

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**



**EVALUACION DE ADSORCION DE CROMO EN SOLUCION ACUOSA DE
FLUJO NO CONTINUO UTILIZANDO BROZA DE CAFE**

**TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR
ILEANA MASIEL GUERRA MORENO
HELEN PATRICIA MELENDEZ SARAVIA**

**PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIATURA EN QUIMICA Y FARMACIA**

FEBRERO DE 2009

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTROAMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

ING. RUFINO ANTONIO QUEZADA SANCHEZ

SECRETARIO GENERAL

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHAVEZ

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANO

LIC. SALVADOR CASTILLO AREVALO

SECRETARIA

MSC. MORENA LIZETTE MARTINEZ DE DIAZ

COMITE DE TRABAJO DE GRADUACION**COORDINADORA GENERAL**

Licda. María Concepción Odette Rauda Acevedo

ASESORA DE AREA DE ALIMENTOS

Ing. Rina Lavinia Hidalgo de Medrano

**ASESORA DE AREA DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS
NATURALES**

MSc. Sonia Maricela Lemus Martínez

DOCENTE DIRECTOR

Ing. Sergio Armando Maravilla Miranda

AGRADECIMIENTOS

A DIOS TODOPODEROSO

Por su inmenso amor y bondad al iluminarnos y fortalecernos durante este proyecto y llegar hasta la etapa final del mismo.

A NUESTRO ASESOR

Ing. Sergio Armando Maravilla, por todo su apoyo con sus conocimientos y experiencia los cuales nos auxiliaron en cada etapa de este trabajo de graduación.

A CADA UNA DE ESAS PERSONAS TRABAJADORAS DEL LABORATORIO DE LA FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

De corazón a don Luisito, la Sra. Beatriz Martínez, por toda esa ayuda desinteresada y el apoyo brindado, en nuestras prácticas de laboratorio y personalmente, ahora son parte de este triunfo alcanzado.

A LAS AUTORIDADES DEL LABORATORIO DE CALIDAD INTEGRAL DE FUSADES

Por la valiosa colaboración en este trabajo de graduación.

DEDICATORIA

A DIOS

Con gran gratitud, por darme el amor, la sabiduría, el entendimiento y las habilidades para realizar este proyecto, pues sin Ti nada hubiera sido posible.

A LA VIRGEN MARIA, REINA DE LA PAZ

Por estar a mi lado con su amor, dándome fuerza y ánimo cada día de mi vida.

A MIS PADRES Y HERMANOS

Con amor incondicional, porque han sido inspiración de perseverancia y lucha en mi vida por lograr lo que se quiere, me alegra compartir esto con ustedes.

A MI NOVIO

Con todo mi amor, por estar incondicionalmente conmigo, cada momento de ayuda y palabra de aliento, ¡Este éxito es nuestro!

A MI DEMAS FAMILIA, MIS AMIGOS

Aunque no mencione sus nombres ustedes saben quienes son, también se los dedico con mucho amor.

ILEANA MASIEL GUERRA MORENO

DEDICATORIA

Con todo mi amor, deseo expresar mi inmensa gratitud a Dios nuestro Creador por darme la inteligencia y las fuerzas necesarias para realizar esta investigación.

Quiero darle las gracias, a mis padres, José German Meléndez y María Marta Saravia, por darme su amor y apoyo incondicional además de sus consejos y un buen ejemplo, sin ustedes esto no hubiese sido posible. ¡Los amo!
A mi hermana, Flor Meléndez, por estar siempre conmigo dándome ánimos a través de sus consejos; a mi hermano, German Meléndez, por estar siempre pendiente de mí; a mi amiga Margarita y a mi demás familia y amigos que de muchas maneras me ayudaron para que esta investigación fuese posible.
¡¡GRACIAS!! Con todos ustedes comparto mi éxito.

HELEN PATRICIA MELENDEZ SARAVIA

INDICE

	No. de Pág.
Resumen	
Capítulo I	
1.0 Introducción	xxiii
Capítulo II	
2.0 Objetivos	26
Capítulo III	
3.0 Marco Teórico	
3.1 Broza de Café	28
3.1.1 Componentes de la Broza de Café	28
3.1.2 Reacciones de los Componentes de la Broza de Café	29
3.2 Cromo	31
3.2.1 Historia del Cromo	31
3.2.2 El Cromo en el Medio Ambiente	32
3.2.3 Aplicaciones del Cromo en la Industria	33
3.2.4 Tipos de Exposición	34
3.2.5 Efectos del Cromo	35
3.3 Tratamientos para la Eliminación de Metales Pesados en Efluentes Industriales	37

3.4 Biosorción: Una Nueva Alternativa a las Tecnologías	
Convencionales	40
3.4.1 Mecanismos de Biosorción	41
3.4.2 Biosorción de Contaminantes Inorgánicos	45
3.4.3 Tipos de Biosorbentes	46
Capítulo IV	
4.0 Diseño Metodológico	48
4.1 Tipo de Estudio	48
4.2 Investigación Bibliográfica	48
4.3 Investigación de Campo	49
4.3.1 Universo	49
4.3.2 Tipo de Muestreo	49
4.3.3 Muestra	49
4.3.4 Variables Estadísticas	50
4.4 Parte experimental	51
4.4.1 Muestreo y Recolección de Broza de Café	52
4.4.2 Tratamiento de la Muestra de Broza de Café	52
4.4.2.1 Secado	52
4.4.2.2 Molido	52
4.4.2.3 Extracción de aceite	52
4.4.2.4 Tamizado	52

4.4.3 Determinación de Propiedades Fisicoquímicas de la Broza de Café	53
4.4.3.1 Determinación del Porcentaje de Humedad	53
4.4.3.2 Determinación de pH	55
4.4.3.3 Determinación de Superficie Específica	55
4.4.4 Evaluación de Adsorción de Cromo en Solución Acuosa en un Sistema por Lote	56
4.4.4.1 Unión de Cromo a la Broza de Café en Función del Tamaño de Partícula	56
4.4.4.2 Unión de Cromo a la Broza de Café en Función del Tiempo de Contacto	57
4.4.5 Determinación de la Capacidad de Intercambio Iónico Total de la Broza de Café	59
Capítulo V	
5.0 Resultados	65
Capítulo VI	
6.0 Conclusiones	96

Capítulo VII

7.0 Recomendaciones

99

Bibliografía

Anexos

INDICE DE ANEXOS

ANEXO N°

1. Mapa de zonas cafetaleras de El Salvador.
2. Mapa de zona cafetalera Cordillera Apaneca Ilamatepec.
3. Punto de muestreo finca “Quinta Gloria”.
4. Mapa de montañas, volcanes y cerros de El Salvador, bosques de Bourbon.
5. Procedimiento de obtención de la broza de café.
6. Tabla de escala de tamices estándar Tyler.
7. Determinación del tamaño de partícula por microscopía óptica.
8. Procedimiento de identificación de cationes de Cromo.
9. Determinación de metales por espectrometría de absorción atómica de llama.
10. Preparación de solución de 40 ppm de cromo a partir de la sal de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$).
11. Determinación de la densidad de la broza de café.
12. Procedimiento de extracción de aceite de la broza de café con equipo Soxhlet.
13. Reportes de análisis de determinación de Cromo (VI), por Espectrometría de Absorción Atómica de Llama, en soluciones acuosas con cromo.

INDICE DE ANEXOS

ANEXO N°

14. Reporte de análisis de Capacidad de Intercambio Catiónico de la broza de café.
15. Cálculo de frecuencias acumulativas.
16. Reactivos, disoluciones, material y equipos utilizados.
17. Diseño experimental 2^k y análisis de varianza.

INDICE DE FIGURAS

FIGURA Nº	Nº de pág.
1. Esquema General de Trabajo Experimental.	51
2. Gráfica de Distribución de las partículas de la broza cernida por el tamiz con malla Nº 16.	71
3. Gráfica de Distribución de las partículas de la broza cernida por el tamiz con malla Nº 80.	72
4. Gráfica de Unión de Cr (VI) en función del tamaño promedio de partícula para un tiempo de contacto de 30 minutos.	88
5. Gráfica de Unión de Cr (VI) en función del tamaño promedio de partícula para un tiempo de contacto de 120 minutos.	89
6. Gráfica de Adsorción de Cr (VI) utilizando 5 gramos de broza.	90
7. Gráfica de Adsorción de Cr (VI) utilizando 10 gramos de broza.	91
8. Gráfica de Adsorción de Cr (VI) utilizando 20 gramos de broza.	91

INDICE DE CUADROS

CUADRO N°	N° de pág.
1. Componentes de la Broza de Café.	28
2. Compuestos de Cromo.	32
3. Consumo actual de cromo en la industria.	33
4. Intoxicación crónica por compuestos de cromo, efectos sobre el sistema respiratorio.	35
5. Intoxicación crónica por compuestos de cromo, efectos sobre la piel.	35
6. Intoxicación crónica por ingesta de compuestos de cromo.	35
7. Tecnologías convencionales para la eliminación de metales pesados.	39
8. Ventajas e inconvenientes del empleo de biomasa inerte y de células vivas para la eliminación de metales pesados.	42

INDICE DE TABLAS

TABLA N°	N° de pág.
1. Resultados de determinación de pH.	65
2. Resultados de determinación de porcentaje de humedad.	66
3. Resultados del tamaño de partícula de la broza cernida por tamiz con malla N° 16, de 160 partículas medidas	68
4. Resultados del tamaño de partícula de la broza cernida por tamiz con malla N° 80, de 160 partículas medidas	69
5. Distribución de las partículas de la broza cernida por el tamiz con malla N° 16.	71
6. Distribución de las partículas de la broza cernida por el tamiz con malla N° 80.	72
7. Datos de la determinación de densidad de la broza.	73
8. Resultados de adsorción de cromo (VI) para la broza de café.	77
9. Resultados de adsorción de cromo (VI) para muestra que pasa el tamiz malla N° 16, a los 120 minutos de contacto con la solución de Cromo	78
10. Análisis de varianza de resultados de tabla N° 9	79

INDICE DE TABLAS

	Nº de pág.
11. Resultados de adsorción de Cromo (VI) para muestra que pasa el tamiz con malla Nº 80 y con 20 gramos de broza de café	79
12. Análisis de varianza de resultados de tabla Nº 11	79
13. Resultados de adsorción de Cromo (VI) para muestras con diferente superficie específica utilizando 5 gramos y 30 minutos de tiempo de contacto	80
14. Análisis de varianza de resultados de tabla Nº 13	80
15. Resultados de adsorción de Cromo (VI) para muestras con diferente superficie específica utilizando 20 gramos y 30 minutos de tiempo de contacto	81
16. Análisis de varianza de resultados de tabla Nº 15	81
17. Resultados de adsorción de Cromo (VI) para la muestra que pasa el tamiz con malla Nº 16, utilizando 20 gramos de broza de café	82
18. Análisis de varianza de resultados de tabla Nº 17	82
19. Resultados de adsorción de Cromo (VI) para la muestra que pasa el tamiz con malla Nº 16 y 30 minutos de contacto	83

INDICE DE TABLAS

	Nº de pág.
20. Análisis de varianza de resultados de tabla Nº 19	83
21. Resultados de adsorción de Cromo (VI) para la muestra que pasa el tamiz con malla Nº 80 y 30 minutos de contacto	84
22. Análisis de varianza de resultados de tabla Nº 21	84
23. Resultados de adsorción de Cromo (VI) para la muestra con diferentes masas que pasan el tamiz con malla Nº 80 y 30 minutos de contacto	85
24. Análisis de varianza de resultados de tabla Nº 23	85
25. Resultados de adsorción de Cromo (VI) para la muestra que pasa el tamiz con malla Nº 80 y 30 minutos de contacto	86
26. Análisis de varianza de resultados de tabla Nº 25	86
27. Resultados de adsorción de Cromo (VI) para la muestra que pasa el tamiz con malla Nº 16 y utilizando 5 gramos de broza de café	87
28. Análisis de varianza de resultados de tabla Nº 27	87
29. Diseño factorial 2^3	93
30. Análisis de varianza de tabla Nº 29	93

ABREVIATURAS

A_p : Superficie de una Partícula.

$^{\circ}\text{C}$: Grados Centígrados.

Ca: Calcio.

Cd: Cadmio.

Cr: Cromo.

Cu: Cobre.

CV: Coeficiente de Variación.

DSSH: Departamento de Salud y Servicios Humanos.

EPA: Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental).

g: gramo(s).

HCl: Ácido Clorhídrico.

HNO_3 : Ácido Nítrico.

IR: Infrarrojo.

L: Litro(s).

m: masa

meq: miliequivalentes.

mg: miligramo(s).

Mg: Magnesio.

mL: mililitro(s).

mm: milímetro(s).

μm : micrometro(s).

N: Normal.

NH_4OH : Hidróxido de Amonio.

nm: nanómetro(s).

Pb: Plomo.

ppb: partes por billón.

ppm: partes por millón.

p/v: peso sobre volumen.

S: Desviación Estándar.

S_e : Superficie Específica.

OMS: Organización Mundial para la Salud.

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó la adsorción de cromo (VI) a pH 5.8 en el biomaterial broza de café. Determinadas cantidades de residuo de café fueron suspendidas en una solución acuosa conteniendo 46.5 ppm de cromo (VI). Luego, la cantidad de metal pesado remanente en la solución fue medido por espectrometría de absorción atómica de llama, a una longitud de onda de 357.9 nm, determinando la influencia del tamaño de partícula del biomaterial y la influencia del tiempo de contacto entre la broza de café y la solución acuosa para la retención de los iones cromo, estas pruebas se realizaron en el laboratorio de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador en un periodo de 4 semanas.

Después de un pretratamiento de lavado, secado y desengrasado de la broza, los resultados muestran que se logra un alto rendimiento de biosorción de cromo (VI) en un tiempo de 30 minutos, empleando una concentración de broza de 20 gramos y una partícula con mayor tamaño.

A la vez se realizó la determinación de la capacidad de intercambio catiónico de la broza, en el Laboratorio de Calidad Integral de FUSADES, cuyo resultado fue 55.55 Meq/100g, lo que indica que componentes químicos como la celulosa y alcaloides, donde se encuentran grupos carboxílicos, dan lugar a la formación

de enlaces Hidrógeno entre grupos OH carboxílico, N-CH₃ y el OH fenólico, los cuales actúan como intercambiadores iónicos.

Se comprobó la capacidad de la broza de café para adsorber iones cromo en solución acuosa; de manera, que puede utilizarse en industrias que involucran cromo en sus procesos, como curtiembres, para aplicar un tratamiento alternativo de remoción de dicho metal en las aguas residuales obtenidas, antes que éstas sean vertidas a los efluentes líquidos.

CAPITULO I
INTRODUCCION

1. INTRODUCCION

En las civilizaciones modernas, el cromo y sus compuestos son muy importantes para diversos usos, por ejemplo como colorante, pigmentos y mordientes de teñidos; es primordial considerar su toxicidad con el medio laboral y el medio ambiente, cuando se da una disposición final inadecuada de dicho elemento; en específico, los desechos de cromo que se esparcen en las aguas y pueden ocasionar daños leves a los seres humanos y animales, como irritaciones y hasta graves, como el cáncer.

Muchas tecnologías se han empleado para la remoción de cromo de las aguas residuales; se sabe que las más recientes investigaciones, se enfocan en la biosorción, utilizando material de origen biológico, como alternativa de tratamiento para remover metales pesados presentes en soluciones acuosas.

Entre los materiales que se emplean en dicho proceso están los biopolímeros, siendo uno de ellos la broza de café, que es un subproducto de la preparación de bebidas de café; el cual, se empleó en esta investigación para estudiar la capacidad que posee de remover iones cromo en solución acuosa de 40 ppm de cromo, preparada a partir de la sal de dicromato de potasio; se realizó este proceso en un sistema por lote.

De la broza de café se determinaron las propiedades fisicoquímicas: porcentaje de humedad, pH, y superficie específica; para el estudio de la capacidad de adsorción de cromo por parte de la broza, se evaluaron los efectos de tamaño de partícula y tiempo de contacto, utilizando cantidades determinadas del biomaterial. Todos estos análisis se realizaron en el Laboratorio de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador (en un periodo de 4 semanas, comenzando el 15 de octubre de 2007 y finalizando el 15 de noviembre de 2007).

Para la cuantificación del cromo retenido por la broza de café, se hizo mediante Espectrometría de Absorción Atómica de Llama a una longitud de onda de 357,9 nm, determinando la cantidad inicial de cromo que hay en la solución acuosa evaluada y posteriormente la cantidad remanente del metal pesado en dicha solución, después de estar en contacto con una cantidad específica de broza de café, y por diferencia de valores se calculó la cantidad de cromo total retenida por la broza de café, expresada en ppm.

La lectura de las muestras por Absorción Atómica y la determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico de la broza de café, se llevaron a cabo en el Laboratorio de Calidad Integral (FUSADES).

CAPITULO II

OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la adsorción de Cromo en solución acuosa de flujo no continuo, utilizando broza de café.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 2.2.1. Obtener la broza, después del proceso de extracción de café.
- 2.2.2. Determinar las siguientes propiedades fisicoquímicas de la broza:
pH, porcentaje de humedad y superficie específica.
- 2.2.3. Determinar la capacidad de intercambio catiónico de la broza de café.
- 2.2.4. Determinar y cuantificar la retención de cromo por la broza de café según la influencia del tamaño de partícula y el tiempo de contacto.
- 2.2.5. Cuantificar el cromo adsorbido por la broza de café por medio de Espectrometría de Absorción Atómica.

CAPITULO III
MARCO TEORICO

3. MARCO TEORICO

3.1 BROZA DE CAFE

3.1.1 COMPONENTES DE LA BROZA DE CAFE ⁽⁸⁾

Recién salida del percolador, la broza (o poso de café) retiene una gran cantidad de agua, restos de cafeína, materias grasas y colorantes; exento de ellos, la broza de café es un material liviano, amargo, de aspecto poroso e insoluble en agua; está formado por un tejido de consistencia semi-leñoso-esponjoso de color café claro.

Los componentes principales del tejido son polisacáridos complejos de alto peso molecular, como se muestra en el cuadro N° 1.

Cuadro N° 1 Componentes de la broza de café ⁽⁸⁾

Componentes	Porcentaje
Celulosa	50 – 60
Hemicelulosa	12 – 20
Pentosanas	5
Lignina	5
Almidones	2
Azúcares	3
Sales Minerales	2

El polisacárido más abundante es la celulosa y constituye la parte básica de la macroestructura; el resto de los componentes forman microfibrillas de cadenas cortas y se unen por uno de los extremos a la lignina y por el otro lado a algunas cadenas de hemicelulosas; en conjunto forman el material relleno entre las cadenas celulósicas y le confieren estabilidad tridimensional al tejido.

Asociadas internamente a la celulosa, se encuentran las hemicelulosas que son un grupo de tres clases de polisacáridos con propiedades estructurales semejantes a las de la celulosa; entre estos grupos están: xilanas, manáns y galáctanas, según sea la unidad manosa estructural.

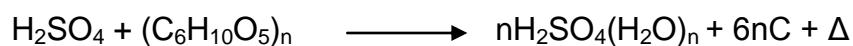
Las pentosanas se encuentran formando parte de cadenas terminales de algunas hemicelulosas y de la lignina y funcionan en la estructura del tejido, como puentes de unión entre las múltiples microfibrillas de los diferentes componentes del tejido; este grupo de polisacáridos constituyen una familia de ocho homopolisacáridos de cadenas lineales cortas no ramificadas y son: (+) xilosa, (+) ribosa, (+) arabinosa, (-) apiosa y sus correspondientes isómeros.

