaminación del medio ambiente y los riesgos en la salud de las personas como enfermedades en la piel, parasitosis, gastrointestinales y vías respiratorias (Mendoza J, 2012).

Sin aún se continua con esta mala práctica (disposición de residuos sólidos en botadero) se iniciará la degradación masiva por contaminación del ambiente; incremento de gases tóxicos al aire, polvo y olores nauseabundos, drenaje de lixiviados mucho más concentrados con diversos contaminantes al agua y los suelos pueden perder su fertilidad convirtiéndose en un uso no apto para la agricultura y/u otro fin.

La necesidad de realizar este trabajo de investigación se enfoca en contribuir a la obtención de resultados que nos permita actuar de manera

responsable, ya sean a los políticos y a toda la población en general, así como establecer alternativas de solución frente al manejo de los residuos sólidos.

1.2. Formulación del problema

Problema General:

¿Cuál es el nivel de concentración de metales pesados en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs-Suelo) en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica?

Problemas Específicos:

- ¿Cuál es el nivel de concentración de As en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs-Suelo), en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica?
- ¿Cuál es el nivel de concentración de Hg en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs-Suelo), en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica?
- ¿Cuál es el nivel de concentración de Cd en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs-Suelo), en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica?
- ¿Cuál es el nivel de concentración de Cr en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs-Suelo), en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica?
- ¿Cuál es el nivel de concentración de Pb en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs-Suelo), en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el nivel de concentración de metales pesados en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs-Suelo), en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar el nivel concentración de As en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica.
- Determinar el nivel concentración de Hg en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica.
- Determinar el nivel concentración de Cd en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica.
- Determinar el nivel concentración de Cr en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica.
- Determinar el nivel concentración de Pb en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica.

1.4. Justificación

La DIRESA Huancavelica detalla que según la última inspección sanitaria realizada al botadero de residuos sólidos de la Municipalidad Provincial de Huancavelica en el año 2017; concluyó que el botadero mencionado se considera informal, con un riesgo sanitario muy alto (64.1%), determinado

cualitativamente según Instrumento técnico utilizado para evaluación de infraestructura rellenos sanitarios y/o botaderos (Cusi S, 2017).

La afectación ambiental que causa un botadero a cielo abierto existente es compleja, los efectos más notorios son: La proliferación de malos olores, la generación de vectores, como moscas, cucarachas, roedores, aves de rapiña, etc. El impacto visual en el sector, la contaminación del suelo y de las fuentes superficiales y subterráneas. Por estas razones la actual política ambiental ha dado resultados favorable respecto al tema de los residuos sólidos, sugiriendo la eliminación del botadero para darle un tratamiento final adecuado de los residuos; pero las condiciones económicas y tecnológicas que ello implica, conllevan a que la alternativa más inmediata sea la recuperación ambiental de dichos lugares en el corto plazo para minimizar el impacto ambiental generado por estos sitios (Ducón A, 2009).

Así como detalla los investigadores del Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico, que en la actualidad la generación y disposición final de los residuos sólidos se ha considerado como uno de los problemas ambientales más complejos y peligrosos, debido a que afecta los diferentes componentes del medio ambiente puesto que contamina el agua, el suelo, el aire y deteriora la biodiversidad (Gonzales I, 2016).

El presente estudio se enmarca en lo detallado en los párrafos anteriores, determinar la presencia de metales pesados en el suelo del área de influencia directa (área donde hay presencia de agricultura y ganadería) del botadero de Pampachacra de Huancavelica.

La ejecución del proyecto de investigación tiene como punto de origen contribuir a la restauración, recuperación y/o cierre de las áreas directamente afectadas por los impactos negativos causados por el botadero informal en Pampachacra, que no solo ha impactado al suelo, sino también al agua, aire, fauna y flora, y por consecuencia a las personas; siendo los metales pesados los elementos más nocivos para cualquier ser vivo.

Si en el caso no se ejecute el proyecto los impactos se seguirán efectuando, y la incertidumbre de la gravedad del caso aun seria desconocido, puesto que no existen estudios, que comprueben el riesgo a los cuales están expuestos los componentes ambientales y las personas.

1.5. Limitaciones

Limitaciones de experiencia:

No se ha encontrado ningún tipo de estudio realizado referentes a metales pesados en el suelo como matriz, pero existe referencias de investigaciones de metales como mercurio realizados con enfoque de salud. Con esta investigación pretendemos colaborar en brindar información de este tema que resulta importante.

Limitaciones administrativas

El proceso administrativo en la Universidad Nacional de Huancavelica fue limitante, debido a que la aprobación de los diferentes documentos (resolución, aprobación, contrato, adendas, etc.), adquisición de bienes y servicios requirieron de plazos excesivos, que demandó que el tiempo de ejecución del proyecto se amplíe en reiteradas ocasiones,

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales:

Mendoza, Rodrigo, y Villalobos (2017), realizaron la investigación “Determinación de metales pesados cadmio, níquel, plomo y zinc en la zona de influencia del Relleno Sanitario de Sonsonate, El Salvador”, ello con el objetivo de determinar la concentración de cadmio, níquel, plomo y zinc, en matrices de agua superficial, sedimentos, agua subterránea, suelo y biomasa, para establecer así una línea base de la presencia de estos metales en la zona de influencia del relleno sanitario de Sonsonate. Según los resultados obtenidos detalla que en cuanto al Pb en suelo reportaron concentraciones de plomo entre 1.57 ppm Pb (muestra SUELOA06) y 7.84 ppm Pb (muestra SUELOA01), por lo que se observó que no sobrepasan el límite permitido concluyendo que, hasta la fecha, no hay contaminación de metales Ni, Pb y Zn en la zona por la influencia del relleno sanitario, cabe aclarar que las mayores concentraciones de Pb se ubicaron en zonas muy cercanas al relleno sanitario, a 500 y 700 metros del mismo (en dirección Sur), luego presentó una tendencia de disminución hasta llegar a los 1000 metros en dirección Sur Este; a excepción de la muestra BIAYOT02 con 15.31 ppm

Pb que sobrepasó el rango permitido por El Codex Alimenticio (0.1 a 1 ppm).

Pinzón y Solange (2010), desarrolló un trabajo de grado acerca de la Contaminación por metales pesados en el botadero de basuras de Moravia en Medellín: “Transferencia a flora y fauna y evaluación del potencial fitorremediador de especies nativas e introducidas en Bogotá”, siendo su objetivo principal la caracterización de la fauna y flora presente en el cerro de basuras, la determinación del nivel de contaminación por metales pesados (MP) en la matriz de residuos (MR). Los resultados mostraron que, en la mayoría de las muestras analizadas, el contenido de metales pesados fue mayor a los valores máximos permitidos en la normativa suiza y en algunos casos más altos que los valores máximos permitidos en la normativa colombiana. A su vez, en el lote de referencia, el contenido de Hg, Pb y Cr estuvo dentro de los rangos normales. Es importante observar que los mayores contenidos de Hg, Ni y Cr se registraron en la muestra proveniente del lote con cubierta de arcilla. En el caso del Hg, el máximo contenido observado (121.3 mg/kg), excedió ampliamente al contenido encontrado en las muestras nativas del Morro (0.58 a 18.32 mg/kg). El contenido máximo de Cr (476.7 mg/kg), también excedió el rango de contenido en los lotes sin arcilla (62 a 17 mg/kg). Concluyendo que altos valores de pH, contenido de arcilla y contenido de materia orgánica favorecen la sorción del mercurio por suelos, pero la materia orgánica es el más efectivo sorbente natural para el mercurio en suelos ácidos ($\text{pH} < 4$), considerando que óxidos de hierro y minerales arcillosos podrían llegar a ser más efectivos absorbentes a altos pH ($> 5,5$).

Los investigadores Granizo y Márquez (2007), realizaron una investigación acerca del análisis de Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn, en un antiguo botadero denominado “El Valle” en Ecuador, cuyo objetivo principal fue analizar los metales pesados presentes en la zona de dicho botadero, y con ello la posible incidencia en los diferentes elementos

medioambientales, de manera que sirva como herramienta para tomar decisiones de manejo y de uso del lugar. De acuerdo con los resultados obtenidos finalmente los investigadores afirman que “los valores de Cd exceden los límites en todas las zonas analizadas (parte alta del botadero, zona de lixiviados, zona de residuos); lo que puede deberse a su movilidad elevada y al ser soluble. Se halló Cr en las zonas 2 y 3, cuyos valores exceden a los límites permisibles. Sin embargo, la mayor parte de Cr se encuentra en forma insoluble, formando precipitados o adsorbido a la fracción sólida de suelos y sedimentos. Además, su movilidad es muy limitada y depende del contenido de arcillas, óxido de hierro y de materia orgánica (en menor grado). En la zona 1 no se encontró porque el material de cobertura es mayor y los lixiviados no recirculan por ahí”. Concluyendo finalmente que “Cd es el elemento más común en toda la zona del botadero”.

Hernández y Villatoro (2005), desarrollaron un trabajo de diploma acerca del “Diagnóstico de la problemática ambiental de la Universidad Nacional Agraria y plan de gestión ambiental en Nicaragua”, lo realizaron con la finalidad de realizar un diagnóstico de la problemática ambiental de la Universidad Nacional Agraria, y en base a sus resultados estructurar un plan de gestión ambiental para dicha institución, asimismo dentro de ella se tenía como objetivo específico conocer las incidencias que tienen los botaderos espontáneos sobre el suelo donde se establecen. Después de realizar los análisis en laboratorios, según los resultados obtenidos de los análisis del suelo en los botaderos espontáneos tanto en el sector norte como en el sector sur comparándolo con el sitio cercano al basurero, los investigadores detallan que “por naturaleza los suelos de la universidad son alcalinos, y se atribuye la variación del pH dentro de los botaderos con respecto a la muestra fuera del botadero, debido al lavado de la basura, que contienen acidez y por ende van reduciendo un poco la alcalinidad dentro del botadero”.

Lograira, Sisa, Madariaga, Molinares, y Escolar (2011), realizaron una la investigación titulada “Diagnostico y clausura del botadero — La Concepción. Soledad – Colombia”, con el objetivo de elaborar de un diagnóstico del botadero y su zona de afectación y proponer una solución integral para la clausura y restauración ambiental del botadero; para ello realizaron diversos análisis, iniciando de los residuos sólidos entre otros; respecto a los suelos se analizaron ensayos mecánicos, tales limites plásticos, permeabilidad, etc.; simplemente estos análisis debido a que se encontró a 0.50 m presencia de agua. De los análisis del agua que realizaron en cuanto a metales pesados concluyeron que las concentraciones de metales se encuentran por debajo de los valores de referencia el níquel, aluminio, cromo, plomo, magnesio y cobre; el arsénico y el cadmio se encuentra en concentraciones cercanas al valor de referencia. Los valores más altos se presentan en las concentraciones de magnesio y hierro.

Samadder, Prabhakar, Khan, Kishan, y Chauhan (2017) realizaron el siguiente estudio “Analysis of the contaminants released frommunicipal solid waste landfill site: A case study”, con el objetivo de plantear el peligro potencial que podría generar la liberación y el transporte de lixiviados desde los vertederos municipales de residuos sólidos. Para ello analizaron a parte de los lixiviado, el suelo del botadero ubicado en Ranital of Jabalpur, Madhya Pradesh, India; detallando que según los resultados obtenidos la variabilidad espacial sugiere que la mayoría de las propiedades químicas del suelo (las muestras) variaron a lo largo de la profundidad debido a la difusión hacia el exterior de los parámetros desde el centro de la parte inferior del sitio de vertido.

Sierra (2005), realizó el trabajo “Niveles de metales pesados y elementos asociados en suelos de la provincia de Almeria: Parámetros que los afectan y riesgos de contaminación” la tesis tiene por objetivo determinar los niveles de metales pesados y elementos asociados,

presentes en los suelos almerienses, plasmando los resultados en mapas de distribución especial elaborados mediante el tratamiento estadístico de los datos y la utilización del sistema de información geográfica IDRISI 2.0. en conclusión, el estudio realizado de manera sistemática con metales pesados y elementos asociados, nos ha permitido establecer cuatro zonas con concentraciones anómalas de algún o algunos elementos; sierra de Gador, sierra Nevada y sierra de los Filabres, sierra Cabrera y el termino municipal del Nijar. De ellas, la que presenta anomalías más importantes es la sierra de Gador, con valores elevados de arsénico plomo, zinc y, puntualmente, de cadmio y mercurio. Los parámetros que pueden tener mayor influencia en el bloqueo y movilidad de los metales pesados, que marcan además el desarrollo de los suelos son: la textura, carbonato cálcico equivalente, pH, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico en muestras.

De la Peña (2014) realizó la investigación “Evaluación de la concentración de plomo y cadmio en suelo superficial de parques y plazas públicas, en tres municipios del área Metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México”. La investigación tiene por objetivo determinar la concentración de plomo y cadmio en el suelo superficial de algunas plazas y algunos parques públicos, en tres municipios del Área Metropolitana de Monterrey (Monterrey, San Nicolás de los Garza y Apodaca). Según los resultados obtenidos detallan que las concentraciones de cadmio obtenidas por medio de espectroscopia de absorción atómica estuvieron por debajo de lo establecido por la normatividad de Canadá (10 mg/kg), Costa Rica (8 mg/kg) y Estados Unidos de América (37 mg/kg) incluyendo la normatividad mexicana (37 mg/kg). La mayor concentración de este metal se encontró en la muestra M6 en el tamaño de partícula menor que 0.105 mm con una concentración de 5.99 mg/kg. Concluyendo así que el plomo y el cadmio se encuentran entre los elementos potencialmente tóxicos de mayor importancia ambiental.

Campos (2013) realizó la investigación “Evaluación de toxicidad de metales en suelos del Valle de Toluca empleando como indicador *Eisenia andrei*”. La tesis tiene por objetivo determinar si existe una correlación significativa entre la concentración de enzimas de estrés oxidativo en el organismo *Eisenia andrei* empleado para el experimento, y la concentración de metales presente en los suelos. Según los resultados observaron que existe una mayor relación entre metales y enzimas de estrés durante la segunda etapa del estudio, y tomando en cuenta que esta etapa fue una etapa en la cual las muestras fueron tomadas en una estación del año lluviosa y que la dirección del viento cambia durante la etapa de clima lluvioso y seco. Concluyendo finalmente que la etapa en que se tomen las muestras es un factor clave que pudiera tener efecto sobre una mayor o menor concentración de un metal determinado que sea causante de estrés, asimismo los metales pesados constituyen una fuente importante del aumento de estrés oxidativo, aumentan la actividad oxidante del superóxido dismutasa, catalasa y peroxidasa.

Acosta (2007) realizó la investigación “Determinación de metales pesados en suelos agrícolas del valle del Mezquital, HGO”. La tesis tiene por objetivo determinar la presencia y concentración de metales pesados en suelos agrícolas del Valle de Mezquital, en los que se empleen aguas residuales de la presa Requena, dentro del DR 03-Tuta. Según los resultados obtenidos detallan que los suelos alcalinos del Valle del Mezquital debido a su media y baja capacidad de intercambiar cationes con otros minerales; hace posible que los elementos potencialmente contaminantes como los metales pesados, estén poco biodisponibles para los cultivos. Concluyendo así que la contaminación de suelos agrícolas por metales pesados verdaderamente pondría en riesgo la salud.

Sanchez (2016), realizó la investigación “Determinación de metales pesados en muestras de diferentes tipos de residuos líquidos

mediante la técnica de espectroscopia de absorción atómica”. La tesina tiene como objetivo determinar por espectroscopía de absorción atómica la presencia de metales pesados en los lixiviados de un relleno sanitario, en lixiviados mineros y en agua residual doméstica para evaluar su potencial contaminante conforme a lo establecido por las normas oficiales mexicanas correspondientes. Concluyendo que una técnica analítica capaz de analizar trazas de hasta 67 elementos de la tabla periódica es la espectroscopía de absorción atómica, lo que ha generado que sea la técnica analítica más empleada en todo el mundo para este fin.

Sanchez (2003), realizó el trabajo de investigación titulado “Determinación de metales pesados en suelos de Medina del Campo (Valladolid): contenidos extraíbles, niveles de fondo y de referencia”. El cual tenía por objetivo la determinación del contenido biodisponible de los elementos traza y metales pesados, plomo, cadmio, cromo, cobre, cinc, níquel y cobalto, en suelos cercanos a una fábrica, Ferroaleaciones S.A., en la localidad de Medina del Campo (Valladolid). Según sus resultados obtenidos los contenidos biodisponibles de Pb, Cd, Cu, Cr, Zn, Ni y Co, en las muestras de suelos, no se ha detectado cromo hexavalente extraíble a niveles significativos en ninguna de las muestras, los niveles de cadmio y cobalto obtenidos también son muy bajos. La comparación de las concentraciones encontradas para los metales pesados con las obtenidas en otros estudios, indica que los niveles presentes en los suelos estudiados son inferiores a los determinados por el autor.

2.1.2. Nacionales:

Respecto a antecedentes nacionales se presenta los siguientes estudios:

Según Torres (2018), en el trabajo de investigación denominado “Evaluación de la concentración de metales pesados como As, Cu, Cd, Hg y Pb en el botadero de Cancharani de la ciudad de Puno”, cuyo objetivo fue determinar la concentración de los metales pesados como el

As, Cd, Cu, Pb y el Hg en los suelos próximos al botadero de Cancharani y comparar con los Estándares de Calidad Ambiental para el Suelo. Para ello se realizó un muestreo de suelo en 9 puntos estratégicos a una profundidad de 40 cm, a diferentes distancias en los márgenes del botadero analizándose la concentración de los metales en cada punto por el método de espectrometría de absorción atómica y horno de grafito y para la distribución se utilizó el modelo Kriging. Los resultados obtenidos fueron que las concentraciones de Pb, Cd y Cu sobrepasan los límites máximos permisibles a excepción del As y Hg que se encuentran dentro de los Estándares de Calidad Ambiental para un suelo agrícola. En el estudio realizado se comprueba que el botadero de Cancharani está contaminando el suelo del lugar.

Según Champi y Villalba (2014), en el trabajo investigación que realizaron acerca de la “Evaluación de la Contaminación por disposición final de residuos sólidos en los Centros Poblados de Pisac, Coya, Lamay y Calca-Región Cusco” cuyo objetivo fue evaluar la contaminación generada por la disposición final de residuos sólidos en los centros poblados de Pisac, Coya, Lamay y Calca, realizaron un trabajo integral, que consistió en un análisis físico-químico y bacteriológico del agua y un análisis físico - químico del suelo de los botaderos en estudio. Establecieron tres puntos de muestreo: suelo blanco, suelo botadero, suelo lixiviado; el monitoreo fue realizado en épocas de lluvias y seca. La metodología para determinar la concentración de cada metal fue la siguiente: plomo (Método de polarografía), cromo (Absorción Atómica) y cadmio (método de ditizona). De los resultados obtenidos los investigadores afirman respecto al plomo que “para todos los puntos de muestreo en ambas épocas las concentraciones de plomo se encuentran por debajo de los estándares de calidad ambiental establecidos, sin embargo, se encontró en el botadero de Lamay, en suelo de lixiviado con un valor de 0.01 mg/Kg y en el botadero de Calca también se encontró en el suelo de lixiviado y botadero con un mismo valor de 0.01 mg/Kg”.

Respecto al cadmio detallan que en “todos los puntos de muestreo en los botaderos de Pisac, Coya, Lamay y Calca, en ambas épocas no se encuentran ni en valores traza. Asimismo, afirman que el “Cromo para todos los puntos de muestreo en los botaderos de Pisac, Coya, Lamay y Calca, en ambas épocas las concentraciones de cromo se encuentran por debajo de los estándares de calidad ambiental establecidos por la ley peruana (0.4 mg/Kg)”. Concluyendo en cuanto al cromo que “la concentración de cromo es mayor en suelos de botadero que en suelos de lixiviado debido a las variaciones de pH”.

Pumachapi y Canazas (2012) presentaron un trabajo para optar título profesional titulada "Escenarios de contaminación causados por botaderos de residuos sólidos en la Cuenca de Pomacanchi, Acomayo - Cusco", cuyo objetivo general es determinar y evaluar los escenarios de contaminación causados por botaderos de residuos sólidos en la cuenca de Pomacanchi, provincia de Acomayo, región Cusco, para ello proponen como un objetivo específico evaluar los escenarios de contaminación por agentes químicos y biológicos en zonas aledañas a botaderos de residuos sólidos. Se identificaron y georreferenciaron a 18 botaderos dentro del área de estudio; se desarrolló un mapa temático de valor bioecológico, como producto de un modelamiento, donde se identificaron áreas de muy alto valor bioecológico; de acuerdo a un proceso de valoración, los botaderos más representativos en el área de estudio fueron: Waqlalaqay, Minaspunku y Sangará. Para extraer las muestras de los suelos se ha considerado la metodología en V, cada 05 metros con una profundidad de 20 cm. Los análisis se realizaron en el Laboratorio AQUA LAB. Se determinó los escenarios mediante un proceso de modelamiento para 15 años de Waqlalaqay, que es el de mayor riesgo en dónde; el NaCl, para el año 0, es de 0.158% y para el año 15, es de 1.32%; En UFC, en el año 0, es de 57 UFC y para el año 15 es de 59 UFC cuesta abajo y 32 UFC en año 0 y para el año 15 es de 34 UFC. Con respecto a la presencia de plomo, solo se ha identificado en Waqlalaqay, para el año inicial la concentración es de 0.01 ppm y a los 15 años es de 1.247 ppm.

Vargas (2011), elaboró un informe de Practicas Pre - profesionales acerca de indicadores microbiológicos de calidad ambiental del botadero la Muyuna. Tingo Maria, cuyo principal objetivo de este estudio fue determinar la presencia de microorganismos en residuos sólidos y líquidos como indicadores de la calidad ambiental del botadero la Muyuna. Según los resultados obtenidos detallan que “en el análisis físico realizado a las tres muestras de suelo de las riberas del Rio Huallaga se encontró presencia de cadmio y plomo siendo sus valores aceptables por los Estándares de calidad de suelos agrícolas indicados en las guías de Canadá”. Concluyendo finalmente que al depositarse a cielo abierto la basura, los microorganismos que ahí se producen son transportados por el viento contaminando el aire, el suelo y el agua, e incluso nuestros alimentos, gran parte de los residuos sólidos no son degradables y se acumulan provocando pérdida en la calidad y productividad de los suelos y el agua.

2.2. Bases teóricas:

2.2.1. Teoría de los Metales pesados

El término de “metal pesado” se refiere a aquellos metales de la tabla periódica cuyo peso específico es superior a 5 g/cm^3 o que tienen un número atómico por encima de 20, excluyendo generalmente a los metales alcalinos y elementos alcalinotérreos. El término resulta algo impreciso si se tienen en cuenta las propiedades físico-químicas de los elementos, especialmente las propiedades iónicas que definen la capacidad de complejación y las propiedades biológicas. (Breckle, 1991).

En cualquier caso, de acuerdo con Tiller (1989), parece que el término de “metal pesado” puede ser utilizado de una forma globalizadora para referirse a aquellos metales clasificados como

contaminantes ambientales. Los metaloides, por su parte, poseen características intermedias entre los metales y los no metales de acuerdo con sus propiedades de enlace e ionización. Metaloides como el As, Se o Sb también pueden constituir importantes contaminantes ambientales

Elementos nutrientes para animales o plantas. Algunos también son tóxicos en cantidades excesivas.

Elementos tóxicos en pequeñas cantidades, sin funciones biológicas conocidas.

Otros elementos estudiados por sus implicaciones en el medio edáfico. El bromo se usa como trazador de solutos aniónicos como nitrato; isótopos de rubidio y estroncio se usan como trazadores de potasio y calcio en plantas y suelos; cesio y titanio se usan como trazadores de procesos geológicos, como la erosión del suelo.

1	H																	He				
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne				
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar				
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr				
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe				
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn				
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs														
				La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Hg	Er	Tm	Yb	Lu				
				Ac	Th	Pa	U	No	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lw				

Metales

No metales

Figura 1. Elementos con anotaciones de relevancia en el estudio de suelos.
Fuente: Bowen (1979).

Entre los metales pesados hay elementos esenciales y no esenciales para los seres vivos, aunque el límite entre estos dos grupos no está claramente delimitado y la lista de elementos biológicamente importantes aumenta con el tiempo. Normalmente se reconocen como elementos esenciales al Fe, Mn, Zn, Cu, Co y Mo, como elementos benéficos al Ni y Cr, y se considera que no tienen ninguna función biológica elementos como el Cd, Hg, Pb y As (Bowen, 1979; Brady & Weil, 2002).

Los metales pesados, ya sean esenciales o no, pueden llegar a ser tóxicos cuando su aporte es excesivo y afectar negativamente al crecimiento y reproducción de los organismos, pudiéndoles causar incluso la muerte. El incremento de metales pesados en los suelos inhibe además la actividad enzimática microbiana y reduce la diversidad de las poblaciones de flora y fauna, provocando infertilidad e incrementando los procesos erosivos. La transferencia de metales al hombre puede ocurrir a través del suelo (inhalación e ingestión de polvo), alimentos, agua, aire o piel (Chang *et al.*, 1993).

Los efectos toxicológicos de los metales hacia los humanos, particularmente de Cd, Zn, Hg y Pb y de metaloides como el As, que representan algunos de los más peligrosos, han sido bien documentados y existen referencias donde se puede obtener información al respecto (Adriano, 2001).

Todos los suelos poseen metales pesados como resultado de los procesos geológicos y edafogenéticos. Al contenido natural de elementos químicos existentes en un suelo se le llama fondo geoquímico local (FG) o nivel de fondo y representa una situación ideal que se debe conocer para determinar la contaminación por la presencia de cantidades de metales inusualmente elevadas (Gough, 1993).

La determinación del FG en los suelos no es una tarea fácil, y su valor varía geográficamente sobre todo en función del material geológico. Generalmente las rocas ígneas y metamórficas, que ocupan el 95% de la corteza terrestre, presentan cantidades elevadas de Mn, Cr, Co, Ni, Cu y Zn, y representan una fuente natural importante de metales pesados hacia los suelos (Adriano, 2001).

La concentración natural de metales en suelos derivados de rocas ultra básicas serpentinizadas, por ejemplo, llega a ser tóxica para animales y plantas como resultado de los elevados contenidos en metales pesados de la roca madre de la cual derivan. Existen multitud de referencias que definen los rangos típicos de metales pesados en las distintas rocas y que ponen de manifiesto la amplia variabilidad existente (Adriano, 2001).

En el Atlas Geoquímico de Galicia (1992) se presentaron los contenidos de metales en los suelos de esta comunidad autónoma y reflejan la naturaleza de la roca sobre la que se han desarrollado. La contaminación local de metales pesados se asocia a vertidos localizados, como vertidos de industrias de fundición de metales, cuyo impacto llega a detectarse a varios kilómetros de la fuente de emisión drenajes ácidos y aguas de escorrentía generados por la oxidación de materiales de tipo pirítico en escombreras de mina, que pueden alcanzar valores de $\text{pH} < 3$

provocando la disolución de metales en donde una elevada producción de cenizas derivadas de la combustión del carbón, que moviliza de forma significativa metales como Cd, Mo, Zn y metaloides como As y Se. La existencia de una gran cantidad de vertederos de diferentes residuos, especialmente los más antiguos contruidos sin barreras de contención y que suponen un peligro potencial para la contaminación de los estratos más profundos del suelo y las aguas subterráneas (Suter *et al.*, 1993).

La contaminación difusa de metales pesados se asocia con procesos que afectan a grandes áreas de terreno, como la deposición atmosférica, ciertas prácticas agrícolas y el inadecuado reciclaje de basuras y aguas residuales. La deposición atmosférica representa una de las mayores fuentes de metales pesados hacia el suelo con la deposición de metaloides volátiles (Se, Hg, As y Sb) o polvo y/o cenizas volantes enriquecidas fundamentalmente en Pb, Cd, Zn, Cu, Ni y V (y emisiones de vehículos de motor). Por su parte, algunos sistemas de producción agrícola suponen la adición directa durante largos períodos de tiempo de metales pesados asociados a diferentes fertilizantes, fundamentalmente Cd por el uso de fosfatos (en Europa una media de 138 mg Cd kg⁻¹) Ni por el uso de nitrato de calcio (Verlo, 1990).

2.2.2. Teoría del mar de electrones

La teoría del mar de electrones es una hipótesis que explica un fenómeno químico excepcional que se da en los enlaces metálicos entre elementos con bajas electronegatividades. Se trata de la compartición de electrones entre distintos átomos unidos mediante enlaces metálicos (Parkin, 2010).

La densidad electrónica entre estos enlaces es tal que los electrones están deslocalizados y forman un “mar” donde se mueven libremente. También puede expresarse mediante la mecánica cuántica: algunos electrones (suele haber de uno a siete por átomo) están

dispuestos en orbitales con centros múltiples que se estiran por la superficie metálica (Parkin, 2010).

Asimismo, los electrones conservan cierta localización en el metal, aunque la distribución de probabilidad de la nube electrónica posea una mayor densidad alrededor de algunos átomos específicos. Esto es debido a que al aplicarse una corriente determinada manifiestan su conductividad en una dirección específica (Parkin, 2010).

2.2.2.1. *Fundamento de la teoría del mar de electrones*

Los elementos metálicos poseen una gran tendencia a donar electrones de su último nivel energético (capa de valencia), debido a su energía de ionización tan baja con relación a los demás elementos (Parkin, 2010).

Sabiendo esto, se podría considerar cada elemento metálico como un catión enlazado al electrón de su último nivel energético, que sería más propenso a donar (Parkin, 2010).

Como en un metal se tiene un gran número de átomos que están enlazados entre sí, se puede suponer que dicho metal forma un grupo de cationes del metal que se encuentran sumidos en una especie de mar de electrones de valencia que poseen una gran deslocalización (Parkin, 2010).

Considerando que las fuerzas de atracción electrostática que hay entre el catión (carga positiva) y el electrón (carga negativa) tienen a los átomos del metal enlazados fuertemente, se imagina a la deslocalización de los electrones de valencia comportándose como un adhesivo electrostático que conserva enlazados a los cationes del metal (Parkin, 2010).

De esta manera, se puede inferir que mientras mayor sea el número de electrones presentes en la capa de valencia de un

metal, esta especie de adhesivo electrostático tendrá una mayor fortaleza (Parkin, 2010).

2.2.2.2. *Propiedades*

La teoría del mar de electrones ofrece una explicación simple a las características de las especies metálicas como resistencia, conductividad, ductilidad y maleabilidad, las cuales varían de un metal a otro. Se ha descubierto que la resistencia conferida a los metales se debe a la gran deslocalización que presentan sus electrones, la cual genera una fuerza de cohesión muy alta entre los átomos que lo forman (Parkin, 2010).

De este modo, se conoce la ductilidad como la capacidad de ciertos materiales de permitir la deformación de su estructura, sin ceder lo suficiente como para quebrarse, cuando son sometidos a determinadas fuerzas (Parkin, 2010).

2.2.2.3. *Deslocalización en forma de capas*

Tanto la ductilidad como la maleabilidad de un metal están determinadas por el hecho de que los electrones de valencia se deslocalizan en todas las direcciones en forma de capas, lo que hace que estas se desplacen unas encima de otras ante la acción de una fuerza externa, evitando el quiebre de la estructura del metal, pero permitiendo su deformación (Parkin, 2010).

Igualmente, la libertad de movimiento de los electrones deslocalizados permite que pueda haber un flujo de la corriente eléctrica, haciendo que los metales tengan muy buena conductividad de la electricidad (Parkin, 2010).

Además, este fenómeno de movimiento libre de los electrones permite la transferencia de energía cinética entre las

distintas regiones del metal, lo cual promueve la transmisión de calor y hace que los metales manifiesten una gran conductividad térmica (Parkin, 2010).

2.2.2.4. *Teoría del mar de electrones en cristales metálicos*

Los cristales son sustancias sólidas que poseen propiedades físicas y químicas como densidad, punto de fusión y dureza que son establecidas por la clase de fuerzas que logran que las partículas que los conforman se mantengan unidas (Parkin, 2010).

De cierto modo, se considera que los cristales de tipo metálico poseen las estructuras más sencillas, debido a que cada “punto” de la red del cristal ha sido ocupado por un átomo del propio metal (Parkin, 2010).

En este mismo sentido, se ha determinado que generalmente la estructura de los cristales de metal es cúbica y se centra en las caras o en el cuerpo. Sin embargo, estas especies también pueden tener forma hexagonal y poseer un empaquetamiento bastante compacto, lo cual les confiere esa enorme densidad que les es característica (Parkin, 2010).

Debido a esta razón estructural, los enlaces que se forman en los cristales metálicos son distintos a los que se dan en las demás clases de cristales. En toda la estructura cristalina se encuentran deslocalizados los electrones que pueden formar enlaces, como se explicó anteriormente (Parkin, 2010).

2.2.2.5. *Inconvenientes de la teoría*

En los átomos metálicos existe una pequeña cantidad de electrones de valencia en proporción a sus niveles energéticos; es decir, hay una mayor cantidad de estados de energía

disponibles que la cantidad de electrones enlazados (Parkin, 2010).

Esto implica que, como hay una fuerte deslocalización electrónica y también bandas energéticas que se han llenado de manera parcial, los electrones pueden moverse a través de la estructura reticular cuando son sometidos a un campo eléctrico proveniente del exterior, además de formar el océano de electrones que admite la permeabilidad de la red (Parkin, 2010).

Así que se interpreta la unión de los metales como un conglomerado de iones con carga positiva acoplados por un mar de electrones de carga negativa (Parkin, 2010).

Sin embargo, existen características que no se explican mediante este modelo, como la formación de determinadas aleaciones entre metales con composiciones específicas o la estabilidad de enlaces metálicos colectivos, entre otras (Parkin, 2010).

Estos inconvenientes se explican mediante la mecánica cuántica, debido a que tanto esta teoría como muchas otras aproximaciones se han establecido con base en el modelo más simple de un solo electrón, mientras se intenta aplicar en estructuras mucho más complejas de átomos multielectrónicos (Parkin, 2010).

2.2.3. Teoría de las bandas

La idea central que subyace en la descripción de la estructura electrónica de los sólidos metálicos es la de que los electrones de valencia de cada átomo se distribuyen a través de toda la estructura. Este concepto se expresa, de una manera más formal, haciendo una simple extensión de

la Teoría de Orbitales Moleculares, en la que el sólido se trata como molécula infinitamente larga. Estos principios pueden también aplicarse a la descripción de sólidos no metálicos como (Textos científicos, 2006).

2.2.3.1. *Formación de la banda mediante el solapamiento orbital*

El solapamiento de un gran número de orbitales atómicos conduce a un conjunto de orbitales moleculares que se encuentran muy próximos en energías y que forman virtualmente lo que se conoce como una banda. Las bandas se encuentran separadas entre sí mediante espacios energéticos a los que no les corresponde ningún orbital molecular (Textos científicos, 2006).

Para poder visualizar la formación de una banda considérese una distribución lineal de átomos (sólido unidimensional), separados todos a la misma distancia (a), en los que cada átomo posee un orbital de tipos. Cada orbital de tipo s de un átomo solapará con el orbital s del átomo vecino. Así, si sólo hubiera dos átomos en el conjunto el solapamiento conduciría a la formación de 2 orbitales moleculares, uno de enlace y otro de antienlace. Si tenemos 3 átomos, el solapamiento de los 3 orbitales de tipo s originaría la formación de 3 orbitales moleculares, de enlace, de no enlace y de antienlace. A medida que se van añadiendo átomos al conjunto cada uno contribuye con su orbital molecular al solapamiento y en consecuencia se obtiene un nuevo orbital molecular. Así, cuando el conjunto está formado por N átomos se obtienen N orbitales moleculares. El orbital molecular de menor energía no presenta ningún nodo entre los átomos vecinos, mientras que el orbital molecular de mayor energía presenta un nodo entre cada par de átomos vecinos (Textos científicos, 2006).

Los restantes orbitales van teniendo sucesivamente 1, 2, 3... nodos internucleares y sus energías están comprendidas entre la del orbital más enlazante (de menor energía) y la del más antienlazante (mayor energía). La diferencia de energía entre los N orbitales moleculares es tan pequeña que se forma una banda o continuo de niveles de energía. La anchura total de la banda depende de la fuerza de la interacción entre los orbitales atómicos de los átomos vecinos, de forma que, cuanto mayor sea la interacción, mayor será el solapamiento entre los orbitales y mayor será la anchura de la banda resultante (o separación entre el orbital molecular más enlazante y el más antienlazante). La anchura de una banda es, por lo general, una medida del grado de localización del enlace. Una banda estrecha representa un alto grado de localización de un enlace y a medida que se va haciendo más ancha los enlaces se hacen más deslocalizados (Textos científicos, 2006).

2.2.3.2. El nivel de fermi

A la temperatura $T = 0 \text{ K}$ los electrones ocupan los orbitales moleculares que forman la banda siguiendo el principio de construcción citado en la lección 2. Si cada átomo del modelo (distribución lineal de átomos) contribuye a la banda con 1 electrón entonces, a $T = 0 \text{ K}$ la mitad de los orbitales que forman la banda ($1/2 N$) estarán ocupados. El orbital molecular de mayor energía que se encuentra ocupado se conoce como el nivel de Fermi y, en este caso, estará situado en el centro de la banda. La banda de menor energía que se encuentra ocupada o semiocupada se conoce como banda de valencia. La banda de menor energía que se encuentra vacía se conoce como la banda de conducción (Textos científicos, 2006).

A una temperatura superior a 0 K, la población de los orbitales moleculares que forman la banda, P, viene dada por la distribución de Fermi-Dirac, que es una versión de la distribución de Boltzmann, y que tiene en cuenta que cada nivel de energía de la banda sólo puede estar ocupado por 2 electrones como máximo. Esta distribución P tiene la siguiente forma:

$$P = 1/(e^{(E-\mu)/kT} + 1)$$

donde μ es el potencial químico o energía del nivel para el cual $P = 1/2$. Cuando la banda no está completamente ocupada los electrones que se encuentran próximos al nivel de Fermi pueden, fácilmente, promocionarse a niveles vacíos que se encuentran inmediatamente por encima de éste. Como resultado, los electrones gozan de movilidad y pueden moverse libremente a través del sólido. Este fenómeno origina que la sustancia sea un buen conductor eléctrico. Como se ha visto, en un metal la conductividad eléctrica disminuye con la temperatura; este hecho se debe a las interferencias (los electrones se pueden describir como ondas) que se producen entre los electrones que se mueven por el sólido y las vibraciones de la red cristalinas, provocadas por el movimiento de los átomos, vibraciones que aumentan al hacerlo la temperatura (Textos científicos, 2006).

2.2.3.3. La densidad de estados

El número de niveles de energía con un determinado valor de energía se conoce como la densidad de estados, $N(E)$ o ρ . Es posible representar la variación de energía de una banda en función de la densidad de estados, tal como aparece en la Figura 8 para las bandas s y p. La densidad de estados no es

uniforme a lo largo de toda la banda debido a que los niveles de energía se empaquetan más a unos determinados valores de energía que a otros. Este hecho produce que la banda s, por ejemplo, presente la mayor densidad de estados en el centro y la menor densidad de estados en los extremos de la banda. La razón de este comportamiento está en la forma de las combinaciones lineales que originan los orbitales moleculares que constituyen la banda s. Existe una única combinación lineal que conduce al orbital molecular más enlazante (el límite inferior de la banda) y otra que conduce al más antienlazante (el límite energético superior de la banda). Sin embargo, hay varias combinaciones posibles, degeneradas en energía, que dan lugar a los orbitales moleculares que forman la parte central de las bandas (Textos científicos, 2006).

Entre dos bandas separadas por un espaciamiento energético, la densidad de estados en el mismo es cero, pues no hay niveles energéticos en dicha separación. En algunos casos especiales puede ocurrir que la separación entre la banda de valencia y la de conducción sea nula, aunque la densidad de estados en el punto de conjunción de ambas bandas sea cero. Esta es la estructura de bandas típica de un semimetal. Sólo algunos electrones pueden pasar de la banda llena a la banda vacía de forma que estos materiales poseen conductividades eléctricas bajas. Un ejemplo importante de semimetal es el grafito (Textos científicos, 2006).

2.2.4. Otras teorías

El nivel de concentración de metales pesados en el suelo está relacionado de acuerdo a las siguientes teorías ya establecidas:

- Warrick, Leij, & Van Genuchten (2001) afirma que “cuando un metal se mueve en el suelo, lo hace mediante dos mecanismos:

transporte por convección o flujo de masa y transporte por dispersión” (p. 189).

- Según Junk (2001) citado por Rimassa, *et al.* (2006) detalla que:

El flujo por difusión corresponde al movimiento neto del elemento desde un lugar donde la concentración es más alta hacia otro donde la concentración es menor por efecto del movimiento aleatorio de las moléculas (difusión molecular), o un movimiento aleatorio del agua que acarrea al elemento químico (difusión turbulenta) o por una combinación de ambos. La fuerza motriz de la difusión es el gradiente de concentración del elemento entre dos puntos, así la tasa de difusión varía directamente con la diferencia de concentración e inversamente con la distancia que separa esos dos puntos (p, 8).

- Según Adriano (2001) citado por Rimassa, *et al.* (2006) en los suelos, la mayoría de los metales son poco solubles y permanecen en la fase sólida (p, 13).
- Asimismo, según García, *et al.* (1986) ellos pueden estar adsorbidos por arcillas y materia orgánica (Adriano, 2001) citado por Rimassa, León S, & Acevedo (2006). Además, estas “pueden estar asociados a minerales primarios y pueden formar precipitados inorgánicos” (He, Yang, & Stoffella, 2005, p. 125-140).
- Los metales en el suelo también está relacionada con la adsorción, tal como lo detalla (Sposito, 2008):

Es un mecanismo importante que influye en el destino del metal. Los metales pesados pueden ser adsorbidos por la superficie de los coloides del suelo a través de adsorción no específica y adsorción específica. La adsorción no específica es la adsorción de cationes por el suelo, que se caracteriza porque el ión es atraído electrostáticamente por las superficies cargadas de

la fracción coloidal del suelo, sin que haya una dependencia de configuración electrónica con el grupo funcional de la superficie del suelo, formando complejos llamados de esfera externa (p. 18).

- Según Alloway (1995), citado por Rieuwerts, Thornton, Farago, & Ashmore (1998), indica que “los metales son adsorbidos específicamente en cierto orden de preferencia, por ejemplo, $Cd < Zn < Cu < Pb$ ” (p. 10).
- Los parámetros relacionados con dicha concentración son los siguientes:

Respecto al pH, según García & Dorronsoro (2017), indica que “La mayoría de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido, excepto As, Mo, Se y Cr, los cuales tienden a estar más disponibles a pH alcalino”, asimismo “la adsorción de los metales pesados está fuertemente condicionada por el pH del suelo (y por tanto, también sus solubilidad), en pH alcalino, la arcilla se dispersa, se destruye la estructura y existen malas condiciones desde el punto de vista físico” (p. 1)

El color indica ciertas características del suelo que se podría relacionar con los metales pesados, tal es lo que detalla sirve como indicador para denominar horizontes y es determinante para su clasificación: el color del suelo puede deberse a las características de material generador o intemperización de minerales (Jaramillo, 1996).

Otros de los aspectos es la textura, este es definida como las proporciones relativas de las partículas minerales del suelo, su importancia radica en que este está relacionado con la humedad, drenaje, agregación, plasticidad, cohesión, capacidad de intercambio iónico (Jaramillo, 1996).

Respecto a la textura referido a un suelo arcilloso, Kabata & Pendias, (2000) detalla que “La mayor parte de las arcillas se caracterizan por tener cargas eléctricas, principalmente negativas, en

su superficie que son responsables de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, constituyendo un freno al movimiento de los cationes metálicos en la solución del suelo, de esta forma los metales permanecen por más tiempo en el suelo y disminuyen su solubilidad y biodisponibilidad” (p. 26).

Otro aspecto relacionado a la concentración de metales pesados es la densidad aparente es la relación de la masa y volumen macroscópico ocupado por las partículas de suelo más el espacio poroso. Esta propiedad influye en la elasticidad, conductividad eléctrica, dureza y conductividad térmica del suelo (López Ritas & López Melida, 1985).

López (2005) afirma que “la porosidad de los suelos excesivamente ácidos suele poseer una estructura poco desarrollada y una baja porosidad, lo que origina una serie de consecuencias importantes, como la mala aireación, la dificultad del laboreo, un reducido desarrollo radicular en las plantas, la baja permeabilidad del suelo, una mayor erodibilidad del suelo”, etc. Asimismo Kabata Pendias y Pendias (2000), detalla que en los suelos compactados e inundados, que tienen poca aireación, se ven favorecidas las condiciones de reducción, incrementando la biodisponibilidad de algunos metales como Mn, Cd, Cu, Cr y Zn y aumentando su toxicidad” (p. 94).

Willians, *et al.* (1987) y Davis *et al.* (1988), citado por García, Moreno, Hernández, & Polo (2002), afirma que el incremento en la disponibilidad de metales debido al aumento de la acidez originado por la aplicación del residuo, no se refleja en un mayor movimiento en el perfil del suelo, porque el movimiento de Cd, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Zn sólo se producía en los 10 cm primeros desde la superficie de aplicación y que la mayoría de los metales permanecía en los 5 cm iniciales del suelo, la movilidad dependía del tipo de suelo obteniendo que para un suelo franco-arenoso era: Cu > Zn > Mo > Cd > Ni > Pb

> Cr y para otro franco calcáreo la secuencia establecida era Mo > Cd = Cu = Pb > Cr=Ni =Zn (p. 125-136).

2.3. Bases Conceptuales:

2.3.1. Botadero de residuos sólidos:

2.3.1.1. Definición:

Se denomina botaderos a un espacio en donde se realiza una: “Acumulación inapropiada de residuos en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas, rurales o baldías que generan riesgos sanitarios o ambientales. Estas acumulaciones existen al margen de la Ley y carecen de autorización” (MINAM, 2017).

Estos lugares de disposición ilegal de residuos generan focos infecciosos de gran magnitud, e impactan negativamente la salud de las personas y el ambiente. En muchos casos, los botaderos carecen de control: los residuos no se compactan ni cubren diariamente y eso produce olores desagradables, gases y líquidos contaminantes (OEFA, 2015).

Asimismo, el CEPIS, detalla que un botadero de basura es una de las prácticas de disposición final más antiguas que ha utilizado el hombre para tratar de deshacerse de los residuos que él mismo produce en sus diversas actividades. Se le llama botadero al sitio donde los residuos sólidos se abandonan sin separación ni tratamiento alguno. Por lo que este lugar suele funcionar sin criterios técnicos en una zona de recarga situada junto a un cuerpo de agua, un drenaje natural, etc. Por lo que no existe ningún tipo de control sanitario ni se impide la contaminación del ambiente; el aire, el agua y el suelo son

deteriorados por la formación de gases y líquidos lixiviados (Jaramillo, 2002).

2.3.1.2. Disposición final de los RSM

La disposición final es la última etapa operacional del servicio de aseo urbano (Jaramillo, 2002).

Prácticas inadecuadas en la disposición final de los RSM:

Son inaceptables como prácticas de disposición final:

- La descarga de basura en los cursos de agua, lagos o mares.
- El abandono en botaderos a cielo abierto.
- La quema al aire libre.
- El uso de la basura como alimento de animales.

Los riesgos imputables a estas formas de disposición final son:

El botadero a cielo abierto ocasiona serios problemas de salud pública a causa de la proliferación de insectos y roedores transmisores de múltiples enfermedades, así como de los humos que se producen por las continuas quemaduras, los que contribuyen al deterioro estético de las ciudades y del paisaje (Jaramillo, 2002).

Tabla 1

Proceso de desarrollo de métodos de disposición final de Residuos Sólidos Municipales

Alternativa/situación	Descripción
Disposición en la vía pública	Esto es común en zonas que no cuentan con servicio de recolección. El generador RSM los dispone en algún lugar o botadero público.
Disposición local sin control en pequeños botaderos	Existe un servicio de recolección primaria y un transporte incipiente hacia un sitio cercano (por lo general, dentro de la ciudad) donde se colocan los residuos con control alguno.
Botadero o vertedero municipal sin control	Existe recolección primaria y secundaria. Los RSM se transportan y disponen sin control alguno en un sitio alejado de la ciudad o bien fuera de ella.
Relleno controlado	Existe recolección primaria y secundaria. Los RSM se transportan y disponen con un control moderado en un sitio deliberadamente diseñado para el fin y ubicado fuera de la ciudad. Los RSM se entierran con una frecuencia regular.
Relleno Sanitario	El relleno sanitario es diseñado, construido y operado con criterios de ingeniería sanitaria y ambiental. El sitio cuenta con los permisos y requisitos de ley, y existe un programa de monitoreo ambiental. Los impactos ambientales son marginales y la población no se opone al proyecto.

Fuente: CEPIS (2002).

2.3.1.3. Proceso de mejoramiento continuo en la disposición final de RSM:

La práctica común de disposición final de RSM en la Región es el botadero de basura a cielo abierto.

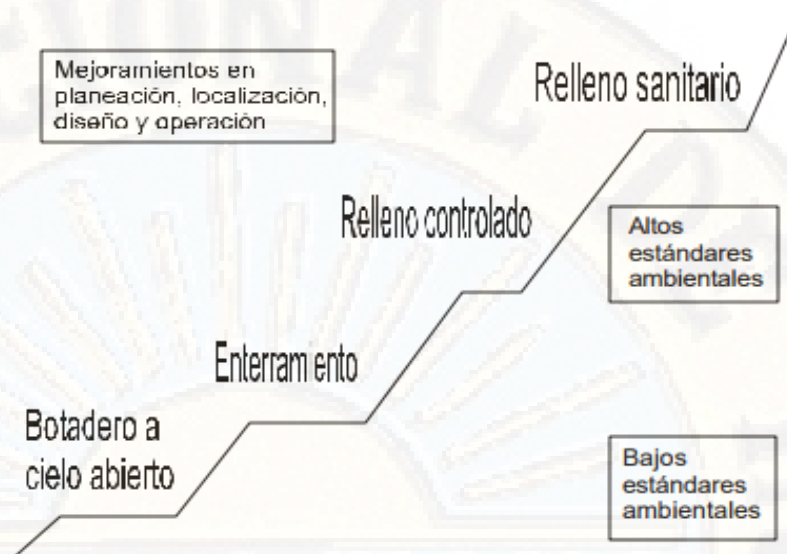


Figura 2. Evolución en el mejoramiento de la disposición final de RSM.
 Nota. El concepto de evolución en el comportamiento de la disposición final de RSM se introdujo con el Programa de Acción Ambiental en la Unión Europea (1977-1981) y ha sido revisado y adaptado desde entonces.

2.3.1.4. Efectos de los botaderos sobre el medio ambiente:

Impacto Ambiental

El término impacto se aplica a la alteración que introduce una actividad humana en su entorno; este último concepto identifica la parte del medio ambiente afectada por la actividad, o más ampliamente, que interacciona con ella. Por tanto, el impacto ambiental se origina en una acción humana y se manifiesta según tres facetas sucesivas (Pumachapi Sutta & Canazas Chávez, 2012):

- La modificación de alguno de los factores ambientales o del conjunto del sistema ambiental.
- La modificación del valor del factor alterado o del conjunto del sistema ambiental.
- La interpretación o significado ambiental de dichas modificaciones, y en último término, para la salud y bienestar humano. Esta tercera faceta está íntimamente relacionada con la anterior ya que el significado ambiental de la modificación del valor no puede

desligarse del significado ambiental del valor de que se parte.

Las evaluaciones ambientales deben ceñirse a los siguientes criterios (Pumachapi Sutta & Canazas Chávez, 2012):

- a) La protección de la salud de las personas.
- b) La protección de la calidad ambiental, tanto del aire, del agua, del como la incidencia que puedan producir el ruido y los residuos sólidos, líquidos y emisiones gaseosas y radiactivas.
- c) La protección de los recursos naturales, especialmente las aguas, el suelo, la flora y la fauna.
- d) La protección de las áreas naturales protegidas.
- e) Protección de la diversidad biológica y sus componentes: ecosistemas, especies y genes; así como los bienes y servicios ambientales y bellezas escénicas, áreas que son centros de origen y diversificación genética por su importancia para la vida natural.
- f) La protección de los sistemas y estilos de vida de las comunidades.
- g) La protección de los espacios urbanos.
- h) La protección del patrimonio arqueológico, histórico, arquitectónicos y monumentos nacionales.
- i) Los demás que surjan de la política nacional ambiental.

La Evaluación de Impacto Ambiental, es un proceso de análisis, más o menos largo y complejo, encaminado a que los agentes implicados formen un juicio previo, lo más objetivo posible, sobre los efectos ambientales de una acción humana prevista (a la que se denomina proyecto) y sobre la posibilidad de evitarlos, reducirlos a niveles aceptables o compensarlos.

Contaminación del agua:

El efecto ambiental más serio, pero menos reconocido es la contaminación de las aguas, tanto superficiales como subterráneas, por el vertimiento de basura a ríos y arroyos, así como por el líquido percolado (lixiviado), producto de la descomposición de los residuos sólidos en los botaderos a cielo abierto (Jaramillo, 2002).

Es necesario llamar la atención respecto a la contaminación de las aguas subterráneas, conocidas como mantos freáticos o acuíferos, puesto que son fuentes de agua de poblaciones enteras. Las fuentes contaminadas implican consecuencias para la salud pública cuando no se tratan debidamente y grandes gastos de potabilización (Jaramillo, 2002).

La descarga de residuos sólidos a las corrientes de agua incrementa la carga orgánica que disminuye el oxígeno disuelto, aumenta los nutrientes que propician el desarrollo de algas y dan lugar a la eutrofización, causa la muerte de peces, genera malos olores y deteriora la belleza natural de este recurso. Por tal motivo, en muchas regiones las corrientes de agua han dejado de ser fuente de abastecimiento para el consumo humano o de recreación de sus habitantes (Jaramillo, 2002).

Contaminación del suelo:

Otro efecto negativo fácilmente reconocible es el deterioro estético de los pueblos y ciudades, con la consecuente desvalorización, tanto de los terrenos donde se localizan los botaderos como de las áreas vecinas, por el abandono y la acumulación de basura. Además, la contaminación o el envenenamiento de los suelos es otro de

los perjuicios de dichos botaderos, debido a las descargas de sustancias tóxicas y a la falta de control por parte de la autoridad ambiental (Jaramillo, 2002).

Contaminación del aire:

Los residuos sólidos abandonados en los botaderos a cielo abierto deterioran la calidad del aire que respiramos, tanto localmente como en los alrededores, a causa de las quemaduras y los humos, que reducen la visibilidad, y del polvo que levanta el viento en los periodos secos, ya que puede transportar a otros lugares microorganismos nocivos que producen infecciones respiratorias e irritaciones nasales y de los ojos, además de las molestias que dan los olores pestilentes (Jaramillo, 2002).

Riesgos para el desarrollo urbano:

Las autoridades se quejan habitualmente de la falta de disciplina social y cívica de la población y, por su parte, esta se queja de la incapacidad de las instituciones públicas para cumplir su papel.

Es común que los botaderos a cielo abierto se sitúen en las áreas donde vive la población económicamente más pobre, lo que aumenta el grado de deterioro de todas las condiciones y, en consecuencia, devalúa las propiedades, lo que constituye un obstáculo para el desarrollo urbano de la ciudad (Jaramillo, 2002).

2.3.2. Residuos Sólidos:

2.3.2.1. Definición:

Residuos sólidos: Residuo sólido es cualquier objeto, material, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse, para ser manejados priorizando la valorización de los residuos y en último caso, su disposición final. Los residuos sólidos incluyen todo residuo o desecho en fase sólida o semisólida. También se considera residuos aquellos que siendo líquido o gas se encuentran contenidos en recipientes o depósitos que van a ser desechados, así como los líquidos o gases, que por sus características fisicoquímicas no puedan ser ingresados en los sistemas de tratamiento de emisiones y efluentes y por ello no pueden ser vertidos al ambiente. En estos casos los gases o líquidos deben ser acondicionados de forma segura para su adecuada disposición final (MINAM, 2017).

2.3.2.2. Clasificación de Residuos Sólidos:

Según el D.L. N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, define de la siguiente manera a los residuos de la siguiente manera:

Los residuos se clasifican, de acuerdo con el manejo que reciben, en peligrosos y no peligrosos, y según la autoridad pública competente para su gestión, en municipales y no municipales. El reglamento del presente Decreto Legislativo puede establecer nuevas categorías de residuos por su origen u otros criterios, de ser necesario (MINAM, 2017).

2.3.2.3. Composición de los residuos sólidos:

Usualmente los valores de composición de residuos sólidos municipales o domésticos se describen en términos de porcentaje en masa, también usualmente en base húmeda y contenidos ítems como materia orgánica, papeles y cartones, escombros, plásticos, textiles, metales, vidrios, huesos, etc., (Cerrato, 2006).

La utilidad de conocer la composición de residuos sirve para una serie de fines, entre los que se pueden destacar estudios de factibilidad de reciclaje, factibilidad de tratamiento, investigación, identificación de residuos, estudio de políticas de gestión de manejo (Cerrato, 2006).

Es necesario distinguir claramente en qué etapa de la gestión de residuos corresponden los valores de composición. Los factores de que depende la composición de los residuos son relativamente similares a los que definen el nivel de generación de los mismos (Cerrato, 2006).

En el siguiente cuadro se muestra la composición de los residuos sólidos a nivel del país por año (MINAM, 2012):

Tabla 2
Cuadro de composición de los residuos sólidos en el Perú

Tipo de residuos	Año 2010	Año 2011
	(%)	
Restos orgánicos de cocina y de alimentos	50.19	47.02
Huesos	1.78	1.68
Papel	3.95	4.96
Cartón	3.77	3.65
Plástico	8.07	9.48
Vidrio	3.1	3.76
Jebe – Caucho	0.19	0.43
Chatarra ferrosa y no ferrosa	2.59	3.07
Chatarra Electrónica	1.64	2.26
Madera, fibra dura vegetal y restos de jardín	2.08	2.78
Cuero	0.93	0.58
Textiles	1.32	1.45
Tetrapack	0.73	0.47
Otros No especificados	3.3	0.97
Escombros e Inertes	5.74	4.51
Pluma, Plástico, ceniza, textil, loza, y otros NR	4.79	0.98
Peligrosos	7.88	6.37

Fuente: MINAM (2013).

2.3.2.4. Manejo de residuos sólidos a nivel municipal:

La Organización Panamericana de la Salud detalla que la generación de residuos aumenta cada año. Este incremento se debe principalmente a un aumento del nivel de ingresos de la población y por ende del consumo, lo que además provoca cambios en la composición de los residuos. La tarea municipal es la gestión integral de estos residuos sólidos. El servicio de limpieza tiene como principales objetivos el proteger la salud de la población y mantener un ambiente agradable y sano (Álvarez Rivero *et al.*, 2016)

Las primeras tres actividades son responsabilidad de la población (quien genera los residuos). Las demás corresponden

al municipio o al organismo encargado de la prestación del servicio (Álvarez Rivero et al., 2016).

El servicio de aseo o limpieza consta de las siguientes actividades:

- Separación,
- Almacenamiento,
- Presentación para su recolección,
- Recolección,
- Barrido,
- Transporte,
- Tratamiento
- Disposición sanitaria final de los residuos sólidos.

2.3.3. Área de Influencia:

El área de Influencia del proyecto se definió en concordancia con los impactos potenciales del proyecto y el alcance espacial de las diferentes infraestructuras que componen el proyecto en la relación a los componentes socio ambiental (medio geofísico, económico, social, cultural y biológico) (WALSH, 2014).

Según entidades internacionales, el área de influencia directa se define de la siguiente manera:

El área de influencia directa es el territorio en el que se manifiestan los impactos ambientales directos, es decir aquellos que ocurren en el mismo sitio en el que se produjo la acción generadora del impacto ambiental, y al mismo tiempo, o en tiempo cercano, al momento de la acción que provocó el impacto (WALSH, 2014, p. 79-84).

Área de influencia directa:

Es el área del emplazamiento del proyecto, entendida como la suma de los espacios ocupados por los componentes principales de aquel y de las áreas impactadas directamente durante el ciclo de vida de la operación (SENACE, 2016).

Área de influencia indirecta:

Es el área que comprende los espacios localizados fuera del área de influencia directa, el cual se establece en base a los impactos ambientales indirectos a los componentes, identificados y definidos en el estudio ambiental del proyecto durante el ciclo de vida de la operación (SENACE, 2016).

2.3.4. Metales pesados en el suelo:

Uno de los principales grupos de contaminantes presentes en los basureros y rellenos sanitarios es el conformado por los metales pesados, también denominados metales tóxicos o metales traza.

En la actualidad, no se cuenta con una definición estricta y completamente aceptada para este grupo, pero entre sus características principales se citan: una densidad mayor a 6 g/cm^3 , su condición de no degradabilidad a través de procesos biológicos, algunos de ellos no tienen función biológica conocida y la acumulación en diferentes componentes de la red alimenticia, razones por las cuales se han calificado como una grave amenaza para la salud (Pinzón & Solange, 2010)

Los metales pesados son elementos de ocurrencia natural en la corteza y atmósfera terrestres, pero el contenido de los mismos se ha incrementado en altas proporciones en ciertas regiones del mundo, debido a su continuo uso en las actividades industriales y agrícolas. El movimiento de los metales pesados se asocia con un inminente riesgo de

contaminación de agua subterránea y agua potable (Pinzón & Solange, 2010).

Los metales pesados de mayor interés en relación con la polución ambiental, los daños en agricultura y en la salud humana son: arsénico (As), cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb), talio (Tl) y uranio (U) (Pinzón & Solange, 2010).

