



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

“RECUPERACIÓN DE METALES PESADOS POR MÉTODOS FÍSICO-QUÍMICOS EN PISCINAS DE LODOS (CORTES DE PERFORACIÓN DE POZOS PETROLEROS) EN LA EMPRESA PLUSAMBIENTE S.A.”

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: ERIKA PAOLA FUENTES BARROS

TUTOR: ING. HANNÍBAL BRITO M. PHD

Orellana - Ecuador

2017

©2017, Erika Paola Fuentes Barros

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que la investigación “RECUPERACIÓN DE METALES PESADOS POR MÉTODOS FÍSICO-QUÍMICOS EN PISCINAS DE LODOS (CORTES DE PERFORACIÓN DE POZOS PETROLEROS) EN LA EMPRESA PLUSAMBIENTE S.A.”, de responsabilidad de la señorita Erika Paola Fuentes Barros, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Hanníbal Brito M. PHD
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Dr. Fausto Manolo Yaulema Garces
**MIEMBRO DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Erika Paola Fuentes Barros, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación

Riobamba, 12 de julio de 2017

.....

Erika Paola Fuentes Barros

C.I. 2200054134

DEDICATORIA

A mi Dios, por permitirme llegar a este momento tan importante y especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles donde me dio la fortaleza para continuar y me han enseñado a valorarlo cada día más.

A mi madre por ser el pilar fundamental en mi vida, que ha sabido formarme con sus buenos principios y valores que me han enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada. Quiero compartir este logro contigo porque ha sido el esfuerzo y dedicación de las dos, Te amo.

A mis hermanos Tatiana y David por ser los mejores hermanos y demostrarme su amor incondicional siempre, han sido mi inspiración para ser mejor cada día.

Este es el primer paso para lograr mis metas y todo se lo debo a ustedes.

Erika

AGRADECIMIENTO

A mi Dios, por su amor y su bondad infinita, que me permite sonreír ante todos mis logros que son resultado de su ayuda, este trabajo es una gran bendición y no cesan mis ganas de decir que es gracias a ti esta meta cumplida.

A mis padres Patricia y Wellington por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por confiar y creer en mí.

A mis hermanos Tatiana y David por compartir conmigo todos los momentos de mi vida, por ser el apoyo incondicional que tanto necesite.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por brindarme los conocimientos necesarios para mi formación profesional y personal.

A Plusambiente S. A por su valioso tiempo, oportuna y ayuda.

Al Ing. Hanníbal Brito por la paciencia, tiempo y apoyo incondicional, permitiendo el desarrollo de mi Trabajo de Titulación.

Al Dr. Fausto Yaulema por los conocimientos que aportaron significativamente para el desarrollo de mi Trabajo de Titulación.

A Dr. Julio Idrovo por sus acertados consejos ante las interrogantes que se presentaron durante el desarrollo de mi trabajo de Titulación.

A mis amigos por acompañarme en esta etapa de mi vida.

Erika.

ABREVIATURAS

ATSDR	Agencia Para las Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades
BCR	Community Bureau of Reference
CE	Conductividad Eléctrica
°C	Grados centígrados
ECS	Equipo de Control de Sólidos
HAP's	Hidrocarburos aromáticos policíclicos
LABSU	Laboratorio de suelos
m²	Metros cuadrados
m³	Metros cúbicos
M	molar
msnm	Metros sobre el nivel del mar
PVC	Cloruro de polivinilo
pH	Potencial de Hidrogeno
ppm	Partes por millón
RAHOE	Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas del Ecuador
SAE	Servicio de Acreditación Ecuatoriano
SM & TP	Standard Measurement and Testing Program
UA	Unidad de análisis

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2	Base Plusambiente.....	42
Figura 2-2	Esquema de la extracción química sucesiva de metales.....	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Límites permisibles de lixiviados para la disposición final de lodos y ripios de perforación en superficie.....	10
Tabla 1-2	Parámetros a ser medidos.....	10
Tabla 1-3	Resultados de la caracterización de metales pesados presentes en las muestra...	41
Tabla 2-3	Resultados de la extracción (BCR) de metales pesados presentes en el primer muestreo.....	43
Tabla 3-3	Resultados de la caracterización de los metales pesados presentes en el segundo muestreo.....	46
Tabla 4-3	Resultados de la extracción BCR de los metales pesados presentes en el segundo muestreo	48
Tabla 5-3	Resultados de la extracción Bario.....	50
Tabla 6-3	Resultados de la extracción Cadmio.....	51
Tabla 7-3	Resultados de la extracción Cromo Total.....	52
Tabla 8-3	Resultados de la extracción Níquel.....	53
Tabla 9-3	Resultados de la extracción Plomo	54
Tabla 10-3	Resultados de la extracción Vanadio.....	55
Tabla 11-3	Resultados de la extracción Bario.....	56
Tabla 12-3	Resultados de la extracción Cadmio.....	57
Tabla 13-3	Resultados de la extracción Cromo Total.....	58
Tabla 14-3	Resultados de la extracción Níquel.....	59
Tabla 15-3	Resultados de la extracción Plomo	60
Tabla 16-3	Resultados de la extracción Vanadio.....	61

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3 Resultados de caracterización de la primera muestra.....	39
Gráfico 2-3 Resultados de caracterización de la segunda muestra.....	39
Gráfico3-3 Resultados de caracterización de la tercera muestra	40
Gráfico 4-3 Resultados de extracción (BCR) de metales pesados presentes en la primera muestra.	45
Gráfico 5-3 Resultados de extracción (BCR) de metales pesados presentes en la segunda muestra.....	47
Gráfico 6-3 Resultados de la extracción (BCR) de metales pesados presentes en la tercera muestra.....	47
Gráfico 7-3 Resultados de la caracterización de la primera muestra	48
Gráfico 8-3 Resultados de la caracterización de la segunda muestra	49
Gráfico 9-3 Resultados de la caracterización de la tercera muestra	49
Gráfico 10-3 Resultados de la extracción BCR de la primera muestra	50
Gráfico 11-3 Resultados de la extracción BCR de la segunda muestra	50
Gráfico 12-3 Resultados de la extracción BCR de la tercera muestra.....	51
Gráfico 13-3 Resultados de la extracción Bario.....	48
Gráfico 14-3 Resultados de la extracción Cadmio.....	49
Gráfico 15-3 Resultados de la extracción Cromo Total.....	50
Gráfico 16-3 Resultados de la extracción Níquel.....	51
Gráfico 17-3 Resultados de la extracción Plomo.....	52
Gráfico 18-3 Resultados de la extracción Vanadio.....	53
Gráfico 19-3 Resultados de la extracción Bario.....	54
Gráfico 20-3 Resultados de la extracción Cadmio.....	55
Gráfico 22-3 Resultados de la extracción Níquel.....	57
Gráfico 23-3 Resultados de la extracción Plomo.....	58
Gráfico 24-3 Resultados de la extracción Vanadio.....	59

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A Fotografías

Anexo B Análisis de Laboratorio

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	9
INTRODUCCIÓN	12
CAPITULO I	
1 MARCO TEORICO	15
1.1 Antecedentes de la investigación	15
1.2 Bases Teóricas.....	16
1.2.1 Fluido de perforación	16
1.2.2 Principales componentes	16
1.3. Tipos de fluidos de perforación	173
1.3.1. Fluidos base agua	17
1.3.1.1 Funciones	17
1.3.2. Control de solidos.....	17
1.3.2.1. Métodos de control de solidos	17
1.3.2.2. Separación mecánica.....	17
1.3.2.3. Piscinas de asentamiento (gravedad)	18
1.3.2.4. Dilución.....	18
1.3.2.5. Dewatering	18
1.3.3. Cortes de perforación (Lodos)	18
1.3.3.1. Origen de los cortes de perforación	19
1.3.3.2. Composición de los cortes de perforación	19
1.3.3.3. Tratamiento de los cortes de perforación	19
1.3.3.4. Fosas para la disposición de los cortes de perforación.....	19
1.3.3.5. Landfarming.....	20
1.3.3.6. Biorremediación.....	20
1.3.4. Metales pesados y sus efectos en el ambiente	21
1.3.4.1. Importancia del conocimiento de metales pesados en suelo desde el punto de vista de la contaminación	22
1.3.5. Especiación química de metales pesados	23
1.3.5.1. Bario (Ba).....	24
1.3.5.2. Cadmio.....	25
1.3.5.3. Cromo.....	14
1.3.5.4. Níquel.....	26
1.3.5.5. Plomo	27

2.1.5.6.	Vanadio	28
1.4	Marco Legal	29

CAPITULO II

2.	PARTE EXPERIMENTAL	30
2.1	Lugar de Recolección de las Muestras	30
2.2	Caracterización del Lodo para la Recolección de las Muestras	30
2.3	Evaluación de Variables.....	31
2.4	Extracción de Metales Pesados	32
2.5	Esquema del proceso.....	35
2.6	Preparación de las rectas de calibrado.....	37

CAPITULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
3.1	Caracterización de metales pesados presentes en las muestras	38
3.2	Resultados de la extracción de metales mediante BCR	40
3.3	Resultados de la caracterización de metales pesados en el segundo muestreo	43
3.4	Extracción secuencial de metales pesados en la primera experimentación.....	47
3.5	Análisis de varianzas para los metales pesados presentes en las muestras	59
	CONCLUSIONES	61
	RECOMENDACIONES	62

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

RESUMEN

El objetivo fue recuperar metales pesados por método físico- químico en piscinas de lodos (cortes de perforación de pozos petroleros) en la empresa Plusambiente S.A. Se caracterizaron inicialmente los lodos en base al RAHOE 1215 – Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas del Ecuador, dándonos los siguientes valores: Bario (Ba) 1,78 mg/l ; Cadmio (Cd) 0,10 mg/l ; Cromo (Cr) 0,47 mg/l; Níquel (Ni) 0,97mg/l; Plomo (Pb) 0.37 mg/l; Vanadio (V) 0.47 mg/l. Para el segundo muestreo la caracterización arrojó los siguientes valores: Bario (Ba) 2,37 mg/l; Cadmio (Cd) 0,19 mg/l; Cromo (Cr) 1,13 mg/l; Níquel (Ni) 0,56mg/l; Plomo (Pb) 0.39 mg/l; Vanadio (V) 0.68 mg/l. Para el tercer muestreo se obtiene los siguientes valores: Bario (Ba) 2,05 mg/l; Cadmio (Cd) 0,19 mg/l; Cromo (Cr) 1,20 mg/l; Níquel (Ni) 0,56mg/l; Plomo (Pb) 0.35 mg/l; Vanadio (V) 0.40 mg/l. Una vez realizada la caracterización se realizó la extracción secuencial con el método BCR, donde se verificó la efectividad del mismo ya que se observó una notable extracción de los metales considerados en la investigación. Para el primer muestreo: Bario (Ba) 1,53 mg/l; Cadmio (Cd) 0,09 mg/l; Cromo (Cr) 0,35 mg/l; Níquel (Ni) 0,88 mg/l; Plomo (Pb) 0.33 mg/l; Vanadio (V) 0.4 mg/l. Para la segunda muestra los valores de extracción fueron: Bario (Ba) 2,31 mg/l; Cadmio (Cd) 0,13 mg/l; Cromo (Cr) 1,02 mg/l; Níquel (Ni) 0,45 mg/l; Plomo (Pb) 0.38 mg/l; Vanadio (V) 0.43 mg/l. Para la tercera muestra los valores de extracción fueron: Bario (Ba) 1,99 mg/l; Cadmio (Cd) 0,13 mg/l; Cromo (Cr) 0,17 mg/l; Níquel (Ni) 0,5 mg/l; Plomo (Pb) 0.33 mg/l; Vanadio (V) 0.37 mg/l. Se concluye que se recuperó los metales pesados presentes en los sedimentos mediante la extracción secuencial del método BCR. Se recomienda para futuras investigaciones realizar la extracción con sedimentos que contengan otros metales pesados ampliando los beneficios ambientales de este método.

Palabras claves: <BIOTECNOLOGÍA >, INGENIERÍA AMBIENTAL, < MÉTODO FÍSICO - QUÍMICO > < CORTES DE PERFORACIÓN > <METALES PESADOS> < EXTRACCIÓN SECUENCIAL > <MÉTODO BCR>

ABSTRACT

The objective was to recover heavy metals by physical- chemical method in sludge pools (oil well drilling) in Plusambiente S. A Company. Initially, the sludge was characterized based on Environmental Regulation for Hydrocarbon Activities (RAOH) D. E. 1215, obtaining the following values: Barium (Ba) 1.78 mg/l; Cadmium (Cd) 0.10 mg/l; Chromium (Cr) 0.47 mg/l; Nickel (Ni) 0.97 mg/l; Lead (Pb) 0.37 mg/l; Vanadium (V) 0.47 mg/l. In the second sampling the characterization showed the following values: (Ba) 2.37 mg/l; Cadmium (Cd) 0.19 mg/l; Chromium (Cr) 1.13 mg/l; Nickel (Ni) 0.56 mg/l; Lead (Pb) 0.39 mg/l; Vanadium (V) 0.68 mg/l. For the third sampling the following values are obtained: (Ba) 2.05 mg/l; Cadmium (Cd) 0.19 mg/l; Chromium (Cr) 1.20 mg/l; Nickel (Ni) 0.56 mg/l; Lead (Pb) 0.35 mg/l; Vanadium (V) 0.40 mg/l. Once the characterization was carried out, the sequential extraction with the BCR method was performed, where the effectiveness of the characterization was verified, since a significant metal mining considered in this investigation was observed. For the first sampling (Ba) 1.53 mg/l ; Cadmium (Cd) 0.09 mg/l; Chromium (Cr) 0.35 mg/l; Nickel (Ni) 0.88 mg/l; Lead (Pb) 0.33 mg/l; Vanadium (V) 0.4 mg/l. For the second sample the extraction values were: (Ba) 2.31 mg/l ; Cadmium (Cd) 0.13 mg/l; Chromium (Cr) 1.02 mg/l; Nickel (Ni) 0.45 mg/l; Lead (Pb) 0.38 mg/l; Vanadium (V) 0.43 mg/l. For the third sample the extraction values were: (Ba) 1.99 mg/l ; Cadmium (Cd) 0.13 mg/l; Chromium (Cr) 0.17 mg/l; Nickel (Ni) 0.5 mg/l; Lead (Pb) 0.33 mg/l; Vanadium (V) 0.37 mg/l. It is concluded that the heavy metals found in sediments were recovered by sequential extraction of the BCR method. It is recommended for future research to carry out the metal mining with sediments containing other heavy metals in order to expand the environmental benefits of this method.

KEY WORDS: < BIOTECHNOLOGY>, < ENVIRONMENTAL ENGINEERING>, <PHYSICAL- CHEMICAL METHOD>, <PERFORATION CUTS>, < HEAVY METALS>, <SEQUENTIAL EXTRACTION>, <BCR METHOD>

INTRODUCCIÓN

Identificación del problema

El suelo es un factor ambiental que por su origen, formación y evolución no puede ser aislado del entorno que lo circunda, representando, en la mayoría de ecosistemas terrestres, el medio físico-químico en el que se desarrolla la vida. Es frágil, de difícil y larga recuperación, y de extensión limitada. Por ello, un uso inadecuado del mismo puede contribuir a la degradación de este recurso natural no renovable a corto plazo. (Arrieta, 2013)

De todo lo anterior se desprende que el concepto tradicional de degradación de suelos como pérdida o reducción del potencial productivo resulta en la actualidad insuficiente, pues existen otras formas de degradación que si bien no están orientadas hacia la producción, disminuyen la calidad ambiental y, por tanto, la sostenibilidad de los sistemas. Una alternativa consiste en considerar como degradación cualquier cambio en las propiedades del suelo que ocasione una reducción en las funciones que el mismo puede desempeñar. Se puede hablar de diferentes tipos de degradación (física, química y/o biológica), según se produzca una alteración de dichas propiedades del suelo. (Fernandez, 2016)

Se pueden distinguir diferentes fuentes de contaminación de los suelos por metales pesados dependiendo de su origen. En ocasiones, la propia naturaleza del material originario y su alteración son los responsables de la contaminación; en este caso, se denomina contaminación endógena. Otras veces los aportes contaminantes son externos, frecuentemente como resultado de actividades antropogénicas, denominándose contaminación exógena. La contaminación de origen natural es significativamente menos importante que la de origen antropogénico. (Fernandez, 2016)

El problema de la contaminación del suelo por metales pesados en el medio de perforación de pozos petroleros es cada vez más grande y grave, tanto por la cantidad y diversidad de los elementos o compuestos que tienen los fluidos con los que se perfora el pozo. El fluido o lodo como comúnmente se lo conoce necesita de diferentes tipos de elementos y/o compuestos químicos que forman un líquido con características especiales, este fluido contiene metales pesados que así mismo ayudan a la perforación en si del pozo. (Fernandez, 2016.pp)

Este fluido pasa a formar parte de los cortes de perforación, los cuales son depositados en piscinas, estos sufren una degradación, pero los metales al no tener un tratamiento específico se mantienen y con el tiempo contaminan el ambiente y afectan la salud de quienes viven cerca. (Fernandez, 2016) (Fernandez, 2016)

Por esta razón se considera necesario el estudio de un método de extracción de metales sea físico-químico el mismo que contribuirá a mejorar la calidad de los cortes y ripios de perforación y puedan ser utilizados en otros procesos, sin afectar ni al ambiente ni a la salud.

JUSTIFICACIÓN

En los últimos años en el Ecuador la actividad de perforación de pozos petroleros ha incrementado, estos pozos cada vez son más profundos, esto es con el fin de mantener la producción petrolera, este incremento de pozos, también aumenta la cantidad de lodos y ripios de perforación generados en el campo petrolero, cuyo manejo ambiental es interés de las empresas petroleras, el estado a través del Ministerio de Ambiente y la sociedad, por las posibles afectaciones al ambiente y a la salud. (Astudillo, 2008)

El gran desarrollo de las sociedades industrializadas en los últimos años ha llevado una serie de ventajas indiscutibles, el nivel y la calidad de vida han aumentado considerablemente; sin embargo un efecto secundario a este progreso es la generación de productos residuales muy contaminantes y complejos, esta contaminación no sólo altera el equilibrio ecológico, produciendo mortalidad de algunas especies animales y vegetales, o la proliferación descontrolada de otros, sino que puede destruir en forma definitiva la vida en los lugares afectados. (Astudillo, 2008)

Por lo expuesto, las empresas y especialmente el estado por conservar el ambiente y basándose en experiencias de otros países en cuanto a la aplicación de nuevas alternativas para extraer metales pesados de lodos de perforación procedentes de los cortes de perforación de los pozos petroleros, además de hacer de esos lodos un material utilizable en cualquier proceso sin afectar a la salud y el ambiente en sí.

En el país en los últimos años se ha perforado un promedio de 200 pozos anuales, de un pozo se genera la cantidad de un promedio de 13000 barriles de lodos y ripios de perforación, estos

ripios reciben un tratamiento básico in situ, posterior se los llevan empresas calificadas como gestores ambientales para su tratamiento y disposición final cumpliendo la normativa ambiental, pero sin la extracción de los metales o trazas de metales que pueden o quedan en los lodos, que en un futuro pueden acarrear a una contaminación severa tanto ambiental como de salud. (Bolaños, 2014)

Al aplicar un método de extracción de metales pesados, se está eliminando elementos perjudiciales para el ambiente y la salud, cumpliendo la legislación y dándole un valor agregado a estos ripios para su disposición final como el rehusó del suelo en jardines, rompe vientos, elaboración de ladrillos, como capa secundaria en la construcción de carreteras, es decir estos lodos podrán ser depositados en cualquier lugar sin perjuicio a la naturaleza y salud. (Bolaños, 2014)

OBJETIVOS

Objetivo general

- Recuperar metales pesados por método físico- químico en piscinas de lodos (cortes de perforación de pozos petroleros) en la empresa Plusambiente S.A.