3.1.2. REACCIONES DE LOS COMPONENTES DE LA BROZA DE CAFE ⁽⁸⁾

Por su composición química el poso de café es un material altamente reactivo debido a que está constituido en su mayor parte de carbohidratos complejos (ver cuadro N° 1); las unidades estructurales de las cadenas de los

polisacáridos, contienen una gran cantidad de grupos oxhidrilos primarios y secundarios que constituyen los principales sitios reactivos de la matriz carbonada; además de éstos, entre las unidades estructurales y las cadenas vecinas se localizan otros sitios reactivos, como enlaces β -Glicosídicos, enlaces de tipo éster y el anillo aromático de la lignina, todos estos sitios se localizan tanto en la superficie, como en el interior del tejido.

En contacto con un oxidante fuerte como el ácido sulfúrico, todos los sitios reaccionan simultáneamente y en forma violenta, la matriz se convierte en carbón debido a la gran avidéz de agua del ácido sulfúrico, los enlaces β -glicosídicos y de tipo éster se rompen y el tejido se convierte en un sólido microgranular; la cantidad de calor generado en la reacción es suficiente para que el tejido se queme, como se ve en la reacción que se lleva a cabo:



Esta reacción de sustitución es posible gracias al carácter nucleofílico de los grupos alcohólicos primarios y secundarios.

Las regiones de la matriz, más accesibles a la sustitución son las cadenas celulósicas con menor impedimento estérico; las menos accesibles son los centros “cristalinos” donde la sustitución procede con mayor dificultad porque los centros están protegidos.

Otra manera de lograr niveles de sustitución en la matriz consiste en tostar la broza de café desengrasada a una temperatura de 350° durante una hora; con este tratamiento se forma un mayor número de centros “cristalinos” en la matriz, por lo que a esta temperatura algunos de los componentes del tejido como las hemicelulosas, se polimerizan y se forma un galactomano; con lo cual se logra aumentar el número y tamaño de los centros “cristalinos”; el resultado es una estructura con mayor grado de reticulación, las partículas del producto son más compactas y resistentes al ataque de ácidos.

3.2 CROMO

3.2.1 HISTORIA DEL CROMO ⁽²⁾

El cromo fue descubierto en 1797 por el químico francés Louis Nicolas Vauquelin, que lo denominó cromo (del griego *chroma*, 'color') debido a los múltiples colores de sus compuestos ⁽³⁰⁾.

El cromo nunca se halla en estado libre en la naturaleza, pero sus compuestos (ver Cuadro N° 2) están muy diseminados, se encuentra en rocas, animales, plantas, el suelo, y en polvos y gases volcánicos. El cromo está presente en el medio ambiente en varias formas diferentes. Las formas más comunes son el cromo (0), el cromo (III) y el cromo (VI). No se ha asociado ningún sabor u olor con los compuestos de cromo.

El cromo (III) existe en forma natural en el ambiente y es un elemento nutritivo esencial. El cromo (VI) y el cromo metálico son producidos generalmente por procesos industriales ⁽²⁾.

Cuadro Nº 2 Compuestos de Cromo ⁽²⁾

Estados de oxidación	Compuesto
+6 $\text{CrO}_3, \text{CrO}_4^{2-}, \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	Trióxido de cromo Ión cromato Ión dicromato Ión crómico
+3 $\text{Cr}_2\text{O}_3, \text{Cr}^{3+}$	Oxido crómico Ión crómico
+2 Cr^{2+}	Ión cromoso
0 Cr^0	Cromo metálico

3.2.2 EL CROMO EN EL MEDIO AMBIENTE ⁽²⁾

- El cromo entra al aire, al agua, y al suelo principalmente en las formas de cromo (III) y cromo (VI).
- En el aire, los compuestos de cromo están presentes principalmente como partículas de polvo finas las que eventualmente se depositan sobre la tierra o el agua.
- El cromo puede adherirse firmemente al suelo y solamente una pequeña cantidad puede disolverse en el agua y así pasar a suelo más profundo y al agua subterránea.
- Los peces no acumulan en sus cuerpos mucho cromo del agua.

3.2.3 APLICACIONES DEL CROMO EN LA INDUSTRIA ⁽²⁾

El cromo metálico, que es la forma de cromo (0), se usa para fabricar acero.

El cromo (VI) y el cromo (III) se usan en cromado, en tinturas y pigmentos, curtido de cuero y para preservar madera.

En el cromado electrolítico o galvanoplastia, es utilizado para acrecentar la resistencia de los metales contra la corrosión y mejorar el efecto decorativo de las superficies.

El cromo se usa para curtir las pieles destinadas a fabricar suelas de zapatos (“curtido al cromo”). Además del uso en tinción de algodón, lana y materiales textiles, el cromo se usa también para dar color a gemas artificiales. En el siglo XIX, el cromo se empezó a utilizar como colorante en la fabricación de vidrio verde. En éste, el cromo puede existir en dos formas: ión trivalente (Cr^{3+}) que da el color verde esmeralda y, el ión hexavalente (Cr^{6+}) que da el color amarillo y forma el ión cromato CrO_4^{2-} (ver Cuadro N° 3).

Otros usos, pero en menor escala, son en fungicidas, fertilizantes y detergentes.

Cuadro N° 3 Consumo actual de cromo en la industria ⁽²⁾

Compuesto	Usos
Cromo (elemental)	Producción de aceros aleados
Cloruro de Cromo	Proceso de cromado
Cromato de Plomo	Pigmento de color amarillo en fabricación de pinturas

Cuadro N° 3 Continuación

Compuesto	Usos
Cromato de Zinc	Pigmento de color amarillo en la fabricación de pinturas
Trióxido de Cromo	Pigmento verde para fabricación de pinturas
Alumbre de Cromo	Curtiembre
Sulfato de Cromo	Curtiembre
Dicromato de Sodio	Preparación para el electrolito en el cromado, en la curtiembre
Ión trivalente (Cr^{3+})	Colorante de vidrio
Ión hexavalente (Cr^{6+})(Cr_4^{2-})	Colorante de vidrio

3.2.4 TIPOS DE EXPOSICION ⁽²⁾

1. *Exposición ocupacional.* Incluye a las personas que trabajan en minas de las que se extrae este elemento y, en industrias y fábricas que lo procesan.
2. *Exposición ambiental.* Incluye a los organismos que viven cerca de las industrias, a los que viven en ecosistemas acuáticos y terrestres en donde se desechan compuestos de cromo y también a los que ingieren el cromo a través de alimentos y agua.

3.2.5 EFECTOS DEL CROMO ⁽²⁾

El cromo (III) es un elemento nutritivo esencial que ayuda al cuerpo a utilizar azúcar, proteínas y grasa.

Respirar niveles altos de cromo (VI) puede causar irritación de la nariz, nariz que moquea, hemorragias nasales, y úlceras y perforaciones en el tabique nasal (ver Cuadro N° 4).

Cuadro N° 4. Intoxicación crónica por compuestos de cromo, efectos sobre el sistema respiratorio ⁽²⁾

Rinitis	Dolor nasal
Laringitis	Úlcera nasal
Bronquitis	Perforación del tabique nasal
Alteración del olfato	Fibrosis pulmonar
Hemorragia nasal	Cáncer de pulmón

El contacto de la piel con ciertos compuestos de cromo (VI) puede causar ulceración de la piel. Cierta gente es extremadamente sensible al cromo (VI) o al cromo (III). Se han descrito reacciones alérgicas consistentes en enrojecimiento e hinchazón grave de la piel (ver Cuadro N° 5).

Cuadro Nº 5 Intoxicación crónica por compuestos de cromo, efectos sobre la piel ⁽²⁾

<p>Dermatitis</p> <p>Llagas en piernas y glúteos</p> <p>Úlceras de dedos, uñas y articulaciones</p>
--

Ingerir grandes cantidades de cromo (VI) puede producir malestar estomacal y úlceras, convulsiones, daño del hígado y el riñón, y puede aún causar la muerte (ver Cuadro Nº 6).

Cuadro Nº 6 Intoxicación crónica por ingesta de compuestos de cromo ⁽²⁾

Efectos
Irritación gastrointestinal
Úlcera gastrointestinal
Hepatitis
Nefritis
Erosión y color amarillo de los dientes

Varios estudios han demostrado que los compuestos de cromo (VI) pueden aumentar el riesgo de contraer cáncer del pulmón.

Estudios en animales también han demostrado aumentos en el riesgo de cáncer.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha determinado que el cromo (VI) es carcinógeno en seres humanos.

El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DSSH) ha determinado que se sabe que ciertos compuestos de cromo (VI) producen cáncer en seres humanos.

La EPA ha determinado que el cromo (VI) en el aire es carcinogénico en seres humanos ⁽²⁸⁾.

3.3 TRATAMIENTOS PARA LA ELIMINACION DE METALES PESADOS EN EFLUENTES INDUSTRIALES ⁽²⁷⁾

Teniendo en cuenta los efectos que tienen los metales pesados, es evidente que se hace necesaria su eliminación de los diversos efluentes. Las industrias se ven obligadas a reducir la cantidad y la peligrosidad de sus vertidos al medio ambiente, a causa de las presiones legales, sociales y económicas. Este hecho ha conducido a que dichas industrias concentren sus esfuerzos en evacuar vertidos más limpios y en reciclar o reutilizar su contenido en proporciones significativas. Un proceso que se lleve a cabo en ciclo cerrado, donde todos los desechos serian reciclados y la única salida de este ciclo seria productos que pudieran venderse, es el máximo objetivo.

El tratamiento de efluentes contaminados es un proceso complicado, en ocasiones incluso más que cualquier otro proceso de fabricación o manufactura

de productos, debido a que las aguas a tratar pueden tener una composición muy variable en cuanto a componentes orgánicos o inorgánicos, acidez o basicidad extrema, presencia de sustancias volátiles, etc. De esta forma, son pocos los procesos que permiten la descontaminación de efluentes cumpliendo a la vez los siguientes requisitos: bajos costes económicos, flexibilidad en cuanto a cantidad a tratar de efluente y de carga contaminante, continuidad del sistema, mínima supervisión y mantenimiento, y suficiente selectividad para los metales considerados.

Numerosas industrias producen grandes cantidades de efluentes contaminados con altas concentraciones de metales pesados, entre ellos el Cromo, que resultan ser tóxicos para el medio ambiente, empleándose en cada una de ellas procesos de depuración que varían en cuanto a la cantidad de efluente y de carga contaminante que pueden tratar.

Para eliminar metales pesados de efluentes líquidos se han empleado diferentes tecnologías como la coagulación-floculación, precipitación química, adsorción, electro diálisis, intercambio iónico, osmosis inversa, etc. En general, estas tecnologías son inadecuadas para la eliminación de metales pesados de efluentes industriales al no conseguir reducir su concentración por debajo de los límites permitidos y al no alcanzar una diferenciación clara en su composición, dificultando su reciclaje o reutilización de los subproductos, creando además

problemas secundarios como lodos extremadamente difíciles de tratar y costes prohibitivos.

En el cuadro siguiente (Cuadro N° 7) es un comparativo de las distintas tecnologías convencionales para la eliminación de metales.

Cuadro N° 7 Tecnologías convencionales para la eliminación de metales pesados ⁽²⁷⁾

Método	Desventajas	Ventajas
Precipitación química y filtración	Separación difícil para altas concentraciones	Simple, barata
Oxidación química o reducción	Se necesitan reactivos químicos. Sensible a la temperatura	Mineralización
Tratamientos electroquímicos	Requiere de altas concentraciones. Caro	Permite la recuperación de metales
Osmosis inversa	Altas presiones, alto coste energético. Caro	Efluente puro (permitiría ser reciclado)
Intercambio iónico	Sensible a las partículas Resinas caras	Efectiva Efluente puro, es posible recuperar el metal
Adsorción	Selectivo	Tecnología convencional Adsorbente (carbón activo)
Evaporación	Requiere mucha energía Caro Genera lodos	Efluente puro (permitiría ser reciclado)

3.4 BIOSORCION: UNA NUEVA ALTERNATIVA A LAS TECNOLOGIAS

CONVENCIONALES ⁽²⁷⁾:

La necesidad de métodos económicos y efectivos para la eliminación de los metales pesados ha tenido como resultado el desarrollo de nuevas tecnologías de separación. En este sentido, existen varios procesos que están siendo investigados con el fin de retirar metales pesados en residuos líquidos, destacando entre ellos: la precipitación extracelular, la biosorción y la captación a través de biopolímeros purificados y de otras moléculas especializadas derivadas de células microbianas, basadas las dos últimas en la capacidad de los metales para unirse por distintos mecanismos a materiales biológicos.

El término “biosorción” se ha acuñado para describir el fenómeno de captación pasiva de iones metálicos, basado en la propiedad que ciertos tipos de biomasas inactivas o muertas, poseen la capacidad para enlazar y acumular este tipo de contaminantes por diferentes mecanismos (adsorción física, complejación, intercambio iónico, etc.) Esto implica que el mecanismo de eliminación no está controlado metabólicamente. En contrapartida, el término bioacumulación describe un proceso activo, dónde la eliminación de los metales requiere de la actividad metabólica de un organismo vivo.

En los últimos años se ha diversificado la utilización de biomasa muerta o productos derivados de ella, ya que, además de eliminar el problema de la

toxicidad, presenta ventajas económicas, tanto de mantenimiento como evitando el suplemento de nutrientes. Sin embargo, las células vivas pueden presentar una variedad más amplia de mecanismos para la acumulación de metales. En el Cuadro N° 8 se recogen las principales ventajas e inconvenientes del empleo de biomasa inerte y de células vivas para la eliminación de metales pesados.

La biosorción es una de las tecnologías más prometedoras para la remoción de metales tóxicos de las aguas residuales ya que, al tratarse de un proceso con características únicas, lo convierte en una alternativa potencial a los procesos convencionales, además, es un proceso generalmente rápido y que resulta muy interesante para la extracción de iones metálicos a bajas concentraciones en grandes volúmenes de agua.

Un proceso de biosorción involucra una fase sólida (biosorbente) y una fase líquida (solvente) que contiene las especies disueltas que van a ser biosorbidas (sorbato, esto es, iones metálicos). Debido a la gran afinidad del sorbente por las especies del sorbato, éste último es atraído hacia el sólido y enlazado por diferentes mecanismos. Este proceso continúa hasta que se establece un equilibrio entre el sorbato disuelto y el sorbato enlazado al sólido. La afinidad del biosorbente por el sorbato determina su distribución entre las fases sólida y líquida.

Cuadro Nº 8 Ventajas e inconvenientes del empleo de biomasa inerte y de células vivas para la eliminación de metales pesados ⁽²⁷⁾.

BIOMASA INERTE	
Ventajas	Inconvenientes
<ol style="list-style-type: none"> 1. Independiente del crecimiento (biomasa muerta) y no del sujeto a limitaciones por toxicidad. No necesita nutrientes en la solución de alimentación, deposición de nutrientes o productos metabólicos. 2. Los procesos no están gobernados por limitaciones biológicas. 3. La selección de la técnica de inmovilización no esta gobernada por limitaciones de toxicidad o inactivación térmica. 4. Son muy rápidos y eficientes en la retirada de metales; la biomasa se comporta como un intercambiador de iones. 5. Los metales pueden ser liberados fácilmente y recuperados. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rápida saturación: cuando los sitios de interacción con el metal están ocupados, es necesario remover el metal antes de utilizarse nuevamente, sin importar su valor. 2. El secuestro por adsorción es sensible al pH. 3. El estado de valencia del metal no puede ser alterado biológicamente, por ejemplo, para dar formas menos solubles. 4. Las especies organometálicas no son susceptibles de degradación. 5. El mejoramiento de estos procesos biológicos es limitado ya que la células no efectúan un metabolismo; la producción de agentes adsorbentes ocurre durante la etapa de crecimiento.
CELULAS VIVAS	
Ventajas	Inconvenientes
<ol style="list-style-type: none"> 1. Aunque cada célula puede llegar a saturarse, el sistema se auto-restablece debido al crecimiento. 2. Los metales se depositan en un estado químico alterado y menos sensible a la desorción espontánea. 3. La actividad metabólica puede ser la única forma económica de lograr cambios en estado de valencia o degradar compuestos organometálicos; se pueden utilizar sistemas multienzimáticos. 4. Se pueden mejorar las cepas por medio del aislamiento de mutantes o la manipulación genética, debido a que ésta es una propiedad microbiana más que un producto bajo explotación. 5. Se pueden emplear dos o más organismos de una manera sinérgica. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. La toxicidad: sólo se pueden tratar los metales a bajas concentraciones. Sin embargo, se han utilizado cepas resistentes a los metales. 2. Es necesario alimentar los flujos bajo condiciones fisiológicamente permisibles. 3. Se necesitan nutrientes para el crecimiento. 4. La deposición de los productos metabólicos y los nutrientes no consumidos. 5. Los productos metabólicos pueden formar complejos con los metales, impidiendo la precipitación. 6. La recuperación de los metales por desorción es limitada, debido a que pueden formar uniones intracelulares. 7. El modelado de un sistema no definido representa grandes dificultades matemáticas.

La biosorción de metales pesados en disoluciones acuosas puede ser considerada como una tecnología alternativa en el tratamiento de aguas residuales provenientes de efluentes industriales e incluso para la recuperación de metales. Este proceso de separación utiliza biomateriales que abundan en la naturaleza: como las algas o subproductos de procesos industriales, biológicos o de la agricultura.

El desarrollo de esta tecnología no empezó hasta la década de los 90s. Las primeras publicaciones describían la cantidad de materiales biológicos que podían emplearse para eliminar, a muy bajo coste, incluso a concentraciones bajas, metales tóxicos de efluentes industriales.

3.4.1 MECANISMOS DE BIOSORCION ⁽²⁷⁾

Una vez que la biosorción se asocia exclusivamente a la captación pasiva de iones metálicos, puede ser excluido el mecanismo de transporte a través de la membrana celular que sólo tiene lugar con células vivas y que se relaciona con un sistema de defensa activo por parte de los microorganismos que reaccionan frente a la presencia de iones metálicos tóxicos.

Por otra parte, los átomos y moléculas son retenidos siempre por los sólidos por fuerzas de cohesión del tipo de Van der Waals. En el interior de un cuerpo sólido, los átomos y moléculas están completamente rodeados por otros, de

esta manera sus fuerzas atractivas están satisfechas por todos los lados. En contraste con esto, los átomos y moléculas que se encuentran en la superficie de los sólidos tienen solo particularmente equilibradas sus fuerzas atractivas que únicamente pueden ser neutralizadas por otros átomos o moléculas que puedan unirse a la superficie dando lugar al fenómeno de adsorción.

Se considera que las especies adsorbidas forman una capa monomolecular en la superficie del adsorbente. Así mismo, se considera que la adsorción está generalmente limitada a moléculas con peso molecular menor de 2000, puesto que algunos de los lugares o sitios superficiales pueden tener accesibilidad limitada.

Para la fijación de metales pesados en la biosorción se han sugerido una serie de mecanismos que explican la retención o secuestro del metal en diferentes partes del biosorbente. Así, puede ocurrir vía:

- *Complejación o quelación:* el metal se une a los centros activos de la pared celular mediante enlaces químicos formando determinados complejos.
- *Adsorción física:* se incluye aquí los fenómenos asociados a fuerzas de Van der Waals. En este caso la biosorción es rápida y reversible.

- *Intercambio iónico:* propia de los iones metálicos divalentes que se intercambian con iones propios de los polisacáridos presentes en la biomasa. El proceso también es rápido y reversible.
- *Precipitación:* el mecanismo está asociado a la formación de un complejo en la pared celular que posteriormente es hidrolizado.

Generalmente se considera que en la biosorción de metales pesados pueden aparecer simultáneamente más de uno de los mecanismos señalados, siendo, en algunos casos, muy difícil de explicar el o los mecanismos que tienen lugar en un proceso de biosorción determinado.

3.4.2 BIOSORCIÓN DE CONTAMINANTES INORGÁNICOS ⁽²²⁾

El fenómeno de la biosorción ha sido comparado directamente con los procesos de intercambio iónico. Los procesos de biosorción no requieren un mecanismo de transporte activo de membrana ni energía para llevar a cabo procesos metabólicos.

La afinidad que un biosorbente presente para un catión metálico específico dictará prácticamente cuál será su aplicación para tratar una corriente residual determinada.