Sin embargo, bajo la misma denominación de metales pesados se encuentran el cromo y el níquel, dos elementos que aun siendo esenciales para las plantas en muy bajas concentraciones, han sido incluidos en este grupo por su extendido uso en procesos industriales, lo que ha facilitado su acumulación en grandes cantidades, causando toxicidad en animales y plantas (Pinzón & Solange, 2010).

A continuación, se describen las principales características de los metales pesados mercurio (Hg), plomo (Pb), cromo (Cr), cadmio (Cd) y arsénico (As) (Pinzón & Solange, 2010):

2.3.4.1. Mercurio:

Este elemento (número atómico 80), tiene una densidad de 13.53 g/cm^3 . Las emisiones naturales de mercurio provienen de la litosfera, la evaporación la superficie oceánica y la actividad geotérmica. A escala global, las principales actividades antropogénicas que incrementan la concentración de Hg son el consumo de combustibles fósiles y la explotación de oro. El contenido promedio de Hg en la superficie del suelo se presenta en un rango entre $20 \text{ } \mu\text{g/kg}$ a $625 \text{ } \mu\text{g/kg}$ y en los alimentos debe estar por debajo de 0.02 mg/kg (Pinzón & Solange, 2010).

El mercurio presenta tres estados de valencia: Hg^0 (elemental o metálico), Hg^{1+} y Hg^{2+} (formando compuestos como el cloruro de mercurio Hg_2Cl_2 o nitrato de mercurio $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$). El ciclo de este metal comprende la emisión de mercurio desde los suelos a la atmósfera, su regreso a la superficie terrestre y cuerpos de agua mediante la adsorción a las partículas de suelo o lecho marino, y su revolatilización a la atmósfera, en donde prevalece en forma de vapor de mercurio. Una vez en el ambiente, el mercurio puede interconvertirse a sus diferentes formas orgánicas (como el metilmercurio MeHg y dimetilmercurio) e inorgánicas, mediante la oxidación a ión mercurio y la metilación.

La conversión de Hg inorgánico a metilmercurio (MeHg) ocurre en microorganismos de sistemas acuáticos.

Una vez metilado, el Hg puede pasar hacia niveles superiores de la cadena trófica (microorganismos, peces pequeños y peces grandes, en los cuales la bioacumulación puede incrementarse). De hecho, el metilmercurio presente en los peces más grandes, se considera una de las principales rutas de exposición de los seres humanos a este metal. El metilmercurio y dimetilmercurio son las especies químicas más tóxicas de este metal pesado desde el punto de vista de salud humana (Pinzón & Solange, 2010).

La toxicidad y la distribución del mercurio en los organismos vivos dependen de la solubilidad de los compuestos y son funciones de los estados metálicos iónicos (Pinzón & Solange, 2010). Todas las formas de mercurio son tóxicas: El mercurio elemental se volatiliza rápidamente, y en estado de vapor puede alcanzar largas distancias. En esta forma, el mercurio es liposoluble y puede entrar por inhalación a los

pulmones, posteriormente puede ser oxidado en las en los eritrocitos y de allí continuar al sistema nervioso central. Las sales de mercurio inorgánico se acumulan en los riñones y se han relacionado también con daños gastrointestinales. El metilmercurio, es rápidamente absorbido por el tracto digestivo y pulmones de animales superiores. A pesar de que todas las formas de mercurio pueden acumularse, el metilmercurio se acumula en mayor cantidad que cualquiera de las otras formas. Por ejemplo, en el caso de un embarazo en humanos, los tejidos fetales tienen alta afinidad por el metilmercurio (Pinzón & Solange, 2010).

Los efectos negativos del mercurio en la salud humana han sido relacionados con cáncer, sensibilidad del sistema inmune (estudios realizados con animales de experimentación demostraron que el MeHg modificó la proporción de células inmunes y el desarrollo del sistema inmune), y reproducción (el número de abortos espontáneos se incrementó en mujeres embarazadas y expuestas a este metal) (Pinzón & Solange, 2010).

2.3.4.2. Plomo

El plomo (número atómico 82) presenta una densidad de 11.4 g/cm^3 y es considerado uno de los metales pesados de mayor toxicidad. Las emisiones naturales de plomo se ocasionan por las sales del mar, volcanes e incendios forestales, entre otros. El consumo de combustibles fósiles, incineración de basura, la producción de hierro, acero y cemento se consideran las principales causas antropogénicas de emisión de Pb. Otras fuentes importantes en el ambiente son las baterías, las pinturas, tuberías e insecticidas. Una vez que el Pb se deposita en el suelo, es inmovilizado por el componente orgánico de tal forma que la cantidad disponible para las plantas es baja y se encuentra en los

primeros 5 cm superficiales. La adición de ácidos orgánicos puede incrementar su solubilidad y aumentar el transporte de Pb desde la raíz hacia órganos aéreos (Pinzón & Solange, 2010)

En la naturaleza se encuentra como Pb elemental, y tiene valencias 2+ (en compuestos inorgánicos) y 4+ (en compuestos orgánicos), formando metales como la galena (PbS), la cerusita (PbCO₃) y la anglesita (PbSO₄) (Pinzón & Solange, 2010).

Dado que el Pb no es un elemento esencial, las plantas no presentan mecanismos de absorción para este metal y dicha absorción puede ocurrir por transporte pasivo.

Algunos complejos entre Pb y grupos carboxílicos presentes en la superficie radicular, pueden entrar a las raíces, a pesar que dicho mecanismo no está completamente definido. Una vez dentro de las raíces, este metal se une a los sitios de intercambio iónico en las paredes celulares, o se precipita como fosfatos o carbonatos. El Pb no ligado, viaja a través de los canales de Ca, y puede acumularse en el floema y en la xilema. La toxicidad de Pb en las plantas está asociada a reducción de la tasa de germinación y crecimiento radicular, reducción de la tasa fotosintética y bajo rendimiento en la producción de biomasa (Pinzón & Solange, 2010).

La exposición al plomo puede ocurrir a través de diferentes vías, como el agua y los alimentos, así como la inhalación a través de los pulmones. La ingestión de vegetales con altas concentraciones de Pb es la vía de mayor exposición de organismos en los niveles superiores de la cadena trófica. En los humanos, el efecto nocivo del Pb se ha asociado con daños neurológicos, especialmente por sus efectos negativos en el

aprendizaje de los niños. Su acumulación se observa principalmente en los huesos. La absorción de Pb en los humanos sucede principalmente por la ingestión de alimentos, a pesar que la ingestión accidental de suelo contaminado, polvo y pintura son también importantes en el riesgo de contaminación, especialmente de la población infantil (Pinzón & Solange, 2010).

Las actividades de reciclaje son fuentes de exposición para las poblaciones vecinas a los lugares donde se lleva a cabo esta labor. La toxicidad del Pb está asociada con graves condiciones cerebrales (edemas cerebrales y degeneración de neuronas), también se cita su interferencia con la síntesis de hemoproteínas y el efecto negativo en el funcionamiento renal, donde puede incluso generar cáncer. La absorción de Pb en el cuerpo ocurre a través de la ingestión inhalación y contacto dérmico. La toxicidad de Pb en el cuerpo humano ha sido relacionada con varios procesos, entre los cuales se citan el incremento en la afinidad Ca^{2+} , la disrupción del metabolismo de Ca^{2+} , el bloqueo de absorción de Ca^{2+} en la mitocondria y en el retículo endoplasmático. El estudio realizado por Olivera et al. (2007) en la ciudad de Cartagena, sobre muestras de sangre obtenidas de una muestra de población infantil, relacionó los niveles superiores a 10 $\mu\text{g/dL}$ de Pb, con condiciones adversas presentes en las viviendas de dichos niños (Pinzón & Solange, 2010).

2.3.4.3. Cromo

Este elemento (número atómico 26), exhibe dos estados relativamente estables: el trivalente Cr (III) y el hexavalente Cr (VI), de los cuales el último se considera altamente tóxico. Este metal se presenta naturalmente en el suelo en el rango entre 10

a 50 mg/kg. El Cr se utiliza en el procesamiento de cuero y en la obtención de acero y también hace parte de los ingredientes de agentes de limpieza. El Cr (VI) se utiliza en la industria para procesos de esmaltado de materiales y en los tanques de agua (Pinzón & Solange, 2010).

Recientemente se utiliza en la preservación de la madera. Estas actividades han llevado a la contaminación que actualmente se observa con Cr (Pinzón & Solange, 2010).

El cromo ocurre naturalmente como cromita (FeCr_2O_4) y en compuestos que contienen Pb, como en el caso de cromato de plomo, PbCrO_4 . En el agua contenida en el suelo, la forma predominante de cromo es la hexavalente, presente como cromatos (CrO_4^{2-}) y dicromatos ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$), y se caracteriza por ser tóxico y de la alta movilidad (Pinzón & Solange, 2010).

El Cr (III) tiene menor movilidad y menor toxicidad, ya que se precipita como hidróxido de cromo $\text{Cr}(\text{OH})_3$. La absorción de Cr en las plantas ha sido un proceso que no se ha estudiado tanto como en el caso de los otros metales pesados, y esto se debe a la complejidad electrónica del elemento, que ha sido un obstáculo y no ha permitido elucidar su mecanismo de toxicidad para las plantas. Sin embargo, se citan ejemplos específicos de la toxicidad de Cr en la germinación, elongación de raíces y producción de materia seca (Pinzón & Solange, 2010).

En plantas, concentraciones de Cr entre 0.05 y 1 mg/l promueven el crecimiento y la producción de biomasa. Este metal entra en las plantas mediante la reducción o la formación de complejos con los exudados radiculares tales como ácidos orgánicos, que incrementan su movilidad en la planta. Tanto el

Cr (III) como el Cr (VI), entran a las células a través de la ruta simplástica (Pinzón & Solange, 2010).

El Cr (III), en concentraciones traza, es considerado como esencial para el metabolismo de proteínas en humanos y animales. Sin embargo, exposiciones constantes a este elemento pueden ocasionar daños en los riñones y en el hígado. La inhalación de Cr (VI) puede causar problemas respiratorios, como úlceras en las fosas nasales, incluso cáncer de pulmón (Pinzón & Solange, 2010).

El contacto dérmico con esta especie se ha asociado a problemas de dermatitis, alergias y necrosis de la piel. El Cr (VI) inhalado puede oxidarse a Cr (III) que a su vez puede ligarse al ADN y causar mutaciones genéticas (Pinzón & Solange, 2010).

2.3.4.4. Cadmio

Según Pinzón & Solange (2010), el cadmio (número atómico 48), es liberado a la atmósfera por medio de volcanes, arrastre de partículas o emisiones biogénicas, combustión fósil y por actividades antropogénicas (similares a las presentadas en Pb). De acuerdo a los contenidos normales de cadmio en el suelo alrededor del mundo, se puede determinar que el rango de ocurrencia de este metal está entre 0.07 y 1.1 mg/kg y se considera que los valores mayores a 0.5 mg/kg son el producto de actividades antropogénicas.

El cadmio se considera un elemento no esencial en los sistemas biológicos. El cadmio biodisponible para las plantas en la solución del suelo, debe estar en forma de iones libres hidratados o ligado a otros compuestos orgánicos o inorgánicos. La absorción de Cd ocurre a través de los mismos

transportadores para minerales como K, Ca, Mg y Fe. Una vez en el citoplasma, el Cd se liga a compuestos como el bisglutatonato, y se trasloca a los tejidos aéreos, alcanzando el xilema a través de las rutas apoplásticas o simplásticas, mediante la formación de complejos como ácidos orgánicos o fitoquelatinas, y se acumula posteriormente en las vacuolas (Pinzón & Solange, 2010).

El cadmio afecta negativamente los procesos de respiración y fotosíntesis, el transporte de agua, la absorción de potasio, hierro y manganeso. La presencia de formas iónicas libres de Cd en el citoplasma es tóxica (Pinzón & Solange, 2010).

Las rutas de exposición a este metal son principalmente la dieta y el cigarrillo. El cadmio está presente en la gran mayoría de la comida, especialmente en los vegetales y en la comida de mar. En la población humana, los órganos donde este metal puede acumularse son los riñones y los huesos, ocasionando la excreción de proteínas de bajo peso molecular en la orina y un incremento en el riesgo de osteoporosis, así como un incremento en el riesgo de contraer cáncer de pulmón y de próstata. En estudios de laboratorio, se ha relacionado el contenido de Cd con mutaciones en líneas celulares, Los sectores más sensibles a la exposición son las personas mayores, personas con diabetes y fumadores (Pinzón & Solange, 2010).

El cadmio puede ser absorbido por el tracto digestivo, penetrar la placenta, dañar las membranas celulares y causar mutaciones en el ADN. De igual manera que el plomo, la ingestión directa e indirecta es la causa principal de contaminación con este metal y por tanto se considera como

elemento del primer grupo de carcinógenos (Pinzón & Solange, 2010).

2.3.4.5. Arsénico

El arsénico es de todos los elementos trazas que no son metales pesados al que se le ha prestado mayor atención en los estudios de contaminación, debido a su extrema toxicidad. Se presenta bajo una gran diversidad de compuestos con grados de toxicidad muy variables. Afortunadamente, sus formas más tóxicas son muy poco frecuentes en los suelos. Es un elemento esencial para el desarrollo de algunos organismos (p.e. el hombre) y promueve el crecimiento en ciertos animales.

La movilidad del arsénico en los suelos es mínima. La concentración de arsénico disuelto disminuye en condiciones reductoras. En medios oxidantes, el AsO_4 es un anión débilmente soluble con comportamiento de ácido débil que tiende a ser ligando de unión y formar sales insolubles.

A diferencia de la mayoría de los metales pesados las variaciones de pH afectan poco su solubilidad. Su disponibilidad disminuye al aumentar los oxihidróxidos de Fe y Al.

Las concentraciones altas de As en el medio ambiente se deben a la presencia de sulfuros y sulfoarseniuros, principalmente arsenopirita. En los suelos se encuentra como As^{5+} y As^{3+} , éste último es más tóxico que el primero.

El estado de oxidación está influenciado por la materia orgánica y los óxidos de Fe y Al.

En suelos arenosos el As es cinco veces más biodisponible que en los arcillosos. Aunque no existe una buena

correlación entre el contenido de As en las plantas y el de los suelos se citan valores de 3 mg/kg en plantas desarrolladas en suelos que contenían 20 mg/kg; para suelos de minas con valores de 35-108 mg/kg las plantas contenían de 0,8-21 mg/kg.

Se presenta en muy bajos contenidos en los materiales originales que dan origen a los suelos. De 1 a 2 mg/kg es el contenido más representativo para las rocas. Las pizarras y algunos tipos de arcillas pueden presentar contenidos sensiblemente más altos.

2.4. Definición de términos:

- **Arsénico:** Elemento químico de número atómico 33, masa atómica 74,92 y símbolo As; es un elemento semimetálico sólido, de color gris metálico, que forma compuestos venenosos (Florez G, 2016).
- **Cadmio:** Elemento químico de número atómico 48, masa atómica 112,40 y símbolo Cd; es un metal del grupo de los elementos de transición, de color blanco plateado, maleable, parecido al estaño, altamente tóxico (Florez G, 2016).
- **Cromo:** Es un elemento químico de número atómico 24 que se encuentra en el grupo 6 de la tabla periódica de los elementos. Su símbolo es Cr. Es un metal que se emplea especialmente en metalurgia (Florez G, 2016).
- **Densidad:** es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa en un determinado volumen de una sustancia o un objeto sólido (Florez G, 2016).
- **Humedad:** Se denomina humedad al agua contenida en un determinado cuerpo o componente (Florez G, 2016)..
- **Impacto:** Es cualquier alteración, positiva o negativa, sobre un componente, provocada por la acción de un proyecto (SENACE, 2016).
- **Mercurio:** El mercurio es un elemento químico con el símbolo Hg y número atómico 80. En la literatura antigua era designado

comúnmente como plata líquida y también como azogue o hidrargiro.¹ Elemento de aspecto plateado, metal pesado perteneciente al bloque D de la tabla periódica, el mercurio es el único elemento metálico líquido en condiciones estándar de laboratorio; el único otro elemento que es líquido bajo estas condiciones es el bromo (un no metal), aunque otros metales como el cesio, el galio, y el rubidio se funden a temperaturas ligeramente superiores (Florez G, 2016)..

- **Plomo:** Elemento químico de número atómico 82, masa atómica 207,19 y símbolo *Pb*; es un metal sólido de color gris azulado, blando, maleable, dúctil, de elevada densidad y mal conductor de la electricidad.
- **Porosidad:** es una medida de espacios vacíos en un material, y es una fracción del volumen de huecos sobre el volumen total
- **Sustrato:** Medio en el que se desarrollan una planta (Florez G, 2016).
- **Suelo:** Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad.
- **Textura de suelo:** Es la propiedad física derivada de la composición granulométrica, constituida por arena, limo y arcilla, cuyos diámetros están contempladas en la escala de la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo (Ministerio del Ambiente, 2014).

2.5. Hipótesis:

Hipótesis general:

El nivel de concentración de metales pesados en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs – suelo).

Hipótesis específicas:

- El nivel de concentración de Cd en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs - Suelo).
- El nivel de concentración de As en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs - Suelo).
- El nivel de concentración de Hg en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs - Suelo).
- El nivel de concentración de Cr en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs - Suelo).
- El nivel de concentración de Pb en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs - Suelo).

2.6. Variables

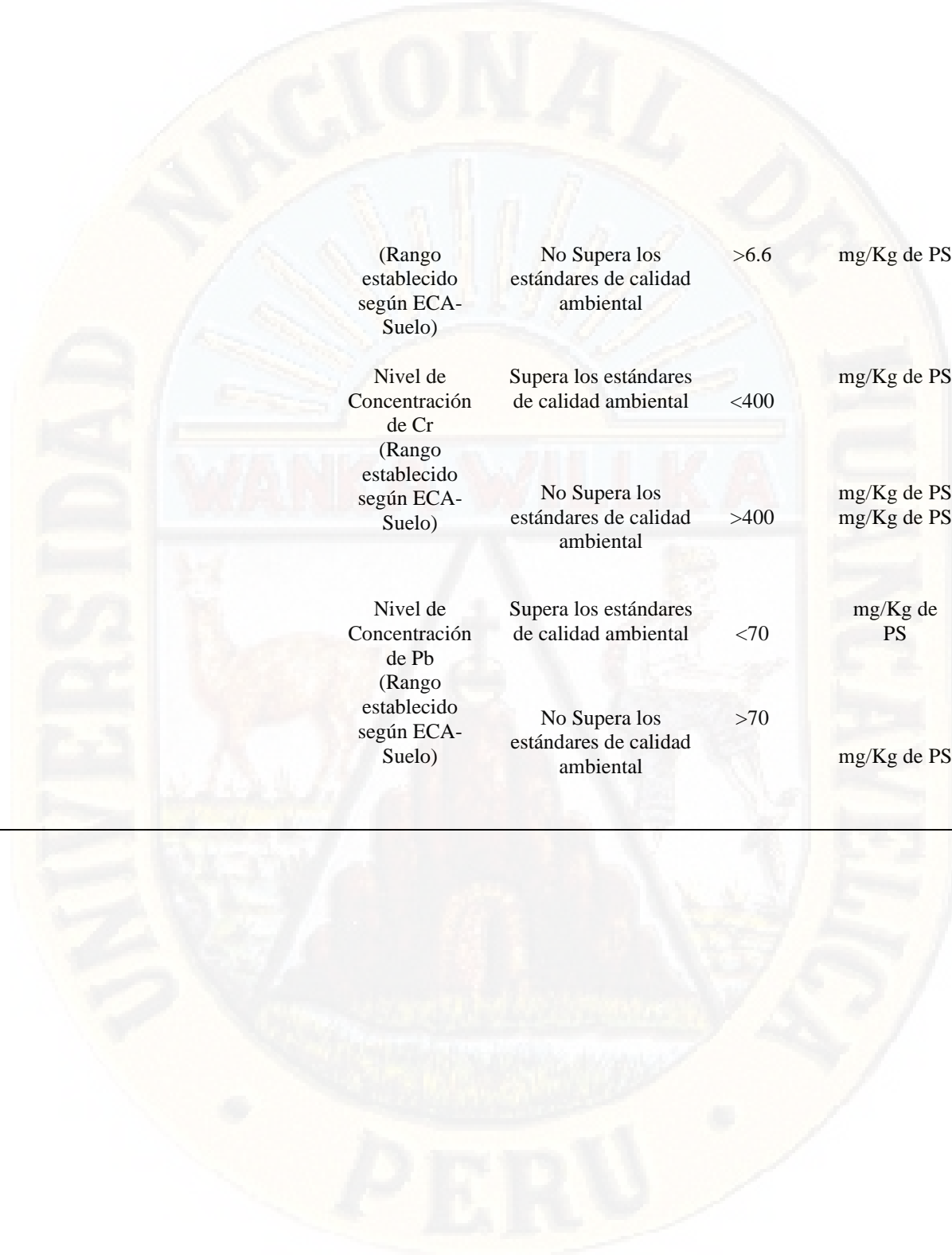
Variable N° 1:

Nivel de concentración de metales pesados en el suelo de área de influencia directa del botadero de Pampachacra.

2.7. Operacionalización de variables

Tabla 3
Cuadro de Operacionalización de Variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala	Unidad	Instrumentos de medición	Fuente
Nivel de concentración de metales pesados en el suelo	Los contenidos de metales se atribuyen a la composición de los distintos minerales presentes en el suelo. Los metales son de origen antrópico cuando sus concentraciones son mayores a las correspondientes a su composición geoquímica y son el resultado de las actividades del hombre	El Nivel de concentración de metales pesados en suelo del área de influencia directa del botadero se determinará mediante espectrofotometría de absorción atómica.	Nivel de Concentración de Cd (Rango establecido según ECA-Suelo)	Supera los estándares de calidad ambiental	<1.4	mg/Kg de PS	Espectrofotómetro de absorción atómica	Muestra de suelo (porción de suelo) en Kg.
				No Supera los estándares de calidad ambiental	>1.4	mg/Kg de PS		
			Nivel de Concentración de As (Rango establecido según ECA-Suelo)	Supera los estándares de calidad ambiental	<50	mg/Kg de PS	Espectrofotómetro de absorción atómica	Muestra de suelo (porción de suelo) en Kg.
				No Supera los estándares de calidad ambiental	>50	mg/Kg de PS		
			Nivel de Concentración de Hg	Supera los estándares de calidad ambiental	<6.6	mg/Kg de PS	Espectrofotómetro de absorción atómica	Muestra de suelo (porción de



(Rango
establecido
según ECA-
Suelo)

No Supera los
estándares de calidad
ambiental

>6.6

mg/Kg de PS

suelo) en
Kg.

Nivel de
Concentración
de Cr
(Rango
establecido
según ECA-
Suelo)

Supera los estándares
de calidad ambiental

<400

mg/Kg de PS

Espectrofotóm
etro de
absorción
atómica

Muestra de
suelo
(porción de
suelo) en
Kg.

No Supera los
estándares de calidad
ambiental

>400

mg/Kg de PS
mg/Kg de PS

Nivel de
Concentración
de Pb
(Rango
establecido
según ECA-
Suelo)

Supera los estándares
de calidad ambiental

<70

mg/Kg de
PS

Espectrofotóm
etro de
absorción
atómica

Muestra de
suelo
(porción de
suelo) en
Kg.

No Supera los
estándares de calidad
ambiental

>70

mg/Kg de PS

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Ámbito temporal y espacial:

3.1.1. Ámbito Temporal:

El proyecto se realizó durante en dos épocas del año época seca (junio – Julio del 2018) y época lluviosa (setiembre – Octubre del 2018), específicamente en los meses mencionados se tomaron las muestras de suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, centro poblado de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, pero estos no involucran el tiempo de los análisis en el laboratorio.

3.1.2. Ámbito Espacial:

El estudio fue realizado en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra, el cual se encuentra ubicada en el paraje Puyhuanchayocc Mocco, jurisdicción de la Comunidad Campesina de Pampachacra, distrito, Provincial y Departamento de Huancavelica; se ubica al Sur Este de la ciudad Huancavelica, aprox. en el kilómetro 13, vía carretera afirmada Huancavelica Lircay a 4150 msnm.

3.1.2.1. Topográfica del botadero:

La topografía del área que ocupa el botadero corresponde a un relieve que se extiende ampliamente en el área de estudio, donde se ha emplazado la comunidad de Pampachacra y en donde dicho suelo anteriormente era de uso agrícola (JPERSA, 2013).

La zona de estudio ubicada en sector interandino sobre los 4100msnm de altitud presenta una topografía ondulada con lomadas fuertemente modeladas; cuyas pendientes oscila entre 4 a 8% (JPERSA, 2013).

3.2. Tipo de investigación

La investigación del tipo aplicada tiene por objetivo resolver problemas prácticos para satisfacer las necesidades de la sociedad. Estudia hechos o fenómenos de posible utilidad práctica. Esta utiliza conocimientos obtenidos en las investigaciones básicas, pero no se limita a utilizar estos conocimientos, sino busca nuevos conocimientos especiales de posibles aplicaciones prácticas. Estudia problemas de interés social (Gomero y Moreno, 1997).

Asimismo, según Gonzalez, Oseda, Ramirez, Rosales, y Gave (2011), una investigación del tipo aplicada “a diferencia de la pura, ésta persigue fines de aplicación directos e inmediatos. Busca la aplicación sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de teorías. Esta investigación busca conocer para hacer y para actuar” (p, 141).

De acuerdo a lo mencionado, el tipo de investigación del presente trabajo de investigación fue de tipo aplicada, puesto que este estudio no pretende crear nuevas normas, teorías o leyes, más aún al contrario hace uso de estas, para resolver problemas de interés social.

3.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación de la presente investigación fue descriptivo:

Descriptivo: “También conocida como la investigación estadística, se describen los datos y características de la población o fenómeno en estudio” (Gonzales Castro *et al.*, 2011, p. 144)

3.3.1. Método de investigación

El método empleado es el método científico.

Asensi y Parra (2002) dice que:

El método científico tiende a reunir una serie de características que permiten la obtención de nuevo conocimiento científico. Es el único procedimiento que no pretende obtener resultados definitivos y que se extiende a todos los campos del saber. Respecto al método de investigación científica, las etapas mencionadas se corresponden con: 1) Formulación del problema que motiva el comienzo de la investigación, 2) Enunciado de la hipótesis, 3) Recogida de datos, y 4) Análisis e interpretación de los datos (p. 9-11).

Método Teórico: “son aquellos que permiten relevar las relaciones esenciales del objeto de investigación, son fundamentales para la comprensión de los hechos y para la formación de las hipótesis de investigación” (Gonzales Castro *et al.*, 2011, p. 61).

Hipotético-Deductivo Sistemático: “Es el camino que sigue el investigador para hacer de su actividad una práctica científica. Tiene varios pasos esenciales: observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias o proposiciones más elementales que la propia hipótesis, y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia” (Echegoyen, s. f.)

3.3.2. Diseño de investigación

El diseño aplicado es no experimental.

Según Gonzales, *et al.*, (2011) dice que los diseños no experimentales:

Son aquellos diseños donde las variables independientes no son manipuladas deliberadamente. Con estos diseños se hacen investigaciones donde los sujetos, los fenómenos y los procesos se estudian tal como se dan y por lo tanto solo se pueden saber que algo es causa de algo, si esto es observable después que sucedió, por lo que se le denomina EX POST FACTO (después que aconteció) (p. 107).

Descriptivos:

Según Gonzales *et al.*, (2011), los diseños descriptivos:

Estos diseños el investigador, tiene la misión de buscar y recoger información con respecto a una situación identificada como el objeto de estudio. Además, permite elaborar un proyecto de investigación descriptiva comparativa en el cual se recolecta información significativa en varias muestras con respecto a un mismo fenómeno y luego se caracteriza este fenómeno en base a la comparación de los datos escogidos (p. 2014).

M → O

Donde:

M: Muestra.

O: Observación

3.4. Población, muestra, muestreo

3.4.1. Población:

La población en este presente proyecto abarcó 13 hectáreas del área de influencia directa del botadero de Pampachacra.

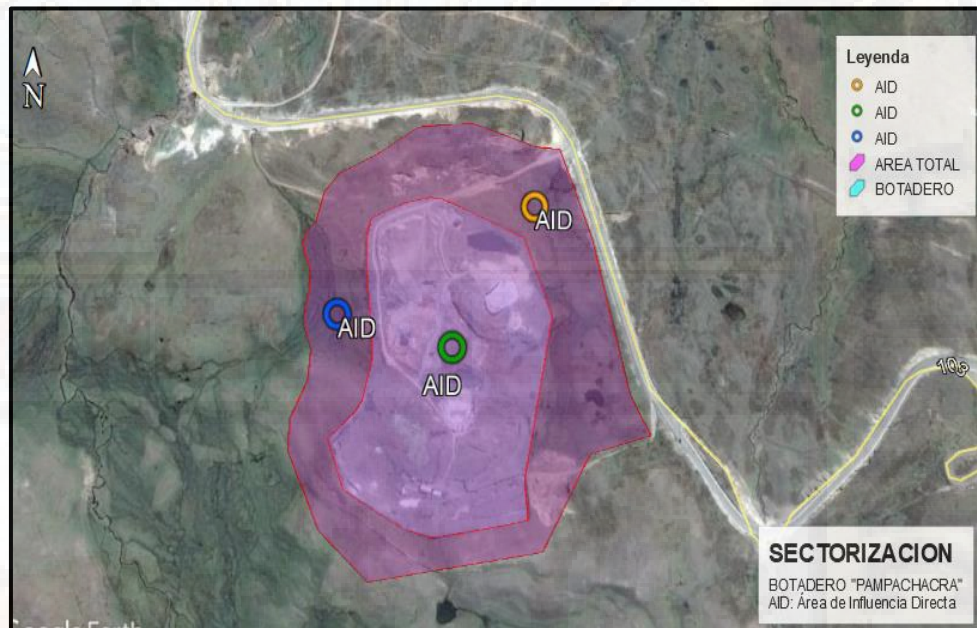


Figura 3. Delimitación de área total abarcada para la investigación.
Fuente: Elaborado en Google Earth.

3.4.2. Muestra

La muestra es definida por Ludewing (2005) como:

Un subconjunto de la población, que se obtiene para averiguar las propiedades o características de esta última, por lo que interesa que sea un reflejo de la población (p. 2).

La muestra para el presente proyecto de investigación estuvo compuesta por 20 áreas de muestreo.

3.4.3. Muestreo

El muestreo aplicado en la presente investigación fue no probabilístico, del tipo por conveniencia.

Según Niño (2011), un muestreo no probabilístico por conveniencia busca acceder a muestras de manera intencional en base a un criterio el cual sea conveniente para el estudio.

Las muestras no probabilísticas, también conocidas como muestras dirigidas, en donde la selección de muestras es orientada por las características de la investigación más que teniendo en consideración un criterio estadístico.

a. Procedimiento de muestreo:

Los muestreos se realizaron en dos épocas del año, época de avenida (lluviosa) y otra en la época de estiaje (seca), para ello se aplicó un Muestro de Nivel de Fondo; por lo que es importante detallar lo mencionado por el (Ministerio del Ambiente, 2014):

Que este tipo de muestreos tiene como objetivo determinar la concentración de los químicos regulados por el ECA suelo en sitios contiguos al área contaminada, los mismos que pueden encontrarse en el suelo de manera natural o fueron generados por alguna fuente antropogénica ajena a la considerada, siendo aplicable a metales y metaloides.

La estrategia aplicada se estableció de acuerdo a la localización de las muestras, para ello se consideró lo siguiente según el (Ministerio del Ambiente, 2014):

- a) El sitio de muestreo deberá estar fuera del sitio o predio en estudio y no debe estar demasiado alejado del mismo.
- b) El sitio de muestreo deberá presentar una orografía y geología similar al sitio en estudio; y debe de estar en la misma área climática y de vegetación.
- c) Las muestras para el nivel de fondo deben ser compuestas, recolectadas en un mínimo de tres áreas diferentes, pero con características similares al área de estudio.

De acuerdo a los criterios anteriores se realizó una distribución áreas tal como se muestra en la siguiente imagen:

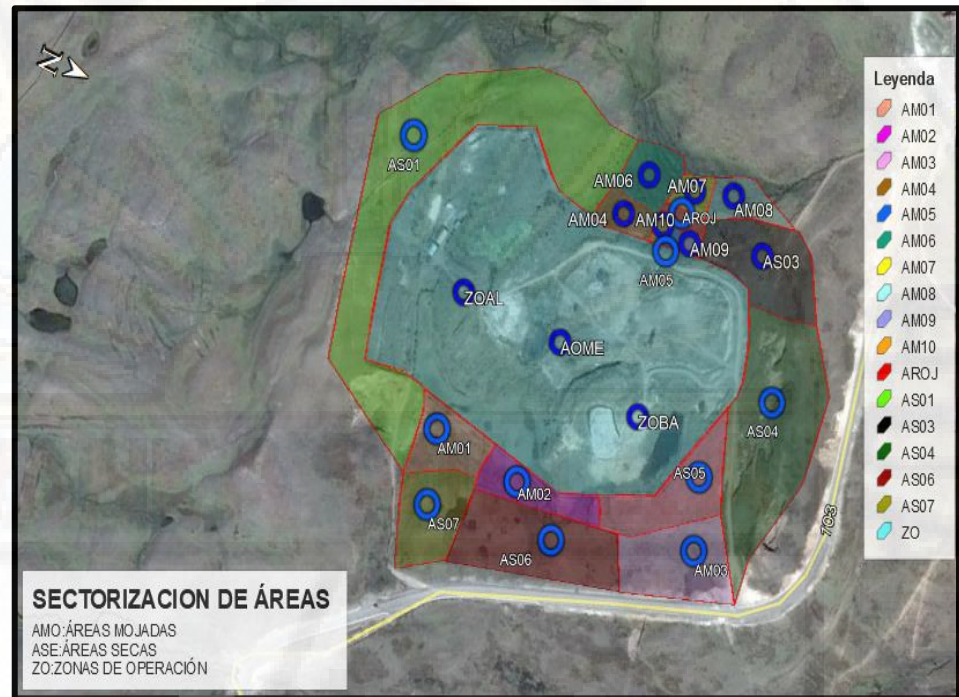


Figura 4. Sectorización de áreas para muestreo de suelo.
 Fuente: Elaborado en Google Earth

b. Técnica de Muestreo

La técnica aplicada fue para muestras superficiales, el cual según el Ministerio del Ambiente (2014), depende, entre otros, del objetivo del estudio, de las condiciones edáficas, meteorológicas, geológicas e hidrogeológicas en el sitio, la profundidad y accesibilidad de la contaminación en estudio y de los requerimientos analíticos acerca de la cantidad y calidad de las muestras, una de las técnicas alternativas para la toma de muestras superficiales puede ser hoyos o zanjas.

Se consideró este tipo de muestra puesto que según el Ministerio del Ambiente (2014), recomienda en particular la toma de muestras superficiales compuestas para la evaluación de riesgos a la salud humana (p.e. cuando se tiene un contacto directo) o para la flora y fauna. En estos casos se recomienda un muestreo bidimensional, es decir, la toma de sub-muestras en un área y una capa determinada y unir las sub-muestras

individuales en una muestra compuesta, teniendo en considerar lo anterior, se realizó la sectorización de las áreas, considerando finalmente 20 áreas de muestreo diez (11) áreas mojadas o húmedas, seis (06) áreas secas y tres (03) zonas de operación.

c. Determinación de puntos de muestreo

La distribución de las áreas de muestreo en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra, fue realizado en base a lo indicado por el Ministerio del Ambiente (2014), puesto que la determinación de puntos fue basada de acuerdo a la áreas de potencial interés en función a la probabilidad de encontrar contaminación.

Por lo que se continuó considerando lo indicado por el Ministerio del Ambiente (2014), se identificó aquellas áreas que presenten una distribución similar en cuanto a la contaminación (zonas con afectación localizada y zonas en las que se sospeche afectación no localizada); así el esfuerzo se debe centrar en las áreas donde haya mayor incertidumbre o mayor probabilidad de existencia de contaminantes y en la que la variabilidad de la distribución de la contaminación sea mayor.

d. Número mínimo de puntos para muestra compuesta

Para el muestreo de fondo se consideró un mínimo de tres puntos de muestreo en áreas homogéneas con características orográficas, geológicas, climáticas y de vegetación similares; con la finalidad de obtener muestras compuestas.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas empleadas fueron los siguientes:

- **Observación:** Se define como una técnica de recolección de datos que permite acumular y sistematizar información sobre un hecho o fenómeno social que tiene relación con el problema que motiva la investigación. En la aplicación de esta técnica, el investigador registra lo observado, mas no

interroga a los individuos involucrados en el hecho o fenómeno social; es decir, no hace preguntas, orales o escrita, que le permitan obtener los datos necesarios para el estudio del problema (Chávez de Paz, 2008).

Se empleó esta técnica para los aspectos cualitativos y cuantitativos de las condiciones físicas tales como unidades de color, estructura del suelo, porosidad, el desarrollo radicular, pH del suelo, asimismo se aplicó esta técnica para los trabajos que se realizarán en el laboratorio.

Por lo que se aplicó la observación según el lugar de ocurrencia de la observación tanto campo y laboratorio (Puebla, Colmenarejo, Alarcón, Pastellides, & López, 2010):

- a) **Observación de campo:** la observación se realiza en los lugares donde ocurren los hechos o fenómenos investigados.
- b) **Observación de laboratorio:** esta se entiende de dos maneras, o bien hace referencia a los lugares preestablecidos donde se realiza la observación, o bien a grupos humanos determinados para observar sus comportamientos.

- **El Fichaje:** Es una técnica auxiliar de todas las demás técnicas empleada en investigación científica; consiste en registrar los datos que se van obteniendo en los instrumentos llamados fichas, las cuales, debidamente elaboradas y ordenadas contienen la mayor parte de la información que se recopila en una investigación por lo cual constituye un valioso auxiliar en esa tarea, al ahorrar mucho tiempo, espacio y dinero (Atagua et al., s. f.).

Esta técnica se empleó para la recolección de información en campo (fichas de muestreo, cadena de custodia, etc.) y en el laboratorio (fichas técnicas).

Los instrumentos empleados fueron los siguientes:

a. Instrumentos de campo:

- Medidor de humedad.
- Termómetro digital.
- Balanza de campo.
- GPS.
- Tabla de Munsell.

b. Instrumentos de Laboratorio:

- Balanza analítica.
- Multiparámetro.
- Espectrofotómetro de absorción atómica y generador de hidruros.
- Digestor de muestras.
- Lámpara de cátodo hueco de Hg, Pb, Cr, Cd y As.

3.5.1. Procedimiento de recolección de datos

3.5.1.1 Recolección de datos de campo:

1. Asignación del responsable de muestreo:

En primer lugar, se asignó como responsable a los tesisistas, como responsables del muestreo.

2. Identificación de las áreas homogéneas para muestreo:

Como segunda tarea se realizó la identificación de las áreas homogéneas, previamente delimitadas en el perfil del proyecto de investigación, de la siguiente manera:

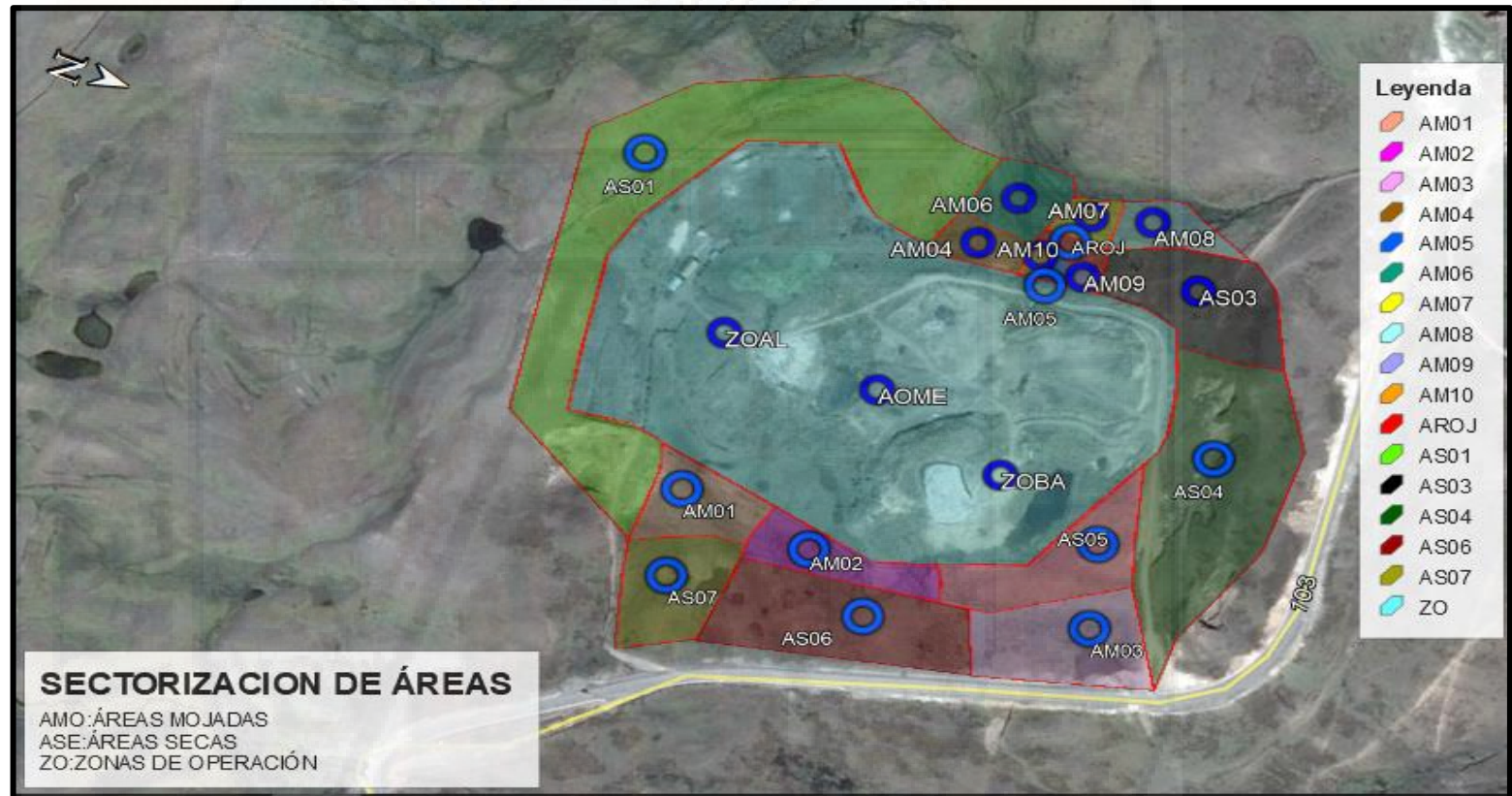


Figura 5. Sectorización en áreas para muestreo de suelo.

Fuente: Elaborado en Google Earth, 2018.

La delimitación se realizó de acuerdo a dos tipos de zonas: húmedas y secas, en total se tiene la siguiente proporción:

Tabla 4

Cantidad de zonas de distribución del área de influencia directa del botadero de Pampachara

Zonas de estudio		
Zonas húmedas		11 áreas
Zonas secas		6 áreas
Zona de operación	Alta	
	Media	3 áreas
	Baja	

Fuente: Elaboración propia.

3. Organización del levantamiento de campo:

Al momento de realizar el muestreo, se contó con el plano de sectorización realizado en gabinete, en el mismo se detalló las coordenadas de todos los puntos que se tomó, pero se definió en campo quedando de la siguiente manera:



Figura 6. Delimitación del área en estudio – área de influencia directa del botadero de Pampachacra.
Fuente: Elaborado en Google Earth, 2018.

Los puntos de delimitación fueron los siguientes:

Tabla 5
Puntos de sectorización para las zonas húmedas y secas en coordenadas UTM WGS84

Puntos	Este (m)	Norte (m)	Altitud (msnm)
P1	509686.47	8582406.74	4150
P2	509658.11	8582459.00	4144
P3	509607.18	8582658.13	4135
P4	509566.04	8582789.49	4131
P5	509517.58	8582787.24	4133
P6	509426.65	8582817.09	4131
P7	509334.39	8582815.07	4128
P8	509274.29	8582772.37	4131
P9	509214.00	8582740.00	4132
P10	509198.36	8582712.28	4130
P11	509181.34	8582668.37	4128
P12	509172.08	8582649.82	4136
P13	509174.42	8582638.22	4136
P14	509189.08	8582605.25	4137
P15	509191.00	8582571.23	4138
P16	509185.10	8582577.00	4138
P17	509185.34	8582534.79	4140
P18	509192.78	8582506.48	4141
P19	509192.06	8582468.94	4144
P20	509169.99	8582419.13	4149
P21	509175.04	8582372.72	4152
P22	509226.50	8582278.11	4161
P23	509292.59	8582222.23	4170
P24	509529.27	8582260.21	4176
P25	509598.37	8582379.50	4151

Fuente: Elaboración propia.

Una vez ya previstas las coordenadas se procedió a establecer el itinerario de las áreas de muestreo, siendo el orden de la siguiente manera:



Gráfico 7. Sentido de muestreo de suelo en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra.

Fuente: Elaborado en Google Earth.

Mientras se accedió al primer tramo, se rellenó los formularios y/o cadenas de custodia:

- a. Por lo que en primer lugar se navegó con el GPS, para ubicar el punto de inicio, según las coordenadas que fueron asignadas en gabinete para cada área, y asimismo se ubicó los tres puntos de monitoreo, se cada área resultando los siguientes como puntos definitivos:

Tabla 6
Puntos de muestreo de suelos en el área de influencia directa del botadero

Áreas sectorizadas	Puntos de muestreo	Norte (x) (m)	Este (y) (m)	Altitud (msnm)
ÁREAS MOJADAS	P1	509237	8582589	4140
	AROJ P2	509241	8582578	4140
	P3	509238	8582597	4140
	AM01 P1	509533	8582407	4141
	P2	509597	8582418	4144
	P3	509552	8582445	4141
	AM02 P1	509556	8582491	4143
	P2	509576	8582853	4143
	P3	509569	8582813	4143
	AM03 P1	509595	8582627	4142
	P2	509574	8582725	4144
	P3	509550	8582709	4144
	AM04 P1	509270	8582805	4142
	P2	509275	8582527	4143
	P3	509278	8582516	4143
	AM05 P1	509266	8582585	4143
	P2	509267	8582578	4141
	P3	509264	8582573	4142
	AM06 P1	509236	8582522	4142
	P2	509217	8582522	4142
	P3	509205	8582537	4142
	AM07 P1	509200	8582598	4138
	P2	509215	8582594	4138
	P3	509224	8582586	4139
	AM08 P1	509195	8582639	4136
	P2	509199	8582627	4137
	P3	509207	8582615	4133
	AM09 P1	509262	8582593	4143

ÁREAS SECAS	AM10	P2	509261	8582598	4144
		P3	509263	8582605	4142
		P1	509258	8582567	4143
	AS01	P2	509266	8582561	4139
		P3	509273	8582562	4139
		P1	509435	8582260	4171
	AS03	P2	509296	8582268	4168
		P3	509209	8582404	4155
		P1	509270	8582725	4145
	AS04	P2	509259	8582664	4139
		P3	509223	8582704	4139
		P1	509434	8582794	4140
	AS05	P2	509368	8582775	4135
		P3	509318	8582761	4147
		P1	509545	8582621	4146
	AS06	P2	509511	8582675	4150
		P3	509453	8582702	4148
		P1	509593	8582486	4142
ZONAS DE OPERACIÓN	AS07	P2	509605	8582556	4140
		P3	509599	8582539	4142
		P1	509660	8582420	4089
	ZOAL	P2	509619	8582428	4093
		P3	509582	8582439	4088
		P1	509314	8582470	4149
	ZOME	P2	509288	8582477	4147
		P3	509329	8582457	4154
		P1	509301	8582533	4147
	ZOBÁ	P2	509513	8582533	4150
		P3	509473	8582472	4148
		P1	509519	8582611	4149

Fuente: Elaboración Propia.

ARAJ: Área roja

AM: Área mojada.

AS: Área seca.

ZOA: Zona de operación alta.

ZOME: Zona de operación media.

ZOBÁ: Zona de operación baja

Debido a que el GPS tiene un rango de error entre 5-15m, la decisión final de ubicación se realizó con el apoyo del plano y se tomos los puntos mostrados en la tabla anterior, utilizando

como referencias la carretera, caminos, curvas de nivel u otros accidentes geográficos.

4. Descripción del levantamiento de campo:

a. Equipo y Materiales

- GPS (geoposicionador).
- Cinta métrica (50 m).
- Cámara fotográfica digital.
- Reloj.
- Machete y lima.
- Piocha (pico).
- Jalones con medida conocida.
- Libreta de campo.
- Tablero para portar formularios.
- Bolsas plásticas para los instrumentos de medición y formularios (bolsas ziplock).
- Mapas con la ubicación de las áreas de muestreo.
- Fichas de muestreo.
- Manual de campo.
- Formularios de campo.

b. Recurso Humano:

Al momento de realizar los muestreos, se contó con el siguiente equipo técnico de campo: los tesisistas y personales de apoyo. Por lo que fue necesario establecer claramente las responsabilidades de cada integrante del equipo, para aumentar la eficiencia del trabajo de campo.

Las responsabilidades asignadas fueron las siguientes:

- **El jefe del equipo (Tesisistas):** Fueron los responsables de organizar todas las fases del trabajo de campo, desde la

preparación hasta la recolección de datos. Quienes fueron responsables específicamente de:

- Analizar la ubicación de las áreas de muestreo y organizar el acceso a las áreas de muestreo.
 - Preparar el trabajo de campo: organizar los formularios de campo y los mapas.
 - Planificar el trabajo del equipo.
 - Cuidar la logística del equipo: organizar y obtener información sobre facilidades de alojamiento; contratar trabajadores locales.
 - Asegurar que los formularios de campo se llenan adecuadamente y que los datos recogidos sean fiables.
 - Organizar la seguridad de los trabajos de campo.
- **El asistente del jefe de equipo (Practicantes):** Tuvo las siguientes funciones:
- Ayudar al jefe de equipo en la realización de sus tareas.
 - Tomar las mediciones, observaciones necesarias, muestras.
 - Asegurarse de que el material del equipo esté siempre completo y operativo.
- **Personal de Apoyo:** Se le asignó las siguientes responsabilidades:
- Ayudar a medir las distancias.
 - Ayudar a la excavación de los puntos de muestreo.
 - Abrir brechas.
 - Llevar el material.

5. Toma de muestra:

Una vez ya establecidas las áreas húmedas y secas, así como los puntos de monitoreo, tanto para la época seca y húmeda (cada uno en el mes en específico), se procedió a seguir los siguientes procedimientos:

a. Selección de los puntos de extracción de cada muestra.

Una vez ubicados las áreas homogéneas, se eligió el patrón de recorrido dentro de cada área homogénea:

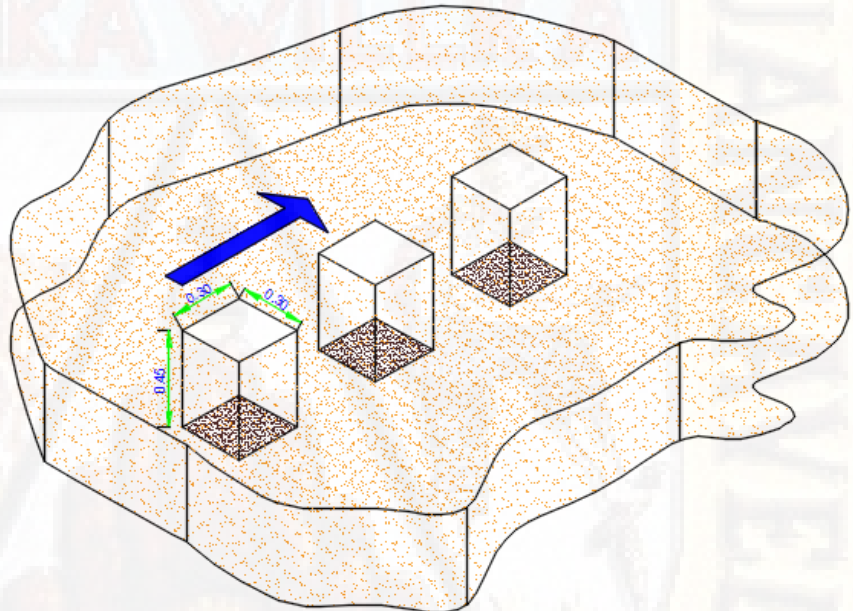


Figura 8. Patrón de recorrido para el muestreo.

Fuente: Elaboración propia.

Antes de efectuar la extracción de las submuestras, procediendo a limpiar cuidadosamente el área a muestrear de cualquier desecho o escombros superficial (ramas, piedras, residuos, etc.).

b. Número de submuestras.

Se realizó la toma de tres submuestras, una de cada hoyo, ello para conformar una muestra compuesta, puesto que dicha muestra representaría a cada área seleccionada.

c. Profundidad de muestreo.

Ya seleccionados los puntos de muestreo se procedió a excavar los hoyos, hasta una profundidad de 45 cm, ello de acuerdo a la guía de muestreo de suelos del Ministerio del Ambiente, puesto que el análisis que se está realizando es priorizando los más crítico que es un suelo agrícola:

Tabla 7
Profundidad del muestreo según el uso del suelo-MINAM

Usos del Suelo	Profundidad de Muestreo (Capas)
Suelo agrícola	0 - 30 cm (1) 30 - 60 cm
Suelo residencial/Parques	0 - 10 cm (2) 10 - 30 cm (3)
Suelo Comercial/Industrial (Extractivo)	0 - 10 cm (2)

Fuente: Guía de suelos del MINAM (2014).

d. Extracción de las submuestras.

Una vez retirado los residuos fuera de este, con una pala limpia se realizó un corte en el suelo en forma de V; sacar una porción de unos 5 cm de espesor a la profundidad de muestreo que se estableció, descartando los bordes mediante un corte con cuchillo. Luego se introdujo la Sub muestra en un recipiente grande y limpio (bolsa) desmenuzando los terrones, aproximadamente con un peso 500 gramos; lo mismo se realizó para los dos puntos de muestreo restantes por área, para de esa forma unirlos y realizar el siguiente procedimiento que es el cuarteo.

e. Cuarteo y obtención de la muestra compuesta.

Una vez obtenida la última submuestra, teniendo en cuenta que tengan un volumen similar todas las submuestras extraídas, se colocó sobre una lona o plástico limpio, y se procedió a mezclarlos y se dividió en cuatro partes iguales, una de las cuartas partes se tomó para realizar el mismo procedimiento, es decir se volvió a repetir el cuarteo, hasta llegar a un peso final de aproximadamente de 1 kg.

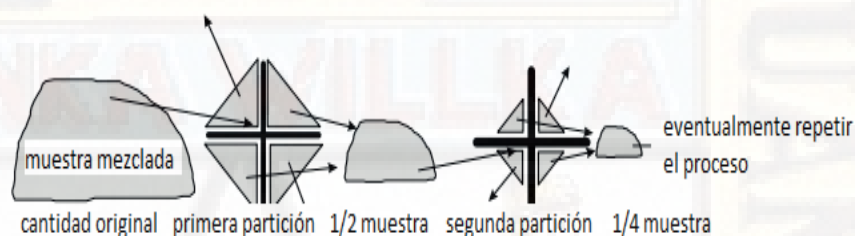


Figura 9. Forma de Cuarteo de muestra de suelo-MINAM (2014).

f. Embolsado e identificación de la muestra compuesta.

Embolsado:

Una vez extraída las muestras compuestas, este se introdujo en una bolsa ziplok y se colocó en un cooler.

Respecto a la muestra de mercurio se usó independiente un recipiente de vidrio especial, no se agregó ningún tipo de preservante.

Para ello se tuvo la siguiente consideración que el volumen del contenedor debe ser aproximadamente el mismo de la muestra, a fin de minimizar el espacio vacío (Ministerio del Ambiente, 2014).

Tabla 8

Consideraciones para material de muestreo por parámetro

Parámetro	Tipo de recipiente	Temperatura de preservación	Tiempo máximo de conservación
Cd	Bolsas de polietileno densa.	Sin restricciones	Sin restricciones.
As	Bolsas de polietileno densa.	Sin restricciones	Sin restricciones.
Hg	Frasco de vidrio con tapa de teflón que asegure la integridad de las muestras hasta su análisis	4° C.	14 días.
Cr	Bolsas de polietileno densa.	Sin restricciones	Sin restricciones.
Pb	Bolsas de polietileno densa.	Sin restricciones	Sin restricciones.
Conductividad eléctrica	Bolsas de polietileno	Sin restricciones	Sin restricciones
Textura	Bolsas de polietileno	Sin restricciones	Sin restricciones
Humedad	Bolsas de polietileno	Sin restricciones	Sin restricciones
Densidad aparente	Bolsas de polietileno	Sin restricciones	Sin restricciones
pH	Bolsas de polietileno	Sin restricciones	Sin restricciones
Temperatura	Bolsas de polietileno	Sin restricciones	Sin restricciones

Fuente: Guía de suelo del MINAM (2014).

Etiquetado

A cada bolsa de polietileno se colocó su respectiva etiqueta.

Ficha de Muestreo

Al momento de realizar la recolección de datos de campo, que incluyen condiciones climáticas, estructura de suelo, textura, color, se relleno la cadena de custodia.

g. Conservación y transporte de las muestras compuestas.

Una vez recolectadas todas las muestras de suelo, se colocó en un cooler para refrigerarlas durante todo el transporte hacia el laboratorio Central de la UNH.

h. Medición de parámetros de campo.

Una vez recolectadas las muestras de campo, se procedió a medir los parámetros a analizar in situ:

Tabla 9

Parámetros de campo analizados in situ

Parámetros	Evaluación		Equipo	Metodología	Unidades
Temperatura	Análisis situ	In	Termómetro de suelo	Método de electrodos	Celsius
Coloración o decoloración de suelo	Análisis situ	In	-	Cartas de color de Munsell (cromacidad)	Adimensional
Humedad	Análisis situ	In	-	Medidor de Humedad	%
Estructura del suelo	Análisis situ	In		Método de observación directa	Adimensional

Fuente: Guía de suelo del MINAM (2014).

- **Temperatura:**

Materiales:

- ✓ Termómetro de suelo.

Procedimiento:

1. Ubicamos los puntos para tomar la temperatura del suelo.
2. Posteriormente se introdujo el termómetro del suelo para leer la temperatura del suelo, a una profundidad de 5 cm, dejándolo ahí durante 3 minutos para que la medición se estabilice, se registran las temperaturas obtenidas.
3. Con un termómetro digital registramos la temperatura ambiental una única vez, y durante la captura de temperaturas del suelo.
4. Al terminar retiramos los termómetros.
5. Los datos obtenidos se plasmaron en las fichas de laboratorio.

- **Coloración del suelo**

Principio

La coloración de un suelo según Ibáñez, Blanquer, y Moreno (2017), se realiza por la comparación de éste con los diferentes patrones de color establecidos en las tablas Munsell. Las tablas Munsell son un sistema de notación de color basado en una serie de parámetros que nos permiten obtener una gama de colores que varían en función del matiz, brillo y croma.

Materiales y herramientas empleadas:

- Tabla de colores de Munsell.
- Muestra de suelo (in situ).

Procedimiento:

- 1) Se tomó in situ, una muestra de suelo ya cuarteado.

- 2) Posteriormente se mojó la pequeña muestra procediendo la identificación del color con la tabla de Munsell.
- 3) Finalmente, se obtuvo el color en comparación en la tabla de Munsell.

3.5.2. Recolección de datos en laboratorio:

Ya concluidas los procedimientos realizados en campo, se procedió al análisis en laboratorio, puesto que la investigación de basa específicamente en analizar los metales pesados en el suelo que son parámetros inorgánicos, asimismo ello conlleva a analizar ciertas propiedades del suelo como son los propiedades físico químicos y propiedades índices del suelo:

a. Parámetros Físicos:

Tabla 10

Cuadro de Parámetros fisicoquímicos del suelo

Parámetros	Evaluación	Equipo	Metodología	Unidades
Textura	Análisis en Laboratorio	-	Método por Sedimentación	Adimensional
pH	Análisis In situ	Multiparametro	Método de electrometría.	pH
Conductividad Eléctrica	Análisis In situ	Medidor de bolsillo de Conductividad Eléctrica	Método de electrodos	dS/m
Humedad	Análisis en laboratorio	Balanza analítica Horno de secado		%
Densidad aparente	Análisis en Laboratorio	Balanza analítica Horno de secado	Método de la parafina	gr/cm ³

Fuente: Guía para el Muestreo de Suelos / Ministerio del Ambiente. Dirección General de Calidad Ambiental (2010).

- **pH:**

Materiales y herramientas empleadas:

- Muestra de suelo.
- Balanza digital de campo.
- Vasos de precipitado de 100 ml.
- Pipeta de 10 ml.
- Piceta con agua destilada.
- Multiparámetro.
- Agua destilada.
- Solución amortiguadora de pH 7 y 4.
- Agitadores magnéticos.

Procedimiento:

- 1) Se pesó 1 g de suelo y se colocó en un vaso de precipitado de 100 ml.
- 2) Se agregó 10 ml de agua destilada.
- 3) Se agitó en un agitador eléctrico y se dejó reposar 10 minutos.
- 4) Se ajustó el potenciómetro con las soluciones amortiguadoras.
- 5) Pasados los 10 minutos, se midió el pH y a la vez la temperatura con el potenciómetro.

- **Conductividad eléctrica**

Materiales y herramientas empleadas:

- Muestra de suelo.
- Balanza digital de campo.
- Vasos de precipitado de 100 ml.
- Pipeta de 10 ml.
- Piceta con agua destilada.
- Multiparámetro.