Objetivos específicos

- Caracterizar los lodos procedentes de los cortes de perforación
- Determinar el método para la extracción de metales pesados como: cadmio (Cd), Bario (Ba), Plomo (Pb), Níquel (Ni), Vanadio (V), Cromo (Cr).
- Verificar la efectividad del método

CAPITULO I

1 MARCO TEORICO

1.1 Antecedentes de la investigación

El manejo inadecuado de los materiales y residuos peligrosos ha generado a nivel mundial, un problema de contaminación de los suelos y cuerpos de agua. Entre las más severas contaminaciones destacan las que se produjeron y todavía se producen a causa de la extracción y el manejo del petróleo en todos los países productores de hidrocarburos en América Latina; principalmente en Venezuela, Brasil, México, Argentina, y Ecuador.

En un estudio de especiación química de metales pesados realizado por Oliveira y Mattiazzo (2001), presentaron resultados indicando que los suelos enmendados con biosólidos durante cinco años incrementaron sus niveles totales de Cd, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn, aunque el incremento encontrado estaba en las fracciones más resistentes. Los metales pesados pueden contaminar la cadena alimenticia y reducir el rendimiento de los cultivos.

Ramírez (2002), evaluó el manejo de rípios y efluentes provenientes de la perforación de pozos petroleros en los campos Kaki y Maulpa. La finalidad de este trabajo de investigación fue diseñar estrategias de ingeniería ambiental, para la aplicación de técnicas y/o procesos que minimicen o corrijan el daño ecológico que genera estos desechos durante las actividades de perforación de pozos.

Del mismo modo podemos tener en cuenta que en España se generan anualmente más de 10 millones de toneladas de lodos de depuradora, lo que implica el vertido al entorno de ingentes cantidades de metales pesados, con el riesgo que ello supone para el medio ambiente y para la salud de las personas.

González et. Al (2009), en un estudio de especiación química de metales pesados en biosólidos de origen urbano de la ciudad de Puebla, usando el método de extracción secuencial, presentaron resultados indicando que el Cr y Pb no tuvieron presencia en las diferentes muestras

de acuerdo al criterio establecido. El Cu y Ni se presentaron en las fracciones intercambiable, reducible y oxidable. El Cd en las fracciones reducible y oxidable.

1.2 Bases Teóricas

1.2.1 Fluido de perforación

Es considerado como la sangre de toda operación de perforación, ya que si no se tiene un fluido adecuado sería imposible realizar una operación exitosa, puesto que cumple con diferentes funciones siendo las principales la limpieza de los recortes y mantenerlos en suspensión, controlar presiones, mantener las paredes del hueco, causando el menor daño a la formación de interés. (Schlumberger, 2004)

En la industria petrolera se han desarrollado diversos tipos de fluidos de perforación: base agua, base aceite y base sintético. Para seleccionar uno de ellos se requiere estudiar parámetros como el tipo de formaciones, su permeabilidad, porosidad, presión del yacimiento, entre otros. Con esos criterios se elige un fluido con las características necesarias para lograr una perforación exitosa y económicamente rentable. (Schlumberger, 2004)

1.2.2 Principales componentes

El fluido de perforación comprende una sustancia o mezcla de diversas sustancias con propiedades físico-químicas apropiadas para cumplir las exigencias de cada operación de perforación en particular. (Schlumberger, 2004)

Los principales componentes químicos son:

- Materiales densificantes
- Viscosificadores
- Dispersantes / Des floclantes
- Agentes de control de filtrado
- Estabilizadores de lutita
- Lubricantes, emulsificantes y agentes tenso activos
- Inhibidores de corrosión
- Materiales para evitar pérdida de circulación

1.3 Tipos de fluidos de perforación

1.3.1 Fluidos base agua

El elemento principal es el agua, siendo las categorías generales de este lado: agua dulce, de mar, salada, cal, potasio y silicato, está integrado. (Schlumberger, 2004)

1.3.1.1 Funciones

Entre las principales funciones del fluido tenemos: la de evacuar los recortes de perforación, controlar las presiones de la formación, suspender y descargar los recortes, taponar las formaciones permeables y evacuar los recortes de perforación. (Schlumberger, 2004)

1.3.2 Control de solidos

El objetivo principal es la remoción progresiva de los sólidos perforados con la finalidad de mantener el lodo factible para ser reutilizado. Es una función preventiva, que consiste en remover los sólidos de perforación tan pronto como sea posible en cuanto entran al sistema de lodo, mientras las partículas tienen tamaño más grande. (Schlumberger, 2004)

1.3.2.1 Métodos de control de solidos

Son aquellos procesos encargados de controlar la acumulación de sólidos no deseados en un sistema de lodos, ya que estas tienen efectos desfavorables sobre el rendimiento del fluido de perforación y sobre el proceso de perforación. (Schlumberger, 2004)

1.3.2.2 Separación mecánica

Se define como la separación selectiva de sólidos perforados de lodo por diferencias de tamaño y masa que se puede realizar en diferentes tipos de equipos, los mismos que son diseñados para operar eficientemente bajo condiciones específicas. (Schlumberger, 2004)

1.3.2.3 Piscinas de asentamiento (gravedad)

Es la separación de partículas sólidas por efecto de la gravedad, debido a la diferencia en la gravedad específica de los sólidos y el líquido. Depende del tamaño de partículas, gravedad específica y viscosidad del lodo. (Schlumberger, 2004)

1.3.2.4 Dilución

La dilución reduce la concentración de sólidos perforados adicionando un volumen al lodo de perforación. (Schlumberger, 2004)

1.3.2.5 Dewatering

También conocido como deshidratación, se define como el proceso que se separa la parte líquida y sólida del fluido de perforación; es decir, consiste en separar las fases líquida y sólida del lodo, utilizando procesos químicos y mecánicos. El proceso químico se realiza mediante coagulación y floculación del lodo con productos químicos. Mientras tanto que el proceso mecánico centrifuga la mezcla floculada separando las dos fases; para todo este proceso se utiliza polímeros separando hasta las partículas más finas y disminuyendo los sólidos en el agua hasta menos de un 1%. (Bolaños, 2014)

Cuando termine la perforación de una sección determinada, todo el lodo del sistema deberá ser deshidratado (Dewatering) y el efluente líquido debe enviarse a las piscinas de tratamiento de agua y los sólidos serán descargados en los tanques abiertos para su disposición en la zona de cortes. (Bolaños, 2014)

1.3.3 Cortes de perforación (Lodos)

También conocidos como ripios de perforación, se definen como las partículas o pequeños pedazos de roca desprendidas durante la perforación en el interior del pozo, estas partículas son creadas por acción de las fuerzas de compresión y rotatoria del taladro. Los cortes adquieren muchas características del lodo, razón por la cual constituyen un desecho de difícil manejo y disposición al medio ambiente. (Bolaños, 2014)

1.3.3.1 Origen de los cortes de perforación

El fluido de perforación es una mezcla de líquidos, sólidos disueltos y sólidos en suspensión que tiene propiedades físicas y químicas que favorecen la perforación, protegiendo las formaciones que se atraviesan es preparado en el pozo y está compuesto de una fase líquida y una fase sólida. (Bolaños, 2014)

Una vez que éste fluido es inyectado al pozo y llega al fondo, arrastra consigo los sólidos desprendidos conocidos también como sólidos perforados de la tierra hasta la superficie, los cuales se van incorporando al fluido por lo que debe ser acondicionado por el Equipo de Control de Sólidos (ECS) que se encuentra en superficie en locación. (Bolaños, 2014)

1.3.3.2 Composición de los cortes de perforación

Su composición va a variar dependiendo de la formación geológica que atravesase durante cada sección de la perforación y del tipo de lodo que se esté utilizando. Si se utilizan fluidos de perforación a base aceite los recortes de rocas transportados por el fluido de perforación a lo largo del pozo son revestidos con una capa residual de aceite utilizado. En cambio sí se perfora con lodo base agua, los recortes tienen como componente principal la barita y el carbonato de calcio, a los que se añade compuestos inorgánicos como la bentonita y otras arcillas que hace que su viscosidad aumente. (Bolaños, 2014)

1.3.3.3 Tratamiento de los cortes de perforación

La generación de lodos y cortes de perforación representan el mayor volumen de desechos que se generan durante la perforación en cada una de las diferentes secciones por esta razón se debe realizar un manejo amigable con el ambiente para la disposición de estos desechos, debido a que si se da un mal tratamiento de estos residuos podría generar un problema de contaminación de los suelos y cuerpos de agua de escalas mundiales. (Bolaños, 2014)

1.3.3.4 Fosas para la disposición de los cortes de perforación

Estas fosas están ubicadas en el mismo lugar donde se realizan las perforaciones, para su diseño se considera parámetros como la impermeabilidad del suelo, techado y sistemas de drenaje para la recolección de agua fluvial. Para su capacidad de diseño se debe considerar el

número de pozos y la profundidad a perforar. Luego que el líquido en la fosa sea transmitido al sistema de aguas residuales industriales de la locación, la fosa tiene que cubrirse con una capa de suelo natural y se utilizara técnicas de vegetación para ser restaurada. (Bolaños, 2014)

1.3.3.5 Landfarming

Es una tecnología de Biorremediación que se realiza ex situ mediante la excavación de los suelos contaminados para disponerlos sobre una superficie impermeable (geo membrana), que está dispuesta sobre la superficie del terreno adyacente a la zona contaminada o en una pequeña piscina excavada cerca de esta zona y sobre la que se vierte el suelo a tratar. Este proceso tiene un sistema de drenaje para la recolección de lixiviados para ser tratados posteriormente. Caldera, 2013

Su tratamiento de descontaminación parte de la acción de microorganismos que están presentes en el suelo, que al ser tratados ex situ favorecen a las condiciones óptimas de biodegradación de los compuestos orgánicos. Esta tecnología es usada eficazmente en tratamientos de lodos de refinería que contienen altas concentraciones de hidrocarburos del petróleo. Caldera, 2013

1.3.3.6 Biorremediación.

Este término se aplica al proceso que emplea métodos biológicos para transformar contaminantes en el suelo o en las aguas. Se utiliza para la disminución de la contaminación por los hidrocarburos de petróleo y sus derivados como metales pesados e insecticidas; también se usa para tratar aguas domésticas e industriales, aguas procesadas y de consumo humano, aire y gases de desecho. La forma más general de tratar un derrame de petróleo en procesos de biorremediación es la adición de fertilizantes ya que facilitan la descomposición del crudo por las bacterias con el propósito de subsanar el medio ambiente. Caldera, 2013

Este proceso de descontaminación puede realizarse “In Situ”: excavando el terreno y tratándolo a pie de excavación, o “Ex Situ”, en instalaciones aparte. Además la biorremediación utiliza el potencial metabólico de los microorganismos siendo los más frecuentes las bacterias, hongos y levaduras, para transformar contaminantes orgánicos en compuestos más simples con una mínima carga contaminante, por lo tanto se puede utilizar para limpiar terrenos o aguas contaminadas. Caldera, 2013

1.3.4 Metales pesados y sus efectos en el ambiente

Un metal pesado es considerado como un elemento con una densidad igual o superior de 5.0 g/cm^3 cuando está en forma elemental, o cuyo número atómico es superior a 20, excluyendo a los metales alcalinos y alcalino-térreos, constituyentes naturales de la corteza terrestre, de rocas de suelos, sedimentos, erupciones volcánicas y agua. (Romero, 2009)

De acuerdo con García y Dorrnsoro (2009), los metales pesados se clasifican en dos grupos.

- Oligoelementos o micronutrientes, estos son requeridos en pequeñas cantidades, o cantidades –traza por plantas y animales y están disponibles para que los organismos completen su ciclo vital. Dentro de este grupo están: As, Co, Cr, Cu, Mo, Mn, Ni, Fe, Se y Zn.
- Metales pesados, sin función biológica conocida, cuya presencia en determinadas cantidades en seres vivos produce disfunciones en su organismo. Entre los que se encuentran el Cd, Hg, Pb, Bi, Sn y Tl.

La toxicidad de una sustancia representa su capacidad para causar una lesión en un organismo vivo; en este sentido, los metales pesados son de reconocido riesgo tanto para la salud como para el ambiente. La Agencia Para las Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR), detalla la toxicidad algunos metales pesados, entre ellos: el arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), plomo (Pb), níquel (Ni), zinc (Zn), y mercurio (Hg), mismos que en la actualidad son considerados por la normativa ecuatoriana. (García y Dorrnsoro, 2009)

Los metales que fueron mencionados pueden absorberse por inhalación de compuestos derivados de estos en forma de gases en la atmosfera; o inhalarse cuando se encuentran adheridos a partículas de polvo, o tierra muy fina, que pueda ser movilizada por corrientes bajas de aire. La toxicidad de los metales pesados está relacionados con los sistemas biológicos llamados bioacumulación, biomagnificación, bioconcentración y biodisponibilidad. (García y Dorrnsoro, 2009)

Los metales que se encuentran en los cortes de perforación son Pb, Ni, Cd, Cr, Cu y Zn y las concentraciones de metales están gobernadas por la naturaleza y la intensidad de la actividad, así como por el tipo de proceso empleado durante el tratamiento de los lodos. Basándose en evaluaciones extensivas del riesgo de los metales pesados de los cortes de perforación, el Reglamento de Operaciones Hidrocarburíferas, regula 3 metales para la disposición final de lodos y rípios de perforación en superficies, estableciendo sus límites máximos permisibles. (Bolaños, 2014)

Tabla 1.1 Límites permisibles de lixiviados para la disposición final de lodos y ripios de perforación en superficie.

SIN impermeabilización de la base			
Parámetro	Expresado en	Unidad	Valor límite permisible
Cadmio	Cd	mg/l	<0.05
Cromo Total	Cr	mg/l	<1.0
Vanadio	V	mg/l	<0.2
Bario	Ba	mg/l	<5
CON impermeabilización de la base			
Parámetro	Expresado en	Unidad	Valor límite permisible
Cadmio	Cd	mg/l	<0.05
Cromo Total	Cr	mg/l	<1.0
Vanadio	V	mg/l	<0.2
Bario	Ba	mg/l	<5

Fuente: RAOH

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

1.3.4.1 Importancia del conocimiento de metales pesados en suelo desde el punto de vista de la contaminación

Al aplicar biosólidos de origen industrial como enmiendas agrícolas, el principal efecto ambiental se da en el recurso natural suelo. Las características físicas y químicas de los biosólidos modifican las características del suelo y se produce una alteración. Esta alteración puede ser positiva o negativa. Es decir, puede mejorar o deteriorar las características del suelo.

Otro efecto ambiental ocasionado al agro ecosistema por la aplicación de biosólidos como enmiendas agrícolas, se produce en la atmosfera debido al olor de los biosólidos. Además de la molestia ocasionada por el olor desagradable de los biosólidos, no se tiene información sobre los efectos que este tenga sobre la salud humana y animal (Schiffman y Williams, 2005).

Un tercer efecto ambiental ocasionado por la aplicación de biosólidos en suelos agrícolas es el efecto ocasionado en el paisaje del agro ecosistema. El color negro característico de los biosólidos y su apariencia ocasionan una alteración al paisaje.

Determinar el contenido total de metales pesados en biosólidos que son destinados a uso agrícola es importante por el riesgo existente de que se acumulen en el suelo. Sin embargo, la

concentración total del metal se encuentra repartida en distintas fracciones o especies químicas. Por lo tanto, la medición del contenido total es un criterio insuficiente para evaluar el verdadero riesgo, debido a que la movilidad de los metales pesados y su biodisponibilidad para las plantas depende de la especie química en la que se encuentren asociados (Scancar et al., 2000).

La importancia del estudio de las fracciones o especies químicas en las cuales se encuentran los metales pesados en los biosólidos, radica en que se establece su nivel de biodisponibilidad dependiendo de la estabilidad de cada especie química en condiciones ambientales. Cuando un metal se encuentra enlazado débilmente a una especie química, su índice de disponibilidad es alto porque el metal puede ser solubilizado con ligeros cambios en las condiciones ambientales del suelo, como una reducción del pH o del potencial redox (Alloway, 1990).

Cuando los metales se encuentran unidos fuertemente a la especie química su estabilidad es muy alta y para que se conviertan a formas solubles se necesitarían condiciones ambientales muy drásticas, que normalmente no ocurren en la naturaleza. Si la mayor concentración de los metales se encuentra en esta fracción, indica una muy baja biodisponibilidad y en consecuencia el peligro de toxicidad se reduce. Esta información sólo es posible obtenerla con un estudio de especiación (Pérez-Cid et al., 1999).

Los lodos pueden introducir al suelo excesivas cantidades de constituyentes que contengan principalmente nitrógeno y fósforo, pesticidas y microorganismos patógenos (Barry et al., 1995), la salinidad del suelo puede verse afectada por la aplicación del lodo y, consecuentemente la disponibilidad del metal se puede volver alta. Por lo tanto, el riesgo de contaminación del suelo por metales pesados debe ser considerado cuando se apliquen los biosólidos y una comprensión del comportamiento de los metales pesados en el suelo es esencial para valorar los riesgos ambientales cuando esos metales son incorporados al suelo. (Pérez-Cid et al., 1999)

1.3.5 Especiación química de metales pesados

La especiación química es considerada como el proceso de identificación y cuantificación de las formas químicas de un mismo elemento en una muestra dada (Hlavay et al., 2004).

Para realizar este procedimiento se utiliza un método de extracción, simple o secuencial. (Filgueiras et al., 2002).

La comunidad Europea a través del Community Bureau of Reference (BCR), que a partir del año 2002 se denomina Standard Measurement and Testing Program (SM & TP), inició una programación que armoniza la metodología usada en procedimientos de extracción secuencial, la misma que nos ayuda a determinar metales pesados en suelos y sedimentos. Este procedimiento ha sido aplicado exitosamente a una gran variedad de matrices sólidas incluyendo biosólidos. (Rauret *et al.*, 2000).

Esta metodología divide el contenido total del metal que se está estudiando de la muestra, en tres fracciones, las mismas que se liberan a través de una secuencia de extracción en orden de movilidad y peligrosidad decreciente. (Rauret *et al.*, 2000).

