

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACÉUTICAS



***“SÍNTESIS DE SILICATOS DE CALCIO NANO-ESTRUCTURADOS
MODIFICADOS CON Al(III) Y Fe(III) A EMPLEAR COMO
ADSORBENTES DE IONES ARSENIATOS, SULFATOS, Y
METALES PESADOS DESDE SOLUCIONES ACUOSAS ÁCIDAS
QUE SIMULAN DRENAJES ÁCIDOS DE MINA (DAM)”***

Tesis presentada a la Universidad de Chile para optar al grado de
Magíster en Química área de Especialización en Químico Minero
Metalúrgico y Memoria para optar al Título de Químico por:

Kamila María Cristina Barrera Avalos

Director de Tesis: MSc. Fernando Valenzuela Lozano

Santiago, Chile

2016

ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

1	INTRODUCCIÓN	1
2	HIPÓTESIS.....	8
3	OBJETIVOS	9
3.1	Objetivo General	9
3.2	Objetivos Específicos.....	9
4	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	10
4.1	Reactivos y equipos.....	10
4.1.1	Reactivos utilizados en la síntesis de silicatos modificado con Fe(III) y Al(III). 10	
4.1.2	Reactivos utilizados para la medición de sulfatos.....	11
4.1.3	Reactivos utilizados para la preparación de soluciones acuosas.....	11
4.1.4	Equipos e instrumental analítico utilizado.....	12
4.2	Síntesis de silicatos de calcio nano-estructurados modificados.....	13
4.2.1	Síntesis de silicatos modificados con Fe(III) (FeNanoCSH).....	13
4.2.2	Síntesis de silicatos modificados con Al(III) (AlNanoCSH).....	15
4.3	Caracterización de los adsorbentes modificados.....	16
4.3.1	Microscopía electrónica de barrido (SEM) y tamaño de partículas.....	16
4.3.2	Análisis mediante difracción de rayos X.....	17
4.3.3	Análisis de porosimetría.....	17
4.3.4	Análisis Infrarrojo y mediante calorimetría ciferencial de barrido.....	17
4.3.5	Análisis químico.....	17
4.3.6	Estabilidad química.....	18
4.4	Experimentos de adsorción de iones arseniatos y sulfatos.....	19
4.4.1	Efecto del % de modificación molar de átomos de Ca por Fe y Al.....	20
4.4.2	Efecto del pH sobre la adsorción de las especies contaminantes.....	21
4.4.3	Efecto de la masa de adsorbente en los experimentos de adsorción.....	22

4.4.4	Estudio preliminar de selectividad de adsorción.....	22
4.5	Estudio de equilibrio de adsorción.....	24
4.5.1	Pruebas de equilibrio de adsorción con FeNanoCSH.....	26
4.5.2	Pruebas de equilibrio de adsorción con AlNanoCSH.....	26
4.6	Estudio de cinética de adsorción.....	27
4.6.1	Cinética de adsorción con FeNanoCSH.....	29
4.6.2	Cinética de adsorción con AlNanoCSH.....	30
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
5.1	Síntesis de los adsorbentes nano-estructurados modificados.....	30
5.1.1	Síntesis de silicatos nano-estructurados modificados con hierro.....	30
5.1.2	Síntesis de silicatos nano-estructurados modificados con aluminio.....	35
5.2	Caracterización de los adsorbentes modificados.....	39
5.2.1	Microscopía electrónica de barrido (SEM) y tamaño de partícula.....	39
5.2.2	Análisis mediante difracción de rayos X.....	45
5.2.3	Análisis de porosimetría.....	49
5.2.4	Análisis Infrarojo y mediante calorimetría diferencial de barrido.....	54
5.2.5	Análisis químico del adsorbente.....	58
5.2.6	Estabilidad Química.....	59
5.3	Experimentos de adsorción de arseniatos y sulfatos.....	63
5.3.1	Efecto del % de modificación molar de átomos de Ca por Fe y Al.....	63
5.3.2	Efecto del pH sobre la adsorción de las especies contaminantes.....	65
5.3.3	Efecto de la masa de adsorbente sobre la adsorción de contaminantes.....	72
5.3.4	Estudio preliminar de co-adsorción de contaminantes.....	78
5.4	Estudio de equilibrios de adsorción.....	83
5.5	Estudio de cinética de Adsorción.....	89
6	CONCLUSIONES.....	96
7	REFERENCIAS.....	102