



## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL

“USO DE BORRA DE CAFÉ COMO BIOADSORBENTE  
PARA LA REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO  
DISUELTO EN EL AGUA DEL RÍO AÑASMAYO  
SECTOR LA PERLA- HUARAL, 2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

CHACALTANA TORRES, GIANLUIGGI RAUL

ASESOR:

Dr. CARLOS FRANCISCO CABRERA CARRANZA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CALIDAD Y GESTIÓN DE RECURSOS NATURALES

LIMA – PERÚ

2018



## **DEDICATORIA**

Con todo mi cariño para las personas que me acompañaron y fueron mi motivación y soporte durante todo el trayecto para lograr mis objetivos, de manera incondicional, a mis padres Pedro Chacaltana y Lilia Torres; a mi abuela Ernestina Medrano y a todos los integrantes de mi familia y mis amistades cercanas por su constante preocupación, comprensión y apoyo.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primero a Dios por permitirme llegar a este momento de mi vida, bendecirme y haberme guiado durante toda mi vida.

A mis padres Lilia Torres y Pedro Chacaltana y a mi abuela Ernestina Medrano por la comprensión, apoyo y preocupación durante toda mi vida y haberme enseñado que con esfuerzo se cumplen las metas, y que nunca debo conformarme y alentarme en mis objetivos de manera incondicional. A mi tío Juan Carlos Torres por el apoyo en la etapa final de mi vida universitaria en donde fue un gran soporte.

A mis hermanas Milagros y Lucero Chacaltana, mis primas y a toda mi familia por la paciencia y apoyo incondicional durante toda mi vida universitaria y a mi ahijada Gia por la alegría que representa en mi vida.

A mis amigos Jorge Lama, Séfora Humerez, Ingrid Palmer, Antony Moscol, Katherine Millones y Milagros Cajaleón por el apoyo mutuo durante toda la vida universitaria y en especial en la etapa final, por su preocupación y amistad.

Les agradezco sinceramente el apoyo, los conocimientos, las exigencias y la confianza a mis profesores: Cabello Torres, Rita; Baldárrago Baldárrago, Jorge; Quijano Pacheco, Wilber; Cabrera Carranza, Carlos; Aliaga Martínez, María. A mi amiga y compañeras de trabajo Villalta, Beatriz y Peralta Katherine por el apoyo y sus conocimientos compartidos para el desarrollo de la presente tesis.

Agradecer a todas las personas que formaron parte de mi formación universitaria por su apoyo, enseñanzas, consejos, motivaciones, exigencias; aquellas personas que estuvieron junto a mí en los momentos más felices y en los más difíciles de mi vida.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

## **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Gianluigi Raul Chacaltana Torres, estudiante de la Facultad de Ingeniería de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 70038009, con la tesis titulada “USO DE BORRA DE CAFÉ COMO BIOADSORBENTE PARA LA REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO DISUELTO EN EL AGUA DEL RÍO AÑASMAYO SECTOR LA PERLA- HUARAL, 2018”

Declaro que:

El contenido de la presente tesis es de mi autoría; no ha sido presentada para ningún grado o calificación profesional; asimismo he respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas que están incluidas en dicha investigación.

---

Gianluigi Raul Chacaltana Torres  
DNI N° 70038009

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del jurado

La presente tesis titulada Uso de borra de café como bioadsorbente para la remoción de Cadmio y Plomo disuelto en el agua del río Añasmayo sector La Perla- Huaral, 2018, tiene como finalidad determinar la eficiencia de remoción de Cadmio y Plomo disuelto usando borra de café como bioadsorbente en el agua del río Añasmayo sector La Perla.

Asimismo la presente investigación determina la variación que genera la dosis de borra de café en la capacidad de bioadsorción para Cadmio y Plomo disuelto, la variación que genera la dosis de borra de café en las propiedades físico- química del agua del río Añasmayo y el efecto del proceso de operación en las propiedades físico-químicas del agua del río Añasmayo sector La Perla.

Señores miembros del jurado espero que la presente tesis sea evaluada y amerite u aprobación, ya que esta m permitirá obtener el grado de Ingeniero Ambiental.

Atentamente.

El autor

## Índice

DEDICATORIA .....	3
AGRADECIMIENTO.....	4
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	5
PRESENTACIÓN.....	6
RESUMEN.....	15
ABSTRACT.....	16
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	17
1.1.    Realidad Problemática.....	20
1.2.    Trabajos Previos.....	21
1.2.1.    A Nivel Internacional.....	21
1.2.2.    A Nivel Nacional .....	25
1.2.3.    A Nivel Local.....	28
1.3.    Teorías Relacionadas al tema.....	29
1.3.1.    Contaminación de aguas por metales pesados .....	29
1.3.2.    Subcuenca Añasmayo .....	30
1.3.3.    Normativas Nacionales .....	32
1.3.4.    Indicadores del problema de investigación .....	35
1.3.5.    Métodos para el tratamiento de aguas con metales pesados .....	37
1.3.6.    Adsorción.....	39
1.3.7.    Mecanismos de adsorción .....	39
1.3.8.    Bioadsorción .....	40
1.3.9.    Mecanismo de bioadsorción .....	40
1.3.10.    Eficiencia de remoción .....	41
1.3.11.    Borra de café.....	41
1.3.12.    Composición química de la borra de café.....	41
1.3.13.    Generación de borra de café .....	42
1.4.    Formulación del Problema .....	43
1.4.1.    Problema general .....	43
1.4.2.    Problemas específicos.....	43
1.5.    Justificación del estudio .....	44
1.5.1.    Justificación Ambiental .....	44
1.5.2.    Justificación Teórica .....	44
1.5.3.    Justificación Económica .....	44
1.5.4.    Justificación Social .....	45
1.6.    Hipótesis.....	45
1.6.1.    Hipótesis general.....	45

1.6.2.	Hipótesis específicas .....	45
1.7.	Objetivos .....	46
1.7.1.	Objetivo general .....	46
1.7.2.	Objetivos específicos .....	46
CAPÍTULO II: MÉTODO .....		48
2.1.	Diseño Metodológico .....	49
2.1.1.	Tipo de Investigación .....	49
2.1.2.	Nivel de Investigación .....	49
2.1.3.	Diseño de Investigación .....	49
2.2.	Operacionalización de Variables .....	50
2.3.	Población y Muestra .....	53
2.3.1.	Unidad de análisis .....	53
2.3.2.	Población .....	53
2.3.3.	Muestra .....	53
2.3.4.	Diseño muestral .....	53
2.4.1.	Materiales .....	54
2.4.2.	Equipos .....	54
2.4.3.	Reactivos .....	55
2.4.4.	Caracterización de la borra de café .....	55
2.4.5.	Pre tratamiento de la borra de café .....	57
2.4.6.	Obtención de las muestras del agua del río Añasmayo .....	60
2.4.7.	Determinación de la concentración de Plomo y Cadmio disuelto en las muestras de agua del río Añasmayo. ....	63
2.4.8.	Tratamiento de la muestra de agua con borra de café .....	65
2.4.9.	Diseño experimental .....	67
2.5.1.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	68
2.5.2.	Validez .....	69
2.5.3.	Confiability .....	71
2.6.	Métodos de análisis de datos .....	71
2.7.	Aspectos Éticos .....	72
CAPÍTULO III: RESULTADOS .....		73
3.1.	Resultados de las características de la borra de café .....	74
3.1.1.	Resultados del rendimiento de la borra de café .....	74
3.1.2.	Resultados del tamaño de partícula de la borra de café .....	75
3.1.3.	Resultados del tiempo de decantación de la borra de café .....	75
3.2.	Resultados de las propiedades fisicoquímicas del agua del río Añasmayo sector La Perla-Huaral	76
3.2.1.	Resultados de pH y temperatura del agua (mediciones en campo) .....	76



3.2.2.	Resultados de pH del agua (pre y post tratamiento con borra de café).....	77
3.2.3.	Resultados de temperatura del agua (pre y post tratamiento con borra de café)..	80
3.3.	Resultados de eficiencia de remoción de Cadmio y Plomo disuelto en el agua del río Añasmayo.....	81
3.3.1.	Resultados de eficiencia de remoción de Cadmio disuelto en el agua.....	81
3.3.2.	Resultados de eficiencia de remoción de Plomo disuelto en el agua .....	83
3.4.	Resultados de capacidad de bioadsorción de la borra de café.....	84
3.5.	Análisis estadístico de resultados de características de la borra de café .....	86
3.5.1.	Análisis estadístico de resultados del rendimiento de la borra de café .....	86
3.5.2.	Análisis estadístico de resultados del tiempo de decantación de la borra de café	87
3.6.	Análisis estadístico de resultados de las propiedades fisicoquímicas del agua del río Añasmayo sector La Perla Huaral .....	89
3.6.1.	Análisis estadístico de resultados de la variación del pH del agua .....	89
3.6.2.	Análisis estadístico para resultados de la variación de la temperatura del agua. .	91
3.7.	Análisis estadístico de los resultados de eficiencia de remoción de Cadmio y Plomo disuelto en el agua del río Añasmayo sector La Perla- Huaral.....	92
3.7.1.	Análisis estadístico de los resultados de eficiencia de remoción de Cadmio disuelto en el agua del río Añasmayo sector La Perla- Huaral.....	92
3.7.2.	Análisis estadístico de los resultados de eficiencia de remoción de Plomo disuelto en el agua del río Añasmayo sector La Perla- Huaral. ....	94
3.8.	Análisis estadístico de los resultados de capacidad de bioadsorción de la borra de café.	95
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN .....		103
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....		108
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES .....		111
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		113
ANEXOS.....		123

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Normas de calidad ambiental para sustancias prioritarias y para otros.....	31
Tabla 2: Valor admisible en el recurso hídrico según su destinación. ....	31
Tabla 3: Estándares de calidad ambiental del agua para producción de agua potable, 2017. ....	32
Tabla 4: Estándares de calidad ambiental del agua para riego de vegetales y bebidas de animales, 2017.....	33
Tabla 5: Estándares de calidad ambiental del agua de los ríos en Perú, 2017.....	33
Tabla 6: Clasificación de cuerpos de aguas superficiales. ....	34
Tabla 7: Principales metales pesados presentes en aguas residuales. ....	37
Tabla 8: Residuos obtenidos en el proceso de beneficio e industrialización de 1 Kg de café. ....	43
Tabla 9: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	68
Tabla 10: Instrumentos de validación. ....	70
Tabla 11: Estadística de confiabilidad. ....	71
Tabla 12: Mediciones en campo de pH y temperatura del agua del río Añasmayo. ....	77
Tabla 13: Datos de muestras sometidas solo a lavado con agua desionizada. ....	77
Tabla 14: Datos de muestras sometidas a tratamiento con bc tratada con NaOH y agua. ....	78
Tabla 15: Prueba de normalidad para los resultados del rendimiento de la borra de café. ....	86
Tabla 16: Estadísticas descriptivas de resultados del rendimiento de la borra de café. ....	86
Tabla 17: Prueba t-student para el rendimiento de la borra de café. ....	87
Tabla 18: Prueba de normalidad para los resultados del tiempo de decantación de la borra de café. ....	87
Tabla 19: Estadística descriptiva para resultados de tiempo de decantación de la borra de café.....	88
Tabla 20: Prueba t-student para resultados de tiempo de decantación de la borra de café .....	89
Tabla 21: Prueba de normalidad para resultados de pH en el agua según el tipo de pre-tratamiento que recibió la borra de café. ....	89
Tabla 22: Prueba de normalidad para resultados de pH en el agua según la dosis de borra de café. ....	90
Tabla 23: Estadística descriptiva para resultados de pH en el agua. ....	90
Tabla 24: Prueba t-student para resultados de pH en el agua.....	91
Tabla 25: Prueba de normalidad para resultados de temperatura en el agua según el tipo de pre-tratamiento que recibió la borra de café.....	91
Tabla 26: Prueba de normalidad de resultados de temperatura del agua según la dosis de borra de café.....	92
Tabla 27: Prueba de normalidad para resultados de remoción de Cadmio disuelto en el agua según tipo de pre-tratamiento que recibió la borra de café.....	92
Tabla 28: Prueba de normalidad de los resultados de Cadmio disuelto en el agua según dosis de borra de café.....	93
Tabla 29: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para resultados de remoción de Cadmio disuelto. ....	93
Tabla 30: Prueba Wilcoxon para resultados de remoción de Cadmio disuelto.....	94
Tabla 31: Prueba de normalidad de los resultados de la eficiencia de remoción de Plomo disuelto según tipo de pre-tratamiento que recibió la borra de café. ....	94
Tabla 32: Prueba de Normalidad de los resultados de eficiencia de remoción de Plomo disuelto según dosis de borra de café.....	94

Tabla 33: Prueba t-student para eficiencia de remoción de Plomo disuelto.....	95
Tabla 34: Prueba de normalidad para capacidad de bioadsorción según tipo de pre-tratamiento que recibió la borra de café.....	95
Tabla 35: Prueba de normalidad para capacidad de bioadsorción según la dosis de borra de café..	96
Tabla 36: Prueba U de Mann-Whitney para resultados de capacidad de bioadsorción según el tipo de pre-tratamiento que recibió la borra de café.....	96
Tabla 37: Prueba U de Mann- Whitney para capacidad de bioadsorción para dosis 10g y 20g. ....	97
Tabla 38: Prueba U de Mann- Whitney para capacidad de bioadsorción para dosis 20g y 30g. ....	97
Tabla 39: Prueba U de Mann Whitney para capacidad de bioadsorción para dosis 10g y 30g.....	98
Tabla 40: Rendimiento de borra de café.....	156
Tabla 41: Distribución porcentual de tamaño de partícula.....	156
Tabla 42: Tiempo de decantación de la borra de café.....	156
Tabla 43: Resultados de pH en el agua tratada con borra de café lavada con agua. ....	157
Tabla 44: Resultados de pH en el agua tratada con borra de café tratada con NaOH.....	157
Tabla 45: Resultados de temperatura en el agua tratada con borra de café lavada con agua. ....	158
Tabla 46: Resultados de temperatura en el agua tratada con borra de café tratada con NaOH.....	158
Tabla 47: Remoción de Cadmio disuelto con borra de café lavada con agua.....	159
Tabla 48: Remoción de Cadmio disuelto con borra de café tratada con NaOH.....	159
Tabla 49: Remoción de Plomo disuelto con borra de café lavada con agua.....	160
Tabla 50: Remoción de Plomo disuelto con borra de café tratada con NaOH.....	160
Tabla 51: Capacidad de bioadsorción para muestras tratadas con borra de café lavada con agua.	160
Tabla 52: Capacidad de bioadsorción para muestras tratadas con borra de café tratada con NaOH. .....	161
Tabla 53: Valores de q y c para la construcción de isoterma de Langmuir en la bioadsorción de Cd mediante borra de café lavada con agua.....	162
Tabla 54: Valores de log q y log c para la construcción de isoterma de Freundlich en la bioadsorción de Cd mediante borra de café lavada con agua.....	162
Tabla 55: Valores de q y c para la construcción de isoterma de Langmuir en la bioadsorción de Pb mediante borra de café lavada con agua.....	163
Tabla 56: Valores de log q y log c para la construcción de isoterma de Freundlich en la bioadsorción de Pb mediante borra de café lavada con agua.....	163
Tabla 57: Valores de q y c para la construcción de isoterma de Langmuir en la bioadsorción de Cd mediante borra de café tratada con NaOH.....	164
Tabla 58: Valores de log q y log c para la construcción de isoterma de Freundlich en la bioadsorción de Cd mediante borra de café tratada con NaOH.....	164
Tabla 59: Tabla 56: Valores de q y c para la construcción de isoterma de Langmuir en la bioadsorción de Pb mediante borra de café tratada con NaOH.....	165
Tabla 60: Valores de log q y log c para la construcción de isoterma de Freundlich en la bioadsorción de Pb mediante borra de café tratada con NaOH.....	165

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mecanismos de bioadsorción para captura de metales pesados. ....	40
Figura 2: Peso de borra de café en placa petri.....	55
Figura 3: Pesado de borra de café para cálculo de rendimiento. ....	56
Figura 4: Secado de la borra de café en la estufa para el cálculo e rendimiento. ....	56
Figura 5: Tamices para determinación de la distribución del tamaño de partícula. ....	57
Figura 6: Diagrama del procesos de obtención de la borra de café.....	58
Figura 7: Diagrama del procesos de pre-tratamiento de la borra de café.....	58
Figura 8: Preparación de la solución NaOH 0.1 N.....	59
Figura 9: Filtrado de la borra de café luego del lavado con NaOH 0.1 N.....	59
Figura 10: Secado de la borra de café. ....	60
Figura 11: Borra de café enfriando después del secado en la estufa. ....	60
Figura 12: Río Añasmayo aguas arriba entrada centro poblado La Perla. ....	61
Figura 13: Toma de muestra de agua en el río Añasmayo. ....	62
Figura 14: Filtrado de muestra de agua con bomba al vacío.....	62
Figura 15: Digestión de muestra de agua en medio ácido.....	63
Figura 16: Ácido nítrico con dispensador en campana extractora, utilizado para digestión de muestras.....	63
Figura 17: Muestra inicial digestada con su duplicado y adición (controles de laboratorio), antes de lectura.....	64
Figura 18: Muestras digestadas post-tratamiento con borra de café. ....	64
Figura 19: Digestión de muestras tratada con borra de café. ....	64
Figura 20: Análisis de muestras con el equipo de adsorción atómica.....	65
Figura 21: Pesaje de borra de café para tratamiento de muestras de agua. ....	66
Figura 22: Medición del pH antes y después del tratamiento. ....	66
Figura 23: Muestras de agua en equipo de jarras. ....	67
Figura 24: Muestras de agua después de tratamiento, para análisis final de Cadmio y Plomo disuelto. ....	67
Figura 25: Rendimiento de la borra de café. ....	74
Figura 26: Distribución porcentual del tamaño de partícula de la borra de café.....	75
Figura 27: Tiempo de decantación de la borra de café.....	76
Figura 28: Variación del pH del agua tratada con borra de café lavada con agua desionizada.....	78
Figura 29: Variación del pH del agua tratada con borra de café lavada con NaOH y luego con agua desionizada.....	79
Figura 30: Variación de la temperatura del agua tratada con borra de café lavada con agua desionizada.....	80
Figura 31: Variación de temperatura del agua tratada con borra de café lavada con NaOH y luego con agua desionizada.....	81
Figura 32: Remoción de Cadmio disuelto en el agua tratada con borra de café lavada con agua desionizada.....	82
Figura 33: Remoción de Cadmio disuelto en el agua tratada con borra de café lavada con NaOH y luego con agua desionizada.....	82
Figura 34: Remoción de Plomo disuelto en el agua tratada con borra de café lavada con agua	

desionizada.....	83
Figura 35: Remoción de Plomo disuelto en el agua tratada con borra de café lavada con NaOH y luego con agua desionizada.....	84
Figura 36: Capacidad de bioadsorción de la borra de café lavada con agua desionizada. ....	85
Figura 37: Capacidad de bioadsorción de la borra de café lavada con NaOH y luego con agua desionizada. ....	85
Figura 38: Ecuación de isoterma de Langmuir para resultados de Capacidad de bioadsorción de Plomo con borra de café lavada con agua desionizada. ....	98
Figura 39: Ecuación de isoterma de Freundlich para resultados de capacidad de bioadsorción de Plomo con borra de café lavada con agua desionizada. ....	99
Figura 40: Ecuación de isoterma de Langmuir para resultados de capacidad de bioadsorción de Cadmio con borra de café lavada con agua desionizada. ....	99
Figura 41: Ecuación de isoterma de Freundlich para resultados de capacidad de bioadsorción de Cadmio con borra de café lavada con agua desionizada. ....	100
Figura 42: Ecuación de isoterma de Langmuir para resultados de capacidad de bioadsorción de Plomo con borra de café tratada con NaOH y luego con agua desionizada.....	100
Figura 43: Ecuación de isoterma de Freundlich para resultados de capacidad de bioadsorción de Plomo con borra de café tratada con NaOH y luego con agua desionizada.....	101
Figura 44: Ecuación de isoterma de Langmuir para resultados de capacidad de bioadsorción de Cadmio con borra de café tratada con NaOH y luego con agua desionizada.....	101
Figura 45: Ecuación de isoterma de Freundlich para resultados de capacidad de bioadsorción de Cadmio con borra de café tratada con NaOH y luego con agua desionizada.....	102
Figura 46: Digestión de muestras antes de lectura por el equipo de absorción atómica por flama.	166
Figura 47: Tratamiento de muestras con borra de café en el equipo de jarras. ....	166
Figura 48: Diagrama de metodología de experimentación. ....	167

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia .....	124
Anexo 2: Recursos y presupuesto del proyecto de investigación.....	125
Anexo 3: Ficha de registro de datos en campo.....	127
Anexo 4: Ficha de registro de concentración inicial y final de Cadmio disuelto.....	128
Anexo 5: Ficha de registro de concentración inicial y final de Plomo disuelto. ....	129
Anexo 6: Ficha de registro de cantidad de borra de café. ....	130
Anexo 7: Ficha de registro de capacidad de bioadsorción usando borra de café. ....	131
Anexo 8: Ficha de validación de instrumento. ....	133
Anexo 9: Ficha de validación de instrumento. ....	134
Anexo 10: Ficha de validación de instrumento. ....	135
Anexo 11: Ficha de validación de instrumento. ....	136
Anexo 12: Ficha de validación de instrumento. ....	137
Anexo 13: Ficha de validación de instrumento. ....	138
Anexo 14: Ficha de validación de instrumento. ....	139
Anexo 15: Ficha de validación de instrumento. ....	140
Anexo 16: Ficha de validación de instrumento. ....	141
Anexo 17: Ficha de validación de instrumento. ....	142
Anexo 18: Ficha de validación de instrumento. ....	143
Anexo 19: Ficha de validación de instrumento. ....	144
Anexo 20: Ficha de validación de instrumento. ....	145
Anexo 21: Ficha de validación de instrumento. ....	146
Anexo 22: Ficha de validación de instrumento. ....	147
Anexo 23: Resultados de análisis de Plomo y Cadmio disuelto, hoja 1.....	148
Anexo 24: Resultados de análisis de Plomo y Cadmio disuelto, hoja 2.....	149
Anexo 25: Resultados de análisis de Plomo y Cadmio disuelto, hoja 3.....	150
Anexo 26: Resultados de análisis de Plomo y Cadmio disuelto, hoja 4.....	151
Anexo 27: Resultados de análisis de Plomo y Cadmio disuelto, hoja 5.....	152
Anexo 28: Resultados de análisis de Plomo y Cadmio disuelto, hoja 6.....	153
Anexo 29: Resultados de análisis de Plomo y Cadmio disuelto, hoja 7.....	154
Anexo 30: Resultados de análisis de Plomo y Cadmio disuelto, hoja 8.....	155

## RESUMEN

En la presente investigación se ha propuesto determinar mediante análisis físicos y químicos la eficiencia de la borra de café para reducir Cadmio y Plomo disueltos en el agua del río Añasmayo a la altura del centro poblado de La Perla en Huaral, dicha investigación se ha realizado debido a la preocupación por la toxicidad de dichas sustancias químicas y su efecto acumulativo, carcinogénico y teratogénico en el ser vivo y que se encuentran en el río, que son usadas para consumo humano, riego y bebida de animales, producto de vertimiento de aguas residuales y por la geología de la zona, así como proponer un residuo común que se genera en cualquier domicilio como tratamiento para los metales reincorporando dicho residuo en la cadena de valor al utilizarlo como un bioadsorbente.

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de la Universidad César Vallejo en el cual se realizó el pre tratamiento de la borra de café usando la estufa y la balanza analítica, la medición de parámetros fisicoquímicos y el tratamiento de las muestras de agua con la borra de café para lo cual se empleó el multiparámetro y el equipo de jarras; y en el laboratorio ambiental Analytical Laboratory (ALAB) donde se realizaron los análisis de metales con el método de absorción atómica empleando el equipo del mismo nombre, se tomó un punto de muestreo por conveniencia aguas arriba del vertimiento de las aguas residuales del centro poblado de La Perla, dicha muestra se analizó para saber los niveles de metales presentes en el cuerpo hídrico y compararlos con el estándar de calidad ambiental (ECA) para aguas.

Los resultados obtenidos con respecto a la eficiencia de remoción para Cadmio y Plomo disueltos fueron de 96.54% y 94.05% respectivamente, siendo valores que corresponden a la muestra tratada con 30 gramos de borra de café pre tratada con NaOH 0.1 N. No obstante la concentración de dichos metales en el agua se mantuvo superior al límite establecido en el ECA de aguas.

Palabras clave:

Bioadsorbente, remoción, eficiencia, borra de café.

## ABSTRACT

In the present investigation it has been proposed to determine, by means of physical and chemical analysis, the efficiency of the coffee eraser to reduce Cadmium and Lead in the water of the Añasmayo river at the height of the town center of La Perla in Huaral, this research has been carried out due to the concern for the toxicity of said chemical substances and their cumulative, carcinogenic and teratogenic effect on the living being and that are found in the river, which are used for human consumption, irrigation and animal drinking, product of waste water discharge and by the geology of the area, as well as proposing a common waste that is generated in any home as a treatment for metals by reincorporating said waste into the value chain when using it as a bioadsorbent.

The research was carried out in the laboratory of the César Vallejo University in which the pre-treatment of the coffee eras was performed using the stove and the analytical balance, the measurement of physicochemical parameters and the treatment of the water samples with the erase of coffee for which the multiparameter and the team of jars were used; and in the environmental laboratory Analytical Laboratory (ALAB) where the dissolved metals analysis was carried out with the atomic absorption method using the equipment of the same name, a convenience sampling point was taken upstream of the wastewater discharge from the town center of La Perla, said sample was analyzed to know the levels of metals present in the water body and compare them with the environmental quality standard (SQE) for waters.

The results obtained with respect to the removal efficiency for Cadmium and dissolved Lead were 96.54% and 94.05% respectively, being values that correspond to the sample treated with 30 grams of coffee waste pretreated with 0.1 N NaOH. of these metals in the water remained above the limit established in the water ECA.

Key words:

Bioadsorbent, removal, efficiency, erases coffee.



# **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

## INTRODUCCIÓN

En el mundo existen diversas problemáticas ambientales que atacan a los componentes como el suelo, el agua, el aire, etc. El recurso hídrico es uno de ellos y es de los más susceptibles a sufrir repercusiones de diversas actividades antrópicas que aumentaron cuando inició la revolución industrial, lo que generó que empezara la era del desarrollo insostenible aunque claro está que en esa época aún no se hablaba de aquellos términos.

Debido al aumento en la industrialización y debido al afán de tener mejores condiciones de vida para las personas y facilitar diversas actividades cotidianas, se crearon todo tipo de industrias las cuales emplean materiales tóxicos para el ambiente, como los metales pesados que son generados por industrias de baterías, pilas, entre otros productos metálicos y de la actividad minera que se encarga de extraerlos del medio natural en el que se encuentran. Muchas de estas actividades económicas generan residuos, que terminan en algún momento en el medio ambiente, contaminándolo y alterando el equilibrio ecológico, además los metales pesados tienen la característica de no poder degradarse y por ello persisten en el agua o suelo, además tienden a acumularse en los tejidos de animales o en cultivos pasando a la red trófica de las personas. Además, existen metales que si bien se encuentran en mínimas cantidades en los seres vivos, estos causan efectos nocivos en la salud si su concentración supera la mínima concentración a la cual deberían encontrarse.

La presente investigación se realiza debido a la preocupación de la contaminación del agua en el sector de La Perla y los altos costos de los tratamientos convencionales, por lo cual se propone usar un residuo, la borra de café, que a la vez se estaría reincorporando a la cadena de valor y se busca emplearlo como bioadsorbente, siendo la bioadsorción muy estudiada en los últimos años, debido a los bajos costos que supone al intentar tratar el agua que presenta contaminantes como los metales. Por ende, el objetivo del proyecto es determinar la eficiencia de la bioadsorción usando borra de café para remover Cadmio y Plomo disueltos en el agua del río Añasmayo sector La Perla y evaluar cómo, al determinar la cantidad de borra de café idónea, empleando el tiempo de contacto adecuado, influyen en las propiedades fisicoquímicas y en la concentración de dichos metales en el agua del río. Para lo cual se utiliza la metodología de prueba de jarras para garantizar un mayor contacto entre los metales y el bioadsorbente, además de obtener la cantidad de borra exacta y el

tiempo idóneo para aplicar el tratamiento. Cabe mencionar que este proyecto es una investigación de enfoque cuantitativo, aplicada, de nivel explicativo y tipo experimental.

La estructura del proyecto está dividida en 3 capítulos: el primero se denomina introducción, y abarca la realidad problemática en distintos ámbitos, los problemas, objetivos e hipótesis de investigación, los antecedentes que son el sustento de la revisión bibliográfica y de la futura discusión y, por último, las teorías relacionadas al tema que son el respaldo en la ciencia ya establecida sobre los mecanismos, e indicadores que se toman en cuenta. El segundo capítulo consta del método, aquí se habla sobre el enfoque y tipo de investigación, el nivel y tipo de investigación, además se plantea la matriz de operacionalización de variables en donde se apreciará la interacción de cada indicador, se definen la población y la muestra usando técnicas de muestreo aleatorio con muestras puntuales, se mencionan los instrumentos con su respectiva validez y confiabilidad, se describen los procedimientos estadísticos para poder procesar los datos que se obtendrán en el desarrollo de la investigación y los aspectos éticos que garantizan que la investigación tiene información fehaciente. En el tercer capítulo se detalla el presupuesto y los recursos que se emplearán en el desarrollo de la investigación, como se financiará el desarrollo y el cronograma de actividades, el cual se establece dentro de un tiempo determinado.

## 1.1. Realidad Problemática

En la actualidad el problema de los metales que contaminan los recursos hídricos es evidente a nivel internacional, siendo de origen natural o antrópico. China es uno de los países afectados por esta problemática, estimándose una cifra de 600 millones de personas se encuentran en alto riesgo de exposición a aguas contaminadas por metales pesados correspondiente al 70% del recurso hídrico del país. En algunas zonas de India es frecuente el uso de aguas contaminadas con metales pesados, como Pb, Cd, Zn, Ni, para la irrigación, lo que genera que dichos contaminantes pasen del recurso hídrico al suelo y luego que sean bioacumulados por vegetales y herbívoros introduciéndose en la cadena alimenticia de los seres humanos. Además, América Latina no es ajena a esta problemática, en la mayoría de los países como México, Perú, Chile, Bolivia y Nicaragua se estima que cerca de 400 millones de personas consumen aguas contaminadas con metales pesados. (Reyes et al, 2016)

En Perú, muchas zonas donde se practican actividades económicas como la minería, hidrocarburos y las zonas industriales que vierten sus aguas residuales directamente a los sistemas hídricos, sin previo tratamiento, ha generado el deterioro de la calidad de las aguas, un caso representativo es la contaminación por dichos elementos químicos en las aguas de la bahía interior del Lago Titicaca en Puno, en donde se observó que la concentración de Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) superaban el límite de la concentración permitida en época de lluvia y de estiaje teniendo valores promedios que llegaron hasta 0.019 ppm y 0.053 ppm respectivamente, así como altas concentraciones de otros metales pesados como Cobre (Cu) y Zinc (Zn) que también superaron los valores permitidos. (Moreno, 2017)

En el caso del río Añasmayo sector de La Perla, ubicado en la cuenca del río Chancay Huaral, en donde se realizan actividades mineras y se vierten efluentes de los centros poblados, se observó en el monitoreo de la calidad del agua realizado por la ANA el 4 de Marzo del 2017 que en el punto de monitoreo establecido a 3 km aguas arriba del vertimiento del centro poblado de La Perla, en la Estación de Monitoreo Hidrométrico que el Plomo tenía una concentración de 0.2208 mg/L (Aproximadamente un 400% de la concentración límite establecida en el ECA para aguas según su categoría)

excediendo tanto la subcategoría D1 y D2 de la categoría 3 que indican los límites de concentración de parámetros para la calidad de agua para riego de vegetales y para bebida de animales respectivamente establecido en el D.S. N° 004-2017-MINAM, así como otros parámetros que también excedían estas dos subcategorías como: Aluminio (89.8 mg/L) y Manganeso (3.739 mg/L), además, hubieron otros parámetros que si bien no excedieron la subcategoría D2 pero si la D1 como es el caso de: Arsénico (0.151 mg/L), Cobre (0.465mg/L), Bario (1.1 mg/L), Cobalto (0.1087 mg/L), y Hierro (160.2 mg/L). (ANA, 2017)

## 1.2. Trabajos Previos

### 1.2.1. A Nivel Internacional

BUSTAMANTE, E. (2011) realizó una tesis de maestría, titulada “Adsorción de metales pesados en residuos de café modificados químicamente” de la Universidad Autónoma de Nuevo León- México, en la cual empleó una metodología que consistía en secar el residuo de café en una estufa a 50° C por 24 horas y luego realizó una modificación química agregando una relación de 1:7 de residuo de café y ácido cítrico 0.6 M calentándolo a 60° C por 12 horas, luego se realizó un lavado con agua destilada durante una hora a 60° C por una hora en agitación de 200 RPM. Guardó un blanco sin modificación química para realizar el contraste, determinándose que la mejor capacidad de adsorción para los metales, Plomo (Pb) y Cobre (Cu), fue de los residuos de café modificados químicamente, los valores exactos fueron: 158.73 mg Pb/g y 97.10 mg Cu/g, teniendo una capacidad 3.1 y 8,2 veces superior respectivamente frente a los residuos de café sin modificar. Además, demostró que la capacidad de adsorción disminuye a medida que el pH de la solución se reduce debido principalmente a la competición entre los protones y los cationes por los mismos sitios de adsorción.