1.3.5.1 Bario (Ba)

Este metal es abundante en la naturaleza ocupando aproximadamente el 0,04 % de la corteza terrestre. Sus principales fuentes son los minerales barita (sulfato de bario, BaSO₄) y witherita (carbonato de bario, BaCO₃). Su principal uso es en la fabricación de aleaciones para las piezas de níquel-bario del sistema de encendido de automóviles, así mismo en la fabricación de vidrio, cerámica y tubos de imagen de los televisores. La barita (BaSO₄) o sulfato bórico se utiliza principalmente en la producción de litopán, un polvo blanco que contiene un 20 % de sulfato de bario, un 30 % de sulfuro de zinc y menos de un 8 % de óxido de zinc. (Nordberg, s.f)

El carbonato de bario (BaCO₃) se obtiene en forma de precipitado de la barita y se utiliza en la fabricación de ladrillos, cerámica, pinturas y caucho, en la perforación de pozos petrolíferos y en la industria del papel, fabricación de esmaltes, sustitutos de mármol, cristales ópticos y electrodos. El peróxido de bario se utiliza en la industria textil para teñir y estampar tejidos, en las soldaduras de polvo de aluminio y en pirotecnia. (Nordberg, s.f)

1.3.5.1.1 Toxicidad

Los compuestos de bario tienen efectos irritantes sobre la membrana mucosa y los ojos. El carbonato de bario es un compuesto insoluble, puede causar graves intoxicaciones por vía oral y experimentos realizados en ratas, produce un deterioro de las gónadas masculinas y femeninas. También se ha detectado afectaciones en el feto ya que presenta sensibilidad al carbonato de bario durante la primera mitad del embarazo. (INSHT, 1999)

1.3.5.2 Cadmio

Este metal es muy resistente a la corrosión y se utiliza para su electrodeposición en otros metales, especialmente el acero y el hierro. Los compuestos de cadmio se utilizan también como pigmentos y estabilizadores de plásticos y en ciertas aleaciones. Las baterías pequeñas, portátiles y recargables de cadmio que se utilizan, por ejemplo, en los teléfonos móviles representan un uso del cadmio cada vez mayor. Entre las sales de cadmio más importantes está el estearato de cadmio, utilizado como estabilizador térmico en los plásticos de PVC (cloruro de polivinilo). (Méndez, 2012)

El cloruro de cadmio es empleado como fungicida, como componente de baños galvanoplásticos, colorante en pirotecnia, aditivo en las soluciones de estañado y mordente en la tinción e impresión de textiles. También se utiliza para la producción de determinadas películas fotográficas, para la fabricación de espejos especiales y para el recubrimiento de tubos electrónicos de vacío. (INSHT, 1999)

1.3.5.2.1 Toxicidad

La inhalación de compuestos de cadmio en concentraciones superiores a 1 mg/m^3 en un periodo de 8 horas o superiores, puede producir neumonitis química, y presentando edema pulmonar en casos más graves. De manera general los síntomas aparecen entre 1 y 8 horas después de la exposición y son similares a los de la gripe o la fiebre por humos de metales. La ingestión de bebidas contaminadas con cadmio en concentraciones superiores a 15 mg/l produce síntomas de intoxicación alimentaria siendo los síntomas náuseas, vómitos, dolor abdominal y, en ocasiones, diarrea. Las fuentes de contaminación de los alimentos pueden ser las cacerolas y sartenes recubiertos con esmalte a base de cadmio o soldaduras realizadas con cadmio que se utilizan en las máquinas expendedoras de bebidas calientes y frías. (Méndez, 2012)

1.3.5.3 Cromo

El cromo es un elemento duro, blanco y brillante, que se presenta en los estados de oxidación de II a VI, siendo los cromatos y dicromatos fuertemente oxidantes y más tóxicos. (INSHT, 1999)

El cromo se utiliza en el enchapado para la fabricación del acero inoxidable; en este proceso se deposita una capa gruesa de cromo, siendo este el que le da la dureza, resistencia a la corrosión, entre otras características. También se usa en la industria del cuero para el curtido de pieles en donde se generan miles de toneladas de desechos sólidos, potencialmente tóxicos debido al alto contenido de cromo. (INSHT, 1999)

1.3.5.3.1 Toxicidad

Entre las afectaciones más relevantes causados por este elemento están las ulceraciones en la piel, cáncer de pulmón, cáncer de las cavidades nasales y senos paranasales, leucemia. Además, estudios han revelado que el cromo se deposita en la piel, pulmones, músculos y grasa y en cantidades superiores o por largo tiempo se acumulan en hígado, bazo, espina dorsal, cabellos, uñas y placenta. (INSHT, 1999)

Teniendo en cuenta lo expresado, el estado de oxidación trivalente o hexavalente y la solubilidad del cromo determinan la peligrosidad del cromo presente en los suelos. Por ello el conocimiento de los factores que rigen la forma química del cromo en el suelo es de gran importancia sanitaria y ambiental. (INSHT, 1999)

1.3.5.4 Níquel

Entre los compuestos del níquel (Ni) de interés se encuentran el óxido níqueloso (NiO), hidróxido níqueloso (Ni(OH)₂), sulfato (NiSO₄) y cloruro de níquel (NiCl₂). El níquel representa entre un 5 y un 50 % del peso de los meteoritos y se encuentra en forma de minerales, combinado con azufre, oxígeno, antimonio, arsénico y/o sílice. El níquel metálico, sus compuestos y sus aleaciones tienen muchos usos más, como el galvanizado, la fabricación de cintas magnéticas y componentes informáticos, varillas para soldadura al arco eléctrico, prótesis quirúrgicas y dentales, baterías de níquel-cadmio, pigmentos para pinturas (como el amarillo de titanato de níquel), moldes para recipientes cerámicos y de vidrio, y catalizadores para reacciones de hidrogenación, síntesis orgánica y el paso final de metanización en la gasificación del carbón. (INSHT, 1999)

1.3.5.4.1 Toxicidad

Los riesgos para el hombre derivados de la exposición profesional a los compuestos de níquel pueden dividirse en tres categorías principales alergias; rinitis, sinusitis y enfermedades respiratorias, cánceres de las cavidades nasales, de pulmón y de otros órganos. (INSHT, 1999)

1.3.5.5 Plomo

El plomo es un metal blando y fácil de fundir, cuando está recién cortado presenta un brillo argentino, que se apaga rápidamente en contacto del aire debido a la formación de un recubrimiento superficial de óxidos y carbonatos. (INSHT, 1999)

El plomo es un metal escaso, se calcula en un 0.00002 % de la corteza terrestre, tiene un punto normal de fusión de 327.4 °C, un punto normal de ebullición de 1770 °C y una densidad de 11.35 g/ml. Forma compuestos con los estados de oxidación de Pb (+2) y (+4), siendo los más comunes los del estado de oxidación (+2). la cerusita (carbonato de plomo, Pb (CO₃)). (INSHT, 1999)

El plomo es un metal tóxico, que desde los comienzos de la civilización ha sido usado como aditivo en numerosos productos comerciales como pinturas, tintas, soldadura para envases metálicos de comestibles, algunos tipos de gasolina, pero principalmente en la formación de capa vidriosa de ciertos objetos de loza de barro, piezas de alfarería y cerámica. (INSHT, 1999)

1.3.5.5.1 Toxicidad

El saturnismo es un cuadro muy proteiforme que puede pasar desapercibido durante años. Se distingue un cuadro agudo, muy raro, y un cuadro crónico, con una fase subclínica y una fase clínica. A su vez la presentación difiere algo entre el adulto y el niño. (INSHT, 1999)

La ingesta aguda es excepcional pero posible ("pica", masticar perdigones, ingesta accidental o suicida de minio); produce vómitos, dolores abdominales y diarrea, pudiendo objetivarse hemólisis, citólisis hepática y afectación tubular renal. En casos graves puede producirse depresión del SNC y el paciente puede fallecer en pocos días. (INSHT, 1999)

1.3.5.6 Vanadio

Los minerales de vanadio (V) más importantes son la patronita (sulfuro de vanadio), que se encuentra en Perú, y la descloizita (vanadato de plomo-zinc), en Sudáfrica. Otros minerales, como la vanadinita, la roscolita y la carnotita, contienen vanadio en cantidad suficiente para que la extracción sea rentable. El petróleo crudo puede contener pequeñas cantidades de vanadio y los depósitos de gases de combustión de los hornos caldeados con petróleo pueden contener más de un 50 % de pentóxido de vanadio. Otra fuente del metal son las escorias de ferrovandio. Una de las fuentes más importantes de exposición al vanadio para el hombre son los óxidos de vanadio liberados al quemar combustibles de petróleo. (INSHT, 1999)

El vanadio se encuentra normalmente en pequeñas cantidades en el organismo humano, especialmente en el tejido adiposo y en la sangre. La mayor parte del vanadio producido se emplea como ferrovandio, cuyo uso directo más importante son aceros de alta velocidad y la fabricación de herramientas de acero. La adición de un 0,05 a un 5 % de vanadio elimina el oxígeno y el nitrógeno ocluidos en el acero, aumenta la resistencia a la tracción y mejora el módulo de elasticidad y la resistencia a la corrosión de la aleación final. En el pasado se utilizaban compuestos de vanadio como agentes terapéuticos en medicina. (INSHT, 1999)

1.3.5.6.1 Toxicidad

La experiencia ha demostrado que los óxidos de vanadio, y en especial el pentóxido y su derivado el meta vanadato amónico, producen efectos adversos en el hombre. Puede producirse una exposición al pentóxido de vanadio durante las siguientes actividades industriales: cuando se utiliza pentóxido de vanadio en forma de partículas para la producción de vanadio metálico, durante las operaciones de reparación de instalaciones en que se ha utilizado pentóxido de vanadio como catalizador, durante la limpieza de calderas de los hornos de fuel-oil en las centrales eléctricas, barcos, etc. La presencia de compuestos de vanadio en los productos del petróleo es especialmente importante y, dada la posibilidad de contaminación atmosférica en las centrales eléctricas de fueloil, existe un control de las autoridades sanitarias públicas y de los encargados de supervisar la salud laboral. (INSHT, 1999)

1.4 Marco Legal

Los principios básicos para la generación de leyes eficaces respecto a medio ambiente que los Estados deben proclamar respectivamente, son establecidos a partir de la declaración sobre Medio Ambiente y Desarrollo llevada a cabo en Rio de Janeiro en el año de 1992. Por disposiciones reglamentarias de acuerdo al Art. 1 de la constitución del Ecuador, es considerado al Ecuador como un estado soberano, el cual velará por el derecho de la población a residir en un ambiente ecológicamente equilibrado y sano, garantizando su desarrollo. Declara que la preservación del medio ambiente sea de interés público y regulado de acuerdo a la ley. (RAOHE, Decreto 1215).

La finalidad de llevar a cabo adecuadamente las diferentes disposiciones encaminadas a la preservación del medio ambiente por decreto ejecutivo 2982 notificado en 24 de agosto del año 1995 es expedido concretamente el Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas en Ecuador, siendo reformado en el año 2001 Tornándose a Reglamento Sustitutivo al Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas. (RAOHE, Decreto 1215).

Atendiendo lo estipulado en el mencionado decreto de acuerdo al artículo 1 tiene por objetivo regular las operaciones desde exploración hasta comercialización de los hidrocarburos y sus derivados. Las operadoras en su desenvolvimiento deberán ejecutar los respectivos procesos, respetando los límites permisibles, reflejados en tablas, las cuales proporcionan los valores admisibles que deben ser alcanzados como margen.

Los lodos y ripsos de perforación, para su disposición final en superficie tienen que cumplir con los parámetros y límites permisibles indicadas en la tabla, dependiendo de si el sitio de disposición final cuenta con una impermeabilización de la base o no, en nuestro caso se de acuerdo a la tabla 7^a Límites permisibles de lixiviados para la disposición final de lodos y ripsos de perforación en superficie, del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en Ecuador (RAOHE, Decreto 1215).

CAPITULO II

2. Parte Experimental

2.1 Lugar de Recolección de las Muestras



Figura 1-2: Base Plusambiente- Lugar de recolección de la muestra

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

La recolección de la muestra se realizó en la Base de Plusambiente S.A, perteneciente a San Sebastián del Coca, Km 1.7 camino a las Minas de Huataracu a 282 msnm., Cantón Joya de los Sachas, Jurisdicción de la provincia de Orellana entre los $77^{\circ} 0'4.94''O$ de longitud Occidental, $0^{\circ}19'20.82''S$ de latitud Sur.

2.2 Caracterización del Lodo para la Recolección de las Muestras

2.2.1 Materiales

- Palas
- Libreta de anotaciones
- Esfero
- Etiquetas
- Fundas ziploc

Equipo

- Excavadora
- Balanza Analítica
- Termo de baja temperatura

2.2.2 Método

El muestreo se realizó en zigzag para lograr que se abarque toda el área de la piscina, siguiendo la siguiente metodología:

- Antes de tomar las muestras se procedió a homogenizar la piscina con la ayuda de la excavadora.
- Se tomó 7 muestras de lodo de la piscina y se las homogenizo, reduciendo a 3 para ser analizadas.
- Las muestras fueron tomadas a una profundidad de 1 metro, 1 kg aproximadamente, homogenizando y etiquetando.
- Los análisis correspondientes, se determinaron en base al Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas, de acuerdo a la Tabla 7 a SIN impermeabilización, que son los límites más exigentes que tiene la norma, independientemente de que las piscinas estén permeabilizadas
- Las muestras obtenidas se colocaron en fundas ziploc y se guardaron en un termo baja temperatura para ser trasladados a los laboratorios de análisis LABSU S.A., evitando toda fuente de alteración de resultados.

2.3 Evaluación de Variables

2.3.1 Materiales

- Agua destilada

Equipo

pH metro

Conductímetro

2.3.2 Método

Las variables se evaluaron acorde a los objetivos planteados, además se tomó en cuenta algunos parámetros químicos como pH y Conductividad Eléctrica. Todos los elementos mencionados en la siguiente tabla se analizaron en su forma total y por el método de extracción secuencial BCR, y Absorción atómica.

Tabla 1.2 Parámetros a ser medidos

Parámetro	Unidad	Referencia
Potencial Hidrogeno	-	SM 4500 H+B
Conductividad eléctrica	uS/cm	SM 251° B
Bario	mg/L	EPA 1311, SM 3030
Cadmio	mg/L	EPA 1311, SM 3030
Cromo Total	mg/L	EPA 1311, SM 3030
Níquel	mg/L	EPA 1311, SM 3030
Plomo	mg/L	EPA 1311, SM 3030
Vanadio	mg/L	EPA 1311, SM 3030

Fuente: Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

2.4 Extracción de Metales Pesados

2.4.1 Materiales

- Matraces Erlenmeyer de clase A de 25, 50 y 100 ml.
- Recipientes de Pyrex con protección de 100 ml.
- Recipientes de polietileno de 100 ml.
- Pipetas automáticas de alta precisión de 10-100 V y de 100-1000 V.
- Pipetas aforadas de clase A de 5, 10 y 20 ml.
- Tubos de polietileno de 15 ml.
- Patrones de los elementos de calidad

Equipo

- Equipo de Absorción Atómica
- Balanza de precisión.
- Centrifuga.

- Baño de arena.
- Baño agitador horizontal.

2.4.2 Reactivos

2.4.2.1 Solución de ácido acético (HOAc) 0.11M

Se prepara una disolución madre de ácido acético 0.44M, a partir de ésta se diluye hasta 0.11M, inmediatamente antes de las extracciones.

2.4.2.2 Clorhidrato de hidroxilamina (NH₂OH.HCl) 0.1M

Se obtiene mezclando 6.95g de cloruro de hidroxilamonio con 900 ml de agua, acidificando la disolución con ácido nítrico hasta pH 2 y enrasado a un litro con agua destilada.

Esta disolución hay que prepararla inmediatamente antes de utilizarla, a lo sumo, el mismo día en que se ha de realizar la extracción. Es importante acidificar con ácido nítrico diluido para precisar el pH final, ya que la disolución de clorhidrato de hidroxilamonio presenta hidrólisis ácida y con poca cantidad de nítrico es suficiente.

2.4.2.3 Peróxido de hidrógeno (H₂O₂) 30%, 8.8M

Este reactivo se utiliza como lo suministra el fabricante, estabilizado para ácidos a pH de 2 a 3 de grado Suprapuro.

2.4.2.4 Acetato de amonio (NH₄OAc) 1M

Para preparar esta disolución, pesamos 77.08 g de acetato de amonio y mezclamos en unos 900 ml de agua, ajustamos la disolución a pH 2 con ácido nítrico y lo enrasamos hasta un litro con agua destilada.

El ácido nítrico es fuerte y el ión acetato es una base débil por lo que las primeras fracciones de nítrico se invierten en reaccionar con el ión acetato generando ácido acético e ión nitrato, por efecto de hidrólisis. En consecuencia, es necesario añadir suficiente ácido nítrico para desplazar a todo el ion acetato.

2.4.2.5 Ácidos nítrico y clorhídrico (HNO y HCl)

Estos reactivos se utilizan como los suministra el fabricante, concentrados de calidad para Absorción Atómica.

2.4.3 Método

Los ensayos fueron realizados en las instalaciones del Laboratorio LABSU y para la realización del análisis de especiación se han tenido unas precauciones especiales en la elección de materiales y la limpieza de los mismos. El material en contacto con las muestras se eligió de polietileno a fin de evitar la contaminación con los iones que puede liberar el vidrio.

Este procedimiento se realizó en 4 etapas las cuales se detallan a continuación:

- **Primera etapa**

Se mezcló en un recipiente de polietileno un gramo de sedimento y 40 ml de disolución de ácido acético 0.11M y se colocó en un baño agitador horizontal durante 16 horas a temperatura ambiente. Transcurrido este periodo, se pasó el contenido del recipiente de polietileno a un tubo de centrifuga con sumo cuidado, para no perder parte de la mezcla. Se centrifugó a 3000 r.p.m. durante 40 minutos. Luego se extrajo el líquido sobrenadante con una pipeta de 5 ml y se depositó en un tubo de polietileno, posteriormente se guardó en una nevera a 4°C hasta su análisis.

Se lavó el residuo con 20 ml de agua destilada centrifugando durante 15 minutos. El agua de lavado se desechó teniendo cuidado de no perder parte del residuo sólido. Por último se agitó el residuo centrifugado en un baño de ultrasonidos y se colocó de nuevo al recipiente de polietileno.

- **Segunda etapa**

Al residuo de la primera etapa se añadió 40 ml de disolución de clorhidrato de hidroxilamina 0.1M acidificada con ácido nítrico hasta pH 2 y se agitó la mezcla durante 16 horas a temperatura ambiente.

Se realizó el mismo procedimiento que en la primera etapa separando el extracto del residuo centrifugado.

Luego se extrajo el líquido sobrenadante en un tubo de polietileno y se guardó en una nevera a 4°C hasta su análisis. Finalmente se lavó y trasladó el residuo del tubo de centrifuga al recipiente de polietileno como se indicó en el primer caso.

- **Tercera etapa**

Al residuo de la segunda etapa se agregó 10 ml de peróxido de hidrógeno 8.8M, posteriormente se tapó el recipiente haciendo que se digiera a temperatura ambiente durante una hora, luego se agitó manualmente de forma ocasional para que se produzca un buen ataque.

La digestión continuó durante una hora más en el baño agitador a 85°C y luego se aumentó la temperatura del baño hasta 99 °C para reducir el volumen a pocos mililitros.

Se añadió otros 10 ml de peróxido de hidrógeno 8.8M, se tapó el recipiente y calentó el baño agitador a 85°C durante una hora. Al cabo de este tiempo se destapó el recipiente aumentando la temperatura del baño para que la muestra se evapore hasta sequedad. Finalmente se agregó al residuo 50 ml de acetato de amonio 1M, la mezcla se sometió inmediatamente al baño agitador durante 16 horas a temperatura ambiente. Se operó de forma similar como en las etapas anteriores.

- **Cuarta etapa**

Finalmente se pasó el residuo de la tercera etapa a un recipiente de Pyrex teniendo cuidado de no perder parte de la muestra, al mismo que se añadió 5 ml de HCl y 15 ml de HNO₃ colocándolo inmediatamente en un baño de arena a 150°C durante 3 horas.

Una vez transcurrido este tiempo se centrifugó y separó el líquido sobrenadante en un tubo de polietileno y se guardó en una nevera a 4°C hasta su análisis.

2.5 Esquema del proceso

En primer lugar se realizó la caracterización del lugar, delimitando el área de donde se tomaron las muestras para el análisis. Una vez recolectadas las muestras se procedió a homogenizarlas y posteriormente a la adición de los reactivos mencionados anteriormente. Cuando se realizaron los tratamientos físicos químicos respectivos a las muestras se determinaron de inmediato los metales pesados considerados en la investigación como son Ba, Cd, Cr, Ni, Pb, V.



Grafico 2: Esquema del proceso

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

2.6 Preparación de las rectas de calibrado

Para la determinación de los metales pesados asociados a cada una de las fracciones en los sedimentos se siguió la misma metodología usada para la determinación del contenido total de metales en los lodos.