Las fuentes y el tipo de biosorbente juegan un rol importante en la implantación de estos procesos. Si el biosorbente necesita ser cultivado especialmente para estos objetivos, el fabricante debe incorporar los gastos de mantenimiento y producción en el coste total.

Algunos biosorbentes, como la broza de café, pueden obtenerse hasta el momento, de forma gratuita, desde el momento en que representa un problema para los productores, es decir, un residuo. De este modo los únicos costes asociados son los de secado, si se requiere, y de transporte.

3.4.3 TIPOS DE BIOSORBENTES ⁽²²⁾

A pesar de que se han encontrado diferentes tipos de biosorbentes, que son efectivos para concentrar y recuperar metales pesados. Uno de los factores principales al seleccionar un biosorbente es su origen. Éstos pueden ser los siguientes:

- Residuos procedentes de procesos industriales, por lo que deberían obtenerse gratuitamente o a muy bajo coste.
- Organismos fácilmente disponibles y en grandes cantidades en la naturaleza.
- Organismos que se reproduzcan rápidamente, especialmente cultivados para procesos de biosorción.

CAPITULO IV
DISEÑO METODOLOGICO

4. DISEÑO METODOLOGICO

Se dividió en:

- 4.1 Tipo de Estudio.
- 4.2 Investigación Bibliográfica.
- 4.3 Investigación de Campo.
- 4.4 Investigación experimental.

4.1 TIPO DE ESTUDIO

Analítico experimental, porque se desarrollaron ensayos y pruebas al biomaterial broza de café para la adsorción de Cromo en soluciones acuosas.

Prospectivo, porque podrá utilizarse como base para posteriores investigaciones.

4.2 INVESTIGACION BIBLIOGRAFICA

Esta parte del diseño metodológico se realizó en:

- Biblioteca Dr. Benjamín Orozco de la Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador.
- Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador.
- Biblioteca "P. Florentino Idoate, S.J.", Universidad Centroamericana José Simeón Cañas.
- Internet.

4.3 INVESTIGACION DE CAMPO

Se evaluó la capacidad de adsorción de cromo que posee la broza de café, obtenida del fruto de *Coffea arábica variedad bourbon*.

4.3.1 UNIVERSO

Está constituido por las variedades de café de la Cordillera Apaneca Ilamatepec de El Salvador.

4.3.2 TIPO DE MUESTREO

El tipo de muestreo empleado es de tipo Aleatorio Simple, ya que cada uno de los elementos del universo tuvo las mismas posibilidades de ser incluido para la investigación.

4.3.3 MUESTRA

Se recolectaron 25 libras de frutos *Coffea arábica variedad bourbon*, de los cafetos de la Finca “Quinta Gloria”, para la posterior obtención de la broza de café (ver anexo N° 5).

4.3.4 VARIABLES ESTADISTICAS

Para representatividad y reproducibilidad de resultados se realizó la determinación de la desviación estándar (S) y del coeficiente de variación (CV).

Fórmulas a utilizar:

Desviación estándar (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

Y el coeficiente de variación (CV)

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \times 100$$

$$\bar{X} = \frac{\sum (n_1 + n_2 + \dots + n_n)}{N}$$

Donde:

xi: valor individual

\bar{X} : media

n: tamaño de la muestra

N: total de datos

n_n : valor individual ($n_1, n_2, n_3, \dots, n_n$)

4.4 PARTE EXPERIMENTAL

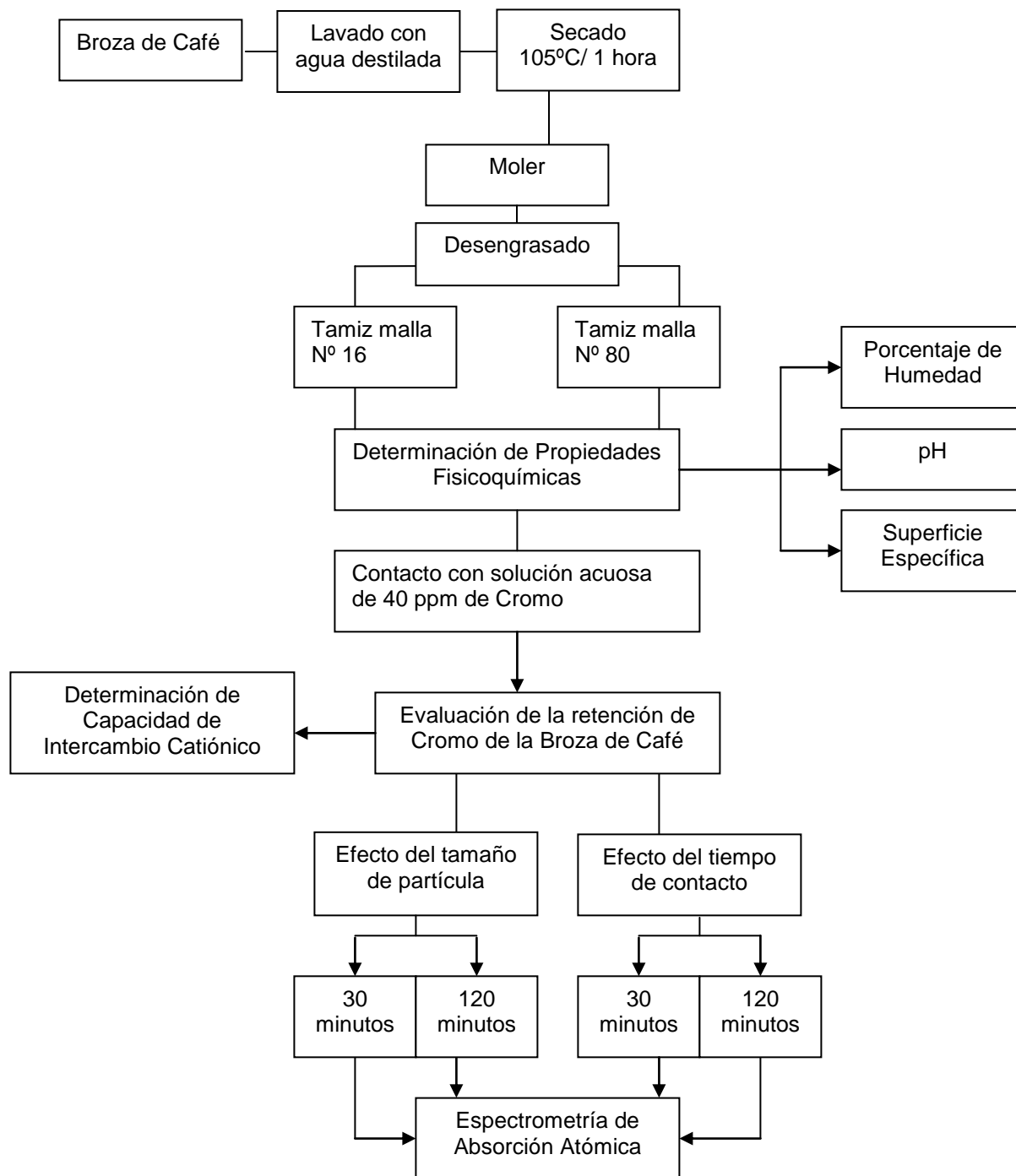


Figura Nº 1. Esquema General de Trabajo Experimental

4.4.1. MUESTREO Y RECOLECCION DE BROZA DE CAFE.

Se recolectaron frutos de *Coffea arábica variedad bourbon*, para posterior obtención a partir de éstos, de la broza de café, de la Finca “Quinta Gloria” (ver anexo N° 3), después de realizar un muestreo aleatorio simple de las fincas cafetaleras de la Cordillera Apaneca Ilamatepec (ver anexo N° 2).

4.4.2 TRATAMIENTO DE LA MUESTRA DE BROZA DE CAFE. ⁽⁵⁾

La muestra de broza obtenida se sometió a procesos físicos de secado, molido, extracción de aceite y tamizado.

4.4.2.1 Secado

La muestra se dividió en fracciones y se colocó en recipientes de aluminio, procediendo a secar en estufa a 105°C por una hora.

4.4.2.2 Molido

La broza se molió, disminuyendo así su tamaño de partícula.

4.4.2.3 Extracción de aceite

La extracción de aceite se realizó por medio del método de Soxhlet (Ver anexo 12).

4.4.2.3 Tamizado

La muestra se colocó en la parte superior del tamiz, se procedió a agitar manualmente el tamiz por tiempo determinado, recibiendo el cernido en un depósito adecuado.

Se pasó la muestra por un tamiz con malla N° 16 Serie Tyler (ver anexo N° 6) consiguiendo un tamaño de partícula máximo de 991 μm ; luego, el cernido de este tamiz se pasó por el tamiz con malla N° 80, logrando un tamaño de partícula máximo de 176 μm .

4.4.3 DETERMINACION DE PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE LA BROZA DE CAFE.

4.4.3.1 Determinación del porcentaje de humedad ⁽⁸⁾

Fundamento. Debido a la naturaleza hidrofílica, la broza de café retiene una gran cantidad de agua, la cual es necesario determinar porque en base a este parámetro se puede calcular la cantidad real de materia orgánica disponible en un volumen bruto de broza de café mojada. Esta operación es útil para eliminar la cantidad de agua que acompaña a un sólido, conservando, sin lesionar, las propiedades físicas y químicas.

Procedimiento ⁽⁴⁾:

1. Colocar en estufa a 105°C por treinta minutos una caja de aluminio, limpia y seca.
2. Sacar de la estufa la caja de aluminio y dejarla enfriar por treinta minutos en un desecador.

3. Pesar la caja de aluminio en balanza analítica (anotar tara de caja).
4. Pesar 1.0 g de muestra en la caja de aluminio (anotar tara de caja + muestra).
5. Secar en estufa a 105°C por 2 horas. Sacar de la estufa y dejar enfriar en desecador treinta minutos.
6. Pesar la caja de aluminio + muestra seca en balanza analítica.
7. Calcular el porcentaje de humedad.

Cálculos:

$P_i = (\text{Peso de caja} + \text{peso muestra sin secar}) - (\text{Peso de caja de aluminio}).$

$P_f = (\text{Peso de caja} + \text{peso muestra seca}) - (\text{Peso de caja de aluminio}).$

$P_p = P_i - P_f$

Donde:

P_i : peso de muestra sin secar en gramos.

P_f : peso de muestra seca en gramos.

P_p : peso perdido por la muestra en gramos.

Cálculo del el porcentaje de humedad en base a la fórmula:

$$\% P_p = P_p \times 100 \div P_i$$

4.4.3.2 Determinación de pH ⁽⁴⁾

Fundamento. El pH es definido como el valor dado por un instrumento potenciométrico y propiamente estandarizado capaz de reproducir valores de pH. El instrumento cuenta con un electrodo indicador sensible a la actividad del ión hidrógeno, un electrodo de vidrio y un adecuado electrodo de referencia.

Procedimiento ⁽⁶⁾:

1. Calibrar el pHmetro con Buffer Fosfato pH 7 a 25°C.
2. Calibrar el pHmetro con Buffer Fosfato pH 4 a 25°C.
3. Leer solución Buffer pH 6 con pHmetro a 25°C para verificar si corresponde la lectura.
4. Dispersar 2.0g de broza de café en 10 mL de agua destilada, mezclando vigorosamente por 5 minutos para facilitar la dispersión.
5. Después de media hora de reposo, realizar la lectura de pH al líquido sobrenadante, a 25°C, con el pHmetro calibrado.

4.4.3.4. Determinación de superficie específica ⁽¹¹⁾.

Fundamento. La superficie específica, S_e , es definida como la relación entre la superficie de una partícula A_p y su masa m . Resulta una medida independiente, su valor determina el balance entre fuerzas capilares, eléctricas y gravimétricas que actúan sobre las partículas, afecta la permeabilidad, y controla la adsorción y retardación durante la difusión química ⁽⁵⁾.

Procedimiento ₍₁₁₎:

1. Se calculó la superficie específica de la broza de café molida y tamizada, utilizando la fórmula:

$$Se = \frac{6}{\rho d_{vs}}$$

Donde:

Se: superficie específica

ρ : densidad de broza de café (Ver anexo N° 11)

d_{vs} : diámetro medio volumen-superficie (Ver anexo N° 6)

6: constante para la superficie específica de esferas.

4.4.4. EVALUACION DE ADSORCION DE CROMO EN SOLUCION ACUOSA EN UN SISTEMA POR LOTE.

4.4.4.1. Unión de cromo a la broza de café en función del tamaño de partícula

El procedimiento para el experimento fue el mismo tanto para la muestra molida tamizada por un número de malla 16, como la que pasa el tamiz con número de malla 80; se realizó por triplicado para cada tamaño de partícula.

Procedimiento:

1. Pesar cantidades de muestra de broza de café de 5, 10 y 20 g, cada una.

2. Tomar 100 mL de solución de 40 ppm de Cr y colocar en erlenmeyer de 250 mL, ajustar el pH a 5 con HNO_3 0.1 N o NH_4OH 0.5 N, según corresponda.
3. Adicionar a cada erlenmeyer (conteniendo 100 mL de solución de 40 ppm de Cr) las cantidades respectivas de broza de café.
4. Agitar la solución por 30 minutos, luego filtrar por papel Whatman N° 40 hasta obtener solución clara.
5. Medir el pH final de la solución clara (filtrado).
6. Tomar 2 mL del filtrado y proceder a la identificación del catión de cromo (ver anexo N° 8), las soluciones que den un resultado positivo a la presencia de cromo, continuar con el paso 7.
7. Acidificar el filtrado con Ácido Nítrico Concentrado (HNO_3) a pH menor de 2. ⁽¹⁷⁾
8. Realizar las lecturas para la determinación de cromo Total por Espectrofotometría de Absorción Atómica a una longitud de onda de 357,9 nm.

4.4.4.2. Unión de cromo a la broza de café en función del tiempo de contacto

El procedimiento para el experimento será el mismo tanto para la muestra obtenida del tamiz con número de malla 16 y, la del tamiz con número de malla 80, se realizó por triplicado para cada tamaño de partícula.

Procedimiento:

1. Pesar cantidades de muestra de broza de café de 5, 10 y 20 g, cada una.
2. Medir 100 mL de solución de 40 ppm de Cromo y colocar en erlenmeyer de 250 mL, ajustar a pH 5 con HNO_3 0.1 N o NH_4OH 0.5 N, según corresponda.
3. Adicionar a cada erlenmeyer (conteniendo 100 mL de solución de 40 ppm de Cr) las cantidades respectivas de broza de café.
4. Realizar tomas de muestra a la solución inicial, a los 30, 120 minutos, (para interrumpir la reacción filtrar por papel Whatman N° 40 hasta obtener líquido claro).
5. Medir el pH final de la solución.
6. Tomar 2 mL del filtrado y proceder a la identificación del catión de cromo (ver anexo N° 8), las soluciones que den un resultado positivo a la presencia de cromo, continuar con el paso 7.
7. Acidificar el filtrado con Ácido Nítrico Concentrado (HNO_3) a pH menor de 2 ⁽¹⁷⁾
8. Realizar las lecturas para la determinación de Cromo Total por Espectrofotometría de Absorción Atómica a una longitud de onda de 357.9 nm.

Las lecturas por Absorción Atómica de Llama se realizaron en el Laboratorio de Calidad Integral (FUSADES), siguiendo métodos oficiales y la tecnología del equipo utilizado de acuerdo a su técnica analítica interna (ver anexo N° 9).

4.4.5. DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO IONICO TOTAL DE LA BROZA DE CAFE (FUSADES)

Para esta prueba se utilizó la muestra cernida por el tamiz con número de malla 16 y que es retenida por el tamiz con malla número 80.

Fundamento. La broza de café mediante extracciones sucesivas se equilibra con solución de Acetato de Amonio 1N, pH neutro. El Amonio total retenido por el material después del lavado para eliminar el exceso de Acetato de Amonio, representa la capacidad de Intercambio de Cationes a pH 7.0. El Amonio adsorbido se libera usando Cloruro de Sodio e Hidróxido de Sodio y se destila el ión Amonio en un aparato Kjeldahl para luego valorarlo.

Procedimiento:

1. Desplazamiento de las Bases Intercambiables y Saturación con amonio al Complejo Coloidal.

1.1 En balanza analítica, pesar en un beaker de vidrio de 100mL, 5 gramos de broza de café seca al aire, molida, tamizada a través de un poro #10.

- 1.2 Agregar, con probeta, 15mL de la solución electrolítica de Acetato de Amonio 1N, pH 7.0.
- 1.3 Agitar rotativamente para mezclar bien y cerrar con tapón de hule #10. Dejar en reposo hasta el siguiente día.
- 1.4 En una botella plástica de 100 mL verter 85 mL de la solución electrolítica.
- 1.5 Doblar el papel filtro de tal manera que quede adaptado al tamaño del embudo buchner usado, por medio de la balanza analítica obtener la masa del papel y colocarlo sobre el embudo buchner previamente ajustado a un matraz para filtración de 500 mL.
- 1.6 Al día siguiente, agitar el contenido del beaker de 100 mL e inmediatamente transferirlo al filtro del embudo buchner, esperar que filtre la solución, terminar de transferir toda la broza de café con aproximadamente 15 mL de solución electrolítica servida con pizeta.
- 1.7 Esperando que se filtre la solución, en cada vez, hacer adiciones de 10 mL con pipeta volumétrica tratando de remover en cada adición la mayor cantidad de broza adherida a las paredes del filtro.
- 1.8 Las alícuotas se toman de la botella plástica hasta terminar los 85mL de solución que se le adicionaron.
- 1.9 Al terminar de filtrar la última alícuota, aplicar succión con una perilla de hule o con una bomba de vacío, para extraer la solución electrolítica residual, quitar el vacío.

- 1.10 Sin retirar el extracto, lavar el filtro y la broza con 3 adiciones de 10 mL de Alcohol Etílico cada una, esperando el paso completo de la alícuota anterior antes de agregar la siguiente.
- 1.11 Succionar con vacío el alcohol residual y retirar el filtro con la broza de café del embudo buchner y dejarla secar al medio ambiente por 2 horas. Si es necesario almacenarla más tiempo, envolverla en bolsa plástica y guardarla en congelador de una refrigeradora.

2. Determinación de la Capacidad de Intercambio de Cationes

- 2.1. Ya secos el filtro y la broza de café, remover ésta con espátula y pesarla en balanza analítica; por diferencia con el primer peso de broza de café en ese momento, dividirlo entre cinco (esta masa de broza de café es equivalente a un gramo de broza de café original) y sumarlo a la masa registrada por un cuadro de papel para pesar y sobre éste agregar broza de café hasta obtener el valor proporcional por la suma de las masas.
- 2.2. Envolver la broza de café dentro del papel para pesar, introducirla en un matraz Kjeldahl de 800 mL. y agregar 300 mL de agua destilada.
- 2.3. En un matraz de titulación de 500 mL adicionar 50 mL de solución de Acido Bórico al 2% p/v y colocar el matraz en el Terminal refrigerante de la unidad MacroKjeldahl.
- 2.4. Al matraz Kjeldahl agregar 5 perdigones de Cinc, 5 gramos de Cloruro de Sodio, 10 gotas de mezcla antiespumante (50% n-Octanol, 50% Aceite

Mineral) y 40 mL de una solución de Hidróxido de Sodio 2.5N, colocarlo inmediatamente en la unidad de destilación. Iniciar el proceso y terminarlo cuando se hayan recogido 200 mL de destilado. Retirar el matraz de titulación. Hacer un blanco.

- 2.5. Agregar al matraz de titulación que contiene el destilado 7 gotas del indicador mixto (Solución alcohólica de Rojo de metilo 0.125% p/v con Azul de Metileno 0.0825% p/v) y 2 gotas de solución acuosa de Verde de Bromocresol al 0.1% p/v. Mezclar bien, introducir una barra magnética y colocar sobre el agitador.
- 2.6. Titular utilizando solución de Acido Clorhídrico 0.02N valorado. Titular primero el blanco hasta una tonalidad salmón o estandarizar el punto de equivalencia con un potenciómetro, el punto de equivalencia está cerca de un pH 3.98; usar de referencia este punto final para las muestras. Anotar el punto de equivalencia y calcular la Capacidad de Intercambio de Cationes en meq/100 gramos de broza de café seca al horno.