DÁVILA, N. (2012) en su tesis doctoral en Ciencias con orientación en procesos sustentables, titulada “Caracterización del proceso de biosorción de metales pesados mediante residuos sólidos de café” de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México, tuvo como objetivo determinar la capacidad de adsorción de plomo, cobre y

cadmio sobre residuos sólidos del café en soluciones acuosas sintéticas, en donde dicha solución paraba por sistemas por lotes y con un flujo continuo. Los residuos de café empleados fueron: cáscaras de café, pulpa de café y café molido gastado (borra de café) las cuales tenían distintos componentes nutricionales, dichos residuos fueron tratados con una solución de NaOH 0,1M a 40° C y con una agitación de 100 min<sup>-1</sup> y los resultados que obtuvo fueron que el pre tratamiento alcalino generaron un incremento de 425% en el área superficial de los residuos sólidos de café además de indicar que el modelo de isoterma que más se ajusta a la experimentación y la cual expresa el equilibrio fue la de Langmuir y se obtuvo una remoción del 100% de Cobre, Plomo y Cadmio tras realizarse 5 ciclos.

FRAGOULI, D. et al (2016) en su investigación, titulada “Espuma bioelastomérica compuesta de residuo de café para la remoción de Plomo y Mercurio del agua” del Instituto Italiano de Tecnología- Italia, dan una nueva aplicación poco profundizada sobre el café molido que se utiliza en las cafeterías, puestos que comúnmente se le da uso agrícola, como alimento de animales o va a parar a un relleno sanitario, su propuesta partió de solucionar dos problemáticas, el aprovechar un residuo que se genera comúnmente en Italia, específicamente en la cafetería del centro de investigación y poder remover dichos metales pesados del agua, para ello agregaron al café molido, que queda como residuo, un elastómero de silicona y azúcar, una vez endurecida la mezcla, se sumergió en agua destilada para disolver el azúcar y darle la porosidad necesaria a la espuma. Dicha espuma actuó como un filtro en dos situaciones distintas, en la primera se dejó en agua en reposo por 30 horas, logrando adsorber 99% de iones de Plomo y Mercurio, y en la segunda situación se hicieron pruebas con agua contaminadas con Plomo en la cual tuvo un 67% de remoción de dichos iones.

LARA, J. et al (2016), en su artículo de investigación titulado “Adsorción de plomo y cadmio en sistema continuo de lecho fijo sobre residuos de cacao” de la Universidad del Valle, Colombia comentan que tuvo como objetivo determinar el desempeño de la capacidad de remoción de la cáscara de cacao frente al plomo y el cadmio en una solución acuosa sintética con 100mg/L de cada metal y a un flujo de 6 mL/min con una variación de la altura del lecho de 4.5 a 7 cm, se obtuvo una remoción de 91,32%

y 87.80% para el plomo y el cadmio respectivamente, manteniendo constante las variables de pH y temperatura; con lo cual se demuestra una alternativa de bajo costo al tener un alto potencial de remoción un biomasa residual que se incorpora al mercado con un valor agregado.

REYES, Y. et al (2016) en su artículo científico, titulado “Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria” en Sogamoso-Colombia, nos habla sobre la problemática de la contaminación del recurso hídrico por metales pesados; dentro de ellos Cadmio y Plomo, en Colombia, donde esto no solo afecta al medio ambiente sino que gracias a su capacidad de persistir y la facilidad del medio para moverse, estos se van introduciendo a largo plazo en la cadena trófica de los seres humanos poniendo en riesgo la salud, caso de ello nos indica la alta concentración de estos elementos químicos en el río Bogotá en el cual se emplean dicha agua para regar cultivos de repollos, lechuga y brócoli, además de su concentración en la leche cruda y procesada de hatos lecheros, así como otros alimentos distribuidos en plazas y supermercados, en donde dichas concentraciones están al límite de la normativa local y la normativa peruana lo cual evidencia el riesgo a la salud y seguridad alimentaria.

ROSIQUE, M. (2013) en su tesis titulada “Bioadsorción de Cadmio por biomasa de opuntia” en la Universidad Politécnica de Cartagena: Colombia, tuvo como objetivo estudiar las posibilidades que tienen los cladidos de la opuntia como bioadsorbente de cadmio en concentraciones pequeñas en soluciones acuosas. En donde los cladidos de Opuntia presentaron optimas capacidades para remover Cadmio de soluciones acuosas donde la mayor retención se consiguió al pre tratar la opuntia con HCl 0,1M y obtuvo una capacidad de bioadsorción de 48,3 mg/g a un pH de 5 con valore que se ajustan a la isoterma de Langmuir.

SÁNCHEZ, J. et al (2013) En su artículo de investigación titulado “Biosorción simultánea de plomo y cadmio en solución acuosa por biomasa de hongos *Penicillium sp.*” de la Universidad de Córdoba, Montería- Colombia, tuvo como objetivo evaluar la capacidad de remoción de Pb y Cd en soluciones acuosas con hongos *Penicillium sp.* Y determinando la influencia de las variables pH, concentración inicial de metales

y temperatura, analizando las isothermas de Langmuir y Freundlich, con el fin de potencializar su uso en el saneamiento de aguas residuales. En la investigación se obtuvo como resultados, que las mayores adsorciones se dieron a un pH ácido (4-5) y a una temperatura de 60° C utilizando 0.5 g de biomasa (hongos), obteniéndose una remoción del 92.4% para Plomo y 80% para Cadmio y verificó que la isoterma que se ajusta más a la experimentación fue la de Langmuir y demostrándose que entre los grupos funcionales que atribuyen la atracción de los metales a los hongos está el grupo funcional –OH.

TUR-NARANJO, E. et al (2012) en su trabajo de investigación titulado “Bioadsorción de Plomo (II) por biomasa microbiana seca: Efecto del pH” en Cuba; tuvo como objetivo valorar la potencialidad de la biomasa seca de *Bacillus subtilis* CCEBI 1032, *Pseudomonas aeruginosa* y *Kluyveromyces marxianus* para la bioadsorción de Pb (II) y obtuvo como resultado en estadísticamente entre los 3 tratamientos no existía diferencias significativas, y que la biomasa de *Kluyveromyces marxianus* tiene en un rango de pH de 4.2 a 6.2 una remoción mayor a 90% de Pb. Siendo la que tuvo mejor reacción frente a la variación de pH entre las 3 especies.

VERA, L. et al. (2014) En su artículo de investigación titulado “Eliminación de los metales pesados de las aguas residuales mineras utilizando el bagazo de caña como biosorbente” de la Universidad de Cuenca- Ecuador, tuvo como objetivo determinar la eficiencia del bagazo de caña en la eliminación de metales pesados, con la finalidad de encontrar potenciales biosorbentes para poder reducir costos en los tratamientos convencionales; en donde se tuvo en cuenta el efecto el pH, el tiempo de contacto, la cinética de adsorción obteniéndose como resultado que para el cadmio tuvo un 77.81% de remoción a un pH de 6 y para el Plomo un 99.76% de remoción a un pH de 5, el cual se alcanza a los primeros 10 minutos con una tendencia a aumentar la cantidad del metal absorbido por el adsorbente cuando la concentración de dichos metales aumenta.

VERDUGO, J. (2017) en su tesis de titulación, titulada “bioadsorción de iones de Plomo y Cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cáscara de la mandarina (*Citrus reticulata* var. *Clementina*)” de la Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca:



Ecuador; tuvo como objetivo determinar la capacidad de bioadsorción de metales pesados (Pb y Cr) que se encontraban presentes en aguas residuales empleando la cáscara de la mandarina como bioadsorbente. En la investigación obtuvo los siguientes resultados: la remoción de plomo fue 71% a un pH 4 empleando cáscaras de mandarina de 0.3 mm de diámetro, se verificó que ambos modelos tanto el de Freundlich como el de Langmuir se ajustan a los datos experimentales obtenidos para Pb, la capacidad de bioadsorción de la cáscara de mandarina fue de 39.68 mg/g para Pb indicando el autor que si se podía utilizar este bioadsorbente para la remoción de Plomo en aguas residuales.

VIZCAÍNO, L. et al (2014), en su artículo de investigación titulado “bioadsorción de cd, Pb y Zn por biomasa pretratada de algas rojas, cáscara de naranja y tuna” en la Universidad de La Guajira, Colombia. Tuvieron como objetivo estudiar la influencia del pre tratamiento y del empaquetamiento de la biomasa mediante ensayos tipo batch, en donde se concluyó que la capacidad de biosorción aumentaba al aplicarle el pretratamiento a la biomasa, en el caso de las algas rojas el tratamiento con NaOH 0,1N y de la naranja y tuna con NaOH 0,1N y CaCl<sub>2</sub> 0.2 M. y una afección no significativa en el proceso de empaquetamiento en placas planas de tul de poliéster, la eficiencia de remoción con 75 g de biomasa y en tiempos de 1 a 2 h teniendo en promedio una remoción mayor al 95% para Pb y Cd mientras que para Zn fue del 62% todo en un volumen de 400 mL.

#### 1.2.2. A Nivel Nacional

ÁNGELES, L. (2011) en su informe final de proyecto de investigación, titulado “Isotermas de adsorción de cationes metálicos en solución acuosa mediante borra de café peruano” de la Universidad del Callao- Callao, hizo una comparación entre el café tostado molido fina y el molido medio, obtuvo como resultado que al emplear la borra de café, este logra adsorber 90% de Cadmio de una solución estándar de 10 ppm de Cd (II) con el modelo isotérmico Langmuir con un pH óptimo de 6.5 y tiempo de residencia de 10 horas; y hasta el 99% de Plomo de un solución estándar de 10 ppm Pb (II) con el modelo isotérmico de Freundlich a un pH óptimo de 4 en un tiempo de residencia óptima de 2 horas comprobando su alto potencial como descontaminante de

aguas con Cd (II) y Pb (II).

CALLA, H. (2010) en su tesis de magister, titulada “Calidad del agua en la cuenca del río Rímac - Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras” de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos- Lima, analizó el estado del recurso hídrico de la cuenca del río Rímac específicamente del sector ubicado en San Mateo para poder determinar la influencia de la minería, predominante en el distrito, en el componente agua; para lo cual recopiló información de monitoreos realizados por DIGESA en los años 2000 al 2008 y en el cual se observó valores promedios anuales que sobrepasaban el ECA para agua y valores mensuales muy elevados durante los 9 años, siempre con una tendencia a ir disminuyendo a concentración promedio anual. Se identificó que, para el año 2008, habían concentraciones anuales de Cadmio de 0,0105 mg/L en la toma Tamboraque- Ex Pablo Bonner y de 0,011 mg/L en el río Aruri, 50 metros antes de unirse con el río Rímac y para el caso de Plomo el valor promedio anual menor que se identificó fue de 0,0328 mg/L ubicado en el puente Tamboraque y el valor máximo promedio anual fue de 0,06 mg/L en el Puente Anchi, se analizó que en este punto de monitoreo en el intervalo del año 2000 al 2008 siempre presentó valores promedio anuales más elevados en comparación a los otros puntos o estaciones.

DÍAZ, W. (2016) en su tesis de maestría titulada “Contaminación del ecosistema en San Mateo de Huanchor por los pasivos ambientales minero metalúrgicos y su impacto en la salud de los pobladores” de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos- Lima, realizó una investigación donde identificó la existencia de 22 pasivos ambientales mineros por desmontes y bocaminas. Evaluó diversos componente para identificar la existencia de contaminación, siendo el componente agua uno de ellos, y el de interés para esta investigación, basándose en datos obtenidos del monitoreo realizado por SENAMHI de enero a agosto, obteniendo resultados en el cual se identificó que durante los primeros 3 meses del año el agua presentó valores de pH hasta de 9,76 lo que la hace ligeramente alcalina, esto se produjo por la constante erosión de suelos calizos y a la presencia de metales en el agua. Además, se determinó que los meses con mayor incidencia en la concentración de Cadmio son abril y mayo los que sobrepasan el ECA ara agua teniendo una concentración hasta de 0,018 mg/L.

GUTIÉRREZ, S. (2015) en su tesis doctoral en Ciencias Biológicas, titulada “Estudio de la bioadsorción de Cadmio y Plomo con biomasa de *Serratia marcescens* M8a-2T, a nivel de laboratorio” de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos- Lima, tuvo como objetivo diseñar un proceso biotecnológico de biorremoción de Cadmio y Plomo con una cepa nativa resistente a Cadmio y Plomo, aislada de un ambiente minero , a nivel de laboratorio. En dicha investigación después de los análisis necesarios en una solución acuosa de 100 ppm de Plomo y otra de 100 ppm de Cadmio se tuvo como resultados que con una concentración de biomasa seca de 1 mg/mL se removió 99.96% de Cadmio y 93.93% de Plomo a un pH de 3 e indicando que la capacidad de bioadsorción tanto para Cadmio como para Plomo es directamente proporcional a la concentración inicial del metal indicando que la cepa bacteriana en estudio tiene un alto potencial para remover Plomo y Cadmio en soluciones.

LAGOS, L. (2016) en su tesis de licenciatura en Química, titulado “Bioadsorción de cromo con borra de café en efluentes de una industria curtiembre local” de la Pontificia Universidad Católica del Perú- Lima, determinó que al emplear la borra de café para remover Cromo, empleándolo como bioadsorbente, la mayor remoción (70%) de Cromo ocurre a pH 5, un tiempo de contacto de 3 horas para llegar al equilibrio, removiendo el 62% de Cromo en los 10 primeros minutos, además determinó que a mayor concentración de adsorbato (Cromo), mejor será la capacidad de adsorción de la borra de café, determinando que el tratamiento con la borra únicamente tuvo una remoción del 64,25% en el cual el adsorbente solo fue tratado con una solución de NaOH y con agitación.

ORÉ, F. et al (2015) en su investigación titulada “Bioadsorción de Pb II de aguas residuales de mina usando el marlo de maíz (*Zea mays*)” en el año 2015, Revista de Sociedad y Química Peruana, tuvo como objetivo hacer una caracterización del bioadsorbente para realizar pruebas e bioadsorción y determinar la eficiencia para remover Pb de soluciones acuosas. Los resultados obtenidos fueron que mediante la caracterización del marlo de maíz se identificó al grupo funcional OH como agente que favorece la bioadsorción de Pb, se determinó que el pH óptimo fue de 5 con un tiempo de agitación de 90 minutos y una dosis de 4 g/L, la capacidad máxima de bioadsorción fue de 7.49 mg/g y se logró remover un 97% de Pb, lo cual indica fue un

método eficiente para el tratamiento de dichas aguas residuales.

PACHECO, M.; PIMENTEL, J. y ROQUE, W. (2010) en su artículo de investigación, titulado “Cinética de la bioadsorción de iones cadmio (II) y plomo (II) de soluciones acuosas por biomasa residual de café (*Coffea arabica* L.)” de la Universidad Nacional del Altiplano- Puno, estudiaron la biomasa residual del café para evaluar su capacidad como bioadsorbente frente a los dos metales pesados en mención, determinaron que la retención de Cadmio y Plomo se producen durante los primeros 30 minutos y que alcanzado los 90 minutos se logra el equilibrio comprobando una mejor eficiencia frente al Pb que al Cd, siendo la adsorción de 0 a 100 ppm/g en un tiempo de 1 hora aproximadamente para el Pb y de 0 a 68 ppm/g en 30 minutos aproximadamente para el Cd.

### 1.2.3. A Nivel Local

La A.N.A. (2017) en su informe técnico “Informe técnico de resultados del monitoreo de la calidad de agua en la cuenca del río Chancay Huaral y litoral marino costero del mar de Chancay – 2017” en Huaral- Perú. Realizó un monitoreo a distintos puntos en los ríos y lagos ubicados dentro de la cuenca Chancay- Huaral. En el caso del río Añasmayo sector de La Perla, ubicado en la cuenca del río Chancay Huaral, en donde se realizan actividades agrícolas y se vierten fluentes de los centros poblados, se observó en el monitoreo de la calidad del agua realizado por la ANA el 4 de Marzo del 2017 que en el punto de monitoreo establecido a 3 km aguas arriba del vertimiento del centro poblado de La Perla, en la Estación de Monitoreo Hidrométrico que el Plomo tenía una concentración de 0.2208 mg/L (Aproximadamente un 400% de la concentración límite establecida en el ECA para aguas según su categoría) excediendo tanto la subcategoría D1 y D2 de la categoría 3 que indican los límites de concentración de parámetros para la calidad de agua para riego de vegetales y para bebida de animales respectivamente establecido en el D.S. N° 004-2017-MINAM, así como otros parámetros que también excedían estas dos subcategorías como: Aluminio (89.8 mg/L) y Manganeso (3.739 mg/L), además, hubieron otros parámetros que si bien no excedieron la subcategoría D2 pero si la D1 como es el caso de: Arsénico (0.151 mg/L), Cobre (0.465mg/L), Bario (1.1 mg/L), Cobalto (0.1087 mg/L), y Hierro

(160.2 mg/L). La ANA supone en su informe técnico que debido a la ausencia de actividad minera en ese sector estos valores de metales a concentraciones altas registradas se debió a la composición geológica de la zona.

Testimonios recopilados en el transcurso de la investigación, se pudo dar conocimientos que en el río Añasmayo, aguas arriba del centro poblado de la Perla, se vierten aguas residuales de mineras informales que tienen sus actividades en otra subcuenca en Colpa y que pagan a personas para que lo viertan en el río Añasmayo perteneciente a otra subcuenca aprovechando un camino que conecta ambas subcuencas.

A nivel local no existen otras investigaciones que se haya realizado en la zona, por lo cual en este ítem no se ha considerado algún otro antecedente más que el informe técnico del ANA, testimonios de pobladores de la zona y los estudios preliminares necesarios en la presente investigación.

### 1.3. Teorías Relacionadas al tema

#### 1.3.1. Contaminación de aguas por metales pesados

##### 1.3.1.1. Perspectiva Ambiental

Desde la perspectiva ambiental, la contaminación del agua está dada por la introducción de manera natural o antrópica de agentes químicos o biológicos que puede o no ser ajenos a la composición natural del recurso hídrico o que aumente la concentración de uno de los elementos que se presenta en trazas de manera natural en el agua. (Almau, 2012)

Los metales pesados son sustancias propias de la naturaleza encontrándose en trazas o valores mínimos, además son muy utilizados en la industria para fabricación de distintos objetos como amalgamas, tuberías, entre otros. Y desde el punto de vista ambiental, esta problemática es muy preocupante pues es, por así decirlo, el punto de partida de una cadena de problemáticas ambientales por la alteración del medio

acuático debido a la capacidad de persistir y movilizarse con facilidad al suelo, a los cultivos, luego a los alimentos y al final, acumulándose en los seres humanos. (Eróstegui, 2009)

#### 1.3.1.2. Perspectiva de la Salud

Desde el punto de vista de la salud, la contaminación por metales pesados constituye un grave riesgo para los seres humanos, debido a que estos elementos químicos, Cadmio y Plomo, no pueden ser degradados ni eliminados y tienen una alta persistencia y facilidad de acumularse en la materia orgánica viva, como los tejidos y órganos vitales, estos metales ingresan al organismo por las vías respiratorias mediante la inhalación o por la vía oral mediante ingesta de alimentos contaminados y el efecto en la salud dependerá mucho del tipo de metal que se esté acumulando en el organismo pudiendo afectar el sistema nervioso, el aparato urinario, el sistema cardiorrespiratorio, el sistema endocrino, inhibe la producción de hemoglobina causando anemia, entre otras afecciones. Algunos suelen acumularse hasta por 30 años como en el hígado o los riñones como el caso del Cadmio y en el caso del Plomo que se concentra en la sangre. (Alvarado y Gómez, 2013; Reyes et al, 2016)

#### 1.3.2. Subcuenca Añasmayo

La subcuenca se encuentra dentro la cuenca hidrográfica del río Chancay Huaral, tiene un perímetro de 70.99 km, un área de cuenca seca de 34.53 km<sup>2</sup>, área de cuenca húmeda de 167.61 km<sup>2</sup>, superficie total de 198.91 y representa el 6.53% de la cuenca. Su localización está entre las cotas 4800 m.s.n.m. donde se encuentra la naciente del río Añasmayo y la quebrada Honda hasta la localidad de Añasmayo que está ubicada a 1200 m.s.n.m. La subcuenca está conformada por 2 microcuencas contando con la precipitación pluvial como principal aportante. Además el río Añasmayo cuenta con una longitud de 28.7 km. En la subcuenca se encuentran las principales localidades de: Rauma, Huandaro, La perla, Perla alta, Piscocoto, San Agustín de Huayopamapa; Pallac y Sumbilla. Además tiene un aporte de 0.005 m<sup>3</sup>/s al desembocar en el río Chancay Huaral. (ANA, 2017)

Normativas Internacionales

El Ministerio de Medio Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente tiene establecido la norma ambiental para la calidad ambiental de las aguas superficiales, en relación a sustancias prioritarias u otro contaminante, mediante Real Decreto 817/2015, de 11 de setiembre, sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas con su última modificación el 12 de setiembre de 2015. (BOE, 2015)

**Tabla 1: Normas de calidad ambiental para sustancias prioritarias y para otros.**

Nombre de la sustancia	Unidad	Aguas superficiales continentales	Otras aguas superficiales
Cadmio y sus compuestos (en función de las clases de dureza del agua)	µg/l	≤ 0,08 (Clase 1)	0,2
		0,08 (Clase 2)	
		0,09 (Clase 3)	
		0,15 (Clase 4)	
		0,25 (Clase 5)	
Plomo y sus compuestos	µg/l	7,2	7,2

Fuente: BOE, 2015

El ministerio de agricultura de Colombia mediante el decreto 1594 DE 1984 establece los valores máximos admisibles de los parámetros, de interés en esta investigación, en el recurso hídrico según su destinación.

**Tabla 2: Valor admisible en el recurso hídrico según su destinación.**

Parámetro	Agua para consumo humano y doméstico (mg/L)	Agua para uso agrícola (mg/L)	Agua para uso pecuario (mg/L)	Agua para uso recreativo (mg/L)
Cadmio	0,01	0,01	0,05	-
Plomo	0,05	5	-	-
pH	5,0- 9,0	4,5- 9,0	0,01	5,0- 9,0

Fuente: Diario Oficial, 1984

### 1.3.3. Normativas Nacionales

En Perú el ministerio encargado de velar por la protección ambiental de nuestro entorno y la sostenibilidad de nuestros recursos naturales es el Ministerio del Ambiente (MINAM), pero también existe un ente importante en temas de calidad de agua el cual no se encuentra adscrito al MINAM sino al MINAGRI, la Autoridad Nacional del Agua (ANA), órgano que se encarga de la protección del recurso hídrico del país, dicha entidad emitió en el año 2017 mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA's de agua) en el cual se establecen las concentraciones o valores máximos de una variedad de parámetros a los que deberían encontrarse el recurso hídrico de los diversos cuerpos hídricos del país para poder decir que se encuentra con una óptima calidad ambiental. (ANA, 2016)

Para fines de esta investigación se tomarán en cuenta los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos de interés y que se emplearon en investigaciones anteriores. Se compararán con los valores establecidos en la norma para ríos de la Costa o Sierra que se encuentra en la categoría 1 ya que existen antecedentes indicando que algunos pobladores utilizan el agua para consumo.

**Tabla 3: Estándares de calidad ambiental del agua para producción de agua potable, 2017.**

PARÁMETRO	UNIDAD	A1	A2	A3
FÍSICO-QUÍMICOS				
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5- 8,5	5,5- 9	5,5- 9
Temperatura	° C	Δ3	Δ3	**
INORGÁNICOS				
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05

Fuente: El Peruano, 2017

En donde la categoría A1 hace referencia a aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, las A2 con tratamiento convencional y las A3 con tratamiento avanzado. Además, las aguas de categoría 3 que es para riesgo de cultivos y bebida de animales, ya que son las actividades primordiales de los pobladores.



**Tabla 4: Estándares de calidad ambiental del agua para riego de vegetales y bebidas de animales, 2017.**

PARÁMETRO	UNIDAD	D1: Riego de Vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICO-QUÍMICOS				
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5- 8,5		6,5- 8,4
Temperatura	° C	Δ3		Δ3
INORGÁNICOS				
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Plomo	mg/L	0,05		0,05

Fuente: El Peruano, 2017

Por último, la categoría 4 correspondiente a conservación del medio acuático, indicando cómo debería encontrarse las características físicas, químicas y biológicas de un cuerpo hídrico, tomando en esta ocasión la subcategoría de ríos en costa y selva.

**Tabla 5: Estándares de calidad ambiental del agua de los ríos en Perú, 2017.**

PARÁMETRO	UNIDAD	CATEGORÍA 4	
		E2: RÍOS	
		COSTA Y SIERRA	SELVA
FÍSICO-QUÍMICOS			
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5- 8,5	6,5- 8,4
Temperatura	° C	Δ3	Δ3
INORGÁNICOS			
Cadmio	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,05	0,05

Fuente: El Peruano, 2017

En la Resolución Jefatural 056- 2018 establecida por la Autoridad Nacional del Agua se establece la categoría correspondiente según la normativa del Estándar de Calidad Ambiental para cuerpos hídricos, donde se puede apreciar que para los ríos ubicados en la cuenca Chancay- Huaral están categorizados con la categoría 3 requiriendo solo tratamiento convencional, a excepción de aguas abajo del punto de captación de aguas por la Atarjea donde se categoriza como para bebida de animales y riego. Con esto se establece que en los cuerpos de aguas ubicados del punto de captación de aguas de la Atarjea hacia arriba deben mantener los valores establecidos para categoría 1- A2 según la normativa, siendo el sector donde se realizará el estudio también de esa categoría.

**Tabla 6: Clasificación de cuerpos de aguas superficiales.**

<b>CÓDIGO DE CUERPO DE AGUA</b>	<b>CUERPO DE AGUA</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>LONGITUD (KM)</b>	<b>CÓDIGO DE UH</b>	<b>NOMBRE DE UNIDAD HIDROGÁFICA</b>
1375581	Río Chancay	Categoría 3	20,03	137558	Cuenca Chancay- Huaral
1375582	Quebrada Orcón	Categoría 3	52,12	137558	Cuenca Chancay- Huaral
1375583	Río Chancay	Categoría 3	39,47	137558	Cuenca Chancay- Huaral
1375584	Río Añasmayo	Categoría 3	28,97	137558	Cuenca Chancay- Huaral
1375585	Río Chancay	Categoría 3	9,15	137558	Cuenca Chancay- Huaral
1375586	Río Carac	Categoría 3	33,79	137558	Cuenca Chancay- Huaral
1375587	Río Chancay	Categoría 3	20,59	137558	Cuenca Chancay- Huaral
1375588	Río Baños	Categoría 3	26,99	137558	Cuenca Chancay- Huaral
1375589	Río Chancay	Categoría 3	28,59	137558	Cuenca Chancay- Huaral

Fuente: ANA, 2018

#### 1.3.4. Indicadores del problema de investigación

##### pH

El pH es un parámetro fisicoquímico que expresa la presencia de iones Hidrógeno en una solución. Este parámetro posee una escala de medición que va desde 0 a 14. El agua como disolvente universal idealmente posee un pH= 7 que indica su neutralidad, es decir no es ni ácida ni básica o alcalina, nos obstante si una solución pose un pH menos a 7 indica que es ácida y mientras menor sea el valor más ácida será la solución; los contrario para las disoluciones que se encuentra por encima de 7, estas indican que la disolución es básica o alcalina y mientras mayor sea el valor más alcalina es la disolución. (Seoáñez, 1998)

Entonces el pH es capaz de proporcionar en punto e acidez de una solución o el punto de alcalinidad que es importante para determinar la calidad del agua y poder direccionar a que uso se le podría dar.

##### Temperatura

Saber la temperatura a la que se encuentra determinado cuerpo de agua es primordial en el caso de análisis de su calidad, pues este parámetro influye directamente en otros parámetros: La conductividad eléctrica varía con la temperatura porque hacer varia la solubilidad de sales y gases en el agua lo que modifica la concentración de iones en ella; parecido sucede con el pH. También es importante conocer este parámetro debido a que el líquido pasara por determinadas instalaciones y equipo, lo que generará intercambio térmico lo cual se puede predecir. (Seoáñez, 1998)

Como se puede observar este es un parámetro importante que enlaza los otros parámetros y está en constante interacción lo cual puede ayudar a mejor o a dificultar un proceso.

##### Cadmio

Este es un metal pesado de símbolo Cd que se encuentra de forma natural en las rocas y el suelo, lo cual genera un aporte al medio ambiente aproximado de 25000 toneladas,

pero también es introducido a los componentes ambientales de manera antrópica por las actividades industriales y mineras en la cual muchos de los productos o desechos tienen alta concentración de estos metales y en las actividades agrícolas, lo que le permite introducirse en los alimentos que los seres vivos consumen; y de esta manera ingresar a los organismos vivos por vía respiratoria u oral y depositarse en el hígado o riñón ocasionando graves afecciones a la salud, teniendo un elevado tiempo de residencia en los seres vivos como en el caso del órgano vital, riñón, en el cual puede permanecer hasta 30 años. (Reyes et al, 2016)

### Plomo

El plomo es un elemento químico del grupo denominado “metales pesados” que posee el símbolo Pb, tiene una densidad de 11.35 g/mL, se presenta en muchas formas como plumbito, plumbato, sales plumbosas o plúmbicas, este proviene generalmente de actividades como la minería y las industriales, en fabricación de baterías y otros productos metálicos, así como la quema de combustibles fósiles. Este elemento se encuentra de manera natural en minerales como la galena, la anglosita y la cerusita. El plomo no se puede degradar debido a que es un elemento químico y sufre variadas transformaciones en presencia de agua, luz solar y otros factores, además el aire puede transportarlo grandes distancias antes de que pueda sedimentar en el suelo, en las zonas urbanas la presencia de plomo se debe a la actividad del parque industrial y otras actividades como el uso de pinturas con plomo, el parque automotor, entre otras. Al igual que el Cadmio, este metal también puede introducirse a los seres vivos por vía respiratoria y/u oral mediante los alimentos o inhalación de humos y/o polvo, suele concentrarse en la sangre y puede llegar a provocar anemia, afecta la médula espinal, sistema gastrointestinal, urinario, cardiovascular, entre otros. (Alvarado y Gómez, 2013)

En la siguiente tabla se muestran ambos metales pesados de interés y su origen, toxicidad y otros efectos que pueden tener en los seres vivos.

**Tabla 7: Principales metales pesados presentes en aguas residuales.**

<b>Contaminante</b>	<b>Origen</b>	<b>Toxicidad (individuo de 80 Kg)</b>	<b>Otros efectos</b>
Cadmio	Medio geológico, minería, electrodeposición, tuberías	Dosis letal 9 Gramos.	“Reemplaza bioquímicamente al Zn, causa elevada presión en la sangre y problemas renales, destruye el tejido testicular y los glóbulos rojos, tóxico para la biota acuática, afecta a enzimas importantes; acumulativo en hígado, riñón y páncreas.” (Alvarado y Gómez, 2013)
Plomo	Medio geológico, minería, fundiciones, gasolina, tuberías	Veneno acumulativo	“Sabor desagradable. Inhibición de la síntesis de hemoglobina. Tóxico (anemia, riñones, sistema nervioso). Posiblemente relacionado con encefalitis a elevadas concentraciones.” (Alvarado y Gómez, 2013)

Fuente: Alvarado y Gómez, 2013

### 1.3.5. Métodos para el tratamiento de aguas con metales pesados

#### Filtración por membrana

Es un método de alta eficiencia para la remoción de metales pesados en el agua, además de ocupar pequeños espacios a diferencia de otras tecnologías, pero la principal problemática con este método es los costos generados y la gran cantidad de lodos con contenido de metales pesados que se generan tras el proceso de filtración. Esos procesos se pueden clasificar según el material de la membrana y ubicación de la

membrana, también se emplea para recuperar algunos metales pesados de efluentes industriales para poder recircularlos en el proceso operativo de la industria. (Caviedes et al, 2015)

### Ósmosis Inversa

Este es una técnica de membrana empleada principalmente para la potabilización de aguas, además también se utiliza en otros procesos. Su importancia radica en la construcción modular de las membranas y el pequeño tamaño que hace que necesite poco espacio en una planta, haciendo factible que se pueda acoplar con otros procesos unitarios para el tratamiento del agua. El proceso tiene membranas semipermeables que permiten separar el agua en dos partes: el permeado, esta hace referencia al agua purificada que ha pasado a través de la membrana; y el concentrado, este es el flujo de agua que contienen compuestos que han sido retenidos como los iones (sales) y otros compuestos. (Dominighini, 2016.)