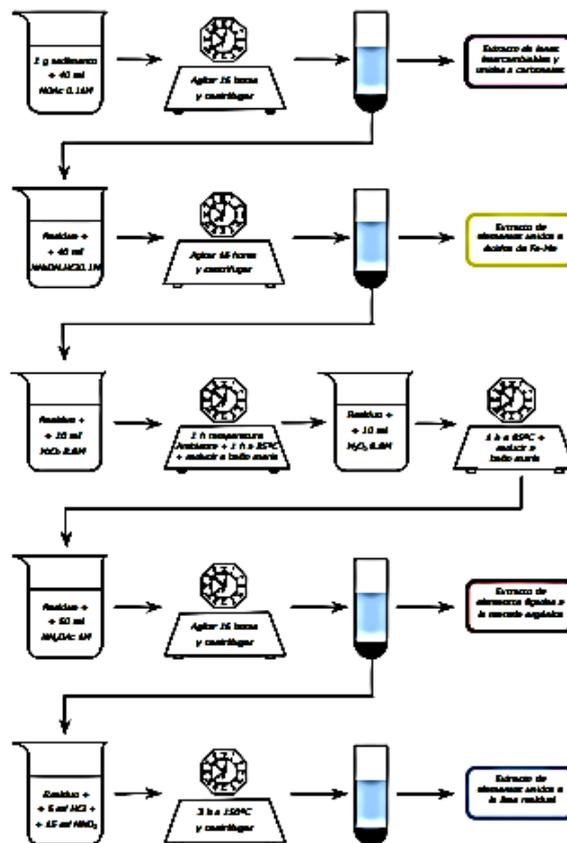


Figura 2.1. Esquema de la extracción química sucesiva de metales.

Fuente: Bolaños, 2014. Especiación de metales pesados

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización de metales pesados presentes en las muestras

Durante la perforación del pozo, se generan lodos, ripios y cortes de perforación, los cuales son depositados a una piscina para su tratamiento y disposición final una vez cumplido el tiempo determinado por la norma aplicable

Tabla 1. 3 Resultados de la caracterización de metales pesados presentes en las muestras

DATOS DEL PRIMER MUESTREO- SIN EXTRACCION			
METAL	1 MUESTRA (mg/L)	2 MUESTRA (mg/L)	3 MUESTRA (mg/L)
Ba	1,78	2,37	2,05
Cd	0,10	0,19	0,19
Cr	0,47	1,13	1,20
Ni	0,97	0,56	0,56
Pb	0,37	0,39	0,35
V	0,47	0,61	0,40

Realizado por: Erika Fuentes, 2107

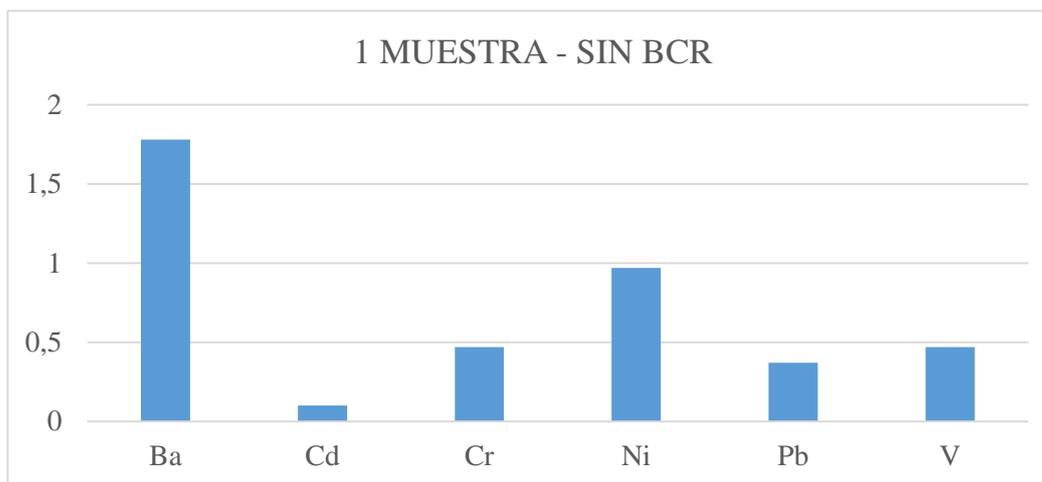


Gráfico 1.3 Resultados de caracterización de la primera muestra

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

El gráfico 1.3 indica que Ba es el metal que presenta una mayor concentración de 1,78 mg/L seguido del Ni con 0,97 mg/L; luego el V y Cr con una misma concentración de 0,47 mg/L; Pb con 0,37 mg/L; y por último se observa que el Cd tiene la menor concentración de 0,10 mg/L.

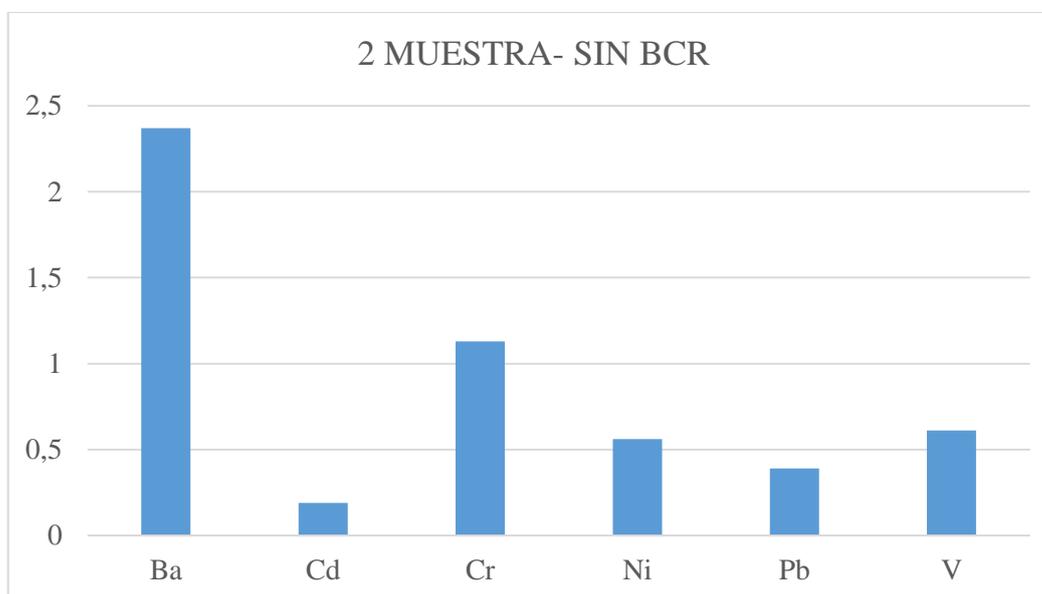


Gráfico 2.3 Resultados de caracterización de la segunda muestra

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

El gráfico 2.3 indica que Ba es el metal que presenta una mayor concentración de 2,37 mg/L, seguido del Cr con 1,13 mg/L; luego se observa al V con 0,61 mg/L; el Ni con 0,56 mg/L; Pb con 0,39 mg/L; y por último se observa que el Cd tiene la menor concentración de 0,19 mg/L.

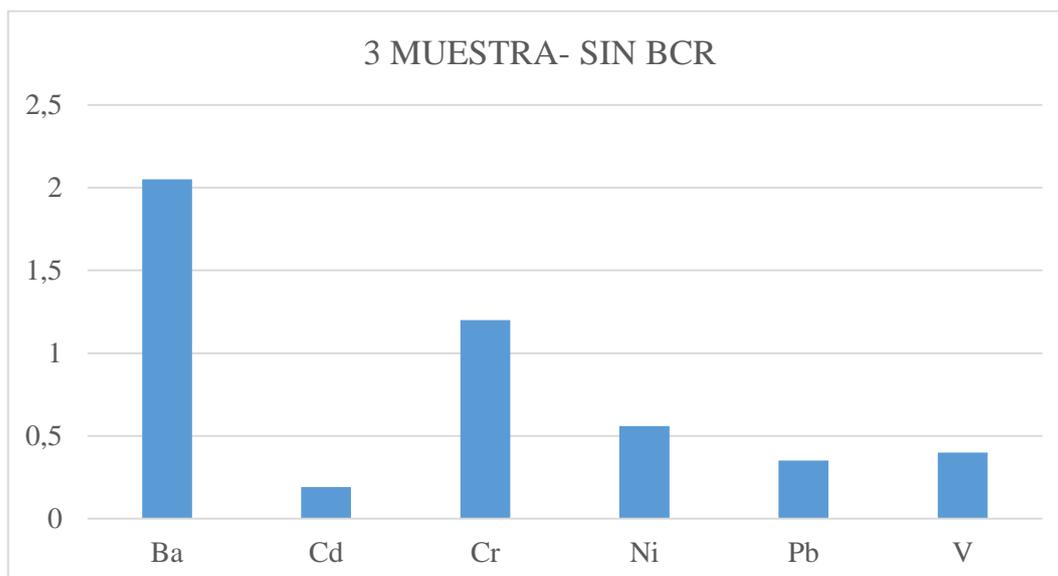


Gráfico 3.3 Resultados de caracterización de la tercera muestra

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

El gráfico 3.3 indica que Ba es el metal que presenta una mayor concentración de 2,05 mg/L, seguido del Cr con 1,20 mg/L; luego se observa al Ni con 0,56 mg/L; al V con 0,40 mg/L; Pb con 0,35 mg/L; y por último se observa que el Cd tiene la menor concentración de 0,19 mg/L.

3.2 Resultados de la extracción de metales mediante BCR

Una vez realizada la caracterización de los metales pesados presentes en las muestras, se procedió a realizar la extracción de los mismos mediante BCR, obteniendo una extracción considerable en cada metal. En las siguientes tablas se presentan los datos obtenidos.

Tabla 2.3 Resultados de la extracción (BCR) de metales pesados presentes en el primer muestreo.

DATOS DEL PRIMER MUESTREO- EXTRACCION (BCR)			
METAL	1 MUESTRA(mg/L)	2 MUESTRA (mg/L)	3 MUESTRA(mg/L)
Ba	1,53	2,31	1,99
Cd	0,09	0,13	0,13
Cr	0,35	1,02	1,17
Ni	0,88	0,45	0,5
Pb	0,33	0,38	0,33
V	0,4	0,43	0,37

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

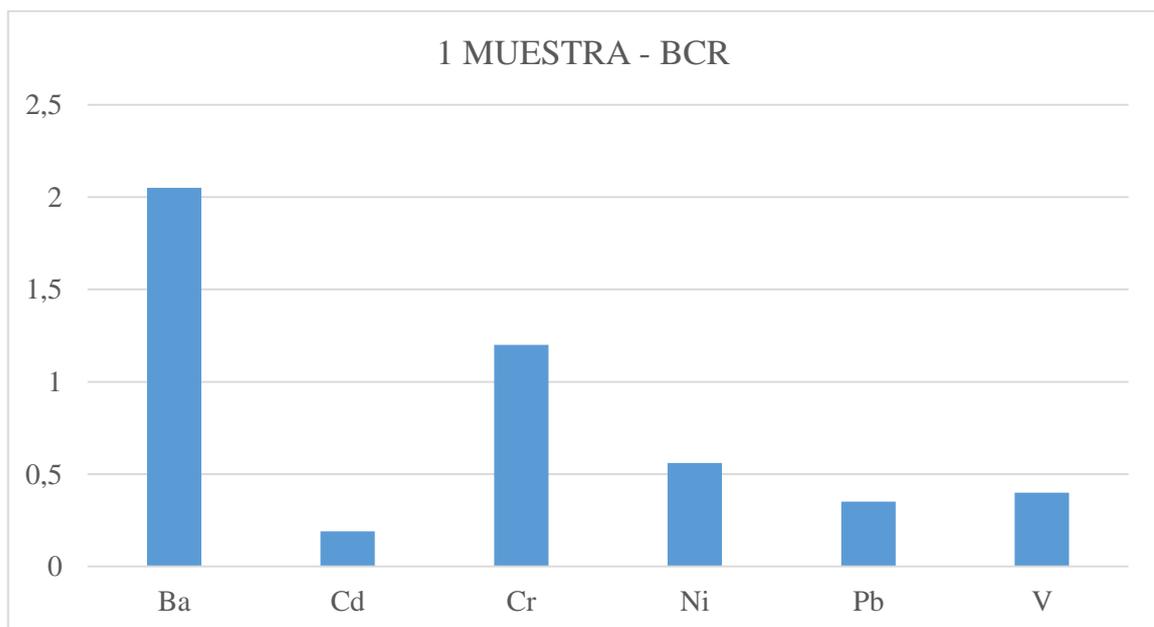


Gráfico 4.3 Resultados de la extracción (BCR) de metales pesados presentes en la primera muestra.

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

El gráfico 4.3 indica que después del procedimiento de extracción el Ba presenta una concentración de 1,53 mg/L, el Cr con 0,35; se observa al Ni con 0,88 mg/L; al V con 0,4 mg/L; Pb con 0,33 mg/L; y el Cd con una concentración de 0,09 mg/L.

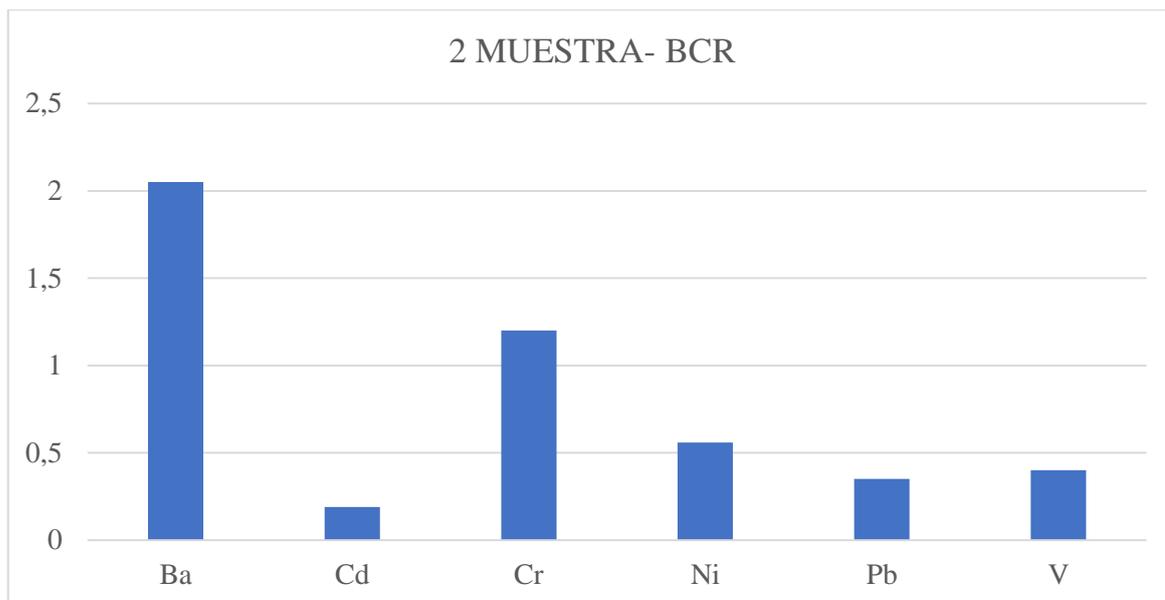


Gráfico 5.3 Resultados de la extracción (BCR) de metales pesados presentes en la segunda muestra.

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

El gráfico 5.3 indica que después del procedimiento de extracción el Ba presenta una concentración de 2,3 mg/L; el Cr con 1,02 mg/L; se observa al Ni con 0,45 mg/L; al V con 0,43 mg/L; Pb con 0,38 mg/L; y el Cd con una concentración de 0,13 mg/L.

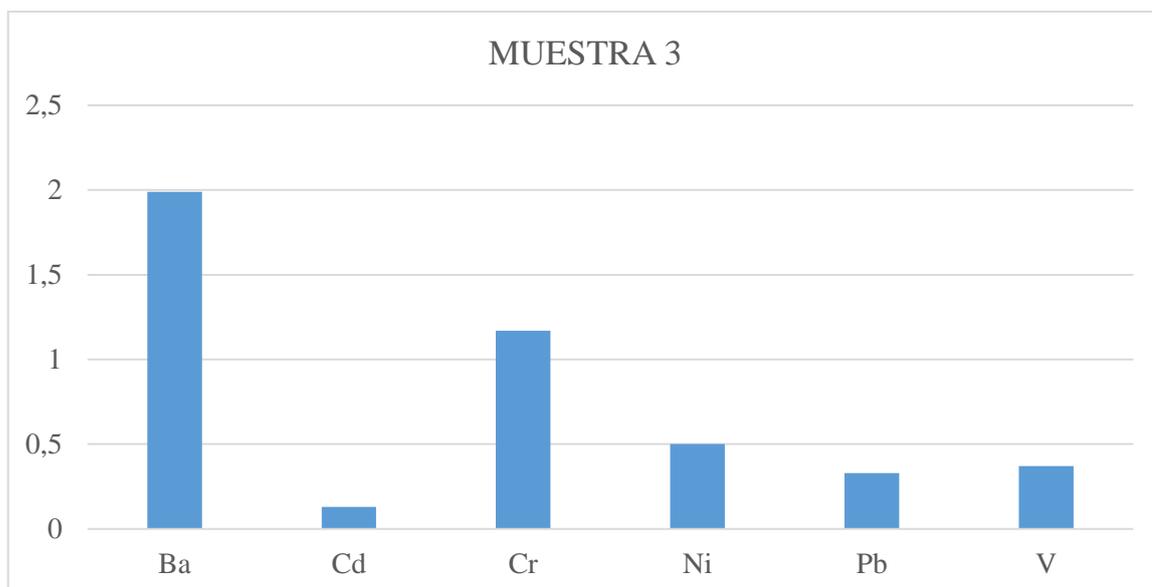


Gráfico 6.3 Resultados de la extracción (BCR) de metales pesados presentes en la tercera muestra.

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

El gráfico 6.3 indica que después del procedimiento de extracción el Ba presenta una concentración de 2,05 mg/L; el Cr con 1,20 mg/L; se observa al Ni con 0,56 mg/L; al V con 0,40 mg/L; Pb con 0,35 mg/L; y el Cd con una concentración de 0,19 mg/L.

3.3 Resultados de la caracterización de metales pesados presentes en el segundo muestreo

Tabla 3.3 Resultados de la caracterización de los metales pesados en el segundo muestreo

DATOS DEL SEGUNDO MUESTREO- SIN EXTRACCION			
METAL	1 MUESTRA(mg/L)	2 MUESTRA (mg/L)	3 MUESTRA(mg/L)
Ba	2,01	1,99	1,77
Cd	0,20	0,19	0,17
Cr	0,97	1,01	1,17
Ni	0,68	0,46	0,77
Pb	0,47	0,37	0,39
V	0,67	0,61	0,45

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

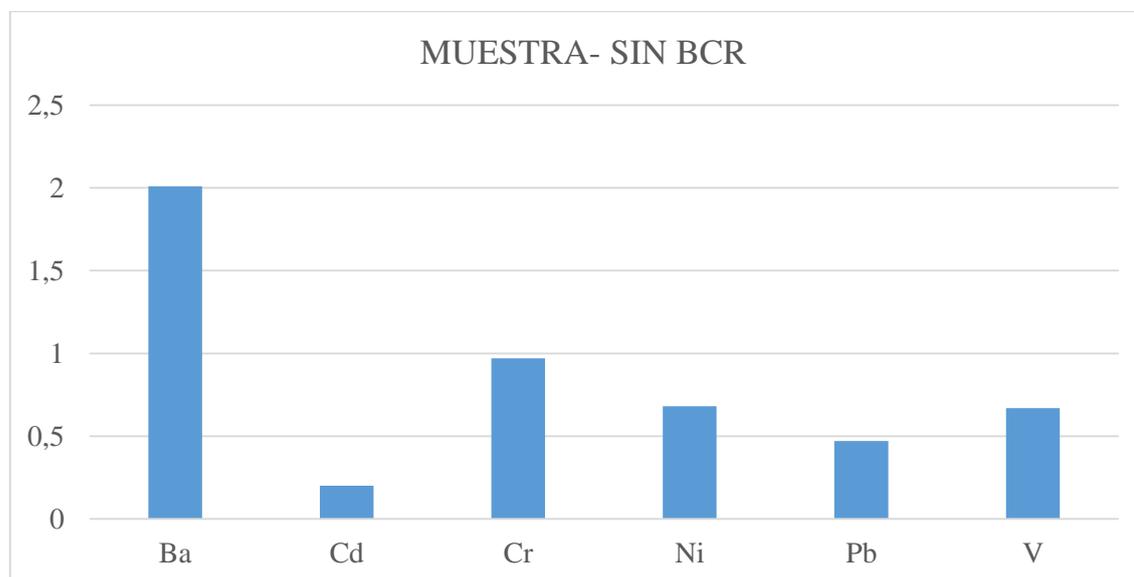


Gráfico 7.3 Resultados de la caracterización de la primera muestra

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

El gráfico 7.3 indica que Ba es el metal que presenta una mayor concentración de 2,01 mg/L seguido del Cr con 0,97 mg/L; luego se observa al Ni con 0,68 mg/L; al V con 0,67 mg/L; Pb con 0,47 mg/L; y por último se observa que el Cd tiene la menor concentración de 0,20 mg/L.

