

Índice

Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1. Introducción a las zeolitas	1
1.1.1. Proceso de cristalización	3
1.1.2. Clasificación de las zeolitas	6
1.1.3. Conectividad de los canales	8
1.2. Síntesis y modificación de las propiedades de las zeolitas...	9
1.2.1. Síntesis directa	9
1.2.2. Tratamientos post-sintéticos	16
1.3. Aplicaciones de las zeolitas.....	26
1.3.1. Catálisis heterogénea.....	28
1.3.2. Materiales conductores	30
1.4. Referencias	32
Capítulo 2. Objetivos.....	45
Capítulo 3. Procedimiento experimental.....	49
3.1. Síntesis de agentes directores de estructura orgánicos (ADEOs).....	49
3.1.1. Síntesis de N,N,N-trimetil-1-adamantamonio (TMAda)	51
3.1.2. Síntesis de N-butil-N-metilpirrolidinio (BMP)	51
3.1.3. Síntesis de N-butil-N,N-dimetilciclohexilamonio (BDMC6).....	52
3.1.4. Síntesis de N-metil quinuclidina (Quin).....	52
3.1.5. Síntesis de N,N-dimetil-3,5-dimetilpiperidina (DMDP).....	53
3.1.6. Síntesis de 1,2,3,4,5-pentametil-1H-imidazol-3-io (PMI)	53
3.1.7. Síntesis de metiltert-butilfosfonio (MTBP)	53

3.1.8.	Síntesis de 1,2-dimetil-3-(4-metilbenzil)-1H-imidazol-3- io (DMMBI).....	54
3.1.9.	Síntesis de 2,2,6,6-tetrametil-1,2,3,3a,3b,4,4a,5,6,7,7a, 8,8a,8b-tetradecahidro-4,8-etenopirrol [3',4':3,4]ciclobuta [1,2-f]isoindol-2,6-dio (TMTEC)...	54
3.2.	Síntesis de materiales microporosos.....	55
3.2.1.	Reactivos empleados	55
3.2.2.	Procedimiento experimental	57
3.2.3.	Procedimiento experimental de los tratamientos post- sintéticos	73
3.3.	Técnicas de caracterización	81
3.3.1.	Difracción de rayos X (DRX) en polvo.....	81
3.3.2.	Análisis elemental	82
3.3.3.	Análisis químico por Espectroscopía de Emisión Óptica de Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES)	82
3.3.4.	Análisis textural (Adsorción de N ₂ y Ar)	83
3.3.5.	Microscopía electrónica.....	85
3.3.6.	Desorción a temperatura programada de NH ₃ (NH ₃ -TPD)	87
3.3.7.	Análisis termogravimétrico y análisis térmico diferencial	87
3.3.8.	Espectros de estructura fina de absorción de rayos X extendidos (EXAFS)	88
3.3.9.	Espectroscopía ultravioleta-visible de reflectancia difusa (UV-Vis).....	89
3.3.10.	Espectroscopía Raman.....	89
3.3.11.	Espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FT-IR).....	90

3.3.12. Espectroscopía de resonancia magnética nuclear (RMN)	92
3.4. Pruebas catalíticas y medidas de conductividad	97
3.4.1. Reacción de hidrogenación de CO ₂	97
3.4.2. Reacción de metanol a olefinas (MTO)	98
3.4.3. Reacción de oxidación de CO	99
3.4.4. Reacción de craqueo catalítico	99
3.4.5. Reacción de Meerwein-Ponndorf-Verley-Oppenauer (MPVO)	103
3.4.6. Cálculos computacionales	104
3.4.7. Medidas de conductividad	106
3.5. Referencias	107
Capítulo 4. Efecto de confinamiento en zeolitas: Tamaño de cristal, estructura cristalina y cavidad	111
4.1. Efecto de la estructura zeolítica y el tamaño de cristal: control de la distribución de productos en la reacción de hidrogenación de CO ₂	111
4.1.1. Introducción	111
4.1.2. Síntesis y caracterización de catalizadores para la reacción de hidrogenación de CO ₂	114
4.1.3. Resultados de los ensayos catalíticos para la reacción de hidrogenación de CO ₂	129
4.1.4. Conclusiones	147
4.2. Efecto del confinamiento en cavidades zeolíticas: control de la distribución de productos en la reacción MTO	148
4.2.1. Introducción	148
4.2.2. Síntesis y caracterización de zeolitas empleadas en la reacción MTO	153

4.2.3.	Ensayo catalítico para la reacción MTO y correlación con cálculos teóricos.....	161
4.2.4.	Conclusiones	167
4.3.	Referencias	169
Capítulo 5.	Control de centros metálicos en posiciones extra-red en zeolitas: centros aislados frente a nanopartículas	175
5.1.	Efecto del tamaño de la especie metálica en la reacción de oxidación de CO: centros aislados frente a nanopartículas en CHA	175
5.1.1.	Introducción	175
5.1.2.	Influencia de la encapsulación de Pt en una reacción modelo (oxidación de CO).....	180
5.1.3.	Conclusiones	191
5.2.	Encapsulación de nanopartículas de Ge@C en una matriz de zeolita como material conductor.....	192
5.2.1.	Introducción	192
5.2.2.	Síntesis y caracterización de compuestos híbridos basados en Ge a partir de zeolitas ricas en Ge	194
5.2.3.	Medidas de conductividad	215
5.2.4.	Conclusiones	218
5.3.	Referencias	220
Capítulo 6.	Control de centros metálicos aislados en la red zeolítica: implicaciones de la sustitución isomórfica de átomos de Ge.....	227
6.1.	Aumento de la estabilidad hidrotérmica de la zeolita ITQ-33 con alto contenido en germanio: sustitución isomórfica de Ge por Si.....	227
6.1.1.	Introducción	227
6.1.2.	Características de la zeolita ITQ-33.....	230

6.1.3.	Resultados de la estabilización de la zeolita ITQ-33 mediante tratamientos post-sintéticos en fase líquida	234
6.1.4.	Resultados preliminares de la estabilización de la zeolita ITQ-33 mediante tratamiento post-sintético en fase vapor	254
6.1.5.	Conclusiones	263
6.2.	Incorporación de centros con Acidez de Lewis en posiciones cristalográficas definidas utilizando átomos de sacrificio	266
6.2.1.	Introducción	266
6.2.2.	Síntesis y caracterización de la zeolita tipo BEC (ITQ-17) con bajos contenidos de Ge	270
6.2.3.	Resultados del tratamiento post-sintético	275
6.2.4.	Caracterización y ensayo catalítico de las zeolitas con centros ácidos Lewis	277
6.2.5.	Conclusiones	286
6.3.	Referencias	288
Capítulo 7.	Conclusiones generales y perspectivas	295
Anexo I.	Índice de figuras	307
Anexo II.	Índice de tablas	319
Anexo III.	Producción científica	323
	Artículos	323
	Patente	324