Además, tiene a posibilidad de separar elementos de pequeño diámetro (hasta de 0,0001 mm), teniendo eficiencias de 25 a 40% para Hierro y una eficiencia más alta, de 99,6%, para Níquel y Cobalto. (Caviedes et al, 2015)

### Nanofiltración

Es un proceso que relaciona la ultrafiltración y la ósmosis inversa y permite la selectividad de la membrana, también se le conoce como proceso de ósmosis inversa a baja presión y se empleaba mayormente para remover iones polivalentes que generan el endurecimiento de las aguas, como el Magnesio y Calcio, así como la materia orgánica. Debido a la baja presión representa un menor consumo de energía en comparación a la ósmosis inversa. Esta tecnología actualmente es innovadora y muy estudiada, teniendo eficiencias de 80 a 98% en diversos casos, siendo altas eficiencias comparadas con la ósmosis inversa. (Mora et al, 2002; Caviedes et al, 2015)

### 1.3.6. Adsorción

Es una operación que busca separar un elemento (adsorbible), que se encuentra en la solución líquida o de gas, por un sólido (adsorbente), y el instante en que el elemento adsorbible es capturado por la superficie del sólido, este se convierte en adsorbato. Pues entonces la adsorción supone el incremento de la concentración del adsorbato componente en la superficie del sólido adsorbente y, por ende, la disminución de la concentración de dicho componente en la disolución líquida o gaseosa en la que se encuentra. (Mestanza, 2012)

### 1.3.7. Mecanismos de adsorción

Existen 3 mecanismos de adsorción por el cual se logra la separación de material adsorbible del medio en el que se encuentra, estos son el mecanismo estérico, cinético y de equilibrio. El mecanismo de adsorción estérico hace referencia a los poros que presenta el sólido adsorbente, dichos poros pueden tener determinado tamaño lo que permite solo el pase de moléculas pequeñas e impiden el pase de las moléculas de tamaño mayor al del poro del adsorbente, el mecanismo de adsorción de equilibrio hace referencia a la afinidad que existe entre el adsorbente y el material adsorbible indicando que el adsorbato que pueda retener con mayor fuerza será el que tendrá mayor eficiencia de separación en comparación de otros, por último, el mecanismo de adsorción cinética, se fundamenta en las velocidades de difusión del material adsorbible e indica que el tiempo de exposición determinará que la especie con mayor difusión será ya que se elimine preferentemente por el sólido adsorbente. (Mestanza, 2012)

Debido a la diversidad de factores que intervienen en la bioadsorción de metales pesados, existen diversas propuestas de mecanismos de bioadsorción lo cual hace imposible conocer los mecanismos exactos, a continuación se muestra una propuesta distinta a la de Mestanza. (Nguyen et al, 2013)



Figura 1: Mecanismos de bioadsorción para captura de metales pesados. (Nguyen, et al, 2013)

### 1.3.8. Bioadsorción

Es el proceso en el cual se usa materia orgánica o biomasa para poder adsorber algún material contaminante, como los metales, que se encuentra en el agua. Este proceso consiste en la adhesión del metal en la superficie de la biomasa, este método es un tipo específico de adsorción por la biomasa empleada y resulta más eficiente que los tratamientos convencionales para remover metales pesados debido a la fácil adquisición de materiales adsorbentes ya que en su mayoría son residuos orgánicos de actividades agrícolas o industriales siempre y cuando no sean materiales tóxicos, lo que a la vez caracteriza los bajos costos en el proceso. (Medellín et al, 2016)

### 1.3.9. Mecanismo de bioadsorción

El mecanismo de adsorción que se emplea para la bioadsorción con borra de café es el cinético, el cual nos permite poder determinar la capacidad de bioadsorción mediante la capacidad de remoción de Plomo y/o Cadmio disuelto tomando diferentes tiempos por unidad de borra de café (bioadsorbente) para la cual se emplea la siguiente formula:

$$q_t = \frac{(C_i - C_t)}{m} x V$$

Donde “qt” es la capacidad de bioadsorción de la bc (borra de café) para el metal (Plomo y Cadmio disuelto) en el tiempo “t” (mg/g), “Ci” es la concentración inicial de



metal (mg/L), “C<sub>t</sub>” es la concentración del metal en el tiempo “t” (mg/L), “V” es el volumen de la solución (L) y “m” es la masa de borra de café (g). (Lagos, 2016)

#### 1.3.10. Eficiencia de remoción

La eficiencia de la remoción usando la borra de café como bioadsorbente, en este caso de Cadmio o Plomo disuelto para realizar el tratamiento que tiene al aplicarse a la muestra de agua con metales disueltos, para la cual se emplea la siguiente formula:

$$\% \text{ remoción del metal} = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$$

Donde “C<sub>i</sub>” es la concentración inicial de metal (mg/L), “C<sub>f</sub>” es la concentración final del metal (mg/L). (Moreno, 2013; Lagos, 2016)

#### 1.3.11. Borra de café

El café es un producto de gran demanda a nivel nacional e internacional debido a la demanda que existe, tanto que ha llevado a su industrialización para poder aprovecharlo como bebida o como insumo para otros alimentos, lo que ha generado que durante el proceso para la obtención de dicho producto se generen gran cantidad de desechos como las cascara del café, hojas, rastrojos, la borra del café y otros residuos orgánicos algunos sólidos y otros líquidos. La borra de café es el residuo que queda posterior a la obtención de la esencia concentrada del café instantáneo doméstico y comercial tras colarlo con agua caliente, dicho residuo ha sido estudiado anteriormente para la elaboración de compostaje, alimento para animales y producción de biodiesel pero también se ha estudiado, aunque muy poco, su acción como adsorbente para lograr remover metales pesados en aguas.

#### 1.3.12. Composición química de la borra de café

La capacidad de bioadsorción conferida a la borra e café es gracias a que la composición química de esta materia orgánica posee taninos, polialginatos, péptidoglucanos, polisacáridos, glicoproteínas, fucanoides, compuestos heterocíclicos, flavonoides<sup>5,6</sup>, ácidos clorogénicos, ácido feruloilquínico, entre otros compuestos que

permiten atrapar al metal pesado y dejarlo adherido a la superficie de adsorbente. (Pacheco et al, 2010; Lagos, 2016)

La borra de café presenta de 0.78% a 5.6% de Taninos, 8.72% de Lignina y 36% de celulosa, siendo este último compuesto orgánico uno de los más abundantes en la borra. (Díaz, 2009) Los granos de la borra de café tienen una superficie heterogénea debido a los procesos de molienda y tostación a los que son sometidos.

Se resalta la actividad quelante que cumplen los compuestos fenólicos, polifenólicos, no fenólicos y flavonoides para atraer cationes metálicos divalentes, lo que hace notorio que la adsorción no solo la cumple la celulosa sino que el conjunto que todas las sustancias mencionadas través su actividad quelante permiten que los cationes metálicos sean adsorbidos en la superficie celulósica de la borra de café. (Ángeles, 2011)

Además, los grupos funcionales presentes en los bioadsorbentes tienen mayor afinidad con los iones que presentan mayor radio iónico como el Pb (1.20) que tiene mayor radio iónico que el Cd (0.97), esto explica porque la borra de café tiende a tener mayor capacidad de bioadsorción para Pb a diferencia del Cd. (Pacheco et al, 2010)

### 1.3.13. Generación de borra de café

El café es un producto de gran consumo a nivel mundial con una producción de 149,8 millones de bolsas de 60 kg, Perú es uno de los 10 principales productores de café aportando 3,4 millones de bolsas de 60 kg, la problemática radica en que este producto, como otros, no es directamente comestible, lo cual hace que se generen grandes cantidades de borra de café que van a parar al relleno sanitario al no tener una reutilización específica. (Urribarri et al, 2014) Cabe mencionar que en el proceso de obtención del café por tonelada de café procesado se generan 400 kg de residuo (especialmente en el proceso de despulpado), además se generan otro residuo como en el proceso de obtención del café soluble donde se genera la borra de café que es la parte insoluble del café tostado, que viene a ser el 10% aproximadamente por cada kilogramo de café cosechado. (Rodríguez y Zambrano, 2010). Además, por cada

kilogramo de café cereza (fruto del café) se generan 104 gramos de borra de café, lo que indica que en la industria cafetera para la preparación de la bebida solo se emplea el 9.5% del peso del fruto fresco y el 90.5% queda como residuo en distintas etapas. (Calle, 1977)

**Tabla 8: Residuos obtenidos en el proceso de beneficio e industrialización de 1 Kg de café.**

<b>Proceso</b>	<b>Pérdida (en gramos)</b>	<b>Residuo Obtenido</b>
Despulpado	394	Pulpa fresca
Desmucilaginado	216	Mucílago
Trilla	35	Pergamino
Secado	171	Agua
Torrefacción	22	Volátiles
Preparación de bebida	104	Borra
Pérdida Acumulada	942	

Fuente: Calle, 1977

#### 1.4. Formulación del Problema

##### 1.4.1. Problema general

- ¿Cuál es la remoción de Cadmio y Plomo disuelto usando borra de café como bioadsorbente en el agua del río Añasmayo sector La Perla?

##### 1.4.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la variación que genera la dosis de borra de café en la capacidad de bioadsorción de Cadmio y Plomo disuelto?
- ¿Cuál es la variación que genera las dosis de borra de café en las propiedades físico- químicas del agua del río Añasmayo sector La Perla?
- ¿Cuál es la variación que genera el pre tratamiento de la borra de café en la capacidad de bioadsorción de Cadmio y Plomo disuelto?

- ¿Cuál es la variación que genera el pre tratamiento de la borra de café en la eficiencia de remoción de Cadmio y Plomo disuelto?

## 1.5. Justificación del estudio

### 1.5.1. Justificación Ambiental

Con la presente investigación se busca poder contrarrestar una gran problemática en el sector de La Perla, en Huaral que es la elevada concentración de metales pesados disueltos como Cadmio y Plomo disuelto en el tramo del río Añasmayo que pasa por la localidad. Además, de emplear la borra de café, un residuo generado al obtener la bebida del café y que no tiene valor en el mercado, como bioadsorbente para la remoción de Cadmio y Plomo disuelto.

### 1.5.2. Justificación Teórica

Se sigue apostando por este tipo de tratamientos realizados con bioadsorción debido a que son procesos que generan bajos costos en la remoción de metales pesados disueltos, además, la borra de café ha demostrado una eficiencia igual o superior a la de un filtro convencional para remover metales pesados disueltos como Cadmio y Plomo disuelto.

### 1.5.3. Justificación Económica

La aplicación de esta propuesta genera varias ventajas económicas, algunas mencionadas anteriormente pero no se puede obviar el hecho de que normalmente se tienen que usar filtros para la remoción de estos metales disueltos u otros procedimientos más complejos, los cuales generan elevados costos, en cambio, la propuesta de usar la borra de café, que es un residuo que no tiene valor económico, empleando metodologías de adsorción supone bajos costos en relación a los convencionales.

#### 1.5.4. Justificación Social

Se usará la borra de café como bioadsorbente para reducir la concentración de Cadmio y Plomo disuelto del agua en el sector de La Perla, buscando por medio de la vía científica favorecer el uso de estas aguas en actividades cotidianas y para la categoría a la que está asignada por la ANA. Con esto, se busca beneficiar a los pobladores del sector mediante la reducción de Cadmio y Plomo disuelto que se logrará con la borra de café, con la finalidad que el agua pueda ser utilizada con menor riesgo en el riego de cultivo y para bebida de animales previniendo futuras enfermedades relacionadas con estos metales.

#### 1.6. Hipótesis

##### 1.6.1. Hipótesis general

- Hi: La remoción de Cadmio y Plomo disuelto en el agua del río Añasmayo sector La Perla será mayor o igual a 60% y 67% respectivamente.
- Ho: La remoción de Cadmio y Plomo disuelto en el agua del río Añasmayo sector La Perla no será mayor o igual a 60% y 67% respectivamente.

##### 1.6.2. Hipótesis específicas

###### Hipótesis Específica 1:

- Hi: A menor dosis de borra de café la capacidad de bioadsorción será mayor.
- Ho: A menor dosis de borra de café la capacidad de bioadsorción no será mayor.

###### Hipótesis Específica 2:

- Hi: La dosis de borra de café no generará variación en las propiedades físico-químicas del agua del río Añasmayo sector La Perla.
- Ho: La dosis de borra de café generará variación en las propiedades físico-químicas del agua del río Añasmayo sector La Perla.

### Hipótesis Específica 3:

- Hi: La variación que generará el pre tratamiento que reciba la borra de café será una mayor capacidad de bioadsorción para Cadmio y Plomo disuelto con el pre tratamiento con NaOH 0.1 N.
  
- Ho: El pre tratamiento que reciba la borra de café no generará variación en la capacidad de bioadsorción para Cadmio y Plomo disuelto.

### Hipótesis Específica 4:

- Hi: La borra de café que reciba el pre- tratamiento solo de lavado con agua desionizada tendrá menor eficiencia de remoción de Cadmio y Plomo disuelto que la borra de café con pre-tratamiento de lavado con NaOH 0.1 N y luego con agua desionizada.
  
- Ho: La borra de café que reciba el pre- tratamiento solo de lavado con agua desionizada no tendrá menor eficiencia de remoción de Cadmio y Plomo disuelto que la borra de café con pre-tratamiento de lavado con NaOH 0.1 N y luego con agua desionizada.

## 1.7. Objetivos

### 1.7.1. Objetivo general

- Determinar la remoción de Cadmio y Plomo disuelto usando borra de café como bioadsorbente en el agua del río Añasmayo sector La Perla.

### 1.7.2. Objetivos específicos

- Determinar la variación que genera la dosis de borra de café en la capacidad de bioadsorción de Cd y Pb disuelto.
  
- Determinar la variación que genera la dosis de borra de café en las propiedades físico- química del agua del río Añasmayo sector La Perla.

- Determinar la variación que genera el pre-tratamiento de la borra de café en la capacidad de bioadsorción de Cadmio y Plomo disuelto.
- Determinar la variación que genera el pre-tratamiento de la borra de café en la eficiencia de remoción de Cadmio y Plomo disuelto en el agua.

# **CAPÍTULO II: MÉTODO**



## 2.1. Diseño Metodológico

### 2.1.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación a realizar es de enfoque cuantitativo y Aplicado.

La presente investigación es de tipo aplicada porque busca aplicar conocimientos que están en la ciencia la establecida para poder fabricar una nueva tecnología, empleando la investigación científica de manera estratégica y probar que dicha investigación se puede aplicar en diversos lugares, lo cual ofrecería gran oportunidad para difundirse. (Tam et al, 2008)

Según Hernández Sampieri et al (2010, p.46), La investigación cuantitativa es aquella en la que se “usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.”

### 2.1.2. Nivel de Investigación

En este estudio el nivel de la investigación es analítico o explicativo.

A diferencia de los estudios exploratorios o descriptivos que se encargan de investigar o describir fenómenos pocos o no estudiados, las investigaciones explicativas tienen como objetivo responder por las causas de los fenómenos en investigación, sean físicos o sociales, y de esta manera detallar bajo qué condiciones suceden, o explicar por qué dos o más variables se relacionan entre sí. (Hernández Sampieri, 2010, p.125).

### 2.1.3. Diseño de Investigación

El diseño de nuestra investigación es Experimental.

El diseño es experimental porque el tratamiento que corresponde a la variable independiente han sido manipulados por el investigador con la finalidad de garantizar en control y poder determinar con claridad la relación de causa- efecto que sucede en la variable independiente. (Tam et al, 2008)

## 2.2. Operacionalización de Variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	UNIDAD
Uso de la borra de café como bioadsorbente	La bioadsorción es un proceso en el cual ciertas sustancias en el agua se adhieren a la superficie de una biomasa como la borra de café, que es un residuo generado a partir de la preparación de la bebida, y permite remover dichos elementos del agua. (Medellín et al, 2016)	El uso de la borra de café como bioadsorbente involucra la evaluación de sus características, la dosis, el pre tratamiento que recibe y el proceso de operación al cual es sometido.  Las características de la borra de café se midieron a partir de su rendimiento, la distribución porcentual de sus partículas y el tiempo de decantación.  La dosis de la borra de café se midió mediante las 3 cantidades propuestas de: 10, 20 y 30 gramos.  El pre tratamiento que recibió la borra de café se evaluó mediante el lavado con agua	Características de la borra de café	Rendimiento de la borra de café	% de recuperación de borra de café
				Distribución porcentual del tamaño de partícula de la borra de café	% de partículas de borra de café
				Tiempo de decantación	Minutos
		Dosis de borra de café	Dosis 10 g	g de borra de café	
			Dosis 20 g	g de borra de café	
			Dosis 30 g	g de borra de café	
		Proceso de operación	Velocidad de mezcla	RPM	

		desionizada y el lavado con NaOH y agua desionizada. El proceso de operación o experimentación se determinó mediante las condiciones de tiempo de contacto, velocidad de mezcla y volumen de solución siendo estos valores constantes.		Volumen de solución	mL
				Tiempo de contacto	minutos
			Pre- tratamiento de la borra de café.	Lavado con agua desionizada	BCA
				Lavado con NaOH 0.1 N y luego con agua desionizada	BCB
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSION</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>UNIDAD</b>
Remoción de Cadmio y Plomo disuelto en el agua del río Añasmayo-Huaral, 2018	El Cadmio y Plomo disuelto son metales que no pueden ser degradados y tienen una alta persistencia. (Reyes et al, 2016) El río Añasmayo es un río tributante del río chancay Huaral ubicado en el sector de La Perla, su agua es usada para riego, se ve alterado por la actividad	La remoción de Cadmio y Plomo disuelto en el agua del río Añasmayo fueron evaluadas mediante las propiedades fisicoquímicas del agua, la eficiencia de remoción de Pb y Cd disuelto en el agua y la capacidad de bioadsorción de Cd y Pb disuelto. Las propiedades fisicoquímicas del agua del río Añasmayo se	Propiedades físico-químicas del agua del río Añasmayo sector La Perla-Huaral	pH	Escala de pH (1-14)
				Temperatura	(° C) Grados Celsius
			Eficiencia de remoción de Cadmio y Plomo disuelto en el agua	Eficiencia de remoción de Cadmio disuelto	% de Remoción de Cd disuelto.
				$e = \frac{Ci - Cf}{Ci} \times 100$	
			Eficiencia de remoción de	% de Remoción de	

	<p>minera y la geología de la zona que afecta la calidad del recurso hídrico. (ANA, 2017)</p>	<p>midieron tomando en cuenta el pH y la temperatura. La eficiencia de remoción de Pb y Cd disuelto en el agua se midió con la reducción de estos metales después del tratamiento. La capacidad de bioadsorción para Pb y Cd se midió por la capacidad de bioadsorción para cada uno por separado siendo resultados separados pro que se realizaron en simultáneo en un mismo medio.</p>		<p>Plomo disuelto</p> $e = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$	Pb disuelto.
			<p>Capacidad de bioadsorción de Cadmio y Plomo disuelto</p>	<p>Capacidad de bioadsorción de Cd disuelto.</p> $q_t = \frac{(C_i - C_t)}{m} \times V$	<p>mg Cd/g de borra de café</p>
				<p>Capacidad de bioadsorción de Pb disuelto.</p> $q_t = \frac{(C_i - C_t)}{m} \times V$	<p>mg Pb/g de borra de café</p>

Fuente: Elaboración propia, 2017.

## 2.3. Población y Muestra

### 2.3.1. Unidad de análisis

0.5 litros de agua del río Añasmayo sector La Perla- Huaral.

### 2.3.2. Población

En este caso la población se denominó infinita puesto que es un componente dinámico, comprendido por el recurso hídrico del río Añasmayo que pasa por la localidad de La Perla en la provincia de Huaral, departamento de Lima; con 28.7 kilómetros de longitud.

### 2.3.3. Muestra

Se realizó un muestreo por conveniencia tomándose muestras simples o puntuales en 1 punto, además se tomaron 19 frascos de 0.5 litros, 1 frasco para el análisis inicial de los metales y 18 para aplicarle el tratamiento y las repeticiones que posteriormente se analizaron para determinar la concentración final de Cadmio y Plomo disuelto. Para visualizar el punto de muestreo ubicado geográficamente se puede apreciar el mapa en *anexo 27*.

### 2.3.4. Diseño muestral

Debido a que el cauce del río Añasmayo que pasa por el sector de La Perla tiene aproximadamente de 28.7 kilómetros de recorrido, se determinó tomar muestras de 1 punto por conveniencia lo más cercano a la posible fuente de contaminación, para el establecimiento del punto de muestreo se tomó en cuenta las características de la zona y las consideraciones y procedimientos establecidos en el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales de la Autoridad Nacional del Agua”, 2016, así mismo las consideraciones para la toma de muestras también se realizaron siguiendo dicho protocolo.

## 2.4. Metodología de experimentación

En la metodología se presenta la propuesta de investigación que se siguió en la parte experimental para el desarrollo de la presente investigación. Esta constó de ciertos pasos y etapas las cuales se describen a continuación. Para observar el diagrama del procedimiento experimental ver Figura 47 en anexos.

### 2.4.1. Materiales

Los materiales que se emplearon en la investigación son los siguientes:

<b>MATERIALES</b>	
Mandil	Botellas de plástico para muestra
Cadena de custodia para matriz agua	Parafilm
Instrumentos de recolección de datos	Vaso precipitado de 0,5 L
Plumón indeleble	Vasos precipitados de 250 mL
Lapicero	Probeta de 1000 mL
Calculadora	Filtros para bomba de filtrado
Cuaderno de campo	Vasos descartables
Cámara fotográfica	Pisceta
Tamiz	Agua desionizada
Cronómetro	Guantes de nitrilo

### 2.4.2. Equipos

Los equipos que se emplearon en la investigación son los siguientes:

<b>EQUIPOS</b>	
Estufa	Equipo de Jarras
Plancha	Balanza analítica
Multiparámetro	Bomba de filtrado
Equipo de absorción atómica	Agitador Magnético

### 2.4.3. Reactivos

- Ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) 1:1 para preservar las muestras una vez que se envió al laboratorio.
- NaOH 0,1 N para realizar los lavados en medio básico a la borra de café.
- Ácido nítrico para preparar agua regia para el análisis de metales disueltos.

### 2.4.4. Caracterización de la borra de café

Para el rendimiento de la borra de café se pesaron 6 envases con 50 g de café molido y se pasó en la cafetera para la extracción del café soluble, después la borra de café se secó en la estufa por 2 horas a  $103^\circ\text{C}$ , luego se dejó enfriar y se pesó, luego se sometió 3 envases al pre tratamiento con NaOH que está descrito en el siguiente ítem y lavado con agua desionizada; y los envases restantes solo fueron sometidos a lavados con agua destilada como indica el ítem 2.4.5.; se volvió a secar en la estufa por 2 horas y se pesó para obtener el peso final de la borra en cada envase y calcular el rendimiento porcentual.

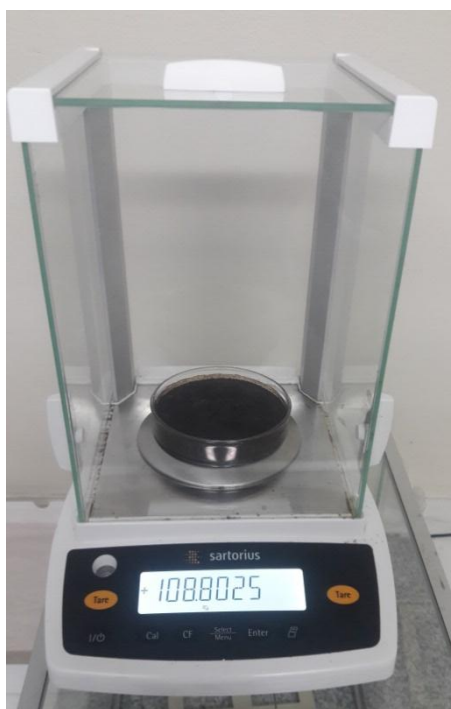


Figura 2: Peso de borra de café en placa petri.



Figura 3: Pesado de borra de café para cálculo de rendimiento.



Figura 4: Secado de la borra de café en la estufa para el cálculo e rendimiento.

Para el tamaño de partícula de borra de café se emplearon 3 tamices de medidas N° 10 ( $d = 2.00 \text{ mm}$ ), N° 20 ( $d = 0,850 \text{ mm}$ ) y N° 40 ( $d = 0,420 \text{ mm}$ ), las cuales se ordenaron de manera vertical y por donde se pasó 100 g de borra de café seca y se pesa la cantidad de borra de café retenido en cada tamiz y lo que logró pasar todos los tamices.





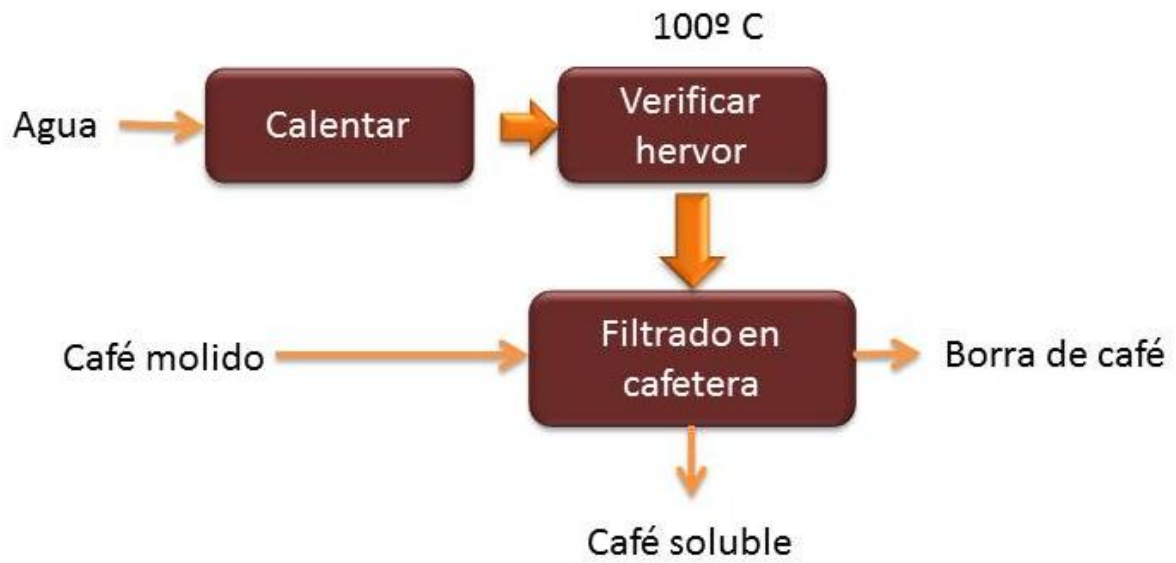
Figura 5: Tamices para determinación de la distribución del tamaño de partícula.

El tiempo de decantación de la borra de café se determinó sometiendo una masa de 10 g, 20 g y 30 g a agitación constante en envases diferentes con el mismo volumen de 0.5 L, y se toma el tiempo desde el momento que se deja de agitar la solución hasta que la borra de café haya decantado, este procedimiento se realiza por triplicado para tener la fiabilidad de los datos.

#### 2.4.5. Pre tratamiento de la borra de café

La obtención de la borra de café que se empleó como bioadsorbente fue mediante recolección de este residuo generado en viviendas al extraerse el café soluble, teniendo en consideración que la borra de café recolectada tenga una misma procedencia. El tratamiento que se le dio fue el secado en la estufa a 103° C durante 2 horas para eliminar el exceso de humedad que pueda interferir en la experimentación, luego se realizó 5 lavados con una solución de NaOH 0,1 N con agitación a un temperatura de 60-70° C para hidrolizar los grupos funcionales superficiales, dejándolo decantar después de cada lavado y luego se lavó con agua destilada hasta ya no observar coloración, por último, se filtró, se puso a secar en la estufa a 103° C por 2 horas, se dejó enfriar a temperatura ambiente y se selló en un envase. El cual se comparó con el tratamiento con borra de café que solo fue sometida a constantes lavados con agua destilada hasta no observar coloración y se puso a secar en la estufa a 100° C por una hora, obteniéndose de esta manera la biomasa de borra de café que se utilizó como bioadsorbente.

Figura 6: Diagrama del procesos de obtención de la borra de café.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 7: Diagrama del procesos de pre-tratamiento de la borra de café.



Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura 8: Preparación de la solución NaOH 0.1 N.



Figura 9: Filtrado de la borra de café luego del lavado con NaOH 0.1 N.



Figura 10: Secado de la borra de café.



Figura 11: Borra de café enfriando después del secado en la estufa.

#### 2.4.6. Obtención de las muestras del agua del río Añasmayo

Para la obtención de las muestras se empleó el método para toma de muestras en ríos desde la orilla, del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales de la ANA, 2016. Se utilizó este procedimiento ya que la ANA indica que se realiza cuando el río es profundo y caudaloso. El procedimiento consta de los siguientes pasos:

- a) Lo primero fue colocarse todos los implementos adecuados para realizar el muestreo, como guantes desechables, mandil y botas de seguridad.
- b) Se buscó un punto de fácil acceso y de corriente homogénea y poco turbulenta y de interés.
- c) Antes de tomar la muestra se enjuagó el balde con agua del punto de muestreo, como mínimo 2 veces.
- d) Se enjuagó el frasco con agua del punto de muestreo 2 veces como mínimo, sumergiéndolo a contra corriente hasta que estuviera parcialmente lleno.
- e) Para la toma de la muestra se sumergió el recipiente a contracorriente y a una profundidad de 20 cm.
- f) Se dejó libre un espacio del 1% del frasco aproximadamente para el preservante que se le adicionó después del tratamiento con borra de café para evitar interferencias en el tratamiento.
- g) Se evitó coleccionar suciedad, películas de la superficie o sedimento del fondo.
- h) Se recolectó la muestra en un balde de 12 L para garantizar que todos los frascos de 0.5 L contengan muestras homogéneas del punto muestreado.
- i) Se realizó las mediciones en campo de pH y temperatura por triplicado.
- j) Se filtró la muestra ya en laboratorio, antes de que esta sea sometida a algún análisis o tratamiento para obtener el valor de Cadmio y Plomo disuelto.



Figura 12: Río Añasmayo aguas arriba entrada centro poblado La Perla.



Figura 13: Toma de muestra de agua en el río Añasmayo.



Figura 14: Filtrado de muestra de agua con bomba al vacío

#### 2.4.7. Determinación de la concentración de Plomo y Cadmio disuelto en las muestras de agua del río Añasmayo.

El análisis de la concentración de Plomo y Cadmio disuelto se hizo mediante el método de absorción atómica en un laboratorio acreditado, lo que permitió determinar la concentración de estos dos metales disueltos en la muestra para lo cual se requirieron de soluciones estándares para poder generar la curva de calibración que forma parte de la calibración del equipo pero en el caso de las muestras para su análisis primero se extrajeron por muestra 50 mL y se digirió agregándole 5 mL de  $\text{HNO}_3$  y se puso a calentar la muestra en la plancha del laboratorio para concentrar los metales disueltos se realizará con 3 repeticiones cada medición para garantizar que el valor obtenido es válido y se realizó un análisis antes de aplicar el tratamiento y otro después del tratamiento.



Figura 15: Digestión de muestra de agua en medio ácido.



Figura 16: Ácido nítrico con dispensador en campana extractora, utilizado para digestión de muestras.



Figura 17: Muestra inicial digerida con su duplicado y adición (controles de laboratorio), antes de lectura.



Figura 18: Muestras digeridas post-tratamiento con borra de café.



Figura 19: Digestión de muestras tratada con borra de café.





Figura 20: Análisis de muestras con el equipo de adsorción atómica.

#### 2.4.8. Tratamiento de la muestra de agua con borra de café

Las pruebas de bioadsorción se realizaron bajo un sistema tipo Batch, para el tratamiento de las muestras, por cada muestra se separaron 3 vasos de precipitados con 0,5 L de muestra a las cuales se le agregó distintas dosis de borra de café (10, 20, 30 gramos), las cuales fueron sometidas a la prueba de jarras bajo las mismas condiciones: a temperatura ambiente, a una velocidad de 172 RPM, por un tiempo de 120 minutos para reducir la mayor cantidad de Cadmio y Plomo disuelto en las muestras y luego se determinó la concentración final de Cadmio y Plomo disuelto y se calculó el porcentaje de remoción y la capacidad de bioadsorción de la borra de café mediante las fórmulas descritas en el marco teórico.

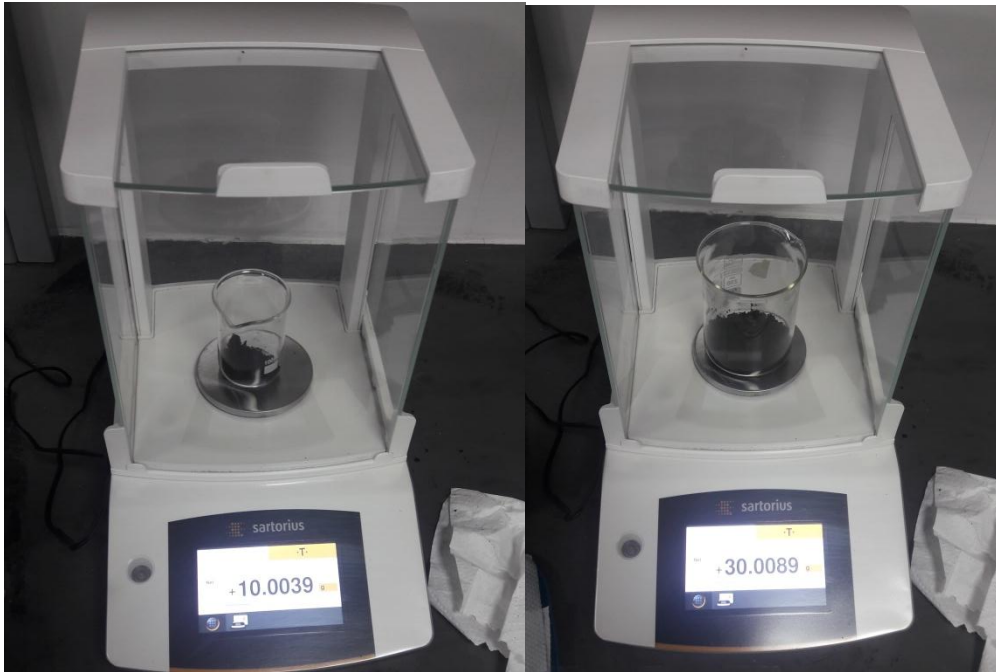


Figura 21: Pesaje de borra de café para tratamiento de muestras de agua.



Figura 22: Medición del pH antes y después del tratamiento.