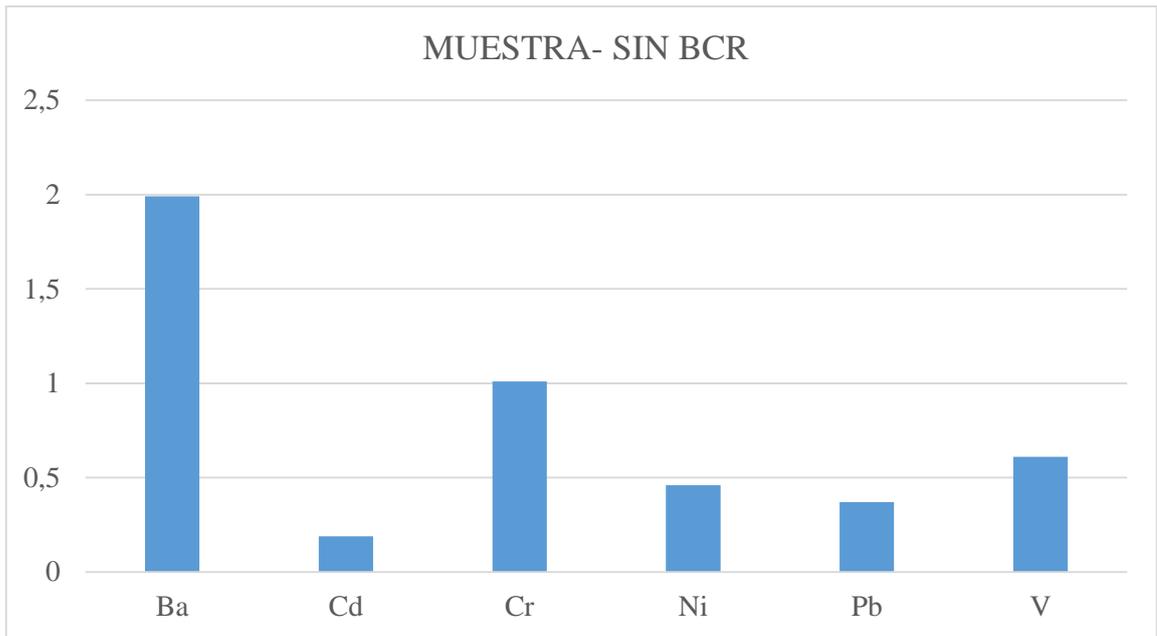


Gráfico 8.3 Resultados de la caracterización de la segunda muestra

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

El gráfico 8.3 indica que Ba es el metal que presenta una concentración de 1,99 mg/L; seguido del Cr con 1,01 mg/L; luego se observa al V con 0,61 mg/L; al Ni con 0,46 mg/L; Pb con 0,37 mg/L; y por último se observa que el Cd tiene la menor concentración de 0,19 mg/L.

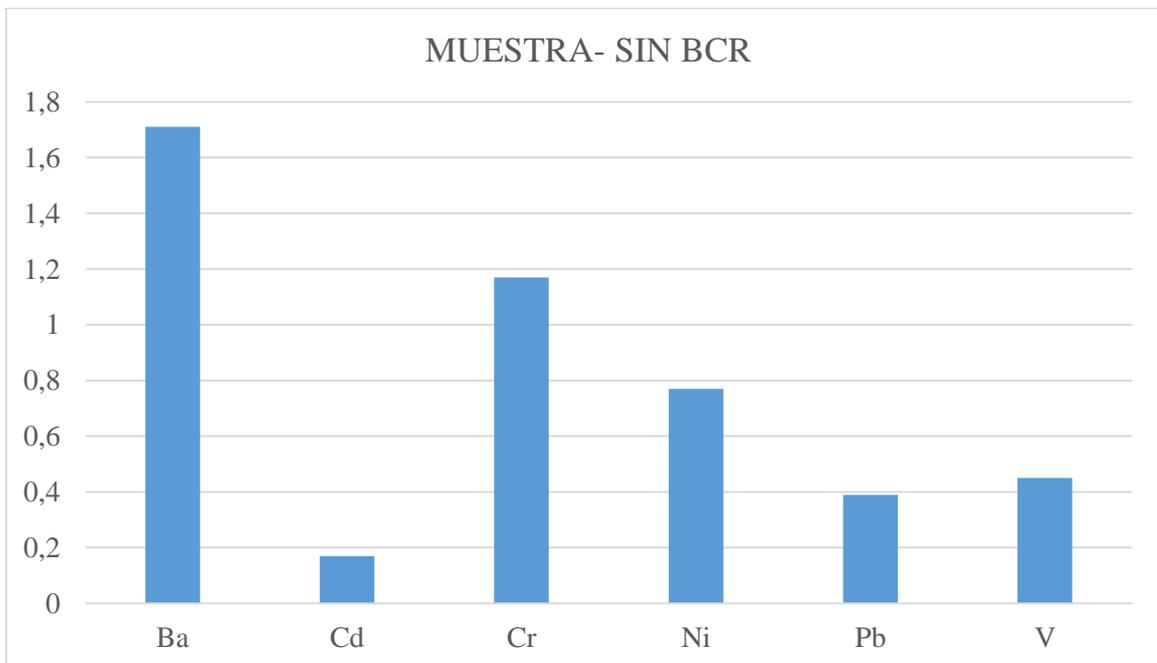


Gráfico 9.3 Resultados de la caracterización de la tercera muestra

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

El gráfico 9.3 indica que Ba es el metal que presenta una concentración de 1,77 mg/L, seguido del Cr con 1,17 mg/L; luego se observa al Ni con 0,77 mg/L; al V con 0,45 mg/L; Pb con 0,39 mg/L; y por último se observa que el Cd tiene la menor concentración de 0,17 mg/L.

3.3.1 Resultados de la extracción BCR de metales pesados presentes en el segundo muestreo

Tabla 4.3 Resultados de la extracción BCR de los metales pesados presentes en las muestras.

DATOS DEL SEGUNDO MUESTREO- CON EXTRACCION (BCR)			
METAL	1 MUESTRA(mg/L)	2 MUESTRA (mg/L)	3 MUESTRA (mg/L)
Ba	1,98	1,77	1,73
Cd	0,18	0,15	0,17
Cr	0,93	1,00	1,14
Ni	0,57	0,43	0,73
Pb	0,49	0,35	0,39
V	0,62	0,59	0,42

Realizado por: Erika fuentes, 2017

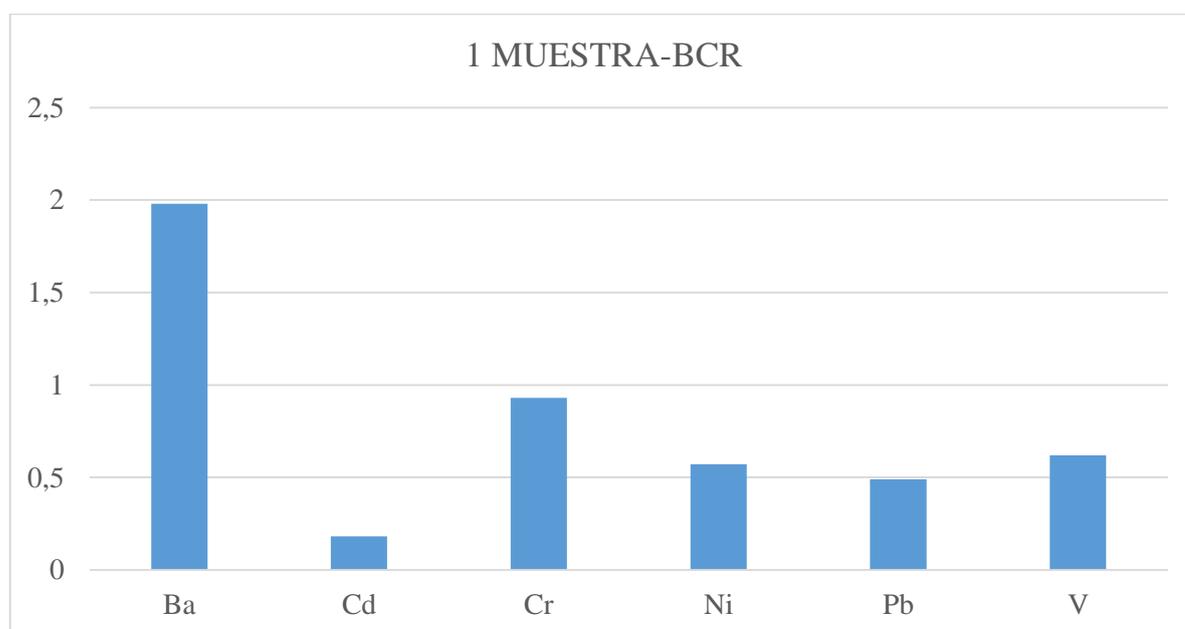


Gráfico 10.3 Resultados de la extracción BCR de la primera muestra

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

El gráfico 10.3 indica que después del procedimiento de extracción el Ba presenta una concentración de 1,98 mg/L; el Cr con 0,93 mg/L; Ni con 0,57 mg/L; al V con 0,62 mg/L; Pb con 0,49 mg/L; y el Cd con una concentración de 0,18 mg/L.

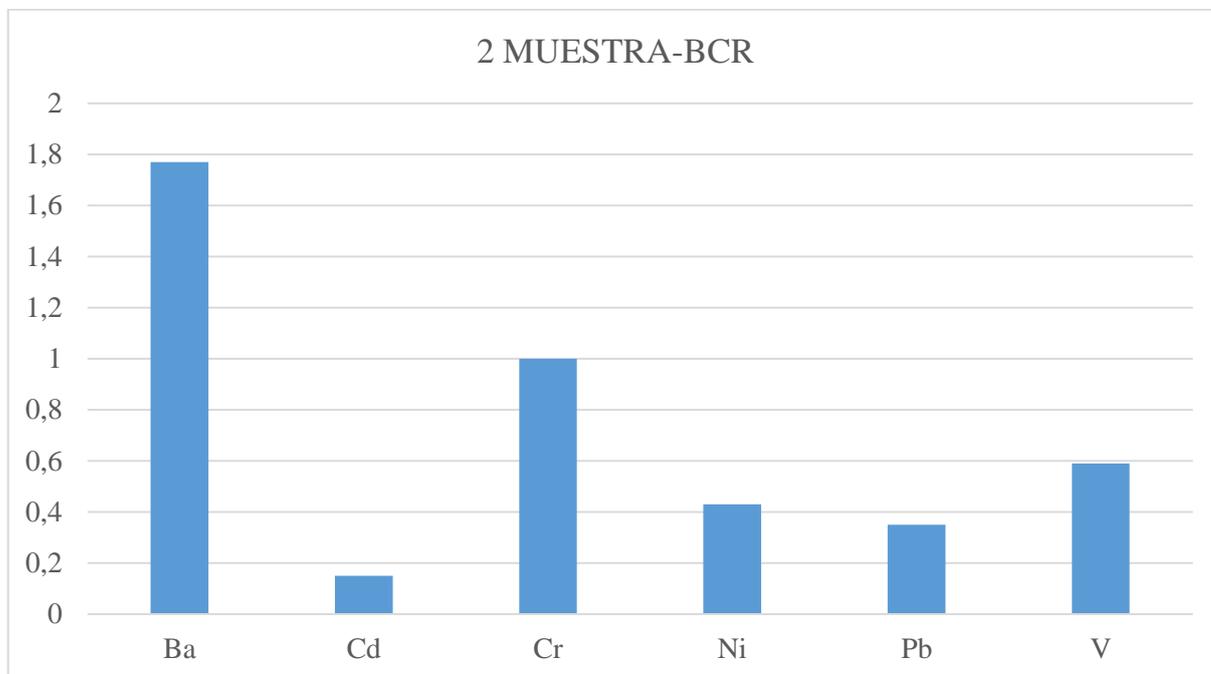


Gráfico 11.3 Resultados de la extracción BCR de la segunda muestra

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

El gráfico 11.3 indica que después del procedimiento de extracción el Ba presenta una concentración de 1,77 mg/L; el Cr con 1,00 mg/L; Ni con 0,43 mg/L; al V con 0,59 mg/L; Pb con 0,35 mg/L; y el Cd con una concentración de 0,15 mg/L.

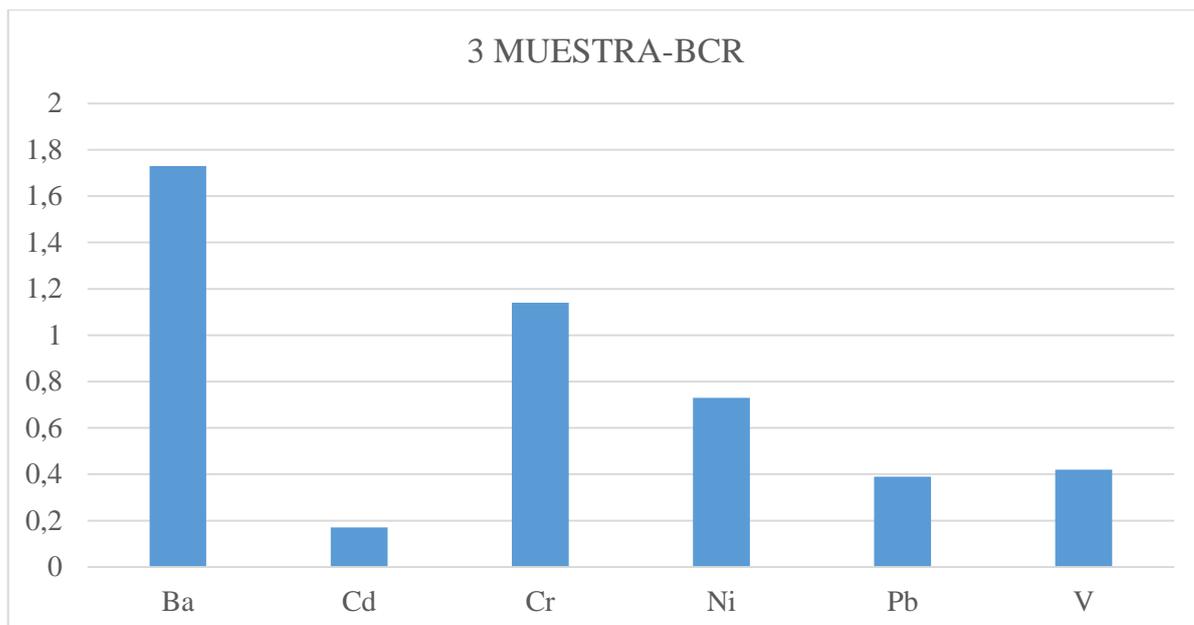


Gráfico 12.3 Resultados de la extracción BCR de la tercera muestra

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

El gráfico 12.3 indica que después del procedimiento de extracción el Ba presenta una concentración de 1,73 mg/L; el Cr con 1,14 mg/L; Ni con 0,73 mg/L; al V con 0,42 mg/L; Pb con 0,39 mg/L; y el Cd con una concentración de 0,17 mg/L.

3.4 Extracción secuencial de metales pesados en la Primera experimentación.

Tabla 5.3 Resultados de la extracción Bario

Tratamientos	MUESTRA 1(mg/L)	MUESTRA 2(mg/L)	MUESTRA3(mg/L)
	Bario	Bario	Bario
Sin extracción	1,78	2,37	2,05
Extracción- BCR	1,53	2,31	1,99

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

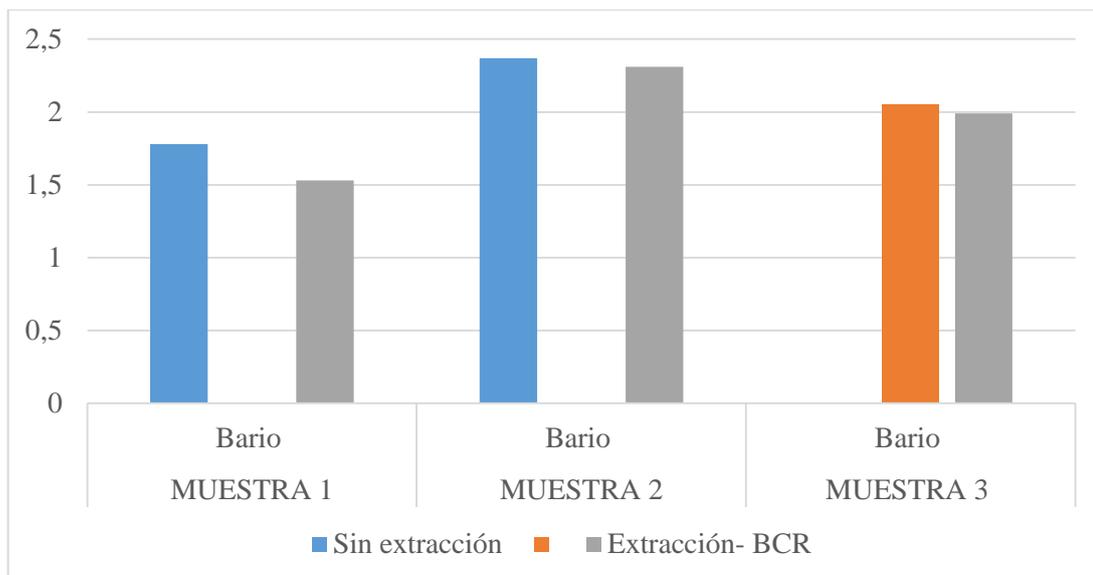


Gráfico 13.3 Resultados de la extracción Bario

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

El gráfico 13-3, nos indica que el Ba no presentó diferencia significativa entre la extracción de muestra a muestra.