- Agua destilada.
- Solución amortiguadora de pH 8.4 y 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Procedimiento:

- 1) Se pesó 1 g de suelo y colocarlo en un vaso de precipitado de 100 ml.
- 2) Se agregó 10 ml de agua destilada.
- 3) Se agitó con el agitador eléctrico y se dejó reposar 10 minutos.
- 4) Se ajustó el potenciómetro con las soluciones amortiguadoras.
- 5) Pasados los 10 minutos, se midió la conductividad eléctrica con el potenciómetro.

- **Humedad**

Principio

Según Reyes (2013) el principio de la humedad es definida como el contenido de agua en el suelo puede ser benéfico, pero en algunos casos también perjudicial. El exceso de agua en los suelos favorece la lixiviación de sales y de algunos otros compuestos; por lo tanto, el agua es un regulador importante de las actividades físicas, químicas y biológicas en el suelo:

Materiales y herramientas empleadas:

- Muestras de suelo.
- Balanza analítica.
- Espátula.
- Charolas o papel aluminio a peso constante.
- Estufa.

Procedimiento:

- 1) Para determinar la humedad de las muestras en primer lugar se pesó los sobres manillas, para disminuirlo después para hallar la humedad exacta.
- 2) Luego se pesó, pesos promedios de 500 g de muestra en sobres manilla de cada punto de muestreo a 35°C en un periodo de tiempo de 12 a 24 horas, dependiendo de la zona del que se extrajo.
- 3) Se sacó la muestra de la estufa y se colocó dentro de un desecador para que se enfríe.
- 4) Una vez fría se pesó la muestra con todos los sobres manila.
- 5) Finalmente se calculó la humedad del suelo por la diferencia de pesos.

Fórmula:

$$\% \text{ Humedad del suelo} = \frac{(\text{Peso inicial} - \text{Peso final})}{\text{Peso inicial}} * 100$$

• Textura

Principio

La textura es definida como la textura del suelo es la proporción relativa por tamaños de partículas de arena, limo y arcilla; las cuales al combinarse permiten categorizar al suelo en una de las 12 clases texturales (Fernandez Linares et al., 2006).

Método por Sedimentación:

Materiales:

- Agua oxigenada.
- Muestra de suelo.

- Vageta.
- Agitador/calentador eléctrico.
- Frasco Lavador.
- Probeta aforada de 1000 ml.
- Pipeta de 10 ml.

Procedimientos:

1. En primer lugar, de peso 20 gramos de cada muestra de suelo.
2. Posteriormente se colocó sobre un envase metálico al cual se le agregó 50 ml de agua destilada, y se inició a calentar sobre una estufa.
3. Una vez calentado la muestra de suelo, se le agregó agua oxigenada de 10 ml en 10 ml, hasta quemar toda la materia orgánica.
4. Finalmente se dejó enfriar y se colocó la muestra en una probeta de 1000 ml, se enrazo hasta 500 ml.
5. Finalmente se dejó en reposo por 24 horas y posterior a esto se registró los datos midiendo con una cinta métrica, las alturas de proporción de arena, limo y arcilla.
6. Con el triángulo de textura se determinó el tipo de suelo:

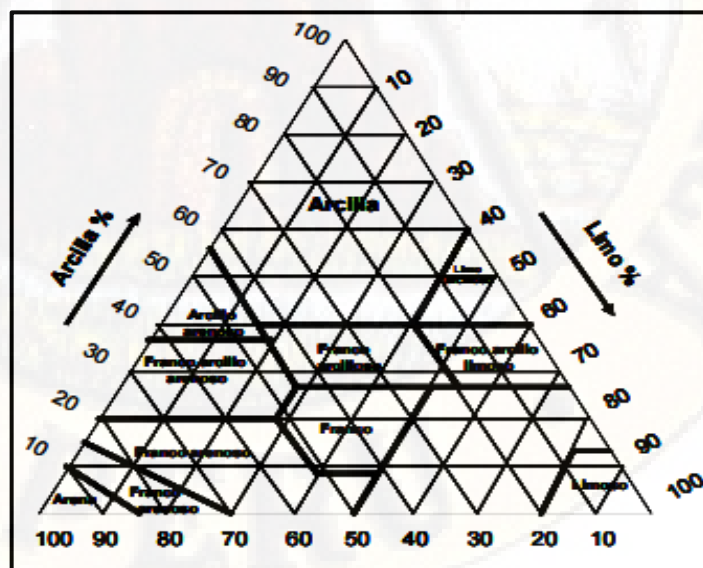


Figura 10. Triángulo Textural – USDA.

- **Estructura:**

Principio:

“La estructura se refiere a la agregación de partículas individuales del suelo para generar unidades de mayor tamaño conocidas como agregados o terrones y que son el resultado de procesos pedogenéticos (Ibáñez, Manuel Gisbert Blanquer, & Moreno Ramón, 2017)”.

Materiales y herramientas empleadas:

- Muestra de suelo

Procedimiento:

- 1) Se tomó una muestra de suelo y se determinó la estructura por el método de la observación.

- **Densidad aparente**

Principio

Según Gutiérrez (2010) la densidad aparente del suelo:

Es un buen indicador de propiedades importantes del suelo, como son: la compactación, porosidad, grado de aireación y capacidad de infiltración, lo que condiciona la circulación de agua y aire en el suelo, los procesos de establecimiento de las plantas (emergencia, enraizamiento) y el manejo del suelo, también afecta al crecimiento de las plantas debido al efecto que tienen la resistencia y la porosidad del suelo sobre las raíces. Con un incremento de la densidad aparente, la resistencia mecánica tiende a aumentar y la porosidad del suelo tiende a disminuir, con estos cambios limitan el crecimiento de las raíces a valores críticos.

Materiales:

- Parafina (vela)
- Hilo
- Parrilla Eléctrica
- Probeta de 500 ml.
- Vaso de Precipitado de 250 ml.
- Balanza analítica.
- Platillo de Aluminio.

Procedimientos:

1. Se seleccionó 2 terrones.
2. Posteriormente se secaron en la estufa (105°C ,15 minutos).
3. Luego de secarlo se pesó el terrón, para cada área de muestra se tomó 2 duplicados.
4. Antes de someterlo en baño de parafina se pesó el hilo.
5. Posteriormente se amarró el terrón con hilo.
6. Luego se pesó el terrón más el hilo.
7. Se sumergió el terrón en la parafina.
8. Después se pesó el terrón con hilo y parafina.
9. Luego se sumergió el terrón en agua.
10. Se procedió a notar el volumen desalojado.
11. Aplicamos la siguiente fórmula:

$$\text{Dap.} = \frac{\text{Peso de suelo seco (en gramos)}}{\text{Volumen total (cm}^3\text{)}}$$

Calculamos las relaciones gravimétricas; contenido de humedad, densidad húmeda, y densidad seca.

Calculamos las relaciones volumétricas; relación de vacíos, porosidad y grado de saturación.

b. Parámetros Inorgánicos:

Para la medición de los parámetros inorgánicos tales como Cd, Pb, Cr, Hg y As, se realizó en tres etapas bien diferenciados en ambas épocas tanto Lluvioso y Seco:

- Acondicionamiento de muestras de suelo y materiales.
- Digestión de Muestras.
- Lectura en el espectrofotómetro.

Etapas 1: Acondicionamiento de muestras de suelo y materiales:

1. Ya establecidos en el laboratorio con las muestras, lo primero que se realizó fue el secado de muestras, cada muestra se extrajo de las bolsas Ziploc y se colocó en sobres manila, antes de ellos se taró el sobre manila, y se pesó un promedio de 500 g de muestra de suelo de cada área.
2. Una vez realizado el pesado de muestras, se colocó en la estufa a unos 105° C por un periodo de 72 horas promedio, para el análisis de Cd, Pb y Cr.

Para el análisis del Hg y el As, se realizó el mismo procedimiento anterior, es decir se pesó un promedio de 500 g de todas las áreas, pero se sometió a un secado de menor temperatura a unos 35° C, debido a su estado de volatilización.

3. Posterior a ello, una vez secas todas las muestras de suelo, se dejó enfriar aproximadamente por una hora, y se pesó nuevamente para obtener la humedad del suelo.
4. Consiguiente, al observar que todas las muestras se encontraban en un estado de muy duro y no granulado, se procedió a moler y/o desmenuzar las muestras, hasta conseguir una muestra de suelo que pase por la malla

de 18 a 20 mm de diámetro, necesario e importante para digestar las muestras de suelo, para ello se empleó un mortero y el pilón; asimismo se empleó como medidas de protección personal, el uso mascarillas con válvulas de exhalación y lentes de seguridad, debido a la generación de material particulado.

Es preciso mencionar que, al tomar las muestra a una profundidad de 45 cm, se tenía presencia de raíces, las cuales se retiraron.

5. Una vez obtenidas las muestras finales, se guardó en otras bolsas herméticas, tanto para el grupo de metales (Cd, Pb, Cr) y para el (Hg y As).

Etapa 2: Digestión de muestras:

Los metales en estudio se digestaron en dos formas, por lo que se explica de la siguiente manera:

1. Digestión de muestras para los metales Cd, Pb y Cr, según la NORMA EPA 3050B:

Equipos:

- Campana extractora marca Qimis.
- Digestor de muestras Hotblock marca Enviromental Express.

Reactivos:

- HNO_3 1:1.
- HNO_3 concentrado.
- H_2O_2 al 30 % (V/V).
- HCl concentrado.
- Agua ultra pura.

Materiales:

- 02 und. Vaso precipitado de 50 ml.
- 01 und. Vaso precipitado de 200 ml.
- 04 und. Pipeta de 5 ml.
- Papel filtro.
- Papel toalla.
- 36 und de tubos de polipropileno, con tapa rosca.

- Crisol.
- Desecador.
- 36 und. De luna de reloj.

Procedimientos:

- a. Una vez culminado con la primera etapa, se selecciona los analitos.
- b. Se pesó 0.5 g de la muestra en tubos de digestión, previo a ello se debe de rotular, por lo que se rotuló todas las muestras de muestras de los 20 puntos de muestreo; a los 20 puntos se le consideró como muestras originales, seguidamente adecuadamente también se consideró 04 duplicados y blancos (son blancos aquellas muestras que no se le agregó muestra de suelo sino solo los reactivos):

- Original.
- Duplicado.
- Blanco, sin muestra (10% de las muestras).

Para la época seca (junio), se consideró duplicados para las muestras AMO02, AMO07, AS03 y ZOBA, 04 blancos intercaladamente entre todas las muestras; asimismo se consideró patrones de análisis.

Para la época Húmeda (Setiembre), se consideró duplicados para las muestras de AMO03, AMO06, ASO04 y ZOME, asimismo se consideró 4 blancos.

- c. Posteriormente se colocó en la porta muestras del Hotblock, y se añadió inmediatamente 5 ml 1:1 HNO_3 , y se dejó refluir por 10 minutos a 95°C , dejándola enfriar pasado el tiempo indicado. Previamente se debe de calentar el hotblock hasta una temperatura definida (95°C).

- Para preparar el 1:1 HNO_3 , se realizó lo siguiente:

Con una pipeta de 10 ml se midió 50 ml del ácido concentrado y se colocó en una fiola de 100 ml, finalmente se aforó con agua ultra pura hasta 100 ml.

- d. Una vez que haya enfriado las muestras, se añadió 2.5 ml de HNO_3 (Concentrado) y se dejó refluir en el Hotblock por 30 min.
- e. Se dejó refluir hasta evaporar a 5 ml, a una temperatura de 95 °C.
- f. Una vez que se observe ese volumen, se dejó reposar 30 minutos para que enfríe la muestra.
- g. Posteriormente se añadió 1 ml de agua y 1.5 ml al 30 % H_2O_2 , y nuevamente se colocó en el Hotblock a 95 °C, por un tiempo de 12 horas, hasta reducir a 2.5 ml.
- h. Una vez que se obtuvo dicho volumen, se añadió 5 ml $\text{HCl}_{(c)}$, se dejó refluir por 15 min y se dejó enfriar.
- i. Luego se aforó a 50 ml con agua ultra pura, agitándolo moderadamente.
- j. Finalmente se filtró todas las muestras, para ellos se empleó papel filtro y otros tubos de digestión debidamente rotulados, asimismo se empleó embudos al cual se introdujo el filtro y se colocó sobre el tubo polipropileno, y se esperó, que termine de filtrar.

2. Digestión de muestras para los metales Hg, según la NORMA EPA 245.5 para HOTBLOCK (Mercurio):

Equipos:

- Campana extractora de gases marca Qimis
- Digestor de muestras Hotblock Marca Enviromental Express, capacidad máxima $T=150^\circ\text{C}$

Reactivos:

- Agua regia.
- HCl concentrado.
- Agua ultra pura.

Materiales:

- 02 Und. Vaso precipitado de 50 ml.
- 01 Und. Vaso precipitado de 200 ml.
- 04 Und. Pipeta de 5 ml.
- Papel filtro.
- Papel Toalla.
- 36 Und. Tubos de polipropileno, con tapa rosca.
- Crisol.
- Desecador.
- 36 Und. Luna de reloj.

Procedimientos:

- a. Se pesó 0.5 g de suelo (tamizado).
- b. Posteriormente, se agregó 1.5 ml de agua ultra pura/1.5 ml de agua regia.

Preparado de Agua regia:

Concepto: El agua regia es la combinación del ácido nítrico con ácido clorhídrico, la combinación de ambos se realiza en una relación de 1:3.



Ejemplo: Para preparar 40 ml agua regia: Se agrega 10 ml de HNO_3 y 30 ml HCl.

- c. Consiguiente a ellos se colocó en el digestar, y se dio inicio a la digestión de las muestras en el Hotblock a 95°C por 2 min.
- d. Luego se dejó enfriar las muestras a T° ambiente.
- e. Se añadió 14.5 ml de agua ultra pura y 4.4 ml de Permanganato de Potasio al 5%. KM_2O_4 , grado ACS/PA (mercurio).
- f. Luego se digesto a 95°C por 30 minutos.
- g. Se dejó enfriar a temperatura ambiente.
- h. Para reducir el exceso de KM_2O_4 se agregó 2.5 ml de cloruro de hidroxilamina al 12%.
- i. Finalmente se adicionó 10 ml de agua destilada y 5 ml de cloruro

de estaño, y se dejó listo para analizar.

Preparado de Cloruro de estaño:

Preparamos al 10% de HCL:

- Agregamos 10g de Cloruro de estaño y 10 ml de HCl.
- Aforamos en una fiola de 100 ml con agua ultra pura.

3. Digestión de muestras para el As, según la NORMA EPA 245.5 para HOTBLOCK:

Para la determinación del arsénico, se empleó una alícuota de las muestras digestadas correspondiente al cadmio, plomo y cromo; por lo que se puede concluir que la digestión es la misma descrita en el ítem 1, pero adicionalmente se realiza una pre - reducción:

Materiales:

- Fiola de 100 ml.
- Papel toalla.
- Papel aluminio.

Reactivos:

- Yoduro de Potasio.
- Ácido Clorhídrico.

Procedimiento:

1. En primer lugar, preparamos Yoduro de potasio al 10% en peso, para ello pesamos 10 gr de yoduro de potasio, esta se disolvió en 100 ml de agua ultra pura, agitamos y lo conservamos.
2. Para iniciar con la pre reducción, agregamos 10 ml de muestra en tubos de digestión de polipropileno de 50 ml.
3. Agregamos 2.5 ml de la solución de yoduro de potasio, a este añadimos 2.5 ml de HCl.

4. Agitamos y dejamos por 30 minutos en reposo.
5. Finalmente aforamos a 20 ml.

Etapa 3: Lectura en el espectrofotómetro:

Para las lecturas de los metales pesados en estudio, también se realizó de dos formas generales, por espectrofotometría de absorción atómica por Flama (Cd, Pb y Cr) y por Generador de Hidruros (Hg y As).

1. Lectura de la concentración de metales pesados Cd, Pb y Cr, por Espectrofotometria de Absorción Atómica – Llama:

Para iniciar con la lectura de la concentración de los metales pesados en estudio, lo primero que se realizó fue la preparación de los estándares de calibración y el medio ácido:

Reactivos:

- Ácido Clorhídrico concentrado (medio).
- Agua ultra pura.
- Stock de Cd de 1000 ppm.
- Stock de Pb de 1000 ppm.

Materiales:

- 05 fioles de 50 ml.
- 01 fiola de 100 ml.
- Micropipeta de 10 – 100 ul.
- Micropipeta de 100 ul – 1000 ul.
- Puntas para micropipeta.
- Pipeta de 10 ml.
- Vaso precipitado de 25 ml.
- Vaso precipitado de 200 ml.
- Piseta.
- Bomba de succión.
- Papel toalla.

Equipos:

- Espectrómetro de absorción atómica marca Aurora.
- Acetileno.

- Gas Argón.
- Aire.

Preparación del medio ácido:

- a) El primer lugar se preparó un medio ácido de HCl al 10 % V/V en una fiola de 100 ml.
Para ello primero acondicionamos el área de trabajo, encendimos la campana extractora de gases, colocamos los reactivos que se va a emplear dentro de esta, así como los materiales necesarios, debidamente rotulados.
- b) Después de ello se inició con la preparación del medio ácido, para ello se agregó agua ultra pura en la fiola de 100 ml, aproximadamente 20 ml antes de verter el HCl (c).
- c) Luego tomamos un volumen pequeño de HCl(c) en un vaso precipitado de 25 ml para no contaminar el frasco de almacenamiento, seguidamente del volumen extraído medimos 10 ml con la pipeta de 10 ml y la vertemos en la fiola que contiene el agua ultra pura.
- d) Finalmente aforamos hasta 100 ml con agua ultra pura.

Preparación del estándar:

- a) En cuanto a los estándares se preparó en diferentes concentraciones al 0.5, 1, 2 y 5 ppm, en nuestro caso se preparó un estándar multiparámetro de dos metales Cd y Pb, los estándares del cromo se preparó por separado.
Para ello primero se acondicionó el área de trabajo, se encendió la campana extractora de gases, se colocó los reactivos a emplear dentro de esta, así como los materiales necesarios, debidamente rotulados.
- b) Rotulamos las fiolas de 50 ml.
- c) Para conocer la cantidad en volumen que se extrajo del stock de Cd y Pb: 1000 ppm, para cada una de las concentraciones de 0.5, 1, 2, y 5 ppm, se realizó el siguiente cálculo:

Para preparar un Estándar a 0.5 ppm, en un volumen de 50 ml, de un Stock de 1000 ppm de Cd, en medio ácido HCl al 10% (V/V), se calculó de la siguiente forma:

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$$

$$1000 * X = 0.5 * 50 \text{ ml}$$

$$X = 0.025 \text{ ml (25 ul)}$$

Por lo tanto, el volumen que se agregó del stock de Cd de 1000 ppm, en una fiola de 50 ml fue de 25 ul. Para Pb es la misma cantidad. Se repite el mismo procedimiento para las demás concentraciones, quedando de la siguiente forma.

Tabla 11

Concentraciones de los Estándares extraídas del Stock

MP*	Concentraciones de estándar (ppm)				
	Bk	0.5	1	2	5
Pb		25 ul	50 ul	100 ul	250 ul
Cd		25 ul	50 ul	100 ul	250 ul
Cr		25 ul	50 ul	100 ul	250 ul

Fuente: Elaboración Propia.

* MP: Metal pesado

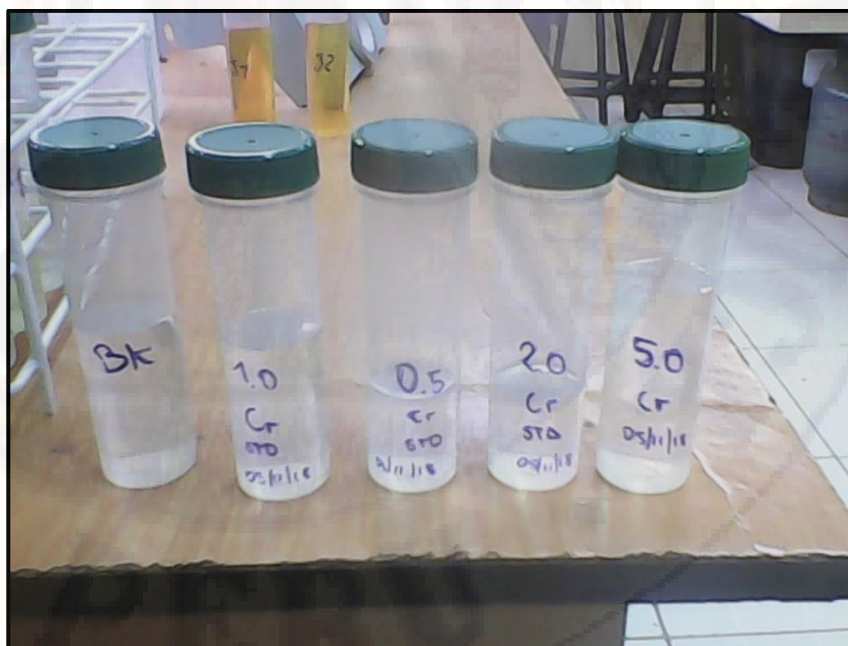


Figura 11. Estándares de cromo preparados a diferentes concentraciones.

- d) Los estándares de Cd y Pb, se preparó juntos en uno solo material, conformaron una misma solución.
- e) Una vez calculados los volúmenes a agregar, se midió con micropipeta el volumen de 25 ul de Cd, y lo vertemos en la fiola rotulada correspondiente, seguidamente medimos los 25 ul de Pb, los vertemos en la misma fiola donde se vertió los 25 ul del Stock de Cd.
- f) Se agregó agua ultra pura hasta cierto volumen.
- g) Seguidamente se agregamos 5 ml de HCL al 10 % (medio ácido).
- h) Aforamos con agua ultra pura hasta 50 ml.
- i) Finalmente tapamos los Estándares y los mezclamos sacudiéndolo cuidadosamente.
- j) Respecto al Bk, se agrega el medio ácido y agua ultra pura, hasta el mismo volumen.

Procedimientos de lectura:

1. Se ingresó al software del espectrofotómetro que es AI1300, configuramos con el combustible indicado, para el metal que se quiso medir, con respecto a los metales de Cd y Pb se empleó como combustible el Acetileno y como oxidante el aire; en cuanto al Cr se empleó el Argón como combustible y aire como oxidante, para este segundo metal se realizó el cambio de quemador.

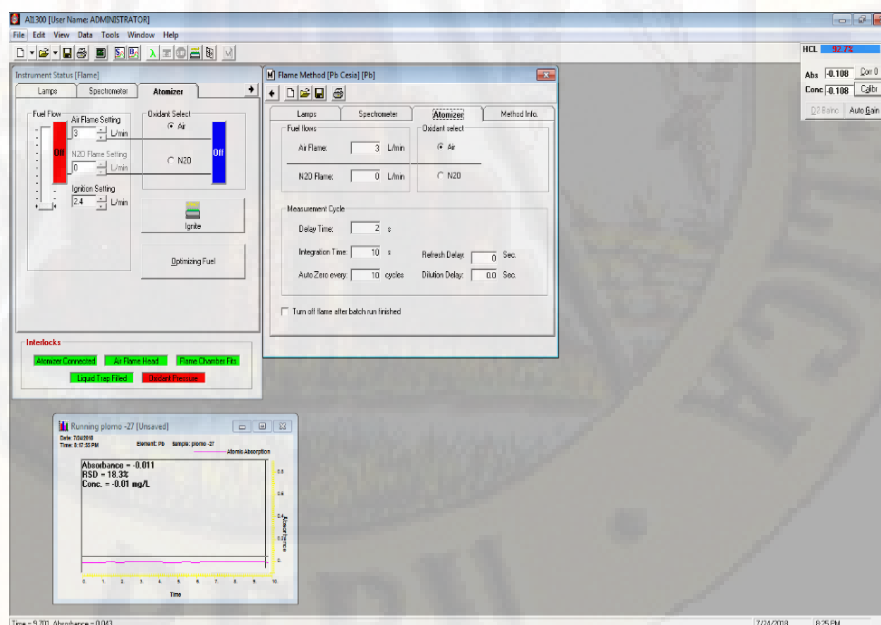


Figura 12. Configuración del programa AI1300.

2. Seguidamente se estabiliza la posición de la lámpara en el espectrofotómetro, para ello es necesario que el cuadro de la imagen anterior esquina superior derecha, donde indica HCL, debe estar del 70 al 80%, ello nos indica que la radiación que emite el metal se está dando de manera correcta, hacia el otro lente que se encuentra al otro extremo, para ello se activa flama.



Figura 13. Encendido y calibración de la lámpara de cátodo del metal.

Previo a lo anterior se configuró la posición de la lámpara de cátodo, asimismo se introdujo algunas características tales como corriente, longitud de onda, voltaje, etc., datos necesarios para que al momento de la lectura reconozca al metal que quiera medir en la muestra digestada de suelo.

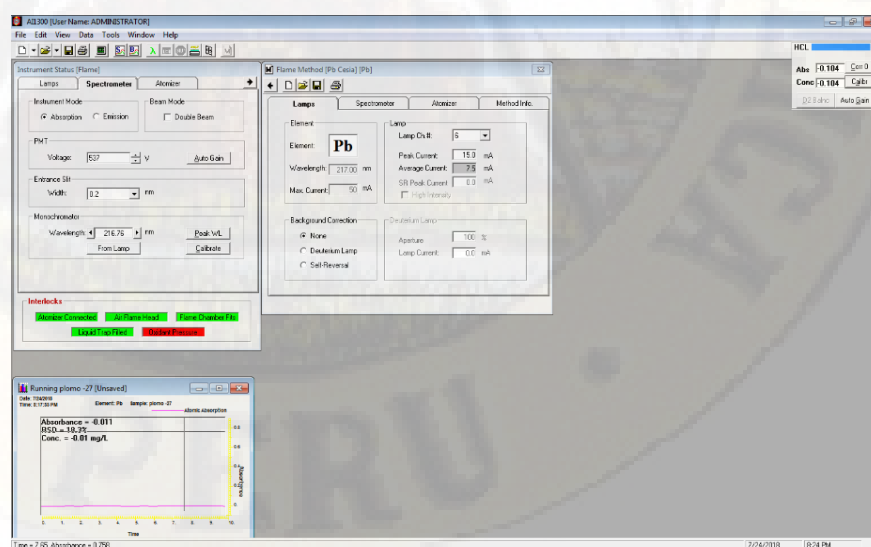


Figura 14. Configuración de las características del metal.

- Ingresamos la cantidad de estándares y muestras analizarse.

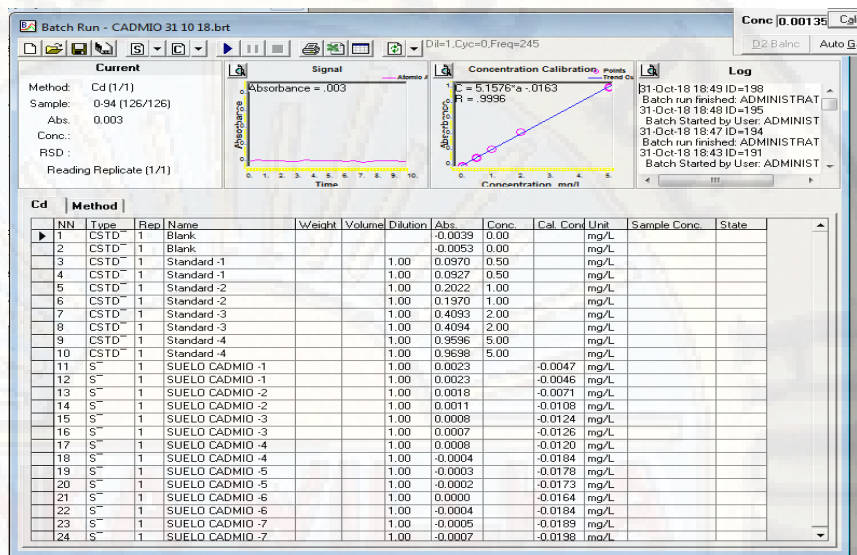


Figura 15. Configuración de la cantidad de estándares y muestras empleados.

- Primero formamos la curva de calibración, con los estándares, se realizó varias pruebas para formar la curva de calibración, puesto que se debe de obtener una $R > 95\%$; para asegurar la confiabilidad de los metales medidos.

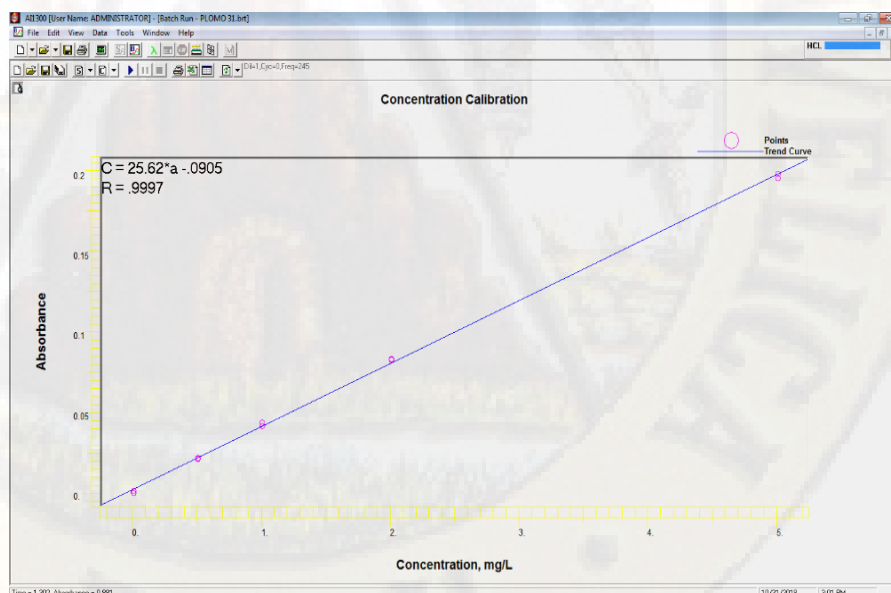


Figura 16. Curva de Calibración de los Estándares.

5. Seguidamente traspasamos lo que nos muestra el cuadro de información, en el método a aplicar con la que se trabajará durante todo el corrido.
6. Previa al análisis de las muestras digestadas se realizó la comprobación de los patrones empleados, asimismo seguidamente se comprobó que uno de los estándares al momento de lecturarla se encuentre dentro la concentración a la cual fue preparada.



Figura 17. Comprobación del equipo mediante lectura de patrones empleados.

7. Una vez verificados la concentración de estos, se prosiguió a la lectura de todos los analitos.

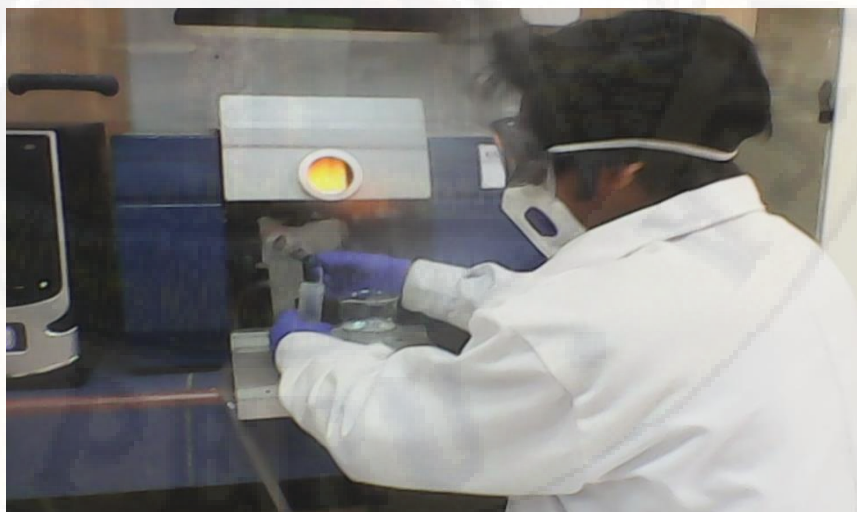


Figura 18. Lectura de los analitos en el espectrofotómetro de absorción metálica.

8. Obteniendo los siguientes resultados que se muestra en la siguiente fotografía:

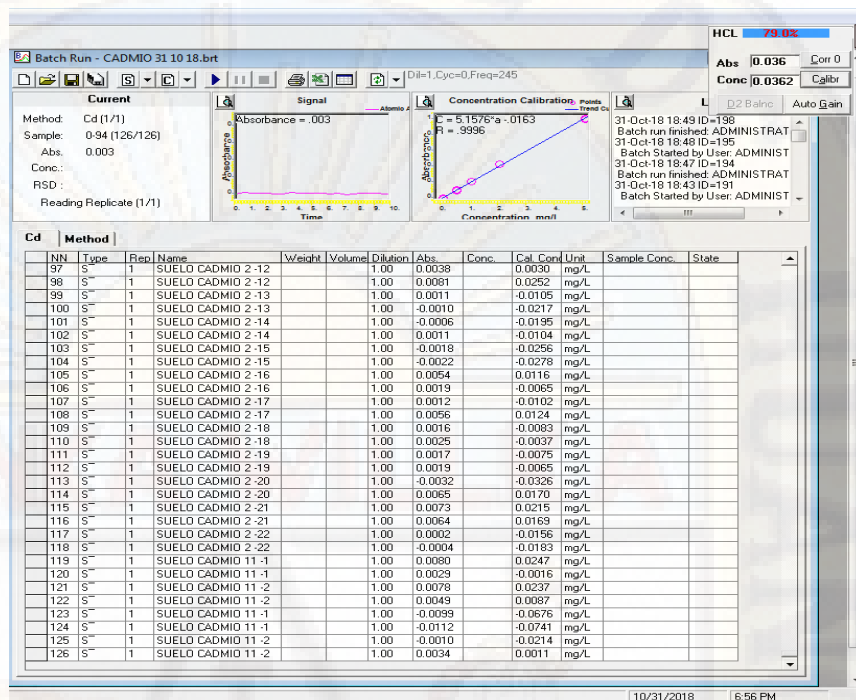


Figura 19. Resultados finales de la concentración de metales leídos en el espectrofotómetro.

9. Una vez obtenidos los valores calculamos la concentración del metal según la siguiente fórmula:

$$X_{ppm} = \frac{\text{Lectura en el EAA (ppm)} * \text{Volumen (ml)}}{\text{Peso de la muestra (g)}}$$

$$X_{ppm} = ?$$

2. Lectura de la concentración de metales pesados Hg, por Espectrofotometría de Absorción Atómica – Generador de Hidruro:

Para iniciar con la lectura de la concentración de los metales Hg, lo primero que se realizó fue la preparación de los estándares de calibración y las soluciones complementarias tales como NaBH₄ (Borohidruro de Sodio) y ácido clorhídrico al 10%:

Reactivos:

- Ácido Clorhídrico concentrado (medio).
- Agua ultra pura.
- Stock de Hg de 1000 ppm.

Materiales:

- 05 fioles de 50 ml.
- 01 fiola de 100 ml.
- Micropipeta de 10 – 100 ul.
- Micropipeta de 100 ul – 1000 ul.
- Puntas para micropipeta.
- Pipeta de 10 ml.
- Vaso precipitado de 25 ml.
- Vaso precipitado de 200 ml.
- Piseta.
- Bomba de succión.
- Papel toalla.

Equipos:

- Espectrómetro de absorción atómica Aurora.
- Generador de Hidruro.
- Acetileno.
- Gas Argón.
- Aire.

Elementos de Protección Personal:

- Gorra de protección.
- Guantes de nitrilo.
- Lentes de seguridad.
- Mascarilla con válvula de exhalación.
- Guardapolvo.

Preparación del medio ácido:

- a) El primer lugar se preparó un medio ácido de HCl al 10 % V/V en una fiola de 100 ml.

Para ello primero acondicionamos el área de trabajo, encendimos la campana extractora de gases, colocamos los reactivos que se va

- a emplear dentro de esta, así como los materiales necesarios, debidamente rotulados.
- b) Después de ello se inició con la preparación del medio ácido, para ello se agregó agua ultra pura en la fiola de 100 ml, aproximadamente 20 ml antes de verter el HCl _(c).
 - c) Luego tomamos un volumen pequeño de HCl _(c) en un vaso precipitado de 25 ml para no contaminar el frasco de almacenamiento, seguidamente del volumen extraído medimos 10 ml con la pipeta de 10 ml y la vertemos en la fiola que contiene el agua ultra pura.
 - d) Finalmente aforamos hasta 100 ml con agua ultra pura.

Preparación del estándar:

- a) En cuanto a los estándares se preparó en diferentes concentraciones al 1ppb, 2 ppb, 5ppb y 10 ppb, en este caso se preparó un estándar mono elemental.

Para ello primero se acondicionó el área de trabajo, se encendió la campana extractora de gases, se colocó los reactivos a emplear dentro de esta, así como los materiales necesarios, debidamente rotulados; asimismo se verificó que el uso de las indumentarias necesarias para la lectura.

- b) Para ello primero se preparó una solución intermedia de 1 ppm de Hg, cada una por separado.
- c) Posteriormente se extrajo alícuotas de la solución intermedia en las fiolas rotulada de 50 ml, para obtener concentraciones de 1ppb, 2 ppb, 5ppb y 10 ppb.

Para preparar un Estándar a 1 ppb, en un volumen de 50 ml, de una solución intermedia de 1 ppm de Hg, en medio ácido HCl al 10% (V/V), se calculó de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}C_1 * V_1 &= C_2 * V_2 \\1000 * X &= 1 * 50 \text{ ml} \\X &= 0.05 \text{ ml (50 ul)}\end{aligned}$$

Por lo tanto, el volumen que se agregó de la solución intermedia de 1 ppm de Hg respectivamente, fue de 50 ul para 1 ppb. Se repite el mismo procedimiento para ambos metales quedando de la siguiente forma:

Tabla 12

Concentración de estándares preparados del Stock para mercurio

MP	Concentraciones (ppb)				
	Bk	1	2	5	10
Hg		50 ul	100 ul	250 ul	500 ul

Fuente: Elaboración Propia.

*MP: Metal pesado



Figura 20. Estándares preparados a diferentes concentraciones de mercurio.

- d) Una vez calculados los volúmenes a agregar, se midió con micropipeta el volumen de 50 ul de Hg, y lo vertemos en la fiola rotulada correspondiente.
- e) Se agregó agua ultra pura hasta cierto volumen.
- f) Seguidamente se agregamos 5 ml de HCL al 10 % (medio ácido).
- g) Aforamos con agua ultra pura hasta 50 ml.
- h) Finalmente tapamos los Estándares y los mezclamos sacudiéndolo cuidadosamente.
- i) Respecto al Bk, se agrega el medio ácido y agua ultra pura, hasta el mismo volumen.

Procedimientos de lectura:

1. Para la lectura de Hg, primero se realiza la calibración del generador de Hidruros de la siguiente manera:

Tabla 13

Cantidad de Mixeres empleados para la determinación de la concentración de mercurio

Mixeres empleados para la determinación del Hg
Mixer 1: Mixer por donde ingresa la muestra
Mixer 2: Mixer por donde ingresa el reductor
Mixer 3: Mixer por donde sale el drenaje.

Fuente: Elaboración propia.

2. Se ingresó al software del espectrofotómetro que es AI1300, configuramos con el combustible indicado, para el metal que se quiso medir, con respecto a los metales de As se empleó como combustible el Argón y como oxidante el aire.

10. Seguidamente se estabiliza la posición de la lámpara en el espectrofotómetro, para ello es necesario que el cuadro de la imagen anterior esquina superior derecha, donde indica HCL, debe estar del 70 al 80%, ello nos indica que la radiación que emite el metal se está dando de manera correcta, hacia el otro lente que se encuentra al otro extremo, y que la celda de cuarzo se encuentra en una posición correcta.

Previo a lo anterior se configuró la posición de la lámpara de cátodo, asimismo se introdujo algunas características tales como corriente, longitud de onda, voltaje, etc., datos necesarios para que al momento de la lectura reconozca al metal que se quiera medir en la muestra digestada de suelo.

11. Ingresamos la cantidad de estándares y muestras analizarse.

Primero formamos la curva de calibración, con los estándares, se realizó varias pruebas para formar la curva de calibración, puesto que se debe de obtener una $R > 95\%$; para asegurar la confiabilidad de los metales medidos.

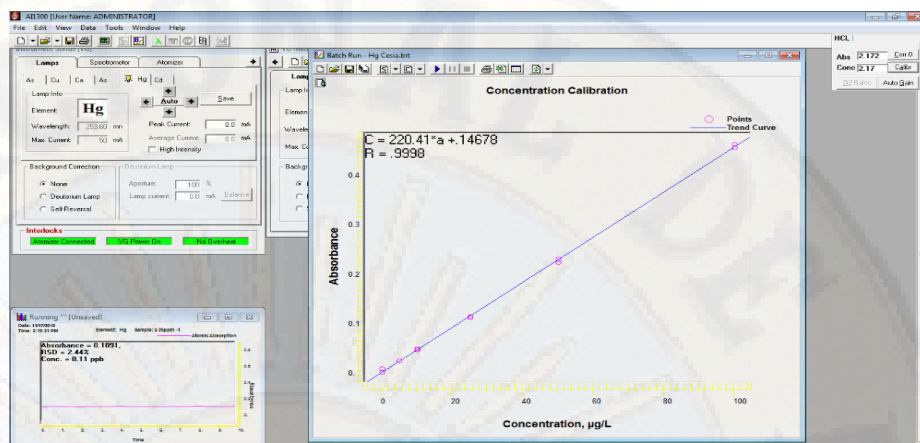


Figura 21. Curva de Calibración para el mercurio.

12. Seguidamente traspasamos lo que nos muestra el cuadro de información, en el método a aplicar con la que se trabajará durante todo el corrido.
13. Previa al análisis de las muestras digestadas se realizó la comprobación de los patrones empleados, asimismo seguidamente se comprobó que uno de los estándares al momento de leerla se encuentre dentro la concentración a la cual fue preparada.
14. Una vez verificados la concentración de estos, se prosiguió a la lectura de todos los analitos.
15. Obteniendo así los siguientes resultados que se muestra en la siguiente fotografía:

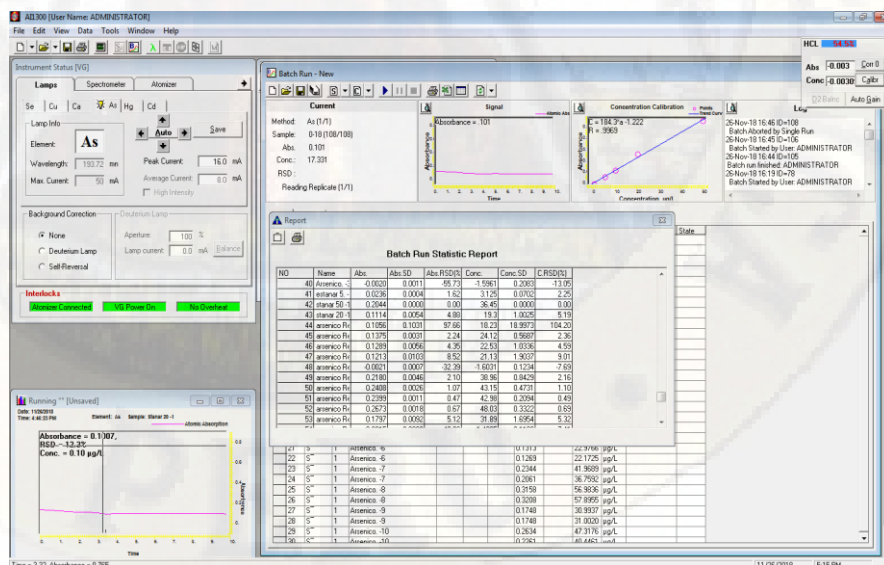


Figura 22. Resultados de la concentración de mercurio.

16. Una vez obtenidos los valores calculamos la concentración del metal según la siguiente formula:

$$X_{ppm} = \frac{\text{Lectura en el EAA (ppm)} * \text{Volumen (ml)}}{\text{Peso de la muestra (g)}}$$

$$X_{ppm} = ?$$

3. Lectura de la concentración de metales pesados As, por Espectrofometría de Absorción Atómica – Generador de Hidruro:

De igual forma que se hizo para el mercurio, lo primero que se realizó fue la preparación de los estándares de calibración y las soluciones complementarias tales como NaBH₄ (Borohidruro de Sodio) y ácido clorhídrico al 10%:

Reactivos:

- Ácido Clorhídrico concentrado (medio).
- Agua ultra pura.
- Stock de As de 1000 ppm.
- Yoduro de potasio.

Materiales:

- 05 fioles de 50 ml.
- 01 fiola de 100 ml.
- Micropipeta de 10 – 100 ul.
- Micropipeta de 100 ul – 1000 ul.
- Puntas para micropipeta.
- Pipeta de 10 ml.
- Vaso precipitado de 25 ml.
- Vaso precipitado de 200 ml.
- Piseta.
- Bomba de succión.
- Papel toalla.

Equipos:

- Espectrómetro de absorción atómica Aurora.
- Generador de Hidruro.
- Acetileno.
- Gas Argón.
- Aire.

Elementos de Protección Personal:

- Gorra de protección.
- Guantes de nitrilo.
- Lentes de seguridad.
- Mascarilla con válvula de exhalación.
- Guardapolvo.

Preparación del medio ácido:

- e) El primer lugar se preparó un medio ácido de HCl al 10 % V/V en una fiola de 100 ml.

Para ello primero acondicionamos el área de trabajo, encendimos la campana extractora de gases, colocamos los reactivos que se va a emplear dentro de esta, así como los materiales necesarios, debidamente rotulados.

- f) Después de ello se inició con la preparación del medio ácido, para ello se agregó agua ultra pura en la fiola de 100 ml, aproximadamente 20 ml antes de verter el HCl (c).
- g) Luego tomamos un volumen pequeño de HCl (c) en un vaso precipitado de 25 ml para no contaminar el frasco de almacenamiento, seguidamente del volumen extraído medimos 10 ml con la pipeta de 10 ml y la vertemos en la fiola que contiene el agua ultra pura.
- h) Finalmente aforamos hasta 100 ml con agua ultra pura.

Preparación del estándar:

- j) En cuanto a los estándares se preparó en diferentes concentraciones al 1ppb, 2 ppb, 5ppb y 10 ppb.

Para ello primero se acondicionó el área de trabajo, se encendió la campana extractora de gases, se colocó los reactivos a emplear dentro de esta, así como los materiales necesarios, debidamente rotulados; asimismo se verificó que el uso de las indumentarias necesarias para la lectura.

- k) Para ello primero se preparó una solución intermedia de 1 ppm de As.

- l) Posteriormente se extrajo alícuotas de la solución intermedia en las fioles rotulada de 50 ml, para obtener concentraciones de 1ppb, 2 ppb, 5ppb y 10 ppb.

Para preparar un Estándar a 1 ppb, en un volumen de 50 ml, de una solución intermedia de 1 ppm de As, se calculó de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}C_1 * V_1 &= C_2 * V_2 \\1000 * X &= 1 * 50 \text{ ml} \\X &= 0.05 \text{ ml (50 ul)}\end{aligned}$$

Por lo tanto, el volumen que se agregó de la solución intermedia de 1 ppm de As y Hg respectivamente, fue de 50 ul para 1 ppb. Se repite el mismo procedimiento para ambos metales quedando de la siguiente forma:

Tabla 14

Concentración de estándares preparados del Stock para arsénico

MP	Concentraciones de estándares (ppb)				
	Bk	1	2	5	10
As		50 ul	100 ul	250 ul	500 ul

Fuente: Elaboración Propia.

* MP: Metal pesado

- m) Una vez calculados los volúmenes a agregar, se midió con micropipeta el volumen de 50 ul de As, y lo vertimos en la fiola, es importante mencionar que a los estándares también se debe de aplicar todos los procedimientos aplicados a las muestras digestadas, por lo que se procedió ha agregar 2.5ml de KI (Yoduro de potasio al 10%) y 2.5 ml de HCl_(c).
- n) Dejamos reposar por un periodo de 30 minutos y finalmente aforamos hasta 20 ml.
- o) Finalmente tapamos los Estándares y los mezclamos sacudiéndolo cuidadosamente.
- p) Respecto al Bk, se agregó los mismos reactivos que a los estándares.

Preparación de solución de Borohidruro de sodio:

1. Para preparar la solución de borohidruro de sodio, se pesó 1 gr de Borohidruro de sodio es decir (1%) y 0.5 gr de hidróxido de sodio (0.5%), agregándolo en un volumen en una fiola de 100 ml.
2. Para disolverlo agregamos agua ultra puo hasta cierto volumen, y aforamos finalmente hasta 100 ml.

Preparación del medio ácido:

1. Preparamos ácido clorhídrico (HCl) al 20% en volumen, para lo cual se agregó 20 ml de HCl_(c), en una fiola de vidrio de 100 ml, aforamos hasta 100 ml con agua ultra pura.

Procedimientos de lectura:

1. Para la lectura de concentración de arsénico en las muestras primero se realiza la calibración del generador de Hidruros de la siguiente manera:

Tabla 15

Cantidad de Mixeres empleados para la determinación de la concentración de Arsénico

Mixeres empleados para la determinación del As
Mixer 1: Mixer por donde ingresa la muestra
Mixer 2: Mixer por donde ingresa el reductor
Mixer 3: Mixer por donde ingresa el ácido.
Mixer 4: Mixer por donde sale el drenaje.

Fuente: Elaboración Propia.

3. Se ingresó al software del espectrofotómetro que es AI1300, configuramos con el combustible indicado, con respecto al As se empleó como combustible el Argón y como oxidante el aire.
17. Seguidamente se estabilizó la posición de la lampara en el espectrofotómetro, para ello fue necesario que el cuadro de la imagen anterior esquina superior derecha, donde indica HCL, se encuentre entre 70 al 80%, ello nos indica que la luz que emite el metal se está dando de manera correcta, hacia el otro lente que se

encuentra al otro extremo, y que la celda de cuarzo se encuentra en una posición correcta.

Previo a lo anterior se configuró la posición de la lámpara de cátodo, asimismo se introdujo algunas características tales como corriente, longitud de onda, voltaje, etc., datos necesarios para que al momento de la lectura reconozca al metal que quiera medir en la muestra digestada de suelo.

18. Ingresamos la cantidad de estándares y muestras analizarse.

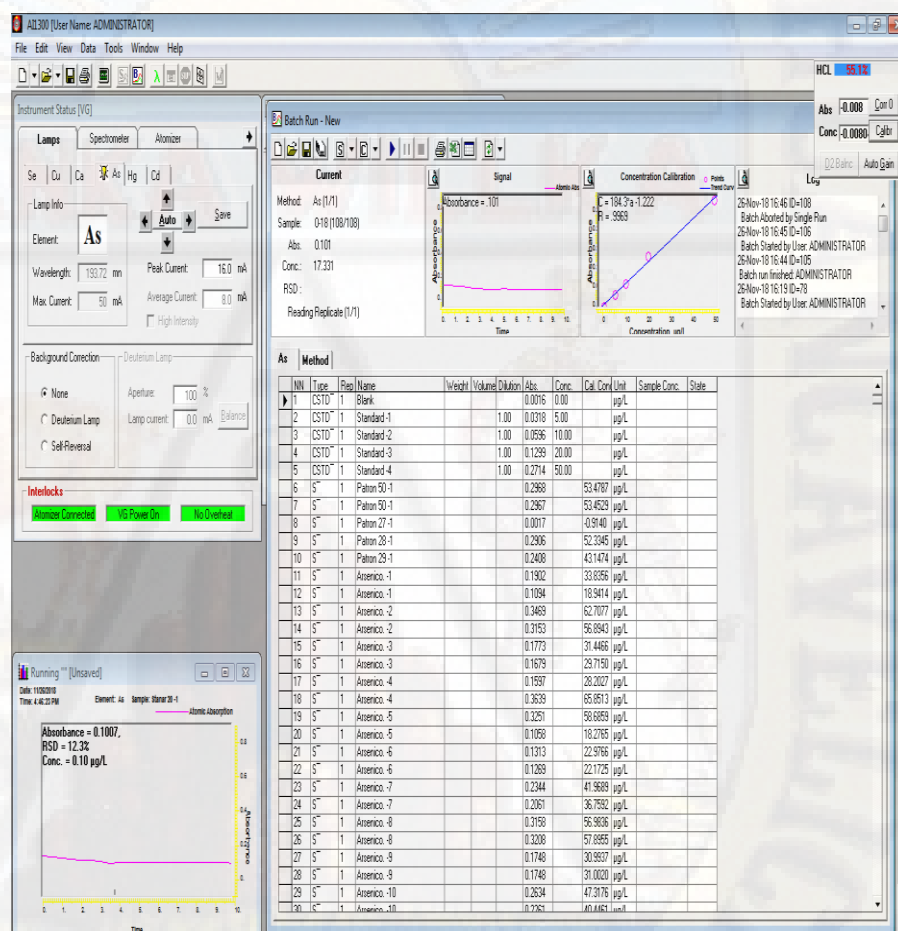


Figura 23. Introducción de la cantidad de Estándares y muestras a analizarse arsénico.

19. Primero formamos la curva de calibración, con los estándares, se realizó varias pruebas para formar la curva de calibración, puesto que se debe de obtener una $R > 95\%$; para asegurar la confiabilidad de los metales medidos.

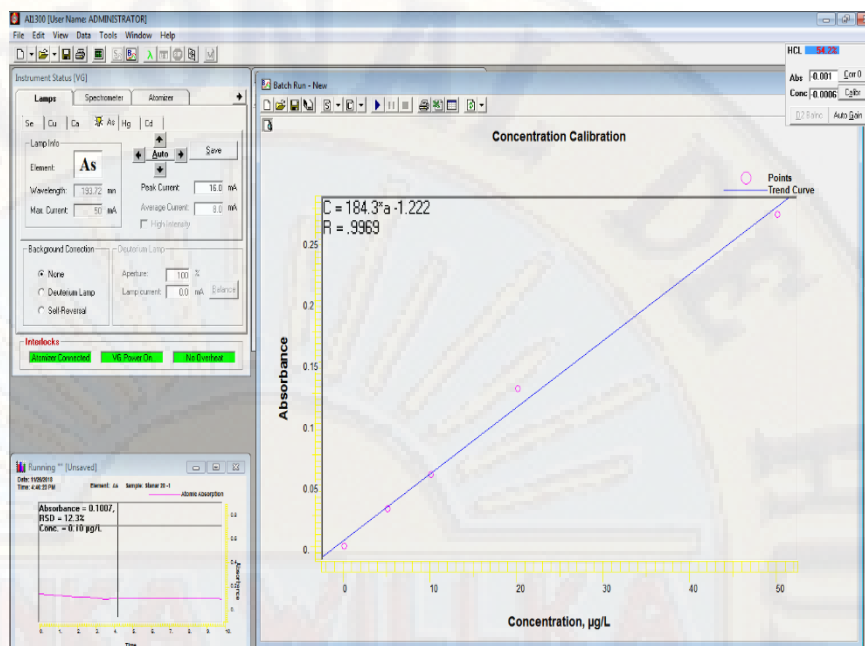


Figura 24. Curva de Calibración para arsénico.

20. Seguidamente traspasamos lo que nos muestra el cuadro de información, en el método a aplicar con la que se trabajará durante todo el corrido.
21. Previa al análisis de las muestras digestadas se realizó la comprobación de los patrones empleados, asimismo seguidamente se comprobó que uno de los estándares al momento de la lectura se encuentre dentro la concentración a la cual fue preparada.

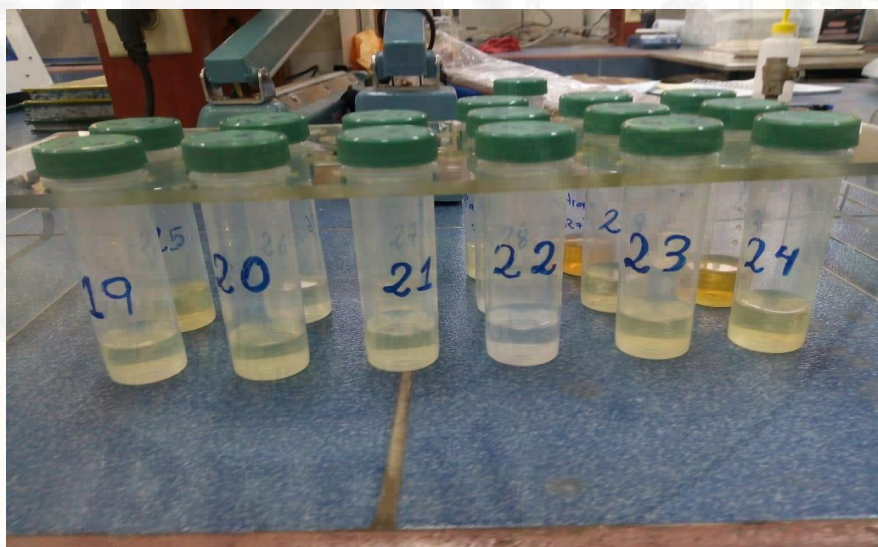


Figura 25. Muestras digestadas para arsénico

22. Una vez verificados la concentración de estos, se prosiguió a la lectura de todos los analitos, para ellos se cuenta con vasos precipitados que contienen los medios preparados, puesto que estos ingresan hacia la celda de cuarzo, mediante los mixeres del generador de hidruro.



Figura 26. Generador de Hidruros para la determinación de arsénico y mercurio

23. Obteniendo los siguientes resultados que se muestra en la siguiente imagen:

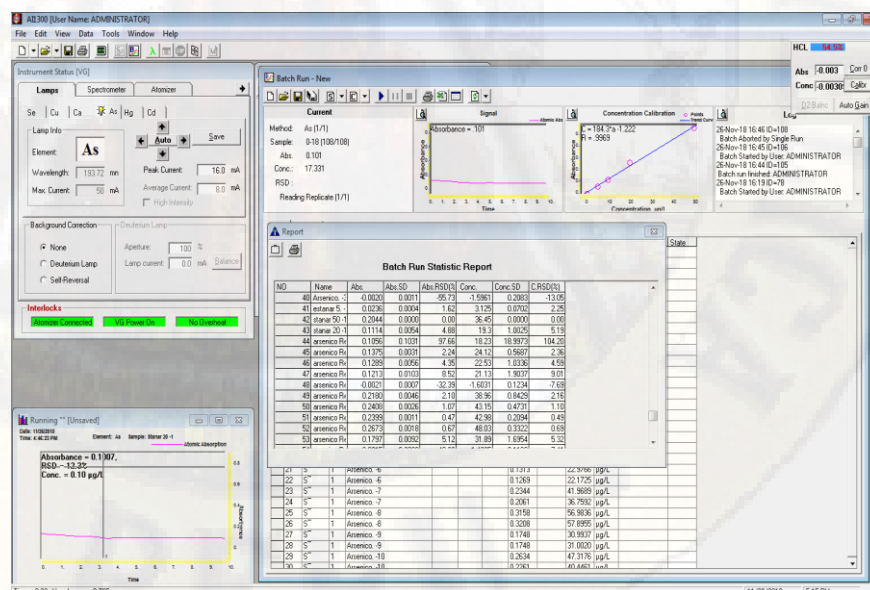


Figura 27. Resultados de la concentración de arsénico, posterior a la lectura

24. Una vez obtenidos los valores calculamos la concentración del

metal según la siguiente formula:

$$X_{ppm} = \frac{\text{Lectura en el EAA (ppm)} * \text{Volumen (ml)}}{\text{Peso de la muestra (g)}}$$
$$X_{ppm} = ?$$

3.6. Técnicas y procesamiento de análisis de datos

Los datos obtenidos en campo y laboratorio fueron ordenados y clasificados usando el programa de cálculo Microsoft Excel versión 2016, asimismo se empleó el programa estadístico PAST 3.20 para un análisis global de los datos; en cuanto a la comprobación de la hipótesis se empleó el programa S10, todo se realizó utilizando un microcomputador HP, de la siguiente manera.

El análisis que se realizó en tres partes: Uno para las zonas húmedas (áreas mojada), zonas secas y zona de operación, ello debido a la heterogeneidad del área en estudio.

La interpretación de datos se realizó en base a los siguientes:

- **Media muestra:** La media muestral también se llama “media aritmética”, o, simplemente, “promedio”. Representa la suma de los números en la muestra, dividido entre la cantidad total de números que hay (Davidi, 2010). Indica el un valor medio, respecto a los demás datos considerados.
- **Desviación estándar:** La desviación estándar es una cantidad que mide el grado de dispersión en una muestra. La idea básica detrás de la desviación estándar es que cuando la dispersión es grande, los valores de la muestra tenderán a alejarse de su media, pero cuando la dispersión es pequeña, los valores tenderán a acercarse a su media. Ahora algunas de estas desviaciones son positivas y otras negativas. (Davidi, 2010).
- **Mediana muestral:** La mediana, al igual que la media, representa una medida de tendencia central de los datos. Para calcular la mediana de una muestra, ordene los valores del más pequeño al más grande. La mediana es el número de en medio. (Davidi, 2010).

- **Histogramas:** Un histograma es una gráfica que da una idea de la “forma” de una muestra, indicando las regiones donde los puntos de la muestra están concentrados y las regiones donde son escasos (Davidi, 2010). Específicamente este es muy importante, porque nos muestra gráficamente la normalidad nuestros datos obtenidos.
- **Simetría y sesgo:** Un histograma es perfectamente simétrico si su mitad derecha es una imagen de espejo de su mitad izquierda. Los histogramas que no son simétricos se llaman sesgados. En la práctica, ninguna muestra de datos tiene un histograma perfectamente simétrico; todos presentan algún grado de sesgadura. En un histograma sesgado, un lado, o una cola, es más largo que el otro. Un histograma con una cola larga a la derecha se dice que está sesgado a la derecha o positivamente sesgado. Un histograma largo con una cola larga a la izquierda se dice que está sesgado a la izquierda o negativamente sesgado (Davidi, 2010).