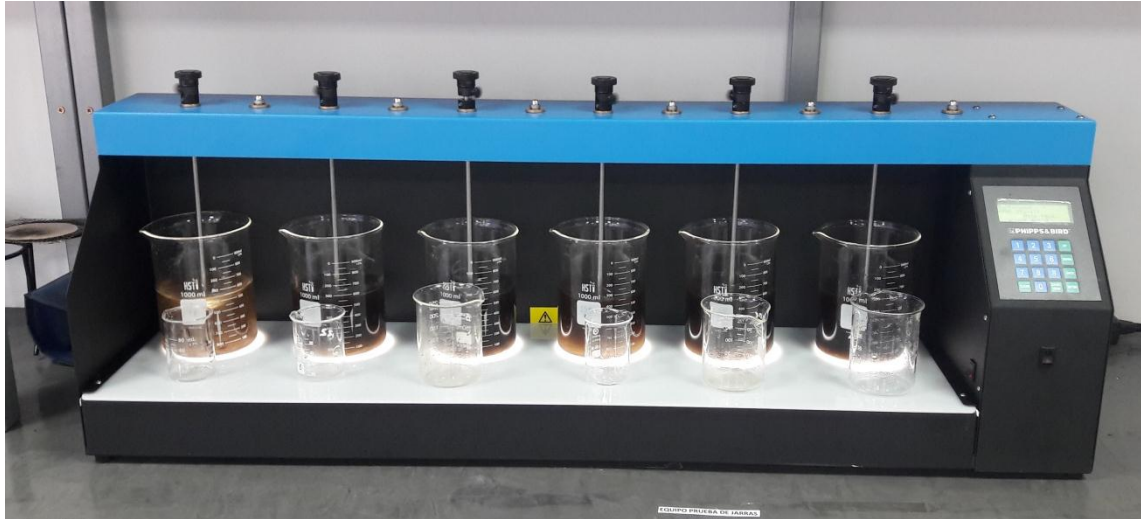


Figura 23: Muestras de agua en equipo de jarras.



Figura 24: Muestras de agua después de tratamiento, para análisis final de Cadmio y Plomo disueltos.

#### 2.4.9. Diseño experimental

La presente investigación se realizó mediante un método aleatorio para la determinación de las muestras, a las cuales se les aplicó 1 tratamiento mediante un lavado básico con NaOH y luego un lavado con agua destilada, y un testigo donde solo se realizó el lavado con agua destilada, se realizó 3 repeticiones de cada muestra para garantizar a fiabilidad de los datos.

El diseño que se planteó es experimental puro, diseño de pretest y post test con un grupo de control, este diseño se aplicó para cada dosis de borra de café que se utilizó, donde el

grupo A representa la muestra que fue tratada con borra de café alterada con NaOH 0,1 N y el grupo B hace referencia a la muestra de agua sometida a tratamiento con borra de café sin alteración química.

Grupo	Asignación	Pretest	Tratamiento	Post test
BCA	Sí R	O	X	O
BCB	Sí R	O		O

## 2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### 2.5.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos que se emplearon en la presenta investigación serán nombradas en la siguiente tabla:

**Tabla 9: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

ETAPAS	FUENTES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
Identificación de los puntos donde se tomará la muestra.	Agua del río Rímac sector San Mateo.	Observación y revisión bibliográfica.	Ficha de registro de datos en campo. (Ver Anexo 3)	Número de muestras.
Análisis inicial in situ de las muestras del río Rímac sector San Mateo.	Agua del río Rímac sector San Mateo.	Observación y revisión bibliográfica.	Ficha de registro de datos en campo. (Ver Anexo 3)	Valores de temperatura y pH in situ del agua de río Añasmayo sector La Perla- Huaral
Análisis inicial de las muestras del río Rímac sector San Mateo.	Laboratorio acreditado.	Observación	Ficha de registro de la concentración inicial y final de Cadmio disuelto. (Ver Anexo 4), Ficha de registro de la concentración inicial y final de Plomo disuelto. (Ver Anexo	Concentración inicial de Cadmio y Plomo disuelto en el agua de río Añasmayo sector La Perla- Huaral.

			5),	
Bioadsorción usando borra de café para remover Plomo y Cadmio disuelto.	Laboratorio de la Universidad César Vallejo- Lima Norte.	Experimento	Ficha de registro de cantidad de borra de café. (Ver Anexo 6)	Dosis de borra de café para la remoción de Plomo y Cadmio disuelto en el agua.
Análisis final de las muestras del río Rímac sector San Mateo.	Laboratorio acreditado.	Experimento	Ficha de registro de la concentración inicial y final de Cadmio disuelto (Ver Anexo 4), Ficha de registro de la concentración inicial y final de Plomo disuelto. (Ver Anexo 5),	Concentración final de Cadmio y Plomo disuelto en el agua de río Añasmayo sector La Perla.
Procesamiento de datos.	Excel 2013	Observación y revisión bibliográfica.	Ficha de registro de Capacidad de bioadsorción usando borra de café. (Ver Anexo 7)	Capacidad de bioadsorción usando borra de café para remover Plomo y Cadmio disuelto del agua del río Añasmayo sector La Perla- Huaral.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

### 2.5.2. Validez

Para poder garantizar la validez de la investigación, se realizó la validez del contenido que consistió en que los instrumentos de recolección de datos fueron sometidos al criterio de 3 jueces expertos en el tema de estudio. Todas las fichas de instrumentos con la firma de los 3 expertos seleccionados se encuentran adjuntas en anexos. Para lo cual, los tres especialistas colegiados que validaron los instrumentos, que se utilizará en esta investigación, son los siguientes:

<b>ESPECIALISTA 1</b>	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	Ordoñez Gálvez, Juan Julio
<b>GRADO ACADÉMICO</b>	Ingeniero mecánico de fluidos Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.
<b>N° DE COLEGIATURA</b>	89972
<b>ESPECIALISTA 2</b>	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	Jave Nakayo, Jorge Leonardo
<b>GRADO ACADÉMICO</b>	Ingeniero agrónomo Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.
<b>N° DE COLEGIATURA</b>	43444
<b>ESPECIALISTA 3</b>	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	Lizárraga Gamarra, Víctor Iván
<b>GRADO ACADÉMICO</b>	Ingeniero geógrafo
<b>N° DE COLEGIATURA</b>	95000

Los siguientes instrumentos fueron validados mediante una ficha de validación la cual se encuentra anexada en la presente investigación:

**Tabla 10: Instrumentos de validación.**

<b>NOMBRE DE INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN</b>	<b>ANEXO</b>
Ficha de registro de datos en campo	Anexo 8, anexo 9 y anexo 10.
Ficha de registro de concentración inicial y final de Cadmio disuelto	Anexo 1, anexo 12 y anexo 13.
Ficha de registro de concentración inicial y final de Plomo disuelto	Anexo 14, anexo 15 y anexo 16.
Ficha de registro de cantidad de borra de café	Anexo 17, anexo 18 y anexo 19.
Ficha de registro de eficiencia de la bioadsorción usando borra de café	Anexo 20, anexo 21 y anexo 22.

Fuente: Elaboración propia, 2018

### 2.5.3. Confiabilidad

Para comprobar la confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos previamente validados se utilizó el programa Microsoft Excel y SPSS 24.0 con los cuales permitió poder ordenar los datos para luego calcular el alfa de Cronbach, donde dicho coeficiente nos permite saber que tan confiable son los instrumentos que se emplearán en la investigación.

El valor que se obtuvo al calcular el alfa de Cronbach fue de 0.988 lo que nos indica que los instrumentos constan de una excelente confiabilidad.

**Tabla 11: Estadística de confiabilidad.**

<b>Estadística de Fiabilidad</b>	
Alfa de Cronbach	N de elementos
.988	10

Fuente: SPSS 24, 2017

### 2.6. Métodos de análisis de datos

Para el análisis estadístico de los datos como la prueba de normalidad, la cual se hizo con el método de Shapiro-Willks debido al tamaño de muestra es menor a 30 elementos y luego la prueba de hipótesis que dependiendo si los datos tienen una distribución normal se empleó la prueba t- student por el tamaño de muestra que posee (usando para muestras independientes y para muestras emparejadas) y para los datos que no tuvieron una distribución normal como el caso de la eficiencia de remoción se empleó la prueba de Wilcoxon y para el caso de la capacidad de bioadsorción se usó la prueba U de Mann Whitney (Rodríguez, Gutiérrez y Pozo, s.f.), para todo este procesamiento se empleó el programa “SPSS statistics 24.0” con la finalidad de poder obtener un análisis estadístico más fiable y con mayor facilidad. Para el caso de la elaboración de gráficas con los datos y su comparación con el Estándar de Calidad Ambiental para aguas se utilizó el programa Microsoft Excel 2013.

## 2.7. Aspectos Éticos

La presente investigación al ser experimental demuestra la eficiencia del uso de la metodología, procedimientos y se obtuvo resultados que están disponibles para consulta pública, sirviendo como base o antecedente para futuras investigaciones, por lo cual los datos son fehacientes, es decir sin ningún tipo de manipulación.

Además, debido a que la presente investigación se realizó en base a recopilación bibliográfica de conocimientos existentes en la ciencia ya establecida, para su posterior aplicación en un ámbito local, se respetó el derecho de autor de las fuentes consultadas debidamente citadas.



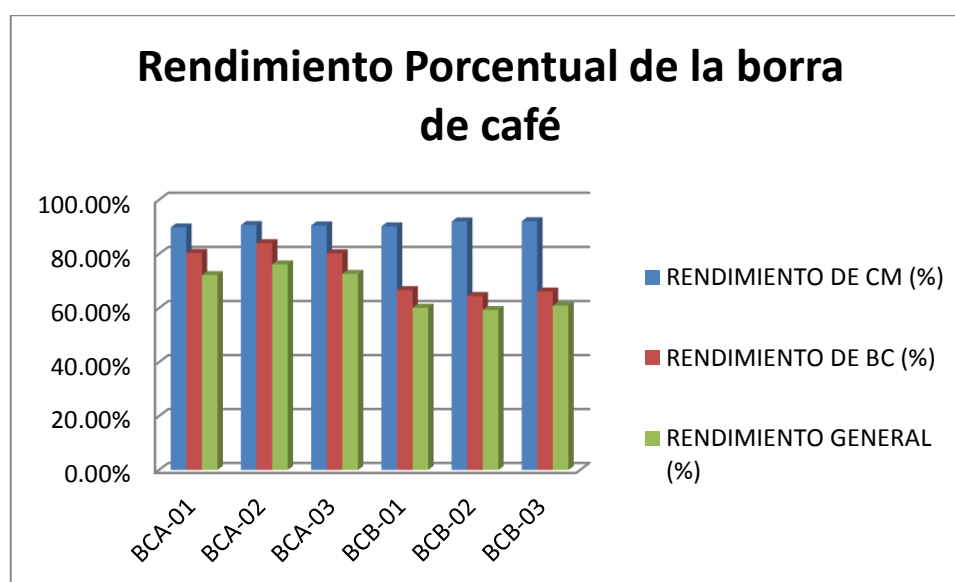
# **CAPÍTULO III: RESULTADOS**

### 3.1. Resultados de las características de la borra de café

#### 3.1.1. Resultados del rendimiento de la borra de café

En el siguiente gráfico se puede observar el rendimiento tanto del café molido (CM) que tiene al obtenerse la borra de café (BC), así como el rendimiento de la borra de café (BC) al ser sometida al tratamiento, cabe mencionar que el tratamiento para las muestras de código BCA es solo lavado con agua desionizada y para las muestras de código BCB son con tratamiento en medio básico con NaOH y posterior lavado con agua desionizada, y por último se pudo determinar el rendimiento general que va desde la masa de café molido (CM) hasta la obtención de la borra de café post- tratamiento.

**Figura 25: Rendimiento de la borra de café.**



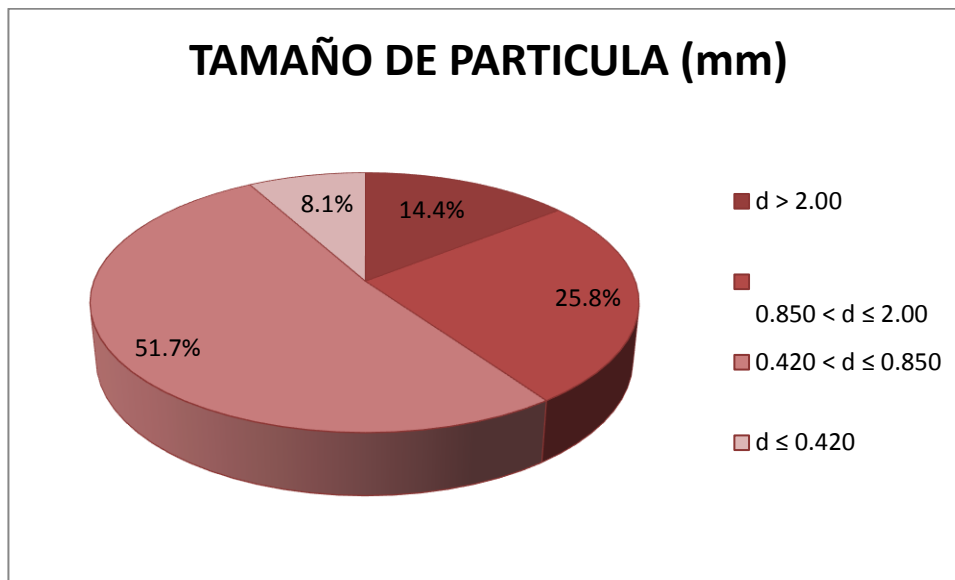
Autor: Elaboración propia, 2018

Se observó que el rendimiento porcentual para las muestras de borra de café tratadas solo con lavado de agua desionizada es mayor que para las muestras de BCB, esto debido a que en las muestras del primer grupo se omite un paso que es el tratamiento con NaOH, lo cual evita pérdida de borra de café, se determinó que la borra de café del grupo BCA tiene en promedio un rendimiento porcentual de 81.52% y un rendimiento general de 73.65%, y las del grupo BCB tienen en promedio 65.73% y un rendimiento general de 60.09%.

### 3.1.2. Resultados del tamaño de partícula de la borra de café

En la figura se muestra la distribución porcentual de la borra de café seca según el rango de tamaño de partícula que tiene.

**Figura 26: Distribución porcentual del tamaño de partícula de la borra de café.**



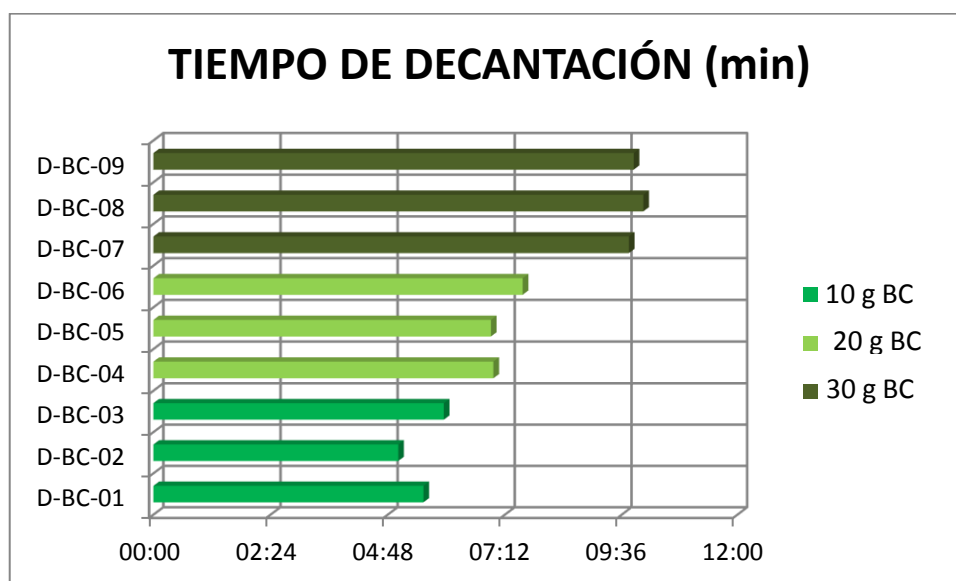
Autor: Elaboración propia, 2018

Se pudo observar que la mayor parte de las partículas de la borra de café poseen un tamaño entre 0.420 y 0.850 mm, a pesar que el café molido fino tiende a tener un mayor porcentaje de partículas menores a 0.420 mm en este caso obtuvo un valor menor por el procedimiento de obtención del café soluble en el que se perdieron gran parte de estas partículas que se va con el líquido porque al realizar la extracción del café soluble, su distribución porcentual está relacionado al rendimiento que la biomasa tiene y al método empleado para la extracción del líquido.

### 3.1.3. Resultados del tiempo de decantación de la borra de café

El tiempo de decantación se evaluó por triplicado y se dividió en 3 grupos dependiendo de la masa de borra de café (BC) que se le agregó en agua.

Figura 27: Tiempo de decantación de la borra de café.



Autor: Elaboración propia, 2018

Se pudo observar en la decantación que hay un pequeño porcentaje de partículas que no llegan a decantar por ser de mínimo tamaño de partícula, las cuales quedan en la parte superficial y se pierden en la decantación del agua. El tiempo de decantación de la borra de café fue mayor ligeramente en las muestras que tienen mayor cantidad de borra de café, con lo cual se concluyó que de manera generalizada se pueden dejar decantar las muestras tratadas con borra de café un tiempo general de 12 minutos.

### 3.2. Resultados de las propiedades fisicoquímicas del agua del río Añasmayo sector La Perla- Huaral

#### 3.2.1. Resultados de pH y temperatura del agua (mediciones en campo)

En la tabla se muestran los resultados de las mediciones en campo, con multiparámetro, del agua del río Añasmayo en Huaral, para lo cual antes se hizo la verificación y el ajuste con los buffer de pH 4, 7 y 10.

**Tabla 12: Mediciones en campo de pH y temperatura del agua del río Añasmayo.**

ITEM	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA	HORA	pH (unidad de pH)	Temperatura (° C)
1	AN-01	15/04/2018	16:00	6.82	16.4
2	AN-02	15/04/2018	16:00	6.89	16.0
3	AN-03	15/04/2018	16:00	6.95	16.1

Autor: Formato adaptado de ficha de ALAB, 2018

En donde se pudo determinar que el pH promedio del agua del río Añasmayo es de 6.89 en unidades de pH y la temperatura promedio es de 16.2° C. La temperatura in situ medida es natural a la ubicación geográfica del río ya que al encontrarse en la parte andina de Huaral la temperatura suele ser menor, con respecto al pH in situ, se observó que el pH que tenía estaba dentro del rango del ECA para agua.

### 3.2.2. Resultados de pH del agua (pre y post tratamiento con borra de café)

Para poder entender en adelante la codificación de las muestras sometidas a tratamiento se presenta las siguientes tablas:

En la tabla 13 se detalla los códigos de las muestras de agua del río Añasmayo que fueron sometidas solo a lavado con agua desionizada, así como la cantidad de borra de café con la que fue tratada y el volumen de la muestra.

**Tabla 13: Datos de muestras sometidas solo a lavado con agua desionizada.**

ITEM	CODIGO DE MUESTRA	MASA BC (g)	VOLUMEN MUESTRA (L)
1	AN-BCA-01	10	0.5
2	AN-BCA-02	10	0.5
3	AN-BCA-03	10	0.5
4	AN-BCA-04	20	0.5
5	AN-BCA-05	20	0.5
6	AN-BCA-06	20	0.5
7	AN-BCA-07	30	0.5
8	AN-BCA-08	30	0.5
9	AN-BCA-09	30	0.5

Autor: Elaboración propia, 2018

En la tabla 14 se detallan los códigos de las muestras de agua del río Añasmayo que fueron sometidas a tratamiento con borra de café, la cual fue sometida a un pre tratamiento con NaOH 0,1 N y posteriormente lavada con agua desionizada.

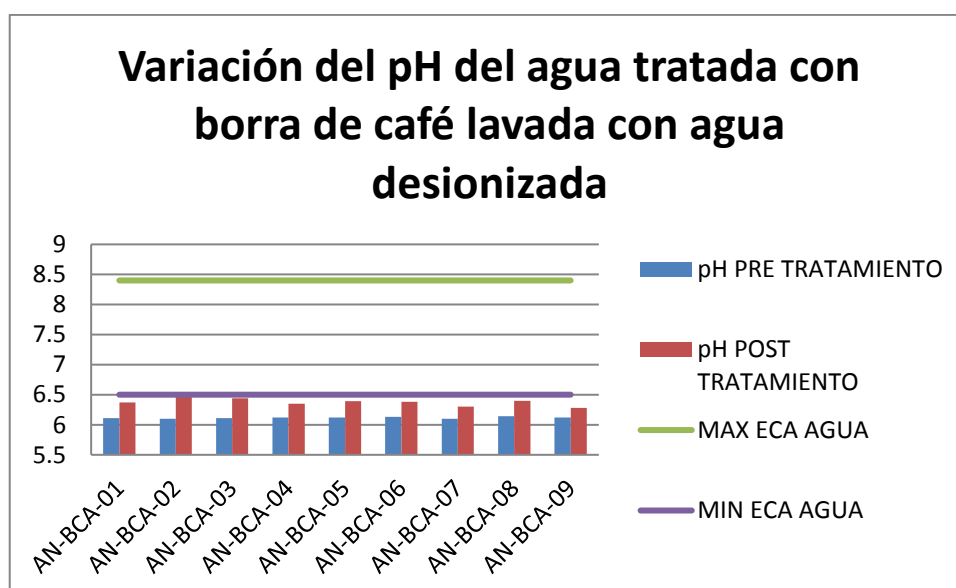
**Tabla 14: Datos de muestras sometidas a tratamiento con bc tratada con NaOH y agua.**

ITEM	CODIGO DE MUESTRA	MASA BC (g)	VOLUMEN MUESTRA (L)
1	AN-BCB-01	10	0.5
2	AN-BCB-02	10	0.5
3	AN-BCB-03	10	0.5
4	AN-BCB-04	20	0.5
5	AN-BCB-05	20	0.5
6	AN-BCB-06	20	0.5
7	AN-BCB-07	30	0.5
8	AN-BCB-08	30	0.5
9	AN-BCB-09	30	0.5

Autor: Elaboración propia, 2018

En la figura n° 28 se detallan los valores de pH antes y después del tratamiento con borra de café lavada con agua desionizada y se hace un comparativo con los límites establecidos en el ECA para aguas.

**Figura 28: Variación del pH del agua tratada con borra de café lavada con agua desionizada.**

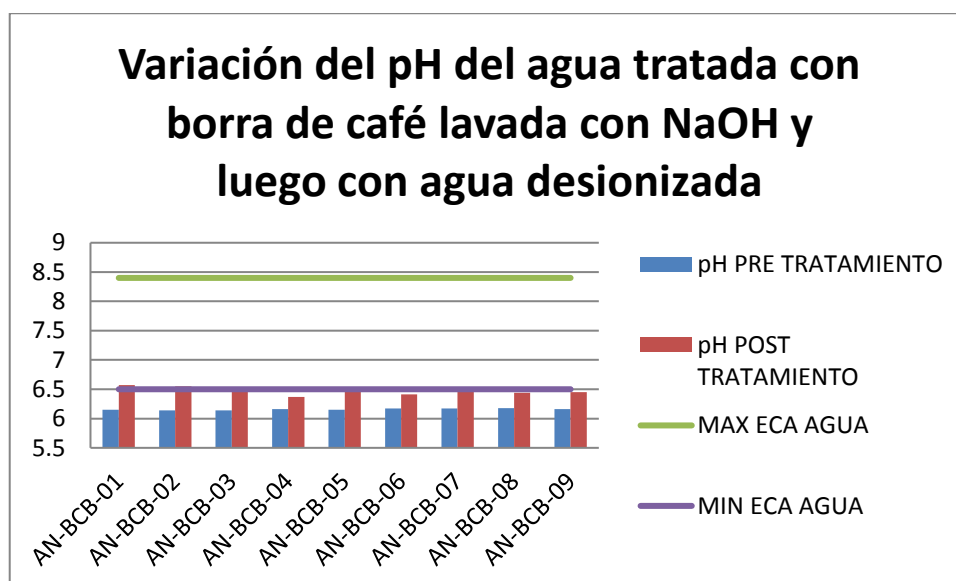


Autor: Elaboración propia, 2018

En la figura se puede observar que el pH tanto antes como después del tratamiento se encuentran por debajo del rango establecido en el ECA para aguas para a categoría 3, sin embargo, hay un ligero aumento en el pH posterior al tratamiento habiendo algunos valores que se acercan mucho al valor mínimo del pH establecido en el ECA. Se observó que las muestras que tenían 10 gramos de borra de café (AN-BCA-01, AN-BCA-02, AN-BCA-03) son las que presentaron mayor valor de pH después del tratamiento y también fueron las que presentaron mayor variación, siendo la mayor variación de 0.36 unidades de pH, equivalente a un 5.90% de variación, correspondiente a la muestra AN-BCA-02.

En la figura 29 se detalla los resultados de pH antes y después del tratamiento para el grupo de muestras tratadas con borra de café pre tratada con NaOH 0.1 N y posterior lavado con agua desionizada.

**Figura 29: Variación del pH del agua tratada con borra de café lavada con NaOH y luego con agua desionizada.**



Autor: Elaboración propia, 2018

En la figura 29 se observó que la tendencia es la misma que en el caso anterior, con la diferencia que la variación del pH es mayor, en este caso si hubieron algunos resultados que estuvieron dentro del rango establecido en el ECA de aguas y esto se debió a que la borra había sido tratada en un medio básico con hidróxido de sodio. Cabe mencionar que los más altos valores de pH lo tuvieron las muestras de agua con 10 gramos de borra de café tratada

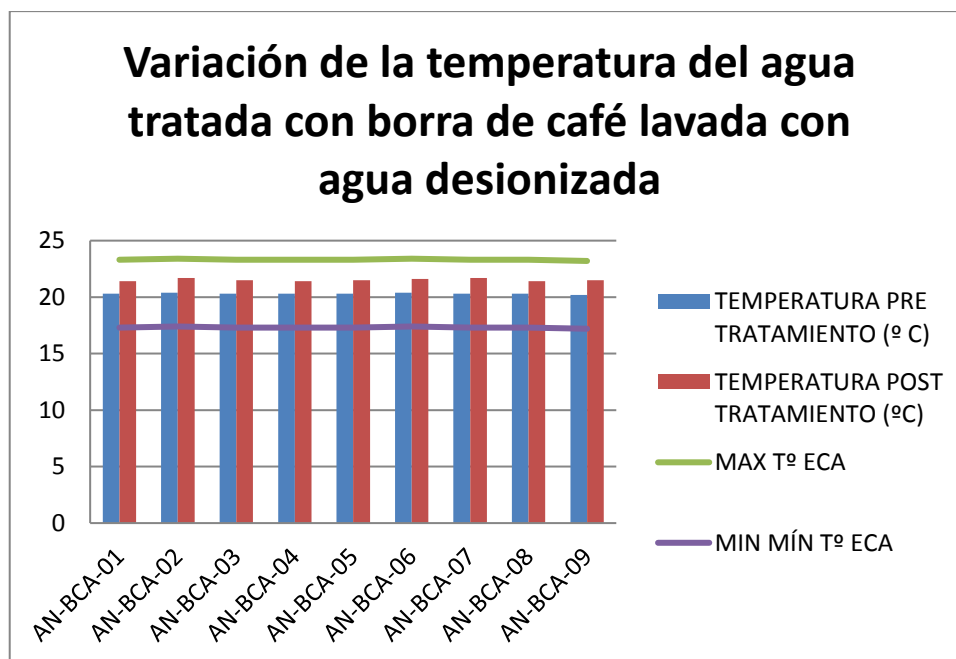
al igual que el caso anterior, teniendo un máximo valor de 6.57 unidades de pH correspondiente a la muestra de código AN-BCB-01 y una variación de 0.42, equivalente a un 6.83% de variación, correspondiente a la muestra AN-BCB-01.

### 3.2.3. Resultados de temperatura del agua (pre y post tratamiento con borra de café)

Como parte de los indicadores a medir con respecto a las propiedades fisicoquímicas del agua, se midió la temperatura antes y después del tratamiento para ver la variación a la cual se ve afectada en agua.

En la figura 30 se detalla la temperatura de cada una de las muestras de agua antes y después del tratamiento con borra de café que solo fue lavada con agua desionizada, en donde se pudo observar que la temperatura tiende a aumentar ligeramente en todos los casos después del tratamiento, la mayor variación fue el aumento de 1.4° C que ocurrió para las muestras AN-BCA-02 y AN-BCA-07 y en general tienen un promedio de variación de temperatura de 1.22° C.

**Figura 30: Variación de la temperatura del agua tratada con borra de café lavada con agua desionizada.**

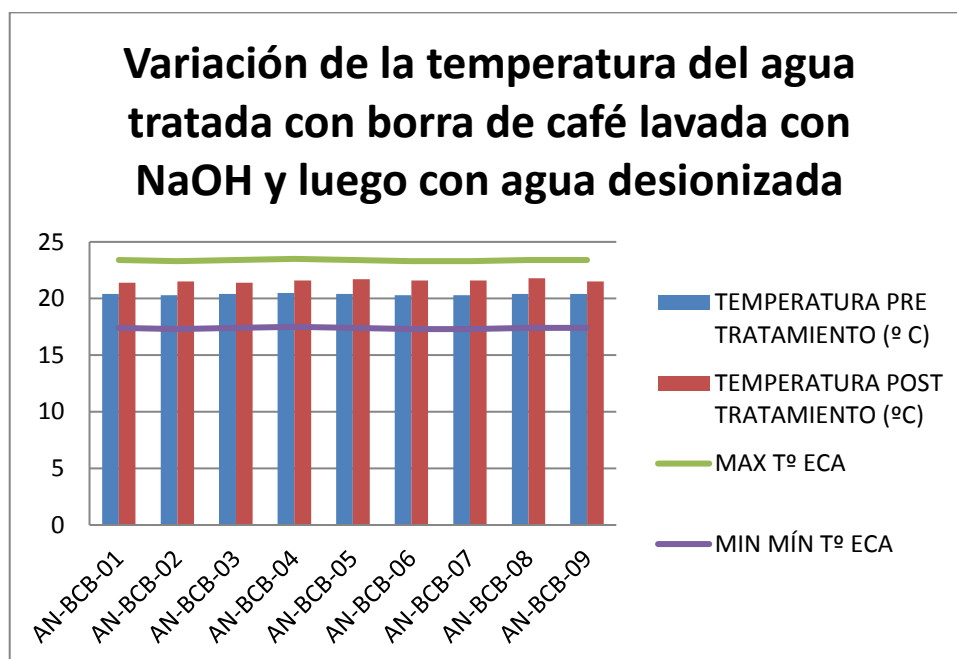


Autor: Elaboración propia, 2018.



En la figura 31 hace referencia a la variación de temperatura en las muestras de agua tratadas con borra de café que fue pre tratada con NaOH 0,1 N y posteriormente lavada con agua desionizada, se muestra, al igual que en el caso anterior, una tendencia a aumentar la temperatura después del tratamiento aunque en este caso la variación máxima y promedio fue menor a la del grupo anterior, la variación promedio fue de 1.17° C y la máxima variación fue de 1.4 correspondiente a la muestra AN-BCB-08. Adicional a ello se puede observar los límites del ECA para aguas en donde se observar que está dentro del rango en todo momento.

**Figura 31: Variación de temperatura del agua tratada con borra de café lavada con NaOH y luego con agua desionizada.**



Autor: Elaboración propia, 2018.

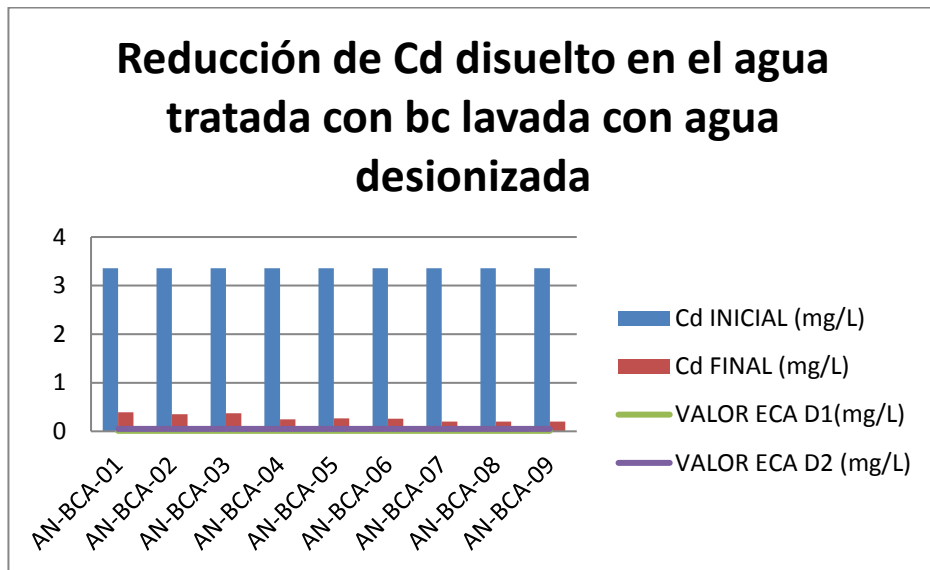
3.3. Resultados de eficiencia de remoción de Cadmio y Plomo disuelto en el agua del río Añasmayo

3.3.1. Resultados de eficiencia de remoción de Cadmio disuelto en el agua

En la figura 32 se muestra como el porcentaje de remoción de Cadmio disuelto fue aumentando conforme se aumentó la dosis de borra de café y si se hizo un comparativo con la figura 33 se observó que la mayor remoción tuvieron las muestras de agua tratadas

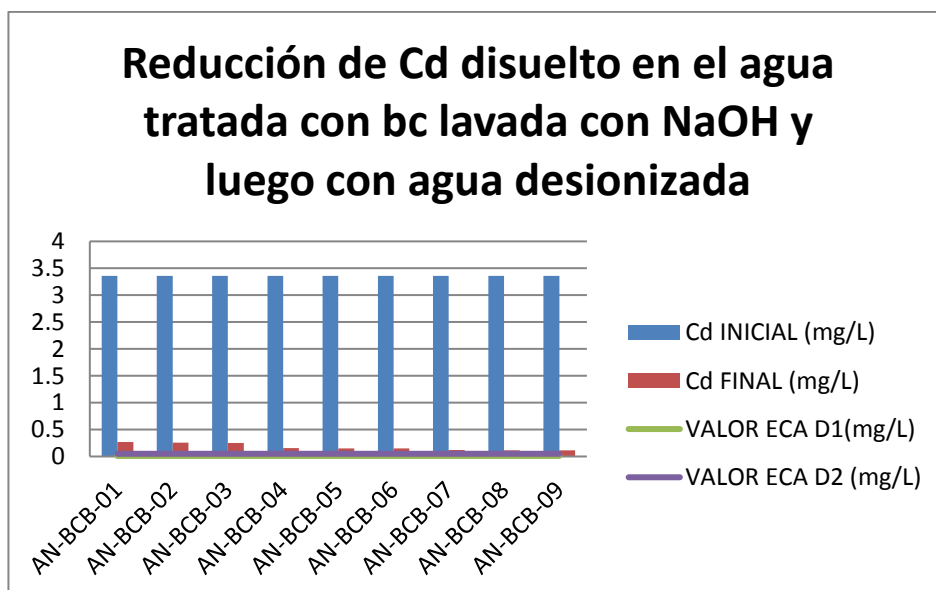
con borra de café pre tratadas con NaOH 0.1 N, no obstante en ninguno de los dos grupo o tipos de tratamientos se logró que la concentración de metales disueltos quedara por debajo del límite del ECA para agua. Además se pudo concluir, que la dosis de borra de café es directamente proporcional al porcentaje de remoción de Cadmio y Plomo disuelto.