Tabla 6.3 Resultados de la extracción Cadmio

Tratamientos	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
	Cd	Cd	Cd
Sin extracción	0,1	0,19	0,19
Extracción- BCR	0,09	0,13	0,13

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

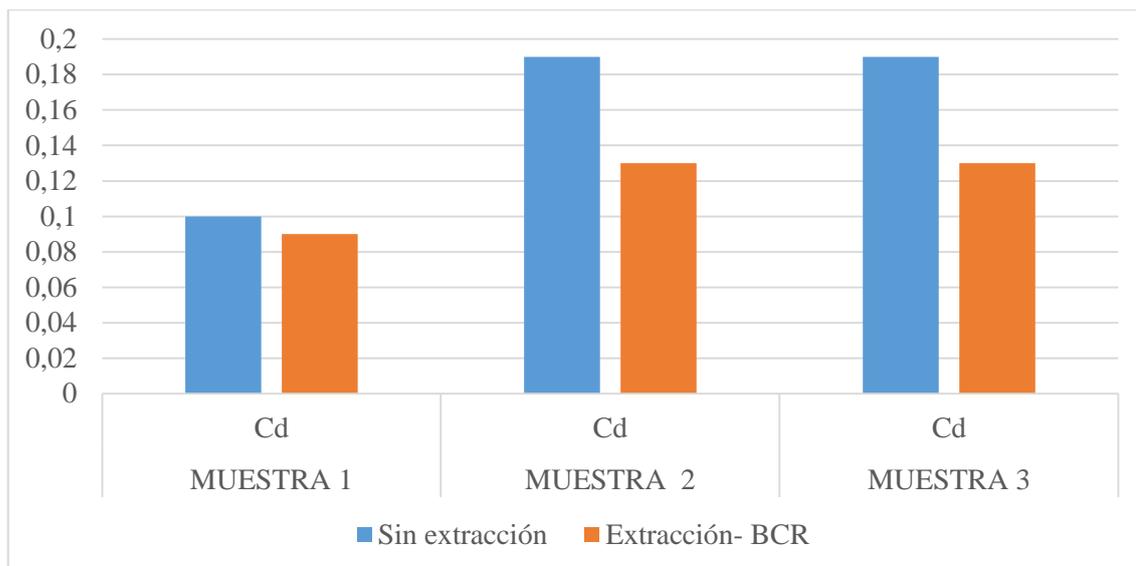


Gráfico 14.3 Resultados de la extracción Cadmio

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

El gráfico 14-3, nos indica que el Cd no presentó diferencia significativa entre la extracción de muestra a muestra, se presentó en mayor cantidad en la muestra 2 y en menor cantidad en la 1 que fue estabilizado.

Tabla 6.3. Resultados de la extracción Cromo Total

Tratamientos	MUESTRA 1 (mg/L)	MUESTRA 2(mg/L)	MUESTRA 3(mg/L)
	Cromo T	Cromo T	Cromo T
Muestra sin extracción	0,47	1,13	1,20
Extracción	0,35	1,02	1,17

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

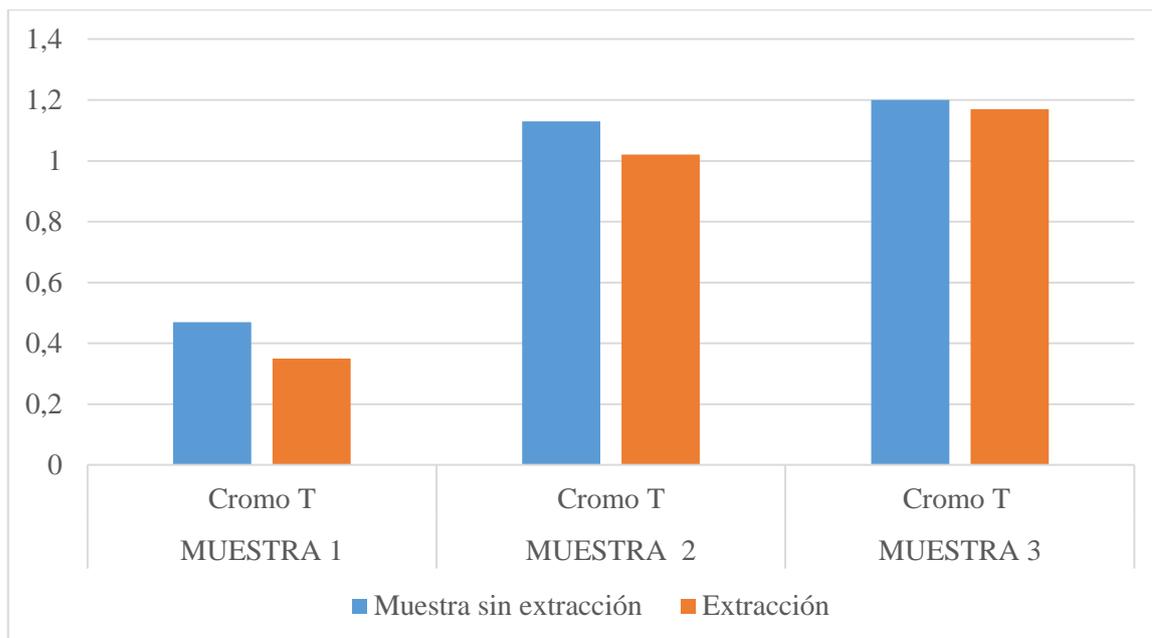


Gráfico 15.3 Resultados de la extracción Cromo Total

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

El gráfico 15-3, nos indica que el Cr no presentó diferencia significativa entre la extracción de piscina a piscina, se presentó en mayor cantidad en la muestra 2 y en menor cantidad en la 1 que fue estabilizado.

Tabla 7.3. Resultados de la extracción Níquel

Tratamientos	Muestra 1 (mg/L)	Muestra 2 (mg/L)	Muestra 3 (mg/L)
	Níquel	Níquel	Níquel
Muestra sin extracción	0,97	0,56	0,56
Extracción	0,88	0,45	0,5

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

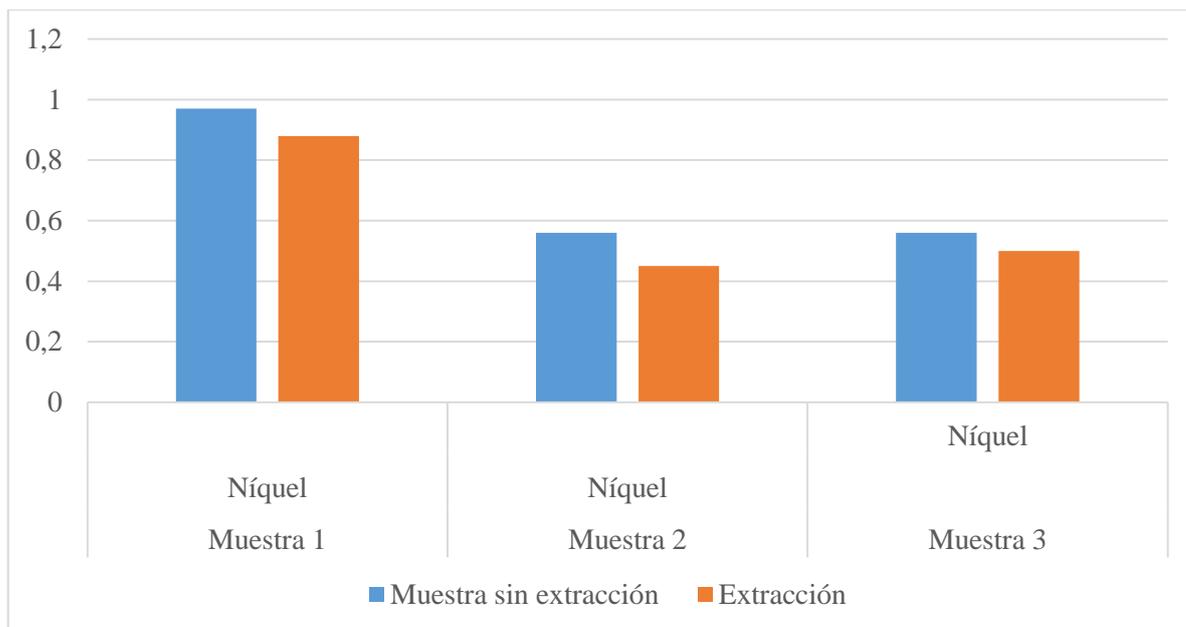


Gráfico 16.3 Resultados de la extracción Níquel

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

El gráfico 16.3 indica que el Ni no presentó diferencia significativa entre la extracción de muestra a muestra, se presentó en mayor cantidad en la muestra 1 y en menor cantidad en la 2, este factor puede deberse al uso de diferentes químicos en la perforación del pozo.

Tabla 8.3 Resultados de la extracción Plomo

Tratamientos	Muestra 1 (mg/L)	Muestra 2 (mg/L)	Muestra 3 (mg/L)
	Plomo	Plomo	Plomo
Muestra sin extracción	0,37	0,39	0,35
Extracción	0,33	0,38	0,33

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

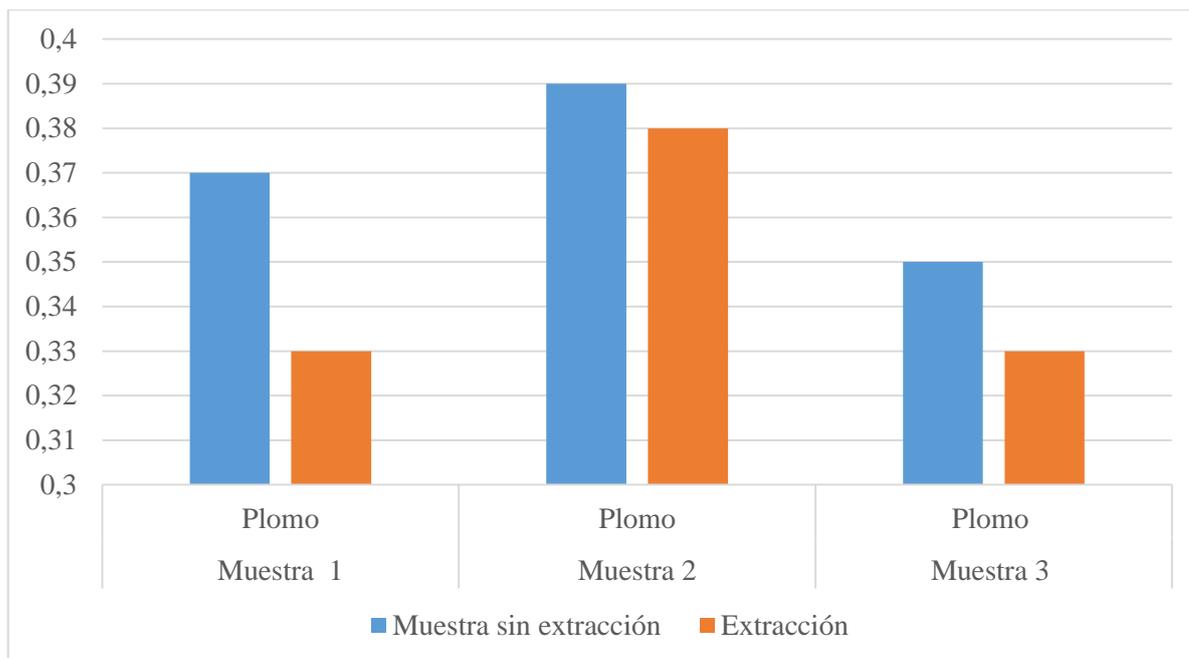


Gráfico 17.3 Resultados de la extracción Plomo

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

El gráfico 17.3 indica que el Pb total no presentó diferencia significativa entre la extracción de muestra a muestra, se presentó en mayor cantidad en la muestra 2 y en menor cantidad en la 1 que fue estabilizado.

Tabla 8.3 Resultados de la extracción Vanadio

Tratamientos	Muestra 1 (mg/L)	Muestra 2(mg/L)	Muestra 3 (mg/L)
	Vanadio	Vanadio	Vanadio
Muestra sin extracción	0,47	0,61	0,40
Extracción	0,40	0,43	0,37

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

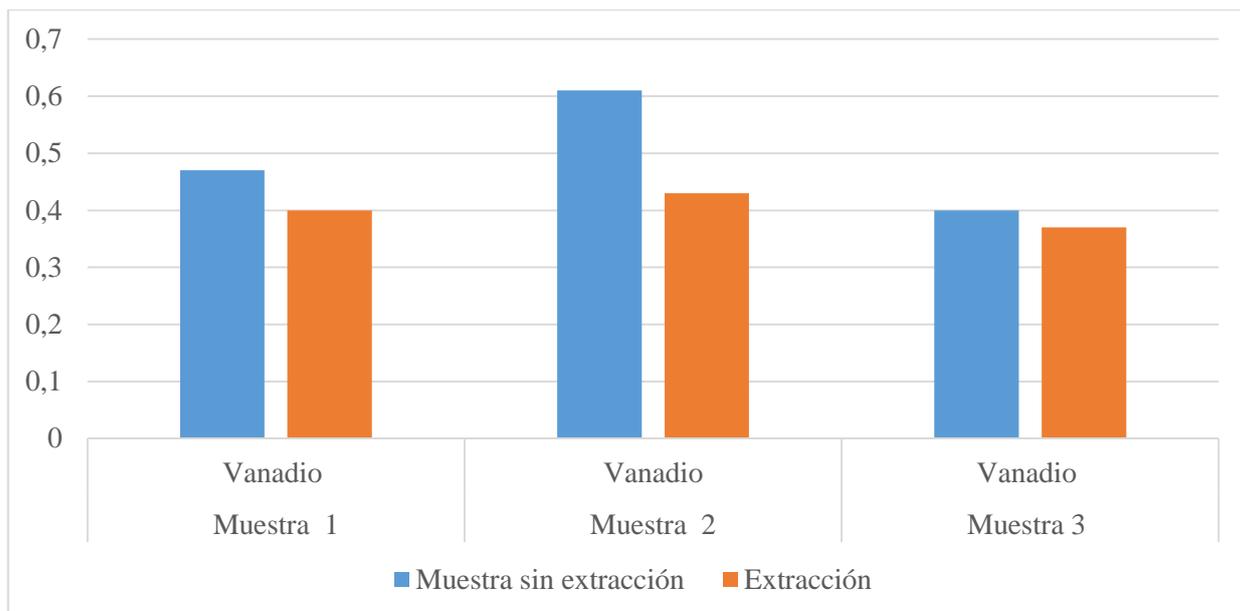


Gráfico 18.3 Resultados de la extracción Vanadio

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

El gráfico 18.3 indica que el V total no presentó diferencia significativa entre la extracción de muestra a muestra, se presentó en mayor cantidad en la muestra 2 y en menor cantidad en la 1 que fue estabilizado.

3.4.1 Extracción secuencial de metales pesados en la Segunda experimentación.

Tabla 10.3 Resultados de la extracción Bario

Tratamientos	MUESTRA 1(mg/L)	MUESTRA 2(mg/L)	MUESTRA 3(mg/L)
	Bario	Bario	Bario
Sin extracción	2,01	1,99	1,77
Extracción- BCR	1,98	1,77	1,73

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

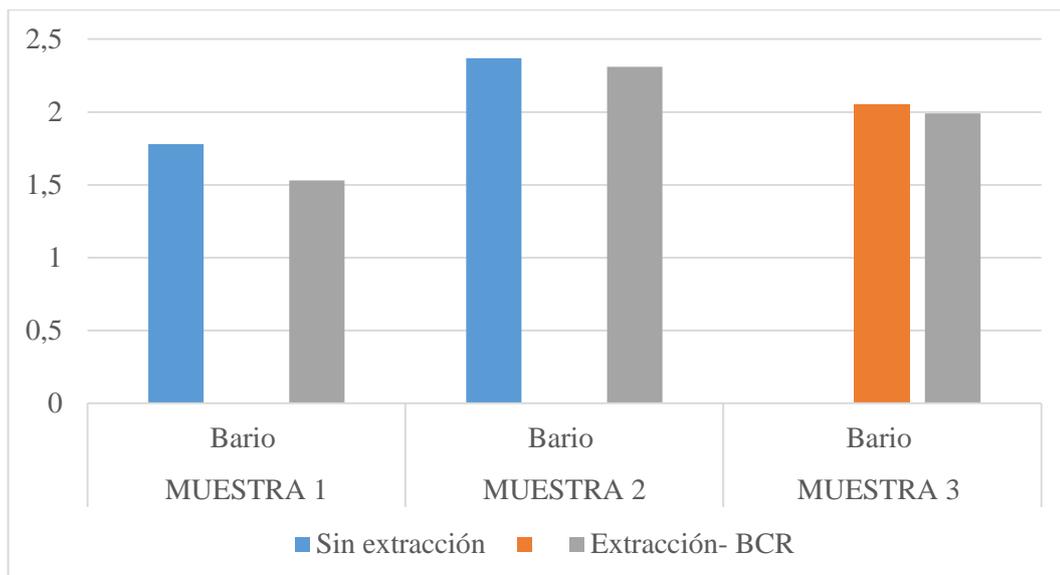


Gráfico 19.3 Resultados de la extracción Bario

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

El gráfico 19-3, nos indica que el Ba no presentó diferencia significativa entre la extracción de muestra a muestra.

Tabla 11.3 Resultados de la extracción Cadmio

Tratamientos	MUESTRA 1(mg/L)	MUESTRA 2(mg/L)	MUESTRA 3(mg/L)
	Cd	Cd	Cd
Sin extracción	0,2	0,19	0,17
Extracción- BCR	0,18	0,15	0,17

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

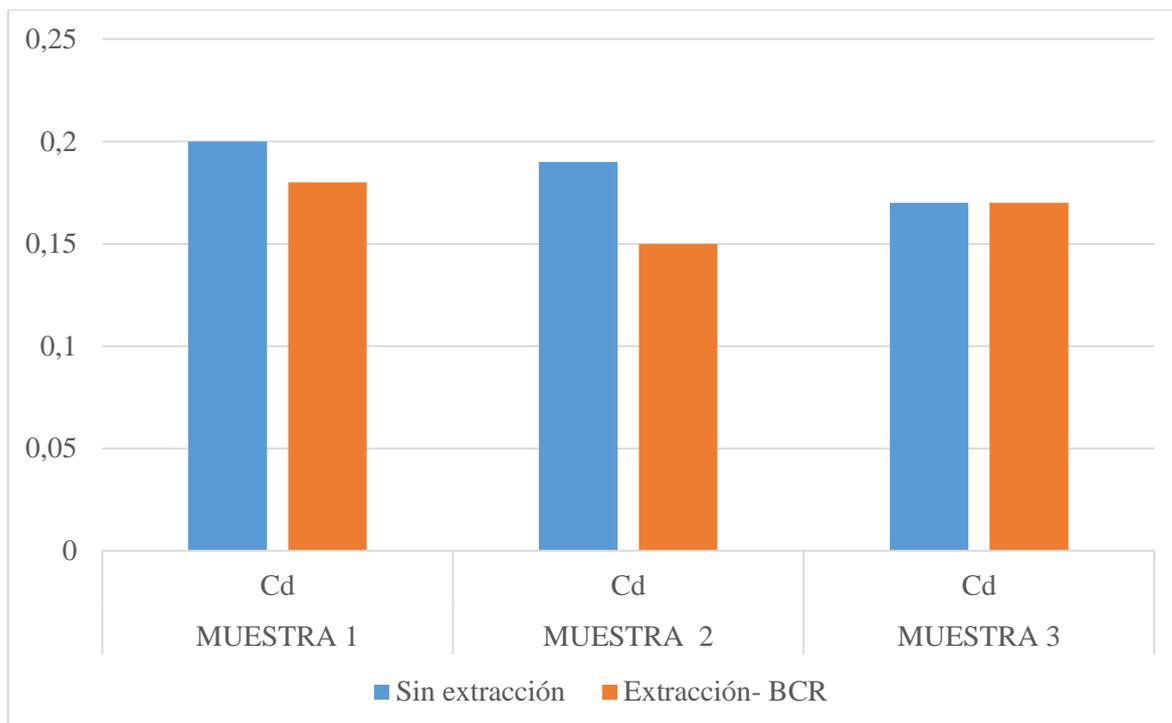


Gráfico 20.3 Resultados de la extracción Cadmio

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

El gráfico 20-3, nos indica que el Cd no presentó diferencia significativa entre la extracción de muestra a muestra, se presentó en mayor cantidad en la muestra 2 y en menor cantidad en la 1 que fue estabilizado.