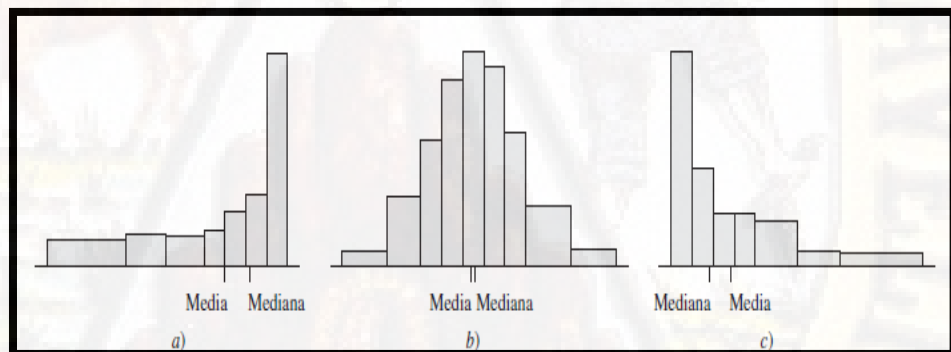


Figura 28. histograma de simetría y sesgo.

Fuente: Estadística para Ingenieros y Científicos-William Davidi (2010).

Asimismo, se realizó un análisis Inferencial (contrastación de hipótesis); en donde se realizó mediante la aplicación de “T” para una muestra,

para los datos paramétricos y no paramétricos con Wilcoxon, de la siguiente manera:

- **Prueba de medias:** se empleó la prueba de medias para resultados que tienen una distribución normal mediante el estadístico “T” Student para una muestra, siendo aplicados a los resultados de los metales de Cd, Pb y Cr.
- **Prueba de medianas:** se empleó la prueba de medianas mediante el estadístico Wilcoxon para los resultados que no cumplieron normalidad, siendo ellos los resultados de los metales de Ar y Hg.



CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de información

En el siguiente apartado se trató sobre los resultados por la investigación en la que se desarrolló primero la sistematización de los datos en el Software Excel v-16, para dar mejor orden para su óptimo manejo, seguido a ello se realizó el análisis comparativo de la concentración de los metales pesados con respecto a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Suelo aprobados mediante D.S. N°011-2017-MINAM, con los tres tipos de uso, asimismo se evaluó mediante el programa estadístico SPSS y finalmente se realizó la prueba de hipótesis mediante la prueba “T” para una muestra, para los datos paramétricos y no paramétricos con Wilcoxon.

4.1.1. Caracterización física del suelo:

4.1.1.1. Color del suelo

Los resultados obtenidos de los colores de suelo se muestran a continuación:

Tabla 16
Resultados de color del suelo del área de influencia directa del botadero de
Pampachacra

Nombre del punto de muestreo	Características del área de muestreo	Propiedades Fisico-Químicas			
		Notación ^a	Temperatura (C°)		Color ^a
AM01	Bofedal	2.5 Y (3/1)	12.1	Very dark gray	Gris muy oscuro
AM02	Bofedal	GLE Y 2 (3/1)	12.5	Very dark bluish gray	Gris azul muy oscuro
AM03	Bofedal	GLE Y 1 (2.5 /N)	12.5	Black	Negro
AM04	Bofedal	5 Y (2.5/1)	12.6	Black	Negro
AM05	Bofedal	5 Y (2.5/1)	11	Black	Negro
AM06	Bofedal	2.5 Y (3/2)	12	Dusky red	Rojo oscuro
AM07	Bofedal	2.5 Y (3/2)	12.9	Dusky red	Rojo oscuro
AM08	Bofedal	5 YR	12.9	Dark reddish Brown	Marrón rojo oscuro
AM09	Bofedal	5 Y (2.5/1)	11.2	Black	Negro
AM10	Bofedal	5 Y (3/1)	11.3	Very dark gray	Gris muy oscuro
AROJ	Área seca,	2.5 Y (3/2)	12	Dusky red	Rojo oscuro
AS01	Área seca,	7.5 YR (3/2)	11.5	Dark Brown	Marron oscuro
AS03	Área seca,	10 YR	11.1	Very day gray	gris
AS04	Área seca,	7.5 YR (2.5/1)	12.1	Black	Negro
AS05	Área seca,	7.5 YR (3/4)	11.5	Dark Brown	Marron oscuro
AS06	Área seca,	2.5 Y (3/2)	11.9	Very dark grayish Brown	Marrón grises muy oscuro
AS07	Área seca,	10 YR (3/2)	12	Very dark grayish Brown	Marrón grises muy oscuro
ZOAL	Área seca,	7.5 YR (3/1)	11.2	Very dark gray	Gris muy oscuro
ZOME	Área seca,	10 YR (3/2)	11.6	Very dark grayish Brown	Marrón grises muy oscuro
ZOBA	Área seca,	7.5 YR (3/1)	11.3	Very dark gray	Gris muy oscuro

Fuente: Elaboración Propia.

AROJ: Área roja, AM: Área mojada. AS: Área seca. ZOAL: Zona de operación alta. ZOME: Zona de operación media. ZOBA: Zona de operación baja.

^a La interpretación se realizó según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), por sistema de Color de Munsell-Tono Valor/Saturación.

Interpretación del color de suelo:

Realizando una agrupación según la descripción, los colores que se encontraron en su gran mayoría en las áreas húmedas fueron de color gris oscuro el cual representa un 25%, del total de las áreas muestreadas, si bien es cierto un color gris denota un suelo que ha sido formado debido a la ausencia de oxígeno que ha sido reemplazada por agua, por ende, estas surgen a partir de problemas de drenaje durante gran parte del año. Asimismo, se puede observar que la cuarta parte de las áreas muestreadas, poseen un color negro, el cual representa la presencia de humus, pero también al sulfuro de hierro. (FAO, s. f.).

4.1.1.2. Clase textural:

La clase textural se realizó por cada área de muestreo, los cuales se describe a continuación:

La clase textural se realizó por cada área de muestreo, los cuales se describe a continuación:

Tabla 17
Resultados de las clases texturales del área de influencia directa del botadero

Descripción ^a	Cantidad	Porcentaje (%)
Arcillo Limosa	8	40
Arcillosa	7	35
Franco	2	10
Franco Arcillosa	2	10
Franco arcillosa limosa	1	5
Total	20	100

Fuente: Elaboración Propia.

^a El método del triángulo textural se basa en el sistema que aplica el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).

Interpretación de la clase textural

Según los resultados obtenidos las texturas en ambas épocas son las mismas, se puede observar en el cuadro anterior que la mayoría de las áreas poseen una textura arcillo limosa, representado por un 40%, asimismo el 35 % posee textura arcillosa, las áreas húmedas poseen las

dichas características; este tipo de suelos se caracterizan porque contienen mayor porcentaje de agregados finos, por lo tanto, esta propiedad define el grado de humedad del suelo, la porosidad del suelo, drenaje; detallando respecto a ello que en las áreas húmedas del área de influencia directa del botadero, este tipo de suelo tiene a no dejar drenar los lixiviados; en las zonas secas podemos observar texturas de franco limosa a franco, que representan el 10% de las veinte áreas de muestreo.

4.1.1.3. *Densidad Aparente:*

Tabla 18

Resultados de densidad aparente de las áreas de muestreo

Rango de densidad aparente (g/cm ³)	Cantidad	Porcentaje (%)
1 - 1.5	4	20
1.5-1.65	8	40
1.65-2.15	8	40
Total	20	100

Fuente: Elaboración Propia.

Interpretación de la densidad aparente

Como se puede observar el mayor porcentaje obtenido varía entre el rango de 1.5 – 1.65 g/cm³, representada por un 40%, corresponden a una textura arcillo limosa; siendo característico de las áreas secas y húmedas, así como de las zonas de operación.

4.1.1.4. *Estructura:*

La estructura del suelo se halló de cada área de muestreo, como se muestra a continuación:

Tabla 19

Resultados de estructura del suelo del área de influencia directa del botadero

Tipo de Estructura	Cantidad	Porcentaje (%)
Estructura prismática	1	5
Estructura en bloques	16	80
Granular	3	15
Total	20	100

Fuente: Elaboración Propia, según clasificación de la FAO.

Interpretación de la estructura:

Según los resultados obtenidos podemos observar el 80% de todas las áreas secas, húmedas y zonas de operación, posee estructuras en bloques, ellos debido a tipo de textura que predominaba en estas áreas, que fueron limosa arcillosa, generalmente este tipo de estructura predominan en suelos con altos contenidos de arcilla o óxidos, suelos con altas porcentajes de humedad.

4.1.2. Caracterización química del suelo:

4.1.2.1. pH del suelo

El pH del suelo se halló de cada área de muestreo, como se muestra a continuación:

Tabla 20

Resultados de pH de suelo del área de influencia directa del botadero

Época Seca			Época Lluviosa		
Descripción de pH	Cantidad	Porcentaje (%)	Descripción de pH	Cantidad	Porcentaje (%)
Ligeramente ácido	15	75	Ligeramente ácido	7	35
Neutro	1	5	Neutro	3	15
Moderadamente ácido	4	20	Moderadamente ácido	6	30
Fuertemente ácido	0	0	Fuertemente ácido	4	20
Total	20	100		20	100

Fuente: Elaboración Propia.

Interpretación del pH:

La clasificación de los pH, se realizó según el Soil Survey División Staff (1993) citado por Zapata (2010); por lo que según los resultados obtenidos en el periodo seco, en las áreas en general se observa rangos de pH, entre moderadamente ácido a ligeramente ácido, obteniendo al final que el 75% de todas las áreas de muestreo tienen un pH ligeramente ácido. En cuanto a la época lluviosa se observa que la variación se da entre débilmente ácido, neutro, moderadamente ácido y fuertemente

ácido; detallando que el 35% de las áreas de muestreo en la época lluviosa poseen un pH ligeramente ácido, y un 30% de las áreas poseen un pH moderadamente ácido, asimismo existe áreas con un pH fuertemente ácido, siendo ello el AM06 y el AM08.

La diferencia entre las dos épocas, se puede observar que la variación de pH es notoria; lo más característico es que en la época lluviosa a diferencia de la época seca, se registra áreas con pH con descripción fuertemente ácidos.

4.1.2.2. Conductividad eléctrica:

La conductividad eléctrica del suelo se halló de cada área de muestreo, como se muestra a continuación:

Tabla 21
Resultados de conductividad eléctrica del suelo del área de influencia directa del botadero

Época Seca			Época Lluviosa		
Descripción	Cantidad	Porcentaje (%)	Descripción	Cantidad	Porcentaje (%)
No salino	20	100	No salino	20	100

Fuente: Elaboración Propia.

Interpretación de la conductividad eléctrica

Según los resultados obtenidos podemos observar que todas las áreas húmedas, zonas secas y zonas de operación tienen bajas concentraciones de sales en ambas épocas, por lo que se clasifican como suelos no salinos; respecto a la relación de metales pesados el aumento de la salinidad puede incrementar la movilización de metales y su retención por dos mecanismos. Primeramente, los cationes Na y K pueden reemplazar a metales pesados en lugares de intercambio catiónico. En una segunda fase, los aniones cloruro y sulfato pueden formar compuestos más estables con metales tales como Pb, Zn, Cu,

Cd y Hg. Por otra parte, las sales normalmente dan pH alcalino. (Huertos & Baena, 2008).

4.1.2.3. **Humedad:**

En cuanto a este parámetro se realizó en las dos épocas del año Estiaje y Lluviosa:

Tabla 22
Resultados de humedad de suelo, analizado a 35° C en 72 horas

	Época Seca	Época Lluviosa
Promedio (%)	47.446	38.033
Valor Máximo (%)	76.25	65.01
Valor Mínimo (%)	22.46	14.62
Desviación Estándar	19.881	16.796

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior se muestra los resultados de humedad determinados en el laboratorio, correspondientes a la época seca y lluviosa; en la época seca se obtuvo un valor máximo de 76.25% (AM07) y un valor mínimo de 22.46% (AS01).

Con respecto a la época lluviosa, se puede observar que la máxima humedad se obtuvo fue de 65.01% (AM06) y un mínimo de 14.62% (AS01).

Realizando una comparación entre ambas épocas, se presentó un valor promedio mayor en la época seca con respecto a la época lluviosa, a continuación, se presenta el sustento de los resultados:

- Para el estudio, se dividió la población en general en áreas secas, húmedas, y zonas de operación, de acuerdo a la topografía y características de cada área (área homogénea). Esta forma de clasificación se sustenta según lo indicado por Buduba (2004), del Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico

(CIEFAP) - Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco:

Es importante para el muestreo, identificar los sectores que a simple vista presentan condiciones de paisaje (pendiente, exposición, drenaje, cambios de vegetación, etc.) o antecedentes de uso diferentes, que puedan definir áreas con características distintas a sus aledañas, por ello estos sectores deben ser muestreados en forma independiente (p, 12).

La topografía del área en estudio es ondulante, la parte Sur del botadero tiene una pendiente de un 18%, clasificándose como un gradiente moderadamente escarpado. Asimismo, el otro extremo Norte posee una pendiente de 15%, y la parte plana posee un promedio de 1.5% de pendiente (semiplana).

De acuerdo a lo anterior, realizando un análisis por áreas, mostrado en la siguiente tabla:

Tabla 23

Humedad promedio de suelo por área de muestreo

Áreas	Época Seca (%)	Época Lluviosa (%)
ASE	25.56	22.72
AMO	59.17	44.32
ZOP	48.23	45.62

Nota: ASE: áreas secas, AMO: áreas mojadas, ZOP: zonas de operación.

Según la tabla anterior, realizando una comparación entre ambas épocas, existe mayor variación en las áreas mojadas, siendo 59 % en la época seca y 44.32 % en la época lluviosa; por ello es que cuando se realiza un análisis general de todas las áreas de muestreo, se tiene una desviación estándar alta.

En las áreas mojadas, la condición que ha generado que en la época seca se tenga mayor humedad con respecto a la época

lluviosa; ello se debe a características de las mismas condiciones climáticas y a la dinámica de los componentes ambientales, tal como indica Ibanez, (2006), cuando se da la precipitación (época lluviosa) una vez producida la infiltración como mucho en unos pocos días nos encontramos en un nivel de humedad denominado capacidad de campo, que se corresponde con la máxima cantidad de agua que puede retener el suelo después de haber drenado el agua gravitacional, a este nivel se alcanza cuando el suelo ha perdido toda el agua denominada capilar, que puede ser absorbida por las plantas, y sólo queda el agua ligada, tan fuertemente adherida a las partículas del suelo que no puede ser absorbida; esta condición se agrava debido al tipo textura. Según las texturas determinadas corresponden desde un franco a arcillosa, esta condición debido al no movimiento de los lixiviados (estancamiento), ha generado que las muestras tomadas presenten condiciones de saturación; puesto que al momento de la toma de muestra estos suelos se encontraban saturadas de líquido en la época seca; lo que generó la obtención de mayores pesos de las muestras extraídas antes del secado; finalmente obteniendo por dicha condición mayores porcentajes de humedad.

Caso contrario ocurre en la época lluviosa, indica Ibáñez (2006), que el contenido de agua del suelo experimenta variaciones continuas a lo largo del tiempo. Recibe agua de las, mientras que la pierde por escorrentía superficial, debido al movimiento de agua y por drenaje a las capas profundas. A estas pérdidas ya comentadas hay que sumar la evapotranspiración, término en el que se incluyen las pérdidas producidas por la evaporación directa desde la superficie del terreno más el agua evaporada desde la superficie de las plantas (transpiración). Además cabe resaltar que según Buduba (2004), del Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP)

Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, indica que para la tomas muestras se deben dejar pasar al menos 48 horas después de lluvia o riego intenso.

Por lo que es coherente que existe valores altos de desviación estándar en la época seca con respecto a la época lluviosa; tal es que, en las áreas secas es casi imperceptible el contenido de agua, puesto que se encuentran en laderas, con respecto a las áreas húmedas, que están contenidas y expuestas a los lixiviados, que se encuentran en zonas semiplanas, cuya pendiente es de 1.6 %, en la parte Este, y 1.4% en la parte Oeste.

4.1.3. Resultados de la concentración de metales pesados en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra – Huancavelica:

Los resultados a evaluar en este apartado corresponden a las 20 áreas distribuidas, como puntos de muestreo en el área de influencia directa que incluye las zonas de operación: 11 áreas mojadas, 06 áreas secas y 03 áreas de operación; asimismo la evaluación de la concentración se realizó en dos épocas uno para el periodo seco y otra para el periodo de lluvias (avenidas); resaltar que los resultados fueron validados con muestras que fueron enviado al laboratorio acreditado por INACAL (Ecolab Ambiental) se envió tres a 3 muestras en época seca y 4 muestras en época lluviosa, los metales analizados fueron el arsénico, cadmio, plomo, mercurio y cromo, todo fue analizado en el laboratorio de Nutrición Animal y Evaluación de Alimentos (LUNEA), del laboratorio Central de la Universidad Nacional de Huancavelica.

4.1.3.1. Arsénico con respecto a los ECAS – SUELO:

- A continuación, se muestra los resultados obtenidos de la concentración de arsénico en ambos periodos:

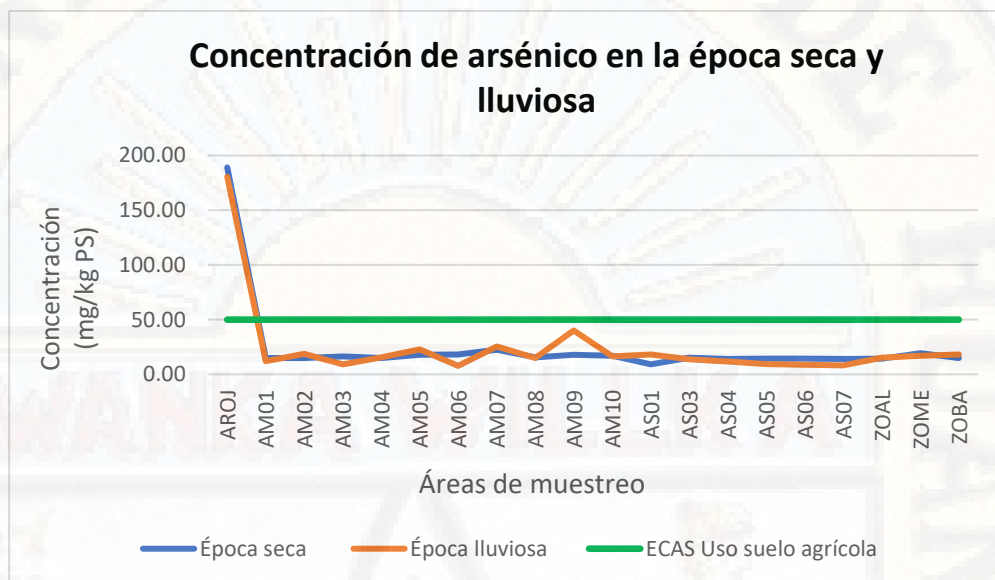


Figura 29. Resultados de la concentración de arsénico en ambas épocas, con respecto a los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo

Nota:

Época Seca: concentración máxima (AROJ: 189.12 mg/kg PS) / mínima (AS01: 9.18 mg/kg PS).

Época Lluviosa: concentración máxima (AROJ: 180.58 mg/kg PS) / mínima (AM06: 7.75 mg/kg PS).

Eca suelo agrícola (50.00 mg/kg PS).

Fuente: Elaboración propia.

En la figura, se puede observar que en la época seca la concentración de arsénico varía entre 189.12 mg/Kg como máximo (AROJ) y mínimo 9.157 mg/Kg (AS01); claramente se observa que la concentración del área de muestreo (AROJ) supera los ECA para Suelo, establecido por el Ministerio del Ambiente mediante DECRETO SUPREMO N.º 011-2017-MINAM, siendo para el Suelo Uso Agrícola el límite establecido 50.00 mg/Kg PS.

Lo mismo sucede en la época lluviosa, la concentración del arsénico varía entre 180.58 mg/kg PS (AROJ) como máximo y mínimo 7.75 mg/Kg PS (AM06), comparando todas las áreas mojadas, se puede indicar que no superan los ECA para suelo.

Realizando un análisis general de ambas épocas, se observa que la única área que no cumple con los ECA para Suelo es el AROJ. Con respecto a las demás áreas, se tiene concentraciones cercanas, tal es el caso del AM09 y el AM07, estas áreas poseen características, con respecto al pH una acidez fuerte, textura arcillosa; condiciones que facilitan que el arsénico se presenta en forma de compuestos.

Con respecto a la concentración que supera a los valores establecidos (ARAJ), se debe a las siguientes características: primero la zona en la que se ubica es un área mojada, su característica particular como su nombre lo indica, es roja, se observa presencia de óxidos, esta condición es muy particular con respecto a las demás áreas que tiene color negro, marrones, y/o similar entre ellos. Al respecto según Van Herreweghe et al., (2003) el arsénico puede encontrarse en diversas formas, por ejemplo, los arseniatos de hierro, aluminio y calcio son prácticamente insolubles en agua y presentan una adsorción específica sobre óxidos y superficies arcillosas similar a la de los fosfatos. Asimismo, según Moreno-Jiménez et al., (2012) en condiciones reductoras, la estructura de los hidróxidos de Fe y Mn se rompe, y el arsénico se fija en el interior de la superficie de estos compuestos. La actividad de arsénico en el suelo está controlada por reacciones de retención y liberación a lo largo de las superficies de Fe, Mn, Al y óxidos hidróxidos. Suelos con una gran cantidad de hierro tienen una mayor capacidad de retención de arseniatos y arsenitos, complementario a ello indica también que la adición de Fe al suelo en varias formas inmoviliza el arsénico. Por ejemplo, adiciones de óxidos de Fe, suelos ricos en hierro (los de color rojizo), sales inorgánicas Fe o subproductos industriales ricos en Fe, junto con CaCO_3 , se han utilizado para aumentar la cantidad de óxidos del suelo, que, a su vez, inmoviliza arsénico. En cuanto al pH determinado fue de 6.52

(época seca) que es ligeramente ácido y 7.05 (época lluviosa) que es neutro, al respecto según Moreno-Jiménez et al., (2012), los valores altos de pH, en presencia de sulfatos y carbonatos, pueden producir una co-precipitación de arsénico que acaba formando oxi-hidróxidos y sulfatos, por lo que dichos valores de pH, favorece para que se logre la coprecipitación del arsénico. Asimismo, presenta una humedad 68.03%, por lo que se puede concluir que está saturada de lixiviados, a ello se suma la que posee una textura arcillo limosa; las características anteriores justifican y explican las elevadas concentraciones encontradas.

Con respecto a la menor concentración (AS01), es considerada como blanco, puesto que esta área se encuentra en la parte alta del botadero (fuera del botadero), las concentraciones corresponden a valores trazas, que generalmente los suelos contienen.

En general la distribución del metal en la época seca se ha dado manera no uniforme en todas las áreas, estos son debido a presencia de concentraciones trazas y/o procedentes del botadero. Considerando que el (AROJ) supera los ECA para suelo, también es preciso indicar que las áreas restantes como las áreas húmedas y zonas de operación presentan mayor concentración con respecto a las zonas secas, siendo los más notorios el AM06, AM07, AM10 y ZOME; acerca de este último punto, es preciso indicar que actualmente esta área es el mayor punto de acopio de los residuos sólidos; y por su topografía posee áreas en contacto con los lixiviados; registrando así un pH 6.53 (época lluviosa – ligeramente ácido), con una humedad del 46.73% (época lluviosa) y un valor de 48.56 % (época seca), asimismo posee una textura arcillosa limoso, en este tipo de suelos los metales tienden a no moverse demasiado, ello según Huertos & Baena (2008), pero en cuanto al arsénico según Moreno-Jiménez et al., (2012) otro factor es la duración de la interacción que existe entre las arcillas de un suelo y

el arsénico; pero aun así se encuentra por debajo de la normativa ambiental. En cuanto a la época lluviosa, las áreas que poseen mayor concentración es el AM07 y AM09, el primero posee un pH fuertemente ácido y el segundo es neutro, ambos poseen una textura arcillosa, dicha concentración se debe a las características mencionadas, ya que según Adrianno (1986) citado Caiza & Asenjo (2018), la proporción de metales pesados en la solución del suelo es más alta, asimismo a un pH > 5.5 los mejores sorbentes son los óxidos de hierro y los minerales de arcilla ya que la materia orgánica se satura con Ca^{2+} .

4.1.3.2. Mercurio con respecto a los ECAS – SUELO:

- A continuación, se muestra los resultados obtenidos de la concentración de mercurio de las áreas en general en ambas épocas:

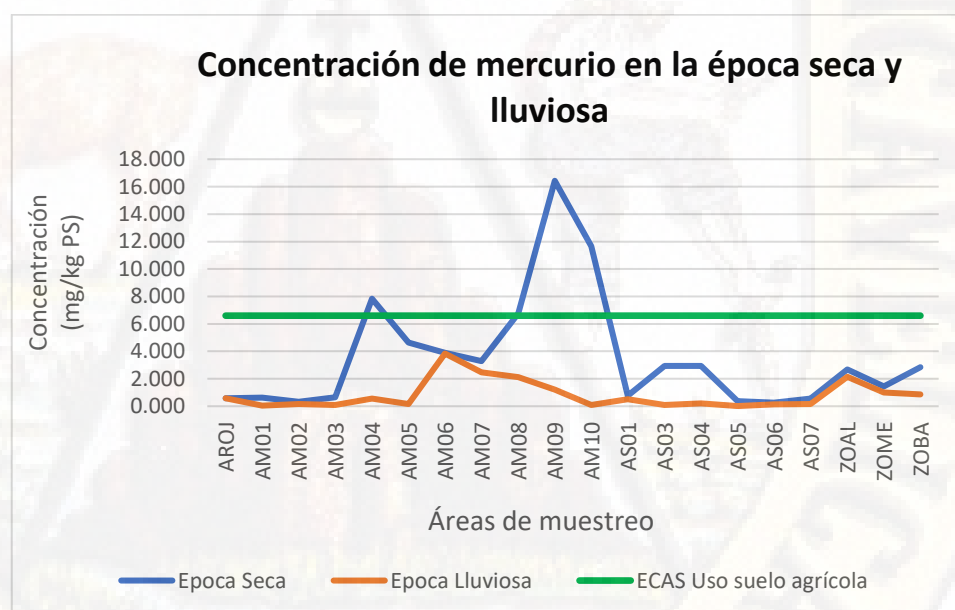


Figura 30. Resultados de la concentración de mercurio en ambas épocas, con respecto a los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo

Nota:

Época Seca concentración máxima (AM09: 16.43 mg/kg PS) / mínima (AS06: 0.26 mg/kg PS).

Época Lluviosa concentración máxima (AM06: 3.84 mg/kg PS) / mínima (AS05: 0.01 mg/kg PS).

Eca suelo agrícola (6.6 mg/kg PS).

Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se puede observar que en la época seca la concentración de mercurio varía entre 16.428 mg/Kg como máximo (AM09) y mínimo 0.259 mg/Kg (AS06) comparando todas las áreas, se puede observar notoriamente que el AM04, AM08, AM09 y AM10 superan los ECA para suelo establecidos por el Ministerio del Ambiente mediante DECRETO SUPREMO N.º 011-2017-MINAM, para el Suelo Uso Agrícola (6.60 mg/Kg PS).

En cuanto a la época lluviosa se puede observar que, la concentración del mercurio varía entre 3.840 mg/kg PS (AM06) como máximo y mínimo 0.012 mg/Kg PS (AS05), comparando todas las áreas, se puede indicar que no superan los ECA para suelo.

Con respecto a las concentraciones que superan en la época seca a los valores establecidos por la normativa peruana, es relevante realizar el siguiente análisis: las áreas AM04, AM08, AM09 y AM10 presentan elevadas concentraciones, ello debido a las siguientes características: primero la zona en la que se ubica son áreas mojadas expuestas a los lixiviados provenientes del botadero, por lo que es preciso indicar que la humedad determinada fue de 49.31%, 75.66%, 75.01% y 66.98% respectivamente. Asimismo, es preciso indicar que los pH determinados fueron 6.815, 6.21, 6.74 y 6.22 respectivamente, como se puede observar varía entre neutro y ligeramente ácido, según Huertos & Baena (2008) la mayoría de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido, el mercurio según Adrianno (1986) citado Caiza & Asenjo (2018), en medios ácidos, la proporción de metales pesados en la solución del suelo es más alta, asimismo a un pH > 5.5 los mejores sorbentes son los óxidos de hierro y los minerales de arcilla ya que la materia orgánica se satura con Ca²⁺. Las texturas que presentan es arcillosa, arcillosa, arcillosa y franco arcillosa limosa respectivamente, como se puede observar todo es del tipo relacionado con la arcilla, Fang (1978)

citado por Caiza & Asenjo (2018), observó que la mineralogía de las arcillas también es determinante en la sorción del mercurio en el suelo, siendo la illita la que mayor capacidad de sorción presenta frente a la caolinita que es la que menos López-Tejedor et al. (2010) citado por Caiza & Asenjo, (2018).

Con respecto al menor valor encontrado 0.012 mg/Kg PS (AS05), este posee una textura arcillosa, asimismo es preciso indicar que estas áreas se encuentran próximos a las áreas mojadas y poseen un pH de 5.82 (moderadamente ácido), en cierta forma está relacionada con las áreas afectadas, por lo que la concentración se debe a ello, ya que según Adriano (1986) citado por Caiza & Asenjo (2018) el mercurio se encuentra en forma natural en concentraciones de una pocas y alcanzan valores inferiores a 0.1 mg/kg de PS, pero son más elevadas cuando son lugares en depósitos de mercurio.

La variación muy notoria de los puntos AM09, AM10, AM08 y AM04 de la época seca con respecto a la concentraciones de mercurio de la época lluviosa, es debido a las precipitaciones propias de la época, tal como indica López, *et al.*, (2010), es importante tener en cuenta las precipitaciones ya que como se comprobó en estudios realizados por Matilainen, *et al.*, (2001) éstas ocasionaron una disminución de la concentración de mercurio en la capa orgánica superficial y un aumento en las capas más profundas, como resultado de procesos de lixiviación.

Asimismo, se puede observar que los valores de pH de las áreas AM04, AM09 y AM10, de la época seca, tienen una tendencia de ser ácido, en Andersson (1979), comprobó que en suelos ácidos ($\text{pH} < 4$) la materia orgánica actuaba como mejor sorbente, mientras que en suelos alcalinos o calcáreos a niveles mayores de pH ($\text{pH} > 5.5$) los minerales de la arcilla adquieren una mayor importancia ya que la materia orgánica se satura con Ca^{2+} ; al respecto es preciso mencionar que el pH de los puntos en cuestión

de la poca lluviosa tienden a la zona de alcalinos, por lo que la concentración del metal en la época lluviosa ha disminuido, la materia orgánica ha sido saturada de Ca^{2+} .

4.1.3.3. Cadmio con respecto a los ECAS – SUELO:

- A continuación, se muestra los resultados obtenidos de la concentración de cadmio en ambas épocas:

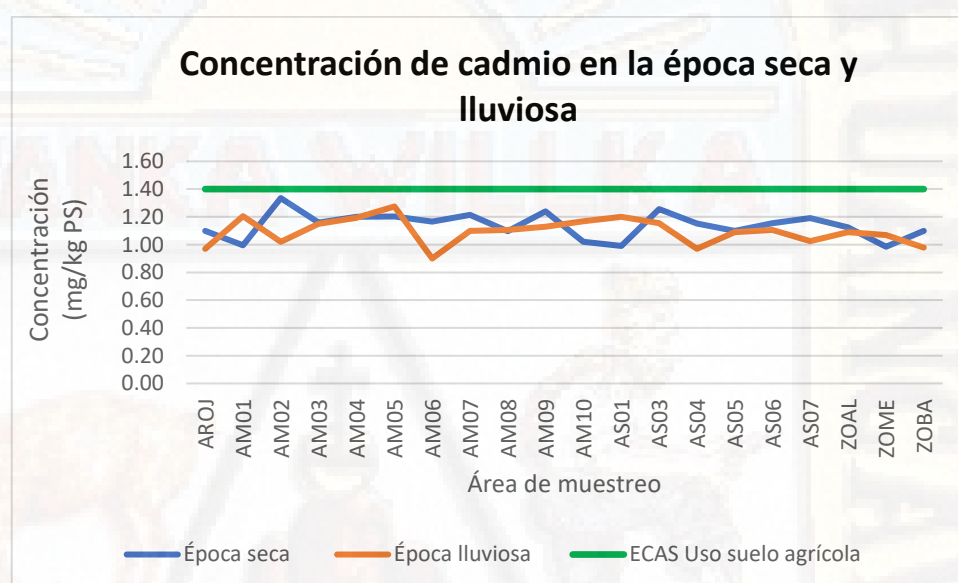


Figura 31. Resultados de la concentración de Cadmio en ambas épocas, con respecto a los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo

Nota:

Época Seca concentración máxima (AM02: 1.33 mg/kg PS) / mínima (ZOME: 0.99 mg/kg PS).

Época Lluviosa concentración máxima (AM05: 1.28 mg/kg PS) / mínima (AM06: 0.90 mg/kg PS).

Eca suelo agrícola (1.4 mg/kg PS).

Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior, se puede observar que, en la época seca, la concentración de cadmio varía entre 1.33 mg/ks PS como máximo y mínimo 1.00 mg/ks PS, con lo cual se puede indicar que no superan los ECA para suelo establecidos por el Ministerio del Ambiente mediante DECRETO SUPREMO N.º 011-2017-MINAM, para el uso de suelo agrícola siendo 1.4 mg/ks PS.

En cuanto a la época lluviosa, se puede observar que, la concentración de cadmio varía entre 1.28 mg/ks PS como máximo y

mínimo 0.97 mg/ks PS, con lo cual se puede indicar que no superan los ECA para suelo (Uso de suelo agrícola).

Con respecto a un análisis general entre ambas épocas, se puede observar que la mayor concentración se encuentra en el área AM02 (época seca), ello se debe a las siguientes características que posee: una textura arcillosa, este tipo de suelos arcillosos retienen más metales por adsorción o en el complejo de cambio de los minerales de la arcilla según lo indicado por Huertos & Baena (2008); asimismo está en contacto con los lixiviados, procedentes del botadero. En cuanto al pH se registró un valor 5.7 (época lluviosa) y 6.55 (época seca), siendo estos valores considerados como moderadamente ácido a ligeramente ácido; al respecto según Huertos & Baena (2008) la mayoría de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido, excepto As, Mo, Se y Cr, que son más móviles a pH alcalino; asimismo posee una textura arcillosa, al respecto según Huertos y Baena (2008); este tipo de suelos arcillosos retienen más metales por adsorción o en el complejo de cambio de los minerales de la arcilla.

Con respecto a la menor concentración entre ambas épocas 0.90 mg/ks PS (AM06) se debe a características geológicas del lugar, al respecto indicar que existe una fuente de agua, en la parte alta y sus aguas discurren por esta área, por lo que se podría estar generando un arrastre. Asimismo, es preciso indicar que inclusive en las zonas de operación (áreas del botadero) las áreas ZAOL, ZOME y ZOBA, presentan concentraciones entre 1.09 y 0.98 ppm, estos valores se deben a las condiciones naturales del lugar de origen; puesto que el área considerada como blanco AS01, siendo blanco presenta concentraciones de 1.2 mg/kg PS.

4.1.3.4. Cromo con respecto a los ECAS – SUELO:

- A continuación, se muestra los resultados obtenidos de la concentración de cromo en ambas épocas:

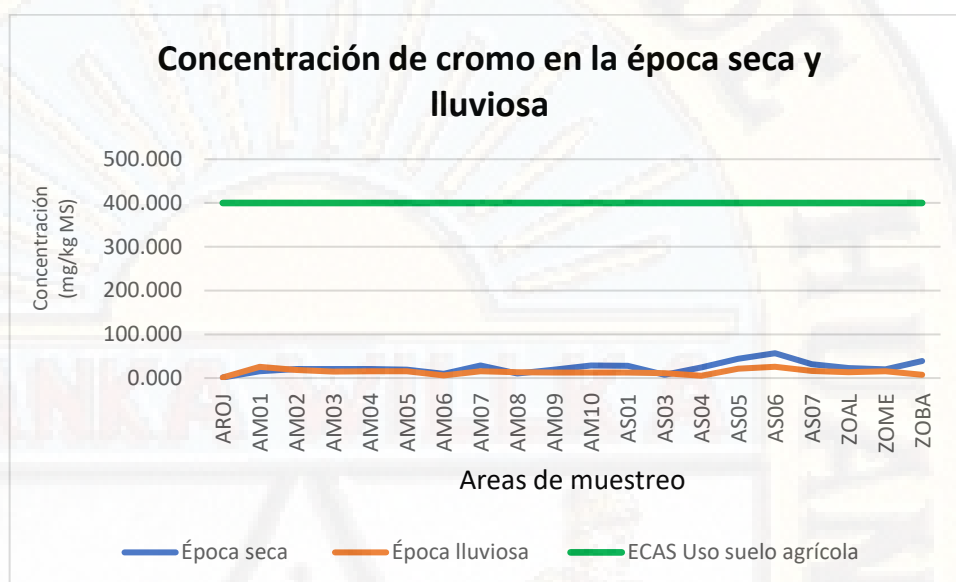


Figura 32. Resultados de la concentración de Cromo en ambas épocas, con respecto a los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo

Nota:

Época Seca concentración máxima (AS06: 56.74 mg/kg PS) /mínima (AROJ: 1.24 mg/kg PS).
Época Lluviosa concentración máxima (AM01: 25.67 mg/kg PS) /mínima (AROJ: 1.31 mg/kg PS).

Eca suelo residencial/ parques (400 mg/kg PS).

Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior, se puede observar que en la época seca la concentración de cromo total varía entre 56.739 mg/kg como máximo (AS06) y mínimo 1.235 mg/Kg (AROJ) comparando todas las áreas restantes, se puede indicar que los resultados obtenidos no superan los ECA para suelo establecidos por el Ministerio del Ambiente mediante DECRETO SUPREMO N.º 011-2017-MINAM, para el uso Suelo Residencial/Parques (400 mg/Kg PS), para el uso agrícola no está establecido ningún valor.

Con respecto a la época lluviosa la concentración de cromo varía entre 25.667 mg/kg PS (AM01) como máximo y mínimo 1.310

mg/Kg PS (AR0J), al respecto, se puede indicar que no superan los ECAS para Suelo.

Con respecto a las concentraciones más elevadas en la época lluviosa se puede notar que este se encuentra en el área AM01, ello se debe a las siguientes características que posee: tiene una textura arcillo limosa, según Huertos & Baena (2008) indica que los suelos arcillosos retienen más metales por adsorción o en el complejo de cambio de los minerales de la arcilla. Por el contrario, los arenosos carecen de capacidad de fijación y puede contaminarse el nivel freático. Asimismo detallar que esta área se encuentra en la parte convergente de los lixiviados, indicar también que su pH es de 6.41, suelo ligeramente ácido, tal como indica Huertos & Baena (2008), que la mayoría de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácidos.

Con respecto a una comparación general entre ambas épocas, ningún punto supera la normativa ambiental, pero se tiene valores máximos como 56.739 mg/Kg PS (AS06) época seca, esta área en comparación con el límite establecido, no es considerablemente cercano; sin embargo, dichos valores se deben a características de las áreas de muestreo: poseen textura franco - arcillosa, un pH de 6.265 (ligeramente ácido). Asimismo, realizando un análisis global, es en la época seca que se ha obtenido mayores concentraciones de cromo, en la mayoría de las áreas de muestreo; es justificable, ya que en época seca los lixiviados se encuentran estancados, no existe arrastre hidráulico, lo que condiciona que haya mayor tiempo de retención, e inclusive que la parte líquida se evapore, y solo quede el metal en forma de compuesto. Pero en cierta forma influenciado por el botadero puesto que al momento de realizar el muestreo se encontró una capa suelo de proceso de degradación, en forma de materia orgánica. Con respecto a las concentraciones más elevadas

en la zona de operación se puede notar que este se encuentra en el área ZOBA (Zona de operación baja-Época seca) ello se debe a las siguientes características que posee, puesto que tiene una textura arcillosa limoso, en este tipo de suelos los metales tienden a no movilizarse demasiado, ello según lo que indica Huertos & Baena (2008) que los suelos arcillosos retienen más metales por adsorción o en el complejo de cambio de los minerales de la arcilla; por el contrario, los arenosos carecen de capacidad de fijación y puede contaminarse el nivel freático. Asimismo está en contacto con los lixiviados, puesto que se encuentra en la parte más baja; al respecto es necesario indicar que la humedad es de un 50.27%; asimismo el pH es ligeramente ácido; con lo cual se puede explicar dichas concentraciones, puesto que según el mismo autor Huertos & Baena, (2008) la mayoría de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácidos.

Como se puede observar en la mayoría de las áreas de muestreo de la época seca, se tiene mayores concentraciones con respecto a la época lluviosa; ello se debe a las siguientes razones: la solubilidad del Cr (III) depende del pH; a pH inferiores a 4, la solubilidad disminuye y, precipita a pH de 5,5 (Kovda, 1964; Andreu, 1991). En la época seca se obtuvo valores promedios de 6.4 de valores de pH y 6.00 en las épocas lluviosa, tal como indica también Reilly (2008) citado por Cardozo & Peña, (2017), la lixiviabilidad de Cr (VI) aumenta a medida que aumenta el pH del suelo; por lo que se ha encontrado mayores concentraciones en la época seca, con respecto a la época lluviosa, cuyo pH, tiende a los rango de acidez.

4.1.3.5. Plomo con respecto a los ECAS – SUELO:

- A continuación, se muestra los resultados obtenidos de la concentración de plomo en ambas épocas:

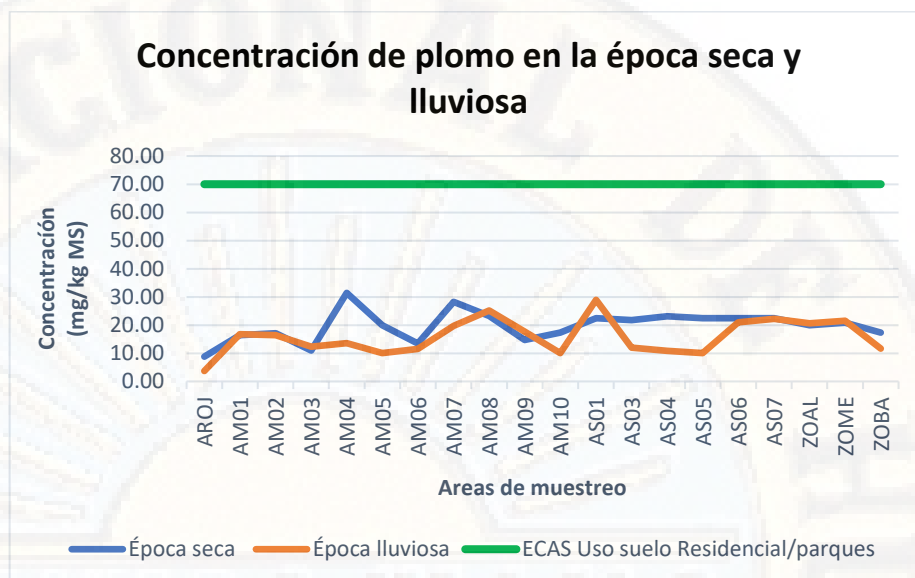


Figura 33. Resultados de la concentración de Plomo en ambas épocas con respecto a los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo – Época Seca

Nota:

Época Seca concentración máxima (AM04: 31.43 mg/kg PS) / mínima (AROJ: 8.80 mg/kg PS).

Época Lluviosa concentración máxima (AS01: 28.95 mg/kg PS) / mínima (AROJ: 3.70 mg/kg PS).

Eca suelo agrícola (70 mg/kg PS).

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla y Figura, se puede observar que, en la época seca la concentración de plomo varía entre 31.43 mg/Kg como máximo (AM04) y mínimo 8.80 mg/Kg (AROJ) comparando todas las áreas mojadas, se puede indicar que los resultados obtenidos no superan los ECA para suelo establecidos por el Ministerio del Ambiente mediante DECRETO SUPREMO N.º 011-2017-MINAM, para el uso del suelo: Suelo Agrícola (70 mg/Kg PS).

En cuanto a la época lluviosa se puede observar que, la concentración de plomo varía entre 28.947 mg/kg PS (AS01) como máximo y mínimo 3.7 mg/Kg PS (AROJ), comparando todas las áreas mojadas, se puede indicar que no superan los ECA para Suelo.

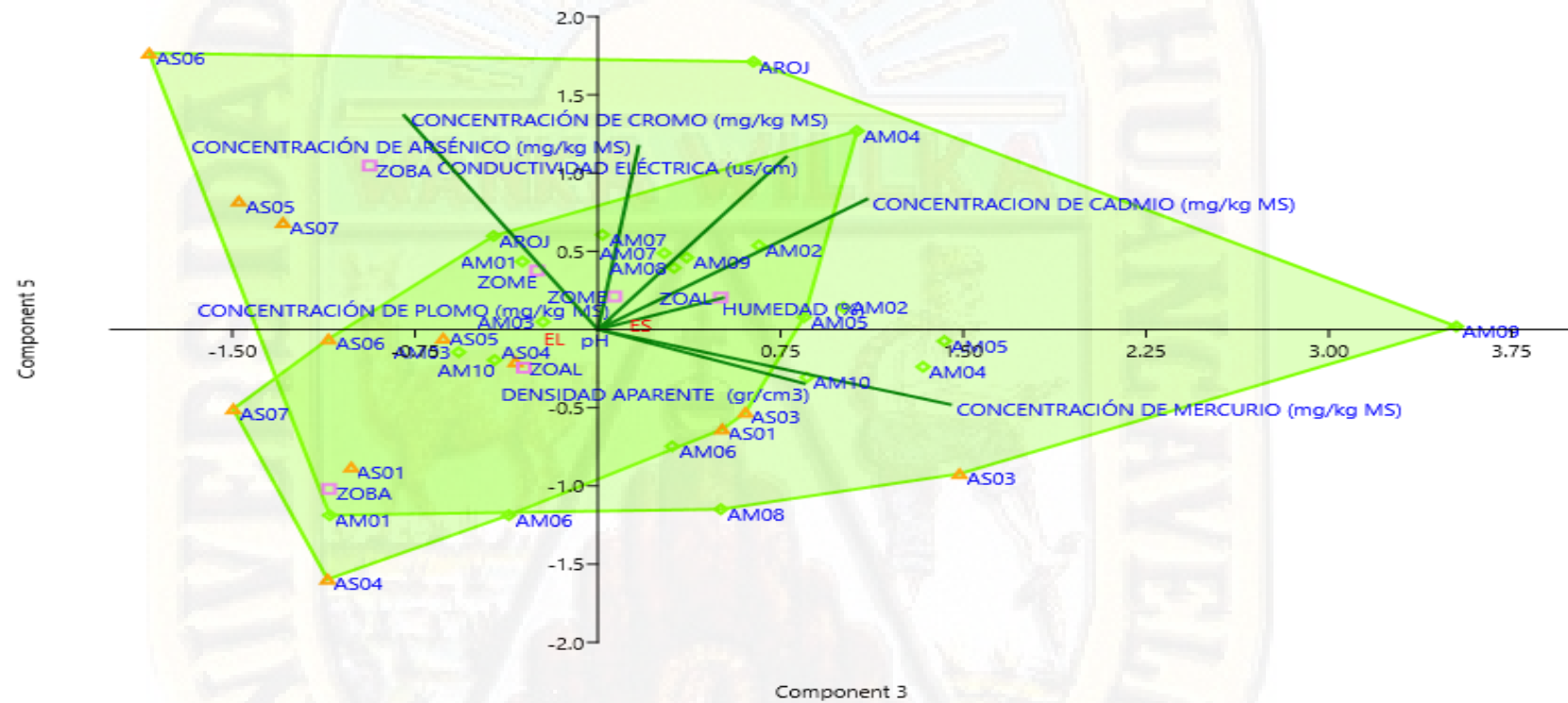
Con respecto a la comparación entre ambas épocas se observa que ningún de las áreas superan el límite establecido, sin embargo puede notar valores elevados en el área AM04 perteneciente a la época seca, ello se sustenta a las siguientes

características: poseen una textura arcillosa, puesto que este tipo de suelos arcillosos retienen más metales por adsorción o en el complejo de cambio de los minerales de la arcilla según Huertos & Baena (2008); asimismo que cada mineral de la arcilla tiene unos determinados valores de superficie específica y de descompensación eléctrica. cuanto mayor es la superficie activa de un filosilicato, mayores son sus posibilidades de adsorber metales. Asimismo detallar que este área se encuentra en la parte convergente del escurrimiento de los lixiviados, asimismo es preciso detallar que su pH es de 6.815 (época seca) y 6.265 (época lluviosa), suelo ligeramente ácido, esta característica según el mismo referente Huertos & Baena (2008), indica que la mayoría de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido porque son menos fuertemente adsorbidos. Otro punto a agregar es la humedad, este presenta un 61.01%, lo que indica que este se encuentra en contacto con lixiviados.

Realizando una comparación de las concentraciones encontradas en ambas épocas, se puede observar que este es variable, lo más notorios hacen referencia a las áreas secas, a parte de la textura del suelo, que favorecen la disponibilidad del metal, es preciso indicar que puede ser que exista acumulación de plomo en estas áreas puesto que se encuentran colindantes al botadero de Pampachara; y que con se encuentra en las época de avenida estas se reducen, por las misma actividad de escorrentía y/o arrastre.

4.1.4. Análisis Multivariado de los metales - General:

4.1.4.1. Análisis multivariado - cadmio:



En el presente Figura, se puede observar que, en ambas épocas existen áreas que poseen datos que los asemejan. Lo importante de esta Figura, es que se puede notar claramente que las concentraciones de arsénico, cadmio, se encuentran en el mismo cuadrante, con lo cual se puede indicar que estas podrían estar relacionadas, ya que el componente 3 hace referencia al pH entonces como se encuentra en el lado izquierdo, corresponde a pH ácidos mayores a 6.11. En cuanto al componente 5 correspondiente a la concentración de cadmio, Tales son las zonas como ZOAL, AM07, AMO09, AM02, AM04 y AROJ. Siendo este último el que más se aleja de los demás datos; además se puede observar que mientras que estos datos se incrementan, inversamente el mercurio disminuye.

4.1.4.2. Análisis multivariado - plomo:

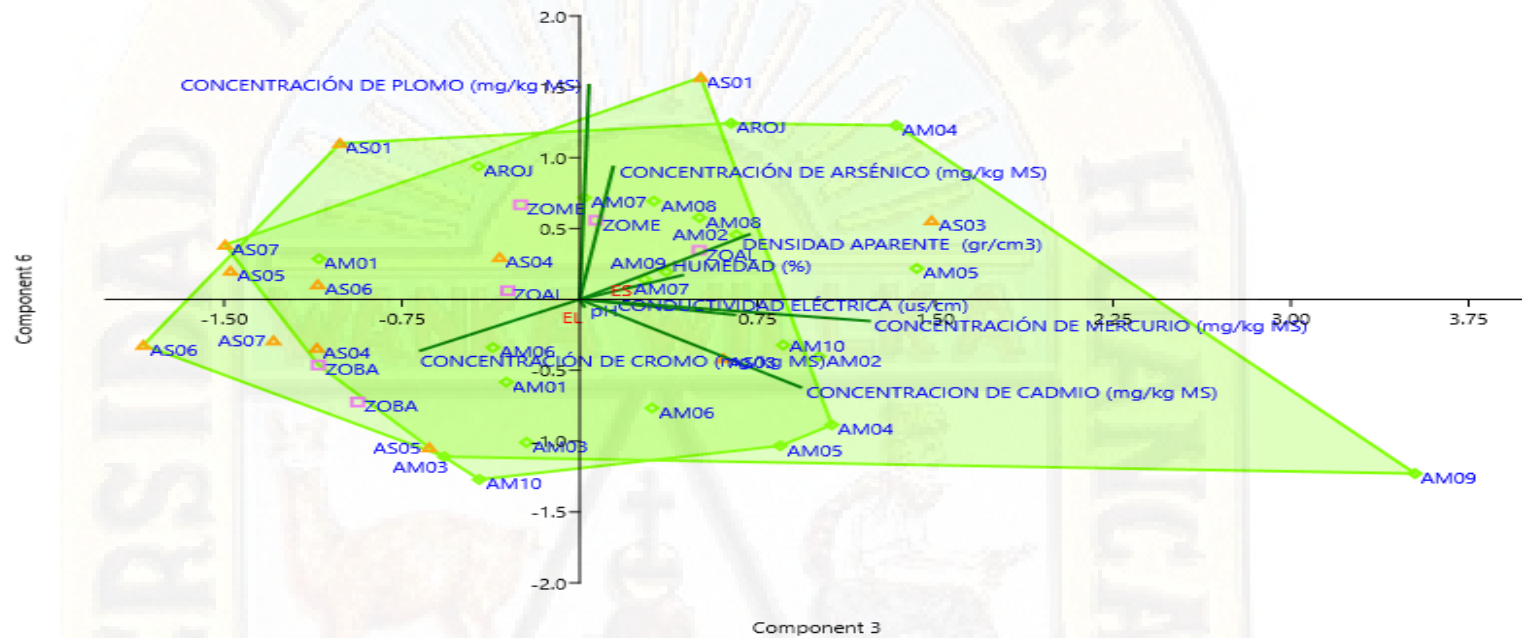


Figura 35. Comportamiento general del plomo, con respecto a variables en general
Fuente: Elaboración propia procesada en el PAST 3.20.

En el presente Figura, se puede observar que existe semejanzas de áreas, pero en mayor proporción entre las áreas mojadas y zonas de operación. Tomando con punto central la concentración de plomo, se puede deducir que existe relación entre plomo y arsénico, ambos se encuentran en la zona positiva, mientras que las concentraciones de cadmio disminuyen, es inversamente proporcional.

4.1.4.3. Análisis multivariado - cromo:

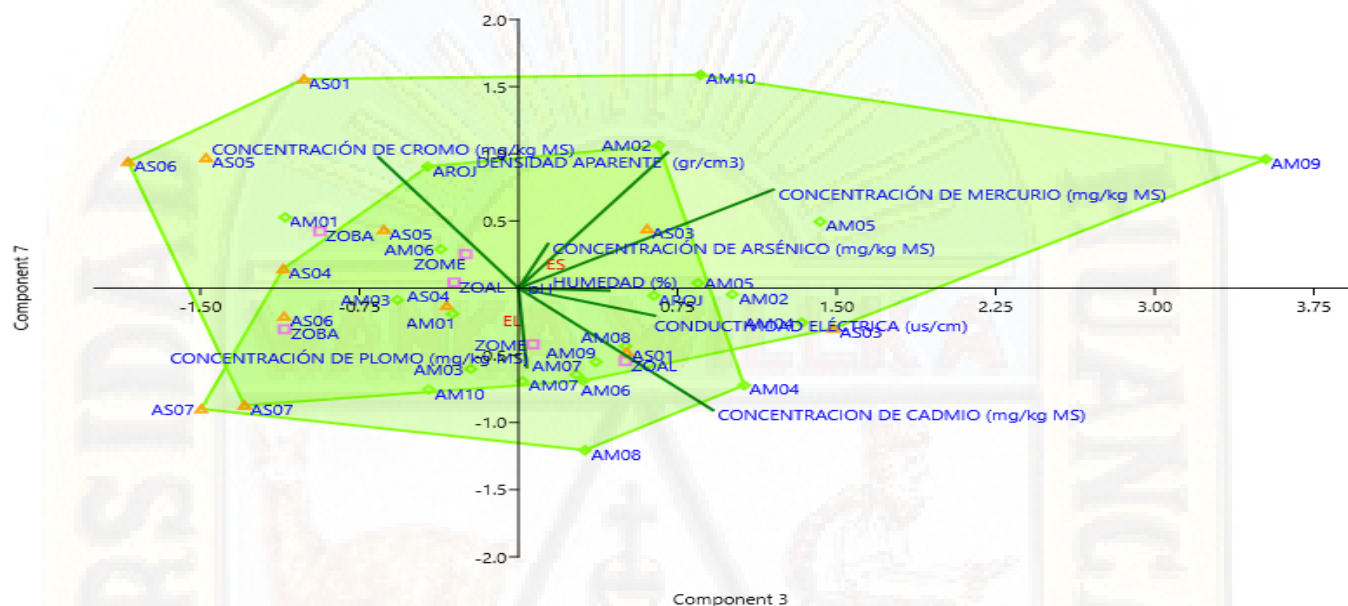


Figura 36. Comportamiento general del cromo, con respecto a variables en general
Fuente: Elaboración propia procesada en el PAST 3.20.

Del grafico anterior se puede observar que mientras que el pH disminuye la concentración de cromo incrementa y mientras que el pH aumenta las concentraciones de mercurio y arsénico incrementan, en este caso se puede ver que en la época seca existió mayor variación en cuanto a la concentración de cromo, puesto que existe datos dispersos, lo que hace que el polígono sea muy grande. Este no tiene ninguna relación con otro metal de manera directa.

4.1.4.4. Análisis multivariado - mercurio:

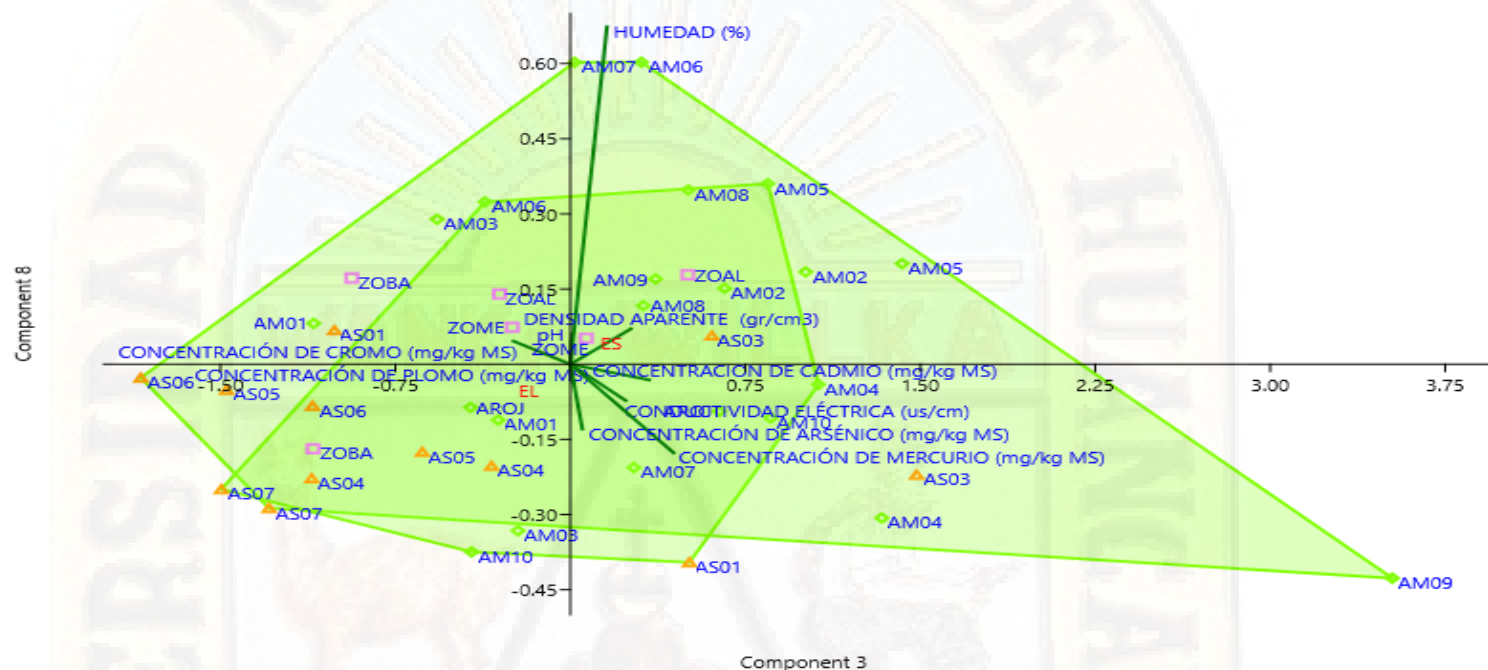


Figura 37. Comportamiento general del mercurio, con respecto a variables en general
Fuente: Elaboración propia procesada en el PAST 3.20.

Como se puede observar la mayor dispersión de datos se observa en la época seca, haciendo que el polígono de semejanza sea más grande con respecto al polígono de la época lluviosa. Se puede concluir que existe relación en cuanto a los pH ácidos entre la concentración de metales como Cd, As y Hg puesto que se encuentran debajo de los cuadrantes positivos; mientras sean mucho menor el pH, estos tienen tendencia a disminuir.