**Figura 32: Remoción de Cadmio disuelto en el agua tratada con borra de café lavada con agua desionizada.**



Autor: Elaboración propia, 2018.

**Figura 33: Remoción de Cadmio disuelto en el agua tratada con borra de café lavada con NaOH y luego con agua desionizada.**

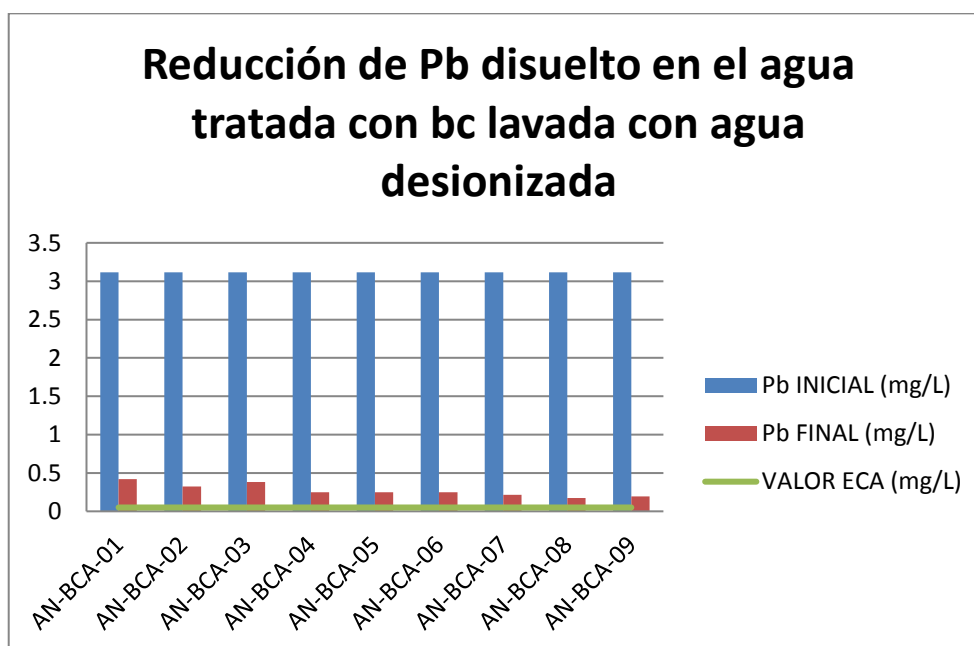


Autor: Elaboración propia, 2018.

### 3.3.2. Resultados de eficiencia de remoción de Plomo disuelto en el agua

En la figura 34 se observó la remoción de plomo disuelto en las muestras de agua tratada con borra de café lavada con agua desionizada donde la mayor eficiencia la obtuvo la de dosis de 30 g de borra de café y fue en promedio 93.74% correspondiente a las muestras BCA-07, BCA-08 y BCA-09. También se aprecia una tendencia a aumentar el porcentaje de remoción conforme se aumenta la dosis de borra de café

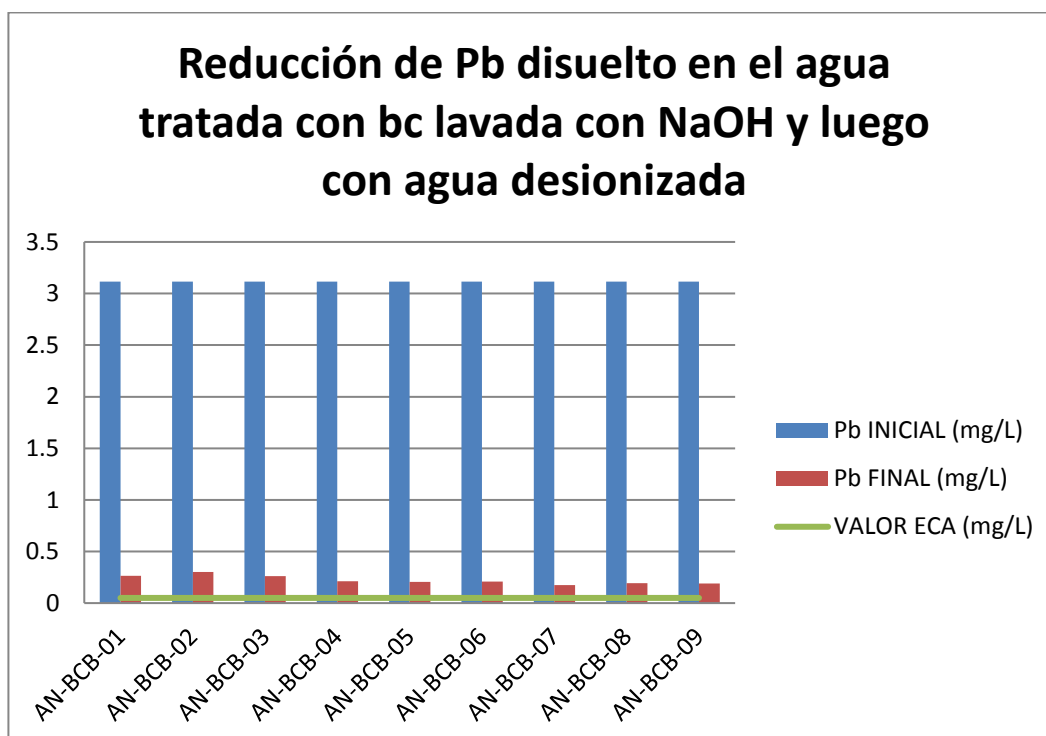
**Figura 34: Remoción de Plomo disuelto en el agua tratada con borra de café lavada con agua desionizada.**



Autor: Elaboración propia, 2018.

En la figura 35 se muestra la remoción de Plomo disuelto en el agua tratada con borra de café que fue tratada con NaOH 0.1 N en donde se observó una misma tendencia que el caso anterior a aumentar el porcentaje de remoción conforme se aumenta la dosis de borra de café, no obstante, si se compara con la figura 33 se puede concluir que mayor eficiencia de remoción de Plomo disuelto tiene el tratamiento con borra de café pre-tratada con NaOH 0.1 N aunque la diferencia no fue tan representativa en algunos casos, teniendo en promedio 94.05% de remoción de Plomo disuelto correspondiente a las muestras de dosis 30 g de borra de café con código BCB-07, BCB-08, BCB-09. Además, cabe mencionar que al igual que con Cadmio disuelto, el tratamiento no permitió dejar la concentración de Plomo por debajo del límite establecido en el ECA de agua.

**Figura 35: Remoción de Plomo disuelto en el agua tratada con borra de café lavada con NaOH y luego con agua desionizada.**

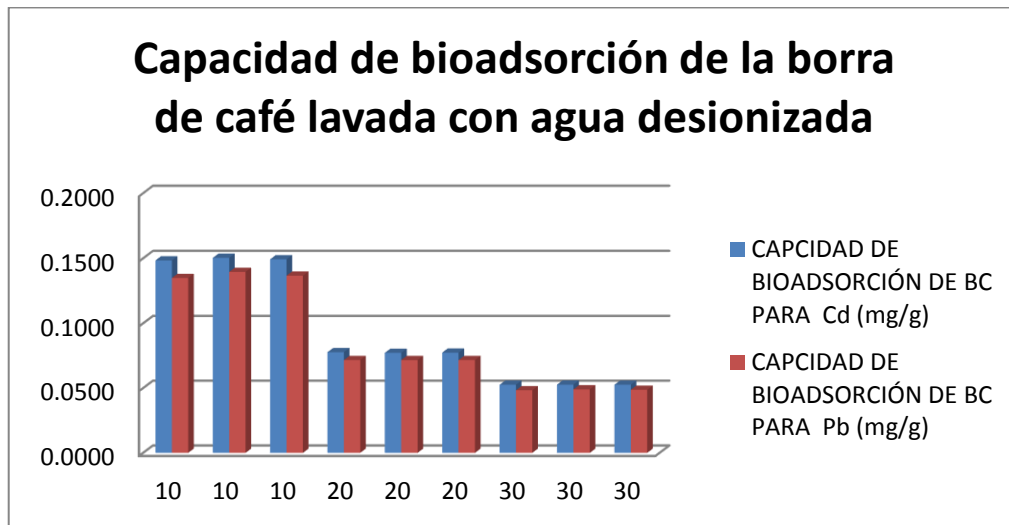


Autor: Elaboración propia, 2018.

#### 3.4. Resultados de capacidad de bioadsorción de la borra de café

De acuerdo a los resultados obtenidos en la figura 36 se pudo observar que con la borra de café solo lavada con agua desionizada hay una mayor capacidad de bioadsorción de Cadmio disuelto que de Plomo disuelto, siendo las menores dosis las que tienen una mayor capacidad de bioadsorción debido a que hay mayor disponibilidad de los metales disueltos para menor cantidad de bioadsorbente. Para Plomo disuelto tuvo en promedio una capacidad de bioadsorción de 0.1370 mg de Pb disuelto/g de borra de café con una dosis de 10 gramos de borra de café y para Cadmio disuelto tuvo en promedio una capacidad de 0.1493 mg de Cd disuelto/g de borra de café.

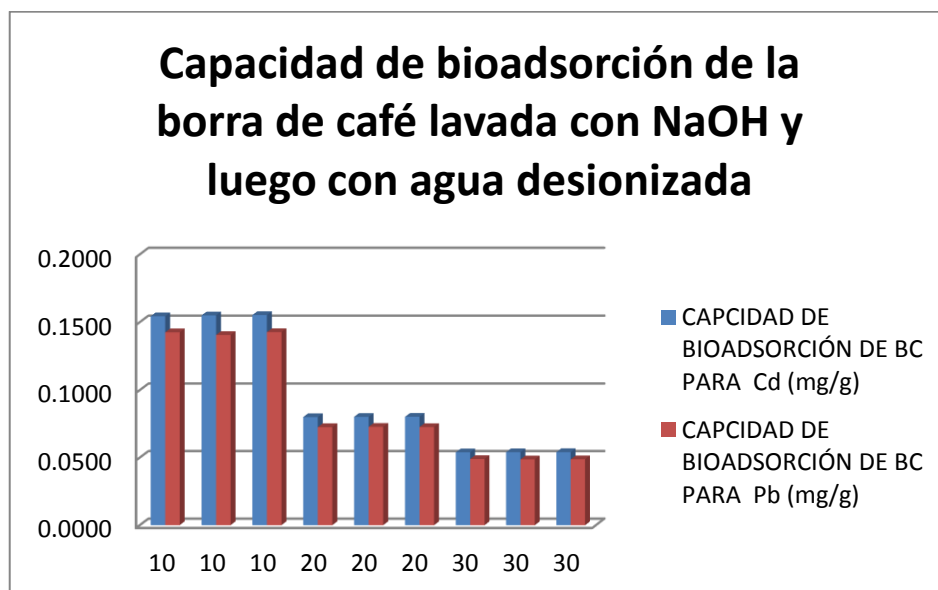
**Figura 36: Capacidad de bioadsorción de la borra de café lavada con agua desionizada.**



Autor: Elaboración propia, 2018.

Se pudo observar en la figura 37 que la tendencia a aumentar la capacidad de bioadsorción conforme se disminuye la dosis de borra de café tratada con NaOH en este caso es igual al caso anterior con la diferencia que la capacidad de bioadsorción es mayor con la borra de café pre-tratada con NaOH teniendo en promedio 0.1549 mg de Cd disuelto/g de borra de café y 0.1419 mg de Pb disuelto/g de borra de café para dosis 10 g.

**Figura 37: Capacidad de bioadsorción de la borra de café lavada con NaOH y luego con agua desionizada.**



Autor: Elaboración propia, 2018.

### 3.5. Análisis estadístico de resultados de características de la borra de café

#### 3.5.1. Análisis estadístico de resultados del rendimiento de la borra de café

Los valores de rendimiento de borra de café tanto en el grupo de muestras de borra de café lavadas con agua (BCA) y el grupo de muestras de borra de café tratadas con NaOH y lavadas con agua (BCB) cuentan con una distribución normal debido a que el nivel de significancia obtenido en el SPSS es mayor que el valor del nivel alfa de significancia de 0.05.

**Tabla 15: Prueba de normalidad para los resultados del rendimiento de la borra de café.**

<b>Pruebas de normalidad</b>				
	tratamiento de borra de café	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
masa de café molido	BCA	,898	3	,380
	BCB	,878	3	,317
masa de borra de café	BCA	,898	3	,379
	BCB	,784	3	,078
masa de borra post-tratamiento	BCA	,826	3	,178
	BCB	1,000	3	,992

a. Corrección de significación de Lilliefors  
SPSS, 2018.

Otros valores obtenidos mediante el SPSS son la media de los valores según grupo de datos, el número de muestras (N), la desviación estándar y la media de error estándar.

**Tabla 16: Estadísticas descriptivas de resultados del rendimiento de la borra de café.**

<b>Estadísticas de muestras emparejadas</b>					
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	masa de café molido	50,007083	6	,0046991	,0019184
	masa de borra de café	45,449083	6	,4770789	,1947666
Par 2	masa de borra de café	45,449083	6	,4770789	,1947666
	masa de borra p	33,440867	6	3,7844782	1,5450068

SPSS, 2018.

Luego a los valores se le aplicó la prueba de t-student para muestras relacionadas indicando que es significativo el tratamiento aplicado a la borra de café debido a que el nivel de significancia es menor que el nivel alfa de significancia de 0.05 para ambos casos de la masa obtenida después del proceso de extracción del café soluble y después del tratamiento con NaOH y agua.

**Tabla 17: Prueba t-student para el rendimiento de la borra de café.**

<b>Prueba de muestras emparejadas</b>						
		Diferencias emparejadas		t	gl	Sig. (bilateral)
		95% de intervalo de confianza de la diferencia				
		Inferior	Superior			
Par 1	masa de café molido - masa de borra de café	4,0610910	5,0549090	23,579	5	,000
Par 2	masa de borra de café - masa de borra p	7,7302635	16,2861698	7,216	5	,001

SPSS, 2018.

### 3.5.2. Análisis estadístico de resultados del tiempo de decantación de la borra de café

Los datos al tener menos de 50 elementos fueron sometidos a la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk en el cual nos indica que la distribución de sus datos es normal para el caso de todas las dosis debido a que el valor de significancia obtenido en el SPSS es mayor a 0.05 que es el valor del alfa.

**Tabla 18: Prueba de normalidad para los resultados del tiempo de decantación de la borra de café.**

<b>Pruebas de normalidad</b>				
	DOSIS	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
DECANTACION	DOSIS 10	,996	3	,882
	DOSIS 20	,807	3	,132
	DOSIS 30	,964	3	,637
a. Corrección de significación de Lilliefors				

SPSS, 2018.

En la siguiente tabla se muestran estadísticos descriptivos de los resultados de tiempo de decantación de la borra de café a distintas dosis, se puede observar que la media del tiempo de decantación de la borra de café (en segundos) va aumentando conforme aumenta la dosis de borra de café.

**Tabla 19: Estadística descriptiva para resultados de tiempo de decantación de la borra de café.**

<b>Estadísticas de grupo</b>			
	Dosis de borra de café		Estadística
Tiempo de decantación de la borra de café	DOSIS 10	N	3
		Media	330,00
		Desviación estándar	28,054
		Media de error estándar	16,197
	DOSIS 20	N	3
		Media	429,00
		Desviación estándar	21,703
		Media de error estándar	12,530
	DOSIS 30	N	3
		Media	593,00
		Desviación estándar	9.165
		Media de error estándar	5.292

SPSS, 2018.

Para saber si la dosis de borra de café afecta al tiempo de decantación se analiza si las varianzas son iguales o no mediante la prueba de Levene, la cual indica que si la significancia en esta prueba es mayor al alfa ( $\alpha=0,05$ ) las varianzas son iguales, pues en este caso. Una vez definido ello se analiza la prueba de t-student para muestras independientes en el caso de varianzas iguales como indicó el resultado de la prueba de Levene, se observa que el nivel de significancia obtenido en el SPSS para la prueba t-student es 0.008 e cual es menor al alfa, 0.05, lo que indica que la dosis de borra de café si tiene un efecto significativo en el tiempo de decantación.



**Tabla 20: Prueba t-student para resultados de tiempo de decantación de la borra de café**

<b>Prueba de muestras independientes</b>						
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
Tiempo de decantación de la borra de café	Se asumen varianzas iguales	,076	,796	-4,835	4	,008
	No se asumen varianzas iguales			-4,835	3,763	,010

SPSS, 2018.

3.6. Análisis estadístico de resultados de las propiedades fisicoquímicas del agua del río Añasmayo sector La Perla Huaral

3.6.1. Análisis estadístico de resultados de la variación del pH del agua

La siguiente tabla indicó que al procesar los datos mediante la prueba de normalidad de Shapiro- Wilk con respecto al tipo de tratamiento (BCA= solo lavado con agua, BCB= pre tratamiento con NaOH) los valores de pH antes y después del tratamiento con borra de café presentan una distribución normal debido a que el nivel de significancia obtenido en el SPSS es mayor que el alfa= 0.05 en todos los casos.

**Tabla 21: Prueba de normalidad para resultados de pH en el agua según el tipo de pre-tratamiento que recibió la borra de café.**

<b>Pruebas de normalidad</b>				
	Tipo de tratamiento	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
pH antes del tratamiento	BCA	,936	9	,545
	BCB	,938	9	,557
pH después del tratamiento	BCA	,964	9	,838
	BCB	,944	9	,624

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

SPSS, 2018.

En esta tabla se observó que usando la misma prueba de normalidad que en el caso anterior pero con respecto a la dosis de borra de café indicó que los resultados de pH antes y después del tratamiento con borra de café también presentan una distribución normal debido a que el nivel de significancia obtenido en el SPSS es mayor que el  $\alpha = 0.05$  en todos los casos.

**Tabla 22: Prueba de normalidad para resultados de pH en el agua según la dosis de borra de café.**

<b>Pruebas de normalidad</b>				
	Dosis de borra de café	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
pH antes del tratamiento	Dosis 10	,869	6	,221
	Dosis 20	,892	6	,331
	Dosis 30	,952	6	,755
pH después del tratamiento	Dosis 10	,916	6	,476
	Dosis 20	,911	6	,441
	Dosis 30	,832	6	,113
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.				
a. Corrección de significación de Lilliefors				

SPSS, 2018.

En la tabla se muestran estadísticas descriptivas del indicador pH antes y después del tratamiento

**Tabla 23: Estadística descriptiva para resultados de pH en el agua.**

<b>Estadísticas de muestras emparejadas</b>					
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	pH antes del tratamiento	6,1372	18	,02492	,00587
	pH después del tratamiento	6,4239	18	,07964	,01877

SPSS, 2018.

Dado que la significancia obtenida en el SPSS mediante la prueba t-student de muestras relacionadas fue de 0.000 y que esta es menor que el nivel alfa de 0.05 se concluye que el tratamiento con borra de café si tiene un efecto significativo en pH del agua del río Añasmayo.

**Tabla 24: Prueba t-student para resultados de pH en el agua.**

<b>Prueba de muestras emparejadas</b>				
		t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1	pH antes del tratamiento - pH después del tratamiento	-16,461	17	,000

SPSS, 2018.

### 3.6.2. Análisis estadístico para resultados de la variación de la temperatura del agua.

La prueba de normalidad de Shapiro- Wilk realizada a la temperatura del agua antes y después del tratamiento con borra de café con respecto al tipo de pre-tratamiento que recibió la borra de café arrojó que los resultados obtenidos presentan una distribución normal debido a que la significancia obtenida en dicha prueba en el SPSS es mayor al nivel alfa en todos los casos presentados como se pudo observar en la tabla.

**Tabla 25: Prueba de normalidad para resultados de temperatura en el agua según el tipo de pre-tratamiento que recibió la borra de café.**

<b>Pruebas de normalidad</b>				
	Tipo de tratamiento	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Temperatura antes del tratamiento	BCA	,693	9	,061
	BCB	,781	9	,052
Temperatura después del tratamiento	BCA	,851	9	,076
	BCB	,936	9	,545
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.				
a. Corrección de significación de Lilliefors				

SPSS, 2018.

Así mismo con respecto a la dosis de borra de café que se utilizó, la prueba de Shapiro- Wilk arrojó que los datos de temperatura del agua antes y después del tratamiento con borra de café presentan una distribución normal debido a que la significancia obtenida en dicha prueba en el SPSS es mayor al nivel alfa en todos los casos presentados como se pudo observar en la tabla.

**Tabla 26: Prueba de normalidad de resultados de temperatura del agua según la dosis de borra de café.**

<b>Pruebas de normalidad</b>				
	Dosis de borra de café	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Temperatura antes del tratamiento	Dosis 10	,822	6	,091
	Dosis 20	,822	6	,091
	Dosis 30	,866	6	,212
Temperatura después del tratamiento	Dosis 10	,822	6	,091
	Dosis 20	,915	6	,473
	Dosis 30	,958	6	,804
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.				
a. Corrección de significación de Lilliefors				

SPSS, 2018.

3.7. Análisis estadístico de los resultados de eficiencia de remoción de Cadmio y Plomo disueltos en el agua del río Añasmayo sector La Perla- Huaral

3.7.1. Análisis estadístico de los resultados de eficiencia de remoción de Cadmio disueltos en el agua del río Añasmayo sector La Perla- Huaral.

En las tablas 26 y 27 se puede concluir que la distribución de los resultados de remoción de cadmio disueltos no presenta una distribución normal debido a que en casi todos los casos la significancia obtenida en el SPSS es menor al alfa.

**Tabla 27: Prueba de normalidad para resultados de remoción de Cadmio disueltos en el agua según tipo de pre-tratamiento que recibió la borra de café.**

<b>Pruebas de normalidad</b>				
	Tipo de tratamiento	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Cadmio final mg/L	BCA	,868	9	,116
	BCB	,810	9	,027
c. Corrección de significación de Lilliefors				

SPSS, 2018.

**Tabla 28: Prueba de normalidad de los resultados de Cadmio disuelto en el agua según dosis de borra de café.**

<b>Pruebas de normalidad</b>				
	Dosis de borra de café	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Cadmio final mg/L	Dosis 10	,840	6	,131
	Dosis 20	,775	6	,035
	Dosis 30	,731	6	,013
d. Corrección de significación de Lilliefors				

SPSS, 2018.

En la tabla 28 se muestran los rangos establecidos en las pruebas de Wilcoxon según los grupos formados en donde el signo puede ser positivo o negativo o neutro, los resultados de la prueba de rangos dieron que todos los elementos son negativos es decir que en todos los casos los resultados de Cadmio estadísticas descriptivas relacionadas a los resultados de remoción de Cadmio disuelto, como media, números de muestras, entre otras.

**Tabla 29: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para resultados de remoción de Cadmio disuelto.**

<b>Rangos</b>				
		N	Rango promedio	Suma de rangos
Cadmio final mg/L - Cadmio inicial mg/L	Rangos negativos	18 <sup>a</sup>	9,50	171,00
	Rangos positivos	0 <sup>b</sup>	,00	,00
	Empates	0 <sup>c</sup>		
	Total	18		
a. Cadmio final mg/L < Cadmio inicial mg/L				
b. Cadmio final mg/L > Cadmio inicial mg/L				
c. Cadmio final mg/L = Cadmio inicial mg/L				

SPSS, 2018.

En la tabla 29 se muestra la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas, cuando los datos no son normales, que se aplicó a los resultados de cadmio disuelto en el agua tratada, en donde la significancia obtenida por el SPSS al ser menor que el alfa, indica que si hay un efecto significativo en el tratamiento con borra de café en la concentración del Cadmio disuelto.

**Tabla 30: Prueba Wilcoxon para resultados de remoción de Cadmio disuelto.**

<b>Estadísticos de prueba<sup>a</sup></b>	
	Cadmio final mg/L - Cadmio inicial mg/L
Z	-3,724 <sup>b</sup>
Sig. asintótica (bilateral)	,000
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	
b. Se basa en rangos positivos.	

SPSS, 2018.

3.7.2. Análisis estadístico de los resultados de eficiencia de remoción de Plomo disuelto en el agua del río Añasmayo sector La Perla- Huaral.

Se puede observar en la tabla 30 y 31 que la distribución de los resultados de remoción de Plomo disuelto en el agua, son normales debido a que la significancia obtenida en el SPSS es mayor al nivel alfa en todos los casos excepto para los datos de dosis de 20 gramos.

**Tabla 31: Prueba de normalidad de los resultados de la eficiencia de remoción de Plomo disuelto según tipo de pre-tratamiento que recibió la borra de café.**

<b>Pruebas de normalidad</b>				
	Tipo de tratamiento	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Plomo final mg/L	BCA	,906	9	,287
	BCB	,890	9	,201
c. Corrección de significación de Lilliefors				

SPSS, 2018.

**Tabla 32: Prueba de Normalidad de los resultados de eficiencia de remoción de Plomo disuelto según dosis de borra de café.**

<b>Pruebas de normalidad</b>				
	Dosis de borra de café	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Plomo final mg/L	Dosis 10	,914	6	,461
	Dosis 20	,754	6	,062
	Dosis 30	,909	6	,430
d. Corrección de significación de Lilliefors				

SPSS, 2018.

Para la prueba de hipótesis se utilizó la t-student para muestras relacionadas en donde se pudo observar que el tratamiento tienen un efecto significativo en la remoción de Plomo disuelto en el agua debido a que la significancia obtenida en el SPSS fue de 0.000 y es menor que el nivel alfa.

**Tabla 33: Prueba t-student para eficiencia de remoción de Plomo disuelto.**

<b>Prueba de muestras emparejadas</b>				
		t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1	Plomo inicial mg/L - Plomo final mg/L	58,114	17	,000

SPSS, 2018.

3.8. Análisis estadístico de los resultados de capacidad de bioadsorción de la borra de café

Se puede observar que la distribución no es normal para los resultados de capacidad de bioadsorción con respecto al tipo de tratamiento que recibió la borra de café, esto porque la significancia obtenida en el SPSS es menor al nivel alfa

**Tabla 34: Prueba de normalidad para capacidad de bioadsorción según tipo de pre-tratamiento que recibió la borra de café.**

<b>Pruebas de normalidad</b>				
	Tipo de tratamiento	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Capacidad de bioadsorción para Cadmio	BCA	,769	9	,009
	BCB	,767	9	,009
Capacidad de bioadsorción para Plomo	BCA	,780	9	,012
	BCB	,769	9	,009

a. Corrección de significación de Lilliefors

SPSS, 2018.

En cambio la distribución de los mismos resultados en función de las dosis de borra de café si presentan una distribución normal debido a que la significancia es mayor que el nivel del alfa en los casos dados.

**Tabla 35: Prueba de normalidad para capacidad de bioadsorción según la dosis de borra de café.**

<b>Pruebas de normalidad</b>				
	Dosis de borra de café	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Capacidad de bioadsorción para Cadmio	DOSIS 10	,842	6	,136
	DOSIS 20	,763	6	,027
	DOSIS 30	,732	6	,013
Capacidad de bioadsorción para Plomo	DOSIS 10	,913	6	,457
	DOSIS 20	,750	6	,020
	DOSIS 30	,881	6	,272
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.				
a. Corrección de significación de Lilliefors				

SPSS, 2018.

La prueba de contraste que se empleó para los resultados de la capacidad de bioadsorción de la borra de café para remover Cadmio y Plomo fue la prueba U de Mann-Whitney la cual es una prueba no paramétrica que se emplea para dos muestras independientes. En la tabla 35 se concluyó con un 95% de confianza que los resultados no presentan una diferencia significativa según el tipo de tratamiento, tanto para la capacidad de bioadsorción de la borra de café para remover Cadmio como para Plomo debido a que las significancias obtenidas en el SPSS es mayor que el nivel alfa.

**Tabla 36: Prueba U de Mann-Whitney para resultados de capacidad de bioadsorción según el tipo de pre-tratamiento que recibió la borra de café.**

<b>Estadísticos de prueba<sup>a</sup></b>		
	Capacidad de bioadsorción para Cadmio	Capacidad de bioadsorción para Plomo
U de Mann-Whitney	27,000	30,000
W de Wilcoxon	72,000	75,000
Z	-1,195	-,931
Sig. asintótica (bilateral)	,232	,352
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,258 <sup>b</sup>	,387 <sup>b</sup>
a. Variable de agrupación: Tipo de tratamiento		
b. No corregido para empates.		

SPSS, 2018.



La prueba de contraste U de Mann-Whitney también se empleó para poder determinar si existía una diferencia significativa en los resultados de capacidad de bioadsorción de la borra de café para Cadmio y Plomo, en la tabla 36, 37 y 38 se concluyó que el tratamiento con dosis de 10 gramos de café y el tratamiento con 20 gramos de borra de café, también con respecto a la agrupación de 20 gramos con 30 gramos y a la agrupación de 10 gramos con 30 gramos, tuvieron resultados con diferencias significativas con un 95% de confianza tanto para Cadmio como para Plomo debido a la significancia obtenida en el SPSS salió menor que el nivel del alfa.

**Tabla 37: Prueba U de Mann-Whitney para capacidad de bioadsorción para dosis 10g y 20g.**

Estadísticos de prueba		
	Capacidad de bioadsorción para Cadmio	Capacidad de bioadsorción para Plomo
U de Mann-Whitney	,000	,000
W de Wilcoxon	21,000	21,000
Z	-2,887	-2,908
Sig. asintótica (bilateral)	,004	,004
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,002 <sup>b</sup>	,002 <sup>b</sup>

SPSS, 2018.

**Tabla 38: Prueba U de Mann-Whitney para capacidad de bioadsorción para dosis 20g y 30g.**

Estadísticos de prueba		
	Capacidad de bioadsorción para Cadmio	Capacidad de bioadsorción para Plomo
U de Mann-Whitney	,000	,000
W de Wilcoxon	21,000	21,000
Z	-2,908	-2,918
Sig. asintótica (bilateral)	,004	,004
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,002 <sup>b</sup>	,002 <sup>b</sup>

SPSS, 2018.

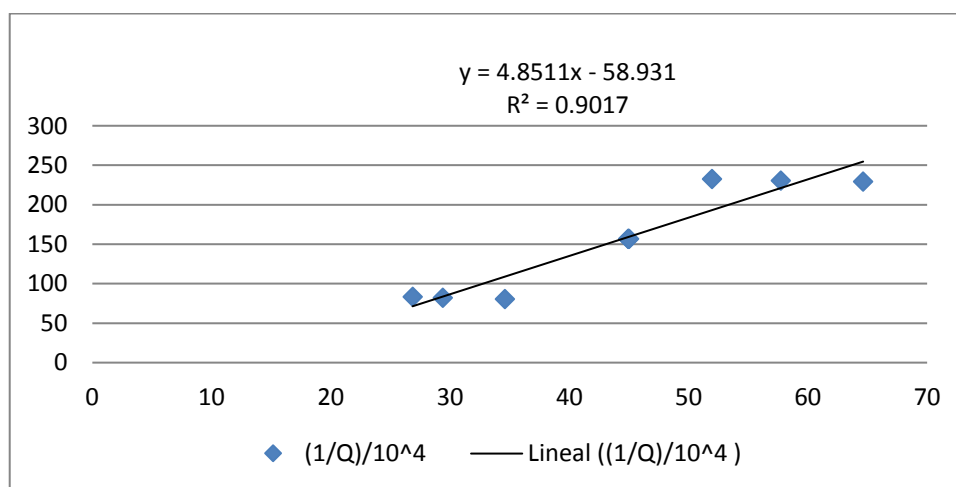
**Tabla 39: Prueba U de Mann Whitney para capacidad de bioadsorción para dosis 10g y 30g.**

Estadísticos de prueba		
	Capacidad de bioadsorción para Cadmio	Capacidad de bioadsorción para Plomo
U de Mann-Whitney	,000	,000
W de Wilcoxon	21,000	21,000
Z	-2,903	-2,892
Sig. asintótica (bilateral)	,004	,004
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,002 <sup>b</sup>	,002 <sup>b</sup>
a. Variable de agrupación: Dosis de borra de café		
b. No corregido para empates.		

SPSS, 2018.