Tabla 12.3. Resultados de la extracción Cromo Total

Tratamientos	MUESTRA 1(mg/L)	MUESTRA 2(mg/L)	MUESTRA 3(mg/L)
	Cromo T	Cromo T	Cromo T
Muestra sin extracción	0,97	1,01	1,17
Extracción	0,93	1,00	1,14

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

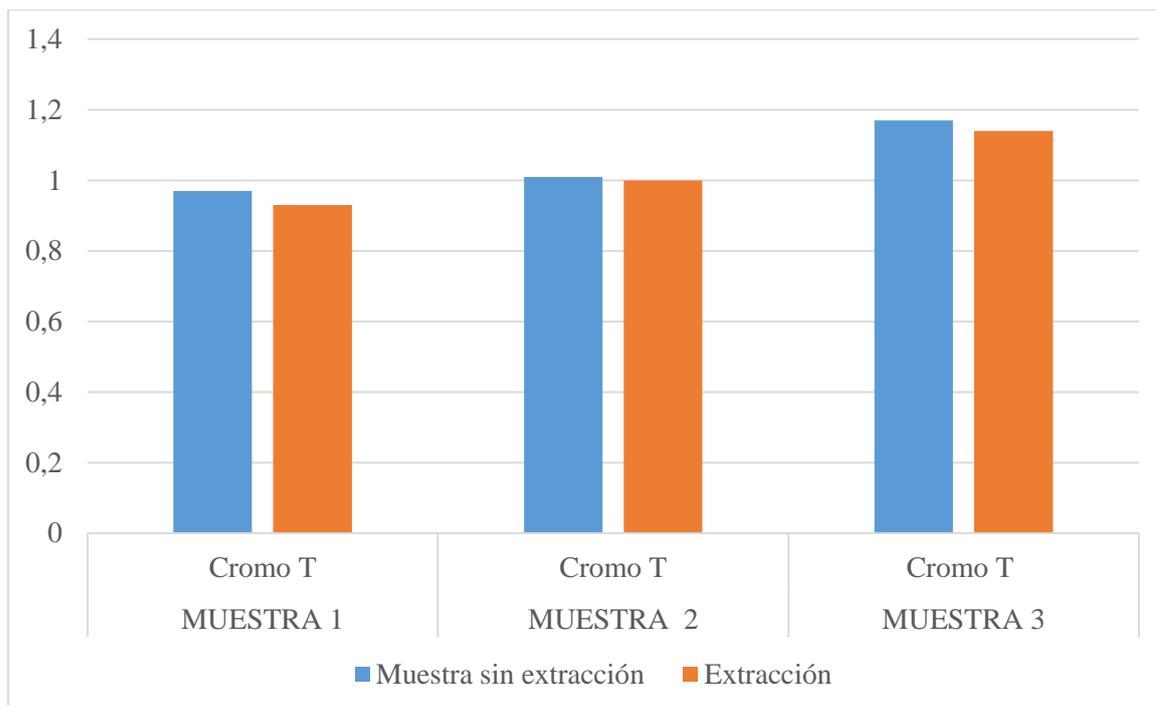


Gráfico 21.3 Resultados de la extracción Cromo Total

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

El gráfico 21-3, nos indica que el Cr no presentó diferencia significativa entre la extracción de muestra a muestra, se presentó en mayor cantidad en la muestra 1 y en menor cantidad en la 2.

Tabla 13.3. Resultados de la extracción Níquel

Tratamientos	Muestra 1(mg/L)	Muestra 2(mg/L)	Muestra 3(mg/L)
	Níquel	Níquel	Níquel
Muestra sin extracción	0,68	0,46	0,77
Extracción	0,57	0,43	0,73

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

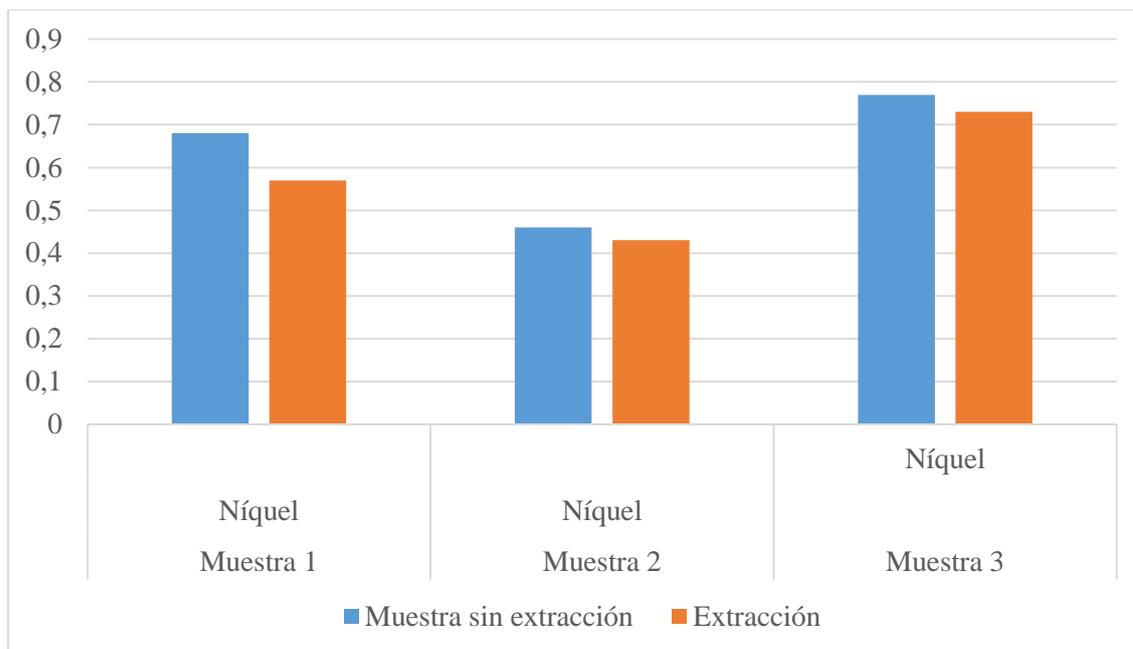


Gráfico 22.3 Resultados de la extracción Níquel

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

El gráfico 22.3 indica que el Ni no presentó diferencia significativa entre la extracción de muestra a muestra, se presentó en mayor cantidad en la muestra 1 y en menor cantidad en la 2, este factor puede deberse al uso de diferentes químicos en la perforación del pozo.

Tabla 14.3 Resultados de la extracción Plomo

Tratamientos	Muestra 1(mg/L)	Muestra 2(mg/L)	Muestra 3 (mg/L)
	Plomo	Plomo	Plomo
Muestra sin extracción	0,47	0,37	0,39
Extracción	0,43	0,35	0,39

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

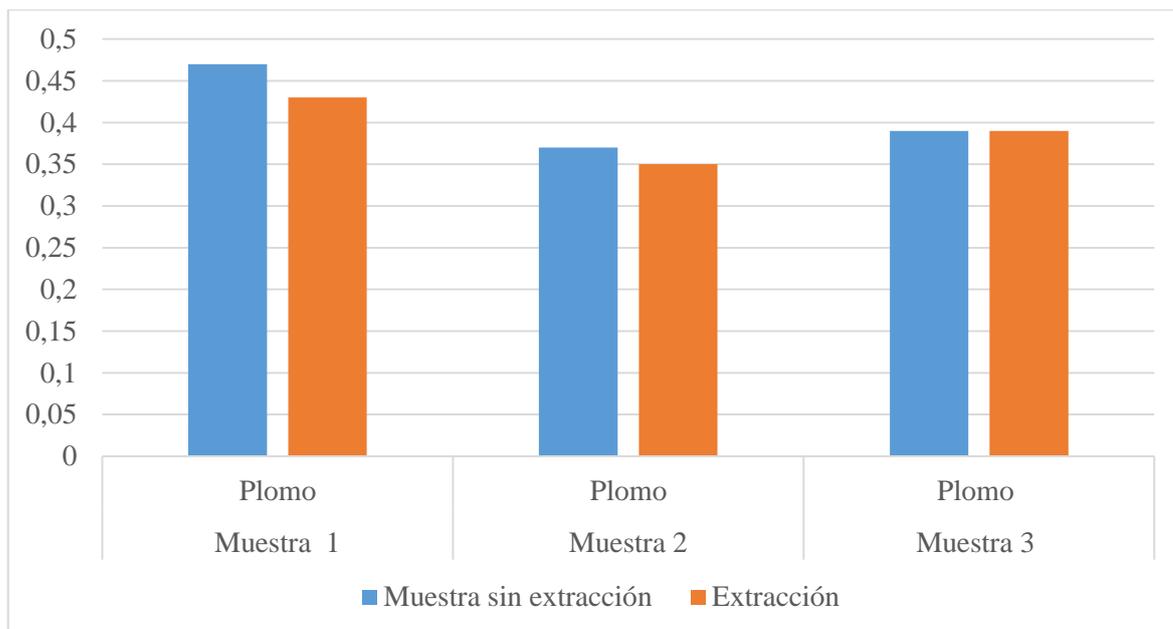


Gráfico 23.3 Resultados de la extracción Plomo

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

El gráfico 23.3 indica que el Pb total no presentó diferencia significativa entre la extracción de muestra a muestra, se presentó en mayor cantidad en la muestra 1 y se observa que no hubo extracción en la muestra 3.

Tabla 15.3 Resultados de la extracción Vanadio

Tratamientos	Muestra 1 (mg/L)	Muestra 2(mg/L)	Muestra 3 (mg/L)
	Vanadio	Vanadio	Vanadio
Muestra sin extracción	0,67	0,61	0,45
Extracción	0,62	0,59	0,42

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

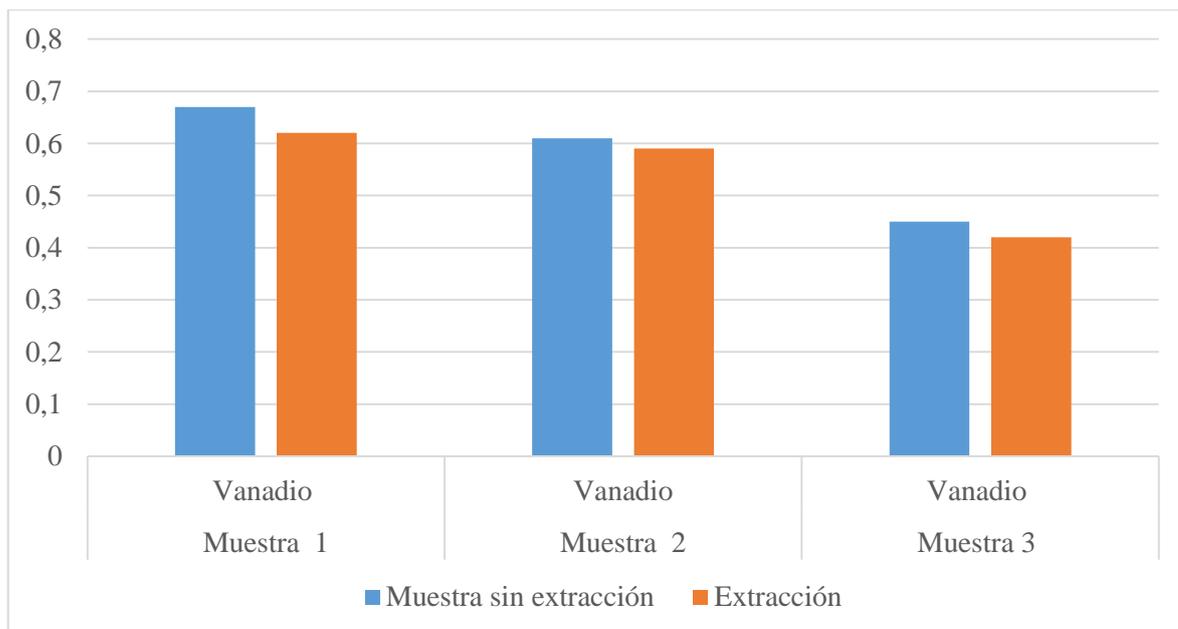


Gráfico 24.3 Resultados de la extracción Vanadio

Realizado por: Erika Fuentes, 2017

El gráfico 24.3 indica que el V total no presentó diferencia significativa entre la extracción de muestra a muestra, se presentó en mayor cantidad en la muestra 1 y en menor cantidad en la 2 que fue estabilizado.

3.5 Análisis de varianzas para los metales pesados presentes en las muestras

Se realizó el análisis de los p valor de cada uno de los metales considerados en la investigación, obteniendo los siguientes resultados:

Para el Ba, el p-valor de 0,495 es no significativo, sin embargo se puede apreciar mediante estos resultados que si hubo extracción de este metal presente en las muestras utilizando el método propuesto en la presente investigación.

Para el Cd el p-valor de 0,5 es no significativo, sin embargo se puede apreciar mediante estos resultados que si hubo extracción de este metal presente en las muestras utilizando el método propuesto en la presente investigación.

Para el Cr el p-valor de 0,49 es no significativo, sin embargo se puede apreciar mediante estos resultados que si hubo extracción de este metal presente en las muestras utilizando el método propuesto en la presente investigación.

Para el Ni el p-valor de 0,46 no es significativo, sin embargo se puede apreciar mediante estos resultados que si hubo extracción de este metal presente en las muestras utilizando el método propuesto en la presente investigación.

Para el Pb el p-valor de 0,36 es no significativo, sin embargo se puede apreciar mediante estos resultados que si hubo extracción de este metal presente en las muestras utilizando el método propuesto en la presente investigación.

Para el V el p-valor de 0,47 es no significativo, sin embargo se puede apreciar mediante estos resultados que si hubo extracción de este metal presente en las muestras utilizando el método propuesto en la presente investigación.

CONCLUSIONES

- Se recuperó los siguientes metales pesados: Cadmio (Cd), Bario (Ba), Plomo (Pb), Níquel (Ni), Cromo (Cr), Vanadio (V) por el método físico-químico, en las piscinas de lodos de la empresa Plusambiente S.A.
- Se caracterizó inicialmente los lodos procedentes de los cortes de perforación en base a la normativa ambiental vigente como es el RAHOE 1215 – Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas del Ecuador, mostrando concentraciones bajas, debido a que el fluido es en base agua, arrojando los siguientes datos para en el primer muestreo: Bario (Ba) 1,78 mg/l ;Cadmio (Cd) 0,10 mg/l ; Cromo (Cr) 0,47 mg/l; Níquel (Ni) 0,97mg/l; Plomo (Pb) 0.37 mg/l; Vanadio (V) 0.47 mg/l. Para el segundo muestreo la caracterización arrojó los siguientes valores: Bario (Ba) 2,37 mg/l; Cadmio (Cd) 0,19 mg/l; Cromo (Cr) 1,13 mg/l; Níquel (Ni) 0,56mg/l; Plomo (Pb) 0.39 mg/l; Vanadio (V) 0.68 mg/l. Para el tercer muestreo se obtiene los siguientes valores: Bario (Ba) 2,05 mg/l; Cadmio (Cd) 0,19 mg/l; Cromo (Cr) 1,20 mg/l; Níquel (Ni) 0,56mg/l; Plomo (Pb) 0.35 mg/l; Vanadio (V) 0.40 mg/l.
- Una vez realizada la caracterización se determinó como método de extracción al secuencial BCR, metodología usada en procedimientos de extracción secuencial para determinar metales pesados en suelos y sedimentos.
- Se verificó la efectividad del método, ya que se observó una notable extracción de los metales considerados en la investigación. Para el primer muestreo: Bario (Ba) 1,53 mg/l; Cadmio (Cd) 0,09 mg/l; Cromo (Cr) 0,35 mg/l; Níquel (Ni) 0,88 mg/l; Plomo (Pb) 0.33 mg/l; Vanadio (V) 0.4 mg/l. Para la segunda muestra los valores de extracción fueron: Bario (Ba) 2,31 mg/l; Cadmio (Cd) 0,13 mg/l; Cromo (Cr) 1,02 mg/l; Níquel (Ni) 0,45 mg/l; Plomo (Pb) 0.38 mg/l; Vanadio (V) 0.43 mg/l. Para la tercera muestra los valores de extracción fueron: Bario (Ba) 1,99 mg/l; Cadmio (Cd) 0,13 mg/l; Cromo (Cr) 0,17 mg/l; Níquel (Ni) 0,5 mg/l; Plomo (Pb) 0.33 mg/l; Vanadio (V) 0.37 mg/l.

RECOMENDACIONES

- Realizar el estudio con lodos y ripios recién salidos de los pozos de perforación, que no hayan sufrido ningún tratamiento, el cual pudiera afectar a la aplicación del método de extracción y ni a la lectura de la concentración de los metales.
- Probar la extracción con otro tipo de sedimentos que contengan otros metales pesados ampliando los beneficios ambientales de este método.
- Realizar ensayos a escalas con mayor volumen cumpliendo la legislación y dándole un valor agregado a estos ripios para su disposición final en barreras protectoras, elaboración de ladrillos, como capa secundaria en la construcción de carreteras, es decir estos lodos podrán ser depositados en cualquier lugar sin perjuicio a la naturaleza y salud.
- Se debe mantener condiciones controladas durante todo el proceso de extracción, para obtener los resultados más eficaces posibles.

BIBLIOGRAFIA

ARRIETA, M. *Lodos de perforación*. [en línea]. Venezuela, Mario Arrieta, 2013. [Consulta: 10 marzo 2017]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/Juan choperezr/lodos-deperforacion>

ASTUDILLO, P. Tecnología de re-inyección de rípidos aplicación en el Campo Sacha operado por Petroecuador. [en línea] (Tesis). (Ingeniería) Escuela Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. 2009. pp. 20-27. [Consulta: 21 marzo 2017]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/6252>

BAIRD, C. *Química Ambiental*. Barcelona: Reverté, 2005. pp. 325-331. 84-291-7902-X.

BOLAÑOS, V. *Disposición Ambiental de los cortes de perforación*. [en línea] Ecuador, 2014. [Consulta: 26 marzo 2017]. Disponible en: repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4674/1/58014_1.pdf

CAPÓ, M. *Principios de Ecotoxicología. Diagnostico, Tratamiento y Gestión del Medio Ambiente*. [en línea]. España: Miguel Capó, 2002. [Consulta: 10 marzo 2016]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=86oL_Ybnwn8C&printsec=frontcover&dq=Principios+de+Ecotoxicolog%C3%ADa.+Diagnostico,+Tratamiento+y+Gesti%C3%B3n+del+Medio+Ambiente.&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi44e_K-o3PAhXBGB4KHUsiC4EQ6AEIGjAA#v=onepage&q=Principios%20de%20Ecotoxicolog%C3%ADa.%20Diagnostico%2C%20Tratamiento%20y%20Gesti%C3%B3n%20de%20Medio%20Ambiente.&f=false

FERGUSSON, J. *The heavy Elements. Chemistry, Enviromental Impact and Health Effects*. . California: Pergamon Press, 1990.

FERNANDEZ, R. *Contaminación de suelos por metales pesados*. [en línea]. Galicia: Roca Fernandez, Infoagro, 2016. [Consulta: 23 3nero 2017]. Disponible en : http://www.infoagro.com/abonos/contaminacion_suelos_metales_pesados.htm

HARTE, J. *Toxics A to Z*. 2ª ed. California: University of California Press, 1991.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. [en línea].

Asociación Española de Higiene Industrial: España:1999. [Consulta: 20 marzo 2017].

Disponible

en:<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/63.pdf>

NORDBERG, G. *Productos Quimicos.* [en línea]. [Consulta: 16 marzo 2017]. Disponible en:

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/63.pdf>

PUGA S. "Contaminacion por Metales Pesados en el suelo provocada por la industria minera".

Scielo. [en línea] 2009. pp 3-5. [Consulta: 15 febrero de 2017] ISSN 1726-2216.

