

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**ELABORACIÓN DE UN MEDIO FILTRANTE A PARTIR DE LA CÁSCARA
DE BANANA PARA ELIMINAR METALES PESADOS EN UNA MUESTRA
PATRÓN**

Por:

NINFA ARACELY ESPINOSA SILVA

Modalidad de graduación: INVESTIGACIÓN APLICADA

**presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN
MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de
Licenciatura en Ingeniería Química.**

Julio de 2022

TARIJA-BOLIVIA

Este trabajo se lo dedico a mis padres ya que gracias a su esfuerzo fue posible poder realizar a cabalidad el presente trabajo, me lo dedico también a mí por la perseverancia y dedicación durante todos los años invertidos.

Agradezco a mis padres, hermano y mi familia en general por el apoyo incondicional brindado a lo largo de mi carrera, a mis amigos y compañeros por compartir tantos momentos durante cada año de estudio, a cada una de esas personas especiales para mí, que me han acompañado en cada paso durante mi carrera universitaria, sin duda alguna su apoyo ha sido la clave para alcanzar esta meta.

INTRODUCCIÓN

I. ANTECEDENTES.....	1
II. OBJETIVOS	3
i. OBJETIVO GENERAL.....	3
ii. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
III. JUSTIFICACIÓN.....	3
i. JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA.....	4
ii. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	5
iii. JUSTIFICACIÓN SOCIAL	5
iv. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL.....	5

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1. MARCO TEÓRICO.....	7
1.1. MEDIO FILTRANTE	7
1.2. METALES PESADOS	7
1.3. IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS DE LOS METALES PESADOS	10
1.4. TECNOLOGÍAS PARA REMOVER METALES PESADO EN AGUAS	11
1.4.1. PRECIPITACIÓN QUÍMICA.....	11
1.4.2. PROCESOS DE OXIDACIÓN-REDUCCIÓN	12
1.4.3. INTERCAMBIO IÓNICO.....	13
1.4.4. TRATAMIENTOS ELECTROQUÍMICOS	14
1.4.5. PROCESOS DE MEMBRANA.....	15
1.4.6. EXTRACCIÓN CON DISOLVENTES.....	16
1.4.7. ADSORCIÓN SOBRE CARBÓN ACTIVADO	17
1.5. BIOADSORCIÓN PARA REMOCIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS	18
1.6. CÁSCARA DE BANANA COMO BIOADSORBENTE.....	21
1.7. DATOS EXPERIMENTALES DEL MEDIO FILTRANTE OBTENIDOS POR OTROS AUTORES.....	22
1.8. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	22
1.9. PRODUCCIÓN DE BANANA EN BOLIVIA	24

CAPITULO II

PARTE EXPERIMENTAL

2. PARTE EXPERIMENTAL	27
2.1. METODOLOGÍA A SER EMPLEADA	27
2.2. SELECCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL MEDIO FILTRANTE A PARTIR DE CÁSCARA DE BANANA	27
2.3. OPERACIONES UNITARIAS PARA LA OBTENCIÓN DE UN MEDIO FILTRANTE A PARTIR DE CÁSCARA DE BANANA	32
2.3.1. SECADO	32
2.3.2. MOLIENDA	32
2.3.3. TAMIZADO	32
2.3.4. ADSORCIÓN	32
2.4. DIAGRAMA DE BLOQUE PARA LA ELABORACIÓN DE UN MEDIO FILTRANTE A PARTIR DE LA CÁSCARA DE BANANA	34
2.5. DIAGRAMA DE BLOQUE PARA LA ELABORACIÓN DE UN MEDIO FILTRANTE A PARTIR DE LA CÁSCARA DE BANANA	35
2.6. DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DE LA ELABORACIÓN DEL MEDIO FILTRANTE	36
2.6.1. RECOLECCIÓN DE MATERIA PRIMA	36
2.6.2. SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA	36
2.6.3. LAVADO DE LA MATERIA PRIMA	36
2.6.4. SECADO	36
2.6.5. MOLIENDA	37
2.6.6. TAMIZADO	37
2.6.7. OBTENCIÓN DEL MEDIO FILTRANTE	37
2.7. PRUEBAS DE ADSORCIÓN UTILIZANDO EL MEDIO FILTRANTE OBTENIDO	37
2.8. DISEÑO EXPERIMENTAL	38
2.9. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA ADSORCIÓN	38
2.9.1. CANTIDAD DE MEDIO FILTRANTE EN LA SOLUCIÓN	38
2.9.2. TAMAÑO DE PARTÍCULA DEL MEDIO FILTRANTE	38
2.9.3. pH DE LA SOLUCIÓN	39
2.9.4. TEMPERATURA	39
2.9.5. TIEMPO DE CONTACTO	40

