

Tabla de contenido

01. INTRODUCCIÓN	1
01.1 Motivación	1
01.2 Fotocatálisis	5
01.3 Adsorción	11
01.4 Hidróxidos Bilaminares (LDH).....	15
01.4.1 LDH en fotocatálisis	19
01.4.2 LDH en adsorción	24
02. OBJETIVOS.....	30
01.5.1 Objetivo general	30
01.5.2 Objetivos específicos	30
03. MATERIALES Y METODOLOGÍAS	30
03.1 Materiales.....	30
03.2 Equipos	31
03.3 Metodologías.....	31
03.3.1 Síntesis 'A'	31
03.3.2 Síntesis 'B'	33
03.3.3 Compósitos con LDH.....	35
03.3.4 Calcinación de LDH.....	36
03.3.5 Ensayos de fotodegradación	36
03.3.6 Ensayos de adsorción	37
03.3.7 Medición de reciclabilidad	38
04. RESULTADOS Y DISCUSIONES	39
04.1 Optimización de la síntesis.....	39
04.1.1 LDH Cu/Al	40
04.1.2 LDH [CuCo]/Al	45
04.1.3 LDH Cu/Cr y [CuCo]/Cr.....	48
04.2 Compósitos con LDH	51
04.3 Calcinación de LDH	54
04.4 Fotocatálisis	58
04.5 Adsorción	63
04.5.1 LDH sin calcinar	63
04.5.2 LDH calcinados	65
04.5.3 Compósitos de LDH	67

04.6 Reciclabilidad	69
05. CONCLUSIONES Y PROYECCIONES	71
06. BIBLIOGRAFÍA	74
07. ANEXOS	82
07.1 Parámetro de red 'c'	82
07.2 Parámetro de red 'a'	82
07.3 Band gap	83
07.4 Reciclabilidad	85
07.5 Constantes de Langmuir	87
07.6 Constantes de Freundlich.....	88

Índice de figuras

Figura 01.1. ¿Cuántas Tierras se necesitan para mantener a la humanidad?[2]	1
Figura 01.2. Cantidad de fuentes renovables de agua per cápita (en m ³) para 2013 [4]	2
Figura 01.3. Esquema del mecanismo de la fotocatalisis [11].	6
Figura 01.4. Rango de absorción del fotocatalizador TiO ₂ [11].	6
Figura 01.5. Energías para varios semiconductores en electrolitos acuosos a pH=1 [13].....	7
Figura 01.6. Gráfico de <i>E_{foton} vs (α * E_{foton})²</i> utilizado para calcular el band gap de un semiconductor con una transición directa [19].	9
Figura 01.7. Parámetros isotérmicos obtenidos para la adsorción de <i>methyl orange</i> y <i>methyl violet</i> en PAAC [36].....	13
Figura 01.8. Estructura cristalina de la brucita (Mg(OH) ₂).	15
Figura 01.9. Estructura en 3D y orientación espacial de los compuestos LDH [48].....	16
Figura 01.10. Celda unitaria hexagonal compacta y sus parámetros de red.17	
Figura 01.11. Patrón XRD para (a) CuMgAl-LDHs (b) CuZnAl-LDHs y (c) CuNiAl-LDHs [52].	18
Figura 01.12. Fotodegradación de 2,4,6-TCP bajo irradiación de luz visible (λ>400nm)[43].....	20
Figura 01.13. Degradación fotocatalítica de MG disuelto sobre cada LDH [57].	22

Figura 01.14. Fotodegradación del pigmento aniónico X-3B para los distintos productos sintetizados, sometidos a luz visible [58].	23
Figura 01.15. Degradación fotocatalítica de verde de metilo (MG) por los distintos LDH sintetizados [44].	24
Figura 01.16. Esquema de la síntesis de microesferas porosas de $Fe_3O_4@MgAl-LDH$ [59].	25
Figura 01.17. DRX para (a) $CuAl-LDH$ intercalado por CO_3^{2-} , y $CuAl-LDH$ intercalados por 1-N-3,8-DS preparados de soluciones a (b) pH 8,0 (c) pH 9,0 (d) pH 10,0 [61].	26
Figura 01.18. Mecanismo propuesto para la adsorción de $As(V)$ y $Cr(VI)$ sobre LDH calcinados [63].	27
Figura 01.19. Pérdida de la eficiencia en la remoción de color luego de cada ciclo de adsorción-regeneración para LDH sobre efluentes tratados previamente (a) y sin tratar (B) [64].	28
Figura 01.20. Efecto del pH en la adsorción de MO en G-LDH y G-LDO [41].	29
Figura 03.1. Esquema de la síntesis 'A' para la coprecipitación de LDH	32
Figura 03.2. Esquema de la síntesis 'B' para la coprecipitación de LDH	33
Figura 03.3. Síntesis 'B2'	34
Figura 03.4. Síntesis 'B3'	35
Figura 03.5. Izquierda: $[CuCo]Al-LDH$ post-centrifugado. Derecha: $[CuCo]Al-LDH + TiO_2$ post-centrifugado.	36
Figura 03.6. Esquema de los ensayos de fotodegradación	37
Figura 03.7. Esquema de los ensayos de adsorción	38
Figura 03.8. Esquema de los ensayos de reciclabilidad	39
Figura 04.1. DRX de $Cu/Al(31)-LDH$ sintetizado mediante metodología A1.	40
Figura 04.2. DRX de $CuAl-LDH$ sintetizados mediante metodología A2.	41
Figura 04.3. DRX de $Cu/Al(21)-LDH$ sintetizado mediante metodología A3.	41
Figura 04.4. DRX de $Cu/Al(52)-LDH$ sintetizado mediante metodología B1.	42
Figura 04.5. Imágenes SEM de $Cu/Al(52)-LDH$.	43
Figura 04.6. A) DRX de $CuAl-LDH$ a distintas razones sintetizadas mediante la metodología B2. B) Inset del gráfico A entre $2\theta = [58,62]$.	44
Figura 04.7. DRX de $[CuCo](31)/Al(52)-LDH$ sintetizado mediante metodología B1.	46
Figura 04.8. DRX de $[CuCo](31)/Al(52)-LDH$ sintetizado mediante metodología B2.	46
Figura 04.9. Comparación de DRX para dos $[CuCo]Al-LDH$ sintetizados mediante B2 y B3.	47