Disponible

en:

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162006000100020&script=sci_arttext)

[22162006000100020&script=sci_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162006000100020&script=sci_arttext)

REGLAMENTO AMBIENTAL PARA OPERACIONES HIDROCARBURIFERAS. (2001). DECRETO NO. 1215. REGISTRO OFICIAL NO. 265. [en línea].Ecuador: 2001.

[Consulta: 17 marzo 2017]. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/RAOHE-DECRETO-EJECUTIVO-1215.pdf>

ANEXOS

Anexo A: FOTOGRAFÍAS DE TOMA DE MUESTRAS



Fotografía 1A: Toma de muestra a 1m de profundidad



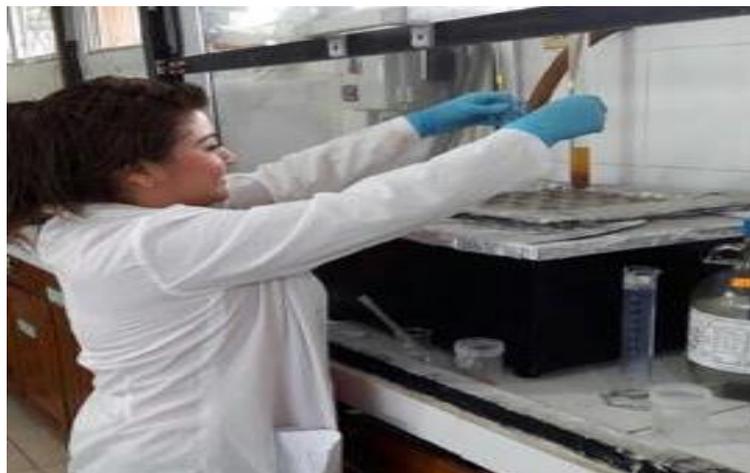
Fotografía 2A: Peso de las muestra



Fotografía 3 A: Cámara de Temperatura



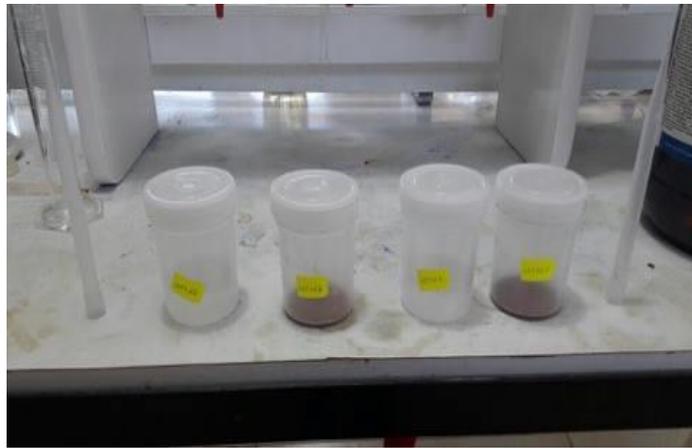
Fotografía 4 A: Adición de reactivos a las muestras



Fotografía 5 A: Agitación de las muestras



Fotografía 6 A: Centrifugación de las muestras



Fotografía 7 A: Extracción de líquidos sobrenadantes



Fotografía 8 A: Lectura de los metales pesados

Anexo B: ANÁLISIS DE LABORATORIO

 <p>LABSU Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105		 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 2C 07-003 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
	INFORME DE ENSAYO N°: 110 278		
SPS: 16 - 0 242	Análisis de lixiviado		

Coca, 26 de Abril de 2017

Srta. Erika Fuentes.

Dirección: 24 de Mayo y Esmeraldas.

1.- Datos generales:

Recogidas por Srta. Erika Fuentes.
 Fecha hora de toma de muestra 2 016 08 30 16:40.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 016 08 31 08:53.
 Fecha del análisis 2 016 08 31 a 2 016 09 09.
 Condiciones Ambientales de Análisis... T. Máx: 26,0°C T. Mín: 21,0°C
 Código de LabSu Identificación de la muestra.
 s 12 499 Muestra de Lodos de perforación # 1, Rig Nabors 794 Lago 31 LGHA 063.

2.- Resultados / Parámetros y métodos / referencias:

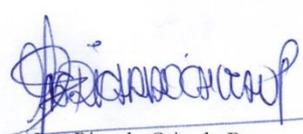
Ítem	Análisis solicitados	Unidad	s 12 499	Valor límite Permisible Tabla 7 a)	Valor límite Permisible Tabla 7 b)	PEE-LABSU	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	8,05	6 - 9	4 - 12	PEE-LABSU-12, 02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Conductividad eléctrica	uS/cm	888	4 000	8 000	PEE-LABSU-13, 03	SM 2510 B	± 5%
3	Bario / TCLP	mg/L	1,78	< 5	< 10	PEE-LABSU-79, 06, 22	EPA 1311, SM 3030	± 32%
4	Cadmio / TCLP	mg/L	0,10	< 0,05	< 0,5	PEE-LABSU-79, 06, 20	EPA 1311, SM 3030	± 28%
5	Cromo total / TCLP	mg/L	0,47	< 1,0	< 10	PEE-LABSU-79, 06, 21	EPA 1311, SM 3030	± 40%
6	*Níquel / TCLP	mg/L	0,97	**	**	PEE-LABSU-06/79	EPA 1311, SM 3030	~
7	*Plomo / TCLP	mg/L	0,37	**	**	PEE-LABSU-06/279	EPA 1311, SM 3030	~
8	Vanadio / TCLP	mg/L	0,47	< 0,2	< 2	PEE-LABSU-79, 06, 25	EPA 1311, SM 3030	± 30%

Fuente: Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas Decreto No.1215, febrero 2001;
 Tabla # 7: Límites permisibles de lixiviados para la disposición final de lodos y rípios de perforación en superficie.
 Tabla 7 a) Sin impermeabilización de la base Tabla 7 b) Con impermeabilización de la base.
 ** No establecido en la tabla.

3.- Responsables del Informe:


 Autorización: Téc. Andres Solis Plaza.
 DIRECTOR TECNICO




Ing. Ricardo Caicedo Parra.
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

MC2201-05

Página 1 de 1

Fotografía 1 B: Primer muestra sin extracción.

 <p>LABSU Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105		 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 2C 07-003 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
	INFORME DE ENSAYO N°: 110 279		
	SPS: 16 - 0 242	Análisis de lixiviado	

Coca, 26 de Abril de 2017

Srta. Erika Fuentes.

Dirección: 24 de Mayo y Esmeraldas.

1.- Datos generales:

Recogidas por Srta. Erika Fuentes.
 Fecha hora de toma de muestra 2 016 08 30 16:40.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 016 08 31 08:53.
 Fecha del análisis 2 016 08 31 a 2 016 09 09.
 Condiciones Ambientales de Análisis... T. Máx: 26,0°C T. Mín: 21,0°C
 Código de LabSu..... Identificación de la muestra.
 s 12 500 Muestra de Lodos de perforación # 1, Rig Nabors 794 Lago 31 LGHA 063.

2.- Resultados / Parámetros y métodos / referencias:

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	s 12 499	Valor límite Permissible Tabla 7 a)	Valor límite Permissible Tabla 7 b)	PEE-LABSU	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	8,07	6 - 9	4 - 12	PEE-LABSU-12, 02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Conductividad eléctrica	uS/cm	857	4 000	8 000	PEE-LABSU-13, 03	SM 2510 B	± 5%
3	Bario / TCLP	mg/L	2,37	< 5	< 10	PEE-LABSU-79, 06, 22	EPA 1311, SM 3030	± 32%
4	Cadmio / TCLP	mg/L	0,19	< 0,05	< 0,5	PEE-LABSU-79, 06, 20	EPA 1311, SM 3030	± 28%
5	Cromo total / TCLP	mg/L	1,13	< 1,0	< 10	PEE-LABSU-79, 06, 21	EPA 1311, SM 3030	± 40%
6	*Níquel / TCLP	mg/L	0,56	**	**	PEE-LABSU-06/79	EPA 1311, SM 3030	~
7	*Plomo / TCLP	mg/L	0,39	**	**	PEE-LABSU-06/279	EPA 1311, SM 3030	~
8	Vanadio / TCLP	mg/L	0,61	< 0,2	< 2	PEE-LABSU-79, 06, 25	EPA 1311, SM 3030	± 30%

Fuente: Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas Decreto No.1215, febrero 2001:
 Tabla # 7: Límites permisibles de lixiviados para la disposición final de lodos y rípios de perforación en superficie.
 Tabla 7 a) Sin impermeabilización de la base Tabla 7 b) Con impermeabilización de la base.
 ** No establecido en la tabla.

3.- Responsables del Informe:

Autorización: 
Téc. Andrés Solís Plaza.
 DIRECTOR TECNICO




Ing. Ricardo Caicedo Parra.
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

MC2201-05

Página 1 de 1

Fotografía 2 B: Segunda muestra sin extracción.

 <p>LABSU Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemade S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105		 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 2C 07-003 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
	INFORME DE ENSAYO N°: 110 280		
SPS: 16 - 0 242		Análisis de lixiviado	

Coca, 26 de Abril de 2017

Srta. Erika Fuentes.

Dirección: 24 de Mayo y Esmeraldas.

1.- Datos generales:

Recogidas por Srta. Erika Fuentes.
 Fecha hora de toma de muestra 2 016 08 30 16:40.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 016 08 31 08:53.
 Fecha del análisis 2 016 08 31 a 2 016 09 09.
 Condiciones Ambientales de Análisis.. T. Máx: 26,0°C T. Mín: 21,0°C
 Código de LabSu..... Identificación de la muestra.
 s 12 501 Muestra de Lodos de perforación # 1, Rig Nabors 794 Lago 31 LGHA 063.

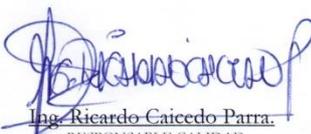
2.- Resultados / Parámetros y métodos / referencias:

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	s 12 499	Valor límite Permisible Tabla 7 a)	Valor límite Permisible Tabla 7 b)	PEE-LABSU	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	8,06	6 - 9	4 - 12	PEE-LABSU-12, 02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Conductividad eléctrica	uS/cm	860	4 000	8 000	PEE-LABSU-13, 03	SM 2510 B	± 5%
3	Bario / TCLP	mg/L	2,05	< 5	< 10	PEE-LABSU-79, 06, 22	EPA 1311, SM 3030	± 32%
4	Cadmio / TCLP	mg/L	0,15	< 0,05	< 0,5	PEE-LABSU-79, 06, 20	EPA 1311, SM 3030	± 28%
5	Cromo total / TCLP	mg/L	1,20	< 1,0	< 10	PEE-LABSU-79, 06, 21	EPA 1311, SM 3030	± 40%
6	*Níquel / TCLP	mg/L	0,56	**	**	PEE-LABSU-06/79	EPA 1311, SM 3030	~
7	*Plomo / TCLP	mg/L	0,35	**	**	PEE-LABSU-06/279	EPA 1311, SM 3030	~
8	Vanadio / TCLP	mg/L	0,40	< 0,2	< 2	PEE-LABSU-79, 06, 25	EPA 1311, SM 3030	± 30%

Fuente: Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas Decreto No.1215, febrero 2001:
 Tabla # 7: Límites permisibles de lixiviados para la disposición final de lodos y rípios de perforación en superficie.
 Tabla 7 a) Sin impermeabilización de la base Tabla 7 b) Con impermeabilización de la base.
 ** No establecido en la tabla.

3.- Responsables del Informe:

Autorización:  Téc. Andres Solis Plaza.
 DIRECTOR TECNICO

 
Ing. Ricardo Caicedo Parra.
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

Fotografía 2 B: Tercera muestra sin extracción.

 <p>LABSU Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105		 Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 2C 07-003 LABORATORIO DE ENSAYOS
	INFORME DE ENSAYO N°: 110 281		
	SPS: 16 - 0 242	Análisis de lixiviado	

Coca, 26 de Abril de 2017

Srta. Erika Fuentes.

Dirección: 24 de Mayo y Esmeraldas.

1.- Datos generales:

Recogidas por Srta. Erika Fuentes.
 Fecha hora de toma de muestra 2 016 09 11 16:40.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 016 09 11 08:53.
 Fecha del análisis 2 016 09 11 a 2 016 09 22.
 Condiciones Ambientales de Análisis... T. Máx: 26,0°C T. Mín: 21,0°C
 Código de LabSu..... **Identificación de la muestra.**
 s 12 557..... **Muestra de Lodos de perforación # 1, Rig Nabors 794 Lago 31 LGHA 063.**

2.- Resultados / Parámetros y métodos / referencias:

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	s 12 499	Valor límite Permisible Tabla 7 a)	Valor límite Permisible Tabla 7 b)	PEE-LABSU	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	8,08	6 - 9	4 - 12	PEE-LABSU-12, 02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Conductividad eléctrica	uS/cm	877	4 000	8 000	PEE-LABSU-13, 03	SM 2510 B	± 5%
3	Bario / TCLP	mg/L	1,53	< 5	< 10	PEE-LABSU-79, 06, 22	EPA 1311, SM 3030	± 32%
4	Cadmio / TCLP	mg/L	0,09	< 0,05	< 0,5	PEE-LABSU-79, 06, 20	EPA 1311, SM 3030	± 28%
5	Cromo total / TCLP	mg/L	0,35	< 1,0	< 10	PEE-LABSU-79, 06, 21	EPA 1311, SM 3030	± 40%
6	*Níquel / TCLP	mg/L	0,88	**	**	PEE-LABSU-06/79	EPA 1311, SM 3030	~
7	*Plomo / TCLP	mg/L	0,33	**	**	PEE-LABSU-06/279	EPA 1311, SM 3030	~
8	Vanadio / TCLP	mg/L	0,40	< 0,2	< 2	PEE-LABSU-79, 06, 25	EPA 1311, SM 3030	± 30%

Fuente: Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas Decreto No.1215, febrero 2001:
 Tabla # 7: Límites permisibles de lixiviados para la disposición final de lodos y ripsos de perforación en superficie.
 Tabla 7 a) Sin impermeabilización de la base Tabla 7 b) Con impermeabilización de la base.
 ** No establecido en la tabla.

3.- Responsables del Informe:

Autorización: Téc. Andres Solis Plaza.
 DIRECTOR TECNICO



Ing. Ricardo Caicedo Parra.
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

MC2201-05

Página 1 de 1

Fotografía 2 B: Primer muestra con extracción.

 <p>LABSU Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105		 Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 2C 07-003 LABORATORIO DE ENSAYOS
	INFORME DE ENSAYO N°: 110 282		
	SPS: 16 - 0 242	Análisis de lixiviado	

Coca, 26 de Abril de 2017

Srta. Erika Fuentes.

Dirección: 24 de Mayo y Esmeraldas.

1.- Datos generales:

Recogidas por Srta. Erika Fuentes.
 Fecha hora de toma de muestra 2 016 09 11 16:40.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 016 09 11 08:53.
 Fecha del análisis 2 016 09 11 a 2 016 09 22.
 Condiciones Ambientales de Análisis... T. Máx: 26,0°C T. Mín: 21,0°C
 Código de LabSu..... Identificación de la muestra.
 s 12 558..... Muestra de Lodos de perforación # 1, Rig Nabors 794 Lago 31 LGHA 063.

2.- Resultados / Parámetros y métodos / referencias:

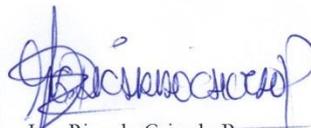
Ítem	Análisis solicitados	Unidad	s 12 499	Valor límite Permisible Tabla 7 a)	Valor límite Permisible Tabla 7 b)	PEE-LABSU	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	8,02	6 - 9	4 - 12	PEE-LABSU-12, 02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Conductividad eléctrica	uS/cm	874	4 000	8 000	PEE-LABSU-13, 03	SM 2510 B	± 5%
3	Bario / TCLP	mg/L	2,31	< 5	< 10	PEE-LABSU-79, 06, 22	EPA 1311, SM 3030	± 32%
4	Cadmio / TCLP	mg/L	0,13	< 0,05	< 0,5	PEE-LABSU-79, 06, 20	EPA 1311, SM 3030	± 28%
5	Cromo total / TCLP	mg/L	1,02	< 1,0	< 10	PEE-LABSU-79, 06, 21	EPA 1311, SM 3030	± 40%
6	*Níquel / TCLP	mg/L	0,45	**	**	PEE-LABSU-06/79	EPA 1311, SM 3030	~
7	*Plomo / TCLP	mg/L	0,38	**	**	PEE-LABSU-06/279	EPA 1311, SM 3030	~
8	Vanadio / TCLP	mg/L	0,43	< 0,2	< 2	PEE-LABSU-79, 06, 25	EPA 1311, SM 3030	± 30%

Fuente: Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas Decreto No.1215, febrero 2001:
 Tabla # 7: Límites permisibles de lixiviados para la disposición final de lodos y rípios de perforación en superficie.
 Tabla 7 a) Sin impermeabilización de la base Tabla 7 b) Con impermeabilización de la base.
 ** No establecido en la tabla.

3.- Responsables del Informe:

Autorización: 
Téc. Andrés Solís Plaza.
 DIRECTOR TECNICO




Ing. Ricardo Caicedo Parra.
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

Fotografía 2 B: Segunda muestra con extracción.

 <p>LABSU Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105		 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 2C 07-003 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
	INFORME DE ENSAYO N°: 110 285		
SPS: 16 - 0 242		Análisis de lixiviado	

Coca, 26 de Abril de 2017

Srta. Erika Fuentes.

Dirección: 24 de Mayo y Esmeraldas.

1.- Datos generales:

Recogidas por Srta. Erika Fuentes.
 Fecha hora de toma de muestra 2 016 10 05 16:40.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 016 10 05 08:53.
 Fecha del análisis 2 016 10 05 a 2 016 10 13.
 Condiciones Ambientales de Análisis... T. Máx: 26,0°C T. Mín: 21,0°C
 Código de LabSu..... Identificación de la muestra.
 s 12 580..... Muestra de Lodos de perforación # 1, Rig Nabors 794 Lago 31 LGHA 063.

2.- Resultados / Parámetros y métodos / referencias:

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	s 12 499	Valor límite Permisible Tabla 7 a)	Valor límite Permisible Tabla 7 b)	PEE-LABSU	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	8,22	6 - 9	4 - 12	PEE-LABSU-12, 02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Conductividad eléctrica	uS/cm	853	4 000	8 000	PEE-LABSU-13, 03	SM 2510 B	± 5%
3	Bario / TCLP	mg/L	1,98	< 5	< 10	PEE-LABSU-79, 06, 22	EPA 1311, SM 3030	± 32%
4	Cadmio / TCLP	mg/L	0,18	< 0,05	< 0,5	PEE-LABSU-79, 06, 20	EPA 1311, SM 3030	± 28%
5	Cromo total / TCLP	mg/L	0,93	< 1,0	< 10	PEE-LABSU-79, 06, 21	EPA 1311, SM 3030	± 40%
6	*Niquel / TCLP	mg/L	0,57	**	**	PEE-LABSU-06/79	EPA 1311, SM 3030	~
7	*Plomo / TCLP	mg/L	0,49	**	**	PEE-LABSU-06/279	EPA 1311, SM 3030	~
8	Vanadio / TCLP	mg/L	0,62	< 0,2	< 2	PEE-LABSU-79, 06, 25	EPA 1311, SM 3030	± 30%

Fuente: Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas Decreto No.1215, febrero 2001;
 Tabla # 7: Límites permisibles de lixiviados para la disposición final de lodos y rípios de perforación en superficie.
 Tabla 7 a) Sin impermeabilización de la base Tabla 7 b) Con impermeabilización de la base.
 ** No establecido en la tabla.

3.- Responsables del Informe:

Autorización: Téc. Andres Solis Plaza.
 DIRECTOR TECNICO



Ing. Ricardo Caicedo Parra.
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

Fotografía 2 B: Tercera muestra con extracción.