2.10.	VARIABLES	40
2.10.1.	VARIABLES INDEPENDIENTES	40
2.10.2.	VARIABLES DEPENDIENTES	40
2.11.	DISEÑO DEL EXPERIMENTO	42
2.12.	DESARROLLO DE LA PARTE EXPERIMENTAL.....	43
2.12.1.	RECOLECCIÓN DE MATERIA PRIMA	43
2.12.2.	SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA	46
2.12.3.	LAVADO DE LA MATERIA PRIMA.....	48
2.12.4.	SECADO	49
2.12.5.	MOLIENDA	57
2.12.6.	TAMIZADO	58
2.12.7.	PRUEBAS DE ADSORCIÓN	59
2.13.	BALANCE DE MATERIA.....	62
2.13.1.	SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA	63
2.13.2.	LAVADO DE MATERIA PRIMA.....	64
2.13.3.	SECADO DE LA MATERIA PRIMA	65
2.13.4.	MOLIENDA DE LA MATERIA PRIMA	66
2.13.5.	TAMIZADO DE LA MATERIA PRIMA	67
2.14.	DATOS OBTENIDOS DEL BALANCE DE MATERIA	68
2.15.	BALANCE DE ENERGÍA	68
2.15.1.	SECADO DE MATERIA PRIMA	70
2.15.2.	MOLIENDA DE LA MATERIA PRIMA	70
2.15.3.	TAMIZADO DE LA MATERIA PRIMA.....	71
2.16.	DATOS OBTENIDOS DEL BALANCE DE ENERGÍA.....	72
2.17.	RENDIMIENTO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE UN MEDIO FILTRANTE A PARTIR DE CÁSCARA DE BANANA.....	72

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.	RESULTADOS Y DISCUSION	75
3.1.	CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FILTRANTE.....	75
3.2.	DATOS ESTADÍSTICOS PARA LA ADSORCIÓN DE HIERRO	77
3.3.	DATOS ESTADÍSTICOS PARA LA ADSORCIÓN DE COBRE.....	79

3.4. PORCENTAJE DE ADSORCIÓN DE METALES PESADOS	81
---	----

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
4.1. CONCLUSIONES.....	89
4.2. RECOMENDACIONES.....	91
 BIBLIOGRAFÍA.....	 92

ANEXOS

ANEXO A	95
RESULTADOS DE ANALISIS	95
ANEXO B.....	98
ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS	98
ANEXO C	100
REGISTRO FOTOGRÁFICO	100
ANEXO D	105
CÁLCULO DEL VOLUMEN PARA LA PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES PATRÓN.....	105
ANEXO E.....	107
DATOS ESTADÍSTICOS PARA LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS.....	107
I. GRÁFICAS ESTADÍSTICAS PARA LA REMOCIÓN DE HIERRO	107
II. GRÁFICAS ESTADÍSTICAS PARA LA REMOCIÓN DE COBRE.....	113

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1-I, Cuadro comparativo</i>	20
<i>Tabla 1-II, Composición de los remanentes de banana</i>	24
<i>Tabla 2-I, Criterios para la selección del proceso de eliminación de agua de la materia prima</i>	28
<i>Tabla 2-II, Valores para la selección del método</i>	29
<i>Tabla 2-III, Matriz de decisión para el proceso de eliminación de agua de la materia prima</i>	29
<i>Tabla 2-IV, Criterios para la selección del proceso de reducción de tamaño de la materia prima</i>	30
<i>Tabla 2-V, Valores para la selección del método</i>	31
<i>Tabla 2-VI, Matriz de decisión para el proceso de reducción de tamaño de la materia prima</i>	31
<i>Tabla 2-VII, Cuadro de Selección de variables</i>	41
<i>Tabla 2-VIII, Factores y niveles del diseño experimental</i>	42
<i>Tabla 2-IX, Diseño factorial para el proceso experimental</i>	43
<i>Tabla 2-X, Pesos de muestras aleatorias de materia prima</i>	45
<i>Tabla 2-XI, Parámetros a considerar</i>	46
<i>Tabla 2-XII, Puntaje de Valoración</i>	47
<i>Tabla 2-XIII, Criterios para la selección del método</i>	49
<i>Tabla 2-XIV, Valores para la selección del método</i>	50
<i>Tabla 2-XV, Matriz de decisión para el proceso de selección</i>	50
<i>Tabla 2-XVI, Datos de tiempo y masa obtenidos</i>	51
<i>Tabla 2-XVII, Resultados obtenidos en base seca</i>	53
<i>Tabla 2-XVIII, Resultados obtenidos en base húmeda</i>	55