4.1.4.5. Análisis Multivariado y arsénico:

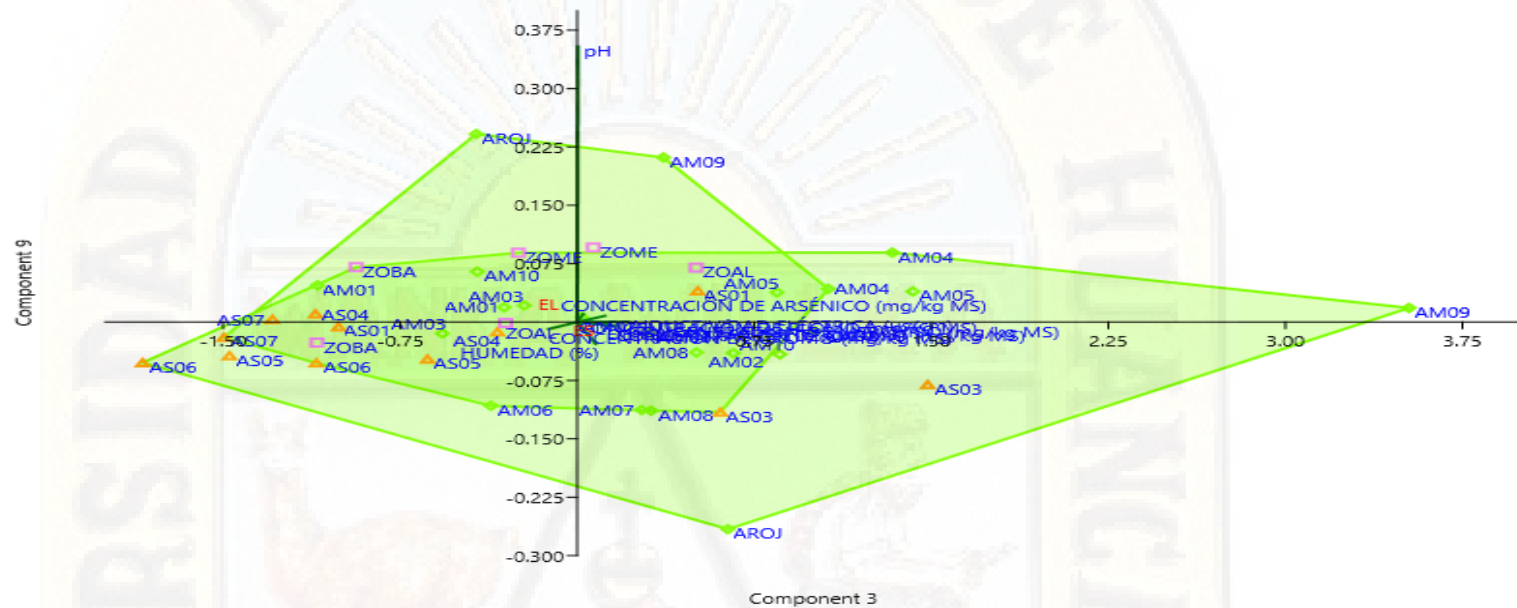


Figura 38. Comportamiento general del arsénico, con respecto a variables en general
Fuente: Elaboración propia procesada en el PAST 3.20.

Como se puede observar es en el grafico anterior, la mayor cantidad de puntos, casi en su totalidad se encuentran en la zona de intersección, lo que indica que poseen semejanzas entre ellos cuando se trata de este metal.

Lo relevante de este grafico se pude indicar que el AROJ de la época lluviosa, es inversamente proporcional a la concentración determinada en el AROJ de la época seca.

4.1.4.6. Análisis multivariado de metales pesados

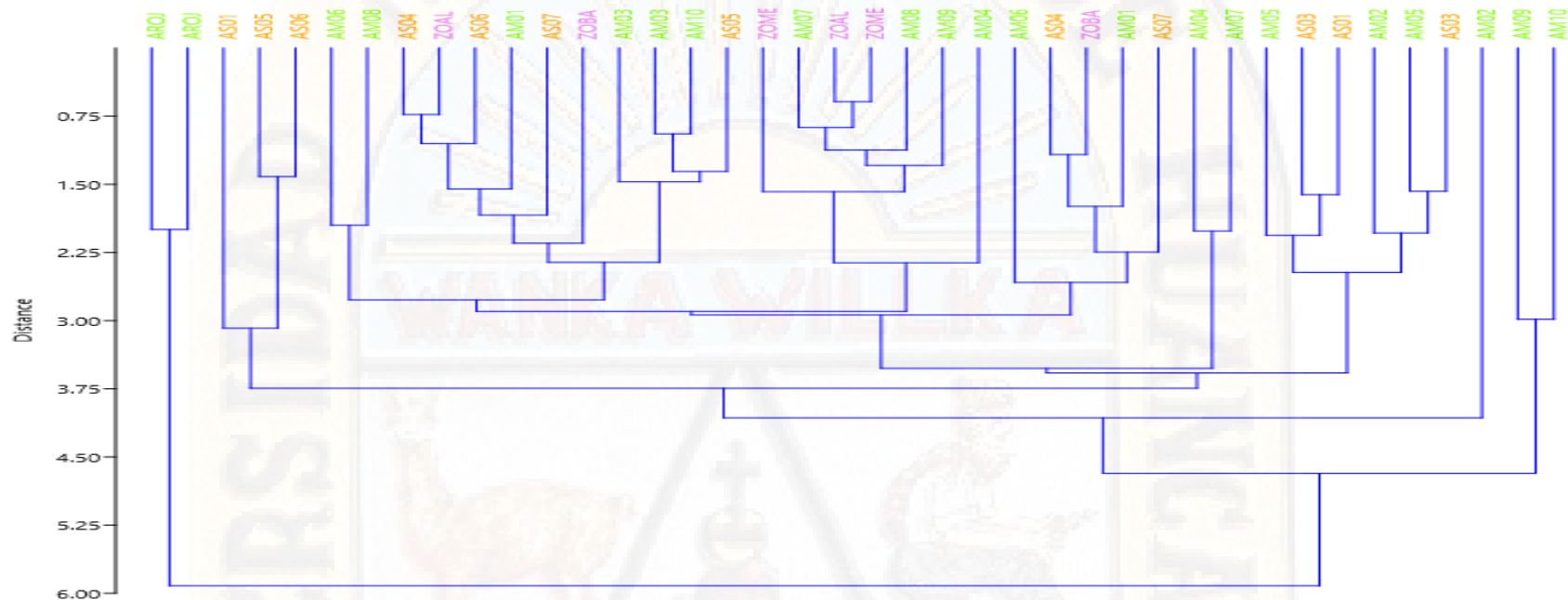


Figura 39. Análisis multivariado de metales pesados

Fuente: Elaboración propia procesada en el PAST 3.20.

En el siguiente dendograma se pudo observar que; el área roja es muy diferente al resto de las áreas el cual se encuentra totalmente aislado del resto de áreas, un claro ejemplo se pudo observar que en un corte en 5.25 solo se obtiene dos cluster en donde el grupo 1 está conformado por el área roja y el grupo 2 conformada por el resto de áreas de monitoreo. Esto debido a que en el área roja existen altas concentraciones de arsénico los cuales sobrepasan los estándares de calidad ambiental para suelo de manera excesiva.

4.1.5. Análisis general del comportamiento de los metales en ambas épocas:

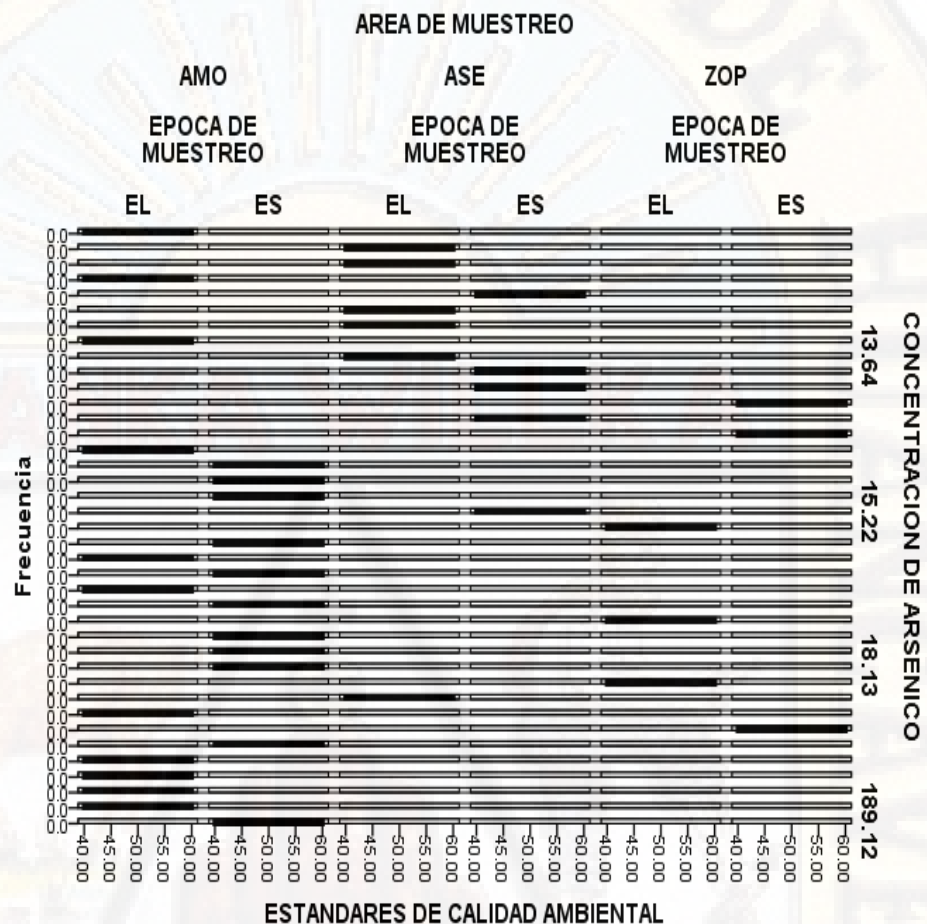


Figura 40. Comportamiento de arsénico en ambas épocas
Fuente: Elaborado en SPSS.
AMO: Áreas mojadas, ASE: Áreas secas, ZOP: Zonas de operación.

En este apartado se pudo observar que los niveles de concentración más altos de arsénico se presentaron en el área roja en la época seca y mojada con concentraciones de 189.12 y 180.58 mg/Kg de PS respectivamente, mientras que los niveles más bajos de arsénico se encontraron en la época seca en el área mojada. De lo misma forma se pudo observar que en el área seca las concentraciones más altas y bajas se dieron en la época de lluvia. En la zona de

operación se pudo ver que las concentraciones más altas y más bajas se registraron en la época de lluvia.

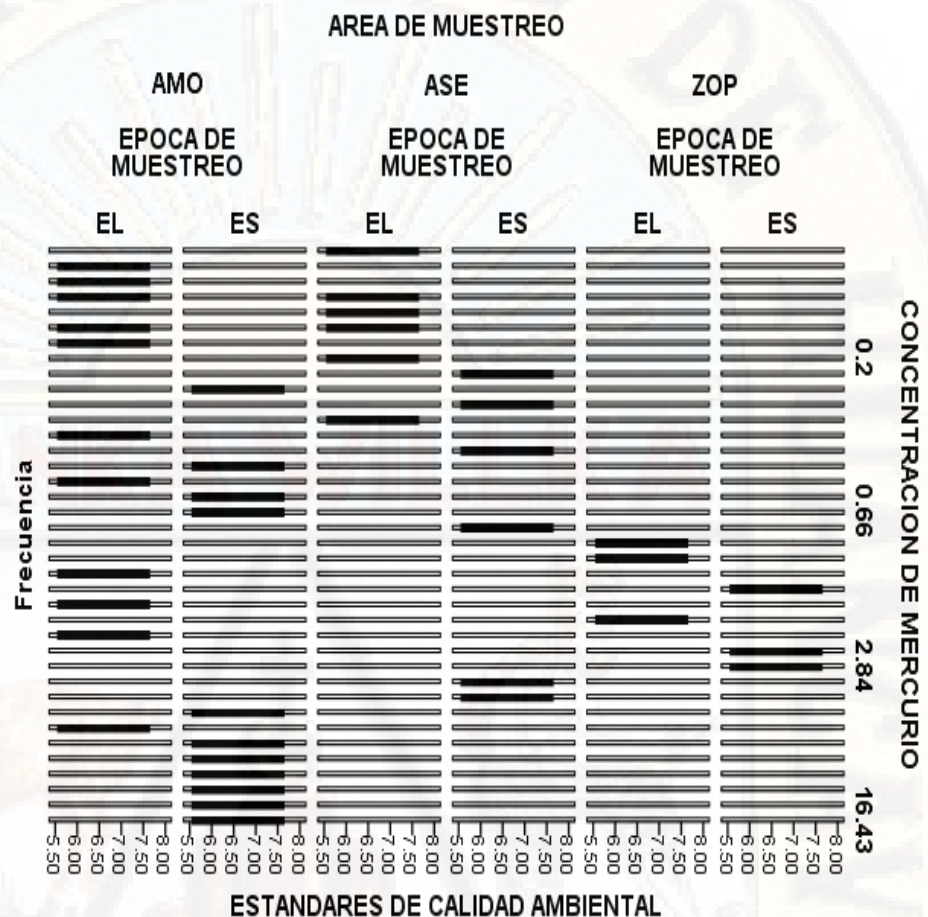


Figura 41. Comportamiento de mercurio en ambas épocas
Fuente: Elaborado en SPSS.
 AMO: Áreas mojadas, ASE: Áreas secas, ZOP: Zonas de operación.

En este grafico se pudo observar que existen puntos de monitoreo donde las concentraciones de mercurio superan los estándares de calidad ambiental, cabe precisar que dichos puntos se encuentran en el área mojada (AMO) correspondientes a la época seca. De la misma forma se pudo observar que los niveles de concentración de mercurio fueron registrados en el área seca (ASE) en la época de lluvia.

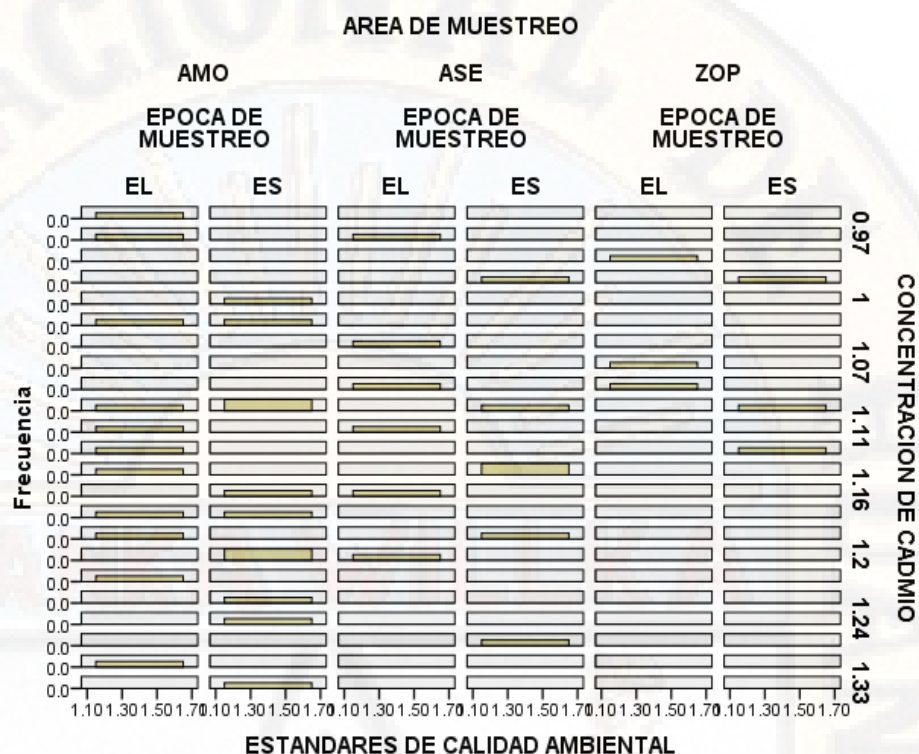


Figura 42. Comportamiento de cadmio en ambas épocas

Fuente: Elaborado en SPSS.

AMO: Áreas mojadas, ASE: Áreas secas, ZOP: Zonas de operación.

Según el grafico se puede observar que en las áreas mojadas (AMO) en la época lluviosa y tanto en la época seca, el cadmio en todos los puntos varía entre el 0.9 mg/Kg de PS como concentración mínima y se tiene un valor máximo de 1.28 mg/Kg, con respecto a los ECA para Suelo Uso agrícola es de 1.4 mg/Kg, ninguno supera el límite. En cuanto a las áreas secas (ASE), se puede observar que en la época lluviosa se obtuvo menores rangos de concentraciones de cadmio (0.98-1.20 mg/Kg PS), mientras que en la época seca las concentraciones varían entre (1.00-1.25 mg/Kg PS). En cuanto a la zona de operación se tiene el mismo comportamiento en la época lluviosa se obtuvo menores rangos de concentración, en comparación con la época seca que el rango es mayor. Al respecto de puede concluir que el comportamiento de los metales en este caso el cadmio

es variado, en ambas épocas; teniendo una tendencia a disminuir en las épocas lluviosa.

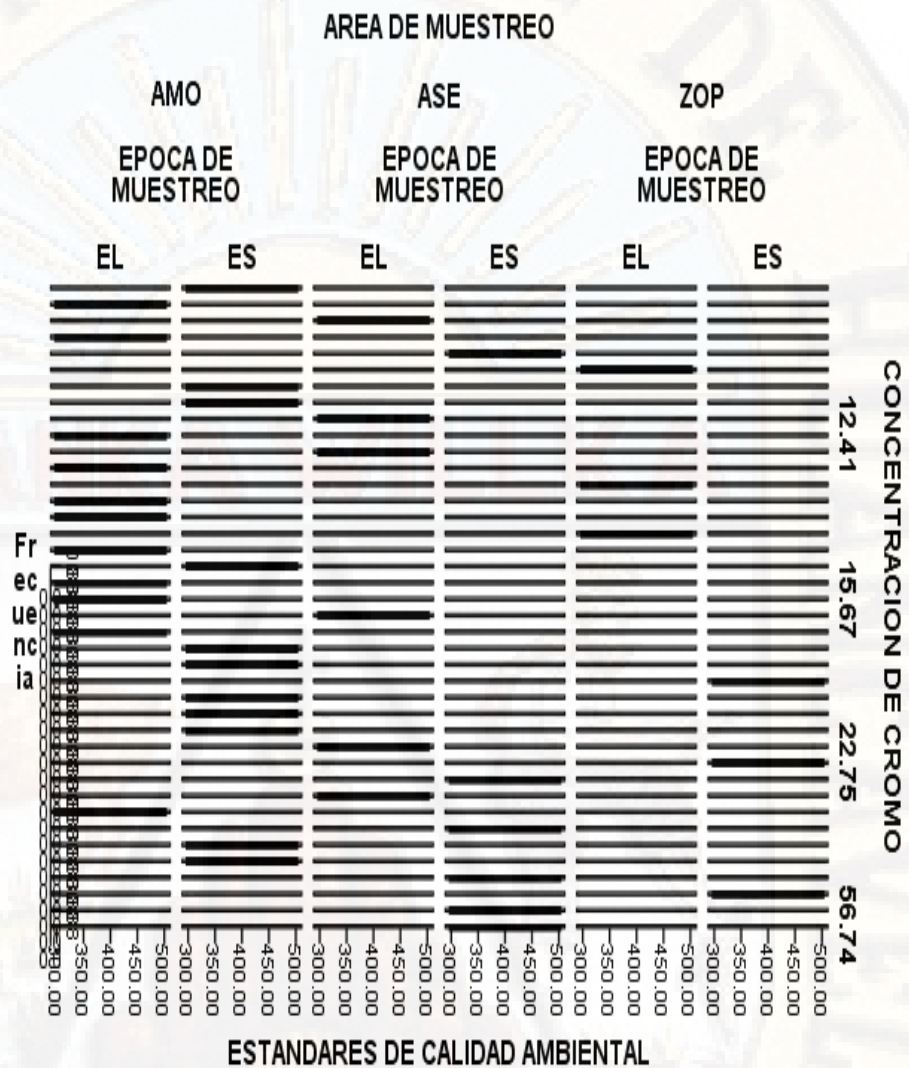


Figura 43. Comportamiento de cromo en ambas épocas

Fuente: Elaborado en SPSS.

AMO: Áreas mojadas, ASE: Áreas secas, ZOP: Zonas de operación.

En este apartado se pudo observar que las concentraciones de cromo no superan los estándares de calidad ambiental, de la misma forma podemos decir que las concentraciones más altas fueron registradas en la época seca y en el área seca del botadero de Pampachacra, mientras que los niveles más bajos de concentración de dicho metal fueron registrados en el área mojada de la época seca.

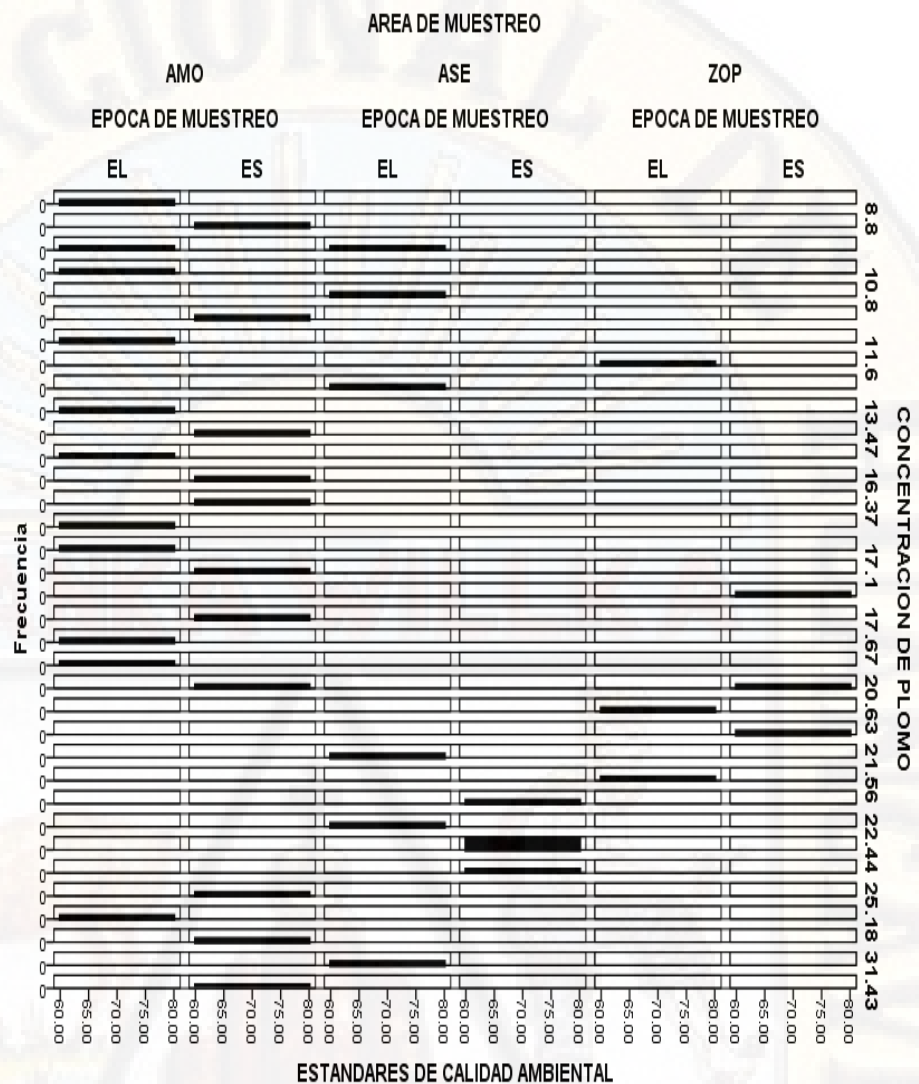


Figura 44. Comportamiento de plomo en ambas épocas
Fuente: Elaborado en SPSS.
AMO: Áreas mojadas, ASE: Áreas secas, ZOP: Zonas de operación.

En este grafico se pudo observar que los niveles de concentración de metales pesados no superan los estándares de calidad ambiental para un suelo agrícola ya que las concentraciones registradas son inferiores a 70mg/kg PS. De la misma forma se pudo observar que los niveles más bajos de plomo fueron registrados en el área mojada en la época de lluvia y los niveles más altos en el área mojada en la época seca.

4.2. Prueba de Hipótesis:

El análisis inferencial o prueba de hipótesis de la variable Nivel de concentración de metales pesados en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica. Se desarrolló mediante el estadístico paramétrico (T de Student para una sola muestra) para grupos que cumplan normalidad y el estadístico no paramétrico (Wilcoxon) para grupos que no cumplan normalidad.

De la misma forma se tuvo en consideración el DECRETO SUPREMO N°011-2017-MINAM, en donde dicho decreto señala que el método que se debe de emplear debe de estar sujetas a la norma EPA 3050 y EPA 3051 y asimismo clasifica a los niveles de concentración de metales pesados según el uso de suelo en:

- Suelo agrícola
- Suelo residencial/parques
- Suelo comercial/industrial extractivo

Los niveles de concentración de los metales pesados en la época seca y de lluvia en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra se determinaron a un nivel de significancia de $\alpha = 0.005$ (5%), por lo tanto, el nivel de confianza con el que se trabajo es del 95% por ciento.

Para las pruebas paramétricas se adra uso de la tabla T para una sola muestra vinculado exclusivamente al software SPSS el cual es el siguiente:

Tabla 24
Tabla de T Student para procesamiento estadístico en SPSS para el nivel de concentración de metales pesados

H ₁	Signo de T	P-valor en SPSS
≠		Significancia asintótica bilateral
>	+	significancia asintótica bilateral/2
>	-	1- significancia asintótica bilateral/2
<	+	1-significancia asintótica bilateral/2
<	-	Significancia asintótica bilateral/2

Fuente: Rafael García Jiménez (2018)

Para las pruebas no paramétricas se usará el uso de la tabla W de los rangos de Wilcoxon vinculado exclusivamente al software SPSS el cual es el siguiente

Tabla 25

Tabla de Wilcoxon para aceptar o rechazar la hipótesis del nivel de concentración de metales pesados

H_a	w^- VS w^+	P valor o “Sig” en SPSS
\neq	w^- VS w^+ w^+ VS w^-	Significancia asintótica bilateral
$<$	w^- VS w^+ w^+ VS w^-	1 - Significancia exacta unilateral Significancia exacta unilateral
$>$	w^- VS w^+ w^+ VS w^-	Significancia exacta unilateral 1 - Significancia exacta unilateral

Fuente: Rafael García Jiménez (2018)

4.2.1. Análisis inferencial de metales pesados

4.2.1.1. Análisis inferencial de arsénico

4.2.1.1.1. Análisis inferencial de arsénico en la época seca:

Antes de emplear el estadístico se tuvo en consideración realizar la prueba de normalidad para verificar si los niveles de concentración de arsénico recolectados en los puntos de monitoreo en la época seca son de distribución normal o requieren de una transformación de datos, ya que el para utilizar el estadístico “T” se requiere que los datos sean normales.

➤ Prueba de normalidad para niveles de concentración de arsénico en la época seca

Para la prueba de normalidad se tuvo como opción realizarlo por Shapiro Wilk quien trabaja con datos menores a 50, ya que la cantidad de datos a procesar fueron 40 el cual indica que es menor a 50. En cambio, no se consideró realizarlo por Kolmogorov Smirnov ya que este estadístico trabaja con datos mayores a 50.

Tabla 26
Prueba de Normalidad de Shapiro Wilk

	Pruebas de normalidad		
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Concentración de arsénico en época seca	.288	40	.000

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V 23.

En este apartado se pudo observar que los niveles de concentración de arsénico en el suelo registrados en la época seca en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra, en donde según Shapiro Wilk tiene un P valor < 0.05 , lo que indica que no tiene una distribución normal. En este caso no será necesario realizar una transformación de datos debido a que el P valor es 0.000. Asimismo, se pudo deducir que el estadístico a utilizar será por un estadístico no paramétrico denominado “Wilcoxon”.

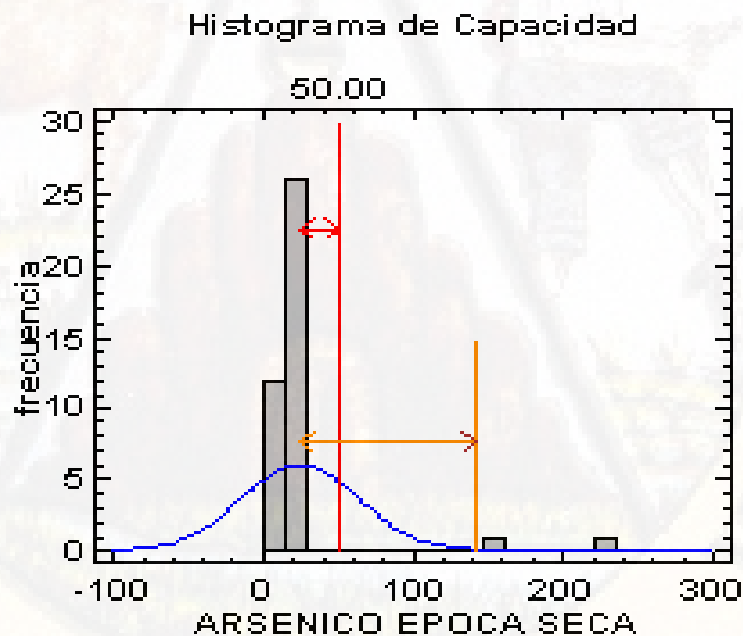


Figura 45. Diagrama de distribución no normal
Fuente: Elaboración propia.

En el histograma se pudo observar que la campana de gauss no sigue una distribución normal ya que la cola tiene un sesgo más hacia el lado derecho, con una desviación estándar de 39.082.

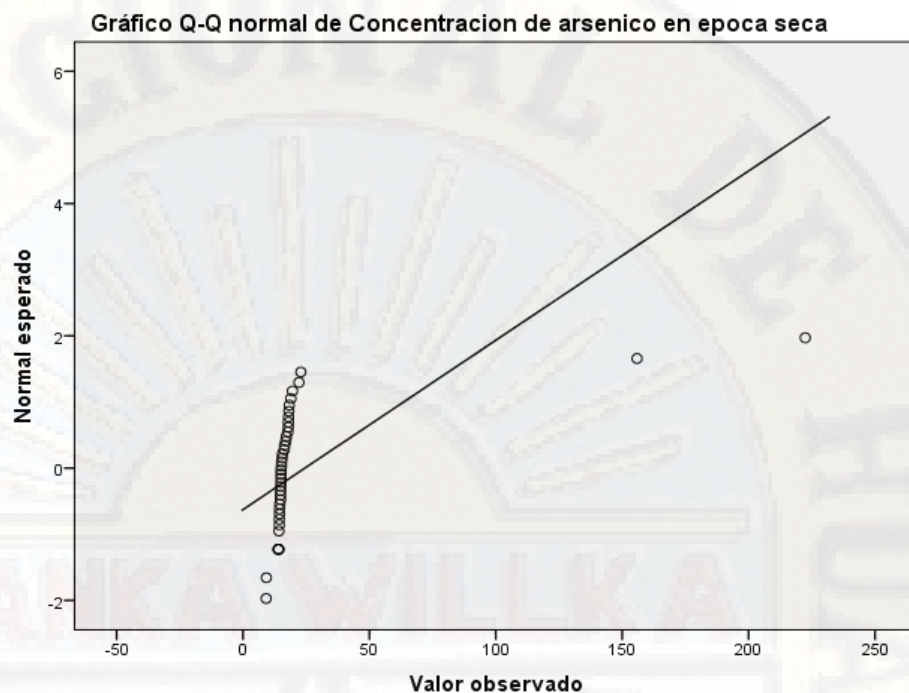


Figura 46. Diagrama Q-Q Plot del nivel de concentración de arsénico en época seca
Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V23.

Según el gráfico Q-Q Plot, las concentraciones de arsénico en el suelo registrados en la época seca en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra, no siguen una distribución normal ya que dichas concentraciones no tienden a acercarse a la línea de tendencia



Figura 47. Distribución por el diagrama de cajas
Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V23

En este apartado se observó mediante el diagrama de cajas y bigotes que los niveles de concentración de arsénico en la época seca en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra, no tienen una distribución normal, debido a que hay presencia de dos (2) datos típicos que se alejan del resto de datos de manera significativa. Asimismo, se puede observar que el resto de datos se encuentran dentro de los cuartiles correspondientes.

➤ **Planteamiento de Hipótesis estadística**

Hipótesis Nula (H_0): El nivel de concentración de As en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, no superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

Hipótesis Alternativa (H_a): El nivel de concentración de As en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

➤ **Prueba unilateral o de una cola**

$$H_a > \mu \text{ o } H_a > 50$$

$$H_0 \leq \mu \text{ o } H_0 \leq 50$$

➤ **Prueba “W”**

Para: $H_a > \mu$ o $H_a > 50$ y $H_0 \leq \mu$ o $H_0 \leq 50$, se tuvo en consideración lo siguiente:

- Si “W” es menor a 0.05 se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.
- Si “W” es mayor a 0.05 se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula.

Tabla 27
Prueba estadístico W

Rangos		N	Rango promedio	Suma de rangos
Estándares de Calidad Ambiental -	Rangos negativos	2 ^a	39.50	79.00
Concentración de arsénico en época seca	Rangos positivos	38 ^b	19.50	741.00
	Empates	0 ^c		
	Total	40		

a. Estándares de Calidad Ambiental < Concentración de arsénico en época seca

b. Estándares de Calidad Ambiental > Concentración de arsénico en época seca

c. Estándares de Calidad Ambiental = Concentración de arsénico en época seca

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS

En este apartado se pudo observar que al procesar un total de 40 datos mediante el estadístico Wilcoxon se obtuvo que 38 datos son menores a los estándares de calidad ambiental y solo 2 de ellos superan dicho estándar aprobado por el DS N° 011-2017.-MINAM.

Tabla 28
Prueba estadística mediante Wilcoxon

Estadísticos de prueba ^a	
Estándares de Calidad Ambiental - Concentración de arsénico en época seca	
Z	-4.450 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	.000

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

De la prueba de hipótesis desarrollada mediante el estadístico no paramétrico Wilcoxon se obtuvo un P valor igual a 0.000 y un valor Z de -4.450. el cual indica que, para aprobar o rechazar la hipótesis planteada por los investigadores, se debe de pasar a evaluar el P valor de 0.000 con la tabla de Wilcoxon.

Para dicha afirmación se tuvo en consideración la tabla de Wilcoxon para una sola muestra, para aceptar o rechazar la hipótesis planteada por los investigadores, por lo que sirvió para contrastar dicha afirmación o rechazo. Por lo que se tiene que:

- $P_{\text{valor}} = 0.000$

$W = 1 - P_{\text{valor}}$ (Significancia exacta unilateral)

$W = 1 - 0.000$

$W = 1$

➤ **Decisión estadística**

Se observó de acuerdo al estadístico “W” hallada mediante el software estadístico SPSS v23, un “W” mayor a 0.005, lo que indica que se rechaza la hipótesis alterna (H_a) y acepta la hipótesis nula (H_0) en donde menciona que; el nivel de Concentración de As en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, no superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

➤ **Conclusión estadística**

Se concluye que el nivel de concentración de arsénico en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra en la época seca no superan los estándares de calidad ambiental aprobados por el DS N° 0.11-2017-MINAM, con un 95% de confianza, una prueba de normalidad de 0.000 y un “W” igual a 1.

4.1.1.1.1. Análisis inferencial de arsénico en la época de lluvia

Antes de emplear el estadístico se tuvo en consideración realizar la prueba de normalidad para verificar si los niveles de concentración de arsénico recolectados en los puntos de monitoreo en la época de lluvia son de distribución normal o requieren de una transformación de datos, ya que para utilizar el estadístico “T” se requiere que los datos sean normales.

➤ **Prueba de normalidad para niveles de concentración de arsénico en la época de lluvia**

Tabla 29

Prueba de Normalidad por Shapiro Wilk del arsénico en época de lluvia

	Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	Estadístico	gl	Sig.
Concentración de arsénico en época de lluvia	.379	.391	40	.000

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V 23.

En este apartado se pudo observar que los niveles de concentración de arsénico en el suelo registrados en la época de lluvia en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra, en donde según Shapiro Wilk tiene un P valor < 0.05 , lo que indica que no tiene una distribución normal. En este caso no será necesario realizar una transformación de datos debido a que el P valor es 0.000. Asimismo, se pudo deducir que el estadístico a utilizar será por un estadístico no paramétrico denominado “Wilcoxon”.

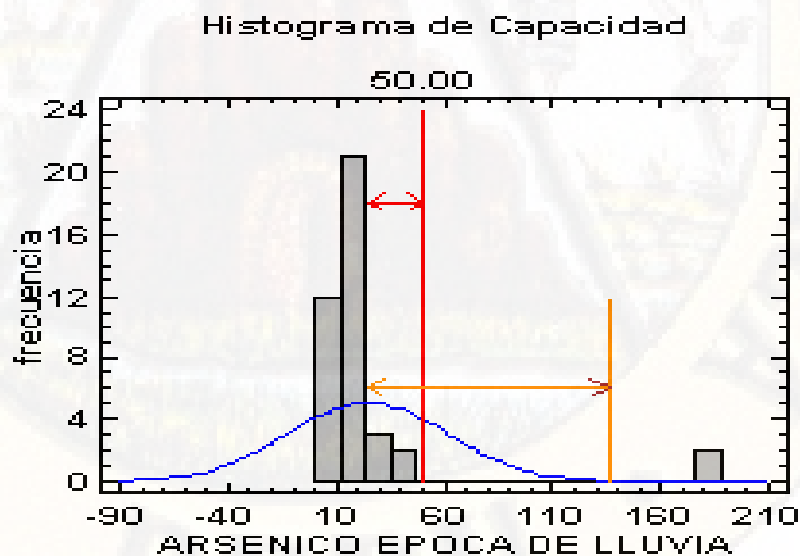


Figura 48. Diagrama de distribución no normal de la concentración de arsénico en la época de lluvia

Fuente: Elaboración propia.

En el histograma se pudo observar que la campana de gauss de los datos de la concentración de arsénico en la época de lluvia no sigue una distribución normal ya que la cola tiene un sesgo más hacia el lado derecho, con una desviación estándar de 37.102.

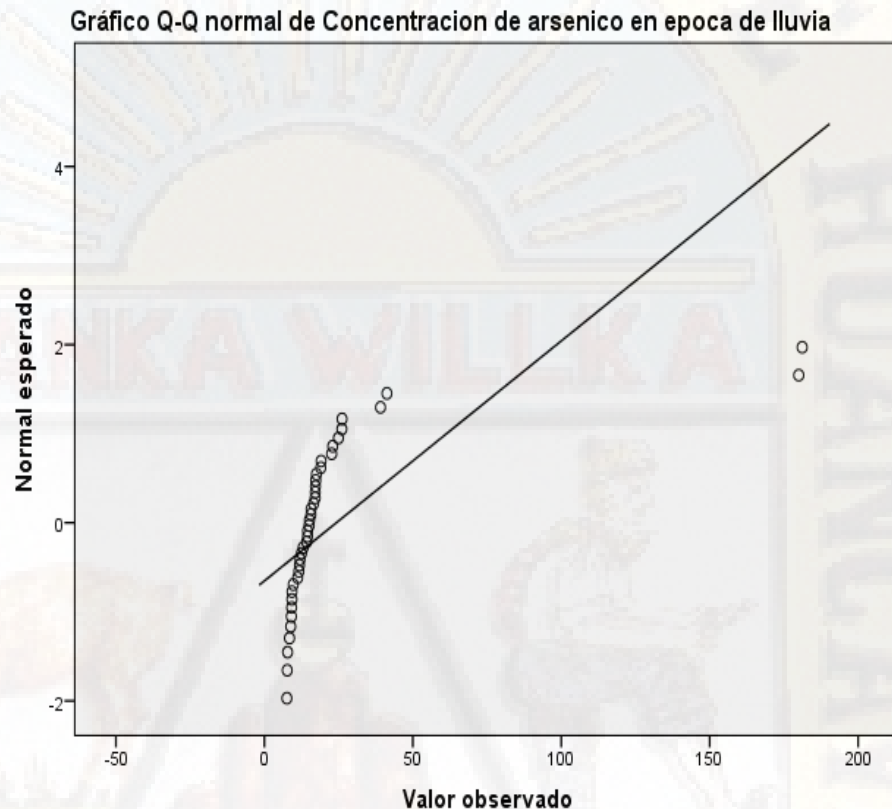


Figura 49. Diagrama Q-Q Plot del nivel de concentración de arsénico en época de lluvia

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V23.

Según el gráfico Q-Q Plot, las concentraciones de arsénico en el suelo registrados en la época de lluvia en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra, no siguen una distribución normal ya que dichas concentraciones no tienden a acercarse a la línea de tendencia central.

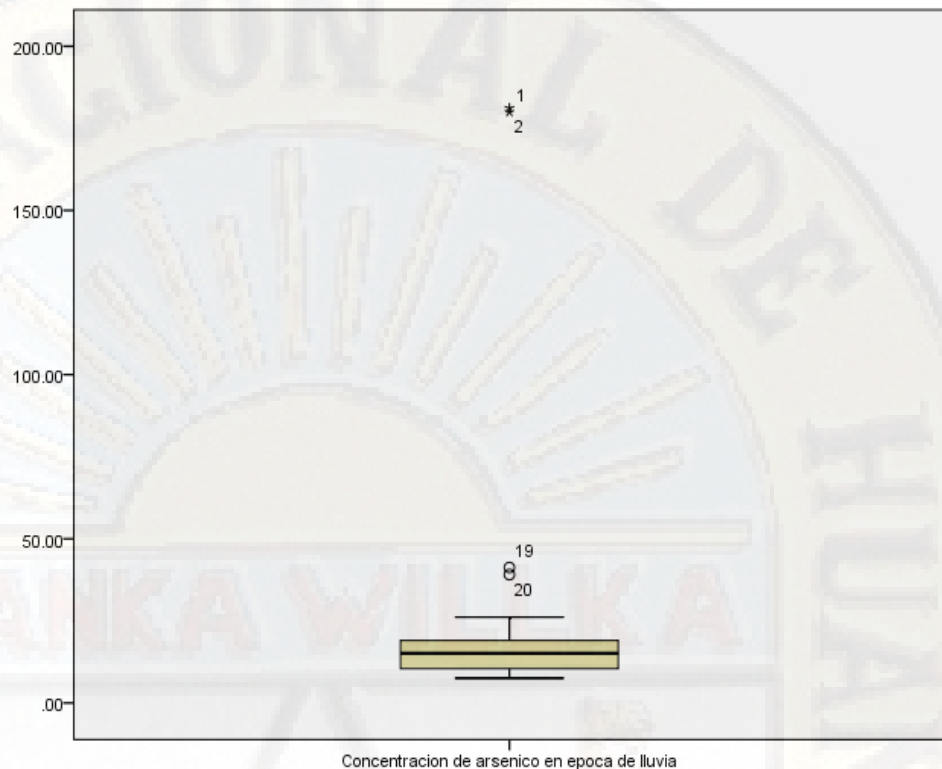


Figura 50. Distribución por el diagrama de cajas y bigotes para la concentración de arsénico en la época de lluvia

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V23.

En el diagrama de cajas y bigotes se observó que los niveles de concentración de arsénico en la época de lluvia en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra, no tienen una distribución normal, debido a que hay presencia de cuatro (4) datos típicos que se alejan del resto de datos de manera significativa. Asimismo, se puede observar que el resto de datos se encuentran dentro de los cuartiles correspondientes mayores a 0.00 y menores a 50.

➤ **Planteamiento de Hipótesis estadística**

Hipótesis Alternativa (H_a): El nivel de concentración de As en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

Hipótesis Nula (Ho): El nivel de concentración de As en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, no superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

➤ **Prueba unilateral o de una cola**

$$H_a > \mu \text{ o } H_a > 50$$

$$H_o \leq \mu \text{ o } H_o \leq 50$$

➤ **Prueba “W”**

Para: $H_a > \mu$ o $H_a > 50$ y $H_o \leq \mu$ o $H_o \leq 50$, se tuvo en consideración lo siguiente:

- Si “W” es menor a 0.05 se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula
- Si “W” es mayor a 0.05 se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula

Tabla 30
Prueba estadístico W

Rangos		N	Rango promedio	Suma de rangos
Estándares de Calidad Ambiental -	Rangos negativos	2 ^a	39.50	79.00
Concentración de arsénico en época de lluvia	Rangos positivos	38 ^b	19.50	741.00
	Empates	0 ^c		
	Total	40		

a. Estándares de Calidad Ambiental < Concentración de arsénico en época de lluvia

b. Estándares de Calidad Ambiental > Concentración de arsénico en época de lluvia

c. Estándares de Calidad Ambiental = Concentración de arsénico en época de lluvia

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS.

En este apartado se pudo observar que al procesar un total de 40 datos mediante el estadístico Wilcoxon se obtuvo que 38 datos son

menores a los estándares de calidad ambiental y solo 2 de ellos superan dicho estándar aprobado por el DS N° 011-2017.-MINAM.

Tabla 31

Prueba estadística mediante Wilcoxon para arsénico en la época de lluvia

Estadísticos de prueba ^a	
Estándares de Calidad Ambiental - Concentración de arsénico en época de lluvia	
Z	-4.449 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	.000

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS.

De la prueba de hipótesis desarrollada mediante el estadístico no paramétrico Wilcoxon se obtuvo un P valor igual a 0.000 y un valor Z de -4.449. el cual indica que para aprobar o rechazar la hipótesis planteada por los investigadores, se debe de pasar a evaluar el Pvalor de 0.000 con la tabla de Wilcoxon.

Para dicha afirmación se tuvo en consideración la tabla de Wilcoxon para una sola muestra, para aceptar o rechazar la hipótesis planteada por los investigadores, por lo que sirvió para contrastar dicha afirmación o rechazo. Por lo que se tiene que:

- Pvalor =0.000

$W = 1 - P \text{ valor (Significancia exacta unilateral)}$

$W = 1 - 0.000$

$W = 1$

➤ **Decisión estadística**

Se observó de acuerdo al estadístico “W” hallada mediante el software estadístico SPSS v23, un “W” mayor a 0.005, lo que indica que se rechaza la hipótesis alterna (H_a) y acepta la hipótesis nula (H_0) en donde menciona que; el nivel de concentración de As en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito,

provincia y departamento de Huancavelica, no superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

➤ **Conclusión estadística**

Se concluye que el nivel de concentración de arsénico en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra en la época de lluvia no superan los estándares de calidad ambiental aprobados por el DS N° 0.11-2017-MINAM, con un 95% de confianza, una prueba de normalidad de 0.000 y un “W” igual a 1.

4.1.1.1.2. Análisis inferencial de mercurio en la época seca

Antes de emplear el estadístico se tuvo en consideración realizar la prueba de normalidad para verificar si los niveles de concentración de mercurio recolectados en los puntos de monitoreo en la época seca son de distribución normal o requieren de una transformación de datos, ya que para utilizar el estadístico “T” se requiere que los datos sean normales o caso contrario aplicar el estadístico Wilcoxon para grupos que no cumplen normalidad.

➤ **Prueba de normalidad para niveles de concentración de mercurio en la época seca**

Tabla 32
Prueba de Normalidad por Shapiro Wilk del mercurio en época de seca

	Pruebas de normalidad		
	Estadístico	gl	Sig.
Concentración de mercurio en época seca	.719	40	.000

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V 23.

En este apartado se pudo observar que los niveles de concentración de mercurio en el suelo registrados en la época seca en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra, en donde mediante el estadístico Shapiro Wilk tiene un P valor igual a 0.000 el cual es menor a 0.05, lo que indica que no tiene una distribución normal.

En este caso no será necesario realizar una transformación de datos debido a que el P valor es 0.000. Asimismo, se pudo deducir que el estadístico a utilizar será por un estadístico no paramétrico denominado “Wilcoxon”.

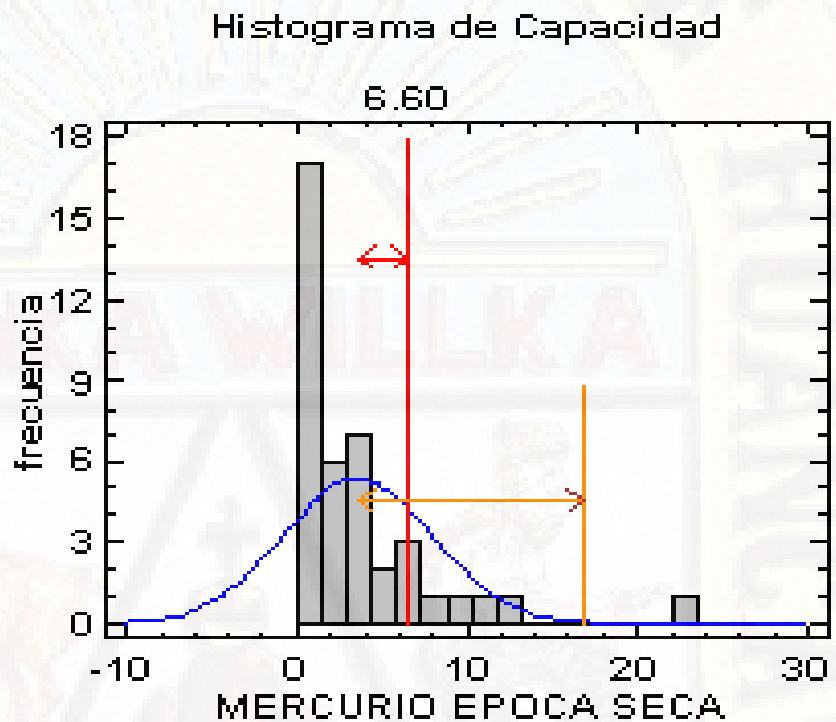


Figura 51. Diagrama de distribución no normal de la concentración de mercurio en la época seca
Fuente: Elaboración propia

En el histograma se pudo observar que la campana de gauss de los datos de la concentración de mercurio en la época seca no tiene una distribución normal, debido a que se pudo observar datos que hacen que dicha campana genere un sesgo hacia la derecha, con una desviación estándar de 4.437.

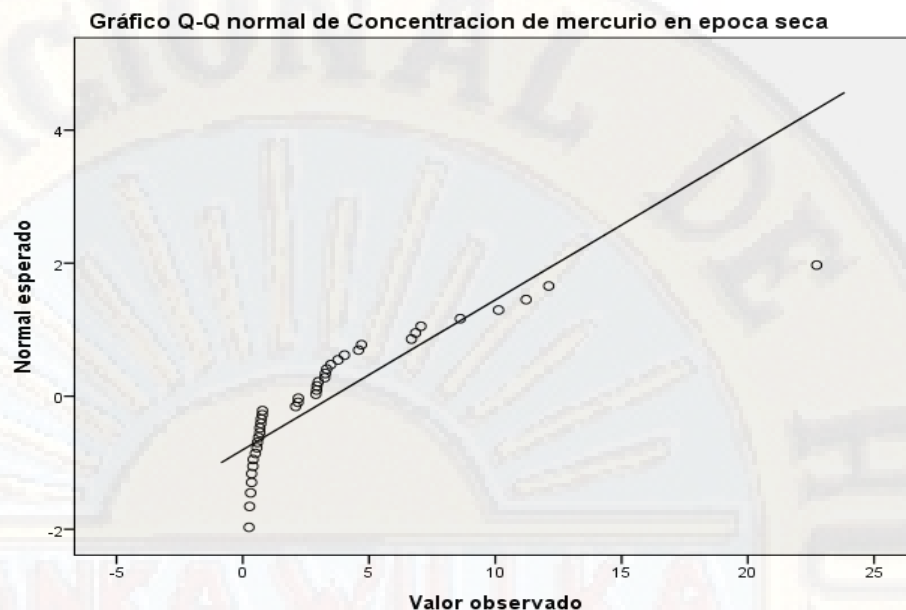


Figura 52. Diagrama Q-Q Plot del nivel de concentración de mercurio en la época seca.
Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V23

Según el grafico Q-Q Plot, las concentraciones de mercurio en el suelo registrados en la época seca en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra, no siguen una distribución normal debido a que dichas concentraciones no tienden a acercarse a la línea de tendencia central.

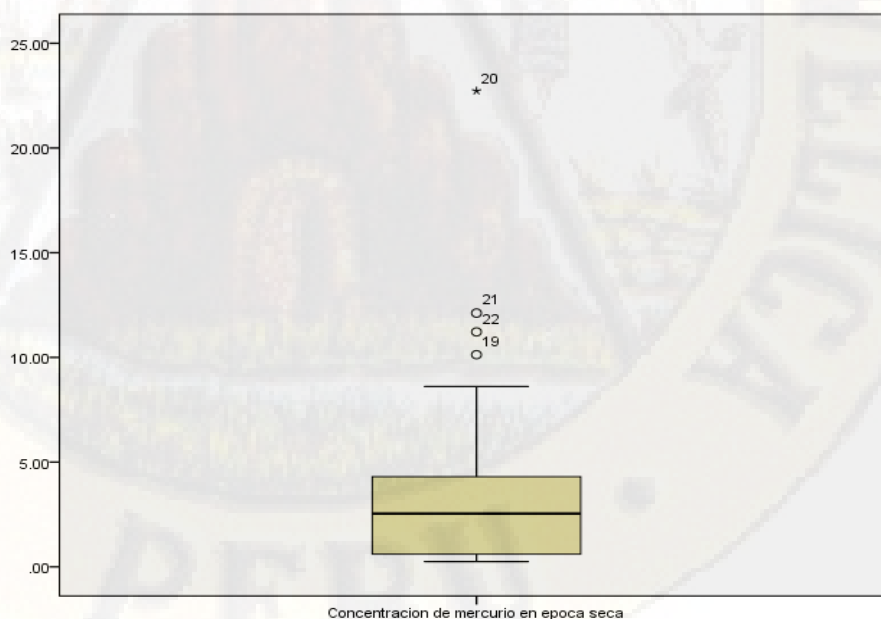


Figura 53. Distribución por el diagrama de cajas y bigotes para la concentración de mercurio en la época de seca.
Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V23.

En el diagrama de cajas y bigotes se observó que los niveles de concentración de mercurio en la época seca en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra, no tienen una distribución normal, debido a que hay presencia de cuatro (4) datos atípicos que se alejan del resto de datos de manera significativa. Asimismo, se puede observar que la caja tiene un sesgo hacia el bigote inferior.

➤ **Planteamiento de Hipótesis estadística**

Hipótesis Alterna (H_a): El nivel de concentración de Hg en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

Hipótesis Nula (H_0): El nivel de concentración de Hg en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, no superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

➤ **Prueba unilateral o de una cola**

$$H_a > \mu \text{ o } H_a > 6.6$$

$$H_0 \leq \mu \text{ o } H_0 \leq 6.6$$

➤ **Prueba “W”**

Para: $H_a > \mu$ o $H_a > 6.6$ se tuvo en consideración lo siguiente:

- Si “W” es menor a 0.05 se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula
- Si “W” es mayor a 0.05 se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula

Tabla 33

Prueba estadística “W” para niveles de mercurio en la época seca

Rangos		N	Rango promedio	Suma de rangos
Estándares de calidad ambiental - Concentración de mercurio en época seca	Rangos negativos	8 ^a	13.38	107.00
	Rangos positivos	32 ^b	22.28	713.00
	Empates	0 ^c		
	Total	40		

a. estándares de calidad ambiental < Concentración de mercurio en época seca

b. estándares de calidad ambiental > Concentración de mercurio en época seca

c. estándares de calidad ambiental = Concentración de mercurio en época seca

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS.

En este apartado se pudo observar que al procesar un total de 40 datos de los niveles de concentración de mercurio en la época seca mediante el estadístico Wilcoxon se obtuvo que 32 datos son menores a los estándares de calidad ambiental y solo 8 de ellos superan dicho estándar aprobado por el DS N° 011-2017.-MINAM.

Tabla 34

Prueba estadístico mediante Wilcoxon para mercurio en la época seca

Estadísticos de prueba ^a	
	estándares de calidad ambiental - Concentración de mercurio en época seca
Z	-4.073 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	.000

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS.

De la prueba de hipótesis desarrollada mediante el estadístico no paramétrico Wilcoxon se obtuvo un P valor igual a 0.000 y un valor Z de -4.073, el cual indica que para aprobar o rechazar la hipótesis planteada por los investigadores, se debe de pasar a evaluar el Pvalor de 0.000 con la tabla de Wilcoxon.

Para dicha afirmación se tuvo en consideración la tabla de Wilcoxon para una sola muestra, para aceptar o rechazar la hipótesis

planteada por los investigadores, por lo que sirvió para contrastar dicha afirmación o rechazo. Por lo que se tiene que:

$$- P_{\text{valor}} = 0.000$$

$$W = 1 - P_{\text{valor}} \text{ (Significancia exacta unilateral)}$$

$$W = 1 - 0.000$$

$$W = 1$$

➤ **Decisión estadística**

Se observó de acuerdo al estadístico “W” hallada mediante el software estadístico SPSS v23, un “W” mayor a 0.05, lo que indica que se rechaza la hipótesis alterna (H_a) y acepta la hipótesis nula (H_0) en donde menciona que; el nivel de concentración de Hg en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, no superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

➤ **Conclusión estadística**

Se concluye que el nivel de concentración de mercurio en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra en la época seca no superan los estándares de calidad ambiental aprobados por el DS N° 0.11-2017-MINAM, con un 95% de confianza, una prueba de normalidad de 0.000 y un “W” igual a 1.

4.1.1.1.3. Análisis inferencial de mercurio en la época de lluvia

Antes de emplear el estadístico se tuvo en consideración realizar la prueba de normalidad para verificar si los niveles de concentración de mercurio recolectados en los puntos de monitoreo en la época de lluvia son de distribución normal o requieren de una transformación de datos, ya que para utilizar el estadístico “T” se requiere que los datos sean normales o caso contrario aplicar el estadístico Wilcoxon para grupos que no cumplen normalidad.

Tabla 35

Prueba de Normalidad por Shapiro Wilk del mercurio en época de lluvia

	Pruebas de normalidad		
		Shapiro-Wilk	
	Estadístico	gl	Sig.
Concentración de mercurio en época de lluvia	.754	40	.000

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V 23.

En este apartado se pudo observar que los niveles de concentración de mercurio en el suelo registrados en la época de lluvia en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra, en donde mediante el estadístico Shapiro Wilk tiene un P valor igual a 0.000 el cual es menor a 0.05, lo que indica que no tiene una distribución normal. En este caso no será necesario realizar una transformación de datos debido a que el P valor es 0.000. Asimismo, se pudo deducir que el estadístico a utilizar será por un estadístico no paramétrico denominado “Wilcoxon”.

Histograma de Capacidad

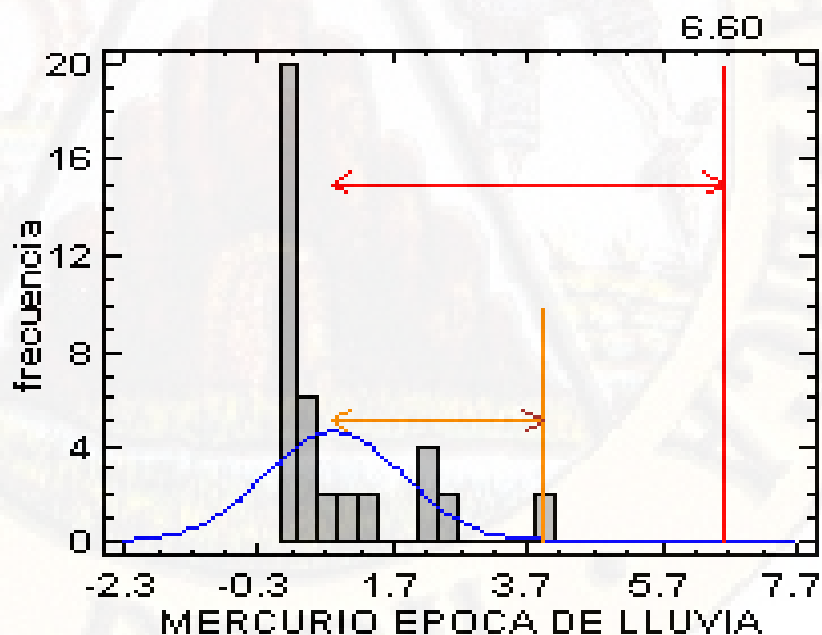


Figura 54. Diagrama de distribución no normal de la concentración de mercurio en la época de lluvia.

Fuente: Elaboración propia

En el histograma se pudo observar que la campana de gauss de los datos de la concentración de mercurio en la época lluvia no tiene una distribución normal, debido a que se pudo observar datos que hacen que dicha campana tenga un sesgo hacia la derecha, con una desviación estándar de 1.03.

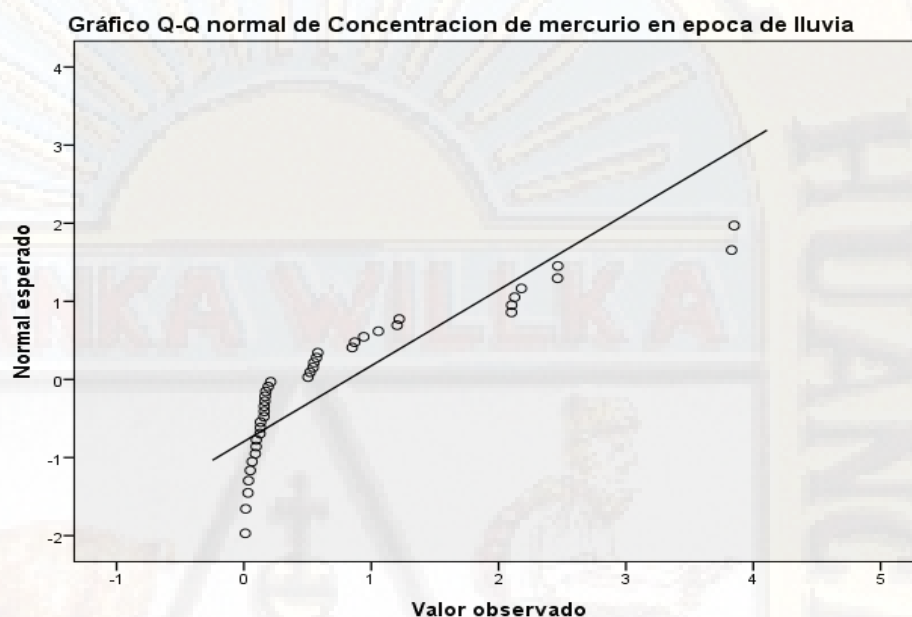


Figura 55. Diagrama Q-Q Plot del nivel de concentraci3n de mercurio en la 3poca de lluvia

Fuente: Elaboraci3n propia procesada en el SPSS V23

Seg3n el grafico Q-Q Plot, las concentraciones de mercurio en el suelo registrados en la 3poca de lluvia en el 3rea de influencia directa del botadero de Pampachacra, no siguen una distribuci3n normal debido a que dichas concentraciones no tienden a acercarse a la l3nea de tendencia central.