Figura 04.10. Imágenes SEM de [CuCo](31)/Al(52)-LDH sintetizado mediante B3.	48
Figura 04.11. DRX de CuCr-LDH sintetizados mediante metodología B2.....	49
Figura 04.12. Imágenes SEM de Cu/Cr(52)-LDH sintetizado mediante B2. .	50
Figura 04.13. DRX de Cu/Cr(21)-LDH y [CuCo](13)/Cr(21)-LDH sintetizados mediante metodología B3.	50
Figura 04.14. Comparación de DRX para dos [CuCo]Al-LDH + GO sintetizados mediante B2 y B3.	52
Figura 04.15. Imagen SEM de [CuCo]Al-LDH +GO sintetizado mediante metodología B2.	52
Figura 04.16. Comparación de DRX para [CuCo]Al-LDH y [CuCo]Al-LDH + TiO ₂ sintetizados mediante B3.	53
Figura 04.17. DRX de CuAl-LDH y [CuCo]Al-LDH calcinados a 500°C por 4 horas.	55
Figura 04.18. (Izquierda): Imagen SEM de [CuCo]Al-LDH. (Derecha): Imagen SEM de [CuCo]/Al-LDH calcinado a 500°C durante 4 horas.	55
Figura 04.19. DRX de CuCr-LDH y [CuCo]Cr-LDH calcinados a 500°C por 4 horas.	56
Figura 04.20. Imagen SEM de CuCr-LDH calcinado a 500°C por 4 horas....	57
Figura 04.21. DRX de [CuCo]Al-LDH+TiO ₂ calcinado a 500°C por 4 horas..	58
Figura 04.22. Tauc plot para [CuCo]Al-LDH y [CuCo]Cr-LDH.	59
Figura 04.23. Ensayo de fotodegradación para CuCr-LDH.	60
Figura 04.24. Ensayo de fotodegradación para CuCoCr-LDH.	61
Figura 04.25. Ensayo de fotodegradación para CuCoAl-LDH.	62
Figura 04.26. Ensayo de fotodegradación para CuCoAl-LDH+TiO ₂	63
Figura 04.27. (Arriba): DRX de Cu/Al(52). (Abajo): DRX de Cu/Al(52) luego de ser sometido a una saturación de naranja de metilo.	64
Figura 04.28. (Izquierda): CuAl-LDH saturado con MO. (Derecha): CuAl-LDH sin ser utilizado.	65
Figura 04.29. (Arriba): DRX de Cu/Al(52) calcinado. (Abajo): DRX de Cu/Al(52) calcinado luego de ser sometido a una saturación de naranja de metilo.	67
Figura 04.30. (Izquierda): CuAl-LDH calcinado y saturado con MO. (Derecha): CuAl-LDH calcinado sin ser utilizado.	67
Figura 04.31. Porcentaje de remoción de MO para el [CuCo](31)/Al(52)-LDH calcinado, luego de 4 ciclos de uso.	70
Figura 04.32. DRX de [CuCo]Al-LDH calcinado a 500°C por 4 horas luego de ser ocupado 4 veces consecutivas para adsorber MO.	71

Figura 07.1. UV-DRS de LDH utilizados para ensayos de fotodegradación. .	84
Figura 07.2. Tauc plot de los LDH utilizados en los ensayos de fotodegradación.	85
Figura 07.3. UV-vis del líquido claro obtenido luego de cada ciclo de adsorción para [CuCo]Al-LDH calcinado.	86
Figura 07.4. Linealizaciones de isothermas de Langmuir para, A: CuAl-LDH, [CuCo]/Al-LDH, CuAl-LDH calcinado y [CuCo]/Al-LDH calcinado; B: CuCr-LDH y [CuCo]Cr-LDH; C: [CuCo]Al-LDH +GO (6,7 y 11,1%) y GO; D: [CuCo]Al- LDH+TiO ₂ y [CuCo]Al-LDH+TiO ₂ calcinado.....	87
Figura 07.5. Linealizaciones de isothermas de Freundlich para, A: CuAl-LDH, [CuCo]/Al-LDH, CuAl-LDH calcinado y [CuCo]/Al-LDH calcinado; B: [CuCo]Al- LDH+TiO ₂ y [CuCo]Al-LDH+TiO ₂ calcinado.....	88