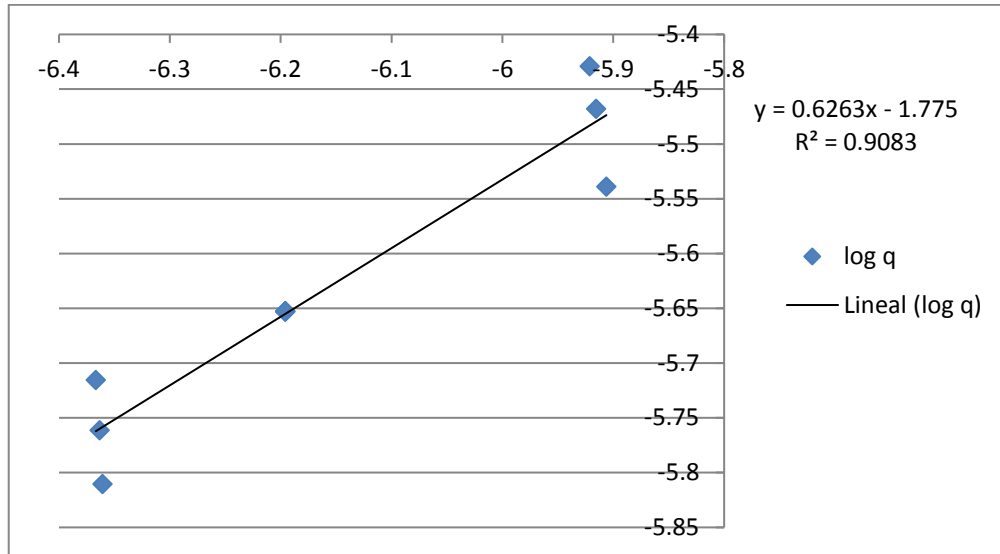
Para la estadística aplicada a estos resultados se emplearon las isotermas de Langmuir y Freundlich, para el caso de capacidad de bioadsorción de Plomo disuelto con borra de café lavada con agua desionizada se pudo observar que la ecuación de Freundlich es más idónea que la ecuación de Langmuir debido a su  $R^2$  que hace referencia a la linealidad de los resultados, es mayor con la ecuación de Freundlich como se puede observar en los siguientes gráficos.

**Figura 38: Ecuación de isoterma de Langmuir para resultados de Capacidad de bioadsorción de Plomo con borra de café lavada con agua desionizada.**



Autor: Elaboración propia, 2018

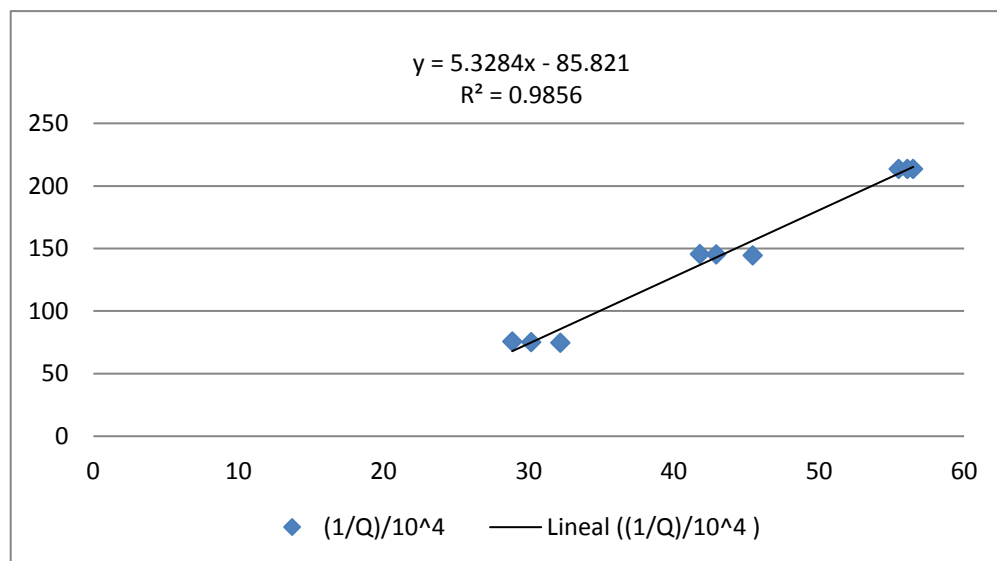
**Figura 39: Ecuación de isoterma de Freundlich para resultados de capacidad de bioadsorción de Plomo con borra de café lavada con agua desionizada.**



Autor: Elaboración propia, 2018

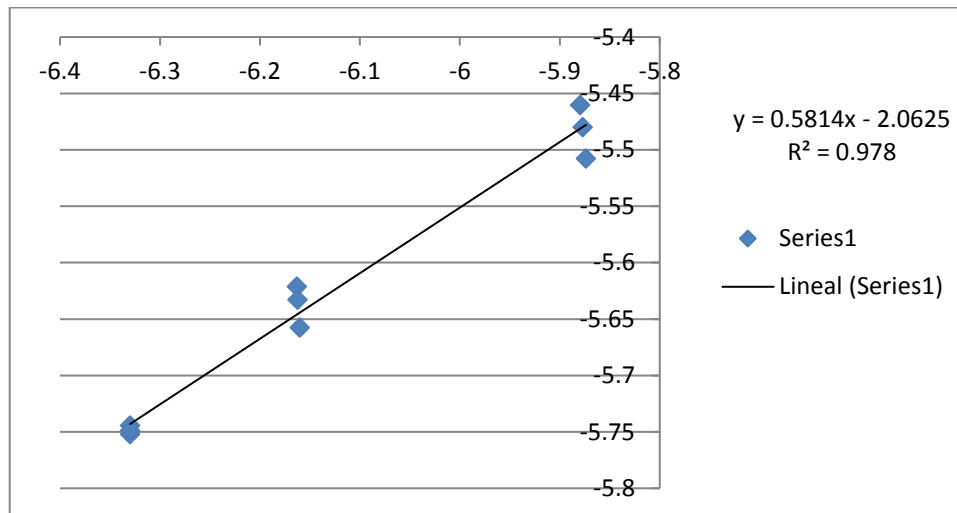
Las isotermas planteadas para los resultados de capacidad de bioadsorción de Cadmio disuelto con borra de café lavada con agua desionizada se pudo observar que la ecuación de Langmuir es más idónea que la ecuación de Freundlich debido a su  $R^2$  que hace referencia a la linealidad de los resultados, es mayor con la ecuación de Langmuir como se puede observar en los siguientes gráficos.

**Figura 40: Ecuación de isoterma de Langmuir para resultados de capacidad de bioadsorción de Cadmio con borra de café lavada con agua desionizada.**



Autor: Elaboración propia, 2018

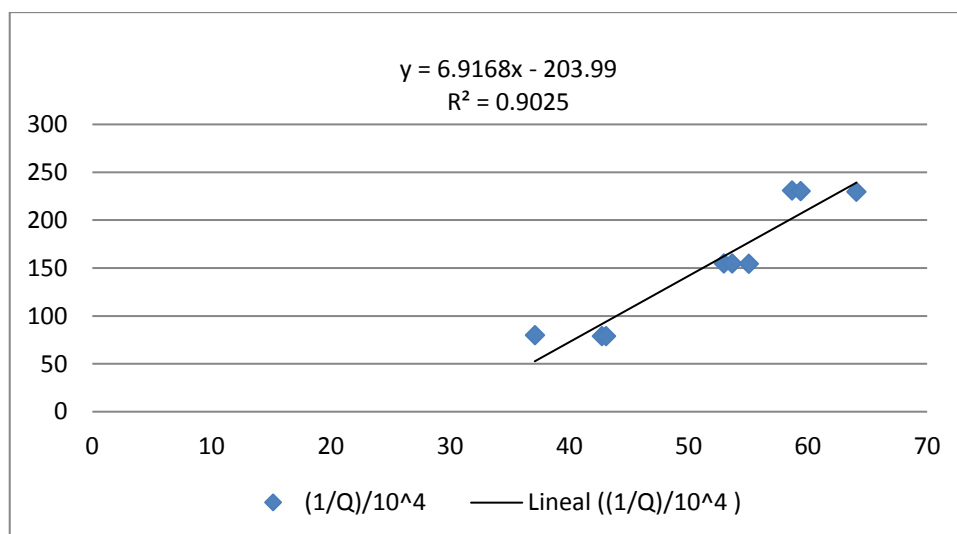
**Figura 41: Ecuación de isoterma de Freundlich para resultados de capacidad de bioadsorción de Cadmio con borra de café lavada con agua desionizada.**



Autor: Elaboración propia, 2018

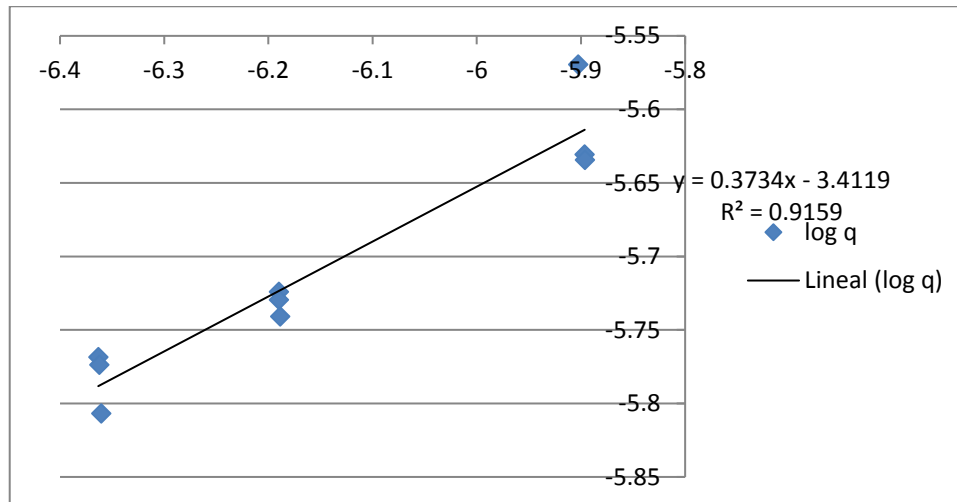
Las isotermas planteadas para los resultados de capacidad de bioadsorción de Plomo disuelto con borra de café pre tratada con NaOH y lavada con agua desionizada se pudo observar que la ecuación de Freundlich es más idónea que la ecuación de Langmuir debido a su  $R^2$  que hace referencia a la linealidad de los resultados, es mayor con la ecuación de Freundlich como se puede observar en los siguientes gráficos.

**Figura 42: Ecuación de isoterma de Langmuir para resultados de capacidad de bioadsorción de Plomo con borra de café tratada con NaOH y luego con agua desionizada.**



Autor: Elaboración propia, 2018

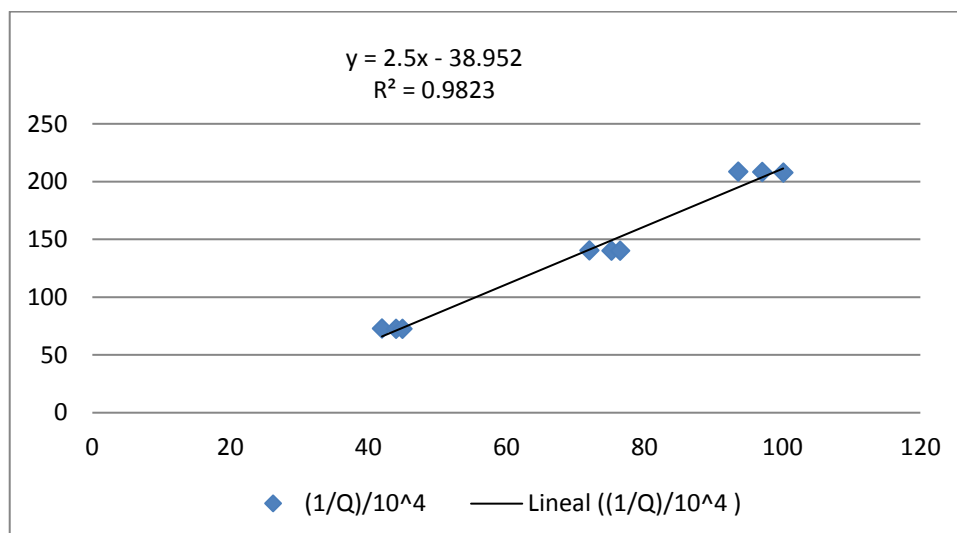
**Figura 43: Ecuación de isoterma de Freundlich para resultados de capacidad de bioadsorción de Plomo con borra de café tratada con NaOH y luego con agua desionizada.**



Autor: Elaboración propia, 2018

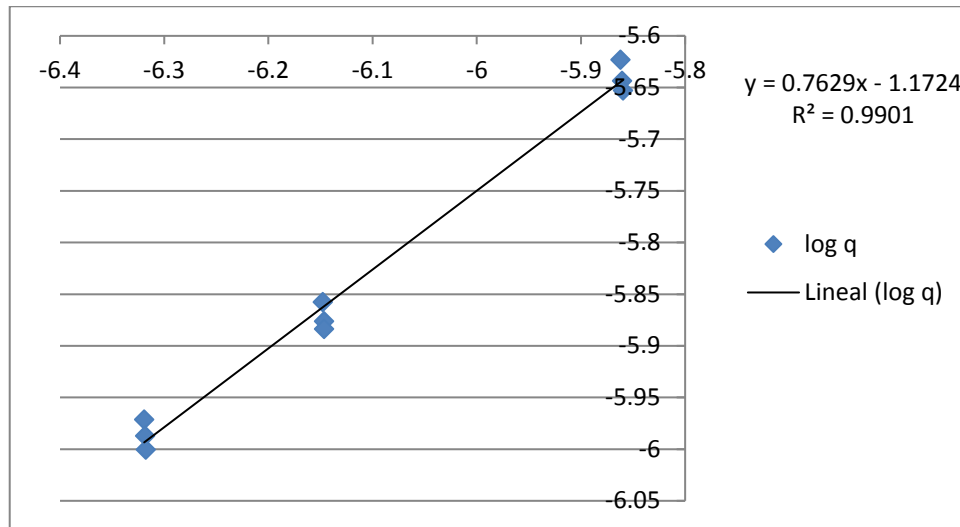
Las isothermas planteadas para los resultados de capacidad de bioadsorción de Cadmio disuelto con borra de café pre tratada con NaOH y lavada con agua desionizada se pudo observar que la ecuación de Freundlich es más idónea que la ecuación de Langmuir debido a su  $R^2$  que hace referencia a la linealidad de los resultados, es mayor con la ecuación de Freundlich como se puede observar en los siguientes gráficos.

**Figura 44: Ecuación de isoterma de Langmuir para resultados de capacidad de bioadsorción de Cadmio con borra de café tratada con NaOH y luego con agua desionizada.**



Autor: Elaboración propia, 2018

**Figura 45: Ecuación de isoterma de Freundlich para resultados de capacidad de bioadsorción de Cadmio con borra de café tratada con NaOH y luego con agua desionizada.**



Autor: Elaboración propia, 2018

# **CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN**

La finalidad de esta investigación fue determinar si la borra de café obtenida del café molido comercial podría utilizarse como bioadsorbente natural o con modificación química con NaOH 0.1 N, y después de realizar las pruebas necesarias se determinó que si es un potencial bioadsorbente con la capacidad de remover Pb y Cd disuelto en agua natural bajo condiciones ambientales.

Para poder afirmar lo indicado en el párrafo anterior, la borra de café fue sometida a diversas pruebas, las pruebas iniciales fueron para realizar la caracterización de la borra de café y el pre tratamiento que recibió (modificación química con NaOH 0.1 N) y las posteriores fueron para evaluar el potencial de bioadsorción de la biomasa.

Entre las pruebas realizadas se tiene la determinación del rendimiento de la borra de café obteniendo como resultado que el rendimiento promedio obtenido para la borra de café que solo fue lavada con agua desionizada fue de 73.65% y para la borra de café que fue pre-tratada con NaOH 0.1 N fue de 60.09%, al comparar este último resultado con 64,25% y 37.84% los resultados del rendimiento de la borra de café pre-tratada con NaOH reportado por Lagos, 2016, se concluye que está en un rango aceptable. Además se observa que el rendimiento de la borra de café solo lavada con agua desionizada es mayor y se debe a que en este procedimiento se omite el paso en el cual se hace el lavado con NaOH, por ende, genera una menor pérdida de biomasa.

En cuanto a la distribución porcentual de tamaño de partícula de la borra de café, se obtuvo que el 14.4% tienen un tamaño mayor a 2 mm, 25.8% tienen un tamaño mayor a 0.850 y menor o igual a 2 mm, 51.7% tienen un tamaño mayor a 0.420 y menor o igual a 0.850 mm y 8.1% tiene un tamaño menor o igual a 0.420 mm; si se comparan con los resultados obtenidos por Ángeles, 2011, 0% tamaño mayor a 1.68 mm, 4.2% tamaño mayor a 0.707 mm y menor o igual a 1.68 mm, 51% tamaño mayor 0.420 mm y menor o igual que 0.707 mm, 44.8% tamaño menor o igual a 0.420; resultados que discrepan en las partículas de menor tamaño y además el autor indica en su investigación que el café molido fino se denomina cuando hay más del 51% del peso corresponde a un tamaño menor o igual a 0.420 mm, lo cual discrepa con el producto utilizado que indicaba ser café molido fino, no obstante esto se debe a que al ser sometido a diversos procedimientos de lavados y secado y a la misma extracción del café soluble estos pierden determinada cantidad de particular



siento las más pequeñas las que se separan en la biomasa con facilidad en especial cuando se usan cafeteras artesanales, lo cual generó que el porcentaje del tamaño menor o igual a 0.420 mm fuera tan bajo.

Con respecto a las pruebas sobre la variación del pH del agua tratada con la borra de café, se obtuvo como resultado que el pH tiende a subir, puesto que tuvo una variación en un rango de 0.2 a 0.36 según la cantidad de dosis de borra de café solo lavada con agua desionizada y un rango de 0.21 a 0.42 según la cantidad de borra de café pre-tratada con NaOH 0.1 N; tomando en cuenta que el pH inicial del agua estaba por debajo del nivel mínimo del ECA para agua y que después del tratamiento seguía debajo de ECA. Además que para ambos casos la temperatura siempre se mantuvo con una variación de 1° C a 1.5° C.

Para la remoción de Cadmio y Plomo disuelto en simultáneo se obtuvo como resultado: para la remoción promedio de Cadmio disuelto el mayor resultado fue de 94.02% correspondiente a las muestras tratadas con una dosis de 30 g de borra de café lavada con agua desionizada y de 96.54% correspondiente a las muestras de agua tratadas con una dosis de 30 g de borra de café pre-tratada con NaOH 0.1 N, para la remoción promedio de Plomo disuelto el mayor resultado fue de 93.74% correspondiente a las muestras tratadas con una dosis de 30 g de borra de café lavada con agua desionizada y de 94.05% correspondiente a las muestras de agua tratadas con una dosis de 30 g de borra de café pre-tratada con NaOH 0.1 N; se pudo observar que al realizarse en simultáneo la bioadsorción de los 2 metales, la borra de café con o sin pre-tratamiento tiene una mayor afinidad para captar en su superficie los iones de Cadmio que los de Plomo. Si se compara con los resultados reportados por Ángeles, 2011, donde logro remover hasta 90% de Cadmio y 99% de Plomo se pudo verificar una discrepancia en los resultados ya que el autor indica que la mayor afinidad que tiene la borra de café es con el Plomo que con el Cadmio pero las condiciones en las cuales se llevó a cabo la investigación pudieron influir en esta diferencia de resultados puesto que la concentración inicial que tuvo en su muestra fue mayor que la que se tuvo en esta investigación, además que se realizó en una solución acuosa sintética que tiene diferentes características que una muestra de agua natural y por último, la prueba de bioadsorción para cada metal se desarrolló por separado y con un pH óptimo, mientras que en la investigación se desarrolló en simultáneo y con pH ambiente,

por ende estos factores pudieron acondicionar los resultados obtenidos. En cuanto a los resultados obtenidos por Lagos, 2016, se verifica que existe una concordancia con respecto al pre-tratamiento que recibió la borra de café y su potencialidad en remover metales, a pesar que estadísticamente no represente una remoción significativa, para bajas concentraciones de metales en agua si se evidencia al igual que en su investigación una mayor eficiencia de remoción. Al comparar la eficiencia de remoción con 97% de remoción de Plomo usando marlo de maíz, resultado reportado por Oré, 2015; 99.96% de Cadmio y 93.93% de Plomo usando *Serratia marcescens*, reportado por Gutiérrez, 2015; mayor a 95% para Cadmio y Plomo usando algas rojas con NaOH 0,1N cáscara de naranja y tuna con NaOH 0,1N y  $\text{CaCl}_2$  0.2 M, reportado por Vizcaíno et al, 2014; 71% de plomo usando cáscara de mandarina, reportado por Verdugo, 2017; 99.76% de plomo y 77.81% de cadmio total usando bagazo de caña, reportado por Vera et al, 2014; 90% de Plomo total usando la cepa *Kluyveromyces marxianus*, reportado por Tur- Naranjo et al, 2012; 92.4% de Plomo y 80% de Cadmio en simultáneo usando *Penicillium sp.*, reportado por Sánchez et al, 2013; 91.32% para plomo y 87.80% para Cadmio sin modificación del pH ni temperatura usando residuos de cacao, reportado por Lara et al, 2016; 99% de Plomo disuelto usando espuma bioelastomérica compuesta de residuo de café, reportado por Fragouli, 2016; y 100% de Plomo y Cadmio usando residuos de café, reportado por Dávila, 2012; se concluye que la borra de café es un potencial bioadsorbente para Cadmio y Plomo disuelto ya que está dentro del rango de los valores descritos anteriormente, más para el caso de Cadmio disuelto que en muchos casos no suele tener una eficiencia mayor a 90% como se logró en esta investigación.

Para la capacidad de bioadsorción usando borra de café lavada con agua desionizada se obtuvo mayor capacidad de bioadsorción para Cadmio disuelto que para Plomo disuelto y se logró los mayores valores en promedio para Cadmio disuelto de 0.1494 mg/g y para Plomo disuelto fue de 0.1370 ambos con una dosis de 10 g de borra de café, y en el caso de la capacidad de bioadsorción usando borra de café lavada pre-tratada con NaOH 0.1 N se obtuvo también una mayor capacidad de bioadsorción para Cadmio disuelto que para Plomo disuelto y se logró los mayores valores en promedio para Cadmio disuelto de 0.1549 mg/g y para Plomo disuelto fue de 0.1419 ambos con una dosis de 10 g de borra de café; demostrándose que la dosis de borra de café y la capacidad de bioadsorción tienen una relación inversamente proporcional con lo cual se corroboraría lo indicado por

Ángeles, 2011, quien reporta la misma relación entre la dosis la capacidad de bioadsorción y obtuvo que la capacidad de bioadsorción fue de 6.78 mg/g para Cadmio y 13.65 mg/g para Plomo en una solución acuosa sintética de 100 ppm no obstante la diferencia de valores se deben a que la concentración de los metales es diferente y los valores de las dosis también, además que sus resultados fueron e condiciones fisicoquímicas apropiadas e idóneas para la borra de café. Por lo cual lo que se ha buscado en esta investigación ver la interacción de la borra de café en condiciones ambientales o naturales del agua; Rosique, 2013, obtuvo una capacidad de bioadsorción de Cadmio de 48.3 mg/g usando los cladiodos de Opuntia para tratar una solución acuosa; Verdugo, 2016, reporta la capacidad de bioadsorción de Plomo en 39.68 mg/g usando cáscara de mandarina; Oré, 2015, reporta la capacidad de bioadsorción de plomo en 7.49 mg/g, los valores difieren de los resultados obtenidos debido a que la concentración de los metales en la solución fueron mayores en los autores citados y fue mínimo en la investigación realizada, así como otros factores que limitaron a la borra de café a tener una mayor capacidad como el pH óptimo, temperatura adecuada e interferencias por ser muestra de agua natural.

Por último, las isotermas que se utilizaron los modelos de Langmuir y Freundlich y al evaluar su linealidad se pudo concluir que el modelo que más se ajusta a los datos obtenidos es el modelo de Freundlich y al comparar los resultados con los reportados por Ángeles, 2011; que indica que los datos se ajustan al modelo de Freundlich debido a la heterogeneidad de la superficie de la borra de café; así como Verdugo, 2017, usando cáscara de mandarina. No obstante hay autores que difieren de este resultados como lo reportado por Dávila, 2012 quien indica que la isoterma de Langmuir es la que más se ajusta a los datos; de igual manera Rosique, 2013, usando cladiodos de Opuntia; Sánchez, 2013, usando *Penicillium sp.* Estas diferencias radican en que se trata en muchos de los casos de distintos materiales bioadsorbentes con distintas formas en su superficie, algunas más heterogéneas que otras.

# **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES**

### **General:**

- La remoción de Cadmio disuelto fue de 96.54% con una dosis de 30 g de borra de café tratada con NaOH 0.1 N y la eficiencia de remoción de Plomo disuelto fue de 94.05% con una dosis de 30 g de borra de café tratada con NaOH 0,1 N, los que tuvieron ligeramente un mayor porcentaje de remoción en comparación con el grupo de muestras tratadas con borra de café que solo fue lavada con agua desionizada, con lo que se demuestra la potencialidad de la borra de café para remover Plomo y Cadmio disuelto en agua del río Añasmayo sector La Perla- Huaral.

### **Específicas:**

- La dosis de borra de café y la capacidad de bioadsorción tienen una relación inversamente proporcional, es decir, que a menor dosis de borra de café se cumple que hay una mayor capacidad de bioadsorción debido a que si hay menos partículas de borra de café estas tienden a atrapar más cationes de Pb y Cd hasta saturarse. Esto se refleja en los resultados obtenidos donde los mayores resultados de capacidad de bioadsorción los obtuvieron las muestras que fueron tratadas con borra de café pre tratada con NaOH 0.1 N con una dosis de 10 g con la cual se obtuvo que para Cadmio disuelto fue de 0.1549 mg de Cadmio disuelto/g de borra de café en promedio y para Plomo disuelto 0.1419 mg de Plomo disuelto/g de borra de café en promedio.

- La dosis de borra de café no genera variación diferenciada entre una dosis y otra en las propiedades fisicoquímicas (pH y temperatura) del agua del río Añasmayo sector La Perla-Huaral, es decir, la variación generada es similar en todos los casos, a excepción del pH en el tratamiento con borra de café pre tratada con NaOH 0.1 N que al ser tratada en medio básico hizo que la mayor dosis de borra de café con ese pre tratamiento aumentará el pH final del agua tratada.

- Las muestras que fueron tratadas con borra de café pre-tratadas con NaOH 0.1 N y luego con agua desionizada tuvieron ligeramente una mayor capacidad de bioadsorción que las muestras de agua que fueron tratadas con borra de café que solo fueron lavadas con agua desionizada adsorbiendo como máximo 0.1553 mg de Cadmio disuelto/g de borra de café y

0.1427 mg Pb disuelto/g de borra de café. No obstante mediante la Prueba U de Mann-Whitney para muestras que no tienen distribución normal, y que son independientes, se pudo concluir con un nivel de confianza del 95% que los tipos de tratamientos no generan una diferencia significativa en los resultados de capacidad de bioadsorción con un nivel de significancia de 0.232 para la capacidad de bioadsorción de Cadmio disuelto y 0.352 para capacidad de bioadsorción de Plomo disuelto.

-La variación que generó el pre-tratamiento de la borra de café en la eficiencia de remoción de Cadmio y Plomo disuelto en el agua fue mayor para las muestras que fueron tratadas con la borra de café que recibió el pre-tratamiento de lavado con NaOH 0.1 N y luego con agua desionizada que para las muestras que fueron tratadas con la borra de café que recibieron el pre-tratamiento de lavado con agua desionizada.

# **CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES**

- Para posteriores investigaciones probar con otras dosis de borra de café debido a que se observó en los resultados una tendencia a aumentar la remoción conforme se aumentaba la dosis sin observarse que llegara al equilibrio.
  
- Proponer otros mecanismos de lavado para el pre tratamiento de la borra de café debido a que en el pre- tratamiento no se le logró quitar la coloración completamente a la borra de café.
  
- Proponer para futuras investigaciones un tratamiento del agua en un sistema continuo para poder apreciar los efectos directos del tratamiento de la borra de café en las propiedades fisicoquímicas del agua.
  
- Investigar un método de recuperación de Cadmio y Plomo capturado por la borra de café o proponer una disposición final o reaprovechamiento adecuado sin impactos significativos en el ambiente.
  
- Evaluar la capacidad de remoción de Cadmio Plomo disuelto en el agua junto con otros bioadsorbentes con la finalidad de potenciar su efecto.
  
- Estudiar la potencialidad de la borra de café para remover otros metales como el Aluminio, Manganeso, Arsénico, Zinc, entre otros y la interacción que tienen con otros factores ambientales en cuerpos de agua natural.
  
- Estudiar la quitina como parte de la composición de la borra de café y evaluar su efecto en la remoción de contaminantes del agua, como los metales pesados y otros agentes.



# **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

-ALMAU, Carlos. Metodología para la descontaminación de aguas procedentes de lavaderos de instalaciones mineras. Trabajo de grado. (I.T.I. Química Industrial). Universidad Politécnica de Cartagena, 2012. 120 p.

Disponible en:

<http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/3882/pfc5663.pdf?sequence=1>

-ALVARADO, Ana y GÓMEZ, Denise. Estudio preliminar de la retención de plomo en agua a partir de cascaras de *Musa sapientum* (banano) utilizadas como filtro. Tesis de grado (Licenciatura en Química y Farmacia). San Salvador, El Salvador: Universidad de El Salvador, 2013. 93 p.

[repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/3882/pfc5663.pdf?sequence=1](http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/3882/pfc5663.pdf?sequence=1)

Disponible en:

<http://ri.ues.edu.sv/5104/1/TESIS%20COMPLETA.pdf>

-ANA. Informe técnico de resultados del monitoreo de la calidad de agua en la cuenca del río Chancay Huaral y litoral marino costero del mar de Chancay – 2017. Autoridad Nacional del Agua. Huaral, Noviembre 2017.

-ANA. Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales [en línea]. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. San isidro, Lima. 2016. [Fecha de consulta: 17 de Setiembre del 2017].

Disponible en:

[http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo\\_nacional\\_para\\_el\\_monitoreo\\_de\\_la\\_calidad\\_de\\_los\\_recursos\\_hidricos\\_superficiales.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf)

-ANA. Clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales [en línea]. Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA. San Isidro, Lima. 2018. [Fecha de consulta: 08 de abril del 2018].

Disponible en:

<http://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-clasificacion-cuerpos-agua-continentales-superficiales>

-ANGELES, Luis. Isotermas de adsorción de cationes metálicos en solución acuosa

mediante borra de café peruano. Informe final de proyecto de investigación. Callao, Perú: Universidad Nacional del Callao, 2011. 37 p.

-BASUALDO, Goannie y YACILA, Juan. Determinación de Arsénico y Cadmio en aguas del río Rímac y habas cultivadas en el distrito de San Mateo de Huánchor de la Región de Lima. Tesis (Profesional en Químico Farmacéutico). Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2015.

Disponible en:

[http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/4155/1/Basualdo\\_lg.pdf](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/4155/1/Basualdo_lg.pdf)

-BUSTAMANTE, Helena. Adsorción de metales pesados en residuos de café modificados químicamente. Tesis (Magister en ciencias con Orientación en Procesos Sustentables). Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León, 2011. 74 p.

Disponible en:

<http://eprints.uanl.mx/2323/1/1080223849.pdf>

-CALLA, Helen. Calidad del agua en la cuenca del río Rímac - Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras. Tesis (Magíster en Ciencias Ambientales con mención en Desarrollo Sostenible en Minería y Recursos Energéticos). Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2010. 299 p.

Disponible en:

[http://cybertesis.unmsm.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/cybertesis/797/Calla\\_lh.pdf?sequence=1](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/cybertesis/797/Calla_lh.pdf?sequence=1)

-CAVIEDES, Diego et al. Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. Una Revisión. *Revista Ingeniería y Región*. Vol.13 N° 1:73-90, 2015.

-CORZO, Amelia. Impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la microcuenca quebrada Párac, distrito de San Mateo de Huanchor, Lima. Tesis (Magister en Desarrollo Ambiental). Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2015. 158 p.

Disponible en:

[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/6160/CORZO\\_REMIGIO](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/6160/CORZO_REMIGIO)

[\\_AMELIA\\_IMPACTO\\_MINEROS%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)

-DÁVILA, Nancy. Caracterización del proceso de biosorción de metales pesados mediante residuos sólidos de café. Tesis (Doctor en Ciencias). México: Universidad Autónoma de Nuevo León, 2012. 178 p.

Disponible en:

<http://eprints.uanl.mx/2728/1/1080237535.pdf>

-Decreto Supremo 004- 2017 MINAM. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 7 de Junio del 2017.

-Decreto 1594 DE 1984 Ministerio de Agricultura. Diario Oficial No. 36.700, Bogotá, Colombia, 26 de junio de 1984.

-DÍAZ, Oscar. Diseño de productos celulósicos para el consumo de café en bebida a partir de la borra del café. Tesis (título de Diseñador Industrial). Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, 2009.

Disponible en:

[repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/4263/1/tesis161.pdf](http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/4263/1/tesis161.pdf)

-DÍAZ, Walter. Contaminación del ecosistema en San Mateo de Huanchor por los pasivos ambientales minero metalúrgicos y su impacto en la salud de los pobladores. Tesis (Magíster en Gestión Integrada en Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente). Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2016. 134 p.