Cálculo de la capacidad de intercambio por el método de acetato de amonio.

Información obtenida en el laboratorio:

1. Normalidad de la solución de HCl usada en la valoración = 0.02N (A)
2. Volumen de solución HCl consumido en la valoración de la muestra = (B)
3. Volumen de solución de HCl consumido en la valoración del blanco = (C)
4. Muestra seca al horno equivalente a 1 gramo = (Z)

Fórmula para calcular la capacidad de intercambio catiónico:

$$CIC_{NH_4OAC} = \frac{(B - C) \times A \times 100^*}{Z} = \text{meq} / 100\text{g}$$

* = factor correspondiente a 100 gramos de suelo (Broza de café)

CAPITULO V
RESULTADOS

5. RESULTADOS

5.1. OBTENCION DE LA BROZA DE CAFE A PARTIR DEL FRUTO *Coffea arábica variedad bourbon*

Posterior a la recolección de 25 libras de fruto de café y siguiendo una serie de procesos (ver anexo N° 5) para la obtención de la broza, se logró un rendimiento de aproximadamente 11.6 libras.

5.2. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DE LA BROZA DE CAFE

5.2.1. Determinación de pH

Los datos promedio obtenidos en el análisis de pH son para la muestra cernida del tamiz con malla N° 16, fue de 5.67 y, para la muestra cernida del tamiz con malla N° 80, fue de 5.66, dando un pH promedio global para la broza de café de 5.67, indicando que posee un pH levemente ácido.

Tabla N° 1: Resultados de determinación de pH.

Tamiz N° de malla	Muestra	Medición de pH	Promedio	S	% CV
16	1	5.63	5.66	0.03	0.60
16	2	5.71			
16	3	5.65			
80	4	5.67	5.67	0.02	0.43
80	5	5.64			
80	6	5.70			

Ejemplo de cálculos de la desviación estándar y coeficiente de variación, en la determinación de pH:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N}} = \sqrt{\frac{0.0054}{6}} = 0.03 \quad \%CV = \frac{S}{\bar{X}} \times 100 = \frac{0.03}{5.67} \times 100 = 0.53\%$$

Donde:

S: Desviación estándar.

CV: Coeficiente de variación.

5.2.2. Determinación de Porcentaje de Humedad

Se determinó el porcentaje de humedad para dos rangos de tamaños de partícula, dando un resultado de 4.40% para la broza que pasó por el tamiz con malla N° 16, y de 3.81% para la broza cernida por el tamiz con malla N° 80, teniendo en cuenta el proceso de secado previo a 105°C al que fue sometida la broza de café húmeda; mientras que, para la broza recién salida del percolador presentó un porcentaje de humedad de 72.4%, valor cercano al de las bibliografías, que reportan un porcentaje de humedad de 59.5 – 80% (8, 9).

Tabla N° 2: Resultados de determinación del porcentaje de humedad

Tamiz malla	P húmedo (g)	P seco (g)	P perdido (g)	%Humedad	Promedio	S	%CV
N° 16	1,0000	0,9559	0,0441	4,4100	4,40	0,03	0,68
N° 16	1,0000	0,9558	0,0442	4,4200			
N° 16	1,0004	0,9568	0,0436	4,3583			
N° 80	1,0000	0,9613	0,0387	3,8700	3,81	0,10	2,62
N° 80	1,0000	0,9631	0,0369	3,6900			
N° 80	1,0002	0,9616	0,0386	3,8592			

De la tabla N° 2, donde:

P húmedo: Peso húmedo

P seco: Peso seco

P perdido: Peso perdido

P: Peso

Ejemplo de cálculo para determinar el porcentaje de humedad:

$$\% Pp = Pp \times 100 \div Pi$$

$$\% Pp = 0.0387 \times 100 \div 1.0000 = 3.8700$$

Donde:

%Pp: Porcentaje de humedad.

Pp: Peso perdido.

Pi: Peso inicial.

5.2.3. Determinación de Superficie Específica

Para conocer la superficie específica de la broza de café en estudio, se necesitan saber los datos del diámetro medio volumen – superficie y la densidad de este residuo; por lo que, se detalla a continuación como se determinaron cada una de estas propiedades y, seguidamente se realiza el cálculo de la superficie específica de la broza.

5.2.3.1. Determinación del Tamaño de Partícula

Este ensayo se realizó por el método de microscopía óptica empleando el microscopio Nikkon Eclipse E-400 Pol, para la muestra de broza de café que pasa por el tamiz con malla N° 16, y que es retenida por el tamiz con malla N° 80, se obtuvo un rango de tamaño de 350 a 780 μm , de las 160 partículas medidas. (Ver tabla N° 3).

Tabla N° 3: Resultados del tamaño de partícula de la broza cernida por tamiz con malla N° 16, de 160 partículas medidas.

Tamaño (μm)	Tamaño (μm)	Tamaño (μm)	Tamaño (μm)	Tamaño (μm)	Tamaño (μm)	Tamaño (μm)	Tamaño (μm)
350	420	450	500	550	570	610	670
350	420	450	500	550	570	610	680
360	430	450	500	550	570	610	680
360	430	460	500	550	570	610	690
390	430	460	510	550	580	610	690
390	430	460	510	550	580	610	700
400	440	460	510	550	590	610	700
400	440	470	510	550	590	620	700
400	440	470	510	550	590	620	710
400	450	480	520	560	590	620	720
400	450	480	520	560	590	620	730
400	450	480	520	560	600	630	730
400	450	500	520	560	600	630	740
400	450	500	520	560	600	650	740
400	450	500	520	560	600	650	750
400	450	500	530	560	600	650	760
410	450	500	530	560	600	650	760
410	450	500	530	560	600	650	780
410	450	500	530	560	600	650	780
420	450	500	530	560	600	660	780
Promedio							541

Las partículas que pasaron el tamiz con malla N° 80, se encuentran en un rango de 5 a 80 μm de 160 partículas medidas (Ver tabla N° 4).

Tabla N° 4 Resultados del tamaño de partícula de la broza cernida por tamiz con malla N° 80, de 160 partículas medidas.

Tamaño (μm)	Tamaño (μm)	Tamaño (μm)	Tamaño (μm)	Tamaño (μm)	Tamaño (μm)	Tamaño (μm)	Tamaño (μm)
5	10	10	10	20	20	30	40
5	10	10	10	20	20	30	40
5	10	10	10	20	20	30	50
10	10	10	10	20	20	30	50
10	10	10	10	20	20	30	50
10	10	10	10	20	20	30	50
10	10	10	10	20	20	30	50
10	10	10	10	20	20	30	50
10	10	10	10	20	20	30	60
10	10	10	10	20	20	30	60
10	10	10	10	20	20	30	60
10	10	10	10	20	20	40	60
10	10	10	10	20	20	40	60
10	10	10	10	20	20	40	60
10	10	10	10	20	30	40	60
10	10	10	10	20	30	40	60
10	10	10	20	20	30	40	70
10	10	10	20	20	30	40	70
10	10	10	20	20	30	40	80
10	10	10	20	20	30	40	80
Promedio							22

Para clasificar los tamaños de partículas se utilizaron: la Ley de Sturges ⁽¹³⁾, ecuación que da el número de clases para una serie de datos, y la ecuación para obtener el intervalo de clase de los datos, y después se calculó el diámetro medio volumen-superficie, que es el cociente de la sumatoria de las frecuencias acumulativas nd^2 y nd^3 .

Ejemplo de cálculos para clasificar los tamaños de partícula:

Ley de Sturges:

$$n = 1 + 3.33 \log N$$

$$n = 1 + 3.33 \log 160 = 8.3 \approx 9$$

Rango de clase (R)

$$R = N_{mayor} - N_{menor}$$

$$R = 780 \mu m - 350 \mu m = 430 \mu m$$

Intervalo de clase (Ic)

$$Ic = \frac{R}{n}$$

$$Ic = \frac{430}{9} = 47.8 \approx 50$$

Frecuencias acumulativas

$$nd^2_{(349.5-399.5)} = (7)(374.5)^2 = 981751.75$$

$$nd^3_{(349.5-399.5)} = (7)(374.5)^3 = 367666030.38$$

Donde:

n: Número de clases.

N: Número de partículas medidas.

N_{mayor} : Partícula de mayor tamaño.

N_{menor} : Partícula de menor tamaño.

n: Número de partículas.

d: valor medio del tamaño (d^2 , al cuadrado y d^3 , al cubo).

Tabla N° 5 Distribución de las partículas de la broza cernida por el tamiz con malla N° 16

Intervalos de clase	Valor medio del tamaño (μm) (d)	N° de partículas (n)	Frecuencias acumulativas	
			nd^2	nd^3
349,5 - 399,5	374,5	7	981751,75	367666030,38
399,5 - 449,5	424,5	23	4144605,75	1759385140,88
449,5 - 499,5	474,5	23	5178455,75	2457177253,38
499,5 - 549,5	524,5	26	7152606,50	3751542109,25
549,5 - 599,5	574,5	32	10561608,00	6067643796,00
599,5 - 649,5	624,5	22	8580005,50	5358213434,75
649,5 - 699,5	674,5	12	5459403,00	3682367323,50
699,5 - 749,5	724,5	9	4724102,25	3422612080,13
749,5 - 799,5	774,5	6	3599101,50	2787504111,75
	Total	160	50381640,00	2,965411128E+10

En el intervalo de 549.5 a 599.5 μm hay un total de 32 partículas, siendo el rango con mayor número de partículas, mientras que el intervalo de 749.5 a 799.5 presenta el menor número.

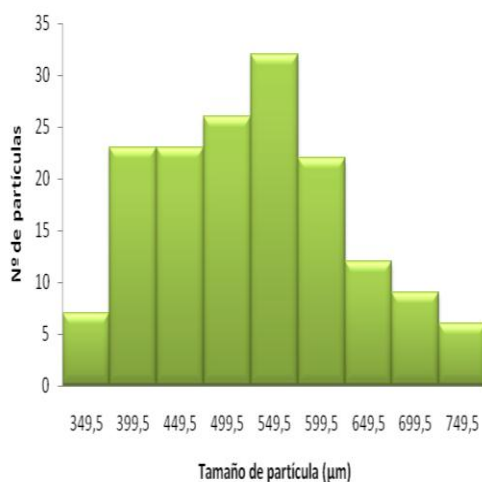


Figura N° 2: Distribución de las partículas de la broza cernida por el tamiz con malla N° 16

Tabla N° 6 Distribución de las partículas de la broza cernida por el tamiz con malla N° 80

Intervalos de clase	Valor medio del tamaño (μm) (d)	N° de partículas (n)	Frecuencias acumulativas	
			nd^2	nd^3
4,5 - 13,5	9,0	76	6156,00	55404,00
13,5 - 22,5	18,0	38	12312,00	221616,00
22,5 - 31,5	27,0	17	12393,00	334611,00
31,5 - 40,5	36,0	11	14256,00	513216,00
40,5 - 49,5	45,0	0	0,00	0,00
49,5 - 58,5	54,0	7	20412,00	1102248,00
58,5 - 67,5	63,0	7	27783,00	1750329,00
67,5 - 76,5	72,0	2	10368,00	746496,00
76,5 - 85,5	81,0	2	13122,00	1062882,00
	Total	160	116802,00	5786802,00

En el intervalo de 4.5 a 13.5 μm se observa un total de 76 partículas siendo éste el que tiene mayor distribución de partículas, mientras que en el intervalo de 40.5 a 49.5 μm no hay ninguna partícula dentro de ese rango de tamaño.

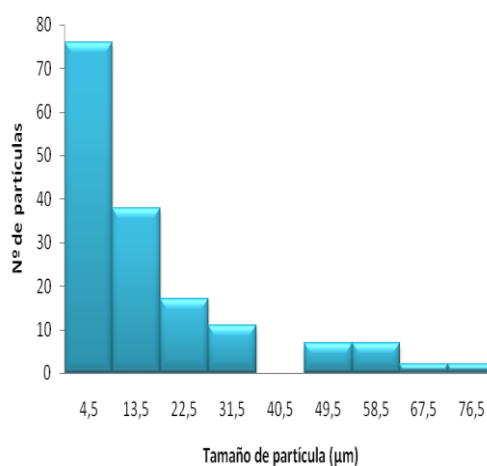


Figura N° 3 Distribución de las partículas de la broza cernida por el tamiz con malla N° 80

Ejemplo de cálculo del diámetro medio volumen – superficie (dvs):

$$dvs(\text{Tamiz } N^{\circ}16) = \frac{\sum nd^3}{\sum nd^2} = \frac{2.965411128E10}{50381640} = 588.59E - 4cm$$

$$dvs(\text{Tamiz } N^{\circ}80) = \frac{\sum nd^3}{\sum nd^2} = \frac{6533298}{116802} = 55.93E - 4cm$$

Donde:

n = número de partículas

d = valor medio del tamaño (μm), d^3 al cubo y d^2 al cuadrado.

5.2.3.2. Determinación de la densidad

La densidad de la broza de café se determinó por el método de desplazamiento líquido (ver anexo N° 11), donde se dividió el peso de la broza de café por el peso del líquido que desplazó, en este caso el líquido empleado fue el agua, el ensayo se realizó a una temperatura de 25°C; por lo tanto, para los cálculos se utilizó la densidad del agua a 25°C, que es 1.0 g/cm³ (3).

Tabla N° 7 Datos de la determinación de densidad de la broza

Muestra	Peso Broza (g)	Peso Agua (g)	Volumen Agua (mL)	Volumen Broza (cm ³)	Densidad de Broza (g/cm ³)	Promedio
1 (Tamiz N° 16)	2.0011	48.4798	48.4798	1.5202	1.3163	
2 (Tamiz N° 16)	2.0015	48.0338	48.0338	1.9662	1.0180	
3 (Tamiz N° 16)	2.0007	48.2691	48.2691	1.7309	1.1559	1.1634
1 (Tamiz N° 80)	2.0011	48.8796	48.8796	1.1204	1.7861	
2 (Tamiz N° 80)	2.0009	48.6713	48.6713	1.3287	1.5060	
3 (Tamiz N° 80)	2.0018	48.4544	48.4544	1.5456	1.2952	1.5291

Cálculos para la densidad de la broza de café:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \rho = \frac{2.0011g}{1.5202cm^3} = 1.3163g / cm^3$$

Donde:

ρ : densidad (g/cm³).

m: masa (g).

V: volumen (cm³).

Conociendo los datos del diámetro medio volumen – superficie (dvs) y densidad (d), se procede a realizar el cálculo de la superficie específica (Se).

$$Se(TamizN^{\circ}16) = \frac{6}{\rho dvs} = \frac{6}{(1.1634g / cm^3)(588.59E - 4cm)} = 87.62cm^2 / g$$

$$Se(TamizN^{\circ}80) = \frac{6}{\rho dvs} = \frac{6}{(1.5291g / cm^3)(55.93E - 4cm)} = 701.57cm^2 / g$$

5.3. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC) (21, 25)

La capacidad de intercambio catiónico es una medida de un material (coloide) para retener cationes intercambiables.

También puede ser definida como las cargas negativas por unidad de cantidad de coloide que es neutralizada por cationes de intercambio.

La CIC se realizó en el Laboratorio de Calidad Integral de FUSADES, siguiendo la metodología interna validada del laboratorio (para analizar suelos), se obtuvo un resultado de 55.55 Meq/100 g, indicando que por cada 100 g de broza seca se intercambian 55.55 Meq de iones Hidrógeno.

El resultado al compararlo con valores de algunas arcillas, que se han estudiado para remover iones de metales pesados, como la vermiculita que presenta de 100-200 Meq/100 g; la Montmorillonita, 80-200 Meq/100 g ⁽¹⁹⁾, es bajo.

Sabiendo que la broza está constituida por celulosa y alcaloides como la trigonelina, el ácido quinolínico, ácido tánico, ácido nicotínico y cafeína, donde se encuentran grupos carboxílicos e indica la formación de enlaces hidrógeno entre el grupo OH carboxílico, N-CH₃ y el OH fenólico, los cuales parecen actuar como intercambiadores iónicos.

Pero es importante resaltar el poder de intercambio iónico que tiene la broza de café y por tanto, su potencial como adsorbente de metales pesados de residuos industriales.

5.4. EVALUACION DE ADSORCIÓN DE CROMO (VI), EN SOLUCION ACUOSA, EN UN SISTEMA POR LOTE

El biosorbente molido de broza de café se puso en contacto con la solución acuosa de cromo de 46.5 ppm (según resultado de lectura por espectrometría de absorción atómica a una longitud de onda de 357.9 nm), ajustada previamente a pH 5, el cual cambió a 5.8 al adicionarle la broza; este pH fue seleccionado así, pues según la teoría a pH 6 o mayores el cromo puede empezar a precipitar ⁽⁷⁾. El sólido se mantuvo en suspensión mediante agitación; de tal forma que, hubiera homogeneidad y buena transferencia de materia entre las fases sólida y líquida, el ensayo fue realizado a temperatura de 27 °C, al medir el pH final de la solución filtrada se obtuvo un pH de 5.5, esto quiere decir que después de la interacción metal-biomasa, el valor de pH descendió ligeramente, situación que sugiere el intercambio iónico por desplazamiento de iones H⁺ como uno de los mecanismos participantes en la biosorción.

Se trabajó mediante la variación de factores como la masa de broza (5, 10 y 20 g), el tiempo de contacto entre la broza y la solución de cromo (30 y 120 min) y el tamaño de partícula (muestra cernida por tamices con mallas número 16 y 80).

Tabla Nº 8: Resultados de adsorción de cromo (VI) para la broza de café

Identificación en Hojas de Resultados FUSADES	Tamiz Malla Número	Masa de Broza (g)	Tiempo de contacto (min)	Concentración inicial Cr (VI) (ppm)	Concentración final Cr (VI) (ppm)	Cantidad adsorbida de Cromo por broza (ppm)	% de Cr (VI) removido
C.1.30.16	16	5	30	46.50	30.75	15.75	33.9
C.2.30.16				46.50	30.50	16.00	34.4
C.3.30.16				46.50	29.50	17.00	36.6
C.1.120.16			120	46.50	28.50	18.00	38.7
C.2.120.16				46.50	23.00	23.50	50.5
C.3.120.16				46.50	25.00	21.50	46.2
C.7.30.16		10	30	46.50	32.75	13.75	29.6
C.8.30.16				46.50	29.25	17.25	37.1
C.9.30.16				46.50	38.25	8.25	17.7
C.7.120.16			120	46.50	21.25	25.25	54.3
C.8.120.16				46.50	32.00	14.50	31.2
C.9.120.16				46.50	16.25	30.25	65.1
C.13.30.16		20	30	46.50	8.75	37.75	81.2
C.14.30.16				46.50	8.50	38.00	81.7
C.15.30.16				46.50	8.75	37.75	81.2
C.13.120.16	120		46.50	9.50	37.00	79.6	
C.14.120.16			46.50	9.25	37.25	80.1	
C.15.120.16			46.50	9.50	37.00	79.6	
C.4.30.40	80	5	30	46.50	33.00	13.50	29.0
C.5.30.40				46.50	32.00	14.50	31.2
C.6.30.40				46.50	30.25	16.25	35.0
C.4.120.40			120	46.50	29.00	17.50	37.6
C.5.120.40				46.50	28.00	18.50	39.8
C.6.120.40				46.50	29.50	17.00	36.6
C.10.30.40		10	30	46.50	27.00	19.50	41.9
C.11.30.40				46.50	26.25	20.25	43.6
C.12.30.40				46.50	25.25	21.25	45.7
C.10.120.40			120	46.50	28.50	18.00	38.7
C.11.120.40				46.50	29.25	17.25	37.1
C.12.120.40				46.50	29.00	17.50	37.6
C.16.30.40		20	30	46.50	9.50	37.00	79.6
C.17.30.40				46.50	10.50	36.00	77.4
C.18.30.40				46.50	10.25	36.25	78.0
C.16.120.40			120	46.50	9.50	37.00	79.6
C.17.120.40				46.50	10.25	36.25	78.0
C.18.120.40				46.50	10.00	36.50	78.5

Cálculos:

Ejemplo con muestra de broza de 5 g y 30 minutos de contacto.