<i>Tabla 2-XIX, Abreviaciones de las corrientes</i>	62
<i>Tabla 2-XX, Tabla resumen de las corrientes obtenidas en el balance de materia</i>	68
<i>Tabla 2-XXI, Datos para la estufa de secado</i>	70
<i>Tabla 2-XXII, Datos para el molino de discos</i>	70
<i>Tabla 2-XXIII, Datos para el tamizado</i>	71
<i>Tabla 2-XXIV, Tabla resumen con el flujo energético obtenido en los equipos utilizados</i>	72
<i>Tabla 3-I, Parámetros físicos del medio filtrante</i>	75
<i>Tabla 3-II, Características fisicoquímicas del medio filtrante</i>	76
<i>Tabla 3-III, Análisis de Varianza (hierro)</i>	77
<i>Tabla 3-IV, Ecuación de regresión en unidades no codificadas (hierro)</i>	78
<i>Tabla 3-V, Resumen del diseño (hierro)</i>	78
<i>Tabla 3-VI, Resumen de modelo (hierro)</i>	78
<i>Tabla 3-VII, Análisis de Varianza (cobre)</i>	79
<i>Tabla 3-VIII, Ecuación de regresión en unidades no codificadas (cobre)</i>	80
<i>Tabla 3-IX, Resumen del diseño (cobre)</i>	80
<i>Tabla 3-X, Resumen de modelo (cobre)</i>	80
<i>Tabla 3-XI, Resultados de adsorción del hierro</i>	81
<i>Tabla 3-XII, Especificaciones de cada prueba de adsorción de Hierro</i>	82
<i>Tabla 3-XIII, Resultados de adsorción del cobre</i>	84
<i>Tabla 3-XIV, Especificaciones de cada prueba de adsorción de Cobre</i>	85
<i>Tabla 0-I, Resumen de datos estadísticos de hierro</i>	112
<i>Tabla 0-II, Resumen de datos estadísticos de hierro</i>	118

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

<i>Fotografía 2-I, Zona de recolección de materia prima</i>	44
<i>Fotografía 2-II, Retiro de punta y pedicelo de la cáscara de banana</i>	47
<i>Fotografía 2-III, Lavado de las cáscaras de banana.....</i>	48
<i>Fotografía 2-IV, Secado de la cáscara de banana</i>	51
<i>Fotografía 2-V, Molienda de la materia prima</i>	57
<i>Fotografía 2-VI, Tamizado de la materia prima.....</i>	58
<i>Fotografía 2-VII, Pruebas de Adsorción para el Hierro</i>	60
<i>Fotografía 2-VIII, Pruebas de Adsorción para el Cobre.....</i>	60

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2-I, Diagrama de flujo del proceso	35
Gráfico 2-II, Representación Masa vs Tiempo	52
Gráfico 2-III, Ajuste de la curva	52
Gráfico 2-IV, X base seca vs Tiempo	54
Gráfico 2-V, X base húmeda vs Tiempo.....	55
Gráfico 2-VI, Humedad Crítica y Humedad de Equilibrio	56
Gráfico 3-I, Características del medio filtrante.....	76
Gráfico 3-II, Porcentajes de adsorción de Hierro.....	83
Gráfico 3-III, Porcentajes de adsorción de Cobre	86

Gráfico 3-IV, Porcentaje de remoción de hierro en cada muestra	87
Gráfico 0-I, Diagrama de Pareto (hierro).....	107
Gráfico 0-II, Efectos principales para el % remoción de hierro.....	108
Gráfico 0-III, Gráfica de interacción para el % de remoción de hierro	109
Gráfico 0-IV, Gráfica de cubos de % de remoción de hierro.....	110
Gráfico 0-V, Gráfica de probabilidad normal (hierro).....	111
Gráfico 0-VI, Diagrama de Pareto (cobre).....	113
Gráfico 0-VII, Efectos principales para el % remoción de cobre	114
Gráfico 0-VIII, Gráfica de interacción para el % de remoción de cobre	115
Gráfico 0-IX, Gráfica de cubos de % de remoción de cobre	116
Gráfico 0-X, Gráfica de probabilidad normal (cobre)	117

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2-I, Ecuación para la constante de equilibrio aparente de adsorción	39
Ecuación 2-II, Ecuación para calcular el valor promedio	44
Ecuación 2-III, Ecuación para la pérdida de la humedad.....	53
Ecuación 2-IV, Ecuación para calcular humedad en base seca	53
Ecuación 2-V, Ecuación para calcular humedad en base húmeda	54
Ecuación 2-VI, Balance Global para la selección de materia prima	63
Ecuación 2-VII, Balance Global para el lavado de la materia prima	64

Ecuación 2-VIII, Balance Global para el secado de la materia prima	65
Ecuación 2-IX, Balance Global para la molienda de la materia prima	66
Ecuación 2-X, Balance Global para el tamizado de la materia prima.....	67
Ecuación 2-XI, Ecuación para calcular la potencia eléctrica	69
Ecuación 2-XII, Ecuación para calcular la energía eléctrica	69
Ecuación 2-XIII, Ecuación para calcular el Rendimiento.....	72