Disponible en:

[http://200.62.146.130/bitstream/cybertesis/5045/1/Diaz\\_cw.pdf](http://200.62.146.130/bitstream/cybertesis/5045/1/Diaz_cw.pdf)

-DOMINIGHINI, Claudio; MUSCIA, Lucas; CATALDI, Zulma et al. Análisis de membranas de ósmosis inversa en potabilización de agua para consumo humano [en línea]. XVI Safety, Health and Environment World Congress. COPEC. Julio 24 - 27, 2016, Salvador, Brasil. [Fecha de consulta: 02 Setiembre 2017].

Disponible en:

<http://www.copec.eu/shewc2016/proc/works/29.pdf>

DOI 10.14684/SHEWC.26.2016.123-129

-ERÓSTEGUI, Carlos. Contaminación por metales pesados [en línea]. *Revista Científica Ciencia Médica*. Volumen 12, No 1: 2009. [Fecha de consulta: 08 Octubre 2017].

Disponible en:

[http://www.scielo.org.bo/pdf/rccm/v12n1/v12n1\\_a13.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/rccm/v12n1/v12n1_a13.pdf)

-FRAGOULI, Despina et al. Bioelastomeric Composite Foams for the Removal of Pb<sup>2+</sup> and Hg<sup>2+</sup> from Water [en línea]. *Revista ACS Sustainable Chem. Eng.*, 2016, 4 (10), pp 5495–5502. Setiembre 2016. [Fecha de consulta: 1 Setiembre 2017].

Disponible en:

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acssuschemeng.6b01098?tokenDomain=presspac&tokenAccess=presspac&forwardService=showFullText&journalCode=ascecg>

-GUTIÉRREZ, Susana. Estudio de la bioadsorción de Cadmio y Plomo con biomasa de *Serratia mercrescens* M8a-2T, a nivel laboratorio. Tesis (Doctor en Ciencias Biológicas). Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2015. 99 p.

Disponible en:

[http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/4126/Guti%C3%A9rrez\\_ms.pdf?sequence=1](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/4126/Guti%C3%A9rrez_ms.pdf?sequence=1)

-HÉRNANDEZ Sampieri, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la Investigación [en línea]. Quinta edición. México D.F., México: MCGRAW-HILL, 2010. [Fecha de consulta: 07 Octubre 2017].

Disponible en:

[https://www.esup.edu.pe/descargas/dep\\_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf](https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf)

ISBN: 978-607-15-0291-9

-LAGOS, Lesly. Bioadsorción de cromo con borra de café en efluentes de una industria curtiembre local. Tesis (Licenciado en Química). Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016. 75 p.

Disponible en:

[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/6727/LAGOS\\_LESLY\\_BIOADSORCION\\_CROMO\\_CAFE\\_CURTIEMBRE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/6727/LAGOS_LESLY_BIOADSORCION_CROMO_CAFE_CURTIEMBRE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

-LARA, Jose et al. Adsorción de Plomo y Cadmio en sistema continuo de lecho fijo sobre residuos de cacao [en línea]. Universidad del Valle, Colombia, 2016. [Fecha de consulta: 05 Julio 2018].

Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/312362720\\_Adsorcion\\_de\\_plomo\\_y\\_cadmio\\_en\\_sistema\\_continuo\\_de\\_lecho\\_fijo\\_sobre\\_residuos\\_de\\_cacao](https://www.researchgate.net/publication/312362720_Adsorcion_de_plomo_y_cadmio_en_sistema_continuo_de_lecho_fijo_sobre_residuos_de_cacao)

-MEDELLÍN, Nahum; HERNÁNDEZ, Miriam; SALAZAR, Jacob; LABRADA, Gladis y ARAGÓN, Antonio. Bioadsorción de plomo (ii) presente en solución acuosa sobre residuos de fibras naturales procedentes de la industria ixtlera (*Agave lechuguilla* torr. y *Yucca carnerosana* (trel.) mckelvey). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* [en línea]. Vol. 33 N° 2:269- 280, 2017. [Fecha de consulta: 01 Octubre 2017].

Disponible en:

<http://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2017.33.02.08/46661>

DOI: 10.20937/RICA.2017.33.02.08

-MESTANZA, María. Estudio de materiales adsorbentes para el tratamiento de aguas contaminadas con colorantes. Tesis doctoral. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid, 2012. 318 p.

Disponible en:

<http://eprints.ucm.es/15692/1/T33799.pdf>

-MORA M. J. et al. Aplicación de la nanofiltración y pervaporación en el tratamiento de aguas residuales. *Tecnología en Marcha* [en línea]. Vol. 15 N° 3. Costa Rica. 2002. [Fecha de consulta: 02 Octubre 2017].

Disponible en:

[http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/2808/2572](http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/2808/2572)

-MORENO, Astrid. Estudio de diferentes bioadsorbentes como posibles retenedores de

fosfatos en aguas. Tesis de maestría (Magister en Ciencias - Química). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2013. 98 p.

Disponible en:

<http://www.bdigital.unal.edu.co/42905/1/52978683.2013.pdf>

-MORENO, Edmundo et al. Determinación interactiva de metales totales en las aguas de la bahía interior del Lago Titicaca- Puno Perú. *Revista de Investigación Altoandina* [en línea]. Vol. 19 N° 2: 125 – 134, Abril- Junio 2017. [Fecha de consulta: 17 Setiembre 2017].

Disponible en:

<http://huajsapata.unap.edu.pe/ria/index.php/ria/article/view/271/244>

ISSN Impreso: 2306-8582, ISSN Online: 2313-2957

-NGUYEN, T.A.H. et al. Applicability of Agricultural Waste and by-Products for Adsorptive Removal of Heavy Metals from Wastewater [en línea]. *Bioresource Technology*. Sydney, 2013, vol. 148, pp.574–585.

Disponible en:

[https://ac.els-cdn.com/S0960852413013758/1-s2.0-S0960852413013758-main.pdf?\\_tid=2b776d1e-bc22-11e7-9107-](https://ac.els-cdn.com/S0960852413013758/1-s2.0-S0960852413013758-main.pdf?_tid=2b776d1e-bc22-11e7-9107-00000aab0f6b&acdnat=1509224240_78a3e723befaa83a531a45d07a6e22fb)

[00000aab0f6b&acdnat=1509224240\\_78a3e723befaa83a531a45d07a6e22fb](https://ac.els-cdn.com/S0960852413013758/1-s2.0-S0960852413013758-main.pdf?_tid=2b776d1e-bc22-11e7-9107-00000aab0f6b&acdnat=1509224240_78a3e723befaa83a531a45d07a6e22fb)

-ORÉ, Franklin; LAVADO, Carmencita y BENDEZÚ, Salvador. Bioadsorción de Pb (II) de aguas residuales de mina usando el marlo de maíz (*Zea mays*) [en línea]. *Revista de Sociedad y Química del Perú*, 2015. [Fecha de consulta: 19 Mayo 2018].

Disponible en:

<http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v81n2/a05v81n2.pdf>

-PACHECO, Myriam; PIMENTEL, Jorge; ROQUE, Wilfredo. Cinética de la bioadsorción de iones cadmio (II) y plomo (II) de soluciones acuosas por biomasa residual de café (*Coffea arabica L.*) *Revista de la Sociedad Química del Perú* [en línea]. Vol.76 n.3 julio-diciembre, 2010. Lima, Perú [Fecha de consulta: 19 Setiembre 2017].

Disponible en:

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2010000300009&script=sci_arttext&tlng=pt)

[634X2010000300009&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2010000300009&script=sci_arttext&tlng=pt)

ISSN versión impresa: 1810-634X

-Real Decreto 817/2015 por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental [en línea]. Boletín Oficial del Estado, España. 11 de Setiembre. [Fecha de consulta: 06 Octubre 2017].

Disponible en:

[http://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-9806](http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-9806)

-Resolución Jefatural 202- 2010 ANA. Autoridad Nacional del Agua. Lima, Perú. 22 de Marzo del 2010.

-REYES, Yulieth C. et al. Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo* [en línea]. Vol. 16 N° 2, Julio-Diciembre 2016, pp. 66-77, Sogamoso-Boyacá. Colombia. [Fecha de consulta: 17 Setiembre 2017].

Disponible en:

[http://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria\\_sogamoso/article/download/5447/4518](http://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/download/5447/4518)

ISSN Impreso: 1900-771X, ISSN Online: 2422-4324

-RODRÍGUEZ, Clemente; GUTIÉRREZ, José y POZO, Teresa. Fundamentos conceptuales de las principales pruebas de significación estadística en el ámbito educativo [en línea]. Grupo Editorial Universitario. S.f. [Fecha de consulta: 03 Noviembre 2017].

Disponible en:

<http://www.ugr.es/~erivera/PaginaDocencia/Posgrado/Documentos/ClementeCuadernoInferencial.pdf>

- RODRIGUEZ V.N., ZAMBRANO A.F. Los subproductos del café: fuente de energía renovable. CENICAFE Avances Técnicos 393. 2010

-ROSIQUE, Marta. Bioadsorción de Cadmio por biomasa de Opuntia. Tesis titulación (Ingeniero Industrial) Cartagena: Colombia, Universidad Politécnica de Cartagena, 2013. 124 p.

Disponible en:



<http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/3768/pfc5624.pdf;sequence=1>

-SÁNCHEZ, Juan, et al. Biosorción simultánea de Plomo y cadmio en solución acuosa por biomasa de hongos *Penicillium sp.* [en línea]. Universidad de Córdoba, Montería-Colombia, 2014. [Fecha de consulta: 07 Julio 2018].

Disponible en:

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4994546.pdf>

-SEOÁNEZ, Mariano. Ecología industrial: ingeniería medioambiental aplicada a la industria y a la empresa. 1998.

-TAM, Jorge; VERA, Giovanna; OLIVEROS, Ricardo. Tipos, métodos y estrategias de investigación científica [en línea]. Pensamientos y Acción. Vol. 5: 145-154, 2008. [Fecha de consulta: 06 Octubre 2017].

Disponible en:

[http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/articulos/imarpe/oceanografía/adj\\_modela\\_pa-5-145-tam-2008-investig.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/articulos/imarpe/oceanografía/adj_modela_pa-5-145-tam-2008-investig.pdf)

-TUR-NARANJO, Enieyis et al. Bioadsorción de Plomo (II) por biomasa microbiana seca: efecto del pH [en línea]. Revista Cubana de Química, Santiago de Cuba: Cuba 2012. [Fecha de consulta: 07 julio 2018].

Disponible en:

<http://www.redalyc.org/pdf/4435/443543730010.pdf>

-URRIBARRI, A., ZABALA, A., SÁNCHEZ, J., ARENAS, E., CHANDLER, C., RINCÓN, M., GONZÁLEZ, E. Evaluación del potencial de la borra de café como materia prima para la producción de biodiesel. Multiciencias 14(2) ,129-139. 2014.

-VERA, Luisa; GARCÍA, Nancy; FLORES, Maritzza y VÁSQUEZ, Verónica. Eliminación de los metales pesados de las aguas residuales mineras utilizando el bagazo de caña como biosorbente [en línea]. AFINIDAD LXXIII, 573, Enero - Marzo 2016. [Fecha de consulta: 13 Octubre 2017].

Disponible en:

<http://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/viewFile/308436/398451>

-VERDUGO, José. Bioadsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cascara de la mandarina (*Citrus reticulata* var. *Clementina*). Tesis de pregrado (ingeniero ambiental). Cuenca: Ecuador, Universidad Politécnica Salesiana, 2017. 115 p.

Disponible en:

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14249/1/UPS-CT007003.pdf>

-VIZCAÍNO, Lissette y FUENTES, Natalia. Bioadsorción de Cd, Pb y Zn por biomasa pretratada de algas rojas, cáscara de naranja y tuna [en línea]. Universidad de La Guajira, Colombia, 2014. [Fecha de consulta: 04 julio 2018].

Disponible en:

<http://www.scielo.org.co/pdf/cein/v25n1/v25n1a04.pdf>

# **ANEXOS**

Anexo 1: Matriz de consistencia

<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>DIMENSION</b>	<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>
Uso de la borra de café como bioadsorbente	Características de la borra de café	¿Cuál es la eficiencia de remoción de Cadmio y Plomo disuelto usando borra de café como bioadsorbente en el agua del río Añasmayo sector La Perla?	Determinar la eficiencia de remoción de Cadmio y Plomo disuelto usando borra de café como bioadsorbente en el agua del río Añasmayo sector La Perla	La eficiencia de remoción de Cadmio y Plomo disuelto en el agua del río Añasmayo sector La Perla será mayor o igual a 60% y 67% respectivamente.
	Dosis de borra de café			
	Pre- tratamiento de la borra de café.			
	Proceso de operación			
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>DIMENSION</b>	<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b>
Remoción de Cadmio y Plomo disuelto en el agua del río Añasmayo- Huaral, 2018	Propiedades físico-químicas del agua del río Añasmayo sector La Perla	¿Cuál es la variación que genera la dosis de borra de café en la capacidad de bioadsorción para Cd y Pb disuelto?	Determinar la variación que genera la dosis de borra de café en la capacidad de bioadsorción para Cd y Pb disuelto.	A menor dosis de borra de café la capacidad de bioadsorción será mayor.
	Eficiencia de remoción de Cadmio y Plomo disuelto en el agua	¿Cuál es la variación que genera las dosis de borra de café en las propiedades físico- químicas del agua del río Añasmayo sector La Perla?	Determinar la variación que genera la dosis de borra de café en las propiedades físico- química del agua del río Añasmayo sector La Perla.	La dosis de borra de café no generará variación en las propiedades físico-químicas del agua del río Añasmayo sector La Perla.
	Capacidad de bioadsorción dela borra de café	¿Cuál será la variación que genere el pre tratamiento de la borra de café en la capacidad de bioadsorción de la borra de café para Cadmio y Plomo disuelto?	Determinar la variación que genera el pre tratamiento de la borra de café en la capacidad de bioadsorción de la borra de café para Cadmio y Plomo disuelto.	La variación que generará el pre tratamiento que reciba la borra de café será una mayor capacidad de bioadsorción para Cadmio y Plomo disuelto con el pre tratamiento con NaOH 0.1 N.

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Anexo 2: Recursos y presupuesto del proyecto de investigación

<b>PRESUPUESTO</b>						
<b>N°</b>	<b>ETAPA</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	Formulación y Evaluación del Proyecto	Recopilación y procesamiento de información.	Laptop	1	S/. 2,500.00	S/. 2,500.00
			Impresión parcial del proyecto	2 juegos	S/. 3.00	S/. 6.00
			Impresión final del proyecto	3 juegos	S/. 10.00	S/. 30.00
			Presentación del proyecto (anillado)	3 juegos	S/. 2.00	S/. 6.00
			Materiales de escritorio	1	S/. 10.00	S/. 10.00
			impresiones varios	1	S/. 10.00	S/. 10.00
2	Desarrollo de la investigación	Recolección de muestra	Frascos para recolección de muestra	12	S/. 1.00	S/. 12.00
			Cadena de custodia	1	S/. 0.10	S/. 0.10
			Etiquetas para los frascos	10	S/. 1.00	S/. 10.00
			Plumón Indeleble	1	S/. 3.00	S/. 3.00
			Transporte	1	S/. 200.00	S/. 200.00
			Análisis inicial de	5	S/. 150.00	S/. 750.00

		muestra			
		Cooler	1	S/. 45.00	S/. 45.00
		Preservante ( HNO3)	1	S/. 83.00	S/. 83.00
	Tratamiento de la muestra	borra de café	1	S/. 40.00	S/. 40.00
		Prueba de Jarras	1	-	-
		Multiparámetro	1	-	-
		Utensilios de laboratorio	1	-	-
		Guantes de laboratorio	1	S/. 5.00	S/. 5.00
		Análisis de Cadmio y Plomo disuelto en la muestra	5	S/. 150.00	S/. 750.00
		Transporte de las muestras	1	S/. 10.00	S/. 10.00
	Análisis final de la muestra	Transporte	1	S/. 20.00	S/. 20.00
		Análisis de la muestra	5	S/. 150.00	S/. 750.00

<b>COSTO FINAL</b>	S/. 5,348.10
--------------------	--------------

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Anexo 3: Ficha de registro de datos en campo.

DEPARTAMENTO DE LIMA		PROVINCIA DE HUARAL			SECTOR LA PERLA		FECHA:		
PUNTO DE MONITOREO	DESCRIPCION/ORIGEN/UBICACIÓN	COORDENADAS		ALTUR A msnm	FECHA	HORA	pH	T°	OBSEVACIONES
		NORTE/SUR	ESTE/OESTE						

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

89972

VICTOR IVAN  
LIZARRAGA GARCARRA  
INGENIERO GEOGRAFICO  
Reg CIP N° 95000

43444


Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Anexo 4: Ficha de registro de concentración inicial y final de Cadmio disuelto.



DEPARTAMENTO: LIMA		PROVINCIA: HUARAL			SECTOR: LA PERLA		FECHA:	
CÓDIGO DE MUESTRA	pH entrada	T° entrada	CONCENTRACIÓN DE CADMIO (mg/L)		pH salida	T° salida	VALOR ECA CATEGORIA 3 D-1	VALOR ECA CATEGORIA 3 D-2
			INICIAL	FINAL				

Fuente: Elaboración Propia, 2017.


  
 VICTOR IVAN  
 LIZARRAGA GAMARRA  
 INGENIERO GEOGRAFICO  
 Reg CIP N° 95000

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Anexo 5: Ficha de registro de concentración inicial y final de Plomo disuelto.

DEPARTAMENTO: LIMA		PROVINCIA: HUARAL		SECTOR: LA PERLA		FECHA:		
CODIGO DE MUESTRA	pH entrada	T° entrada	CONCENTRACIÓN DE PLOMO (mg/L)		pH salida	T° salida	VALOR ECA CATEGORIA 3 D-1	VALOR ECA CATEGORIA 3 D-2
			INICIAL	FINAL				

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

  
 89972

  
 VICTOR IVAN  
 LIZARRAGA GAMARRA  
 INGENIERO GEOGRAFICO  
 Reg CIP N° 95000


  
 CIP 43444

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Anexo 6: Ficha de registro de cantidad de borra de café.

DEPARTAMENTO: LIMA		PROVINCIA: HUARAL			SECTOR: LA PERLA		FECHA:
CODIGO DE MUESTRA	CANTIDAD DE BORRA DE CAFÉ (g)	CONCENTRACIÓN DE CADMIO (mg/L)		% REMOCION DE Cd	CONCENTRACIÓN DE PLOMO (mg/L)		% REMOCION DE Pb
		INICIAL	FINAL		INICIAL	FINAL	

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

  
 VICTOR IVAN  
 LIZARRAGA GAMARRA  
 INGENIERO GEOGRAFICO  
 Reg CIP N° 95000

$$\% \text{ remoción del metal} = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$$

Donde “C<sub>i</sub>” es la concentración inicial de metal (mg/L), “C<sub>f</sub>” es la concentración final del metal (mg/L). (Moreno, 2013; Lagos, 2016)

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Anexo 7: Ficha de registro de capacidad de bioadsorción usando borra de café.

DEPARTAMENTO: LIMA		PROVINCIA: HUARAL			SECTOR: LA PERLA			FECHA:
CODIGO DE MUESTRA	MASA DE BORRA DE CAFÉ (g)	VOLUMEN SOLUCIÓN (L)	CONCENTRACIÓN DE CADMIO (mg/L)		CAPCIDAD DE BIOADSORCIÓN DE BC PARA Cd (mg/g)	CONCENTRACIÓN DE PLOMO (mg/L)		CAPCIDAD DE BIOADSORCIÓN DE BC PARA Pb (mg/g)
			INICIAL	FINAL		INICIAL	FINAL	

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

VICTOR IVAN  
LIZARRAGA GAMARRA  
INGENIERO GEOGRAFICO  
Reg CIP N° 95000

$q_t =$

Donde “ $q_t$ ” es la capacidad de bioadsorción de la bc (borra de café) para el metal (Plomo y Cadmio disuelto) en el tiempo “ $t$ ” (mg/g), “ $C_i$ ” es la concentración inicial de metal (mg/L), “ $C_t$ ” es la concentración del metal en el tiempo “ $t$ ” (mg/L), “ $V$ ” es el volumen de la solución (L) y “ $m$ ” es la masa de borra de café (g).

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

## Anexo 8: Ficha de validación de instrumento.



### ANEXO 9: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

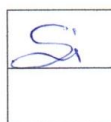
1.1. Apellidos y Nombres: Ordoñez Galvez Iván Jolito  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Registro de datos en campo  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: CHACALTANA TORRES, GIANLUIGI RAUL

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación



#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, 03 de Julio del 2017

  
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 6814299 Telf.: 5701649

CP: 8992

Anexo 9: Ficha de validación de instrumento.



**ANEXO 15: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**1. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: LIZARRAGA GAMARRA, VICTOR IVAN  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro de datos en campo  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: CHACALTANA TORRES, GIANLUIGI RAUL

**2. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

**3. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

**4. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

95 %

Lima, ..... 03/11 ..... del 2017

  
 VICTOR IVAN  
 LIZARRAGA GAMARRA  
 INGENIERO GEOGRAFICO  
 Reg CIP N° 95000

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 10102400 Telf.: 99433509

## Anexo 10: Ficha de validación de instrumento.



### ANEXO 21: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### 1. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: JAVE NAKAYO JORGE LEONARDO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro de datos en campo  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: CHACALTANA TORRES, GIANLUIGI RAUL

#### 2. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

#### 3. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

#### 4. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 03/11 del 2017

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 01066653 Telf.: 99.5550310

Anexo 11: Ficha de validación de instrumento.



**ANEXO 10: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**1. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: ORDÓÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Registro de concentración inicial y final de Cédula  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: CHACALTANA TORRES, GIAMLUIGGI RAUL

**2. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

**3. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
No

**4. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

90 %

Lima, 09 de 11 del 2017

[Firma]  
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 28447206 Telf.: 5281648

EP: 89972



Anexo 12: Ficha de validación de instrumento.



ANEXO 16: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

1. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: LIZARRAGA GAMARRA VICTOR IVAN  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE VCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro de concentración inicial y final de Grado  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: CHACALTANA TORRES, GIANLUIGI RAUL

2. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

3. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

4. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, ..... 03/11 ..... del 2017

  
 VICTOR IVAN  
 LIZARRAGA GAMARRA  
 INGENIERO GEOGRAFICO  
 Reg CIP N° 95000

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 40191406 Telf.: 094313509

## Anexo 13: Ficha de validación de instrumento.



### ANEXO 22: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### 1. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: JAVE NAKAYO JORGE LEONARDO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro de concentración inicial y final de Códico  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: SHACALIANA TORRES, GIANLUIGI PAUL

#### 2. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

#### 3. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

#### 4. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 03/11 del 2017

CIP: 43444

[Firma]  
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 81966653 Telf.: 995550310

## Anexo 14: Ficha de validación de instrumento.



### ANEXO 11: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**1. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: ORDÓÑEZ SANCHEZ, JULIO SOLA  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Registro de concentración inicial y final de Plomo  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: CHACALTANA TORRES, GIANLUIGI RAUL

**2. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

**3. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
No

**4. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

80	%
----	---

Lima, 02 del 2017

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 05447300 Telf. 5281640

Dr. SPET?

## Anexo 15: Ficha de validación de instrumento.



### ANEXO 17: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### 1. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: LIZARRAGA GAMARRA, VICTOR IVAN  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro de consecución inicial y final de ploma  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: CHACALTANA TORRES, GIANLUIGGI RAUL

#### 2. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

#### 3. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

#### 4. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, ..... 03/11 ..... del 2017

  
 VICTOR IVAN  
 LIZARRAGA GAMARRA  
 INGENIERO GEOGRAFICO  
 Reg CIP N° 95000

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 4 019 14 06 Telf.: 994 213 508

## Anexo 16: Ficha de validación de instrumento.



### ANEXO 23: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**1. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: JAVE NAKAYO JORGE LEONARDO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro de concentración inicial y final de Plomo  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: CHACALTANA TORRES, GIANLUIGI RAUL

**2. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

**3. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

**4. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

85 %

Lima, 03 / 11 del 2017

[Firma]  
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP: 43444.

DNI No. 010.66653 Telf.: 99.555.0310

## Anexo 17: Ficha de validación de instrumento.



### ANEXO 13: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**1. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: CARDOZ GARCIA, JUAN JOSE  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Registro de Cantidad de horas de café  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: CHACALTANA TORRES, GIANLUIGI RAUL

**2. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

**3. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

**4. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

90 %

Lima, 09 de NOV del 2017

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 0844308 Tel. 5981617

Anexo 18: Ficha de validación de instrumento.



ANEXO 19: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

1. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: LIZARRAGA GAMARRA, VICTOR IVAN  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro de cantidad de bolsa de café  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: CHACALTANA TORRES, GIANLUIGGI RAUL

2. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

3. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

4. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, 03/11 del 2017

  
 VICTOR IVAN  
 LIZARRAGA GAMARRA,  
 INGENIERO GEOGRAFICO,  
 Reg CIP N° 95000

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 40492406 Telf: 094313500

## Anexo 19: Ficha de validación de instrumento.



### ANEXO 25: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**1. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: JAVE NAKAYO JORGE LEONARDO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro de cantidad de barra de café  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: CHACALTANA TORRES, GIANLUIGI RAUL

**2. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

**3. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

**4. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

85 %

Lima, 03/11 del 2017

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 CIP: \_\_\_\_\_  
 DNI No. 01066653 Telf: 995550310



## Anexo 20: Ficha de validación de instrumento.



### ANEXO 14: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### 1. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ORCIBEL RAMÍREZ JUNCO SULO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: ABSENTE  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Registro de capacidad de biodegradación usando barra de café.  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: CHACALTANA TORRES, GIANLUIGI PAUL

#### 2. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

#### 3. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

#### 4. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, 09 del 2017

[Firma]  
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 8544982 Telf.: 5791648

## Anexo 21: Ficha de validación de instrumento.



### ANEXO 20: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**1. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Lizarraga Gamarra, Victor Ivan  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro de bioadsorción usando bolsa de café effluente  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: CHACALTANA TORRES, GIANLUIGGI RAUL

**2. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

**3. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

**4. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

95 %

Lima, 03/11 del 2017

VICTOR IVAN  
 LIZARRAGA GAMARRA  
 INGENIERO GEOGRAFICO  
 Reg CIP N° 95000

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 40192406 Telf.: 994313509

## Anexo 22: Ficha de validación de instrumento.



### ANEXO 26: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### 1. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: JAVE NAKAYO JORGE LEONARDO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro de capacidad de licitación usando berra de café  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: CHASCALTANA TORRES, GIANLUIGI, RAUL

#### 2. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

#### 3. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

#### 4. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 03/11 del 2017

[Firma]  
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

C.P. 43444

DNI No. 01066653 Telf.: 995550310



## INFORME DE ENSAYO N°: IE-18-1269

### I. DATOS DEL SERVICIO

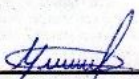
1. RAZÓN SOCIAL	: GIANLUIGGI RAUL CHACALTANA TORRES
2. DIRECCIÓN	: CALLE MISIONERO SAN MARTÍN 340 - CALLAO
3. PROYECTO	: ANALISIS DE AGUA NATURAL EN TRATAMIENTO CON BORRA DE CAFÉ
4. PROCEDENCIA	: RÍO AÑASMAYO - LA PERLA- HUARAL
5. SOLICITANTE	: GIANLUIGGI RAUL CHACALTANA TORRES
6. ORDEN DE SERVICIO N°	: OS-18-0595
7. PLAN DE MONITOREO	: PM-18-0215
8. MUESTREADO POR	: ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.
9. FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2018-06-15

### II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1. MATRIZ	: AGUA
2. NÚMERO DE MUESTRAS	: 19
3. FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	: 2018-05-16
4. PERÍODO DE ENSAYO	: 2018-04-16 al 2018-04-27

### III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA REFERENCIA	TÍTULO
Cadmio Disuelto(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 E. / Part 3111 B, 23 rd Ed. 2017	Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Nitric Acid Digestion / Direct Air-Acetylene Flame Method
Plomo Disuelto (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 E. / Part 3111 B, 23 rd Ed. 2017	Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Nitric Acid Digestion / Direct Air-Acetylene Flame Method

  
**Marco A. Valencia Huerta**  
Ing. Químico  
Gerente General  
N° CIP: 152207

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL- DA

Anexo 24: Resultados de análisis de Plomo y Cadmio disuelto, hoja 2.



INFORME DE ENSAYO IE-18-1269

IV. RESULTADOS

ITEM			1	2	3
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M-3435	M-3436	M-3437
CÓDIGO DEL CLIENTE:			AN-01	AN-BCA-01	AN-BCA-02
DESCRIPCION:			VALOR INICIAL	VALOR FINAL	VALOR FINAL
COORDENADAS			E: 0303772.9	E: 0303772.9	E: 0303772.9
UTM WGS 84:			N: 8742262.1	N: 8742262.1	N: 8742262.1
MATRIZ:			AGUA		
GRUPO:			NATURAL		
SUBGRUPO:			SUPERFICIAL		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			IC-OPE-27.8		
MUESTREO			FECHA:	2018-06-06	2018-06-07
			HORA:	16:10	11:30
				11:30	11:30
<b>METALES TOTALES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>L.D</b>	<b>RESULTADO</b>		
Cadmio Disuelto(*)	mg/L	0.020	3.3556	0.3895	0.3494
Plomo Disuelto(*)	mg/L	0.04	3.1144	0.4186	0.3249

"L.D." : Límite de Detección del Método

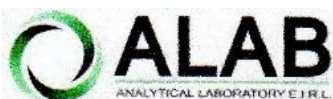
(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL- DA

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fuente: ALAB; 2018.

Anexo 25: Resultados de análisis de Plomo y Cadmio disuelto, hoja 3.



INFORME DE ENSAYO IE-18-1269

IV. RESULTADOS

ITEM	4	5	6
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-3438	M-3439	M-3440
CÓDIGO DEL CLIENTE:	AN-BCA-03	AN-BCA-04	AN-BCA-05
DESCRIPCION:	VALOR INICIAL	VALOR FINAL	VALOR FINAL
COORDENADAS UTM WGS 84:	E: 0303772.9 N: 8742262.1	E: 0303772.9 N: 8742262.1	E: 0303772.9 N: 8742262.1
MATRIZ:	AGUA		
GRUPO:	NATURAL		
SUBGRUPO:	SUPERFICIAL		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	IC-OPE-27.8		
MUESTREO	FECHA:	2018-06-07	2018-06-07
	HORA:	11:30	11:30
		2018-06-07	2018-06-07
		11:30	11:30
<b>METALES TOTALES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>L.D</b>	<b>RESULTADO</b>
Cadmio Disuelto(*)	mg/L	0.020	0.3725    0.2474    0.2689
Plomo Disuelto(*)	mg/L	0.04	0.3827    0.2498    0.2502

"L.D.": Límite de Detección del Método

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL- DA

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fuente: ALAB, 2018.

Anexo 26: Resultados de análisis de Plomo y Cadmio disuelto, hoja 4.



INFORME DE ENSAYO IE-18-1269

IV. RESULTADOS

ITEM		7	8	9	
CÓDIGO DE LABORATORIO:		M-3441	M-3442	M-3443	
CÓDIGO DEL CLIENTE:		AN-BCA-06	AN-BCA-07	AN-BCA-08	
DESCRIPCION:		VALOR INICIAL	VALOR FINAL	VALOR FINAL	
COORDENADAS UTM WGS 84:		E: 0303772.9 N: 8742262.1	E: 0303772.9 N: 8742262.1	E: 0303772.9 N: 8742262.1	
MATRIZ:		AGUA			
GRUPO:		NATURAL			
SUBGRUPO:		SUPERFICIAL			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		IC-OPE-27.8			
MUESTREO	FECHA:	2018-06-07	2018-06-07	2018-06-07	
	HORA:	11:30	11:30	11:30	
<b>METALES TOTALES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>L.D</b>	<b>RESULTADO</b>		
Cadmio Disuelto(*)	mg/L	0.020	0.2619	0.2025	0.1990
Plomo Disuelto(*)	mg/L	0.04	0.2500	0.2164	0.1739

"L.D." : Límite de Detección del Método

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL- DA

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fuente: ALAB, 2018.

Anexo 27: Resultados de análisis de Plomo y Cadmio disuelto, hoja 5.



INFORME DE ENSAYO IE-18-1269

IV. RESULTADOS

ITEM		10	11	12	
CÓDIGO DE LABORATORIO:		M-3444	M-3444	M-3446	
CÓDIGO DEL CLIENTE:		AN-BCA-09	AN-BCB-01	AN-BCB-02	
DESCRIPCION:		VALOR INICIAL	VALOR FINAL	VALOR FINAL	
COORDENADAS UTM WGS 84:		E: 0303772.9 N: 8742262.1	E: 0303772.9 N: 8742262.1	E: 0303772.9 N: 8742262.1	
MATRIZ:		AGUA			
GRUPO:		NATURAL			
SUBGRUPO:		SUPERFICIAL			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		IC-OPE-27.8			
MUESTREO	FECHA:	2018-06-07	2018-06-07	2018-06-07	
	HORA:	11:30	11:30	11:30	
<b>METALES TOTALES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>L.D</b>	<b>RESULTADO</b>		
Cadmio Disuelto(*)	mg/L	0.020	0.2005	0.2678	0.2555
Plomo Disuelto(*)	mg/L	0.04	0.1947	0.2631	0.3030

"L.D.": Limite de Detección del Método

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL- DA

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fuente: ALAB, 2018.