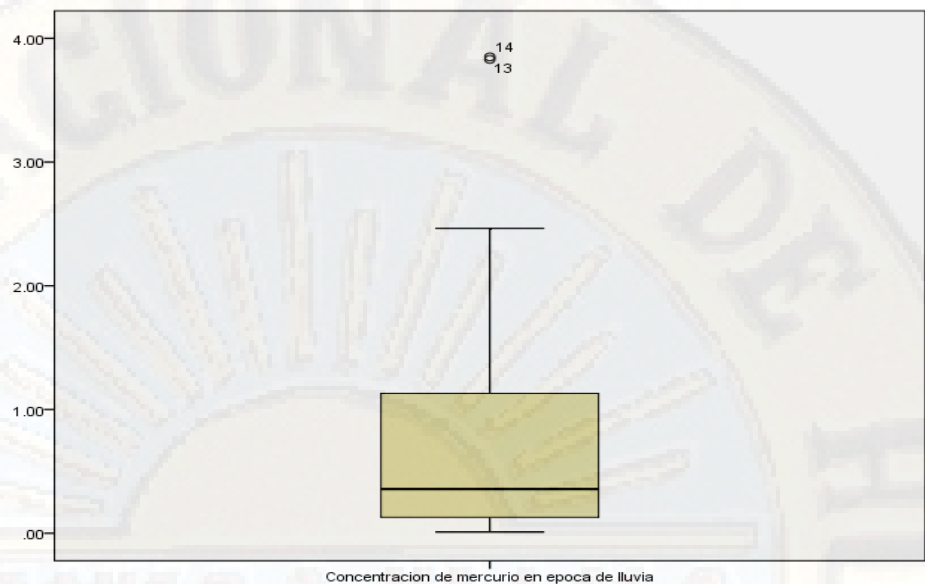


Figura 56. Distribución por el diagrama de cajas y bigotes para la concentración de mercurio en la época de seca

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V23

En el diagrama de cajas y bigotes se observó que los niveles de concentración de mercurio en la época de lluvia en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra, no tienen una distribución normal, debido a que hay presencia de dos (2) datos atípicos que se alejan del resto de datos de manera significativa. Asimismo, se puede observar que la caja tiene un sesgo hacia el bigote inferior.

➤ **Planteamiento de Hipótesis estadística**

Hipótesis Alterna (H_a): El nivel de concentración de Hg en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

Hipótesis Nula (H_0): El nivel de concentración de Hg en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, no superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

➤ **Prueba unilateral o de una cola**

$$H_a > \mu \text{ o } H_a > 6.6$$

$$H_o \leq \mu \text{ o } H_o \leq 6.6$$

➤ **Prueba “W”**

Para: $H_a > \mu$ o $H_a > 6.6$, se tuvo en consideración lo siguiente:

- Si “W” es menor a 0.05 se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula
- Si “W” es mayor a 0.05 se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula.

Tabla 36

Prueba estadística “W” para niveles de mercurio en la época de lluvia

		Rangos		
		N	Rango promedio	Suma de rangos
estándares de	Rangos negativos	0 ^a	.00	.00
calidad ambiental -	Rangos positivos	40 ^b	20.50	820.00
Concentración de	Empates	0 ^c		
mercurio en época	Total	40		
de lluvia				

a. estándares de calidad ambiental < Concentración de mercurio en época de lluvia

b. estándares de calidad ambiental > Concentración de mercurio en época de lluvia

c. estándares de calidad ambiental = Concentración de mercurio en época de lluvia

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS.

En este apartado se pudo observar que al procesar un total de 40 datos de los niveles de concentración de mercurio en la época de lluvia mediante el estadístico Wilcoxon se obtuvo que todos los datos registrados son menores a los estándares de calidad ambiental el cual fue aprobado por el DS N° 011-2017.-MINAM.

Tabla 37

Prueba estadística mediante Wilcoxon para mercurio en la época de lluvia

Estadísticos de prueba ^a	
ándares de calidad ambiental - Concentración de mercurio en época de lluvia	
Z	-5.511 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	.000

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS.

De la prueba de hipótesis desarrollada mediante el estadístico no paramétrico Wilcoxon se obtuvo un P valor igual a 0.000 y un valor Z de -5.511, el cual indica que para aprobar o rechazar la hipótesis planteada por los investigadores, se debe de pasar a evaluar el Pvalor de 0.000 con la tabla de Wilcoxon.

Para dicha afirmación se tuvo en consideración la tabla de Wilcoxon para una sola muestra, para aceptar o rechazar la hipótesis planteada por los investigadores, por lo que sirvió para contrastar dicha afirmación o rechazo. Por lo que se tiene que:

- Pvalor =0.000

$W = 1 - P \text{ valor (Significancia exacta unilateral)}$

$W = 1 - 0.000$

$W = 1$

➤ Decisión estadística

Se observó de acuerdo al estadístico “W” hallada mediante el software estadístico SPSS v23, un “W” mayor a 0.05, lo que indica que se rechaza la hipótesis alterna (H_a) y acepta la hipótesis nula (H_o) en donde menciona que; el nivel de concentración de Hg en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, no superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

➤ **Conclusión estadística**

Se concluye que el nivel de concentración de mercurio en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra en la época de lluvia no superan los estándares de calidad ambiental aprobados por el DS N° 0.11-2017-MINAM, con un 95% de confianza, una prueba de normalidad de 0.000 y un “W” igual a 1.

4.1.1.1.4. Análisis inferencial de cadmio en la época seca

Antes de emplear el estadístico se tuvo en consideración realizar la prueba de normalidad para verificar si los niveles de concentración de cadmio recolectados en los puntos de monitoreo en la época seca son de distribución normal o requieren de una transformación de datos, ya que para utilizar el estadístico “T” se requiere que los datos sean normales o caso contrario aplicar el estadístico Wilcoxon para grupos que no cumplen normalidad.

➤ **Prueba de normalidad para niveles de concentración de cadmio en la época seca**

Tabla 38

Prueba de Normalidad por Shapiro Wilk del cadmio en época de seca

	Pruebas de normalidad		
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Concentración de cadmio en la época seca	.965	40	.253

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V 23.

En este apartado se pudo observar que los niveles de concentración de cadmio en el suelo registrados en la época seca en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra, en donde mediante el estadístico Shapiro Wilk tiene un P valor igual a 0.253 el cual es mayor a 0.05, lo que indica que tiene una distribución normal. En este caso no será necesario realizar una transformación de datos debido a que el P valor es 0.253. Asimismo, se pudo deducir que el estadístico a utilizar será por un estadístico paramétrico denominado “T de Student”.

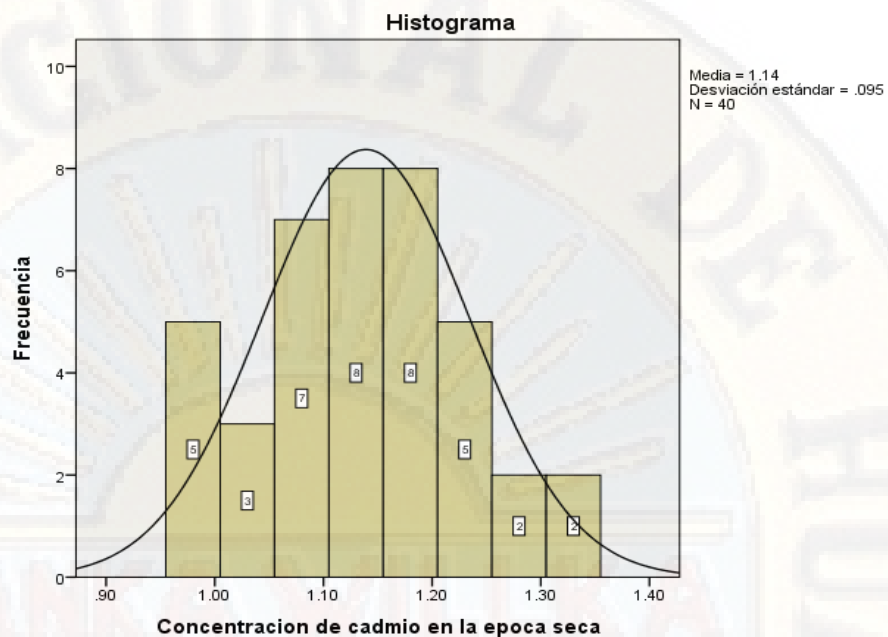


Figura 57. Diagrama de distribución no normal de la concentración de cadmio en la época seca
Fuente: Elaboración propia.

En el histograma se pudo observar que la campana de gauss de los datos de la concentración de cadmio en la época seca tiene una distribución normal, ya que no hay presencia de colas con sesgos pronunciados, por lo que su desviación estándar es 0.095.

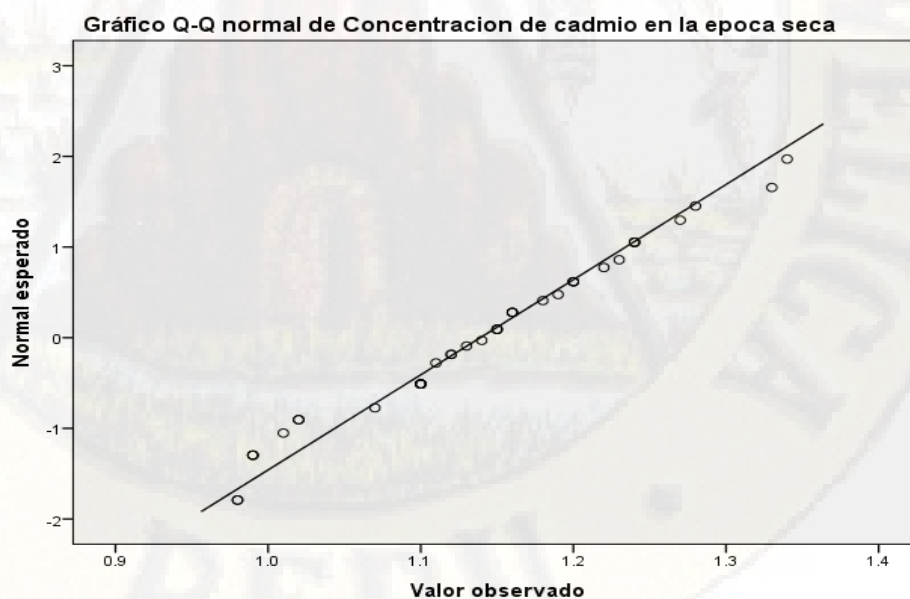


Figura 58. Diagrama Q-Q Plot del nivel de concentración de cadmio en la época seca
Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V23

Según el grafico Q-Q Plot, las concentraciones de cadmio en el suelo registrados en la época seca en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra, siguen una distribución normal ya que dichas concentraciones tienden a acercarse a la línea de tendencia central.

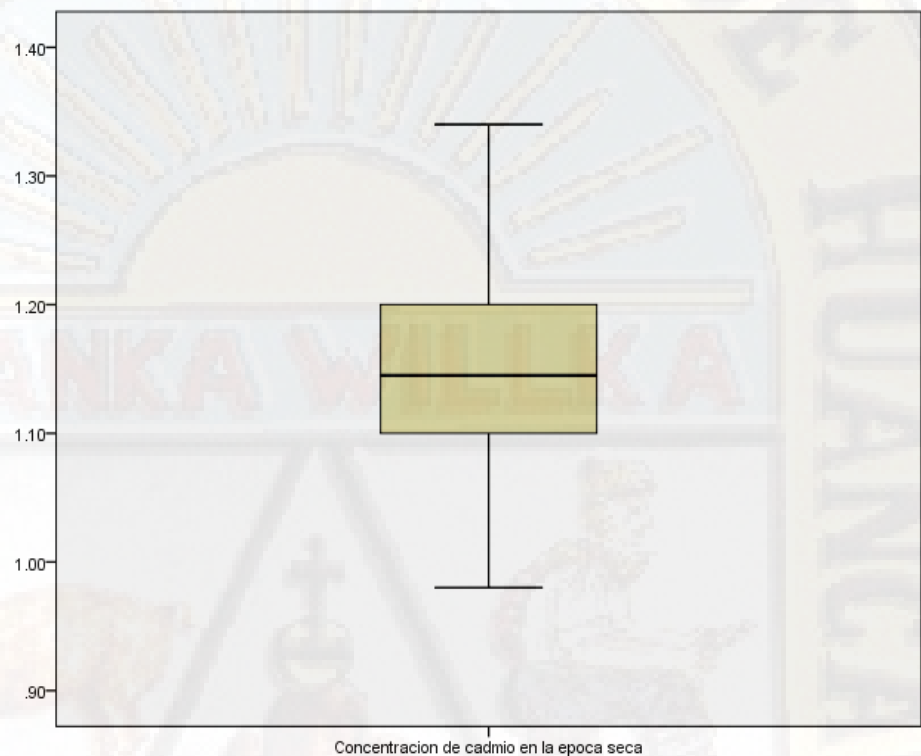


Figura 59. Distribución por el diagrama de cajas y bigotes para la concentración de cadmio en la época de seca

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V23

En la figura BOX PLOT (diagrama de cajas y bigotes), se visualizó que los resultados obtenidos de la concentración de cadmio en la época seca del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, tienen una distribución normal ya que los datos de la parte superior son casi simétricos con un mínimo sesgo hacia a la parte inferior, asimismo se pudo observar que hay ausencia de datos atípicos (valor numérico distante al resto de datos). Por lo que no se requiere realizar una transformación de datos. Asimismo, en función a lo obtenido se reafirma que se puede realizar la prueba de hipótesis con un estadístico paramétrico.

➤ **Planteamiento de Hipótesis estadística**

Hipótesis Alterna (H_a): El nivel de concentración de Cd en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

Hipótesis Nula (H_0): El nivel de concentración de Cd en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, no superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

➤ **Prueba unilateral o de una cola**

$$H_a > \mu \text{ o } H_a > 1.4$$

$$H_0 \leq \mu \text{ o } H_0 \leq 1.4$$

➤ **Prueba “T”**

Para: $H_a > 1.4$ se tuvo en consideración la siguiente tabla de T Student para SPSS:

- Si el valor t es positivo, la significancia asintótica bilateral debe de ser dividido entre 2 y dicho resultado si es < 0.05 se acepta la H_a y se rechaza la hipótesis alterna H_0

Significancia asintótica bilateral/2

- Si el valor t es negativo, se debe de restar a 1 la significancia asintótica bilateral dividido entre 2 y dicho resultado si es < 0.05 se acepta la H_a y se rechaza la hipótesis alterna H_0

1- significancia asintótica bilateral/2

Tabla 39
Prueba estadística “T” para niveles de cadmio en la época seca

Prueba de muestra única						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Concentración de cadmio en la época seca	-17.322	39	.000	-.26100	-.2915	-.2305

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS.

En este apartado se observó mediante el análisis estadístico “T Student”, que el “T” es positivo igual a -17.322 lo que indica que se debe de al 1 restar entre el P valor dividido entre 2.

$$Pvalor = 1 - \frac{P\text{ valor(Sig)segun signo de T}}{2}$$

$$Pvalor = 1 - \frac{0.000}{2}$$

$$Pvalor = 1$$

➤ Decisión estadística

Se observó de acuerdo al estadístico “T” hallada mediante el software estadístico SPSS v23, un “P valor” mayor a 0.05, lo que indica que se rechaza la hipótesis alterna (Ha) y acepta la hipótesis nula (H₀) en donde menciona que; el nivel de concentración de Cd en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, no superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

➤ Conclusión estadística

Se concluye que el nivel de concentración de cadmio en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra en la época seca no superan los estándares de calidad ambiental aprobados por el DS N° 0.11-

2017-MINAM, con un 95% de confianza, una prueba de normalidad de 0.253, un T negativo de -17.322 y un “P valor” igual a 1.

4.1.1.1.5. Análisis inferencial de cadmio en la época de lluvia

Antes de emplear el estadístico se tuvo en consideración realizar la prueba de normalidad para verificar si los niveles de concentración de cadmio recolectados en los puntos de monitoreo en la época de lluvia son de distribución normal o requieren de una transformación de datos, ya que para utilizar el estadístico “T” se requiere que los datos sean normales o caso contrario aplicar el estadístico Wilcoxon para grupos que no cumplen normalidad.

➤ Prueba de normalidad para niveles de concentración de cadmio en la época de lluvia

Tabla 40

Prueba de Normalidad por Shapiro Wilk del cadmio en época de lluvia

	Pruebas de normalidad		
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Concentración de cadmio en la época de lluvia	.975	40	.499

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V 23.

En este apartado se pudo observar que los niveles de concentración de cadmio en el suelo registrados en la época de lluvia en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra, en donde mediante el estadístico Shapiro Wilk tiene un P valor igual a 0.499 el cual es mayor a 0.05, lo que indica que tiene una distribución normal. En este caso no será necesario realizar una transformación de datos debido a que el P valor es 0.499. Asimismo, se pudo deducir que el estadístico a utilizar será por un estadístico paramétrico denominado “T de Student”.

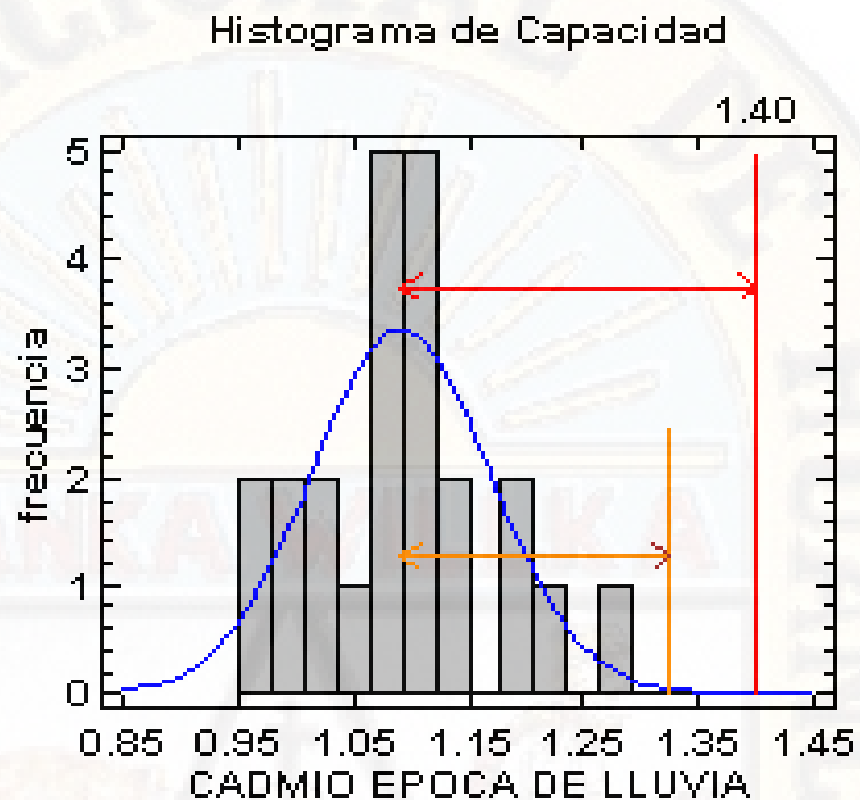


Figura 60. Diagrama de distribución no normal de la concentración de cadmio en la época de lluvia
Fuente: Elaboración propia.

En el histograma se pudo observar que la campana de gauss de los datos de la concentración de cadmio en la época de lluvia tiene una distribución normal, ya que no hay presencia de colas con sesgos pronunciados.

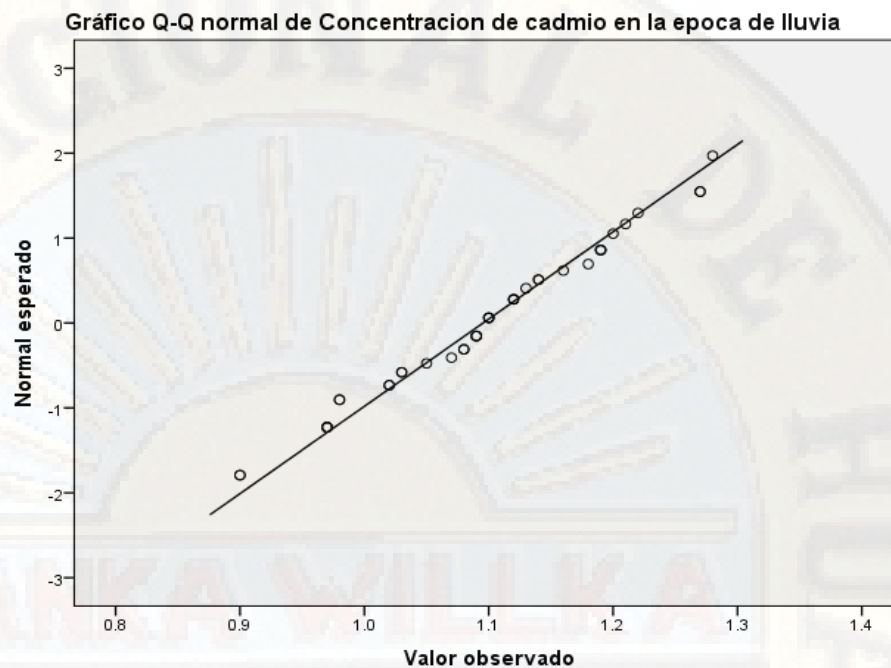


Figura 61. Diagrama Q-Q Plot del nivel de concentración de cadmio en la época de lluvia

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V23.

Según el grafico Q-Q Plot, se verifico que las concentraciones de cadmio en el suelo registrados en la época de lluvia en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra, tienen una distribución normal ya que dichas concentraciones tienden a acercarse a la línea de tendencia central.

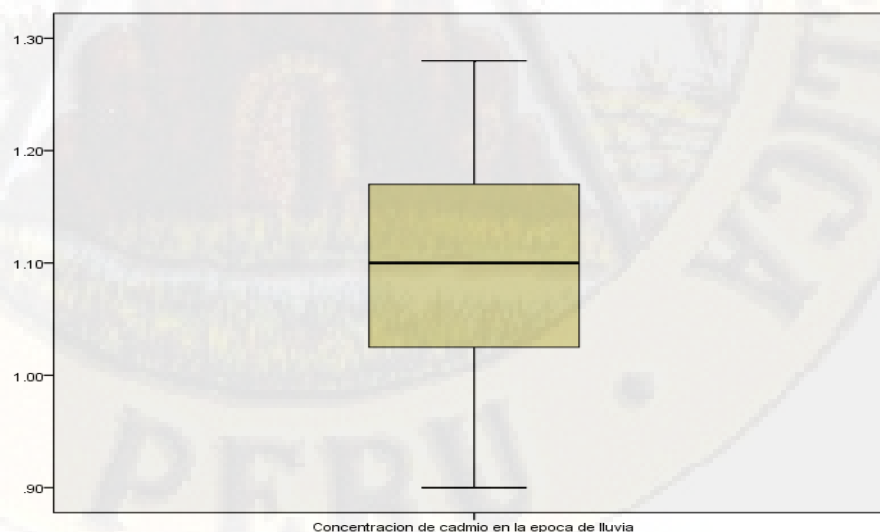


Figura 62. Distribución por el diagrama de cajas y bigotes para la concentración de cadmio en la época de seca

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V23.

En la figura BOX PLOT (diagrama de cajas y bigotes), se visualizó que los resultados obtenidos de la concentración de cadmio en la época de lluvia del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, tienen una distribución normal ya que los datos de la parte superior son casi simétricos con un mínimo sesgo hacia el bigote superior, de la misma forma se pudo observar que hay ausencia de datos atípicos (valor numérico distante al resto de datos). Por lo que no se requiere realizar una transformación de datos. Asimismo, en función a lo obtenido se reafirma que se puede realizar la prueba de hipótesis con un estadístico paramétrico.

➤ **Planteamiento de Hipótesis estadística**

Hipótesis Alterna (H_a): El nivel de concentración de Cd en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

Hipótesis Nula (H_0): El nivel de concentración de Cd en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, no superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

➤ **Nivel de significancia o riesgo**

Los niveles de concentración de cadmio en la época de lluvia en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra se determinaron a un nivel de significancia de $\alpha = 0.005$ (5%), por lo tanto, el nivel de confianza con el que se trabajó es del 95% por ciento. El estadístico que se utilizó en esta investigación fue la prueba paramétrica “T” de Student ya que los datos tienen una distribución normal, lo que indicó que dicha prueba es el indicado para el análisis inferencial de esta investigación.

➤ **Prueba “T”**

Para: $H_a > 1.4$ se tuvo en consideración la siguiente tabla de T Student para SPSS:

- Si el valor t es positivo, la significancia asintótica bilateral debe de ser dividido entre 2 y dicho resultado si es < 0.05 se acepta la H_a y se rechaza la hipótesis alterna H_0

Significancia asintótica bilateral/2

- Si el valor t es negativo, se debe de restar a 1 la significancia asintótica bilateral dividido entre 2 y dicho resultado si es < 0.05 se acepta la H_a y se rechaza la hipótesis alterna H_0

1- Significancia asintótica bilateral/2

Tabla 41

Prueba estadística “T” para niveles de cadmio en la época de lluvia

Prueba de muestra única						
Valor de prueba = 1.4						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Concentración de cadmio en la época de lluvia	-19.799	39	.000	-.30450	-.3356	-.2734

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS.

En este apartado se observó mediante el análisis estadístico “T Student”, que el “T” es negativo igual a -19.799, lo que indica que se debe de al 1 restar con el Pvalor dividido entre 2.

$$Pvalor = 1 - \frac{Pvalor(Sig)segun\ signo\ de\ T}{2}$$

$$Pvalor = 1 - \frac{0.000}{2}$$

$$Pvalor = 1$$

➤ **Decisión estadística**

Se observó de acuerdo al estadístico “T” hallada mediante el software estadístico SPSS v23, un “Pvalor” mayor a 0.05, lo que indica que se rechaza la hipótesis alterna (H_a) y acepta la hipótesis nula (H_0) en donde menciona que; el nivel de concentración de Cd en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, no superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

➤ **Conclusión estadística**

Se concluye que el nivel de concentración de cadmio en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra en la época de lluvia no superan los estándares de calidad ambiental aprobados por el DS N° 0.11-2017-MINAM, con un 95% de confianza, una prueba de normalidad de 0.499, un T negativo de -19.799 y un “P valor” igual a 1.

4.1.1.1.6. Análisis inferencial de cromo en la época seca

Antes de emplear el estadístico se tuvo en consideración realizar la prueba de normalidad para verificar si los niveles de concentración de cromo recolectados en los puntos de monitoreo en la época seca cumplen distribución normal o requieren de una transformación de datos, ya que para utilizar el estadístico “T” se requiere que los datos sean normales o caso contrario aplicar el estadístico Wilcoxon para grupos que no cumplen normalidad.

➤ **Prueba de normalidad para niveles de concentración de cromo en la época seca**

Tabla 42

Prueba de Normalidad por Shapiro Wilk del cromo en época seca

Pruebas de normalidad			
	Estadístico	Shapiro-Wilk	
		gl	Sig.
Concentración de cromo en la época seca	.957	40	.133

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V 23.

En este apartado se pudo observar que los niveles de concentración de cromo en el suelo registrados en la época seca en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra, en donde mediante el estadístico Shapiro Wilk tiene un P valor igual a 0.133 el cual es mayor a 0.05, lo que indica que tiene una distribución normal. En este caso no será necesario realizar una transformación de datos debido a que el P valor es 0.133. Asimismo, se pudo deducir que el estadístico a utilizar será por un estadístico paramétrico denominado “T de Student”.

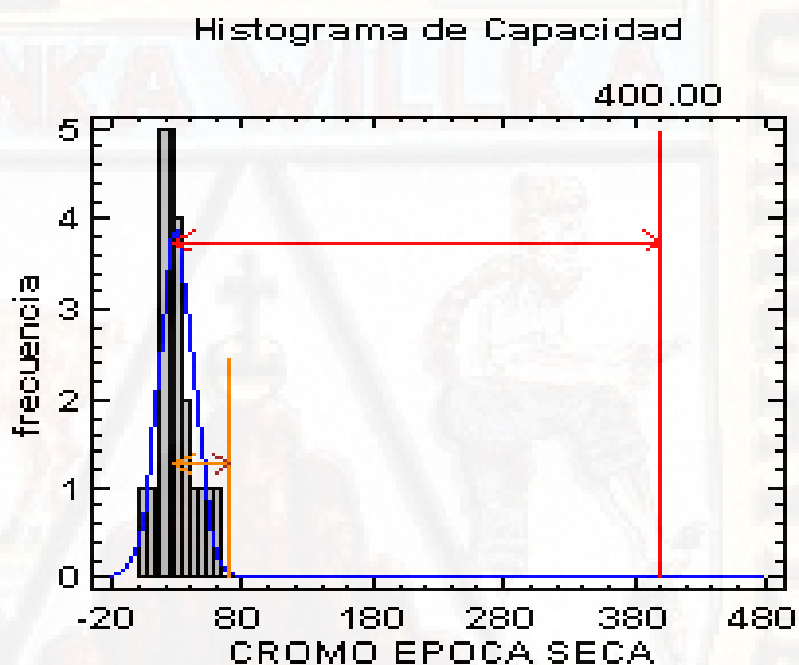


Figura 63. Diagrama de distribución no normal de la concentración de cromo en la época seca
Fuente: Elaboración propia

En el histograma se pudo observar que la campana de gauss de los datos de la concentración de cromo en la época seca tiene una distribución normal, ya que no hay presencia de colas con sesgos pronunciados.

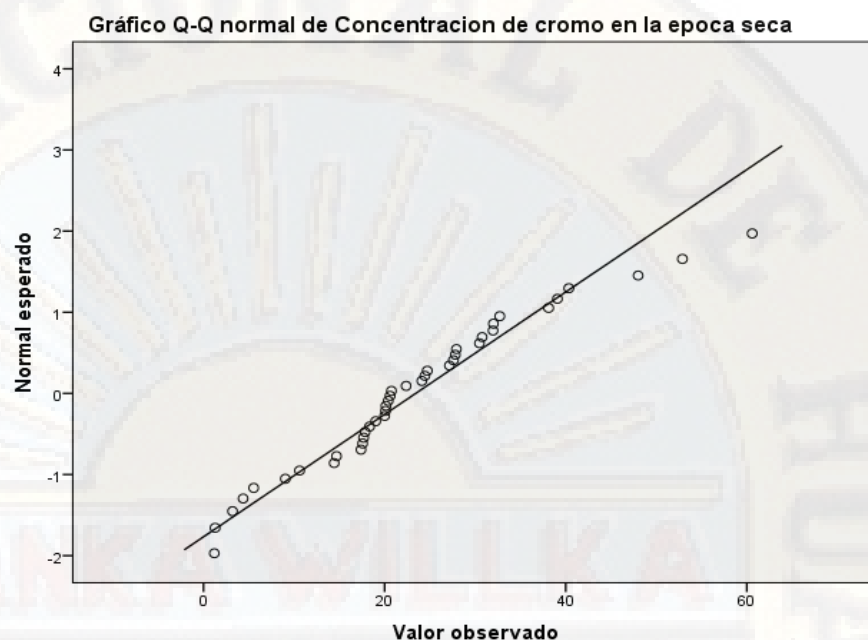


Figura 64. Diagrama Q-Q Plot del nivel de concentración de cromo en la época seca
Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V23.

Según el gráfico Q-Q Plot, se verificó que las concentraciones de cromo en el suelo registrados en la época seca en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra, tienen una distribución normal ya que dichas concentraciones tienden a acercarse a la línea de tendencia central.

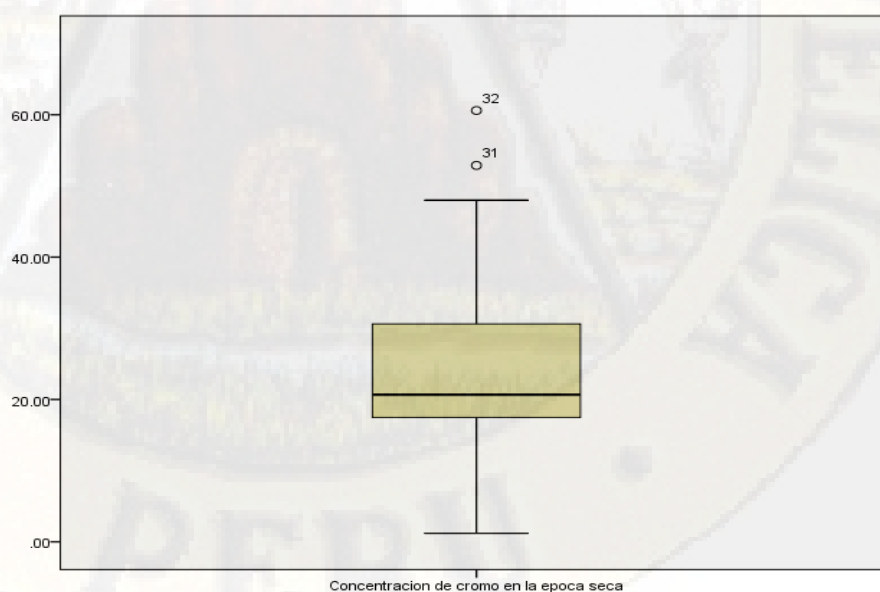


Figura 65. Distribución por el diagrama de cajas y bigotes para la concentración de cromo en la época de seca
Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V23.

En la figura BOX PLOT (diagrama de cajas y bigotes), se visualizó que los resultados obtenidos de la concentración de cromo en la época seca del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, tienen una distribución aparentemente normal ya que hay presencia de dos datos atípicos y el cuartil (q_1) está apegada al cuartil (q_2) por lo que la caja tiene un sesgo hacia el bigote superior, pero a pesar de ello los datos guardan una distribución normal. Por lo que se puede realizar la prueba de hipótesis con un estadístico paramétrico.

➤ **Planteamiento de hipótesis estadística**

Hipótesis Alterna (H_a): El nivel de concentración de Cr en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

Hipótesis Nula (H_0): El nivel de concentración de Cr en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, no superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

➤ **Prueba “T”**

Para: $H_a > 400$ se tuvo en consideración la siguiente tabla de T Student para SPSS:

- Si el valor t es positivo, la significancia asintótica bilateral debe de ser dividido entre 2 y dicho resultado si es < 0.05 se acepta la H_a y se rechaza la hipótesis nula H_0

Significancia asintótica bilateral/2

- Si el valor t es negativo, se debe de restar a 1 la significancia asintótica bilateral dividido entre 2 y dicho resultado si es < 0.05 se acepta la H_a y se rechaza la hipótesis alterna H_0

2- Significancia asintótica bilateral/2

Tabla 43

Prueba estadístico “T” para niveles de cromo en la época seca

Prueba de muestra única						
Valor de prueba = 400						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Concentración de cromo en la época seca	-179.639	39	.000	-376.56913	-380.8092	-372.3291

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS.

En este apartado se observó mediante el análisis estadístico “T Student”, que el “T” es negativo igual a -179.639, lo que indica que se debe de al 1 restar con el Pvalor dividido entre 2.

$$Pvalor = 1 - \frac{Pvalor(Sig)segun\ signo\ de\ T}{2}$$

$$Pvalor = 1 - \frac{0.000}{2}$$

$$Pvalor = 1$$

➤ Decisión estadística

Se observó de acuerdo al estadístico “T” hallada mediante el software estadístico SPSS v23, un “Pvalor” mayor a 0.05, lo que indica que se rechaza la hipótesis alterna (Ha) y acepta la hipótesis nula (H₀) en donde menciona que; el nivel de concentración de Cr en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, no superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

➤ Conclusión estadística

Se concluye que el nivel de concentración de cromo en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra en la época seca no superan los estándares de calidad ambiental aprobados por el DS N° 0.11-2017-MINAM, con un 95% de confianza, una prueba de normalidad de 0.133, un T negativo de -179.639 y un “P valor” igual a 1.

4.1.1.1.7. Análisis inferencial de cromo en la época de lluvia

Antes de emplear el estadístico se tuvo en consideración realizar la prueba de normalidad para verificar si los niveles de concentración de cromo recolectados en los puntos de monitoreo en la época de lluvia cumplen distribución normal o requieren de una transformación de datos, ya que para utilizar el estadístico “T” se requiere que los datos sean normales o caso contrario aplicar el estadístico Wilcoxon para grupos que no cumplen normalidad.

➤ Prueba de normalidad para niveles de concentración de cromo en la época seca

Tabla 44

Prueba de Normalidad por Shapiro Wilk del cromo en época de lluvia

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Concentración de cromo en la época de lluvia	.962	40	.188

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V 23.

En este apartado se pudo observar que los niveles de concentración de cromo en el suelo registrados en la época de lluvia en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra, en donde mediante el estadístico Shapiro Wilk tiene un P valor igual a 0.188 el cual es mayor a 0.05, lo que indica que tiene una distribución normal. En este caso no será necesario realizar una transformación de datos debido a que el P valor es 0.188. Asimismo, se pudo deducir que el estadístico a utilizar será por un estadístico paramétrico denominado “T de Student”.

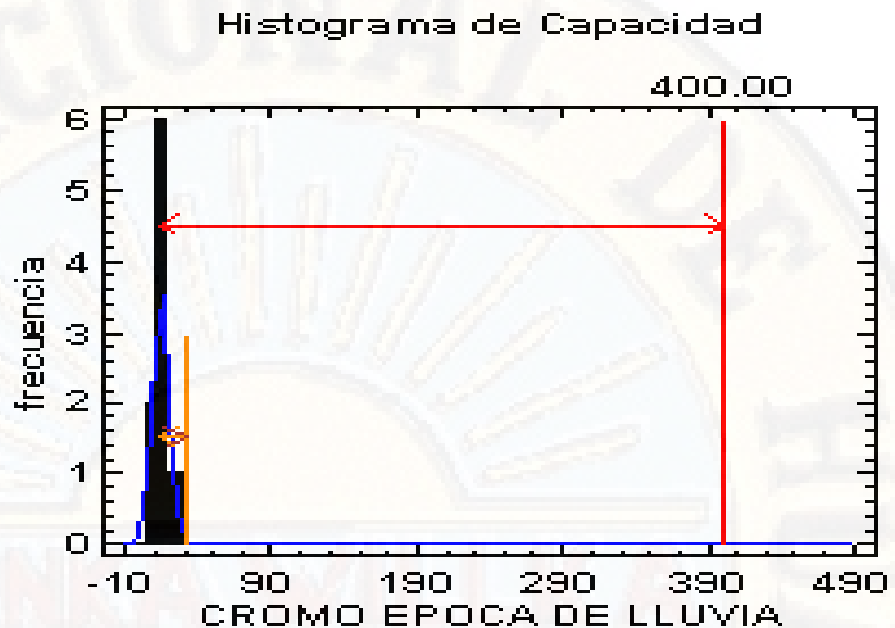


Figura 66. Diagrama de distribución no normal de la concentración de cromo en la época de lluvia
Fuente: Elaboración propia.

En el histograma se pudo observar que la campana de gauss de los datos de la concentración de cromo en la época de lluvia tiene una distribución normal, ya que no hay presencia de colas con sesgos pronunciados.

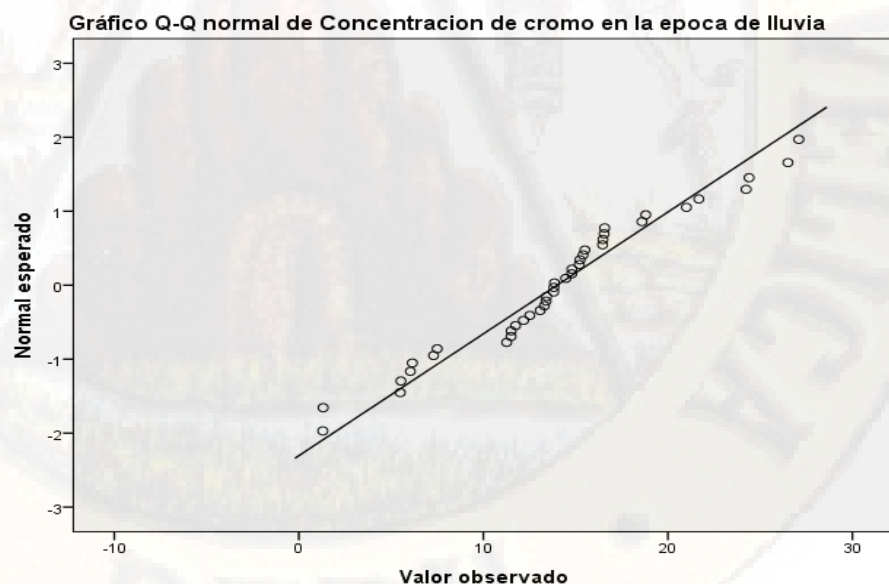


Figura 67. Diagrama Q-Q Plot del nivel de concentración de cromo en la época seca
Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V23.

Según el grafico Q-Q Plot, se verifico que las concentraciones de cromo en el suelo registrados en la época de lluvia en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra, tienen una distribución normal ya que dichas concentraciones tienden a acercarse a la línea de tendencia central.

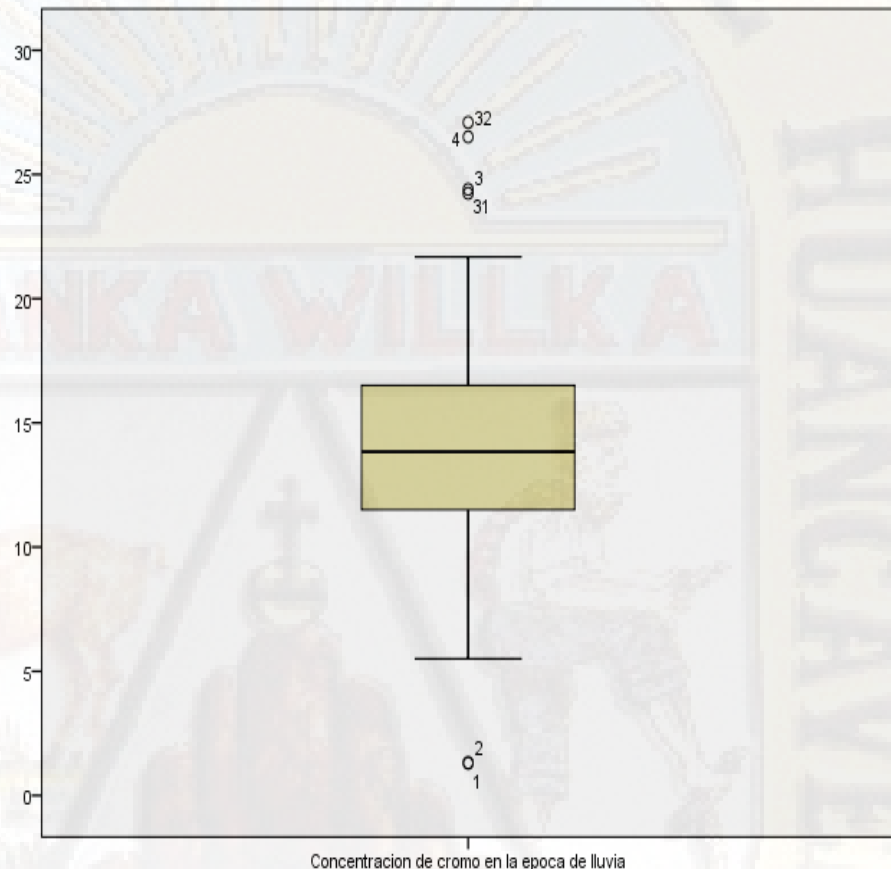


Figura 68. Distribución por el diagrama de cajas y bigotes para la concentración de cromo en la época de lluvia

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V23.

En la figura BOX PLOT (diagrama de cajas y bigotes), se visualizó que los resultados obtenidos de la concentración de cromo en la época de lluvia del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, tienen una distribución aparentemente normal ya que hay presencia de cuatro datos atípicos y la caja tiene un sesgo hacia el bigote superior, pero a pesar de ello los datos guardan una distribución normal. Por lo que se puede realizar la prueba de hipótesis con un estadístico paramétrico.

➤ **Planteamiento de Hipótesis estadística**

Hipótesis Alterna (H_a): El nivel de concentración de Cr en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

Hipótesis Nula (H_o): El nivel de concentración de Cr en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, no superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

➤ **Prueba unilateral o de una cola**

$$H_a > \mu \text{ o } H_a > 400$$

$$H_o \leq \mu \text{ o } H_o \leq 400$$

➤ **Nivel de significancia o riesgo**

Los niveles de concentración de cromo en la época de lluvia en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra se determinaron a un nivel de significancia de $\alpha = 0.005$ (5%), por lo tanto, el nivel de confianza con el que se trabajó es del 95% por ciento. El estadístico que se utilizó en esta investigación fue la prueba paramétrica “T” de Student ya que los datos tienen una distribución normal, lo que indico que dicha prueba es el indicado para el análisis inferencial de esta investigación.

➤ **Prueba “T”**

Para: $H_a > 400$ se tuvo en consideración la siguiente tabla de T Student para SPSS:

- Si el valor t es positivo, la significancia asintótica bilateral debe de ser dividido entre 2 y dicho resultado si es < 0.05 se acepta la H_a y se rechaza la hipótesis alterna H_o

Significancia asintótica bilateral/2

- Si el valor t es negativo, se debe de restar a 1 la significancia asintótica bilateral dividido entre 2 y dicho resultado si es < 0.05 se acepta la H_a y se rechaza la hipótesis nula H_0

3- Significancia asintótica bilateral/2

Tabla 45

Prueba estadístico “T” para niveles de cromo en la época de lluvia

Prueba de muestra única						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Valor de prueba = 400		
				Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Concentración de cromo en la época lluviosa	-402.073	39	.000	-386.00371	-387.9456	-384.0619

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS.

En este apartado se observó mediante el análisis estadístico “T Student”, que el “T” es negativo igual a -402.073, lo que indica que se debe de al 1 restar con el P valor dividido entre 2.

$$Pvalor = 1 - \frac{P\text{ valor(Sig)segun signo de T}}{2}$$

$$Pvalor = 1 - \frac{0.000}{2}$$

$$Pvalor = 1$$

➤ Decisión estadística

Se observó de acuerdo al estadístico “T” hallada mediante el software estadístico SPSS v23, un “P valor” mayor a 0.05, lo que indica que se rechaza la hipótesis alterna (H_a) y acepta la hipótesis nula (H_0) en donde menciona que; el nivel de concentración de Cr en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, no superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

➤ **Conclusión estadística**

Se concluye que el nivel de concentración de cromo en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra en la época de lluvia no superan los estándares de calidad ambiental aprobados por el DS N° 0.11-2017-MINAM, con un 95% de confianza, una prueba de normalidad de 0.188, un T negativo de -402.073 y un “P valor” igual a 1.

4.1.1.1.8. Análisis inferencial de plomo en la época seca

Antes de emplear el estadístico se tuvo en consideración realizar la prueba de normalidad para verificar si los niveles de concentración de plomo recolectados en los puntos de monitoreo en la época seca son de distribución normal o requieren de una transformación de datos, ya que para utilizar el estadístico “T” se requiere que los datos sean normales o caso contrario aplicar el estadístico Wilcoxon para grupos que no cumplen normalidad.

➤ **Prueba de normalidad para niveles de concentración de plomo en la época seca**

Tabla 46
Prueba de Normalidad por Shapiro Wilk del plomo en época seca

	Pruebas de normalidad		
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Concentración de plomo en la época seca	.962	40	.195

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V 23.

En este apartado se pudo observar que los niveles de concentración de plomo en el suelo registrados en la época seca en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra, en donde mediante el estadístico Shapiro Wilk se tuvo un P valor igual a 0.195 el cual es mayor a 0.05, lo que indica que tiene una distribución normal. En este caso no fue necesario realizar una transformación de datos debido a que el P valor es 0.195. Asimismo, se pudo deducir que el

estadístico a utilizar será por un estadístico paramétrico denominado “T de Student”.

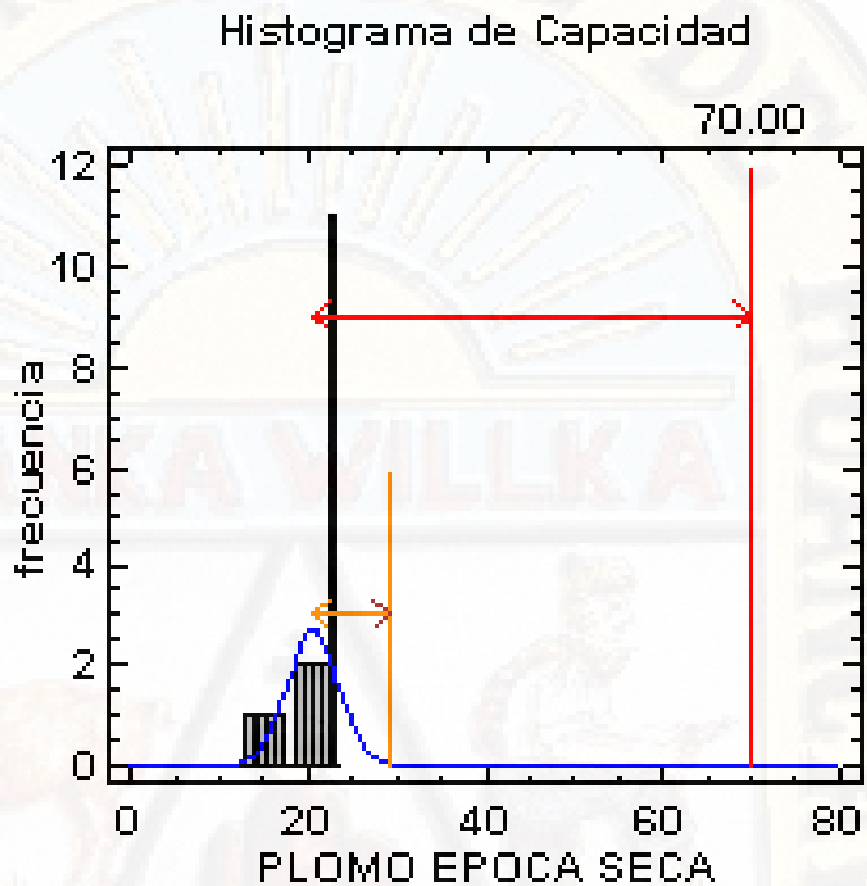


Figura 69. Diagrama de distribución no normal de la concentración de plomo en la época seca
Fuente: Elaboración propia.

En el histograma se pudo observar que la campana de gauss de los datos de la concentración de plomo en la época seca tuvo una distribución normal, ya que no hubo presencia de colas con sesgos pronunciados.

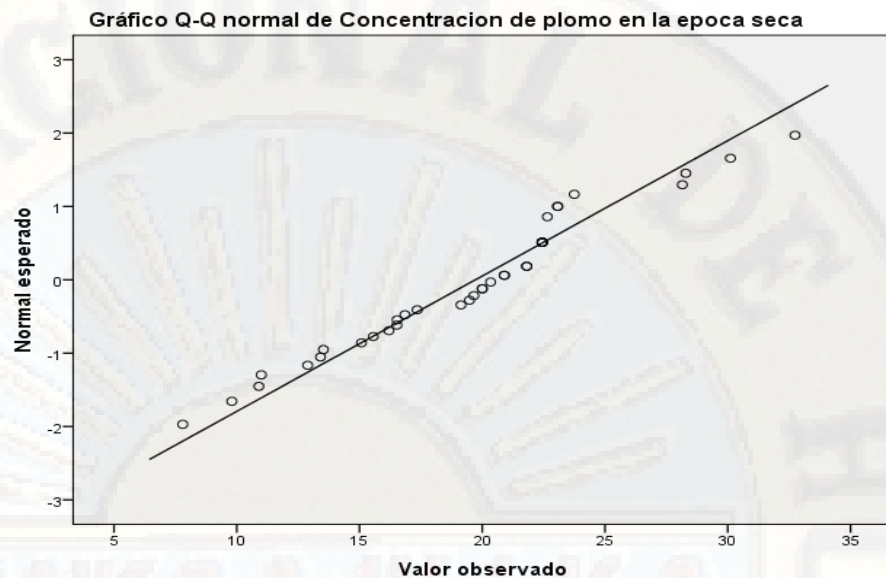


Figura 70. Diagrama Q-Q Plot del nivel de concentración de plomo en la época seca
Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V23.

Según el gráfico Q-Q Plot, se verificó que las concentraciones de plomo en el suelo registrados en la época seca en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra, tienen una distribución normal ya que dichas concentraciones tienden a acercarse a la línea de tendencia central.

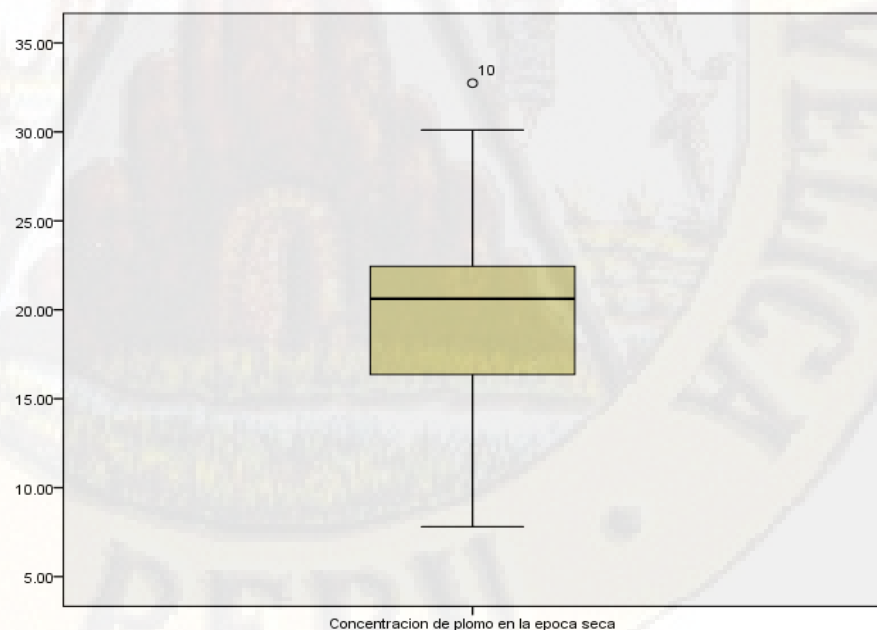


Figura 71. Distribución por el diagrama de cajas y bigotes para la concentración de plomo en la época de lluvia

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V23.

En la figura BOX PLOT (diagrama de cajas y bigotes), se visualizó que los resultados obtenidos de la concentración de plomo en la época seca del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, tienen una distribución aparentemente normal ya que hubo presencia de 1 datos atípicos por encima del bigote superior, pero en cuanto a la caja se encuentra casi en el centro y la distribución de los cuartiles es aparentemente homogéneo

➤ **Planteamiento de hipótesis estadística**

Hipótesis Alterna (H_a): El nivel de concentración de Pb en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

Hipótesis Nula (H_o): El nivel de concentración de Pb en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, no superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

➤ **Prueba unilateral o de una cola**

$$H_a > \mu \text{ o } H_a > 70$$

$$H_o \leq \mu \text{ o } H_o \leq 70$$

➤ **Prueba “T”**

Para: $H_a > 70$ se tuvo en consideración la siguiente tabla de T Student para SPSS:

- Si el valor t es positivo, la significancia asintótica bilateral debe de ser dividido entre 2 y dicho resultado si es < 0.05 se acepta la H_a y se rechaza la hipótesis alterna H_o

Significancia asintótica bilateral/2

- Si el valor t es negativo, se debe de restar a 1 la significancia asintótica bilateral dividido entre 2 y dicho resultado si es < 0.05 se acepta la H_a y se rechaza la hipótesis alterna H₀

4- Significancia asintótica bilateral/2

Tabla 47

Prueba estadístico “T” para niveles de plomo en la época seca

Prueba de muestra única						
Valor de prueba = 70						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Concentración de plomo en la época seca	-58.676	39	.000	-50.2800	-52.013	-48.5467

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS.

En este apartado se observó mediante el análisis estadístico “T Student”, que el “T” es negativo igual a -58.676, lo que indica que se debe de al 1 restar con el Pvalor dividido entre 2.

$$Pvalor = 1 - \frac{Pvalor(Sig)segun\ signo\ de\ T}{2}$$

$$Pvalor = 1 - \frac{0.000}{2}$$

$$Pvalor = 1$$

➤ Decisión estadística

Se observó de acuerdo al estadístico “T” hallada mediante el software estadístico SPSS v23, un “Pvalor” mayor a 0.05, lo que indica que se rechaza la hipótesis alterna (H_a) y acepta la hipótesis nula (H₀) en donde menciona que; el nivel de concentración de Pb en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, no superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

➤ **Conclusión estadística**

Se concluye que el nivel de concentración de plomo en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra en la época seca no superan los estándares de calidad ambiental aprobados por el DS N° 0.11-2017-MINAM, con un 95% de confianza, una prueba de normalidad de 0.195, un T negativo de -56.676 y un “P valor” igual a 1.

4.1.1.1.9. Análisis inferencial de plomo en la época de lluvia

Antes de emplear el estadístico se tuvo en consideración realizar la prueba de normalidad para verificar si los niveles de concentración de plomo recolectados en los puntos de monitoreo en la época de lluvia son de distribución normal o requieren de una transformación de datos, ya que para utilizar el estadístico “T” se requiere que los datos sean normales o caso contrario aplicar el estadístico Wilcoxon para grupos que no cumplen normalidad.

➤ **Prueba de normalidad para niveles de concentración de plomo en la época de lluvia**

Tabla 48

Prueba de Normalidad por Shapiro Wilk del plomo en época de lluvia

	Pruebas de normalidad		
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Concentración de plomo en la época de lluvia	.952	40	.087

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V 23.

Según los resultados se pudo observar que los niveles de concentración de plomo en el suelo registrados en la época de lluvia en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra, en donde mediante el estadístico Shapiro Wilk se tuvo un P valor igual a 0.087 el cual es mayor a 0.05, lo que indica que tiene una distribución normal. En este caso no fue necesario realizar una transformación de datos

debido a que el P valor es 0.087. Asimismo, se pudo deducir que el estadístico a utilizar será por un estadístico paramétrico denominado “T de Student”.

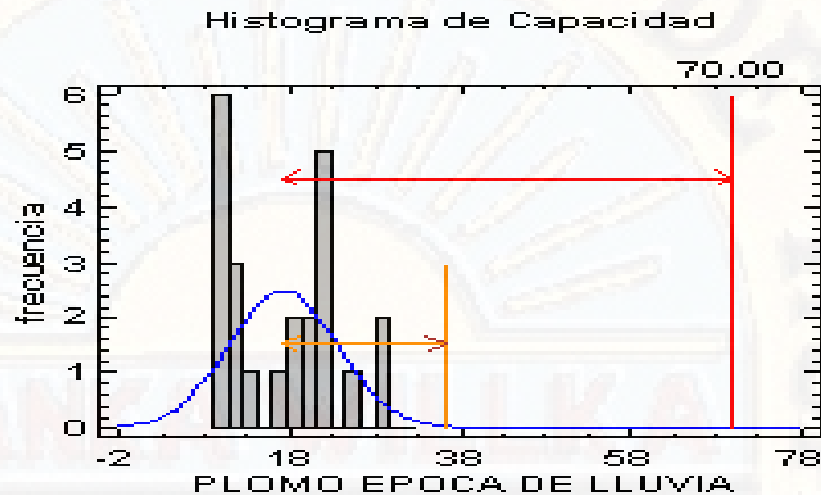


Figura 72. Diagrama de distribución no normal de la concentración de plomo en la época de lluvia

Fuente: Elaboración propia.

En el histograma se pudo observar que la campana de gauss de los datos de la concentración de plomo en la época de lluvia tuvo una distribución normal, ya que no hubo presencia de colas con sesgos pronunciados, con una desviación de 6.274.

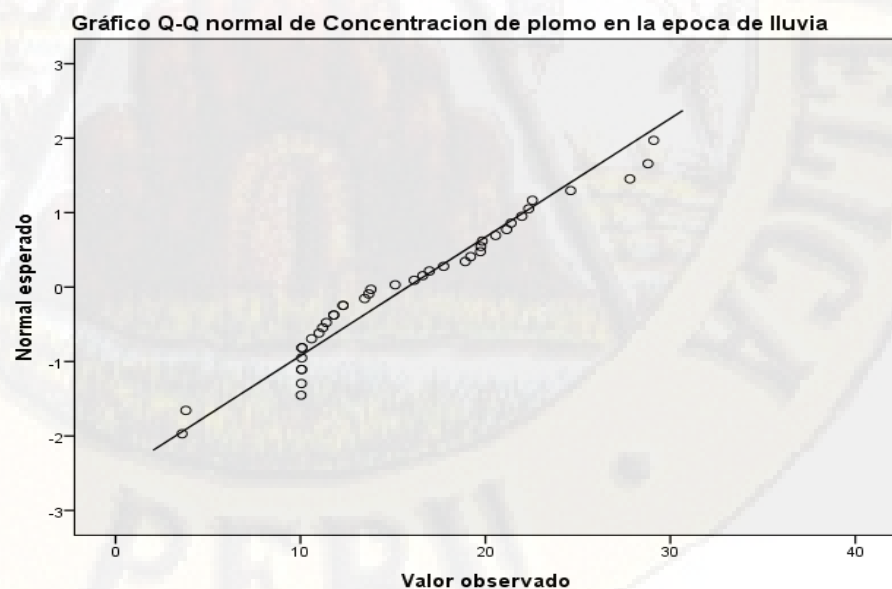


Figura 73. Diagrama Q-Q Plot del nivel de concentración de plomo en la época de lluvia

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V23.