Cantidad de Cr adsorbida por la broza (ppm) = []inicial – []final

$$46.50 \text{ ppm} - 30.75 \text{ ppm} = 15.75 \text{ ppm}$$

Porcentaje (%) de Cromo (VI) removido:

$$46.50 \text{ ppm} \text{ ----- } 100.0\%$$

$$15.75 \text{ ppm} \text{ ----- } X$$

$$X = 33.9\%$$

Análisis de Varianza de una serie de resultados de adsorción de Cromo (VI),
utilizando el software Statgraphics Plus 5.1 para Windows.

Tabla Nº 9: Resultados de adsorción de cromo (VI) para muestra que pasa el tamiz malla Nº 16, a los 120 minutos de contacto con la solución de Cromo

Masa de broza (g)	% de Cr (VI) removido
5	38.7
	50.5
	46.2
10	54.3
	31.2
	65.1
20	79.6
	80.1
	79.6

Tabla N° 10: Análisis de varianza de resultados de tabla N° 9

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	2099.330	2	1049.660	9.38	0.0142
Intra grupos	671.313	6	111.886		
Total (Corr.)	2770.64	8			

El StatAdvisor

La Tabla ANOVA (ver tablas N° 9 y 10) descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de cada grupo. El F-ratio, que en este caso es igual a 9.38, es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es inferior a 0.05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables a un nivel de confianza del 95.0%.

Tabla N° 11: Resultados de adsorción de Cromo (VI) para muestra que pasa el tamiz con malla N° 80 y con 20 gramos de broza de café

Tiempo de contacto (min)	% de Cr (VI) removido
30	79.6
	77.4
	78.0
120	79.6
	78.0
	78.5

Tabla N° 12: Análisis de varianza de resultados de tabla N° 11

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0.201667	1	0.201667	0.21	0.6739
Intra grupos	3.926670	4	0.981667		
Total (Corr.)	4.128330	5			

El StatAdvisor

La Tabla ANOVA (ver tablas N° 11 y 12) descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de cada grupo. El F-ratio, que en este caso es igual a 0.21, es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es superior o igual a 0.05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las variables a un 95.0%.

Tabla N° 13: Resultados de adsorción de Cromo (VI) para muestras con diferente superficie específica utilizando 5 gramos y 30 minutos de tiempo de contacto

Tamiz malla número	% de Cr (VI) removido
16	33.9
	34.4
	36.6
80	29.0
	31.2
	35.0

Tabla N° 14: Análisis de varianza de resultados de tabla N° 13

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	15.6817	1	15.68170	2.78	0.1707
Intra grupos	22.5533	4	5.63833		
Total (Corr.)	38.2350	5			

El StatAdvisor

La Tabla ANOVA (ver tablas N° 13 y 14) descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de

cada grupo. El F-ratio, que en este caso es igual a 2.78, es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es superior o igual a 0.05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las variables a un 95.0%.

Tabla N° 15: Resultados de adsorción de Cromo (VI) para muestras con diferente superficie específica utilizando 20 gramos y 30 minutos de tiempo de contacto

Tamiz malla número	% de Cr (VI) removido
16	81.2
	81.7
	81.2
80	79.6
	77.4
	78.0

Tabla N° 16: Análisis de varianza de resultados de tabla N° 15

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	13.8017	1	13.801700	20.05	0.0110
Intra grupos	2.75333	4	0.688333		
Total (Corr.)	16.5550	5			

El StatAdvisor

La Tabla ANOVA (ver tablas N° 15 y 16) descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de cada grupo. El F-ratio, que en este caso es igual a 20.05, es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-

valor del test F es inferior a 0.05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 2 variables a un nivel de confianza del 95.0%.

Tabla N° 17: Resultados de adsorción de Cr (VI) para la muestra que pasa el tamiz con malla N° 16, utilizando 20 gramos de broza de café

Tiempo de contacto (min)	% de Cr (VI) removido
30	81.2
	81.7
	81.2
120	79.6
	80.1
	79.6

Tabla N° 18: Análisis de varianza de resultados de tabla N° 17

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	3.840000	1	3.840000	46.08	0.0025
Intra grupos	0.333333	4	0.083333		
Total (Corr.)	4.173330	5			

El StatAdvisor

La Tabla ANOVA (ver tablas N° 17 y 18) descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de cada grupo. El F-ratio, que en este caso es igual a 46.08, es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es inferior a 0.05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 2 variables a un nivel de confianza del 95.0%.

Tabla N° 19: Resultados de adsorción de Cromo (VI) para la muestra que pasa el tamiz con malla N° 16 y 30 minutos de contacto

Masa de broza (g)	% de Cr (VI) removido
5	33.9
	34.4
	36.6
10	29.6
	37.1
	17.7
20	81.2
	81.7
	81.2

Tabla N° 20: Análisis de varianza de resultados de tabla N° 19

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	5033.44	1	2516.7200	77.16	0.0001
Intra grupos	195.70	4	32.6167		
Total (Corr.)	5229.14	5			

El StatAdvisor

La Tabla ANOVA (ver tablas N° 19 y 20) descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de cada grupo. El F-ratio, que en este caso es igual a 77.16, es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es inferior a 0.05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables a un nivel de confianza del 95.0%.

Tabla N° 21: Resultados de adsorción de Cromo (VI) para la muestra que pasa el tamiz con malla N° 80 y 30 minutos de contacto

Masa de broza (g)	% de Cr (VI) removido
10	41.9
	43.6
	45.7
20	79.6
	77.4
	78.0

Tabla N° 22: Análisis de varianza de resultados de tabla N° 21

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	1795.7400	1	1795.74000	730.47	0.0000
Intra grupos	9.8333	4	2.45833		
Total (Corr.)	1805.5700	5			

El StatAdvisor

La Tabla ANOVA (ver tablas N° 21 y 22) descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de cada grupo. El F-ratio, que en este caso es igual a 730.47, es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es inferior a 0.05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 2 variables a un nivel de confianza del 95.0%.

Tabla N° 23: Resultados de adsorción de Cromo (VI) para la muestra con diferentes masas que pasan el tamiz con malla N° 16 y 30 minutos de contacto

Masa de broza (g)	% de Cr (VI) removido
5	33.9
	34.4
	36.6
10	29.6
	37.1
	17.7

Tabla N° 24: Análisis de varianza de resultados de tabla N° 23

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	70.0417	1	70.0417	1.43	0.2974
Intra grupos	195.5330	4	48.8833		
Total (Corr.)	265.5750	5			

El StatAdvisor

La Tabla ANOVA (ver tablas N° 23 y 24) descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de cada grupo. El F-ratio, que en este caso es igual a 1.43, es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es superior o igual a 0.05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 2 variables a un nivel de confianza del 95.0%.

Tabla N° 25: Resultados de adsorción de Cromo (VI) para la muestra que pasa el tamiz con malla N° 80 y 30 minutos de contacto

Masa de broza (g)	% de Cr (VI) removido
5	29.0
	31.2
	35.0
10	41.9
	43.6
	45.7
20	79.6
	77.4
	78.0

Tabla N° 26: Análisis de varianza de resultados de tabla N° 25

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	3512.72	2	1756.36	372.90	0.0000
Intra grupos	28.26	6	4.71		
Total (Corr.)	3540.98	8			

El StatAdvisor

La Tabla ANOVA (ver tablas N° 25 y 26) descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de cada grupo. El F-ratio, que en este caso es igual a 372.90, es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es inferior a 0.05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables a un nivel de confianza del 95.0%.

Tabla N° 27: Resultados de adsorción de Cr (VI) para la muestra que pasa el tamiz con malla N° 16 y utilizando 5 gramos de broza de café

Tiempo de contacto (min)	% de Cr (VI) removido
30	33.9
	34.4
	36.6
120	38.7
	50.5
	46.2

Tabla N° 28: Análisis de varianza de resultados de tabla N° 27

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	155.0420	1	155.04	8.22	0.0456
Intra grupos	75.4533	4	18.86		
Total (Corr.)	230.4950	5			

El StatAdvisor

La Tabla ANOVA (ver tablas N° 27 y 28) descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de cada grupo. El F-ratio, que en este caso es igual a 8.22, es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es inferior a 0.05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 2 variables a un nivel de confianza del 95.0%.

5.4.1. Efecto del tamaño de partícula

En los procesos de biosorción, la capacidad del sólido para la retención de metales y el tiempo necesario para alcanzar el equilibrio, son dos parámetros que están relacionados con el tamaño de partícula que se emplee.

Se trabajó con dos rangos de tamaño de partícula de: 5 a 80 μm y de 350 a 780 μm ; en las figuras N° 4 y N° 5 se ve la biosorción de cromo (VI) con tres concentraciones diferentes de masa, y a mayor tamaño se presenta un leve aumento en el porcentaje de unión de cromo a broza. Este resultado es contrario a la teoría, que dice que la mayor parte de los metales son retenidos de forma más efectiva cuando se disminuye el tamaño de partícula del sólido sorbente pues hay mayor disposición del área superficial.

En el proceso estudiado se dan mecanismos, aparte del intercambio iónico, como lo son la formación de complejos y las fuerzas de Van der Waals, que influyen el proceso de biosorción; sin embargo, para comprobar lo antes mencionado, serían necesarios más experimentos estudiando el factor tamaño de partícula y establecer si este comportamiento es normal en la biosorción de cromo (VI) utilizando broza o, fue un fenómeno aislado.

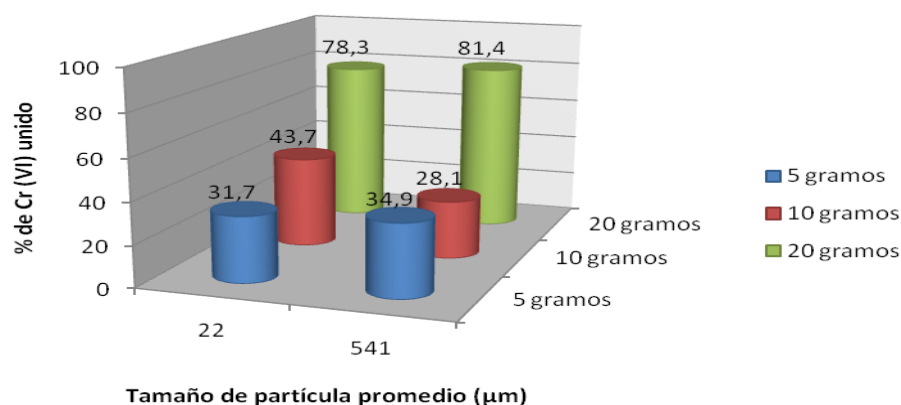


Figura N° 4 Unión de Cr (VI) en función del tamaño promedio de partícula para un tiempo de contacto de 30 minutos

En la figura N° 4, se puede observar que la retención de cromo es mejor para el tamaño promedio de partícula de 541 μm , utilizando 5 y 20 gramos de broza de café, que la de 22 μm , con un tiempo de contacto de 30 minutos, donde se ha obtenido el mayor porcentaje de biosorción de cromo en el menor tiempo de contacto.

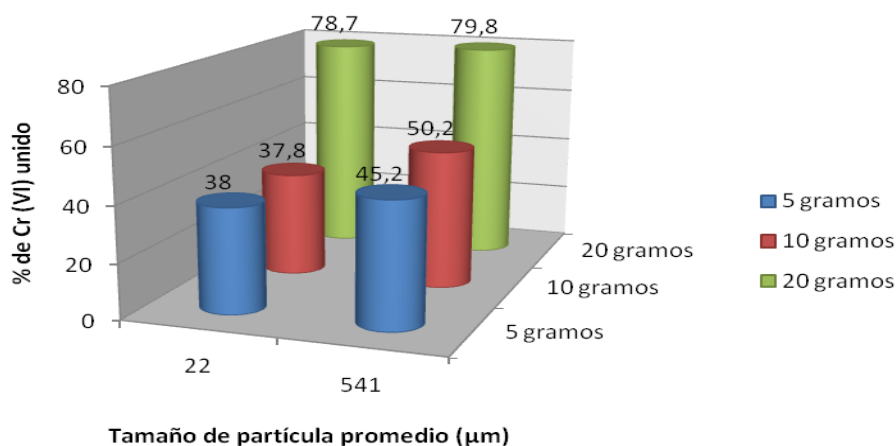


Figura N° 5 Unión de Cr (VI) en función del tamaño promedio de partícula para un tiempo de contacto de 120 minutos

En la figura N° 5, en función del tamaño de partícula, hay un comportamiento similar de biosorción de cromo, como el que ocurre en el tiempo evaluado de 30 minutos, pues para un tamaño promedio de 541 μm es mayor la cantidad de cromo unido a la broza de café, que para 22 μm , y este porcentaje de remoción se incrementa, al aumentar la masa de broza en contacto con la solución de cromo.

5.4.2. Efecto del tiempo de contacto en la biosorción de Cromo (VI)

La concentración inicial del metal fue de 46.5 ppm (resultado de lectura por espectrometría de absorción atómica a una longitud de onda de 357.9 nm).

Se logran valores de remoción de cromo (VI) hasta llegar a una concentración de 8.50 ppm de cromo en la solución (81% de cromo unido a broza), con 30 minutos de contacto, como puede observarse en la Fig. N° 8.

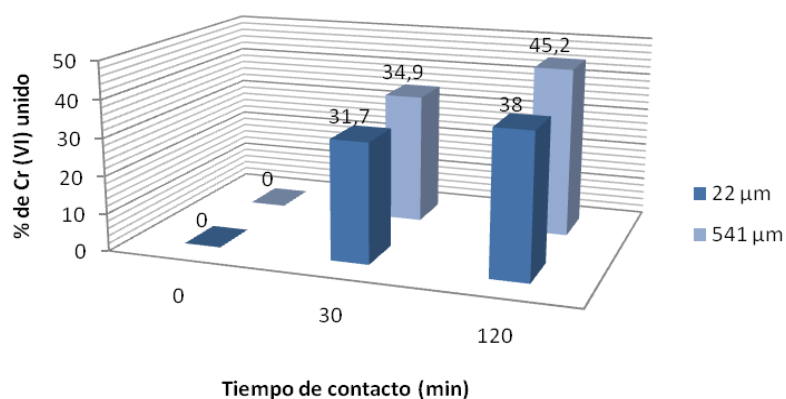


Figura N° 6 Adsorción de Cr (VI) utilizando 5 gramos de broza.

En la figura N° 6, se presenta la adsorción de cromo (VI) con 5 gramos de broza, para los dos tamaños de partícula estudiados (541 µm y 22 µm), y a mayor tiempo de contacto es más el cromo unido a la broza de café, logrando un porcentaje máximo de retención de 45.2 %

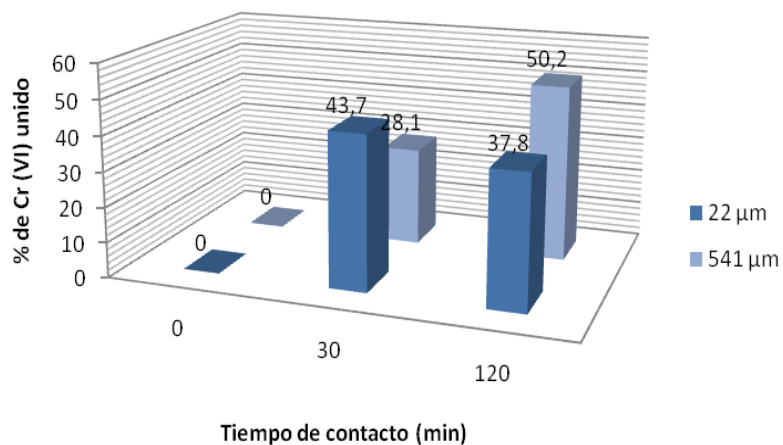


Figura N° 7 Adsorción de Cr (VI) utilizando 10 gramos de broza

En la figura N° 7, para el tamaño promedio de 541 μm , el porcentaje de cromo unido a broza se incrementa al aumentar el tiempo de tiempo de contacto con la solución y el máximo resultado obtenido fue de 50.2 %, superando sólo en un 5%, al mayor resultado de retención obtenido con 5 gramos de broza.

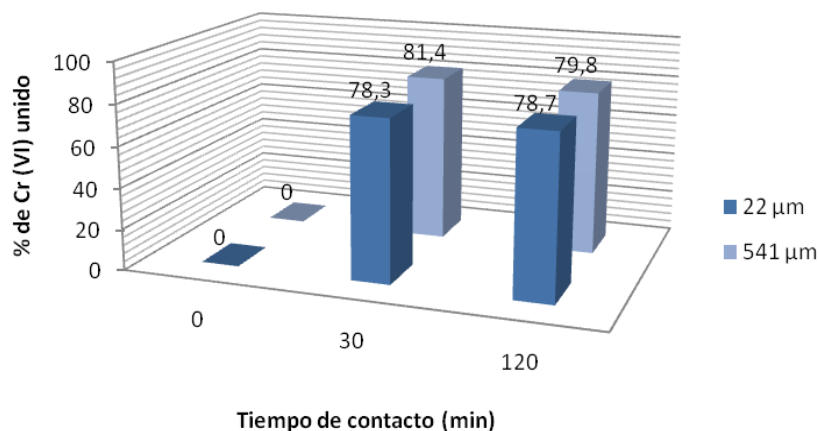


Figura N° 8 Adsorción de Cr (VI) utilizando 20 gramos de broza

Al observar la figura N° 8, se observan porcentajes altos de biosorción de cromo al utilizar 20 gramos de broza, tanto para 30 y 120 minutos de contacto, en ambos tamaños de partícula evaluados, valores de retención que oscilan desde 78.3 % hasta 81.4% y esto nos da la idea que al usar más masa se puede ir reduciendo el tiempo de saturación de broza con el metal pesado, es decir, que la biosorción de cromo en solución ocurra en el menor tiempo.

5.3.3. Efecto de la concentración de broza de café

Se trabajó con cantidades de broza de 5, 10 y 20 gramos para evaluar su efecto en la remoción de iones cromo, observando que a medida se aumenta la masa de broza es mayor la cantidad de metal retirado, los valores de remoción se tienen desde 28.1% hasta 81.4%, según la variación de los parámetros estudiados (ver Figuras N° 4 y N° 5)

Análisis de Varianza (ANOVA)

En el ensayo realizado, se comprobó el efecto de tres factores y sus interacciones sobre la biosorción del metal Cromo (VI), presente en solución acuosa utilizando broza de café. Las variables son:

- A, tamaño de partícula de broza de café (μm);
- B, masa de broza de café (g) y
- C, tiempo de contacto (min).

Los tres factores se varían en un experimento 2^3 factorial, con tres réplicas para cada combinación.

Tabla N° 29 Diseño factorial 2^3

Combinación de Tratamiento	A µm	B g	C min	Réplica 1 (ppm)	Réplica 2 (ppm)	Réplica 3 (ppm)	Total de Tratamiento
(1)	22	5	30	15.75	16.00	17.00	48.75
a	541	5	30	13.50	14.50	16.25	44.25
b	22	20	30	37.75	38.00	37.75	113.50
ab	541	20	30	37.00	36.00	36.25	109.25
c	22	5	120	18.00	23.50	21.50	63.00
ac	541	5	120	17.50	18.50	17.00	53.00
bc	22	20	120	37.00	37.25	37.00	111.25
abc	541	20	120	37.00	36.25	36.50	109.75
	Sumatoria			213.50	220.00	219.25	652.75

El análisis de varianza de los resultados de biosorción de Cromo (VI) se realiza con el software Statgraphics Plus 5.1 para Windows, empleando los resultados de biosorción para las masas de broza de café de 5 y 20 g.