Anexo 28: Resultados de análisis de Plomo y Cadmio disuelto, hoja 6



INFORME DE ENSAYO IE-18-1269

IV. RESULTADOS

ITEM			13	14	15
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M-3447	M-3448	M-3449
CÓDIGO DEL CLIENTE:			AN-BCB-03	AN-BCB-04	AN-BCB-05
DESCRIPCION:			VALOR INICIAL	VALOR FINAL	VALOR FINAL
COORDENADAS			E: 0303772.9	E: 0303772.9	E: 0303772.9
UTM WGS 84:			N: 8742262.1	N: 8742262.1	N: 8742262.1
MATRIZ:			AGUA		
GRUPO:			NATURAL		
SUBGRUPO:			SUPERFICIAL		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			IC-OPE-27.8		
MUESTREO			FECHA:	2018-06-07	2018-06-07
			HORA:	11:30	11:30
<b>METALES TOTALES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>L.D</b>	<b>RESULTADO</b>		
Cadmio Disuelto(*)	mg/L	0.020	0.2501	0.1560	0.1495
Plomo Disuelto(*)	mg/L	0.04	0.2609	0.2123	0.2042

"L.D.": Limite de Detección del Método

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL- DA

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fuente: ALAB, 2018.

Anexo 29: Resultados de análisis de Plomo y Cadmio disuelto, hoja 7.



INFORME DE ENSAYO IE-18-1269

IV. RESULTADOS

ITEM	16	17	18
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-3450	M-3451	M-3452
CÓDIGO DEL CLIENTE:	AN-BCB-06	AN-BCB-07	AN-BCB-08
DESCRIPCION:	VALOR INICIAL	VALOR FINAL	VALOR FINAL
COORDENADAS UTM WGS 84:	E: 0303772.9 N: 8742262.1	E: 0303772.9 N: 8742262.1	E: 0303772.9 N: 8742262.1
MATRIZ:	AGUA		
GRUPO:	NATURAL		
SUBGRUPO:	SUPERFICIAL		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	IC-OPE-27.8		
MUESTREO	FECHA:	2018-06-07	2018-06-07
	HORA:	11:30	11:30
			2018-06-07
			11:30
<b>METALES TOTALES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>L.D</b>	<b>RESULTADO</b>
Cadmio Disuelto(*)	mg/L	0.020	0.1470
			0.1201
			0.1158
Plomo Disuelto(*)	mg/L	0.04	0.2095
			0.1754
			0.1916

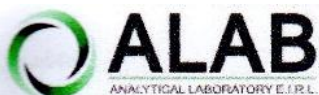
"L.D." : Límite de Detección del Método

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL- DA

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fuente: ALAB, 2018.



**IV. RESULTADOS**

ITEM		16	
CÓDIGO DE LABORATORIO:		M-3450	
CÓDIGO DEL CLIENTE:		AN-BCB-06	
DESCRIPCION:		VALOR INICIAL	
COORDENADAS UTM WGS 84:		E: 0303772.9 N: 8742262.1	
MATRIZ:		AGUA	
GRUPO:		NATURAL	
SUBGRUPO:		SUPERFICIAL	
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		IC-OPE-27.8	
MUESTREO		FECHA:	2018-06-07
		HORA:	11:30
METALES TOTALES	UNIDAD	L.D	RESULTADO
Cadmio Disuelto(*)	mg/L	0.020	0.1123
Plomo Disuelto(*)	mg/L	0.04	0.1893

"L.D.": Límite de Detección del Método

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL- DA

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

" FIN DEL DOCUMENTO "

Tabla 40: Rendimiento de borra de café.

CÓDIGO MUESTRA	MASA CM (g)	MASA DE BC (g)	RENDIMIE NTO DE CM (%)	MASA DE BC POST-TRATAMIE NTO(g)	RENDIMIE NTO DE BC (%)	RENDIMIE NTO GENERAL (%)	RENDIMIE NTO PROMEDI O
BCA-01	50.0025	44.9077	89.81%	36.1032	80.39%	72.20%	73.65%
BCA-02	50.0101	45.3564	90.69%	38.0817	83.96%	76.15%	
BCA-03	50.0005	45.2630	90.53%	36.3054	80.21%	72.61%	
BCB-01	50.0067	45.1025	90.19%	30.0536	66.63%	60.10%	60.09%
BCB-02	50.0109	46.0106	92.00%	29.6508	64.44%	59.29%	
BCB-03	50.0118	46.0543	92.09%	30.4505	66.12%	60.89%	

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla 41: Distribución porcentual de tamaño de partícula.

TAMAÑO DE PARTICULA (mm)	DISTRIBUCION PORCENTUAL
$d > 2.00$	14.4%
$0.850 < d \leq 2.00$	25.8%
$0.420 < d \leq 0.850$	51.7%
$d \leq 0.420$	8.1%
<b>TOTAL</b>	100.0%

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla 42: Tiempo de decantación de la borra de café.

CÓDIGO DE MUESTRA	MASA DE BC (g)	TIEMPO DE DECANTACIÓN (min)	TIEMPO PROMEDIO (min)
D-BC-01	10	05:32	05:30
D-BC-02	10	05:01	
D-BC-03	10	05:57	
D-BC-04	20	06:58	07:09
D-BC-05	20	06:55	
D-BC-06	20	07:34	
D-BC-07	30	09:45	09:53
D-BC-08	30	10:03	
D-BC-09	30	09:51	

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla 43: Resultados de pH en el agua tratada con borra de café lavada con agua.

ITEM	CODIGO DE MUESTRA	pH PRE TRATAMIENTO	pH POST TRATAMIENTO	VARIACIÓN	VARIACIÓN %
1	AN-BCA-01	6.11	6.37	0.26	4.26%
2	AN-BCA-02	6.1	6.46	0.36	5.90%
3	AN-BCA-03	6.11	6.44	0.33	5.40%
4	AN-BCA-04	6.12	6.35	0.23	3.76%
5	AN-BCA-05	6.12	6.39	0.27	4.41%
6	AN-BCA-06	6.13	6.38	0.25	4.08%
7	AN-BCA-07	6.1	6.3	0.2	3.28%
8	AN-BCA-08	6.14	6.4	0.26	4.23%
9	AN-BCA-09	6.12	6.28	0.16	2.61%

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla 44: Resultados de pH en el agua tratada con borra de café tratada con NaOH.

ITEM	CODIGO DE MUESTRA	pH PRE TRATAMIENTO	pH POST TRATAMIENTO	VARIACIÓN	VARIACIÓN %
1	AN-BCB-01	6.15	6.57	0.42	6.83%
2	AN-BCB-02	6.14	6.55	0.41	6.68%
3	AN-BCB-03	6.14	6.54	0.4	6.51%
4	AN-BCB-04	6.16	6.37	0.21	3.41%
5	AN-BCB-05	6.15	6.47	0.32	5.20%
6	AN-BCB-06	6.17	6.41	0.24	3.89%
7	AN-BCB-07	6.17	6.46	0.29	4.70%
8	AN-BCB-08	6.18	6.44	0.26	4.21%
9	AN-BCB-09	6.16	6.45	0.29	4.71%

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla 45: Resultados de temperatura en el agua tratada con borra de café lavada con agua.

<b>ITEM</b>	<b>CODIGO DE MUESTRA</b>	<b>TEMPERATURA PRE TRATAMIENTO (° C)</b>	<b>TEMPERATURA POST TRATAMIENTO (°C)</b>	<b>VARIACIÓN</b>
1	AN-BCA-01	20.3	21.4	1.1
2	AN-BCA-02	20.4	21.7	1.3
3	AN-BCA-03	20.3	21.5	1.2
4	AN-BCA-04	20.3	21.4	1.1
5	AN-BCA-05	20.3	21.5	1.2
6	AN-BCA-06	20.4	21.6	1.2
7	AN-BCA-07	20.3	21.7	1.4
8	AN-BCA-08	20.3	21.4	1.1
9	AN-BCA-09	20.2	21.5	1.3

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla 46: Resultados de temperatura en el agua tratada con borra de café tratada con NaOH.

<b>ITEM</b>	<b>CODIGO DE MUESTRA</b>	<b>TEMPERATURA PRE TRATAMIENTO (° C)</b>	<b>TEMPERATURA POST TRATAMIENTO (°C)</b>	<b>VARIACIÓN</b>
1	AN-BCB-01	20.4	21.4	1
2	AN-BCB-02	20.3	21.5	1.2
3	AN-BCB-03	20.4	21.4	1
4	AN-BCB-04	20.5	21.6	1.1
5	AN-BCB-05	20.4	21.7	1.3
6	AN-BCB-06	20.3	21.6	1.3
7	AN-BCB-07	20.3	21.6	1.3
8	AN-BCB-08	20.4	21.8	1.4
9	AN-BCB-09	20.4	21.5	1.1

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla 47: Remoción de Cadmio disuelto con borra de café lavada con agua.

ITEM	CODIGO DE MUESTRA	VALOR ECA (mg/L)	Cd INICIAL (mg/L)	Cd FINAL (mg/L)	% DE REMOCIÓN	% PROMEDIO
1	AN-BCA-01	0.01 - PARA D1 0.05 - PARA D2	3.355619	0.389502	88.39%	88.96%
2	AN-BCA-02		3.355619	0.349358	89.59%	
3	AN-BCA-03		3.355619	0.372461	88.90%	
4	AN-BCA-04		3.355619	0.247373	92.63%	92.27%
5	AN-BCA-05		3.355619	0.268904	91.99%	
6	AN-BCA-06		3.355619	0.261904	92.20%	
7	AN-BCA-07		3.355619	0.202538	93.96%	94.02%
8	AN-BCA-08		3.355619	0.198994	94.07%	
9	AN-BCA-09		3.355619	0.200452	94.03%	

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla 48: Remoción de Cadmio disuelto con borra de café tratada con NaOH.

ITEM	CODIGO DE MUESTRA	VALOR ECA (mg/L)	Cd INICIAL (mg/L)	Cd FINAL (mg/L)	PORENTAJE DE REMOCIÓN (%)	% PROMEDIO
1	AN-BCB-01	0.01 - PARA D1 0.05 - PARA D2	3.355619	0.267834	92.02%	92.32%
2	AN-BCB-02		3.355619	0.255499	92.39%	
3	AN-BCB-03		3.355619	0.250089	92.55%	
4	AN-BCB-04		3.355619	0.156044	95.35%	95.50%
5	AN-BCB-05		3.355619	0.149451	95.55%	
6	AN-BCB-06		3.355619	0.147014	95.62%	
7	AN-BCB-07		3.355619	0.120071	96.42%	96.54%
8	AN-BCB-08		3.355619	0.115783	96.55%	
9	AN-BCB-09		3.355619	0.112274	96.65%	

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla 49: Remoción de Plomo disuelto con borra de café lavada con agua.

ITEM	CODIGO DE MUESTRA	VALOR ECA (mg/L)	Pb INICIAL (mg/L)	Pb FINAL (mg/L)	% DE REMOCIÓN	% PROMEDIO
1	AN-BCA-01	0.05	3.114428	0.418628	86.56%	87.95%
2	AN-BCA-02		3.114428	0.324858	89.57%	
3	AN-BCA-03		3.114428	0.382675	87.71%	
4	AN-BCA-04		3.114428	0.249753	91.98%	91.97%
5	AN-BCA-05		3.114428	0.250192	91.97%	
6	AN-BCA-06		3.114428	0.250047	91.97%	
7	AN-BCA-07		3.114428	0.216403	93.05%	93.74%
8	AN-BCA-08		3.114428	0.173913	94.42%	
9	AN-BCA-09		3.114428	0.194718	93.75%	

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla 50: Remoción de Plomo disuelto con borra de café tratada con NaOH.

ITEM	CODIGO DE MUESTRA	VALOR ECA (mg/L)	Pb INICIAL (mg/L)	Pb FINAL (mg/L)	% DE REMOCIÓN	% PROMEDIO
1	AN-BCB-01	0.05	3.114428	0.263105	91.55%	91.15%
2	AN-BCB-02		3.114428	0.302996	90.27%	
3	AN-BCB-03		3.114428	0.260923	91.62%	
4	AN-BCB-04		3.114428	0.212251	93.18%	93.30%
5	AN-BCB-05		3.114428	0.204191	93.44%	
6	AN-BCB-06		3.114428	0.209546	93.27%	
7	AN-BCB-07		3.114428	0.175442	94.37%	94.05%
8	AN-BCB-08		3.114428	0.191582	93.85%	
9	AN-BCB-09		3.114428	0.189264	93.92%	

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla 51: Capacidad de bioadsorción para muestras tratadas con borra de café lavada con agua.

CODIGO DE MUESTRA	MASA DE BC (g)	CONCENTRACIÓN DE CADMIO (mg/L)		CAPCIDAD DE BIOADSORCIÓN DE BC PARA Cd (mg/g)	CONCENTRACIÓN DE PLOMO (mg/L)		CAPCIDAD DE BIOADSORCIÓN DE BC PARA Pb (mg/g)
		INICIAL	FINAL		INICIAL	FINAL	
AN-BCA-01	10	3.3556	0.3895	0.1483	3.1144	0.4186	0.1348
AN-	10	3.3556	0.3494	0.1503	3.1144	0.3249	0.1395



BCA-02							
AN-BCA-03	10	3.3556	0.3725	0.1492	3.1144	0.3827	0.1366
AN-BCA-04	20	3.3556	0.2474	0.0777	3.1144	0.2498	0.0716
AN-BCA-05	20	3.3556	0.2689	0.0772	3.1144	0.2502	0.0716
AN-BCA-06	20	3.3556	0.2619	0.0773	3.1144	0.2500	0.0716
AN-BCA-07	30	3.3556	0.2025	0.0526	3.1144	0.2164	0.0483
AN-BCA-08	30	3.3556	0.1990	0.0526	3.1144	0.1739	0.0490
AN-BCA-09	30	3.3556	0.2005	0.0526	3.1144	0.1947	0.0487

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla 52: Capacidad de bioadsorción para muestras tratadas con borra de café tratada con NaOH.

CODIGO DE MUESTRA	MASA DE BC (g)	CONCENTRACIÓN DE CADMIO (mg/L)		CAPCIDAD DE BIOADSORCIÓN DE BC PARA Cd (mg/g)	CONCENTRACIÓN DE PLOMO (mg/L)		CAPCIDAD DE BIOADSORCIÓN DE BC PARA Pb (mg/g)
		INICIAL	FINAL		INICIAL	FINAL	
AN-BCB-01	10	3.3556	0.2678	0.1544	3.1144	0.2631	0.1426
AN-BCB-02	10	3.3556	0.2555	0.1550	3.1144	0.3030	0.1406
AN-BCB-03	10	3.3556	0.2501	0.1553	3.1144	0.2609	0.1427
AN-BCB-04	20	3.3556	0.1560	0.0800	3.1144	0.2123	0.0726
AN-BCB-05	20	3.3556	0.1495	0.0802	3.1144	0.2042	0.0728
AN-BCB-06	20	3.3556	0.1470	0.0802	3.1144	0.2095	0.0726
AN-BCB-07	30	3.3556	0.1201	0.0539	3.1144	0.1754	0.0490
AN-BCB-08	30	3.3556	0.1158	0.0540	3.1144	0.1916	0.0487
AN-BCB-09	30	3.3556	0.1123	0.0541	3.1144	0.1893	0.0488

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla 53: Valores de q y c para la construcción de isoterma de Langmuir en la bioadsorción de Cd mediante borra de café lavada con agua.

Código	Cd Absorbido	Cd Final	C	Q	(1/C) /10 <sup>4</sup>	(1/Q) /10 <sup>4</sup>
AN-BCA-01	0.1483	0.3895	3.46498E-06	1.31927E-06	28.86018557	75.79973028
AN-BCA-02	0.1503	0.3494	3.10786E-06	1.33706E-06	32.17644937	74.7910845
AN-BCA-03	0.1492	0.3725	3.31339E-06	1.32727E-06	30.18060951	75.3424933
AN-BCA-04	0.0777	0.2474	2.20061E-06	6.91213E-07	45.44190352	144.6731017
AN-BCA-05	0.0772	0.2689	2.39215E-06	6.86766E-07	41.80339452	145.6101036
AN-BCA-06	0.0773	0.2619	2.32988E-06	6.87655E-07	42.9206885	145.4217335
AN-BCA-07	0.0526	0.2025	1.80176E-06	4.67926E-07	55.5011899	213.7091255
AN-BCA-08	0.0526	0.1990	1.77024E-06	4.67926E-07	56.4896429	213.7091255
AN-BCA-09	0.0526	0.2005	1.78321E-06	4.67926E-07	56.078762	213.7091255

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla 54: Valores de log q y log c para la construcción de isoterma de Freundlich en la bioadsorción de Cd mediante borra de café lavada con agua.

Código	Cd Absorbido	Cd Final	C	Q	log c	log q
AN-BCA-01	0.1483	0.3895	3.46498E-06	1.31927E-06	-5.46029912	-5.87966766
AN-BCA-02	0.1503	0.3494	3.10786E-06	1.33706E-06	-5.50753812	-5.87384983
AN-BCA-03	0.1492	0.3725	3.31339E-06	1.32727E-06	-5.47972801	-5.87703999
AN-BCA-04	0.0777	0.2474	2.20061E-06	6.91213E-07	-5.65745652	-6.16038779
AN-BCA-05	0.0772	0.2689	2.39215E-06	6.86766E-07	-5.62121155	-6.16319151
AN-BCA-06	0.0773	0.2619	2.32988E-06	6.87655E-07	-5.63266668	-6.16262932
AN-BCA-07	0.0526	0.2025	1.80176E-06	4.67926E-07	-5.74430229	-6.32982307
AN-BCA-08	0.0526	0.1990	1.77024E-06	4.67926E-07	-5.75196883	-6.32982307
AN-BCA-09	0.0526	0.2005	1.78321E-06	4.67926E-07	-5.74879842	-6.32982307

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla 55: Valores de q y c para la construcción de isoterma de Langmuir en la bioadsorción de Pb mediante borra de café lavada con agua.

Código	Pb Absorbido	Pb Final	C	Q	(1/C) /10 <sup>4</sup>	(1/Q) /10 <sup>4</sup>
AN-BCA-01	0.1348	0.4186	3.72408E-06	1.19917E-06	26.85224113	83.39094955
AN-BCA-02	0.1395	0.3249	2.88991E-06	1.24098E-06	34.6031189	80.58136201
AN-BCA-03	0.1366	0.3827	3.40425E-06	1.21518E-06	29.37505716	82.2920937
AN-BCA-04	0.0716	0.2498	2.22178E-06	6.36948E-07	45.00886876	156.9986034
AN-BCA-05	0.0716	0.2502	2.22569E-06	6.36948E-07	44.92989384	156.9986034
AN-BCA-06	0.0716	0.2500	2.2244E-06	6.36948E-07	44.95594828	156.9986034
AN-BCA-07	0.0483	0.2164	1.92511E-06	4.29673E-07	51.94521333	232.7349896
AN-BCA-08	0.049	0.1739	1.54712E-06	4.359E-07	64.63634116	229.4102041
AN-BCA-09	0.0487	0.1947	1.7322E-06	4.33232E-07	57.73015335	230.8234086

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla 56: Valores de log q y log c para la construcción de isoterma de Freundlich en la bioadsorción de Pb mediante borra de café lavada con agua.

Código	Pb Absorbido	Pb Final	C	Q	log c	log q
AN-BCA-01	0.1348	0.4186	3.72408E-06	1.19917E-06	-5.42898054	-5.92111892
AN-BCA-02	0.1395	0.3249	2.88991E-06	1.24098E-06	-5.53911525	-5.9062346
AN-BCA-03	0.1366	0.3827	3.40425E-06	1.21518E-06	-5.46797872	-5.91535811
AN-BCA-04	0.0716	0.2498	2.22178E-06	6.36948E-07	-5.6532981	-6.19589579
AN-BCA-05	0.0716	0.2502	2.22569E-06	6.36948E-07	-5.65253539	-6.19589579
AN-BCA-06	0.0716	0.2500	2.2244E-06	6.36948E-07	-5.65278716	-6.19589579
AN-BCA-07	0.0483	0.2164	1.92511E-06	4.29673E-07	-5.71554553	-6.36686168
AN-BCA-08	0.049	0.1739	1.54712E-06	4.359E-07	-5.81047676	-6.36061273
AN-BCA-09	0.0487	0.1947	1.7322E-06	4.33232E-07	-5.76140271	-6.36327985

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla 57: Valores de q y c para la construcción de isoterma de Langmuir en la bioadsorción de Cd mediante borra de café tratada con NaOH.

Código	Cd Absorbido	Cd Final	C	Q	(1/C) /10 <sup>4</sup>	(1/Q) /10 <sup>4</sup>
AN-BCB-01	0.1544	0.2678	2.38263E-06	1.37353E-06	41.97039958	72.80505181
AN-BCB-02	0.155	0.2555	2.2729E-06	1.37887E-06	43.99664969	72.52322581
AN-BCB-03	0.1553	0.2501	2.22477E-06	1.38154E-06	44.94839837	72.38312943
AN-BCB-04	0.08	0.1560	1.38816E-06	7.11674E-07	72.03801492	140.51375
AN-BCB-05	0.0802	0.1495	1.32951E-06	7.13453E-07	75.21595707	140.1633416
AN-BCB-06	0.0802	0.1470	1.30783E-06	7.13453E-07	76.46278586	140.1633416
AN-BCB-07	0.0539	0.1201	1.06814E-06	4.7949E-07	93.62044124	208.554731
AN-BCB-08	0.054	0.1158	1.03E-06	4.8038E-07	97.08765536	208.1685185
AN-BCB-09	0.0541	0.1123	9.98781E-07	4.8127E-07	100.1220229	207.7837338

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla 58: Valores de log q y log c para la construcción de isoterma de Freundlich en la bioadsorción de Cd mediante borra de café tratada con NaOH.

Código	Cd Absorbido	Cd Final	C	Q	log c	log q
AN-BCB-01	0.1544	0.2678	2.38263E-06	1.37353E-06	-5.6229431	-5.86216152
AN-BCB-02	0.155	0.2555	2.2729E-06	1.37887E-06	-5.64341961	-5.86047711
AN-BCB-03	0.1553	0.2501	2.22477E-06	1.38154E-06	-5.65271422	-5.85963736
AN-BCB-04	0.08	0.1560	1.38816E-06	7.11674E-07	-5.85756174	-6.14771882
AN-BCB-05	0.0802	0.1495	1.32951E-06	7.13453E-07	-5.87630999	-6.14663444
AN-BCB-06	0.0802	0.1470	1.30783E-06	7.13453E-07	-5.88345012	-6.14663444
AN-BCB-07	0.0539	0.1201	1.06814E-06	4.7949E-07	-5.97137068	-6.31922005
AN-BCB-08	0.054	0.1158	1.03E-06	4.8038E-07	-5.98716401	-6.31841505
AN-BCB-09	0.0541	0.1123	9.98781E-07	4.8127E-07	-6.00052962	-6.31761155

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla 59: Tabla 56: Valores de q y c para la construcción de isoterma de Langmuir en la bioadsorción de Pb mediante borra de café tratada con NaOH.

Código	Pb Absorbido	Pb Final	C	Q	(1/C) /10 <sup>4</sup>	(1/Q) /10 <sup>4</sup>
AN-BCB-01	0.1426	0.2631	2.34056E-06	1.26856E-06	42.72476768	78.82959327
AN-BCB-02	0.1406	0.3030	2.69543E-06	1.25077E-06	37.0998297	79.95092461
AN-BCB-03	0.1427	0.2609	2.32115E-06	1.26945E-06	43.08205869	78.77435179
AN-BCB-04	0.0726	0.2123	1.88817E-06	6.45844E-07	52.96135236	154.8360882
AN-BCB-05	0.0728	0.2042	1.81647E-06	6.47623E-07	55.05188769	154.4107143
AN-BCB-06	0.0726	0.2095	1.86411E-06	6.45844E-07	53.64502305	154.8360882
AN-BCB-07	0.049	0.1754	1.56072E-06	4.359E-07	64.07302698	229.4102041
AN-BCB-08	0.0487	0.1916	1.7043E-06	4.33232E-07	58.6751365	230.8234086
AN-BCB-09	0.0488	0.1893	1.68368E-06	4.34121E-07	59.39375687	230.3504098

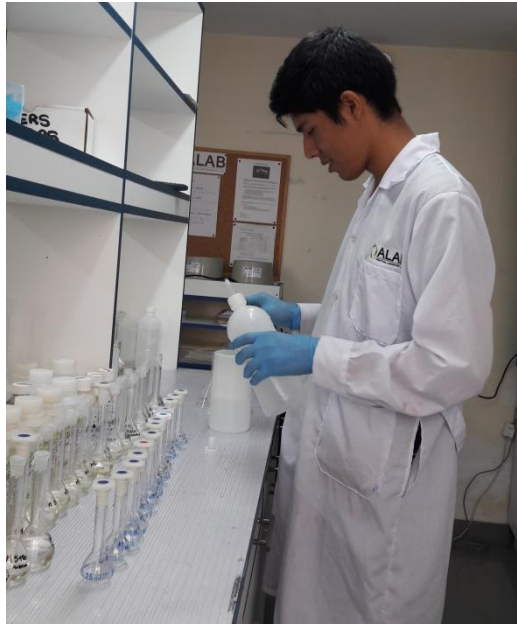
Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla 60: Valores de log q y log c para la construcción de isoterma de Freundlich en la bioadsorción de Pb mediante borra de café tratada con NaOH.

Código	Pb Absorbido	Pb Final	C	Q	log c	log q
AN-BCB-01	0.1426	0.2631	2.34056E-06	1.26856E-06	-5.63067971	-5.89668929
AN-BCB-02	0.1406	0.3030	2.69543E-06	1.25077E-06	-5.56937192	-5.90282349
AN-BCB-03	0.1427	0.2609	2.32115E-06	1.26945E-06	-5.63429645	-5.89638484
AN-BCB-04	0.0726	0.2123	1.88817E-06	6.45844E-07	-5.72395907	-6.18987219
AN-BCB-05	0.0728	0.2042	1.81647E-06	6.47623E-07	-5.74077222	-6.18867743
AN-BCB-06	0.0726	0.2095	1.86411E-06	6.45844E-07	-5.72952944	-6.18987219
AN-BCB-07	0.049	0.1754	1.56072E-06	4.359E-07	-5.80667524	-6.36061273
AN-BCB-08	0.0487	0.1916	1.7043E-06	4.33232E-07	-5.76845411	-6.36327985
AN-BCB-09	0.0488	0.1893	1.68368E-06	4.34121E-07	-5.7737408	-6.36238899

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Figura 46: Digestión de muestras antes de lectura por el equipo de absorción atómica por flama.



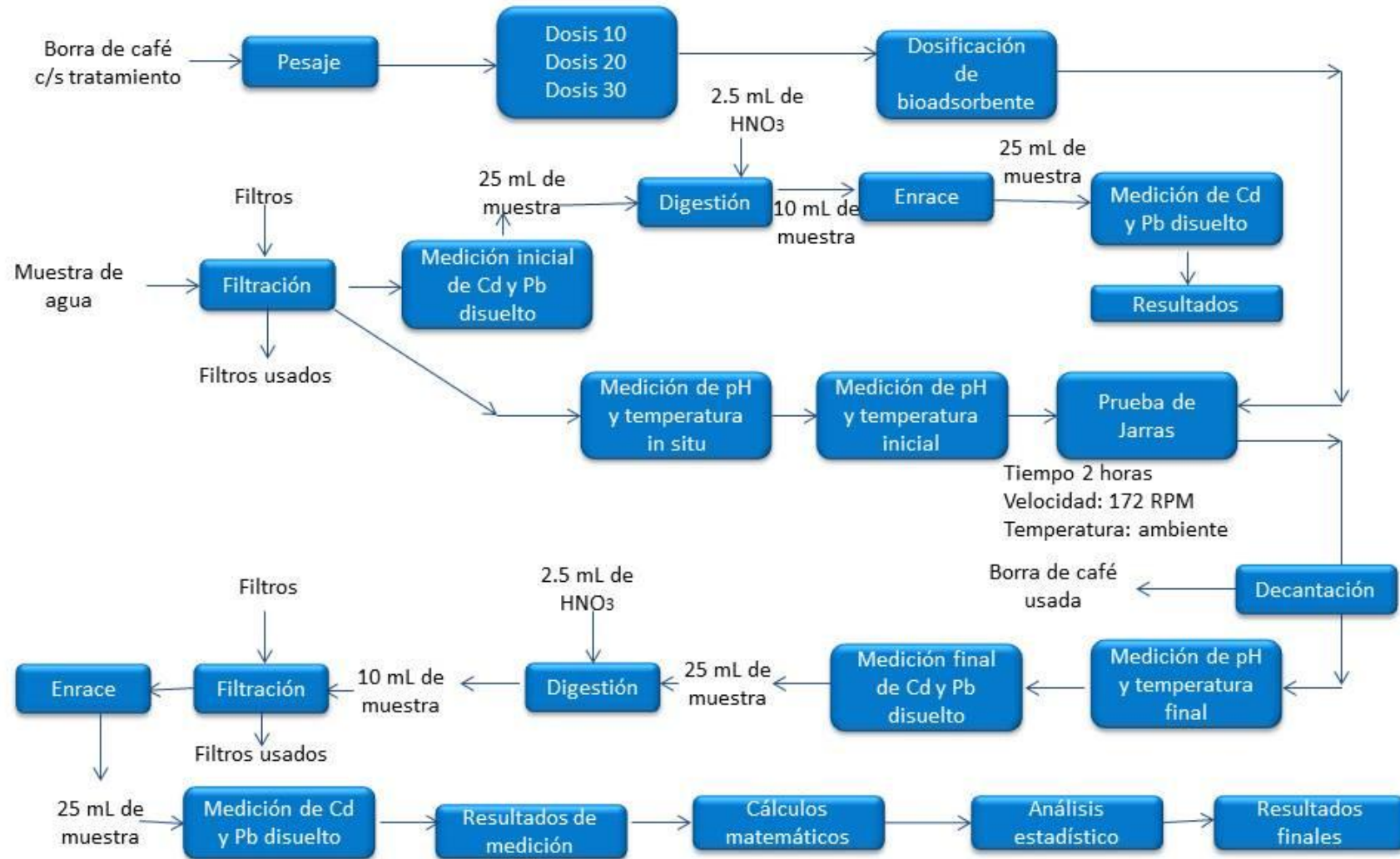
Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Figura 47: Tratamiento de muestras con borra de café en el equipo de jarras.



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Figura 48: Diagrama de metodología de experimentación.



Fuente: Elaboración propia, 2018



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL

"USO DE BORRA DE CAFÉ COMO BIOADSORBENTE  
PARA LA REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO  
DISUELTO EN EL AGUA DEL RÍO AÑASMAYO  
SECTOR I.A PERLA- HUARAL., 2018"

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

CHACALTANA TORRES, GIANLUIGI RAUL

ASESOR:

DR. CARLOS FRANCISCO CABRERA CARRANZA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CALIDAD Y GESTIÓN DE RECURSOS NATURALES

LIMA - PERÚ  
2018



Todas las fuentes		
Coincidencia 1 de 211		
Entregado a Universida...	Trabajos del estudiante: 842 trabajos	9 %
repositorio.ucv.edu.pe	Fuente de Internet: 165 URL	6 %
cybertesis.unmsm.edu....	Fuente de Internet: 124 URL	2 %
Entregado a Universida...	Trabajos del estudiante: 61 trabajos	2 %
dspace.ucuenca.edu.ec	Fuente de Internet: 11 URL	2 %
dspace.unitru.edu.pe	Fuente de Internet: 19 URL	2 %
repositorio.unsa.edu.pe	Fuente de Internet: 14 URL	2 %
Entregado a Pontificia ...	Trabajos del estudiante: 44 trabajos	2 %
tesis.pucp.edu.pe		2 %



Yo, Carlos Francisco Cabrera Carranza, docente de la Facultad Ingeniera y Escuela Profesional Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, Lima Norte, revisor (a) de la tesis titulada

"USO DE LA BORRA DE CAFÉ COMO BIOADSORBENTE PARA LA REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO DISUELTO EN EL AGUA DEL RÍO AÑASMAYO SECTOR LA PERLA-HUARAL, 2018", del estudiante CHACALTANA TORRES, GIANLUIGGI RAUL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 10 de Julio de 2018



.....

Dr. Ing. Carlos Francisco Cabrera Carranza

DNI: 17402734

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FORMATO DE SOLICITUD

SOLICITA:

Digitación de Tesis

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

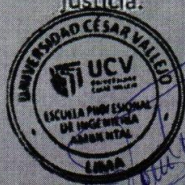
Gianluggi Raul Chacaltana Torres con DNI N° 70038009 domiciliado (a) en Calle Misionero San Martín 340 dpto. 303

ante Ud. Con el debido respeto, expongo lo siguiente:

Que en mi condición de alumno de la promoción 2018-1 del programa ...INGENIERÍA AMBIENTAL... Identificado con el código de matrícula N° 6700172437 de la Escuela de Ingeniería Ambiental, recorro a su honorable despacho para solicitar lo siguiente:

Digitación de tesis

Por lo expuesto, agradeceré ordenar a quien corresponde se me atienda mi petición por ser de justicia.



Dr. Benito Alvarado

Lima, 24 de agosto de 2018

[Signature]



# FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

## 1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

Sanluisi Paul Chacaltana Torres  
D.N.I. : 70038009  
Domicilio : calle misionero San martin 340 deta 303  
Teléfono : Fijo : 484 2005 Móvil : 954 122 676  
E-mail : humerezdelgado@gmail.com

## 2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : Ingeniería  
Escuela : Ingeniería Ambiental  
Carrera : Ingeniería Ambiental  
Título : Ingeniero Ambiental

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado :  
Mención :

## 3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Sanluisi Paul Chacaltana Torres

Título de la tesis:

Uso de la borra de café como bioadsorbente para la  
remoción de cadmio y plomo disueltos en el agua  
del río Anasmayo sector La Peña-Huaral, 2018

Año de publicación : 2018

## 4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

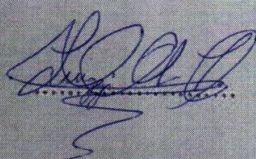
A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



Firma : 

Fecha : 24-08-2018