Según el grafico Q-Q Plot, se verifico que las concentraciones de plomo en el suelo registrados en la época de lluvia en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra, tienen una distribución normal ya que dichas concentraciones tienden a acercarse a la línea de tendencia central.

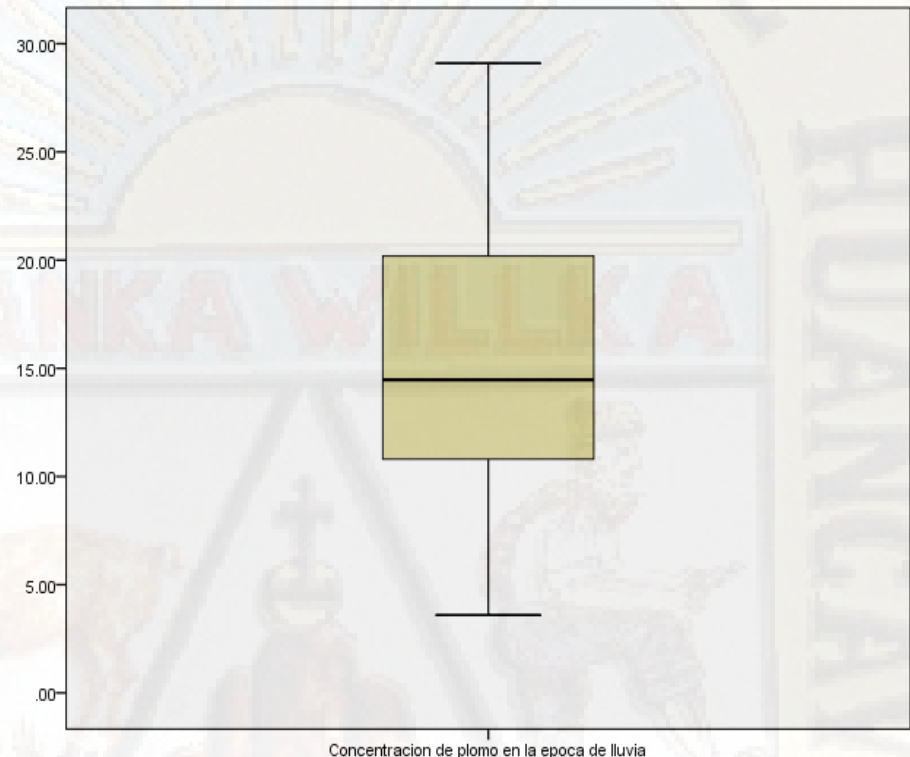


Figura 74. Distribución por el diagrama de cajas y bigotes para la concentración de plomo en la época de lluvia

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS V23.

En la figura BOX PLOT (diagrama de cajas y bigotes), se visualizó que los resultados obtenidos de la concentración de plomo en la época de lluvia del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, tienen una distribución normal ya que los datos de la parte superior son casi simétricos con un mínimo sesgo hacia el bigote inferior, de la misma forma se pudo observar que hay ausencia de datos atípicos (valor numérico distante al resto de datos). Por lo que no se requiere realizar una transformación de datos. Asimismo, en función a lo obtenido se reafirma que se puede realizar la prueba de hipótesis con un estadístico paramétrico.

➤ **Planteamiento de hipótesis estadística**

Hipótesis Alterna (H_a): El nivel de concentración de Pb en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

Hipótesis Nula (H_0): El nivel de concentración de Pb en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, no superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

➤ **Prueba unilateral o de una cola**

$$H_a > \mu \text{ o } H_a > 70$$

$$H_0 \leq \mu \text{ o } H_0 \leq 70$$

➤ **Nivel de significancia o riesgo**

Los niveles de concentración de plomo en la época de lluvia en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra se determinaron a un nivel de significancia de $\alpha = 0.005$ (5%), por lo tanto, el nivel de confianza con el que se trabajó es del 95% por ciento. El estadístico que se utilizó en esta investigación fue la prueba paramétrica “T” de Student ya que los datos tienen una distribución normal, lo que indico que dicha prueba es el indicado para el análisis inferencial de esta investigación.

➤ **Prueba “T”**

Para: $H_a > 70$ se tuvo en consideración la siguiente tabla de T Student para SPSS:

- Si el valor t es positivo, la significancia asintótica bilateral debe de ser dividido entre 2 y dicho resultado si es < 0.05 se acepta la H_a y se rechaza la hipótesis alterna H_0

Significancia asintótica bilateral/2

- Si el valor t es negativo, se debe de restar a 1 la significancia asintótica bilateral dividido entre 2 y dicho resultado si es < 0.05 se acepta la H_a y se rechaza la hipótesis alterna H_0

5- Significancia asintótica bilateral/2

Tabla 49

Prueba estadístico “T” para niveles de plomo en la época de lluvia

Prueba de muestra única						
Valor de prueba = 70						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Concentración de plomo en la época de lluvia	-54.647	39	.000	-54.2135	-56.2202	-52.2068

Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS.

En este apartado se observó mediante el análisis estadístico “T Student”, que el “T” es negativo igual a -54.647, lo que indica que se debe de al 1 restar con el Pvalor dividido entre 2.

$$Pvalor = 1 - \frac{Pvalor(Sig)segun\ signo\ de\ T}{2}$$

$$Pvalor = 1 - \frac{0.000}{2}$$

$$Pvalor = 1$$

➤ Decisión estadística

Se observó de acuerdo al estadístico “T” hallada mediante el software estadístico SPSS v23, un “Pvalor” mayor a 0.05, lo que indica que se rechaza la hipótesis alterna (H_a) y acepta la hipótesis nula (H_0) en donde menciona que; el nivel de concentración de Pb en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, no superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.

➤ **Conclusión estadística**

Se concluye que el nivel de concentración de plomo en el área de influencia directa del botadero de Pampachacra en la época de lluvia no superan los estándares de calidad ambiental aprobados por el DS N° 0.11-2017-MINAM, con un 95% de confianza, una prueba de normalidad de 0.087, un T negativo de -54.647 y un “P valor” igual a 1.

4.3. Discusión de resultados:

En este nivel del informe final de investigación se desarrolló la discusión de los resultados obtenidos por la investigación, buscando de esa manera validar los resultados que esta tesis consiguió mediante el contraste de resultados de similar desarrollo, para lo cual se llevó a cabo dicha discusión de resultados que responden a los objetivos específicos y así finalmente se desarrolló la discusión general con respecto al objetivo general de la investigación.

Con respecto al objetivo general se tiene que en la investigación realizados por Sánchez (2003), Champi & Villalba (2014) y Vargas (2011) encontraron que los niveles de concentración de metales pesados estudiados sobrepasan los estándares de calidad ambiental establecidos en su estado de nacionalidad, afectando así considerablemente la flora, fauna y cuerpos de agua presentes en las áreas estudiadas por los investigadores ya mencionados; a diferencia del presente trabajo de investigación donde se estudió la concentración de los metales pesados como son el cadmio, el arsénico, el mercurio, el cromo y el plomo encontrándose así que estos se encuentran dentro de los niveles de los ECAs-suelo; esto se debe a que los trabajos de investigación anteriores fueron estudiados en botaderos donde se encontraron pasivos ambientales; es decir, que alrededor de ellos ha habido actividad minera, a diferencia del botadero de Pampachacra en el cual solo se recibe residuos domésticos y comerciales; es decir, los desechos de la población de la ciudad de Huancavelica.

Con respecto al objetivo específico 01 se tiene en el estudio realizado por Logreira, Sisa, *et.al* (2011) analizó los metales pesados en el botadero de La concepción Soledad Colombia dentro del cual se encontraba el arsénico, este metal se observó que el nivel de concentración que tenía eran cercanos a los de la referencia sin embargo no se sobrepasaba a diferencia del trabajo de investigación que realizó Sierra (2005) en el cual el nivel de concentración del metal arsénico si sobrepaso considerablemente los estándares de calidad ambiental en la provincia de Almeria del año 2005; en el presente trabajo de investigación se obtuvo como resultado del análisis de nivel de concentración del metal arsénico que este se encuentra dentro de los parámetros permisibles por lo que no afecta de una manera significativa al entorno del botadero de Pampachacra, ello según el análisis inferencial; sin embargo existe un punto en específico que supera la normativa ambiental, que es el área Roja (AROJ), con un valor de 189.12 mg/Kg PS en la época seca y con 180.58 mg/Kg en la época lluviosa.

Con respecto al objetivo específico 02 se tuvo en la investigación que realizó Pinzón y Solange (2010) en el cual el objetivo fue determinar la contaminación de los metales pesados en la flora y fauna se encontró que el nivel de concentración del metal Hg fue (121.3 mg/kg), excedió ampliamente al contenido encontrado en las muestras nativas del Morro (0.58 a 18.32 mg/kg), al igual que en la investigación que realizo Granizo & Márquez (2007) en la cual se analizó los niveles de concentración de los metales pesados en el botadero de “EL VALLE”, se ve que el nivel de Hg encontrados en el suelo, como flora y las fuentes de agua sobrepasaron los estándares de calidad ambiental (0,0002 mg/L y 0,0001 mg/L) siendo este 0,07 mg/L, a diferencia de la presente investigación en la cual el nivel de concentración de Hg varía entre 0.259 y 16.428 mg/kg PS en la época seca y en la época lluviosa entre 0.012 y 3.840 mg/kg; con la estadística inferencial se define que no sobrepasa ni afecta significativamente a la flora, fauna y fuentes de agua del botadero de Pampachacra; sin embargo existen puntos que superan los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo (ECAS-Suelo) cuyo valor límite es 6.6 mg/Kg PS, tales como AM04, AM08, AM09 y AM10, cuyos valores son 7.835, 6.760, 16.428 y 11.668 respectivamente.

Con respecto al objetivo específico 03 se tuvo en la investigación que realizó Granizo & Márquez (2007) en la cual se analizó los niveles de concentración de los metales pesados en el botadero de “EL VALLE” se obtuvo que el nivel de Cd encontrados en el suelo, como flora y las fuentes de agua sobrepasaron los estándares de calidad ambiental (0,001 mg/L) siendo este 0,28 mg/L; el estudio realizado por Pinzón & Solange (2010) en el cual el objetivo fue determinar la contaminación de los metales pesados en la flora y fauna, se encontró que el nivel de concentración del metal Cd fue 13.14 mg/kg por lo que excedió ampliamente los ECAs-suelo, en cambio en la presente investigación realizada el nivel de concentración del metal Cd que se encontró varía entre 1.26 y 0.99 mg/Kg PS con respecto a la época seca y en la época lluviosa fue entre fue 1.28 y 0.97 mg/Kg PS, encontrándose este dentro de los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo.

Con respecto al Objetivo específico 04 se tuvo que; Pinzón y Solange (2010) en su investigación titulada “Contaminación por metales pesados en el botadero de basuras de Moravia en Medellín: Transferencia a flora y fauna y evaluación del potencial fitorremediador de especies nativas e introducidas” llegó a detectar que la concentración de cromo variaba en un rango de 82.1 mg/kg y 564.0 mg/kg, asimismo Champi & Villalba (2014), en su trabajo de investigación denominada “Evaluación de la contaminación por disposición final de residuos sólidos en los centros poblados de Pisac, Coya, Lamay y Calca-región Cusco” llegaron a encontrar que los niveles de concentración de cromo en los diferentes botadores varían entre: 0.01 mg/kg a 0.06 mg/kg, siendo el valor más elevado el del botadero de Calca. Es así que en comparación de los resultados obtenidos por el estudio y los resultados mostrados por Pinzón y Solange (2010) y Champi y Villalba (2014), el presente no sobrepasó los estándares de calidad ambiental (400.00 mg/Kg PS) siendo el rango de concentración encontrado entre 1.235 – 56.739mg/Kg PS en la época seca, y en la época lluviosa entre 1.310 – 25.667 mg/Kg PS en la época seca.

Con respecto al Objetivo específico 05 se tuvo que; Vargas (2011), en su trabajo de investigación denominada “Indicadores Microbiológicos de Calidad” se llegó a determinar en el análisis físico del suelo en tres muestras del botadero

determinó que el nivel de concentración de Pb es 43.04 (ppm), asimismo Pinzón y Solange (2010), en su investigación titulada “Contaminación por Metales Pesados en el botadero de basuras de moravia en Medellín: transferencia a flora y fauna y evaluación del potencial fitorremediador de especies nativas e introducidas” llegó a detectar que la concentración de Pb se encuentra entre los rangos de 16.6 a 8193.5 (mg/Kg). Es así que en comparación de los resultados obtenidos en el presente estudio y los resultados mostrados por Vargas (2011), y Pinzón y Solange (2010), el presente no llegó a sobrepasar los estándares de calidad ambiental para Suelo, siendo este 8.80 como límite mínimo y 31.43 mg/Kg como límite máximo en las épocas secas y 28.95 mg/kg como máximo y 3.7 mg/Kg como mínimo en las épocas lluviosas.

Conclusiones

1. El nivel de concentración de arsénico en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, en ambas épocas de lluvias y estiaje no superan los Estándares de Calidad Ambiental para suelo (50 mg/Kg PS) según el análisis de la estadística inferencial, puesto que se rechaza la hipótesis formulada en ambas épocas, pero sin embargo, existe un punto en específico (áreas) que superan Estándares de Calidad Ambiental para suelo, denotada como AROJ (Área roja), cuyo valor es de 189.12 y 180.58 mg/Kg PS, en la época seca y lluviosa respectivamente.
2. El nivel de concentración de mercurio en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, en ambas épocas de lluvias y estiaje no superan los ECAs suelo para uso agrícola (6.6 mg/Kg PS) según el análisis estadístico inferencial; pero sin embargo al igual que en el arsénico, existen puntos (áreas) que superan el estándar establecido, en la época seca como el AM04, AM08, AM09 y AM10, con valores de 7.835, 6.760, 16.428 y 11.668 mg/Kg PS, respectivamente.
3. El nivel de concentración de cadmio en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, en ambas épocas de lluvias y estiaje no superan los ECAs suelo para uso agrícola, según el análisis de la estadística

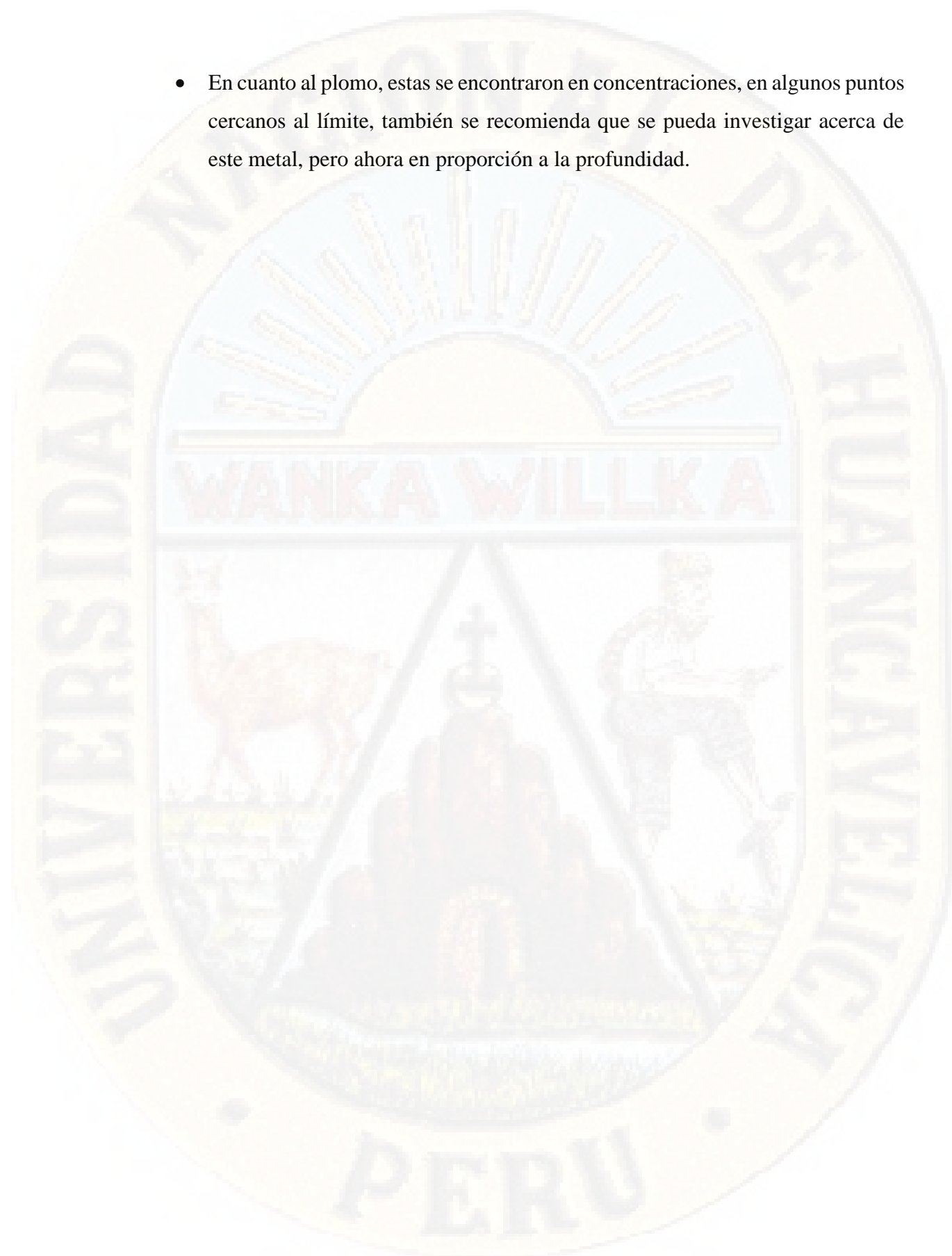
inferencial; en este caso todas las áreas tienen concentraciones menores a lo establecido en la normativa ambiental.

4. El nivel de concentración de cromo en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, en ambas épocas de lluvias y estiaje no superan los ECAs suelo para uso agrícola, en este caso todas las áreas tienen concentraciones menores a los establecido en la normativa ambiental.
5. El nivel de concentración de plomo en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, en ambas épocas de lluvias y estiaje no superan los ECAs suelo para suelo agrícola, uso agrícola, en este caso todas las áreas tienen concentraciones menores a lo establecido en la normativa ambiental.

Recomendaciones

- Es necesario realizar, mayor énfasis en el estudio del arsénico y más en el área denotada como AROJ (Área roja) debido a las altas concentraciones encontradas, estudiarlo de manera que se investigue su comportamiento respecto a la profundidad; y/o relación de los lixiviados y suelo. Asimismo, sería necesario que se estudie en la parte de salud algún tipo de relación con entre los animales que se encuentren cercanos al lugar, puesto que, sobre la zona en cuestión, se ha visualizado presencia de animales.
- Con respecto al mercurio es necesario realizar más estudios en las áreas el AM04, AM08, AM09 y AM10; cuyas concentraciones son elevadas, cuyo enfoque sea la proponer algún tipo de solución y/o formas de biorremediación; y/o también como este metal ha influido en cuanto a la flora existente.
- Con respecto al cadmio, se ha encontrado concentraciones por debajo de los establecido por los ECAS Suelo, pero sería oportuno que en las zonas de operación de botadero realizar un estudio riguroso, pero en profundidad.
- Según las concentraciones de cromo estas generalmente existen en concentraciones muy bajas en los suelos, no es conveniente tomar como metales de estudio, a menos que se cuente con alguna evidencia de las altas concentraciones.

- En cuanto al plomo, estas se encontraron en concentraciones, en algunos puntos cercanos al límite, también se recomienda que se pueda investigar acerca de este metal, pero ahora en proporción a la profundidad.



Referencias bibliográficas

- Álvarez Rivero, M. B., Mokey Castellanos, M. O., Izquierdo Izquierdo, M. E., Álvarez Valdés, G., Rodríguez China, A., & Romero Duliet, A. (2016). Validación de la Guía de Práctica Clínica propuesta para el tamizaje de trastornos visuales en niños. *Revista Cubana de Oftalmología*, 29(3), 398–409.
- Atagua, M., Donatti, D., Ferrer, J., Guillent, Y., Maraima, R., Márquez, C., ... Morejón, L. (s. f.). Técnicas de Investigación. Recuperado 16 de octubre de 2017, de <http://metodologia02.blogspot.com/p/tecnicas-de-la-investigacion.html>
- Buduba, C. (2004). *Muestreo de Suelos*. Recuperado de http://ciefap.org.ar/documentos/fichas/FTA10N1Muestreo_de_suelos.pdf
- Buenos M, Flores L, Vivanco V, Vargas K,. (2012). *Contaminación Ambiental producida en el Botadero Municipal de Abancay y sus Impactos Negativos en el Entorno y en la Salud Humana* (p. 20). Recuperado de Universidad Alas Peruanas website: <https://es.slideshare.net/papacito/contaminacin-ambiental-en-el-botadero-municipal-de-abancay-2>
- Caiza, G. F. C., & Asenjo, I. V. (2018). *Mercurio en el suelo: Contaminación y remediación*. 20.
- Cardozo, L. A. M., & Peña, Y. A. V. (2017). *EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN EL SUELO POR PLOMO Y CROMO Y PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVA DE REMEDIACIÓN EN LA REPRESA DEL MUÑA, MUNICIPIO DE SIBATÉ-CUNDINAMARCA*. 90.
- Cerrato. (2006). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Recuperado de <https://www.aiu.edu/publications/student/spanish/Integrated-Management-of-Residual-Solids.htm>
- Champi Ayma, V., & Villalba Balsa, M. (2014). Evaluación de la contaminación por disposición final de residuos sólidos en los centros poblados de Pisac, Coya, Lamay

- y Calca—Región Cusco. *Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco*, 6.628Mb. Recuperado de <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/UNSAAC/963>
- Chávez de Paz, D. (2008). *Conceptos y Técnicas de Recolección de Datos en la Investigación Jurídico Social*. Recuperado de <http://www.geocities.ws/jusbaniz/faseI/tesis/tecnicas1.pdf>
- Cusi S,. (2017). *Informe de Inspeccion Sanitaria al Botadero de Residuos Solidos de la Municipalidad Provincial de Huancavelica* (p. 10). Huancavelica: Dirección Regional de Salud Ambiental.
- Davidi, W. (2010). *Estadística para Ingenieros* (Primera). Mexico.
- DESA. (2014, marzo 12). *Problemática de Residuos Sólidos en Huánuco*. Recuperado de <http://www.diresahuanuco.gob.pe/SAMBIENTAL/2014/RESIDUOS.pdf>
- Ducón A. (2009, febrero 11). *Plan de Cierre Botadero*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/151812661/Plan-de-Cierre-Botadero>
- EC, R. (2015, marzo 11). Hay 20 botaderos de basura en estado crítico en el Perú. *El Comercio*. Recuperado de <http://elcomercio.pe/peru/hay-20-botaderos-basura-critico-peru-341623>
- Echegoyen. (s. f.). MÉTODO HIPOTETICO-DEDUCTIVO - Epistemología—Diccionario de Psicología. Recuperado 12 de noviembre de 2019, de <https://www.torredebabel.com/Psicologia/Vocabulario/Metodo-Hipotetico-Deductivo.htm>
- FAO. (s. f.). 5. COLOR Y MANCHAS DE COLOR. Recuperado 7 de septiembre de 2019, de http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s05.htm#top
- Fernandez Linares, L. C., Rojas Avelizapa, G., Roldán Carrillo, T., Ramirez Islas, M., Zegarra Martinez, H., Uribe Hernandez, R., ... Arce Ortega, J. (2006). *Manual de*

técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados.

Recuperado de <http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/509.pdf>

Florez G. (2016). *Técnicas conservacionistas en sistemas agroforestales en sector*

Santiaguillo, Cantón Mira. (Grado de Titulo, Universidad Técnica del Norte).

Recuperado de

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5722/1/03%20FOR%20233%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

Galvis, J. (2016). *Residuos sólidos: Problema, conceptos básicos y algunas estrategias de solución.* 7-28.

Gonzales Castro, A., Oseda Gago, D., Ramirez Rosales, F., & Gave Chagua, J. (2011).

¿Cómo aprender y enseñar investigación Científica? (Primera Edicion).

Huancavelica: Juan José Oré Rojas.

Gonzales Castro, A., Oseda Gago, D., Ramirez Rosales, F., & Gave Chagua, J. (2011).

¿Cómo aprender y enseñar investigación Científica? (Primera Edicion).

Huancavelica: Juan José Oré Rojas.

Gonzales I. (2016). *Plan de Cierre, Abandono del Vertedero y Recuperación del Terreno (Sitio).* Recuperado de

http://www.seam.gov.py/sites/default/files/users/control/16538_elizabeth.pdf

Granizo Riquetti, M. P., & Márquez Alvarado, A. R. (2007). *Análisis de Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn en el antiguo botadero de El Valle.* Recuperado de

<http://dspace.uazuay.edu.ec:8080/handle/datos/126>

He, Z. L., Yang, X. E., & Stoffella, P. J. (2005). Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 19(2), 125-140. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2005.02.010>

Huertos, E. G., & Baena, A. R. (2008). Contaminación de Suelos por Metales Pesados.

Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola, Facultad de

- Química. Apartado 553. Universidad de Sevilla. SevillaFacultad de Química. Apartado 553. Universidad de Sevilla. Sevilla, 13.*
- Ibanez, J. (2006). Niveles de Humedad del suelo y Agua disponible: El Agua en el Suelo. Recuperado 9 de noviembre de 2019, de <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/06/26/33002>
- Ibáñez, S., Manuel Gisbert Blanquer, J., & Moreno Ramón, H. (2017). El Color y Estructura del suelo. 2009. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/50839572_El_Color_del_suelo
- Jaramillo, J. (2002). Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Colombia: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (ops/cepis). Recuperado de <http://redrrss.minam.gob.pe/material/20090128200240.pdf>
- jpersa. (2013). *Expediente para la recuperacion de Areas degradadas por residuos solidos en la ciudad de Huancavelica, reegion Huancavelica.*
- Kabata Pendias, A., & Pendias, H. (2000). *Trace elements in soils and plants* (3rd ed). Boca Raton, Fla. London: CRC Press.
- Logreira Diazgranados, N. L., Sisa Camargo, A. S., Madariaga Orozco, C. M., Molinares Amaya, N. M., & Escolar Fontalvo, M. E. (2011a). *Diagnostico y clausura del botadero La Concepción Soledad Colombia.* 263-269.
- Logreira Diazgranados, N. L., Sisa Camargo, A. S., Madariaga Orozco, C. M., Molinares Amaya, N. M., & Escolar Fontalvo, M. E. (2011b). *Diagnostico y clausura del botadero La Concepción Soledad Colombia.* 263-269.
- Lopez, I., Sierra, M., Rodriguez, J., & Milan, R. (2010). *Estudio de la absorción y distribución del Mercurio en Nerium Oleander L. en la Ribera del Río Valdezogues (Estación de Chillón—Almadén).*

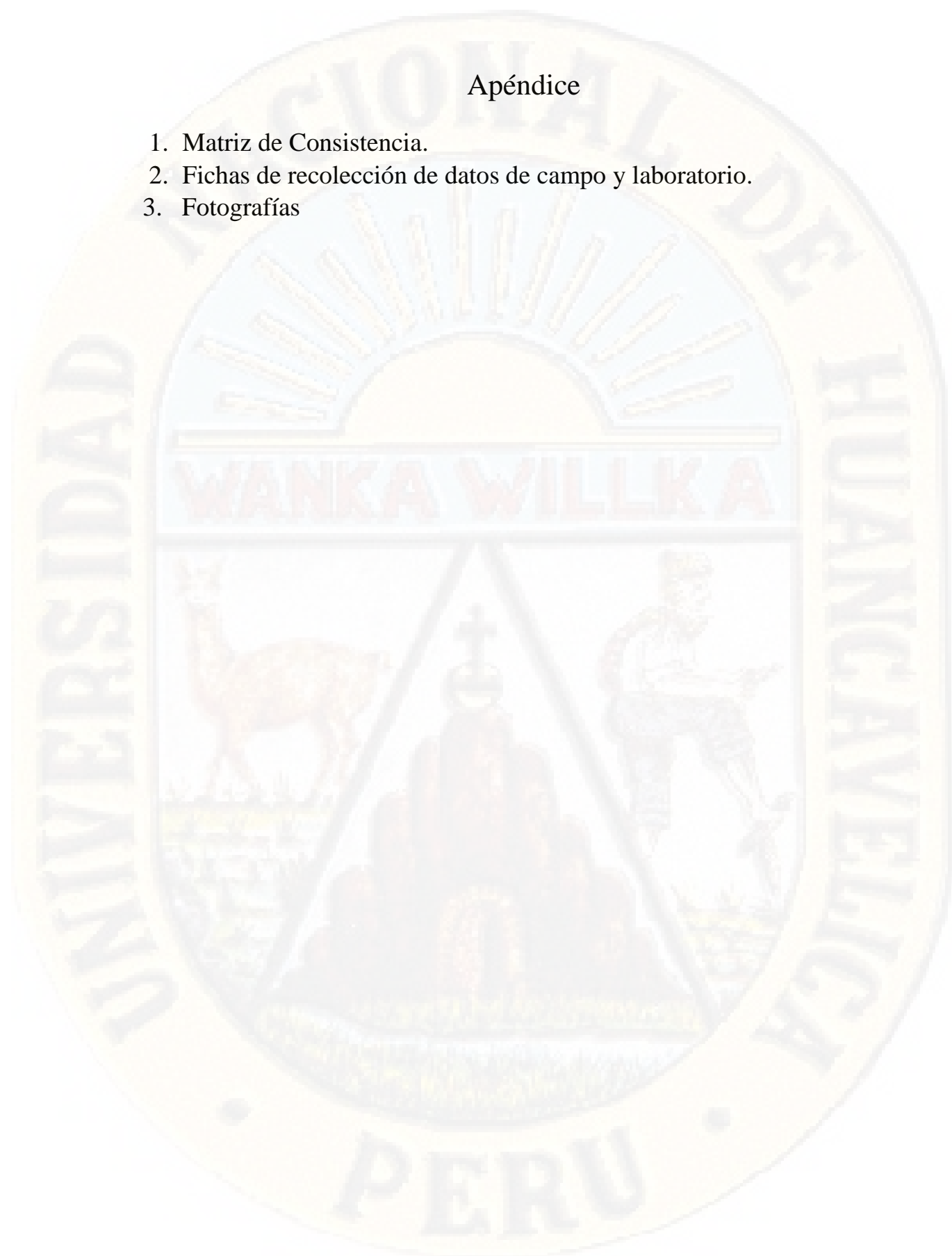
- López Ritas, J., & López Melida, J. (1985). *El diagnóstico de suelos y plantas: Métodos de campo y laboratorio / por Julio López Ritas y Julio López Melida* (Mundi Prensa).
- Matilainen, T., Verta, M., Korhonen, H., Uusi-Rauva, A., & Niemi, M. (2001). Behavior of Mercury in Soil Profiles: Impact of Increased Precipitation, Acidity, and Fertilization on Mercury Methylation. *Water Air and Soil Pollution*, 125, 105-120.
<https://doi.org/10.1023/A:1005220016761>
- Mendoza J. (2012, noviembre 11). Botadero de Pampachacra es un riesgo para la salud. *Diario Correo*. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/ciudad/botadero-de-pampachacra-es-un-riesgo-para-la-219142/>
- MINAM. (2012). *Cuarto Informe Nacional de Residuos Sólidos Municipales y No Municipales: Gestión 2010-2011* (p. 190) [Text]. Recuperado de Evaluación y Gestión Ambiental S.A.C. website: <http://sinia.minam.gob.pe/documentos/cuarto-informe-nacional-residuos-solidos-municipales-no-municipales>
- MINAM. (2017). *D.L. 1278*. Recuperado de <http://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/56542>
- Ministerio del Ambiente. (2014). *Guía para Muestreo de Suelos*. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>
- Moreno-Jiménez, E., Esteban, E., & Peñalosa, J. M. (2012). The fate of arsenic in soil-plant systems. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 215, 1-37.
https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1463-6_1
- OEFA. (2015). *Fiscalización Ambiental*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/306194527/FISCALIZACION-AMBIENTAL>
- Pinzón, S., & Solange, M. (2010). *Contaminación por metales pesados en el botadero de basuras de Moravia en Medellín transferencia a flora y fauna y evaluación del*

- potencial fitorremediador de especies nativas e introducidas*. Recuperado de <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/837>
- Puebla, S. B., Colmenarejo, L. G., Alarcón, B. M., Pastellides, P., & López, V. V. (2010). *Observación*. 46.
- Pumachapi Sutta, A., & Canazas Chávez, E. (2012). Escenarios de contaminación causados por botaderos de residuos sólidos en la cuenca de Pomacanchi, Acomayo—Cusco. *Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco*. Recuperado de <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/UNSAAC/1103>
- Reyes, E. O. (2013). Monitoreo y control de daño en ductos enterrados utilizando TDR. *Mexico*, 7.
- Rimassa, M. A., León S, O., & Acevedo, E. (2006). *METALES PESADOS Y BIODISPONIBILIDAD*.
- Sanchez Vacones, I. (2003). *Determinación de metales pesados en suelos de Mediana del Campo (Valladolid): Contenidos extraíbles, niveles fondo y de referencia*. Universidad de Valladolid, España.
- SENACE. (2016). *Glosario Referencial de Términos para Periodistas*.
- Sierra Aragon, M. (2005). *Niveles de metales pesados y elementos asociados en suelos de la provincia de Almeria, Parametros que los afectan y riesgos de contaminación*. Universidad de Granada, España.
- Sposito, G. (2008). *The chemistry of soils* (2nd ed). Oxford ; New York: Oxford University Press.
- Van Herreweghe, S., Swennen, R., Vandecasteele, C., & Cappuyns, V. (2003). Solid phase speciation of arsenic by sequential extraction in standard reference materials and industrially contaminated soil samples. *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)*, 122(3), 323-342. [https://doi.org/10.1016/s0269-7491\(02\)00332-9](https://doi.org/10.1016/s0269-7491(02)00332-9)

- Vargas Solozarno, K. (2011). *Indicadores microbiológicos de calidad ambiental del Botadero La Muyuna* (p. 85) [Informe de Practicas -Pre Profesionales]. Recuperado de Universidad Nacional Agraria de la Selva website:
http://www.academia.edu/download/32857008/INDICADORES_MICROBIOLOGICOS_DE_CALIDAD_AMBIENTAL_DEL_BOTADERO_LA_MOYUNA.pdf
- WALSH. (2014). *Estudio d Impacto Ambiental de Línea de Transmisión 220 kV S .E Ilo 3 – T46 (de la LT 220 kV Moquegua – Tía María)*. Recuperado de
http://www.diremmoq.gob.pe/web13/files/ambiental/EIA_Linea_Transmision_220Kv_Ilo3/3_Identificacion_Area_Influencia.pdf
- Zapata Hernandez, R. (2010). *Casos Especiales de Acidez*.

Apéndice

1. Matriz de Consistencia.
2. Fichas de recolección de datos de campo y laboratorio.
3. Fotografías



“NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN RELACIÓN A LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECAs-Suelo), EN EL SUELO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL BOTADERO DE PAMPACHACRA, DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANCAMELICA”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	MÉTODOLOGIA	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Problema general:	Objetivo general:	Hipótesis general:	Variable 1:	Concentración de parámetro inorgánicos:	Tipo de Investigación:	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.
¿Cuál es el nivel de concentración de metales pesados en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs-Suelo), en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica?	Determinar el nivel de concentración de metales pesados en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs-Suelo), en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica.	El nivel de Concentración de Metales Pesados en el suelo del área de Influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo.	Nivel de concentración de metales pesados en el suelo de área de influencia directa del botadero de Pampachacra	<ul style="list-style-type: none"> • Cd (mg/Kg) en PS. • As (mg/Kg) en PS. • Hg (mg/Kg) en PS. • Cr (mg/Kg) en PS • Pb (mg/Kg) en PS 	<p>Nivel de investigación: Aplicada</p> <p>Diseño de la investigación: No experimental-Transversal-Descriptivo</p> <p align="center">M → O</p> <p>Donde: M: Muestra. O: Observación</p> <p>Método: Método Científico</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Observación. • e 	<p>Instrumentos equipos, herramientas de campo, equipos de laboratorio.</p> <p>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.</p> <p>Tabulación, Procedimiento estadístico en el programa de cálculo Microsoft Excel Versión 2016.</p> <p>Estadística descriptiva: Se procesó los datos de manera comparativa.</p> <p>Prueba de Hipótesis: Se realizó una prueba de hipótesis de T Student ($p < 0.05$) para una muestra y se aplicó también la</p>
Problemas específicos:	Objetivos Específicos:	Hipótesis específicos:					
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es el nivel de concentración 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar el nivel 	<ul style="list-style-type: none"> • El nivel de Concentración de Cd en el 					

de metales Cd en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs-Suelo), en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica?	concentración de Cd en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica.	suelo del área de Influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo	Hipotético-Deductivo	prueba de Wilcoxon para los datos no paramétricos.
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es el nivel de concentración de As en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs-Suelo), en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica? 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar el nivel de concentración de As en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica. 	<ul style="list-style-type: none"> • El nivel de Concentración de As en el suelo del área de Influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, superan los Estándares de 	<p>Población:</p> <p>Compuesto por 13 hectáreas de suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra.</p> <p>Muestra:</p> <p>La muestra estuvo constituida por puntos de muestreo establecidos de manera intencional (NO PROBABILISTICA) en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra.</p>	

		Calidad Ambiental ECAs para suelo
¿Cuál es el nivel de concentración de Hg en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs-Suelo), en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica?	Determinar el nivel de concentración de Hg en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica.	El nivel de Concentración de Hg en el suelo del área de Influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo
¿Cuál es el nivel de concentración de Cr en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs-Suelo), en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y	Determinar el nivel de concentración de Cr en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica.	El nivel de Concentración de Cr en el suelo del área de Influencia directa del Botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, superan los

departamento de
Huancavelica?

Estándares de
Calidad
Ambiental ECAs
para suelo.

¿Cuál es el nivel de
concentración de Pb
en relación a los
Estándares de
Calidad Ambiental
(ECAs-Suelo), en el
suelo del área de
influencia directa del
botadero de
Pampachacra,
distrito, Provincia y
Departament0 de
Huancavelica?

Determinar el
nivel
concentración de
Pb en el suelo del
área de influencia
directa del
botadero de
Pampachacra,
distrito, provincia
y departamento de
Huancavelica.

El nivel de
Concentración de
Pb en el suelo del
área de Influencia
directa del
botadero de
Pampachacra,
distrito, provincia
y departamento de
Huancavelica,
superan los
Estándares de
Calidad
Ambiental ECAs
para suelo.

➤ FICHAS DE RECOLECCION DE CAMPO Y LABORATORIO:

FICHA DE RECOLECCION EN LABORATORIO N° 1

HUMEDAD – EPOCA SECA

Datos de las muestras:

Nombre del punto de muestreo:	Fecha:	Hora:	Temperatura Ambiental (°C)	Análisis de Humedad				Características de secado		Análisis de Humedad		
				Cantidad de muestra tomada	Peso de Sobre	PHM + PS (gr)	PHM	Temperatura (°C)	Tiempo de Secado (horas)	PSM + PS (gr)	PSM	Humedad Final (%)
AM1	30/06/2018	8:10 AM	11	1.5	14.12	800.1	785.98	35	72 horas	540.39	505.54	31.25
AM2	30/06/2018	8:15 AM	11	1.5	13.99	800.97	786.98	35	72 horas	525.31	324.84	33.25
AM3	30/06/2018	8:20 AM	11	1.5	14.51	750.29	735.78	35	72 horas	410.57	367.31	44.20
AM4	30/06/2018	8:25 AM	11	1.5	14.04	750.46	736.42	35	72 horas	373.27	364.13	49.31
AM5	30/06/2018	8:30 AM	11	1.5	16.24	750	733.76	35	72 horas	332.56	333.19	54.68
AM6	30/06/2018	8:35 AM	11	1.5	16.3	750.44	734.14	35	72 horas	174.36	391.97	76.25
AM7	30/06/2018	8:40 AM	11	1.5	14	750.02	736.02	35	72 horas	174.84	462.17	76.25
AM8	30/06/2018	8:45 AM	11	1.5	14.12	750.09	735.97	35	72 horas	179.14	267.8	75.66
AM9	30/06/2018	8:50 AM	11	1.5	13.94	750.28	736.34	35	72 horas	184.03	360.25	75.01
AREA ROJA	30/06/2018	8:55 AM	11	1.5	13.55	746.26	732.71	35	72 horas	234.24	434.02	68.03
AM10	30/06/2018	9:00 AM	11	1.5	13.95	750.07	736.12	35	72 horas	243.06	351.24	66.98
AS1	30/06/2018	9:05 AM	11	1.5	14.41	750.04	735.63	35	72 horas	570.43	207.94	22.46
AS3	30/06/2018	9:10 AM	11	1.5	14.2	750.03	735.83	35	72 horas	521.08	514.82	29.18
AS4	30/06/2018	9:15 AM	11	1.5	15.99	750.01	734.02	35	72 horas	502.84	310.4	31.50
AS5	30/06/2018	9:20 AM	11	1.5	14.45	750.83	736.38	35	72 horas	570.82	343.76	22.48
AS6	30/06/2018	9:25 AM	11	1.5	14.24	750.4	736.16	35	72 horas	563.14	415.85	23.50
AS7	30/06/2018	9:30 AM	11	1.5	14.24	750.66	736.42	35	72 horas	557.94	272.39	24.24
ZOA	30/06/2018	9:35 AM	11	1.5	16.08	750.07	733.99	35	72 horas	397.35	342.3	45.86
ZOM	30/06/2018	9:40 AM	11	1.5	15.67	750.17	734.5	35	72 horas	377.82	489.3	48.56

ZOB	30/06/2018	9:45 AM	11	1.5	16.09	750.07	733.98	35	72 horas	365.04	238.17	50.27
-----	------------	---------	----	-----	-------	--------	--------	----	----------	--------	--------	-------

PHM=Peso Húmedo de Muestra antes del secado (gr)

PSM=Peso Húmedo de Muestra después del secado (gr)

PS=Peso de sobre

FICHA DE RECOLECCION EN LABORATORIO N° 2

		TEXTURA	
Proyecto:	"NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN RELACIÓN A LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECAs-Suelo), EN EL SUELO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL BOTADERO DE PAMPACHACRA, DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANCAMELICA"		
Responsable del Muestreo:	Los tesisistas	Fecha:	15/06/2018
Laboratorio:	LUNEA - E.P. INGENIERIA DE ZOOTECNIA		
	Huancavelica	Provincia:	Huancavelica
Nombre del sitio en estudio:	Pampachacra	Distrito:	Huancavelica
		Uso principal:	Ganaderia y Agricultura

Datos de las muestras:

Nombre del punto de muestreo:	Fecha:	Hora:	Peso (gr)	Análisis de Textura							Textura Final	Observaciones
				Longitud Total (cm)	Arena (cm)	Limo (cm)	Arcilla (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)		
AM1	15/06/2018	8:00 AM	75	6.5	1.5	3	3.5	16.67	46.15	53.85	Arcillo limosa	
AM2	15/06/2018	8:30 AM	75	9	1	4	4	11.11	44.44	44.44	Arcillo limosa	
AM3	15/06/2018	9:00 AM	75	7.5	1.5	2.5	3.5	20.00	33.33	46.67	Arcillosa	
AM4	15/06/2018	9:30 AM	75	6.5	1	2	3.5	15.38	30.77	53.85	Arcillosa	
AM5	15/06/2018	10:00 AM	75	8	2	3	3	25.00	37.50	37.50	Franco Arcillosa	
AM6	15/06/2018	10:30 AM	75	8.5	1.5	3	3.5	17.65	35.29	41.18	Arcillosa	
AM7	15/06/2018	11:00 AM	75	6.8	1	2.8	3	14.71	41.18	44.12	Arcillosa	
AM8	15/06/2018	11:30 AM	75	9	1.5	3.5	4	18.75	43.75	50.00	Arcillosa	
AM9	15/06/2018	12:00 PM	75	7	1.5	3	3.5	21.43	42.86	50.00	Arcillosa	
AM10	15/06/2018	12:30 PM	75	7.5	1.5	3.5	2.5	20.00	46.67	33.33	Franco arcillosa limosa	
AS1	15/06/2018	1:00 PM	75	8	2.5	2	3.5	31.25	25.00	43.75	Franco	
AS3	15/06/2018	2:30 PM	75	5.5	2	2	1.5	36.36	36.36	27.27	Franco	
AS4	15/06/2018	3:00 PM	75	9	3	3	3	33.33	33.33	33.33	Franco Arcillosa	

AS5	15/06/2018	3:30 PM	75	8.3	2	2	4.3	24.10	24.10	51.81	Arcillosa
AS6	15/06/2018	4:00 PM	75	6.5	1.5	3	3.5	23.08	46.15	53.85	Arcillo limosa
AS7	15/06/2018	4:30 PM	75	7.3	1	3	3.3	13.70	41.10	45.21	Arcillosa Limosa
AREA ROJA	15/06/2018	5:00 PM	75	9	2	3.5	3.5	22.22	38.89	38.89	Arcillo limosa
ZOA	15/06/2018	5:30 PM	75	6	1.5	2	2.5	25.00	33.33	41.67	Arcillo limosa
ZOM	15/06/2018	6:00 PM	75	7	2	3	2	28.57	42.86	28.57	Arcillo limosa
ZOB	15/06/2018	6:30 PM	75	9	2	4	3	22.22	44.44	33.33	Arcillo limosa

FICHA DE RECOLECCION EN LABORATORIO N° 3

HUMEDAD - ÉPOCA LLUVIOSA

Proyecto:

"NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN RELACIÓN A LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECAs-Suelo), EN EL SUELO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL BOTADERO DE PAMPACHACRA, DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANCAMELICA"

Datos Generales:

Responsable del

Muestreo:

Laboratorio:

Nombre del sitio en
estudio:

Los testistas

Fecha:

11/10/2018

LUNEA - E.P. INGENIERIA DE ZOOTECNIA

Huancavelica

Provincia:

Huancavelica

Distrito:

Huancavelica

Pampachacra

Uso
principal:

Ganadería y Agricultura

Datos de las muestras:

Nombre del punto de muestreo:	Fecha:	Hora:	Temperatura Ambiental (°C)	Análisis de Humedad				Características de secado		Análisis de Humedad		
				Forma o cantidad de muestra tomada	Peso de Sobre	PHM + PS (gr)	PHM	Temperatura (°C)	Tiempo de Secado (horas)	PSM + PS (gr)	PSM	Humedad Final (%)
AS01	11/10/2018	8:10 AM	11	1.5	14.47	589.62	575.15	35	72 horas	505.54	491.07	14.62
AS03	11/10/2018	8:15 AM	11	1.5	14.41	451.58	437.17	35	72 horas	324.84	310.43	28.99
AS04	11/10/2018	8:20 AM	11	1.5	14.37	450.27	435.9	35	72 horas	367.31	352.94	19.03
AS05	11/10/2018	8:25 AM	11	1.5	14.4	450.34	435.94	35	72 horas	364.13	349.73	19.78
AS06	11/10/2018	8:30 AM	11	1.5	14.48	450.02	435.54	35	72 horas	333.19	318.71	26.82
AS07	11/10/2018	8:35 AM	11	1.5	13.59	532.52	518.93	35	72 horas	391.97	378.38	27.08
AM01	11/10/2018	8:40 AM	11	1.5	13.74	609.95	596.21	35	72 horas	462.17	448.43	24.79
AM02	11/10/2018	8:45 AM	11	1.5	14.4	450.5	436.1	35	72 horas	267.8	253.4	41.89

AM03	11/10/2018	8:50 AM	11	1.5	14.33	450.52	436.19	35	72 horas	360.25	345.92	20.70
AM04	11/10/2018	8:55 AM	11	1.5	14.34	783.27	768.93	35	72 horas	434.02	419.68	45.42
AM05	11/10/2018	9:00 AM	11	1.5	14.37	617.95	603.58	35	72 horas	351.24	336.87	44.19
AM06	11/10/2018	9:05 AM	11	1.5	14.43	567.51	553.08	35	72 horas	207.94	193.51	65.01
AM07	11/10/2018	9:10 AM	11	1.5	14.46	939.73	925.27	35	72 horas	514.82	500.36	45.92
AM08	11/10/2018	9:15 AM	11	1.5	13.91	776.15	762.24	35	72 horas	310.4	296.49	61.10
AM09	11/10/2018	9:20 AM	11	1.5	14.47	774.13	759.66	35	72 horas	343.76	329.29	56.65
AM10	11/10/2018	9:25 AM	11	1.5	14.5	506.62	492.12	35	72 horas	415.85	401.35	18.44
ZOME	11/10/2018	9:30 AM	11	1.5	13.72	499.28	485.56	35	72 horas	272.39	258.67	46.73
ZOAL	11/10/2018	9:35 AM	11	1.5	13.74	797.67	783.93	35	72 horas	342.3	328.56	58.09
ZOBA	11/10/2018	9:40 AM	11	1.5	14.48	713.33	698.85	35	72 horas	489.3	474.82	32.06
AROJ	11/10/2018	9:45 AM	11	1.5	14.51	624.78	610.27	35	72 horas	238.17	223.66	63.35

PHM=Peso Húmedo de Muestra antes del secado (gr)

PSM=Peso Húmedo de Muestra despues del secado (gr)

PS=Peso de sobre

FICHA DE RECOLECCION EN LABORATORIO N° 4													
DENSIDAD APARENTE - ÉPOCA LLUVIOSA													
Proyecto:	"NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN RELACIÓN A LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECAs-Suelo), EN EL SUELO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL BOTADERO DE PAMPACHACRA, DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANCAMELICA"												
Responsable del Muestreo:	Los testistas												
Laboratorio:	LUNEA												
Departamento:	HUANCAMELICA			Provincia:	HUANCAMELICA			Distrito:	HUANCAMELICA				
Propiedades Índices del suelo:													
N° de Muestra:	código	Preservación/Conservación		PHL (gr)		MT (gr)	PHL + MT +	MC		VD (ml)	Volumen de	Densidad Aparente	Densidad Aparente

			Cantidad de Muestra		PHL + MT (gr)		MC (gr)		VOLUMEN DE LA PARAFINA D=0.75 gr/cm ³		Muestra (gr/cm ³)	Final (gr/cm ³)	Final (gr/cm ³)
1	AS1 - 1	Ninguno	1	1.18	41.91	40.73	43.1	1.19	1.59	21.5	19.91	2.05	2.11
	AS1 - 2	Ninguno	1	1.12	26.97	25.85	38.34	11.37	15.16	27	11.84	2.18	
2	AS3 - 1	Ninguno	1	1.04	41.7	40.66	57.92	16.22	21.63	40	18.37	2.21	2.15
	AS3 - 2	Ninguno	1	1.29	35.13	33.84	49.99	14.86	19.81	36	16.19	2.09	
3	AS4 - 1	Ninguno	1	3.69	42.93	39.24	63.8	20.87	27.83	48	20.17	1.95	1.64
	AS4 - 2	Ninguno	1	3.42	30.47	27.05	40.79	10.32	13.76	34	20.24	1.34	
4	AS5 - 1	Ninguno	1	1.1	25.13	24.03	39.1	13.97	18.63	32	13.37	1.80	1.75
	AS5 - 2	Ninguno	1	1.09	20.65	19.56	33.82	13.17	17.56	29	11.44	1.71	
5	AS6 - 1	Ninguno	1	1.29	15.38	14.09	26.44	11.06	14.75	25	10.25	1.37	1.60
	AS6 - 2	Ninguno	1	1.2	30.19	28.99	47.51	17.32	23.09	39	15.91	1.82	
6	AS7 - 1	Ninguno	1	1.05	26.15	25.1	51.06	24.91	33.21	50	16.79	1.50	1.32
	AS7 - 2	Ninguno	1	1.21	16.33	15.12	31.95	15.62	20.83	34	13.17	1.15	
7	AM1 - 1	Ninguno	1	3.07	24.63	21.56	38.97	14.34	19.12	31	11.88	1.81	1.75
	AM1 - 2	Ninguno	1	3.26	27.67	24.41	43.1	15.43	20.57	35	14.43	1.69	
8	AM2 - 1	Ninguno	1	1.18	25.09	23.91	44.5	19.41	25.88	36	10.12	2.36	2.19
	AM2 - 2	Ninguno	1	1.12	27.51	26.39	47.71	20.2	26.93	40	13.07	2.02	
9	AM3 - 1	Ninguno	1	3.61	21.04	17.43	36.69	15.65	20.87	32	11.13	1.57	1.60
	AM3 - 2	Ninguno	1	3.19	27.00	23.81	46.12	19.12	25.49	40	14.51	1.64	
10	AM4 - 1	Ninguno	1	3.05	24.5	21.45	43.3	18.8	25.07	40	14.93	1.44	1.73
	AM4 - 2	Ninguno	1	2.72	16.77	14.05	26.57	9.8	13.07	20	6.93	2.03	
11	AM5 - 1	Ninguno	1	3.21	30.1	26.89	46.3	16.2	21.60	35	13.40	2.01	2.05
	AM5 - 2	Ninguno	1	3.26	34.53	31.27	53.34	18.81	25.08	40	14.92	2.10	
12	AM6 - 1	Ninguno	1	1.25	12.26	11.01	20	7.74	10.32	18	7.68	1.43	1.44

	AM6 - 2	Ninguno	1	1.19	9.05	7.86	16.25	7.2	9.60	15	5.40	1.46	
13	AM7 - 1	Ninguno	1	1.12	8.41	7.29	15.29	6.88	9.17	14	4.83	1.51	1.51
	AM7 - 2	Ninguno	1	1.08	7.87	6.79	14.26	6.39	8.52	13	4.48	1.52	
14	AM8 - 1	Ninguno	1	1.18	11.85	10.67	17.11	5.26	7.01	14	6.99	1.53	1.47
	AM8 - 2	Ninguno	1	1.21	11.66	10.45	17.34	5.68	7.57	15	7.43	1.41	
15	AM9 - 1	Ninguno	1	1.17	9.85	8.68	19.29	9.44	12.59	19	6.41	1.35	1.64
	AM9 - 2	Ninguno	1	1.14	13.99	12.85	20.99	7	9.33	16	6.67	1.93	
16	AM10 - 1	Ninguno	1	1.25	20.65	19.4	33.75	13.1	17.47	30	12.53	1.55	1.52
	AM10 - 2	Ninguno	1	1.29	9.15	7.86	14.94	5.79	7.72	13	5.28	1.49	
17	ZOME - 1	Ninguno	1	1.26	14.48	13.22	21.4	6.92	9.23	16.5	7.27	1.82	1.69
	ZOME - 2	Ninguno	1	1.89	12.78	10.89	24.4	11.62	15.49	22.5	7.01	1.55	
18	ZOAL - 1	Ninguno	1	1.13	11	9.87	19.56	8.56	11.41	18	6.59	1.50	1.65
	ZOAL - 2	Ninguno	1	1.12	15.9	14.78	27.75	11.85	15.80	24	8.20	1.80	
19	ZOBA - 1	Ninguno	1	1.19	15.7	14.51	26.56	10.86	14.48	26	11.52	1.26	1.40
	ZOBA - 2	Ninguno	1	1.05	18.97	17.92	29.01	10.04	13.39	25	11.61	1.54	
20	AROJ - 1	Ninguno	1	1.28	8.46	7.18	14.65	6.19	8.25	12.5	4.25	1.69	1.56
	AROJ - 2	Ninguno	1	1.07	16.37	15.3	28.62	12.25	16.33	27	10.67	1.43	

FICHA DE RECOLECCIÓN EN LABORATORIO N° 5

pH - ÉPOCA SECA

Proyecto:

“NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN RELACIÓN A LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECAs-Suelo), EN EL SUELO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL BOTADERO DE PAMPACHACRA, DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANCAMELICA”

Datos Generales:

Responsable del Muestreo:

Los tesisistas

Fecha:

11/10/2018

Laboratorio:

LUNEA - E.P. INGENIERIA DE ZOOTECNIA

Nombre del sitio en estudio:

Huancavelica

Provincia:

Huancavelica

Distrito:

Huancavelica

Uso principal:

Ganadería y Agricultura

Datos de las muestras:

Nombre del punto de muestreo:	Fecha:	Hora:	Temperatura Ambiental (°C)	Análisis de pH y Conductividad Eléctrica				Observaciones
				pH (R1/R2)	pH	Conductividad Eléctrica R1/R2	Conductividad Eléctrica R1/R2	
AM1	12/06/2018	8:10 AM	12.20	6.37	6.405	6.85	6.845	
				6.44		6.84		
AM2	12/06/2018	8:50 AM	12.20	6.53	6.55	9.3	10.27	
				6.57		11.24		
AM3	12/06/2018	9:30 AM	13.50	6.4	6.425	13.73	13.05	
				6.45		12.37		
AM4	12/06/2018	10:10 AM	13.90	6.82	6.815	32.1	32.65	
				6.81		33.2		
AM5	12/06/2018	10:50 AM	14.00	6.77	6.735	57.7	56.75	
				6.7		55.8		
AM6	12/06/2018	11:30 AM	13.80	6.91	6.565	7.5	8.75	
				6.22		10		
AM7	12/06/2018	12:10 PM	13.90	6.88	6.755	11.81	12.76	
				6.63		13.71		
AM8	12/06/2018	12:50 PM	12.40	6.33	6.21	6.6	7.05	

				6.09		7.5		
AM9	12/06/2018	3:00 PM	13.80	6.74	6.74	99.1	98.05	
				6.74		97		
AM10	12/06/2018	3:40 PM	12.50	6.14	6.22	62.6	62.8	
				6.3		63		
AREA ROJA	12/06/2018	4:20 PM	13.90	6.43	6.515	90.2	90.2	
				6.6		90.2		
AS1	12/06/2018	5:00 PM	12.50	6.18	6.165	3.78	3.88	
				6.15		3.98		
AS3	12/06/2018	2:10 PM	12.80	5.75	5.7	16.33	15.89	
				5.65		15.45		
AS4	12/06/2018	2:40 PM	13.80	6.25	6.175	5.9	5.825	
				6.1		5.75		
AS5	12/06/2018	3:10 PM	12.80	6.19	6.115	15.53	16.895	
				6.04		18.26		
AS6	12/06/2018	3:40 PM	12.80	6.29	6.265	18.26	15.53	
				6.24		12.8		
AS7	12/06/2018	4:10 PM	13.10	6.3	6.255	8.91	9.54	
				6.21		10.17		
ZOAL	12/06/2018	4:40 PM	13.60	6.34	6.38	16.8	18.27	
				6.42		19.74		
ZOME	12/06/2018	5:10 PM	13.70	6.52	6.43	132.2	140.25	
				6.34		148.3		
ZOBA	12/06/2018	5:40 PM	10.80	6.99	6.935	60.7	61.8	
				6.88		62.9		

FICHA DE RECOLECCIÓN EN LABORATORIO N° 6								
pH - ÉPOCA LLUVIOSA								
Proyecto:	"NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN RELACIÓN A LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECAs-Suelo), EN EL SUELO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL BOTADERO DE PAMPACHACRA, DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANCAMELICA"							
Responsable del Muestreo:	Los tesisistas		Fecha:		10/10/2018			
Laboratorio:	LUNEA - E.P. INGENIERIA DE ZOOTECNIA							
Nombre del sitio en estudio:	Huancavelica	Provincia:		Huancavelica	Distrito:		Huancavelica	
	Pampachacra				Uso principal:		Ganadería y Agricultura	
Datos de las muestras:								
Nombre del punto de muestreo:	Fecha:	Hora:	Temperatura Ambiental (°C)	Análisis de pH y Conductividad Eléctrica				Observaciones
				pH (R1/R2)	pH	Conductividad Eléctrica R1/R2	Conductividad Eléctrica R1/R2	
AM1	10/10/2018	8:10 AM	12.20	6.42	6.41	38.5	41	
				6.4		43.5		
AM2	10/10/2018	8:40 AM	12.20	5.65	5.66	180	178.45	
				5.67		176.9		
AM3	10/10/2018	9:10 AM	13.50	6.09	6.105	81.5	81.65	
				6.12		81.8		
AM4	10/10/2018	9:40 AM	13.90	6.25	6.265	181.6	184.85	
				6.28		188.1		
AM5	10/10/2018	10:10 AM	14.00	6.83	6.835	35.2	34.75	
				6.84		34.3		
AM6	10/10/2018	10:40 AM	13.80	5.37	5.365	104.1	102.45	
				5.36		100.8		
AM7	10/10/2018	11:10 AM	13.90	5.06	5.17	127.6	122.2	
				5.28		116.8		

AM8	10/10/2018	11:40 AM	12.40	5.15	5.26	124.8	124.65	
				5.37		124.5		
AM9	10/10/2018	12:10 PM	13.80	7.38	7.39	98.2	98.35	
				7.4		98.5		
AM10	10/10/2018	12:40 PM	12.50	6.47	6.42	45.9	46.15	
				6.37		46.4		
AREA ROJA	10/10/2018	1:10 PM	13.90	7.02	7.045	40.2	39.4	
				7.07		38.6		
AS1	10/10/2018	1:40 PM	12.50	6.19	6.165	16.52	16.595	
				6.14		16.67		
AS3	10/10/2018	2:10 PM	12.80	5.49	5.485	62.8	61.445	
				5.48		60.09		
AS4	10/10/2018	2:40 PM	13.80	5.89	5.89	28.19	28.135	
				5.89		28.08		
AS5	10/10/2018	3:10 PM	12.80	5.81	5.82	65.9	65.4	
				5.83		64.9		
AS6	10/10/2018	3:40 PM	12.80	5.86	5.845	22.13	22.115	
				5.83		22.1		
AS7	10/10/2018	4:10 PM	13.10	5.72	5.715	37.6	39	
				5.71		40.4		
ZOAL	10/10/2018	4:40 PM	13.60	6.55	6.475	126.1	126.05	
				6.4		126		
ZOME	10/10/2018	5:10 PM	13.70	6.5	6.53	119.2	116.9	
				6.56		114.6		
ZOBAB	10/10/2018	5:40 PM	10.80	5.54	5.67	52.8	52.2	
				5.8		51.6		

FICHA DE CAMPO												
Proyecto:		"NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN RELACIÓN A LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECAs-Suelo), EN EL SUELO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL BOTADERO DE PAMPACHACRA, DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANCAMELICA"										
Departamento:		Provincia:		Huancavelica			Distrito:		Huancavelica			
Nombre del sitio en estudio:		Uso principal:		Ganadería y agricultura								
Instrumentos usados: Pico, pala, bolsas Ziploc, guantes, balanza, tabla de Munssel, agua destilada etc.												
Nombre del punto de muestreo:	Descripción de la superficie (pe. asfalto, cemento, vegetación) :	Temperatura Ambiental	Precipitación (si/no, intensidad):	Profundidad (desde hasta)	Características del área de muestreo	Propiedades Físico-Químicas			Cantidad de la muestra (Volumen o peso) :	Medidas de conservación	Tipo de muestra (simple/compuesta):	Para muestras superficiales compuestas:
						Color:	Temperatura:					Número de sub-muestras:
AM1	Vegetación	10.31	NO	0.45	Bofedal	2.5 Y (3/1)	12.1	VERY DARK GRAY	1	Refrigeración	Compuesta	3
AM2	Vegetación	10.9	NO	0.45	Bofedal	GLE Y 2 (3/1)	12.5	VERY DARK BLuish GRAY	1	Refrigeración	Compuesta	3
AM3	Vegetación	11.5	NO	0.45	Bofedal	GLE Y 1 (2.5 /N)	12.5	BLACK	1	Refrigeración	Compuesta	3
AM4	Vegetación	11.9	NO	0.45	Bofedal	5 Y (2.5/1)	12.6	BLACK	1	Refrigeración	Compuesta	3
AM5	Vegetación	10.9	NO	0.45	Bofedal	5 Y (2.5/1)	11	BLACK	1	Refrigeración	Compuesta	3
AM6	Vegetación	11.6	NO	0.45	Bofedal	2.5 Y (3/2)	12	DUSKY RED	1	Refrigeración	Compuesta	3
AM7	Vegetación	12.8	NO	0.45	Bofedal	2.5 Y (3/2)	12.9	DUSKY RED	1	Refrigeración	Compuesta	3

AM8	Vegetación	10.52	NO	0.45	Bofedal	5 YR	12.9	DARK REDDISH BROWN	1	Refrigeración	Compuesta	3
AM9	Vegetación	10.8	NO	0.45	Bofedal	5 Y (2.5/1)	11.2	BLACK	1	Refrigeración	Compuesta	3
AM10	Vegetación	10.5	NO	0.45	Bofedal	5 Y (3/1)	11.3	VERY DARK GRAY	1	Refrigeración	Compuesta	3
AS1	Vegetación	11	NO	0.45	Área seca,	7.5 YR (3/2)	11.5	DARK BROWN	1	Refrigeración	Compuesta	3
AS3	Vegetación	10.8	NO	0.45	Área seca,	10 YR	11.1	VERY DAY GRAY	1	Refrigeración	Compuesta	3
AS4	Vegetación	10.9	NO	0.45	Área seca,	7.5 YR (2.5/1)	12.1	BLACK	1	Refrigeración	Compuesta	3
AS5	Vegetación	11.2	NO	0.45	Área seca,	7.5 YR (3/4)	11.5	DARK BROWN	1	Refrigeración	Compuesta	3
AS6	Vegetación	11.3	NO	0.45	Área seca,	2.5 Y (3/2)	11.9	VERY DARK GRAYISH BROWN	1	Refrigeración	Compuesta	3
AS7	Vegetación	11.8	NO	0.45	Área seca,	10 YR (3/2)	12	VERY DARK GRAYISH BROWN	1	Refrigeración	Compuesta	3
AREA ROJA	Vegetación	10.4	NO	0.45	Área seca,	5 YR (3/1)	11.7	VERY DARK GRAY	1	Refrigeración	Compuesta	3
ZOA	Vegetación	10.7	NO	0.45	Área seca,	7.5 YR (3/1)	11.2	VERY DARK GRAY	1	Refrigeración	Compuesta	3
ZOM	Vegetación	10.9	NO	0.45	Área seca,	10 YR (3/2)	11.6	VERY DARK GRAYISH BROWN	1	Refrigeración	Compuesta	3
ZOB	Vegetación	10.3	NO	0.45	Área seca,	7.5 YR (3/1)	11.3	VERY DARK GRAY	1	Refrigeración	Compuesta	3

Resultados de pH de suelo del área de influencia directa del botadero

Áreas de muestreo	Ph			
	Época seca		Época húmeda	
AM01	6.405	Ligeramente ácido	6.41	Ligeramente ácido
AM02	6.55	Ligeramente ácido	5.66	Moderadamente ácido
AM03	6.425	Ligeramente ácido	6.105	Ligeramente ácido
AM04	6.815	Neutro	6.265	Ligeramente ácido
AM05	6.735	Neutro	6.835	Neutro
AM06	6.565	Ligeramente ácido	5.365	Fuertemente ácido
AM07	6.755	Neutro	5.17	Fuertemente ácido
AM08	6.21	Ligeramente ácido	5.26	Fuertemente ácido
AM09	6.74	Neutro	7.39	Neutro
AM10	6.22	Ligeramente ácido	6.42	Ligeramente ácido
AROJ	6.515	Ligeramente ácido	7.045	Neutro
AS01	6.165	Ligeramente ácido	6.165	Ligeramente ácido
AS03	5.7	Moderadamente ácido	5.485	Fuertemente ácido
AS04	6.175	Ligeramente ácido	5.89	Moderadamente ácido
AS05	6.115	Ligeramente ácido	5.82	Moderadamente ácido
AS06	6.265	Ligeramente ácido	5.845	Moderadamente ácido
AS07	6.255	Ligeramente ácido	5.715	Moderadamente ácido
ZOAL	6.38	Ligeramente ácido	6.475	Ligeramente ácido
ZOME	6.43	Ligeramente ácido	6.53	Ligeramente ácido
ZOBA	6.5	Ligeramente ácido	5.67	Moderadamente ácido

Fuente: Elaboración Propia

AROJ: Área roja, AM: Área mojada, AS: Área seca, ZOAL: Zona de operación alta, ZOME: Zona de operación media, ZOBA: Zona de operación baja.