Tabla N° 30 Análisis de varianza

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A	17.0859	1	17.0859	12.48	0.0033
B	2296.15	1	2296.15	1676.73	0.0000
C	18.8151	1	18.8151	13.74	0.0023
AB	3.1901	1	3.1901	2.33	0.1492
AC	0.315104	1	0.315104	0.23	0.6389
BC	25.5234	1	25.5234	18.64	0.0007
ABC	2.83594	1	2.83594	2.07	0.1721
Bloques	3.16146	2	1.58073	1.15	0.3435
Error Total	19.1719	14	1.36942		
Total (corr.)	2386.25	23			

Para un valor de tablas (12) de $F_{(1,14)} = 4.60$ en un nivel de confianza del 95.0%, se encuentra que hay cuatro factores con f calculada mayor que $F_{(1,14)}$, por lo

que la hipótesis nula H_0 se rechaza, indicando que los efectos de los factores A, B, C y la combinación BC, son significativos en el modelo experimental.

La tabla de ANOVA divide la variabilidad en los datos, en distintos segmentos separados para cada uno de los efectos. En este caso, 4 de los efectos tienen los p-valores inferiores a 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero al 95.0% de nivel de confianza.

CAPITULO VI
CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES

1. La determinación de pH de la broza de café dio un valor de 5.67, el cual indica que este residuo agroindustrial es levemente ácido, debido a los componentes de su estructura química, donde están presentes grupos ácidos carboxílicos.
2. Se determinó la superficie específica de las muestras de broza obtenidas; la broza cernida por el tamiz con malla N° 16 y retenida por el tamiz malla N° 80, presentó una superficie específica de $87.62 \text{ cm}^2/\text{g}$ y; la broza cernida por el tamiz con malla N° 80, tenía una superficie específica de $701.57 \text{ cm}^2/\text{g}$, de manera que esta última presentaba una mayor disponibilidad de superficie para entrar en contacto con los iones de cromo en solución.
3. Los resultados obtenidos de la biosorción de cromo (VI) en el ensayo por lote, demuestran que, al aumentar la concentración de broza de café en contacto con la solución acuosa, aumenta la cantidad de iones cromo (VI) removidos.
4. La biosorción de cromo (VI) en la solución acuosa de flujo no continuo se produce rápidamente, alcanzando valores máximos de biosorción de 81.4% a los 30 minutos de contacto para una concentración de broza de 20 g/100mL, esto indica que no se requiere de más tiempo de contacto para lograr un mayor porcentaje de remoción de cromo.

5. Cuando se mantuvo constante la masa y el tiempo de contacto, variando el tamaño de partícula, hubo mayor porcentaje de cromo (VI) removido empleando el mayor tamaño de broza; por lo tanto, no es necesaria la micronización de la broza de café para lograr buen rendimiento en la biosorción de cromo, lo que trae consigo la ventaja de no realizar muchas operaciones de molienda y tamizado.
6. El pH de la solución de cromo (VI) que inicialmente fue de 5.8, después del proceso de biosorción con broza descendió a 5.5, debido al intercambio de iones de los sitios activos oxhidrilo, carboxílico, de la estructura de la broza de café y los iones cromo (VI) de la solución acuosa.
7. Los resultados del análisis estadístico muestran que la combinación de la concentración de broza y el tiempo de contacto es significativa en el modelo experimental en el proceso de remoción de cromo (VI).
8. La determinación de la capacidad de intercambio iónico de la broza de café, fue de 55.55 Meq/100 g, lo que la convierte en un biomaterial aplicable en los procesos de biosorción.
9. Con los resultados obtenidos se puede concluir que la broza de café fue capaz de remover iones cromo (VI) presentes en una solución acuosa de 46.5 ppm del metal pesado, mediante un ensayo por lote, demostrándose que el biomaterial es efectivo como tratamiento alternativo de las aguas residuales con cromo.

CAPITULO VII
RECOMENDACIONES

7. RECOMENDACIONES

1. Aplicar la tecnología de remoción de iones cromo en aguas residuales, utilizando broza de café como una alternativa que permita a industrias, que involucran este metal en sus procesos, dar un tratamiento previo a estas aguas, antes de ser vertidas a los efluentes líquidos, previniendo su entrada en la naturaleza y la contaminación, además se da la oportunidad de que el residuo agroindustrial sea aprovechado.
2. Emplear una partícula de mayor tamaño, en la biosorción de cromo (VI) en un sistema por lote, pues no es necesaria la micronización de la partícula, esto representa la ventaja de no tener que realizar más operaciones de trituración y separación por tamaños.
3. Investigar el efecto de la interacción de la concentración de broza en la solución de cromo, y el tiempo de contacto, para lograr mejores porcentajes de remoción de cromo (VI).
4. Evaluar en estudios posteriores otros factores que influyen en el proceso de biosorción de cromo en la broza, en un sistema por lote; como el pH óptimo, la capacidad de saturación, costos.
5. Investigar la biosorción de metales pesados, con otros desechos agroindustriales, y proporcionar un método efectivo en el tratamiento de aguas residuales aprovechando la capacidad de adsorción de los biomateriales.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. Acosta González, N. M. y otros. 2000. Evaluación de alternativas para el tratamiento de vertidos líquidos que contienen Metales Pesados. Trabajo de Graduación. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. El Salvador, San Salvador.
2. Albert, L. A. 2002. Curso básico de toxicología ambiental. México D.F., ME. Uteha Noriega Editores. 100 p.
3. Aldrich Chemical Company. 2005. Aldrich Handbook 2005-2006. USA. p. 2423.
4. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 1990. 15th edition. Washington, DC, Association of Official Analytical Chemists.
5. Barraza Ventura, C. M. y otra. 2005. Utilización de arcilla de Ilobasco para la remoción de cromo total en aguas residuales de una curtiembre. Trabajo de Graduación. Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador. El Salvador, San Salvador. 73 p.
6. Chapman, H. D. y otro. 1973. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. México D. F. ME. Trad. Agustín Contín. Editorial Trillas S.A. 195 p.

7. Cano Rodríguez y otros. 2002. Remoción y recuperación de cromo (III) de soluciones acuosas por biomasa de sorgo, Revista Mexicana de Ingeniería Química. México D. F. ME. V.1. p. 97-103.
8. Gil Castro, E. 1987. Obtención de un intercambiador de iones a partir de el poso del café para remover calcio y magnesio de aguas duras. Trabajo de Graduación. Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador. El Salvador, San Salvador. 94 p.
9. González Suvillaga, M. y otros. 1971. Aprovechamiento de la broza del café como fuente de energía y comparación entre el potencial de la broza como fuente de energía y como materia prima para fabricar aceite. Tesis. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador. El Salvador, San Salvador.
10. Kirk, R. E. y otros. 1961. Enciclopedia de tecnología química. Unión Tipográfica. México D. F. ME. Editorial Hispano-Americana. V.3, p. 409-420.
11. Martín, A. N. 1967. Principios de físico-química para farmacia y biología. Madrid, ES. Editorial Alhambra, S.A. 744 p.
12. McCabe, W. L. y otros. 1991. Operaciones unitarias en ingeniería química. Madrid, ES. Trad. E. Guardiola y otros. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. 1,121 p.
13. Milton, J. S. 2001. Estadística para biología y ciencias de la salud. 3ª Ed. Madrid, ES. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. 592 p.

14. Minamisawa, M. y otros. 2002. Removal of copper (II) and cadmium (II) from water using roasted coffee beans, Environmental chemistry Part II. p. 259-265
15. Minamisawa, M. y otros. 2004. "Adsorption behavior of heavy metals on biomaterials", Journal of agricultural and food chemistry. 52. Tokio, Japón. p. 5606-5611.
16. Morales Alarcón, N. A. y otro. Efecto de la aplicación de diferentes fuentes y dosis de fertilizantes nitrogenados en los contenidos de cafeína y nutrimentos en el grano de café. Tesis. Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador. El Salvador, San Salvador. 86 p.
17. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 1998. American Public Health Association (APHA). 20th Ed. Washington D. C. USA.
18. The United States Pharmacopeial Convention, Inc. 2005. United States Pharmacopeia. Twenty-eighth Revisions. USA.
19. Universidad de El Salvador. Manual de Laboratorio de Química Analítica I. 2003. Departamento de Química y Farmacia, Facultad Multidisciplinaria Oriental.
20. Nunez, C. Extracciones con equipo Soxhlet, revisado el 23 de agosto de 2007, disponible en:
<http://www.cenunez.com.ar/Documentos%20lab.%20quím/Extracción%20con%20equipo%20Soxhlet.pdf>

21. Bravo, N. P. 2004. Las tesinas de belgrano utilización de adsorbentes para la eliminación de contaminantes en aguas y efluentes líquidos. Trabajo de Graduación. Universidad de Belgrano. Argentina, Buenos Aires. 32 p, revisado el 13 de mayo de 2008, disponible en: http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/86_bravo.pdf
22. Hidalgo Hidalgo, S. 2007. Reutilización de residuos de rapa para la eliminación de metales tóxicos en efluentes líquidos, revisado el 3 de mayo de 2007, disponible en: http://biblioteca.upc.es/pfc/mostrar_dades_PFC.asp?id=31244
23. Narsilio, G. A. y otro. Clasificación de suelos: fundamento físico, prácticas actuales y recomendaciones, revisado el 1 de junio de 2007, disponible en www.fi.uba.ar/materias/6408/santamarina.pdf
24. <http://209.124.126.35/website/caracterizacion/viewer.htm>, revisado el 15 de febrero de 2007.
25. http://es.wikipedia.org/wiki/Capacidad_de_intercambio_cati%C3%B3nico#searchInput#searchInput, revisado el 7 de junio de 2008.
26. http://news.reseau_concept.net/images/oiv_es/client/Oeno_11_2003_ES.pdf, revisado el 15 de febrero de 2007.
27. http://www.calidadambiental.info/murcia/sec05_libros/pdf/Mercaderesumencemacam.pdf, revisado el 15 de febrero de 2007.
28. http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts7.pdf, revisado el 23 de mayo de 2007.

29. <http://www.monografias.com/trabajos11/tebas/tebas.shtml>, revisado el 14 de febrero de 2007.
30. <http://www.monografias.com/trabajos33/cromado-electrolitico/cromado-electrolitico.shtml>, revisado el 23 de mayo de 2007.
31. <http://hera.ugr.es/tesisugr/16476736.pdf>, revisado el 1 de julio de 2007.

ANEXOS

ANEXO N° 1

MAPA DE ZONAS CAFETALERAS DE EL SALVADOR



Figura N° 9: Mapa de Zonas Cafetaleras de El Salvador

ANEXO N° 2
MAPA DE ZONA CAFETALERA CORDILLERA APANECA
ILAMATEPEC

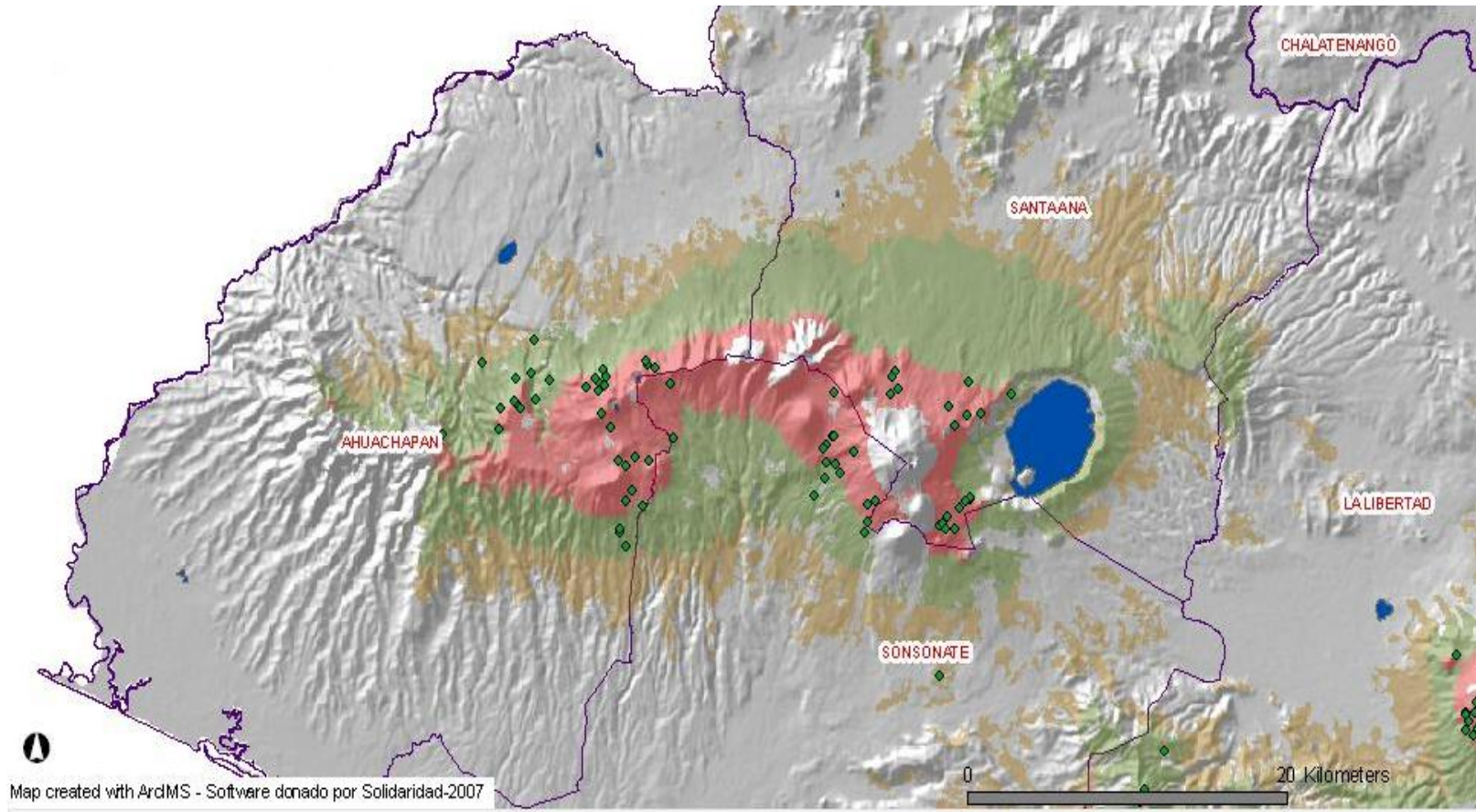


Figura N° 10: Zona Cafetalera Cordillera Apaneca Ilamatepec

ANEXO N° 3**PUNTO DE MUESTREO FINCA “QUINTA GLORIA”**

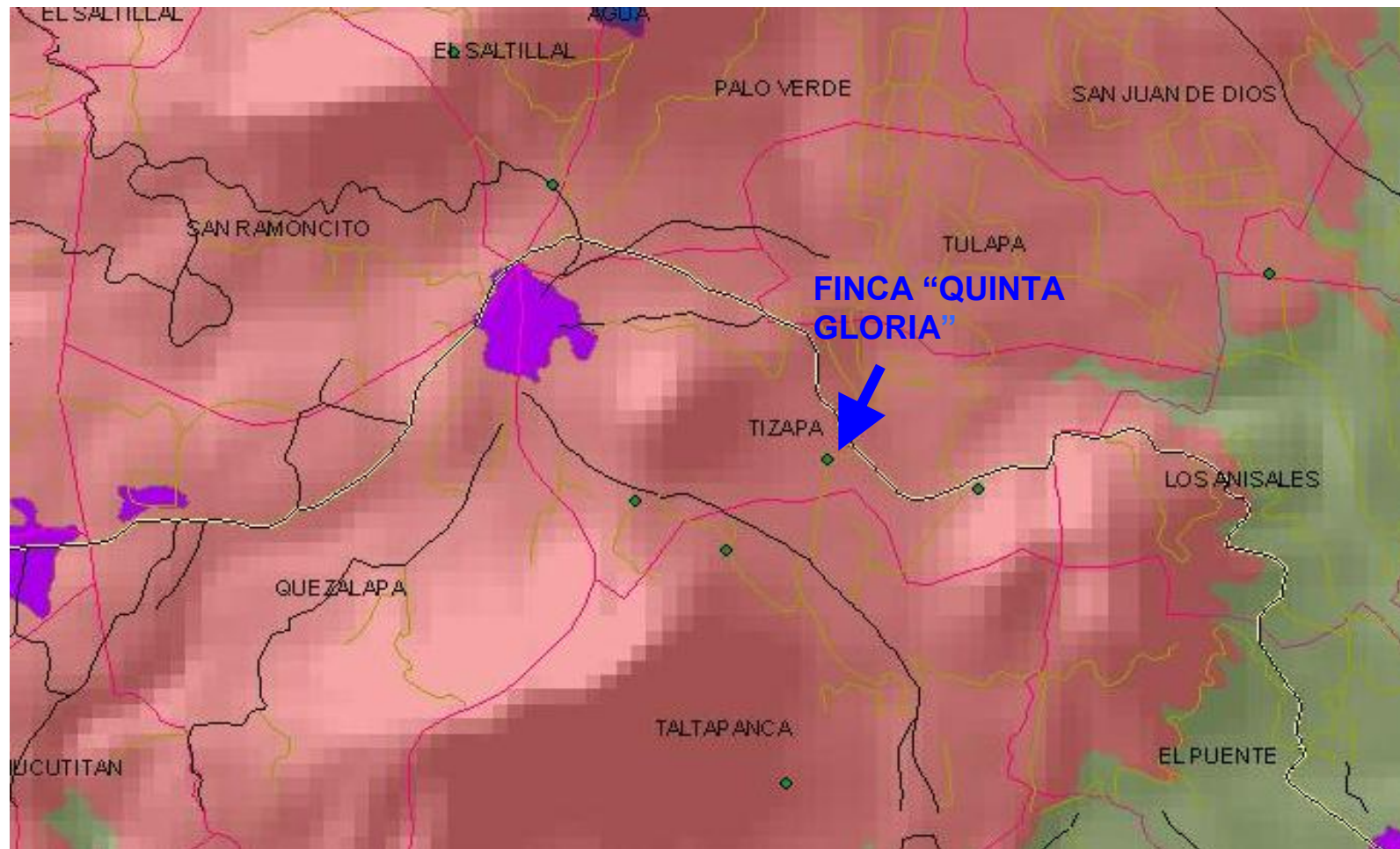


Figura N°11: Punto de Muestreo Finca "Quinta Gloria"

ANEXO N° 4
MAPA DE MONTAÑAS, VOLCANES Y CERROS DE EL SALVADOR,
BOSQUES DE BOURBON



Figura Nº 12: Montañas, Volcanes y Cerros de El Salvador, Bosques de Bourbon.

ANEXO N° 5

PROCEDIMIENTO DE OBTENCION DE LA BROZA DE CAFÉ

PROCEDIMIENTO DE OBTENCION DE LA BROZA DE CAFE ⁽¹⁰⁾

1. Extender las bayas de ***Coffea arábica* variedad bourbon** en forma de capa delgada sobre una tela en el suelo.
2. Por exposición al sol y al viento secarlas por tres semanas, revolviéndolas cada cierto tiempo.
3. Con las semillas completamente secas, romper la cáscara con un rodillo y eliminar en una aventadora, quitando así, por frotación y aventamiento la película plateada del grano de oro, obteniendo los granos de café en estado ordinario sin tostar.
4. Tostado.
5. Molido.
6. Extracción con agua caliente, los residuos obtenidos de este paso conforman la broza de café.

ANEXO N° 6**TABLA DE ESCALA DE TAMICES ESTANDAR TYLER**

Tabla Nº 31 Escala de Tamices Estándar Tyler ⁽¹²⁾.