Resultados de humedad de suelo del área de influencia directa del botadero

Humedad del suelo					
Nombre del punto de muestreo:	Temperatura ambiental (°C)	Características de secado		Época Seca	Época Lluviosa
		Temperatura (°C)	Tiempo de secado (horas)		
AM1	11	35	72 horas	31.25	24.79
AM2	11	35	72 horas	33.25	41.89
AM3	11	35	72 horas	44.2	20.7
AM4	11	35	72 horas	49.31	45.42
AM5	11	35	72 horas	54.68	44.19
AM6	11	35	72 horas	76.25	65.01
AM7	11	35	72 horas	76.25	45.92
AM8	11	35	72 horas	75.66	61.1
AM9	11	35	72 horas	75.01	56.65
AM10	11	35	72 horas	66.98	18.44
AROJ	11	35	72 horas	68.03	63.35
AS1	11	35	72 horas	22.46	14.62
AS3	11	35	72 horas	29.18	28.99
AS4	11	35	72 horas	31.5	19.03
AS5	11	35	72 horas	22.48	19.78
AS6	11	35	72 horas	23.5	26.82
AS7	11	35	72 horas	24.24	27.08
ZOAL	11	35	72 horas	45.86	58.09
ZOME	11	35	72 horas	48.56	46.73
ZOBA	11	35	72 horas	50.27	32.06

Resultados de estructura del suelo del área de influencia directa del botadero

Zonas	Áreas de muestreo	Estructura
HÚMEDAS	AM1	Estructura en bloques
	AM2	Estructura prismática
	AM3	Estructura en bloques
	AM4	Estructura en bloques
	AM5	Estructura en bloques
	AM6	Estructura en bloques
	AM7	Estructura en bloques
	AM8	Estructura en bloques
	AM9	Estructura en bloques
	AM10	Estructura en bloques
SECAS	AROJ	Estructura en bloques
	AS1	Granular
	AS3	Estructura en bloques
	AS4	Granular
	AS5	Estructura en bloques
	AS6	Estructura en bloques
	AS7	Estructura en bloques
OPERACIÓN	ZOA	Estructura en bloques
	ZOM	Estructura en bloques
	ZOB	Estructura en bloques

Resultados de metales pesados analizados en el suelo del área de influencia directa del botadero

Plomo (mg/kg PS)				
ÁREA	Punto de muestreo	Época seca	Época lluviosa	ECAS Uso suelo agrícola
AMO	AROJ	8.80	3.70	70.0
AMO	AM01	16.37	16.79	70.0
AMO	AM02	17.10	16.43	70.0
AMO	AM03	10.95	12.30	70.0
AMO	AM04	31.43	13.58	70.0
AMO	AM05	20.00	10.07	70.0
AMO	AM06	13.47	11.50	70.0
AMO	AM07	28.22	19.74	70.0
AMO	AM08	23.20	25.18	70.0
AMO	AM09	14.71	17.67	70.0
AMO	AM10	17.35	10.05	70.0
ASE	AS01	22.44	28.95	70.0
ASE	AS03	21.81	11.94	70.0
ASE	AS04	23.07	10.80	70.0
ASE	AS05	22.44	10.05	70.0
ASE	AS06	22.44	20.97	70.0
ASE	AS07	22.44	22.22	70.0
ZOP	ZOAL	20.00	20.63	70.0
ZOP	ZOME	20.90	21.56	70.0
ZOP	ZOBA	17.28	11.60	70.0

Fuente: Elaboración Propia

AMO: Zonas mojadas, ASE: Zonas secas, AOP: Zonas de operación, AROJ: Área roja, AM: Área mojada, AS: Área seca, ZOAL: Zona de operación alta, ZOME: Zona de operación media, ZOBA: Zona de operación baja.

Cromo (mg/kg PS)				
ÁREA	Punto de muestreo	Época seca	Época lluviosa	ECAS Uso suelo Residencial/parques
AMO	AROJ	1.235	1.310	400.0
AMO	AM01	15.375	25.667	400.0
AMO	AM02	20.693	18.700	400.0
AMO	AM03	20.500	14.630	400.0
AMO	AM04	20.746	15.450	400.0
AMO	AM05	19.213	15.673	400.0
AMO	AM06	9.531	6.100	400.0
AMO	AM07	28.958	15.220	400.0
AMO	AM08	10.526	13.415	400.0
AMO	AM09	19.568	12.915	400.0
AMO	AM10	28.581	12.413	400.0
ASE	AS01	27.700	12.555	400.0
ASE	AS03	7.285	11.505	400.0
ASE	AS04	24.406	5.515	400.0
ASE	AS05	44.169	21.340	400.0
ASE	AS06	56.739	25.455	400.0
ASE	AS07	31.995	16.470	400.0
ZOP	ZOAL	22.752	12.999	400.0
ZOP	ZOME	20.050	15.194	400.0
ZOP	ZOBA	38.595	7.400	400.0

Fuente: Elaboración Propia

AMO: Zonas mojadas, ASE: Zonas secas: AOP: Zonas de operación, AROJ: Área roja, AM: Área mojada, AS: Área seca, ZOAL: Zona de operación alta, ZOME: Zona de operación media, ZOBA: Zona de operación baja.

Mercurio (mg/kg PS)				
ÁREA	PUNTO DE MUESTREO	Época Seca	Época Lluviosa	ECAS Uso suelo agrícola
AMO	AROJ	0.570	0.575	6.6
AMO	AM01	0.617	0.034	6.6
AMO	AM02	0.330	0.168	6.6
AMO	AM03	0.655	0.088	6.6
AMO	AM04	7.835	0.546	6.6
AMO	AM05	4.642	0.159	6.6
AMO	AM06	3.900	3.840	6.6
AMO	AM07	3.284	2.464	6.6
AMO	AM08	6.760	2.113	6.6
AMO	AM09	16.428	1.212	6.6
AMO	AM10	11.668	0.080	6.6
ASE	AS01	0.775	0.511	6.6
ASE	AS03	2.941	0.094	6.6
ASE	AS04	2.930	0.200	6.6
ASE	AS05	0.379	0.012	6.6
ASE	AS06	0.259	0.130	6.6
ASE	AS07	0.558	0.163	6.6
ZOP	ZOAL	2.682	2.141	6.6
ZOP	ZOME	1.438	0.999	6.6
ZOP	ZOBA	2.838	0.860	6.6

Fuente: Elaboración Propia

AMO: Zonas mojadas, ASE: Zonas secas, AOP: Zonas de operación, AROJ: Área roja, AM: Área mojada, AS: Área seca, ZOAL: Zona de operación alta, ZOME: Zona de operación media, ZOBA: Zona de operación baja.

Arsénico (mg/kg PS)				
ÁREA	PUNTO DE MUESTREO	Época seca	Época lluviosa	ECAS Uso suelo agrícola
AMO	AROJ	189.12	180.58	50.0
AMO	AM01	15.04	12.15	50.0
AMO	AM02	14.90	18.68	50.0
AMO	AM03	16.38	9.02	50.0
AMO	AM04	14.97	15.56	50.0
AMO	AM05	18.02	22.84	50.0
AMO	AM06	18.13	7.75	50.0
AMO	AM07	22.48	25.51	50.0
AMO	AM08	15.52	14.88	50.0
AMO	AM09	17.79	40.18	50.0
AMO	AM10	17.00	16.42	50.0
ASE	AS01	9.175	18.261	50.0
ASE	AS03	15.215	13.641	50.0
ASE	AS04	14.000	11.800	50.0
ASE	AS05	14.476	9.495	50.0
ASE	AS06	14.298	8.868	50.0
ASE	AS07	14.000	8.323	50.0
ZOP	ZOAL	14.339	15.391	50.0
ZOP	ZOME	19.230	17.118	50.0
ZOP	ZOBA	14.841	18.201	50.0

Fuente: Elaboración Propia

AMO: Zonas mojadas, ASE: Zonas secas; AOP: Zonas de operación, AROJ: Área roja, AM: Área mojada, AS: Área seca, ZOAL: Zona de operación alta, ZOME: Zona de operación media, ZOBA: Zona de operación baja.

Cadmio (mg/kg PS)				
ÁREA	PUNTO DE MUESTREO	Época seca	Época lluviosa	ECAS Uso suelo agrícola
AMO	AROJ	1.10000	0.97000	1.4
AMO	AM01	0.99570	1.20500	1.4
AMO	AM02	1.33499	1.02000	1.4
AMO	AM03	1.16000	1.14904	1.4
AMO	AM04	1.20000	1.19401	1.4
AMO	AM05	1.20165	1.27500	1.4
AMO	AM06	1.16600	0.90000	1.4
AMO	AM07	1.21500	1.10000	1.4
AMO	AM08	1.09706	1.10500	1.4
AMO	AM09	1.24000	1.13000	1.4
AMO	AM10	1.02000	1.16890	1.4
ASE	AS01	0.99000	1.20000	1.4
ASE	AS03	1.25610	1.15500	1.4
ASE	AS04	1.15186	0.97000	1.4
ASE	AS05	1.10000	1.09000	1.4
ASE	AS06	1.15434	1.10500	1.4
ASE	AS07	1.19000	1.02567	1.4
ZOP	ZOAL	1.12500	1.09000	1.4
ZOP	ZOME	0.98500	1.07000	1.4
ZOP	ZOBA	1.10000	0.98000	1.4

Fuente: Elaboración Propia

AMO: Zonas mojadas, ASE: Zonas secas, AOP: Zonas de operación, AROJ: Área roja, AM: Área mojada, AS: Área seca, ZOAL: Zona de operación alta, ZOME: Zona de operación media, ZOBA: Zona de operación baja.

➤ **FOTOGRAFÍAS:**

A. DELIMITACION, SECTORIZACIÓN Y TOMA DE MUESTRA:



FOTOGRAFÍA N° 1 y 2: Delimitación de las áreas en estudio (exterior del botadero de Pampachacra – Área de Influencia Directa e Indirecta.



FOTOGRAFÍA N° 3: Parte de exterior del botadero, áreas como el AM10 y AM09.



FOTOGRAFÍA N° 4 y 5: Establecimiento de puntos de referencia con GPS, de las áreas en estudio (exterior del botadero de Pampachacra – Área de Influencia Directa e Indirecta).



FOTOGRAFÍA N° 6: Establecimiento de los cuadrantes como área de muestreo.



FOTOGRAFÍA N° 7 y 8: Inicio de excavación hasta una profundidad de 0.45 cm x 0.3 X 0.3 m.



FOTOGRAFÍA N° 9: Georreferenciación de los puntos de muestreo final con GPS.



FOTOGRAFÍA N° 10 y 11: Medición de parámetros de campos temperatura del suelo.



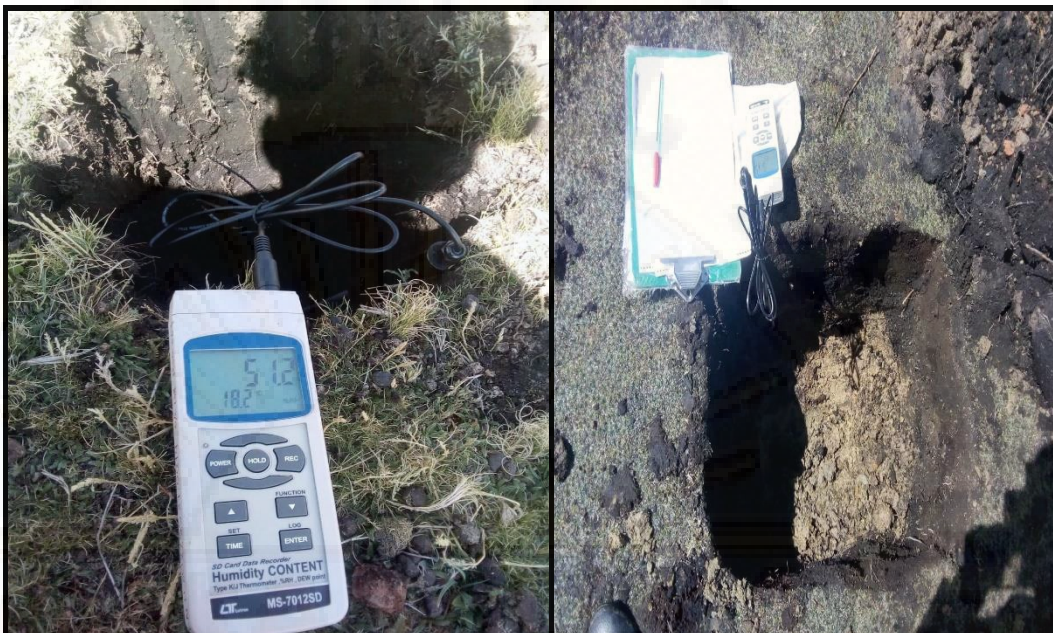
FOTOGRAFÍA N° 12: Excavación para la selección de muestra de suelo, a la profundidad de 45.00 cm.



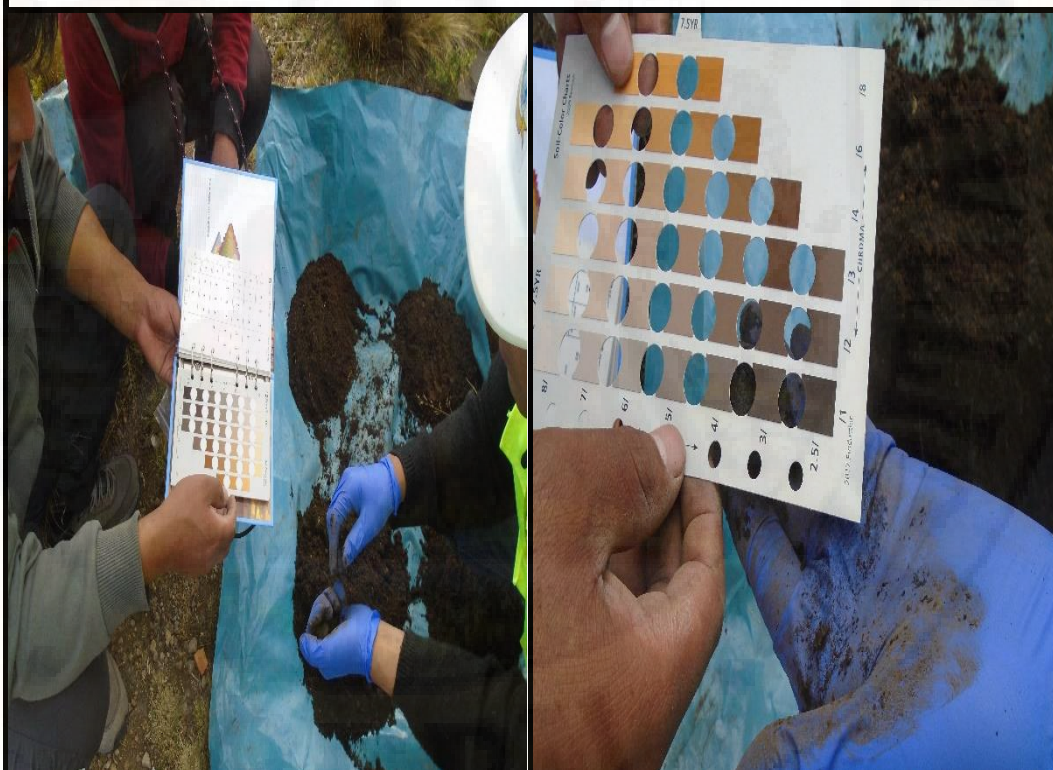
FOTOGRAFÍA N° 13 y 14: Muestra de suelo recolectada de un solo punto, a esto se le incrementó las dos submuestras restantes, finalmente se realiza el cuarteo.



FOTOGRAFÍA N° 15: Identificación de los puntos de muestro, en coordenadas WGS 84.



FOTOGRAFÍA N° 16: Medición de humedad del suelo en campo, mediante el empleo de un medidor de humedad con sonda.



FOTOGRAFÍA N° 17: Determinación del color del suelo, en la muestra posterior al cuarteo, para ello se empleó la tabla de Munsell.



FOTOGRAFÍA N° 18: Embolsado de muestra de suelo, en un promedio de 1.00 kg, en bolsas herméticas Ziploc para los metales de Cd, Pb y Cr; para el Hg y As se tomó la muestra en un frasco de vidrio según las indicaciones del MINAM.



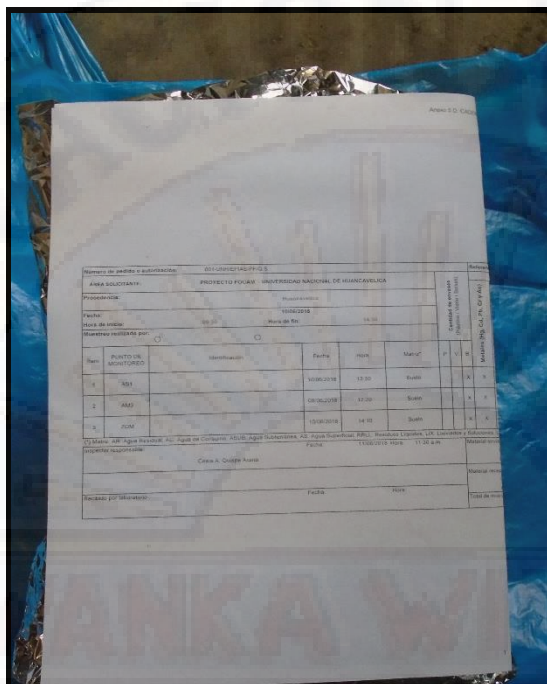
FOTOGRAFÍA N° 19: Etiquetado de las muestras de suelos, necesarios para la identificación de muestras en el laboratorio.



FOTOGRAFÍA N° 20: Preparado de muestras de suelo, para ser enviados al laboratorio acreditado.



FOTOGRAFÍA N° 21: Protección con papel aluminio de muestras que fueron enviados para el análisis en el laboratorio acreditado.



FOTOGRAFÍA N° 22: Cadena de custodia con datos de campo, documento que se adjuntos en el cooler donde fueron enviados las muestras de suelo.

FOTOGRAFÍA N° 23: Hoyos considerados como puntos de muestreo, se percibe que muestra una estructura prismática.

B. PROCEDIMIENTOS REALIZADOS EN LABORATORIO:

DENSIDAD APARENTE



FOTOGRAFÍA N° 24 y 25: Para determinar la densidad aparente se aplicó el método de la parafina, por lo que fue necesario llevarlo a estado líquido.



FOTOGRAFÍA N° 26 y 27: Se sumergió dos terrones de suelo de cada área de muestreo, en la parafina. Se realizó dos repeticiones por cada área de muestreo.



FOTOGRAFÍA N° 28: Una vez sumergido los terrones se enfrió a temperatura ambiente.



FOTOGRAFÍA N° 29: Se preparó una probeta de 1000 ml, con agua destilada.



FOTOGRAFÍA N° 30: Previo al procedimiento para la determinación de la densidad aparente se realizó el pesado de los terrones, y posterior al bañado con la parafina también se realiza lo mismo.



FOTOGRAFÍA N° 31: Muestras de terrones empleados para la determinación de la densidad aparente.



FOTOGRAFÍA N° 32 y 33: Se sumergió los terrones bañados, en una probeta con contenido de agua destilada.



FOTOGRAFÍA N° 34: Muestras de terrones por área empleadas, para la determinación de la densidad aparente.



FOTOGRAFÍA N° 35: Muestras de suelos extraídas del botadero de Pampachacra en bolsas Ziploc herméticos, listos para iniciar el procedimiento del análisis en el laboratorio.



FOTOGRAFÍA N° 36: Muestras de suelos extraídas del área de influencia directa, para el análisis de Hg y As.



FOTOGRAFÍA N° 37 y 38: Preparado y pesado de muestras de suelo, para someterlo a secado en estufa, aproximadamente 500 gr, para la medición de parámetros físicos, otra muestra de 500 g para la determinación de Cd, Pb, As; y finalmente un tercer sobre para la determinación de Hg y As.

DETERMINACION DE pH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA



FOTOGRAFÍA N° 38 y 40: Primero se pesó una muestra de suelo, posteriormente se le agregó 50ml de aguas desionizada, y se colocó en un agitador eléctrico por 5 minutos, para homogenizar la muestra.



FOTOGRAFÍA N° 41 y 42: Se realizó el procedimiento anterior para todas las muestras.



FOTOGRAFÍA N° 43: Finalmente posterior a la agitación se procedió a medir el pH y la conductividad eléctrica, pero para ello primero se calibró el multiparámetro, para ambos cátodos, con las soluciones buffer de 7.1, 4 y para la conductividad los buffers de 85 1013 uS/cm y 1413 us/cm.

DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA



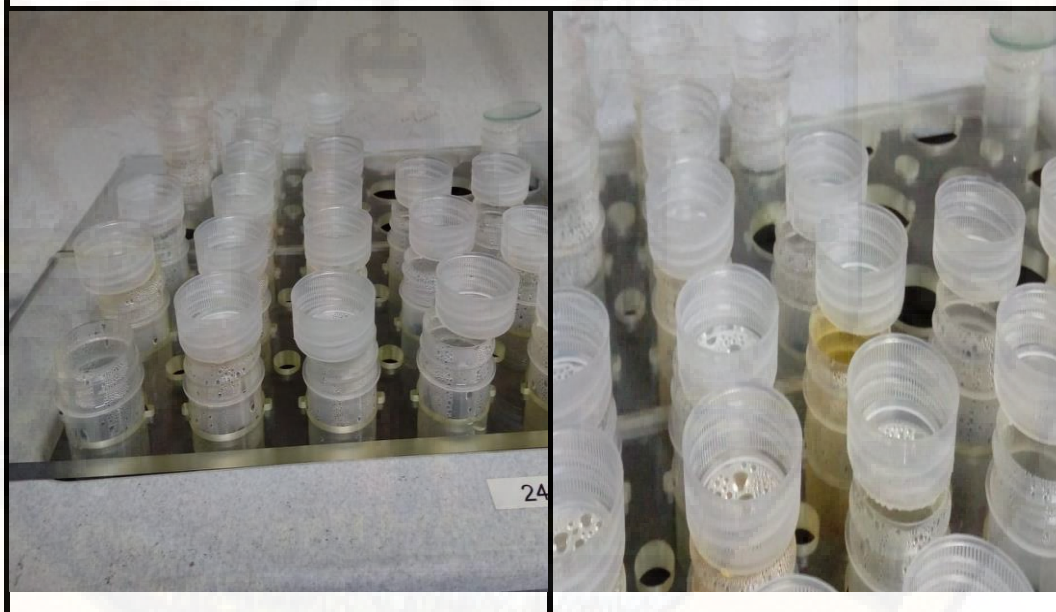
FOTOGRAFÍA N° 44: Determinación de la textura por el método de sedimentación, para ello se empleó probeta de 1000 ml, y se realizó previamente a la muestra de suelo la oxidación de la materia orgánica.



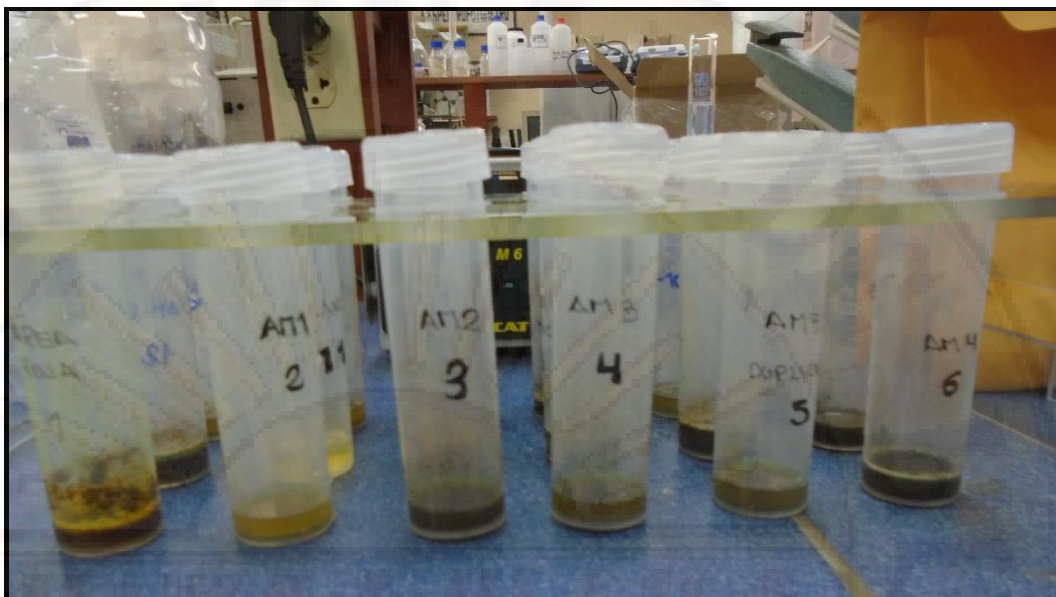
FOTOGRAFÍA N° 45: Se dejó sedimentar por un periodo de 12 horas.



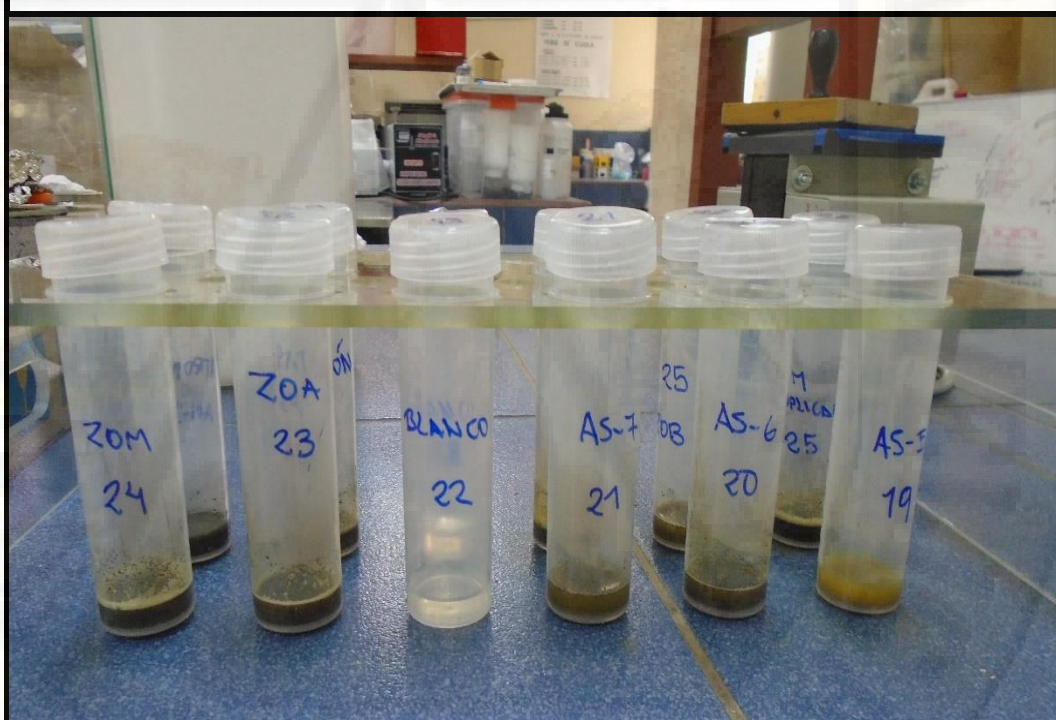
FOTOGRAFÍA N° 48: Acondicionamiento de la campana extractora de gases y digestor de muestras Hotblock.



FOTOGRAFÍA N° 49 y 50: Digestión de muestras en el Hotblock, para análisis de metales de Cd, Pb, Cr, de la misma forma se realizó para el Hg y As, pero por menor tiempo aproximadamente 2 horas, mientras que para los anteriores se realizó por un periodo de 12 horas.



FOTOGRAFÍA N° 51: Muestras digeridas, época seca.



FOTOGRAFÍA N° 52: Muestras digeridas, época lluviosa.



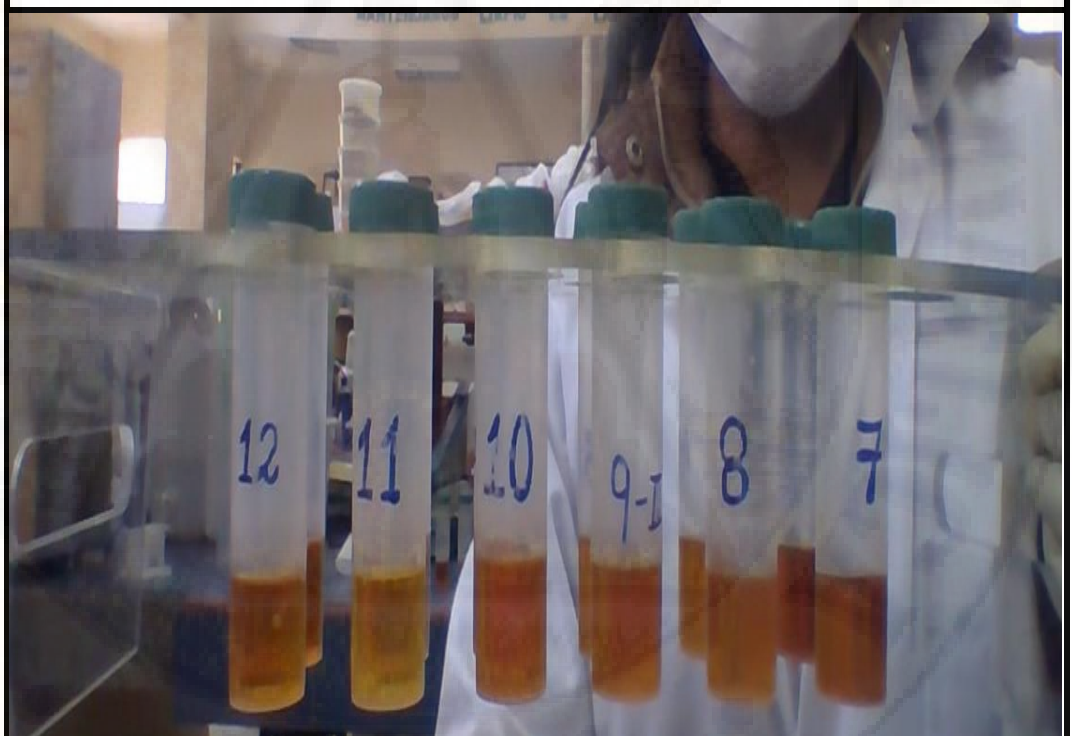
FOTOGRAFÍA N° 53: Filtración de muestras digestadas, mediante el empleo de papel filtro.



FOTOGRAFÍA N° 54: Filtración de muestras digestadas, mediante el empleo de papel filtro, época lluviosa.



FOTOGRAFÍA N° 55 y 56: La filtración se realizó, hasta obtener toda la parte líquida, quedando como residuo el material suelo.



FOTOGRAFÍA N° 57: Muestra posterior a la filtración, al cual se le añade ácido para su conservación hasta su lectura.



FOTOGRAFÍA N° 58 y 59: Finalmente se aforó hasta 50 ml, para su la lectura en el espectrofotómetro.

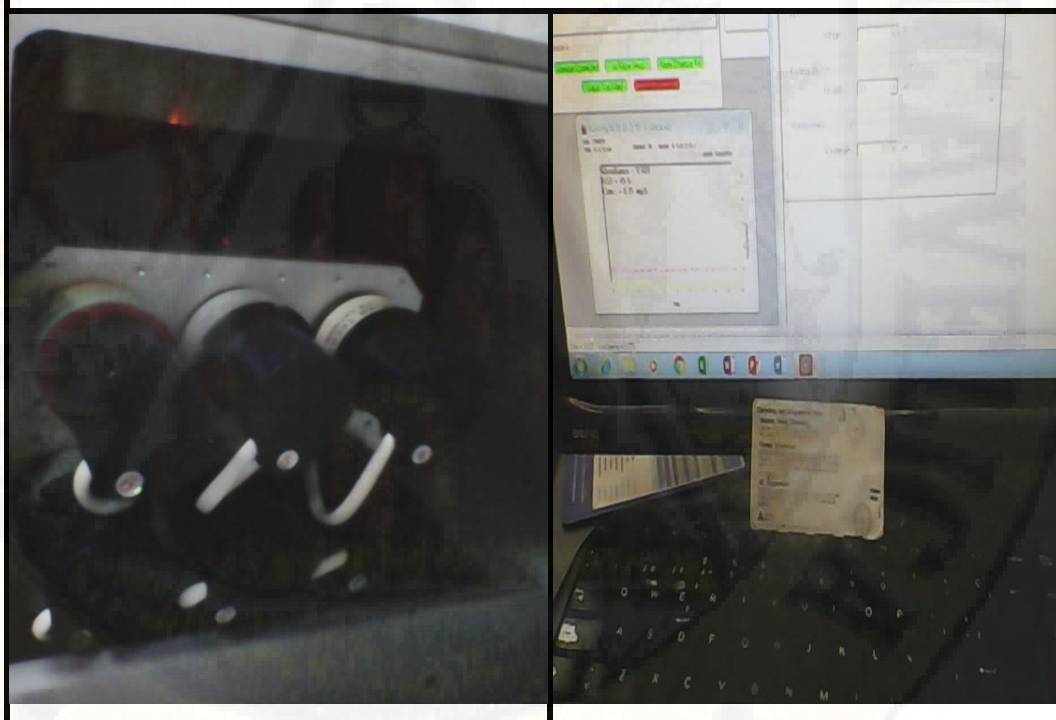
LECTURA DE LOS METALES PESADOS EN ESTUDIO POR ESPECTOFOTÓMETRO DE ABSORCION ATÓMICA



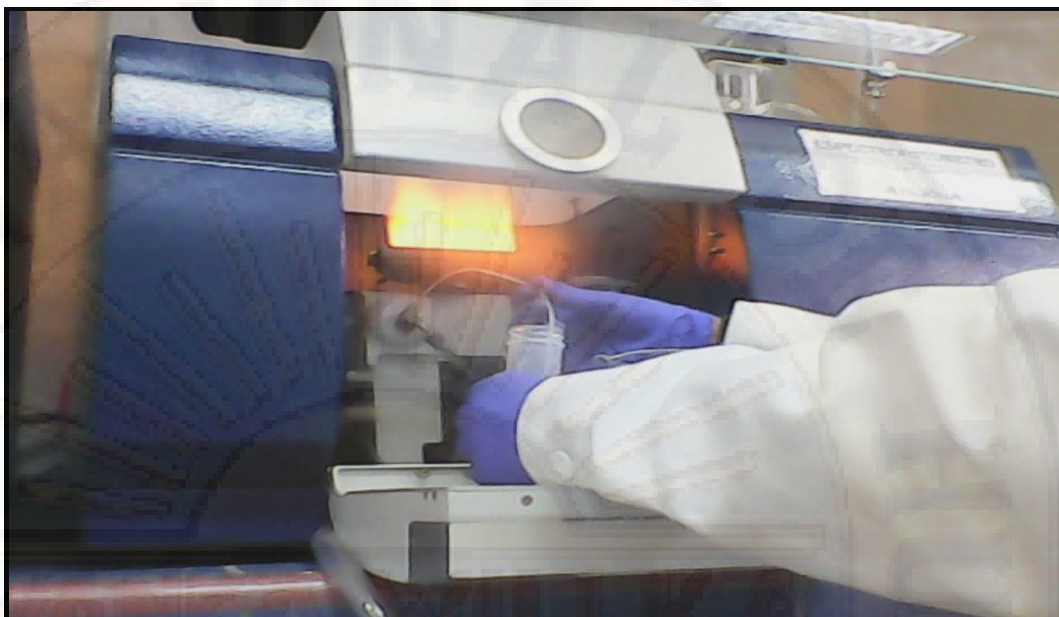
FOTOGRAFÍA N° 60: Preparado de los estándares de calibración para cada parámetro, primordial para realizar la lectura de cada metal.



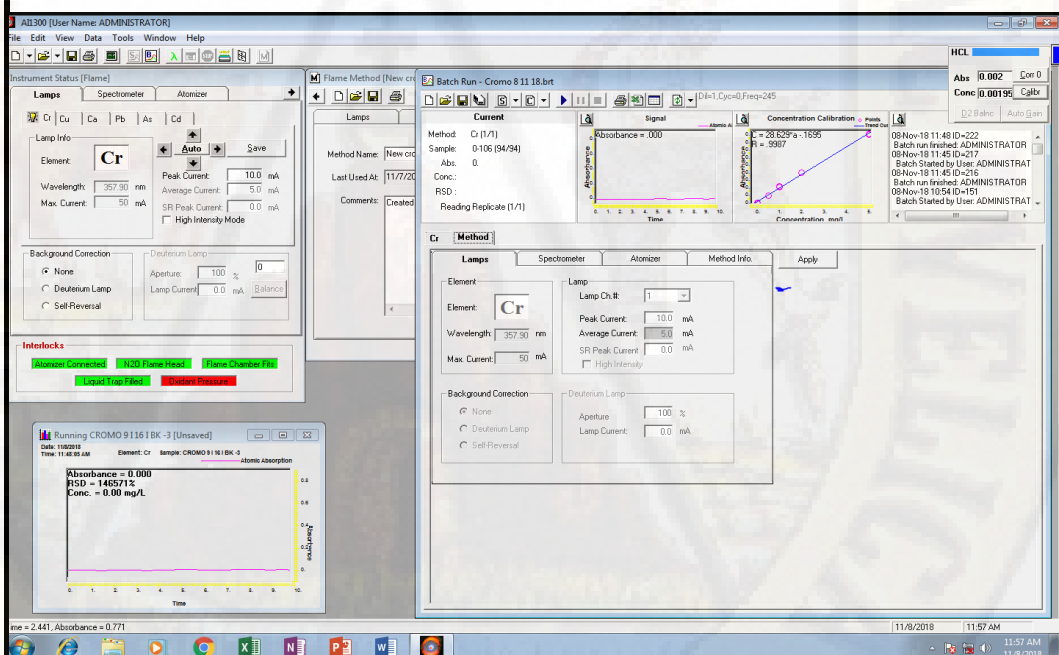
FOTOGRAFÍA N° 61: Encendemos el espectrofotómetro.



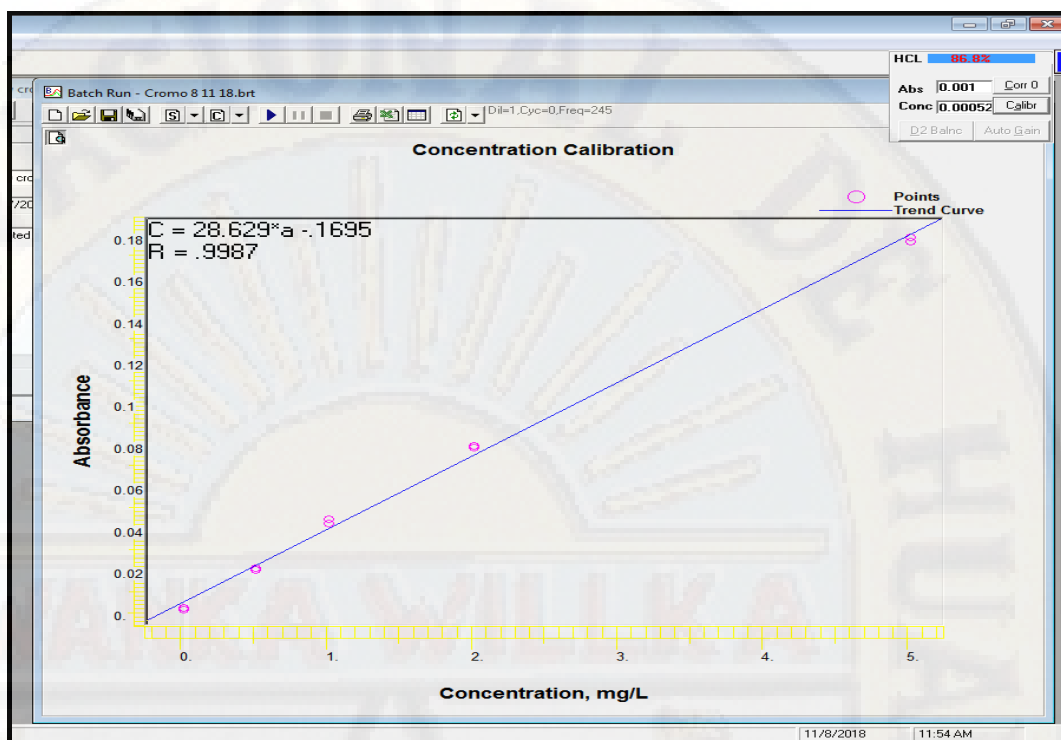
FOTOGRAFÍA N° 62: Previo a encenderlo, se calibró la lámpara de cátodo hueco, mediante la tarjeta mostrada; logrando que esté presente un porcentaje de rayos emitidos al 70 a 80 % de en términos de HCl, en el programa AI1300.



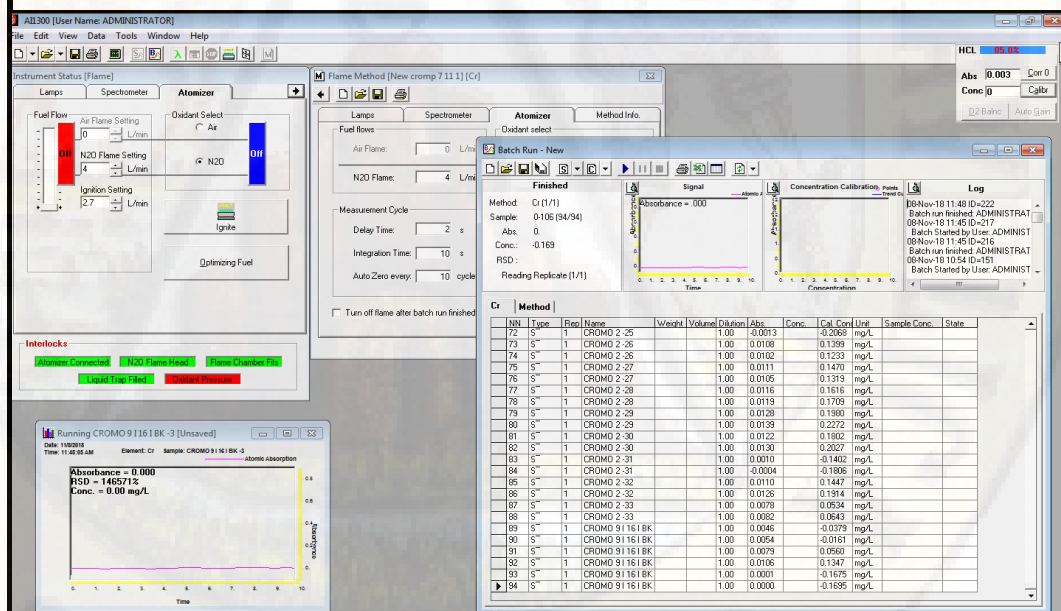
FOTOGRAFÍA N° 63: Posterior a encenderlo y calibrar el combustible, se procedió a formar la curva de calibración, para ello lo tomo los estándares preparados.



FOTOGRAFÍA N° 64: En primer lugar, se ubica en el programa AI1300, se eligió y se configuró la lampara a emplear, para ello se introdujo los datos tales como Corriente, Longitud de Onda, etc.



FOTOGRAFÍA N° 64: Posterior a encenderlo y calibrar el combustible, se procedió a formar la curva de calibración, para ello lo tomó los estándares preparados.



FOTOGRAFÍA N° 65: Posterior al calibrado se inició con la lectura de las muestras, iniciando primero con el blanco.



FOTOGRAFÍA N° 66: Para el análisis es importantes como mínimo que se cuente con dos personas, una que se encargue se manejar el equipo.



FOTOGRAFÍA N° 67: Tesista encargado de dar a disposición las muestras a analizar.



FOTOGRAFÍA N° 68: Finalmente se realizó el limpiado del equipo en general, para ello se prepara HCl al 5%.

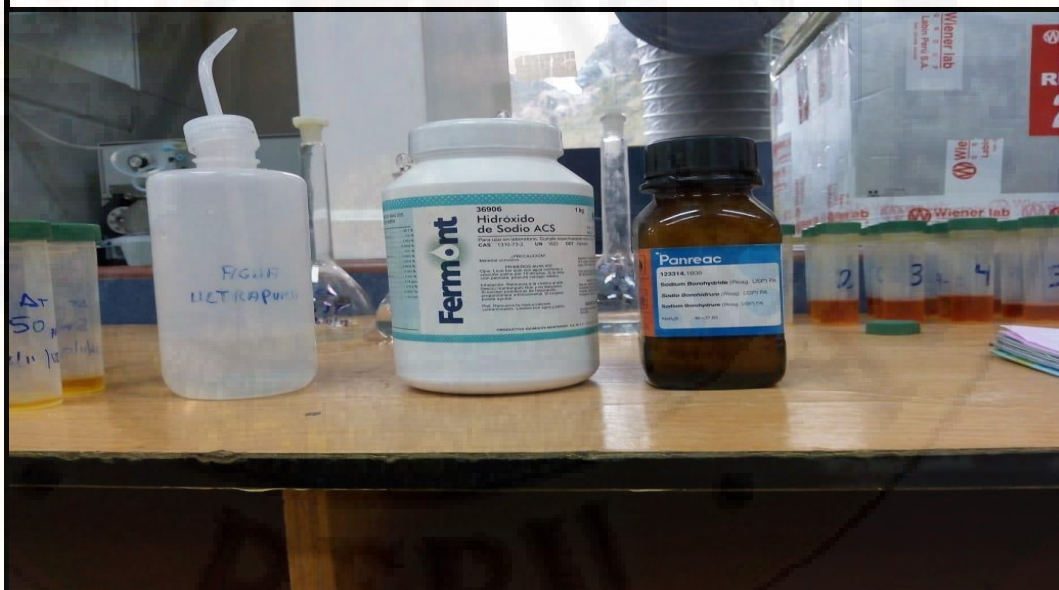
DETERMINACION DE MERCURIO Y ARSÉNICO POR GENERADOR DE HIDRUROS



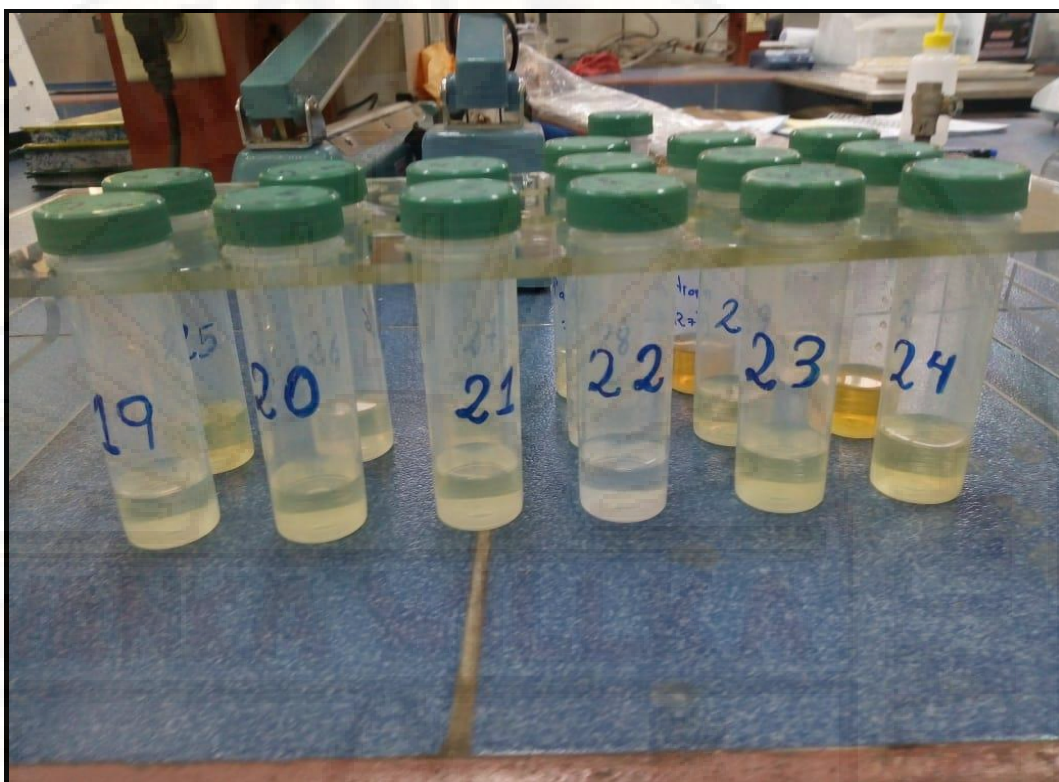
FOTOGRAFÍA N° 69: Para la determinación de los metales tales como arsénico y mercurio, se empleó el generador de hidruro, por lo que primero se acondicionó.



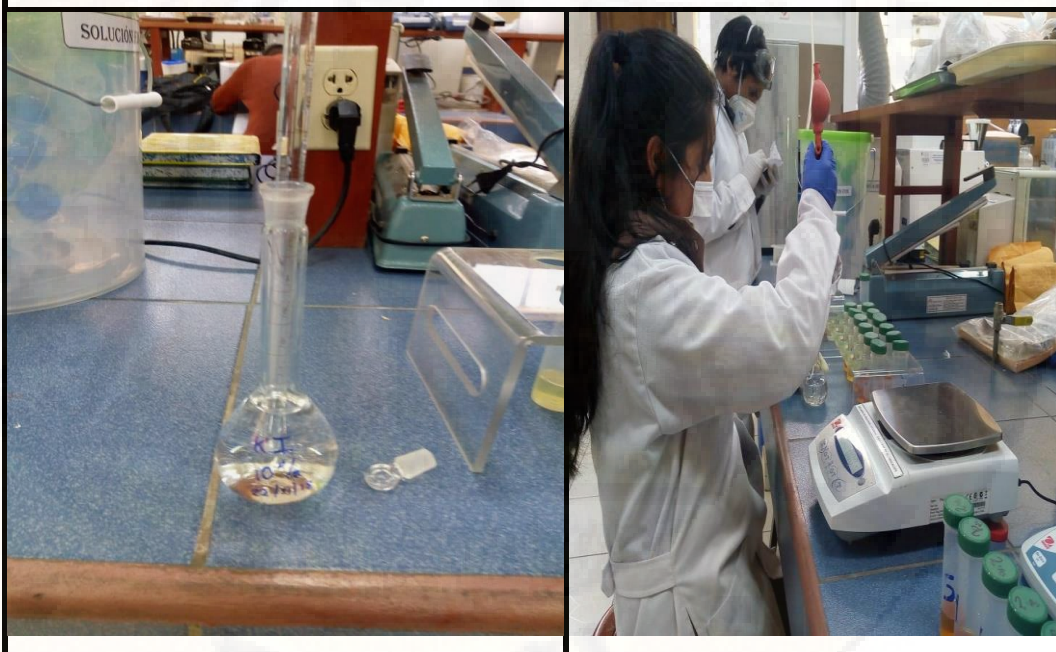
FOTOGRAFÍA N° 70: En esta fotografía se presenta al generador de hidruro, para ello se colocó los mixeres, y se calibró la velocidad de succión, como se puede observar se muestra tres mangueras de succión: La primera manguera del margen izquierdo corresponde al de la muestra digestada, la segunda corresponde al reductor Borohidruro de Sodio, y el tercero corresponde al de HCl.



FOTOGRAFÍA N° 71: Corresponden a los reactivos empleados, para la lectura de los metales.



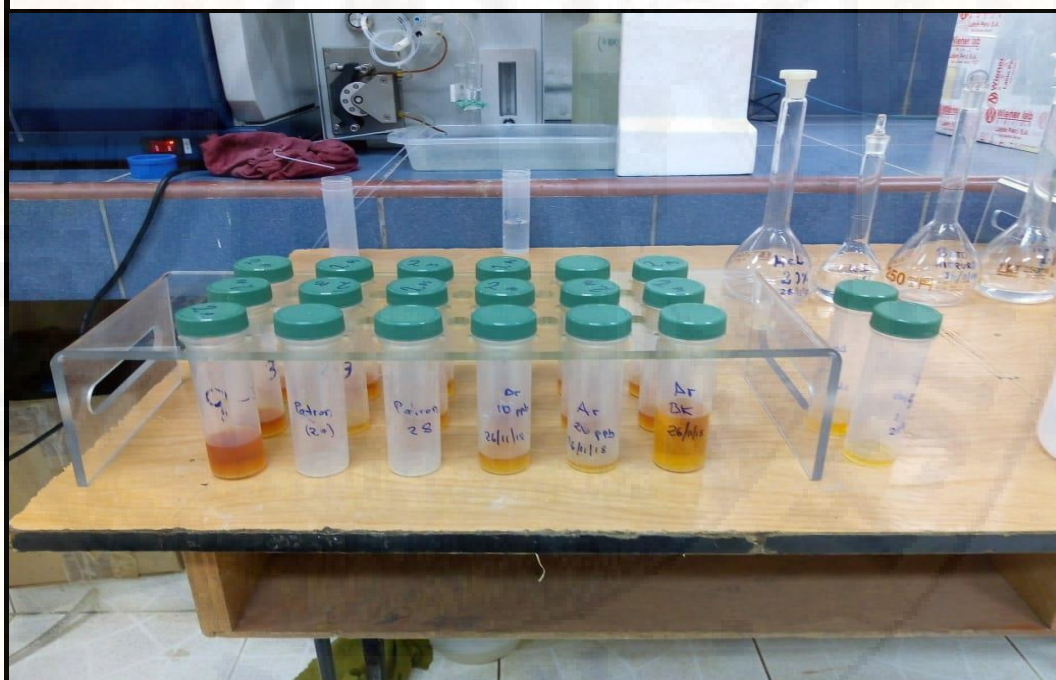
FOTOGRAFÍA N° 72: Muestras en estado líquido, para realizar la pre-reducción.



FOTOGRAFÍA N° 73: Muestra de Yoduro de Potasio en solución, empleado para la reducción de los metales.



FOTOGRAFÍA N° 74: Soluciones empleadas en la preparación y lectura de los metales.



FOTOGRAFÍA N° 75: Muestras en estado líquido, posterior a la lectura en el generador de Hidruro y el Espectrofotómetro.



FOTOGRAFÍA N° 76: Momento en el que se realiza la succión de muestras, Para que este se empujado por el gas hacia la celda de cuarzo.



FOTOGRAFÍA N° 77: Momento en el que se realiza la succión de muestras, Para que este se empujado por el gas hacia la celda de cuarzo.



FOTOGRAFÍA N° 78: Muestras refrigeradas.



FOTOGRAFÍA N° 79: Muestras digeridas, empleadas para el análisis de los metales.