Esta escala de tamices está basada en una abertura de 0,0029 pulg (0,074 mm) que es la abertura del tamiz patrón de 200 mallas y 0,0021 pulg (0,0053 cm) de diámetro del hilo, tal como ha sido adoptada por la National Bureau of Standards.			
Mallas	Abertura de malla, mm	Abertura aprox. pulg	Diámetro del hilo, cm
	26,67	1	0,3759
†	22,43	7/8	0,3429
	18,85	3/4	0,3429
†	15,85	5/8	0,3048
	13,33	1/2	0,2667
t	11,20	7/16	0,2667
	9,423	3/8	0,2336
2^{1/2} t	7,925	5/16	0,2235
3	6,680	1/4	0,1778
3^{1/2} †	5,613	7/32	0,1651
4	4,699	3/16	0,1651
5 †	3,692	5/32	0,1117
6	3,327	1/8	0,0914
7 †	2,794	7/64	0,0833
8	2,362	3/32	0,0812
9 †	1,981	5/64	0,0838
10	1,651	1/16	0,0889
12 †	1,397		0,0711
14	1,168	3/64	0,0635
16 †	0,991		0,0596
20	0,833	1/32	0,0436
24 †	0,701		0,0358
28	0,589		0,0317
32 †	0,495		0,0299
35	0,417	1/64	0,0309
42 †	0,351		0,0254
48	0,295		0,0233
60 †	0,246		0,0177
65	0,208		0,0182
80 †	0,176		0,0142
100	0,147		0,0106
115 †	0,124		0,0096
150	0,104		0,0066
170 †	0,088		0,0060
200	0,074		0,0053

ANEXO N° 7
DETERMINACION DEL TAMAÑO DE PARTICULA POR
MICROSCOPIA OPTICA

DETERMINACION DEL TAMAÑO DE PARTICULA POR MICROSCOPIA

OPTICA ⁽¹¹⁾

Fundamento. Medición de tamaño de partícula, observando a través del ocular del microscopio. El campo de observación puede proyectarse sobre una pantalla, en que las partículas remiden fácilmente, o también es posible hacer una fotografía del citado campo, y a partir de la misma se prepara una diapositiva con cuya proyección sobre una pantalla se realiza la medida. Las partículas se miden a lo largo de una determinada línea elegida arbitrariamente.

Procedimiento:

1. Montar una cantidad adecuada de polvo de broza de café sobre un portaobjetos.
2. Colocar sobre la platina metálica.
3. Dividir en cuatro zonas el portaobjetos y observar con el objetivo 10X, medir las partículas a lo largo de una determinada línea (elegida arbitrariamente).

$$\text{Tamaño } (\mu\text{m}) = \text{medida (mm)} / \text{N}^{\circ} \text{ de objetivo} \times 100$$

4. Anotar los resultados, para calcular el número de partículas de cada uno de los tamaños o clases (frecuencia).

5. Hacer el cálculo de diámetro medio de volumen-superficie, a partir de los datos obtenidos por el método microscópico, con la siguiente fórmula:

$$d_{vs} = \left(\frac{\sum nd^3}{\sum nd^2} \right)$$

Donde:

n: número de partículas de cada tamaño.

d: valor medio del tamaño (en micras).

Construir una tabla con los resultados de los tamaños de partícula obtenidos, que contenga la siguiente información:

Tabla N° 32. Determinación del tamaño de partícula por microscopía óptica

Intervalo de tamaño en micras	Valor medio del tamaño (d) en micras	N° de partículas de cada tamaño (n)	Frecuencias acumulativas	
			(nd ²)	(nd ³)
w-x y-z	wx/2 yz/2	3 21	G M	h n

ANEXO N° 8

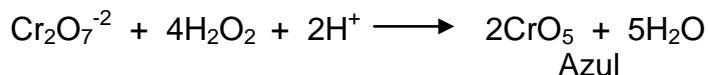
PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION DE CATIONES DE CROMO

PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION DE CATIONES DE CROMO ⁽¹⁹⁾

Procedimiento:

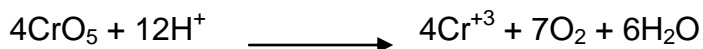
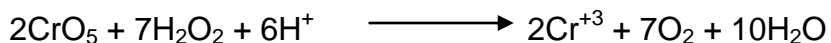
1. Colocar 2 ó 3 mL de la solución problema en un tubo de ensayo.
2. Agregar 5 gotas de HNO₃ 3M, agitar fuertemente, enseguida agregar 10 gotas de agua destilada.
3. Añadir 15 gotas de éter etílico (NO AGITAR) e inmediatamente 5 gotas de H₂O₂ 3% (esto debe hacerse con cuidado, deslizando por las paredes del tubo).
4. Esperar la formación de una coloración azul, en la interfase, que desaparece rápidamente.

Esta reacción confirma la presencia de Cromo:



La estructura es CrO₅, pero presenta el estado de oxidación +6 y no +10 como aparenta tener.

Al descomponerse el compuesto, lo hace de la siguiente forma:



NOTA: El compuesto que se forma (CrO₅), es muy inestable y su color persiste menos de un minuto. Observar cualquier cambio que suceda cuando se realiza esta prueba.

ANEXO N° 9

DETERMINACION DE METALES POR ESPECTROMETRIA DE

ABSORCION ATOMICA DE LLAMA

DETERMINACION DE METALES POR ESPECTROMETRIA DE ABSORCION ATOMICA DE LLAMA ⁽¹⁷⁾

Principios

La espectrometría de absorción atómica se parece a la fotometría de llama de emisión en que la muestra es aspirada en una llama y atomizada. La principal diferencia consiste en que la fotometría de llama se mide la cantidad de luz emitida, mientras que en la espectrometría de absorción atómica se dirige un rayo luminoso a través de una llama a un monocromador y sobre un detector que mide la cantidad de luz absorbida por el elemento atomizado en la llama.

Para determinados metales, la absorción atómica presenta una sensibilidad superior a la emisión de llama. Como cada metal tiene su propia longitud de onda de absorción característica, se utiliza como fuente luminosa una lámpara compuesta de dicho elemento; esto proporciona un método relativamente libre de interferencias espectrales o de radiación. La cantidad de energía absorbida en la llama a una longitud de onda característica es proporcional a la concentración del elemento en la muestra, en un intervalo de concentración limitado. La mayor parte de los instrumentos de absorción atómica están equipados para funcionar también en la forma de emisión.

Preparación de patrones

Prepárense soluciones patrón de concentraciones conocidas de metal en agua con una matriz similar a la muestra.

Utilícense patrones que horquillen la concentración de muestra esperada y que estén dentro del intervalo de trabajo del método.

Deben prepararse patrones muy diluidos a partir de las soluciones de reserva con concentraciones superiores a 500 mg/L. las soluciones patrón de reserva pueden obtenerse de diversas fuentes comerciales. Se pueden preparar también utilizando materiales de referencia del National Institute of Standards and Technology de los Estados Unidos, (NIST, antes National Bureau of Standards).

MÉTODO DIRECTO DE LLAMA DE AIRE-ACETILENO

Instrumental

Espectrómetro de absorción atómica y equipo asociado: mechero, lectura de salida, lámpara (cátodo hueco o de descarga sin electrodos), válvulas reductoras de presión, tubo de ventilación.

Reactivos

- a) *Aire.*
- b) *Acetileno.*

- c) *Agua libre de metales.*
- d) *Solución de calcio.*
- e) *Ácido clorhídrico.*
- f) *Solución de lantano.*
- g) *Peróxido de hidrógeno.*
- h) *Ácido nítrico.*
- i) *Agua regia.*
- j) *Soluciones patrón de metales:* Prepárense una serie de soluciones patrón de metales en un intervalo óptimo de concentraciones por dilución apropiada de las siguientes soluciones de metales de reserva con agua que contiene 1,5 mL de HNO₃ conc. Séquense cuidadosamente los reactivos antes de emplearlos. Es necesario usar reactivos de la máxima pureza. Si se trata de hidratos usar reactivos recientes.
 - 1. Cromo: Disuélvase 0,1923 g de CrO₃ en agua. Cuando la solución es completa, acidúlese con 10 mL de HNO₃ conc. Y dilúyase con agua hasta 1000 mL; 1,00 mL = 1,00 µg Cr.

Procedimiento

- a) *Preparación de la muestra:* La preparación de la muestra requerida depende de la necesidad de medir únicamente los metales disueltos o los metales totales.

Los “metales totales” incluyen todos los metales combinados orgánica e inorgánicamente, tanto disueltos como en partículas. Las muestras incoloras, transparentes (principalmente agua potable) con una turbidez de <1 UNT, inodoras, y de una sola fase, pueden analizarse directamente por espectroscopia de absorción atómica o espectroscopia de plasma de acoplamiento inductivo para metales en total, sin digestión. Para una comprobación posterior o si se encuentran cambios en las matrices existentes, hay que confrontar muestras digeridas o no digeridas para asegurarse de que los resultados son comparables. Al tomarlas, se acidulan dichas muestras a pH <2 con ácido nítrico conc. (HNO₃) y se analizan directamente. Llévase a cabo una digestión de todas las demás muestras antes de determinar los metales en total. Para analizar los metales disueltos, fíltrese la muestra, acidúlese el filtrado y analícese directamente.

- b) *Funcionamiento del instrumento:* Debido a las diferencias entre las diversas formas y modelos de espectrómetros de absorción atómica, no es posible formular instrucciones aplicables a cada instrumento. Véase al respecto el manual de funcionamiento de cada fabricante. En general, procédase como sigue: Instálese en el instrumento una lámpara de cátodo hueco para el metal deseado y establézcase el dial aproximado de longitudes de onda. Fíjese la anchura de rendija siguiendo las sugerencias del fabricante para el elemento que se mide. Enciéndase el instrumento, aplíquese a la lámpara

de cátodo hueco la corriente que aconseja el fabricante y déjese calentar el aparato hasta que se estabiliza la fuente de energía, unos 10 a 20 minutos por lo general. Reajústese la corriente después del calentamiento cuando sea necesario. Optimícese la longitud de onda ajustando el dial de longitudes de onda hasta que se obtiene la ganancia óptima de energía. Alinéese la lámpara siguiendo las instrucciones del fabricante.

Instálese una cabeza de quemador adecuada y ajústese su posición. Conéctese el aire y ajústese la velocidad del flujo de aire a lo especificado por el fabricante para obtener la máxima sensibilidad en relación con el metal que se mide. Conéctese el acetileno, ajústese la velocidad de flujo al vapor especificado y enciéndase la llama. Déjese estabilizar la llama unos cuantos minutos. Hágase aspirar un blanco integrado por agua desionizada o una solución ácida con la misma concentración de ácido de los patrones y las muestras. Póngase a cero el instrumento. Hágase aspirar una solución patrón y ajústese la velocidad de aspiración del nebulizador para obtener la sensibilidad máxima. Ajústese el mechero vertical y horizontalmente para obtener una respuesta máxima. Hágase aspirar un blanco de nuevo y vuélvase a poner a cero el instrumento. Hágase aspirar un patrón próximo al medio del intervalo lineal. Regístrese la absorbancia de este patrón cuando está recientemente preparado y con una nueva lámpara de cátodo hueco.

Hágase referencia a estos datos en subsiguientes determinaciones del mismo elemento para comprobar la consistencia de la instalación del instrumento y el envejecimiento de la lámpara de cátodo hueco y del patrón. El instrumento está preparado para funcionar. Cuando se terminan los análisis, apáguese la llama desconectando primero el acetileno y después el aire.

- c) *Estandarización*: Selecciónense al menos tres concentraciones de cada solución patrón de metal para establecer límites para la concentración esperada del metal de una muestra. Hágase aspirar un blanco y póngase a cero el instrumento. Hágase aspirar entonces cada patrón sucesivamente en la llama y regístrese la absorbancia.

Prepárese una curva de calibración trasladando a un papel de gráfica lineal la absorbancia de los patrones en función de sus concentraciones. Este paso no es necesario en instrumentos equipados con lectura directa de las concentraciones. Existen algunos instrumentos en los que puede necesitarse convertir el tanto por ciento de absorción en absorbancia utilizando una tabla proporcionada por el fabricante. Trácese una curva de calibración de Cr con la concentración original del patrón antes de la adición de H_2O_2 .

d) *Análisis de muestras*: Enjuáguese el nebulizador aspirando agua con 1,5 mL de HNO_3 conc./L. atomícese un blanco y ajústese a cero el instrumento. Atomícese la muestra y determínese su absorbancia.

Cálculos

Calcúlese la concentración de cada metal, en microgramos por litro para elementos traza y en miligramos por litro para metales más corrientes, utilizando la curva de calibración apropiada. Alternativamente, léase en directo la concentración en el instrumento si éste va equipado de lectura de salida. Si se ha diluido la muestra, multiplíquese por el apropiado factor de dilución.

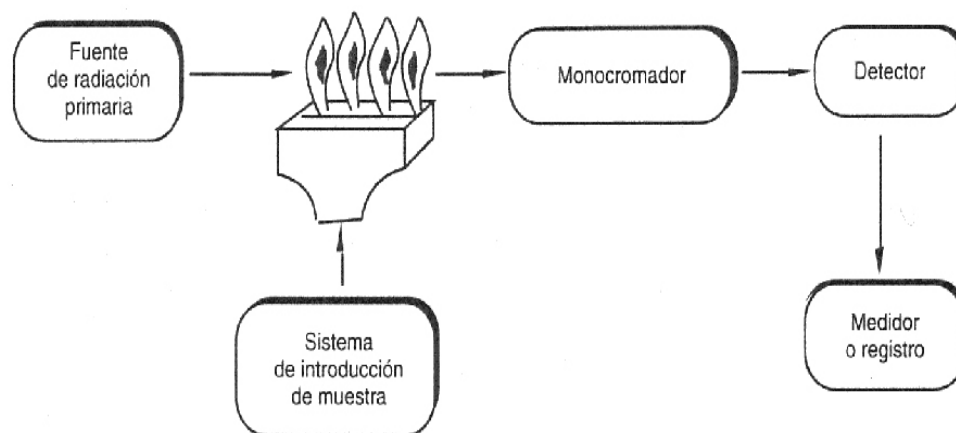


Figura N° 13. Esquema de funcionamiento de la espectrometría de absorción atómica.

ANEXO N° 10

PREPARACION DE SOLUCION DE 40 ppm DE CROMO A PARTIR DE

LA SAL DE DICROMATO DE POTASIO ($K_2Cr_2O_7$)

**PREPARACION DE SOLUCION DE 40 ppm DE CROMO A PARTIR DE LA
SAL DE DICROMATO DE POTASIO ($K_2Cr_2O_7$)**

Para 1000 mL de solución:

Cr	$K_2Cr_2O_7$
52.00 g	294.18 g
0.04 g.....	x
$x = 0.2263 \text{ g } K_2Cr_2O_7 \equiv 0.08 \text{ g Cr}$	

Cr	$K_2Cr_2O_7$
104.00 g.....	294.1800 g
y	0.2263 g
$y = 0.08 \text{ g Cr}$	

En el dicromato de potasio el cromo está en un porcentaje de 35.35%; por lo que al pesar 0.2263 g $K_2Cr_2O_7$, en realidad se obtienen 0.08 g de Cr, así que se pesa 0.1132 g de $K_2Cr_2O_7$, para tener 0.04 g de Cr para 1000 mL de solución, es decir, una solución de 40 ppm de Cr.

ANEXO N° 11**DETERMINACION DE LA DENSIDAD DE LA BROZA DE CAFE**

DETERMINACION DE LA DENSIDAD DE LA BROZA DE CAFE ^(11, 18)

Fundamento. La densidad se refiere a la distribución espacial promedio de masa en un material. La densidad de sólidos típicamente es expresada en g por cm^3 , en contraste a los fluidos, donde la densidad es comúnmente expresada en g por mL a una temperatura de referencia determinada. La densidad de una partícula sólida puede asumir diferentes valores dependiendo del método usado para medir el volumen de la partícula ⁽¹⁸⁾

La densidad verdadera ^{(11)'} es la densidad real de la materia sólida. Los métodos para determinar esta densidad, en sólidos no porosos, por desplazamiento de líquidos en los que son insolubles, se encuentran en todos los tratados de carácter general. Si el material es poroso, como sucede en la mayor parte de los polvos, la densidad verdadera puede determinarse empleando un densitómetro de helio.

Ordinariamente, las densidades de la mayoría de los sólidos, que se encuentran en los libros de constantes, se han determinado por el método de desplazamiento líquido, que consiste en dividir el peso del cuerpo por el peso del líquido que desplaza, o sea, por la pérdida de peso del cuerpo cuando se sumerge en el líquido adecuado. Para seguir esta técnica puede emplearse un picnómetro ordinario, si el sólido es insoluble en el líquido y más pesado que él.

Esta densidad determinada de este modo, puede variar ligeramente a causa de la mayor o menor facilidad del líquido para penetrar en los poros de las partículas, de la posible modificación de la densidad del líquido en la interfase, y de otros factores complejos.

Procedimiento:

1. A 20 °C en un picnómetro, pesar 2.0 gramos de broza de café, en balanza analítica.
2. Adicionar agua destilada a volumen, por diferencia de peso, conocer la masa de agua agregada y, utilizar la densidad de ésta, para convertir los gramos de agua a mililitros, conociendo así el volumen que ocupa.
3. Por diferencia de volumen entre la capacidad del picnómetro y el que ocupa el agua destilada, determinar el volumen que ocupa la masa de broza.
4. Realizar este procedimiento por triplicado.
5. Calcular la densidad de la broza, usar la fórmula de:

$$\rho = m/V$$

Donde:

ρ = densidad

m = masa de muestra (broza de café) en gramos.

V = Volumen de la muestra (broza de café) en mL.

ANEXO N° 12

PROCEDIMIENTO DE EXTRACCION DE ACEITE DE LA BROZA DE

CAFE CON EQUIPO SOXHLET

PROCEDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE LA BROZA DE CAFÉ CON EQUIPO SOXHLET

La extracción Soxhlet es la técnica de separación sólido-líquido comúnmente usada para la determinación del contenido graso en muestras de diferente naturaleza. De igual modo, puede ser usada como técnica preparativa de la muestra como paso previo al análisis mediante otra técnica instrumental, por ejemplo en el presente estudio, para evaluar la capacidad de adsorción de cromo de la broza de café desengrasada. El procedimiento puede aplicarse a distintos tipos de alimentos sólidos.

En este método la muestra sólida finamente pulverizada se coloca en un cartucho de material poroso que se sitúa en la cámara del extractor soxhlet (ver figura N°). Se calienta el disolvente extractante, situado en el matraz, se condensan sus vapores que caen, gota a gota, sobre el cartucho que contiene la muestra, extrayendo los analitos solubles. Cuando el nivel del disolvente condensado en la cámara alcanza la parte superior del sifón lateral, el disolvente, con los analitos disueltos, asciende por el sifón y retorna al matraz de ebullición. Este proceso se repite hasta que se completa la extracción de los analitos de la muestra y se concentran en el disolvente.

Por otro lado estas tareas debieran realizarse en una campana espaciosa dado que los solventes se suene utilizar calientes, es decir con una alta tensión de vapor.

Procedimiento:

1. Pesar 15 gramos de muestra de broza de café secada a 105 °C en un cartucho de extracción fabricado en el laboratorio con papel filtro.
2. Colocar el cartucho en la pieza media del dispositivo de extracción Soxhlet o compartimiento de la muestra.
3. Llenar por la parte de arriba del Soxhlet con 250 mL de N – hexano (es necesaria una cantidad tal que llene el asa de la parte intermedia para que durante el proceso de extracción sifone y recircule, más las pérdidas eventuales) de modo que caiga en el matraz redondo.
4. Bullir el solvente que se evapora hasta un condensador a reflujo y extraer la muestra por 6 a 8 horas a una velocidad de condensación de 3-6 gotas/ seg.
5. Una vez terminada la extracción eliminar el solvente por evaporación, hasta que no se detecte olor a n - hexano.
6. Repetir este procedimiento tantas veces sea necesario para la obtención de la muestra de broza a utilizar, en la adsorción de cromo en solución acuosa.

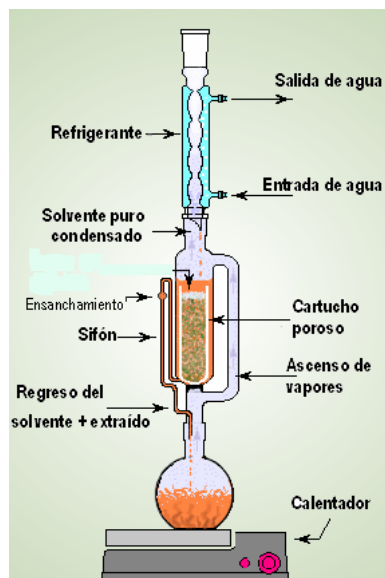


Figura N° . Extracción con Soxhlet en el momento en que se produce el sifonamiento del solvente

ANEXO Nº 13

REPORTES DE ANALISIS DE DETERMINACION DE CROMO (VI), POR

ESPECTROMETRIA DE ABSORCION ATOMICA DE LLAMA, EN

SOLUCIONES ACUOSAS CON CROMO



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES Pag. 1 / 1

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

MUESTRA 07108012-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS S- 1

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido : 26/10/2007

Análisis : 21/11/2007

Reporte : 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	46.50 mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro
 µmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez Unidades Co-Pt: Unidades
 Cobalto platino mL: mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES Pag. 1 / 1

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

MUESTRA 07107994-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-1-30-16

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido : 26/10/2007

Análisis : 21/11/2007

Reporte : 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	30.75 mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro
 µmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez Unidades Co-Pt: Unidades
 Cobalto platino mL: mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral
 UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES Pag. 1 / 1
 REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS
 MUESTRA 07107995-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-2-30-16

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido : 26/10/2007

Análisis : 21/11/2007

Reporte : 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	30.50 mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro
 μmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez Unidades Co-Pt: Unidades
 Cobalto platino mL: mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral
 UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES Pag. 1 / 1
 REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS
 MUESTRA 07107996-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-3-30-16

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido : 26/10/2007

Análisis : 21/11/2007

Reporte : 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	29.50 mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro
 μmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez Unidades Co-Pt: Unidades
 Cobalto platino mL: mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES





FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

Pag. 1 / 1

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

MUESTRA 07107997-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-4-30-40

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido: 26/10/2007

Análisis: 21/11/2007

Reporte: 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	33.00	mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro
 μmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez Unidades Co-Pt: Unidades
 Cobalto platino mL: mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

Pag. 1 / 1

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

MUESTRA 07107998-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-5-30-40

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido: 26/10/2007

Análisis: 21/11/2007

Reporte: 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	32.00	mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro
 μmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez Unidades Co-Pt: Unidades
 Cobalto platino mL: mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

Pag. 1 / 1

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

MUESTRA 07107999-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-6-30-40

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido : 26/10/2007

Análisis : 21/11/2007

Reporte : 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	30.25	mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro
 μmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez Unidades Co-Pt: Unidades
 Cobalto platino mL: mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

Pag. 1 / 1

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

MUESTRA 07108000-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-7-30-16

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido : 26/10/2007

Análisis : 21/11/2007

Reporte : 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	32.75	mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro
 μmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez Unidades Co-Pt: Unidades
 Cobalto platino mL: mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral
UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES
REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS
MUESTRA 07108001-01

Pag. 1 / 1



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-8-30-16

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido : 26/10/2007

Análisis : 21/11/2007

Reporte : 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	29.25	mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro
µmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez Unidades Co-Pt: Unidades
Cobalto platino mL: mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral
UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES
REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS
MUESTRA 07108002-01

Pag. 1 / 1



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-9-30-16

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido : 26/10/2007

Análisis : 21/11/2007

Reporte : 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	38.25	mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro
µmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez Unidades Co-Pt: Unidades
Cobalto platino mL: mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral
 UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES Pag. 1 / 1
 REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS
 MUESTRA 07108003-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-10-30-40
 Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ
 Propietario:
 Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ
 Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido: 26/10/2007
 Análisis: 21/11/2007
 Reporte: 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	27.00 mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg:miligramos L:litro
 µmhos:micromhos cm:centímetros °C:grados centígrados UNT:unidades nefelométricas de turbidez UnidadesCo-Pt:Unidades
 Cobalto platino mL:mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral
 UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES Pag. 1 / 1
 REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS
 MUESTRA 07108004-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-11-30-40
 Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ
 Propietario:
 Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ
 Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido: 26/10/2007
 Análisis: 21/11/2007
 Reporte: 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	26.25 mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg:miligramos L:litro
 µmhos:micromhos cm:centímetros °C:grados centígrados UNT:unidades nefelométricas de turbidez UnidadesCo-Pt:Unidades
 Cobalto platino mL:mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES Pag. 1 / 1

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

MUESTRA 07108005-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-12-30-40

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido: 26/10/2007

Análisis: 21/11/2007

Reporte: 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	25.25	mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg:miligramos L:litro

µmhos:micromhos cm:centímetros °C:grados centígrados UNT:unidades nefelométricas de turbidez UnidadesCo-Pt:Unidades

Cobalto platino mL:militro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES Pag. 1 / 1

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

MUESTRA 07108006-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-13-30-16

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido: 26/10/2007

Análisis: 21/11/2007

Reporte: 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	8.75	mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg:miligramos L:litro

µmhos:micromhos cm:centímetros °C:grados centígrados UNT:unidades nefelométricas de turbidez UnidadesCo-Pt:Unidades

Cobalto platino mL:militro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES Pag. 1 / 1

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

MUESTRA 07108007-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-14-30-16

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido : 26/10/2007

Análisis : 21/11/2007

Reporte : 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	8.50	mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro
 μmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez Unidades Co-Pt: Unidades
 Cobalto platino mL: mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES Pag. 1 / 1

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

MUESTRA 07108008-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-15-30-16

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido : 26/10/2007

Análisis : 26/10/2007

Reporte : 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	8.75	mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro
 μmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez Unidades Co-Pt: Unidades
 Cobalto platino mL: mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES Pag. 1 / 1

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

MUESTRA 07108009-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-16-30-40

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido: 26/10/2007

Análisis: 21/11/2007

Reporte: 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	9.50	mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg.miligramos L.litro

µmhos:micromhos cm:centímetros °C:grados centígrados UNT:unidades nefelométricas de turbidez UnidadesCo-Pt:Unidades

Cobalto platino mL.mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES Pag. 1 / 1

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

MUESTRA 07108010-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-17-30-40

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido: 26/10/2007

Análisis: 21/11/2007

Reporte: 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	10.50	mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg.miligramos L.litro

µmhos:micromhos cm:centímetros °C:grados centígrados UNT:unidades nefelométricas de turbidez UnidadesCo-Pt:Unidades

Cobalto platino mL.mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

Pag. 1 / 1

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

MUESTRA 07108011-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-18-30-40

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido: 26/10/2007

Análisis: 21/11/2007

Reporte: 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	10.25	mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro

µmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez Unidades Co-Pt: Unidades

Cobalto platino mL: mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

Pag. 1 / 1

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

MUESTRA 07108013-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-1-120-16

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido: 26/10/2007

Análisis: 21/11/2007

Reporte: 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	28.50	mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro

µmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez Unidades Co-Pt: Unidades

Cobalto platino mL: mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral
UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES Pag. 1 / 1
REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS
MUESTRA 07108014-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-2-120-16

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido: 26/10/2007

Análisis: 21/11/2007

Reporte: 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	23.00	mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg:miligramos L:litro

µmhos:micromhos cm:centímetros °C:grados centígrados UNT:unidades nefelométricas de turbidez UnidadesCo-Pt:Unidades

Cobalto platino mL:mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral
UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES Pag. 1 / 1
REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS
MUESTRA 07108015-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-3-120-16

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido: 26/10/2007

Análisis: 21/11/2007

Reporte: 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	25.00	mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg:miligramos L:litro

µmhos:micromhos cm:centímetros °C:grados centígrados UNT:unidades nefelométricas de turbidez UnidadesCo-Pt:Unidades

Cobalto platino mL:mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral
UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES
REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS
MUESTRA 07108016-01

Pag. 1 / 1



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-4-120-40

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido : 26/10/2007

Análisis : 21/11/2007

Reporte : 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	29.00	mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg:miligramos L:litro
µmhos:micromhos cm:centímetros °C:grados centígrados UNT:unidades nefelométricas de turbidez UnidadesCo-Pt:Unidades
Cobalto platino mL:mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral
UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES
REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS
MUESTRA 07108017-01

Pag. 1 / 1



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-5-120-40

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido : 26/10/2007

Análisis : 21/11/2007

Reporte : 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	28.00	mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg:miligramos L:litro
µmhos:micromhos cm:centímetros °C:grados centígrados UNT:unidades nefelométricas de turbidez UnidadesCo-Pt:Unidades
Cobalto platino mL:mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

Pag. 1 / 1

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

MUESTRA 07108018-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-6-120-40

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax:

935-8371

FECHAS

Recibido : 26/10/2007

Análisis : 21/11/2007

Reporte : 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	29.50 mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro
 µmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez Unidades Co-Pt: Unidades
 Cobalto platino mL: mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

Pag. 1 / 1

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

MUESTRA 07108019-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-7-120-16

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax:

935-8371

FECHAS

Recibido : 26/10/2007

Análisis : 21/11/2007

Reporte : 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	21.25 mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro
 µmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez Unidades Co-Pt: Unidades
 Cobalto platino mL: mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES





FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral
 UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES Pag. 1 / 1
 REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS
 MUESTRA 07108020-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-8-120-16
 Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ
 Propietario:
 Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ
 Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido : 26/10/2007
 Análisis : 21/11/2007
 Reporte : 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	32.00 mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg:miligramos L:litro
 μmhos:micromhos cm:centímetros °C:grados centígrados UNT:unidades nefelométricas de turbidez UnidadesCo-Pt:Unidades
 Cobalto platino mL:mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral
 UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES Pag. 1 / 1
 REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS
 MUESTRA 07108021-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-9-120-16
 Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ
 Propietario:
 Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ
 Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido : 26/10/2007
 Análisis : 21/11/2007
 Reporte : 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	16.25 mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg:miligramos L:litro
 μmhos:micromhos cm:centímetros °C:grados centígrados UNT:unidades nefelométricas de turbidez UnidadesCo-Pt:Unidades
 Cobalto platino mL:mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral
UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

Pag. 1 / 1

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

MUESTRA 07108022-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-10-120-40

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido : 26/10/2007

Análisis : 21/11/2007

Reporte : 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	28.50	mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro
µmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez Unidades Co-Pt: Unidades
Cobalto platino mL: mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral
UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

Pag. 1 / 1

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

MUESTRA 07108023-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-11-120-40

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido : 26/10/2007

Análisis : 21/11/2007

Reporte : 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	29.25	mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro
µmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez Unidades Co-Pt: Unidades
Cobalto platino mL: mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral
UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES Pag. 1 / 1
REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS
MUESTRA 07108024-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-12-120-40

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido: 26/10/2007

Análisis: 21/11/2007

Reporte: 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	29.00	mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg:miligramos L:litro

µmhos:micromhos cm:centímetros °C:grados centígrados UNT:unidades nefelométricas de turbidez UnidadesCo-Pt:Unidades

Cobalto platino mL:mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral
UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES Pag. 1 / 1
REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS
MUESTRA 07108025-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-13-120-16

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido: 26/10/2007

Análisis: 21/11/2007

Reporte: 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	9.50	mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg:miligramos L:litro

µmhos:micromhos cm:centímetros °C:grados centígrados UNT:unidades nefelométricas de turbidez UnidadesCo-Pt:Unidades

Cobalto platino mL:mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

Pag. 1 / 1

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

MUESTRA 07108027-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-15-120-16

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido : 26/10/2007

Análisis : 21/11/2007

Reporte : 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	9,50	mg/L	- - 0,05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro
 μmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez Unidades Co-Pt: Unidades
 Cobalto platino mL: mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

Pag. 1 / 1

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

MUESTRA 07108028-01



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-16-120-40

Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propietario:

Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido : 26/10/2007

Análisis : 21/11/2007

Reporte : 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	9,50	mg/L	- - 0,05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro
 μmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez Unidades Co-Pt: Unidades
 Cobalto platino mL: mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES

[Handwritten signature]



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral
UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES
REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS
MUESTRA 07108029-01

Pag. 1 / 1



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-17-120-40
Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ
Propietario:
Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ
Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido: 26/10/2007
Análisis: 21/11/2007
Reporte: 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS Unidades	RANGO	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	10.25 mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro
µmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez Unidades Co-Pt: Unidades
Cobalto platino mL: mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral
UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES
REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS
MUESTRA 07108030-01

Pag. 1 / 1



DATOS GENERALES

Muestra: SOLUCIONES ACUOSAS C-18-120-40
Nombre: HELEN PATRICIA MELENDEZ
Propietario:
Responsable: HELEN PATRICIA MELENDEZ
Dirección: RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOC Teléfono: 284-4217 Fax: 935-8371

FECHAS

Recibido: 26/10/2007
Análisis: 21/11/2007
Reporte: 22/11/2007

ANÁLISI

DETERMINACIÓN	RESULTADOS Unidades	RANGÓ	MÉTODO	REFERENCIA
A026 Cromo en llama	10.00 mg/L	- - 0.05	Espectrof. Abs. Atómica	SMWW

*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edition, APHA, 1998 mg: miligramos L: litro
µmhos: micromhos cm: centímetros °C: grados centígrados UNT: unidades nefelométricas de turbidez Unidades Co-Pt: Unidades
Cobalto platino mL: mililitro N.D.: No Detectable S.R.D.: Sin Rango Definido

OBSERVACIONES

ANEXO N° 14
REPORTE DE ANALISIS DE CAPACIDAD DE INTERCAMBIO
CATIONICO DE LA BROZA DE CAFE



FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES MUESTRA 07075598-01

REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS



Pag: 1/1

DATOS GENERALES

Muestra : SUELO, BROZA DE CAFE

Cultivo : CAFÉ

Nombre HELEN PATRICIA MELENDEZ

Propiedad : *N/A

Responsable HELEN PATRICIA MELENDEZ

Dirección : RESIDENCIAL SAN LUIS AV. IZALCO BLOCK 11-6

Teléfono : 284-4217 Fax 935-8371

FECHAS

Recibido : 20/07/2007

Análisis : 26/07/2007

Reporte : 10/08/2007

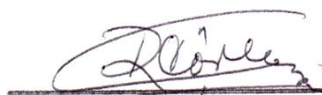
CARACTERÍSTICAS

Textura: Franco

ANÁLISIS

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	Rangos
S021 Capacidad Intercambio Catiónico	55.55	Meq/100 g	0-0

OBSERVACIONES


 Jefe Unidad Suelos, Aguas y Foliarés
 Lic. Regina del Carmen Cortez R.



ANEXO N° 15

CALCULO DE FRECUENCIAS ACUMULATIVAS

CALCULO DE FRECUENCIAS ACUMULATIVAS

Para este ejemplo de cálculo se utilizan los datos de tamaño de partícula de la broza cernida por el tamiz con número de malla 16.

$$\text{Intervalo de clase (Ic)} = 349.5 - 399.5$$

$$\text{Valor medio del tamaño } (\mu\text{m}) = d = \frac{349.5 + 399.5}{2} = 374.5$$

$$d = 374.5$$

$$\text{Número de partículas en el intervalo } 349.5 - 399.5 = n = 7$$

Calcular las frecuencias acumulativas nd^2 y nd^3

$$nd^2 = (7)(374.5)^2 = 981751.5$$

$$nd^3 = (7)(374.5)^3 = 367666030.4$$

Donde:

n = Número de partículas

d = Valor medio del tamaño

ANEXO N° 16

REACTIVOS, DISOLUCIONES, MATERIAL Y EQUIPOS UTILIZADOS

REACTIVOS, DISOLUCIONES, MATERIAL Y EQUIPOS UTILIZADOS

1. Reactivos y disoluciones

Para preparar la disolución del metal:

- Dicromato de Potasio ($K_2Cr_2O_7$)

Para ajustar el pH:

- Ácido Nítrico (HNO_3) 0.1 N
- Hidróxido de Amonio (NH_4OH) 0.5 N
- Ácido Nítrico Concentrado (HNO_3)

Para la determinación de Capacidad de Intercambio Catiónico

- Acetato de amonio (CH_3COONH_3) 1 N
- Cloruro de Sodio (NaCl)
- Hidróxido de Sodio (NaOH)
- Solución electrolítica
- Alcohol Etílico (CH_3CH_2OH)
- Ácido Bórico (H_3BO_3) 2% p/v
- Zinc
- Mezcla antiespumante (50% n- Octanol/ 50% Aceite Mineral)
- NaOH 2.5 N
- Indicador mixto (Solución alcohólica de Rojo de metilo 0.125% p/v con Azul de Metileno 0.0825% p/v)
- Verde de Bromocresol 0.1% p/v
- Ácido Clorhídrico (HCl) 0.02 N VS

2. Materiales

- Material general de laboratorio (beaker, probeta, erlenmeyer, balón volumétrico, pipetas mohr y volumétricas)
- Tamices (Número de malla 16 y 80)

3. Equipos

- Estufa
- Balanza Analítica Mettler Toledo
- pHmetro Mettler Toledo MC226
- Microscopio Nikon Eclipse E-400 Pol
- Espectrómetro de Absorción Atómica de Llama
- Agitador Wrist Action.
- Soxhlet.

ANEXO Nº 17

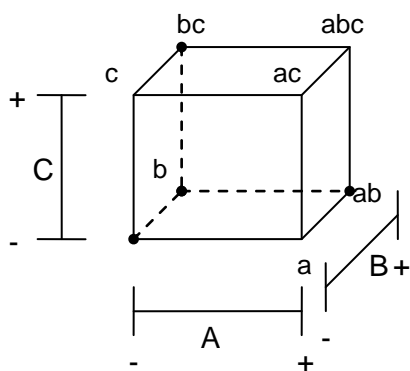
DISEÑO EXPERIMENTAL 2^k Y ANALISIS DE VARIANZA

DISEÑO EXPERIMENTAL 2^k Y ANALISIS DE VARIANZA ⁽¹³⁾

Un diseño factorial con $k=3$ factores, cada uno con dos niveles. Se trata de un diseño factorial 2^3 , y tiene ocho combinaciones de los niveles de los factores. Geométricamente, el diseño es un cubo como el que se muestra en la figura N° 15.1, donde las ocho corridas forman los vértices del cubo. En la figura N° 15.2, se muestran las ocho corridas en un formato tabular, al que es común llamar la matriz de prueba.

Este diseño permite estimar los tres efectos principales (A, B y C) junto con las tres interacciones de los factores (AB, AC y BC) y la interacción de tres factores (ABC). Por tanto, el modelo factorial completo podría escribirse simbólicamente como:

$$y = \mu + A + B + C + AB + AC + BC + ABC + \epsilon$$



15.1 Geometría del diseño

A	B	C
-	-	-
+	-	-
-	+	-
+	+	-
-	-	+
+	-	+
-	+	+
+	+	+

15.2 Matriz de prueba

Figura N° 15: Diseño factorial 2^3

Donde μ es una media global, ϵ es un símbolo de error aleatorio que se supone NID $(0, \sigma^2)$, y las letras mayúsculas representan los efectos principales y las interacciones de los factores.

Los efectos principales pueden estimarse con facilidad. Las letras minúsculas (1), a, b, ab, c, ac, bc y abc representan el total de las n réplicas en cada una de las ocho corridas del diseño.

El análisis de varianza es una manera formal de determinar que efectos son diferentes de cero.