

OBJETIVOS Y ESTRUCTURA DE LA TESIS

La presente tesis muestra detalladamente cómo a partir de las cenizas volantes procedentes de las centrales termoeléctricas de carbón, es posible sintetizar zeolitas con potenciales aplicaciones ambientales.

Debido a la elevada producción a escala mundial de cenizas volantes es necesario el reciclaje de dicho producto, por ello actualmente, la vía de valorización de este residuo es la utilización en la fabricación de cemento. Pero dada su composición y morfología, las cenizas volantes tienen un elevado valor añadido, y por consiguiente, podemos buscar otras vías de valorización, como es el caso de la síntesis de zeolitas.

Existen ya abundantes estudios concernientes a la síntesis de zeolitas a partir de cenizas volantes, y entre ellos cabe resaltar el proyecto CECA 7220/EO/079, realizado por el *Instituto de Ciencias de la Tierra “Jaume Almera”* y el *Instituto de Carboquímica*, cuyo objetivo principal era evaluar que tipos de zeolitas podían obtenerse a partir de las cenizas volantes, dependiendo de las cenizas estudiadas y variando las condiciones de síntesis. A partir de los resultados obtenidos en este trabajo, se observaron tres factores principales a tener en cuenta en investigaciones futuras: a) la necesidad de disminuir el consumo de agua necesario para la síntesis de zeolitas para que el proceso sea aplicable a escala industrial, b) la obligación de purificar el producto, debido a las impurezas procedentes de las cenizas volantes, y c) la necesidad de investigar sobre posibles nuevas aplicaciones debido a la restricción de algunas de las aplicaciones actuales, como por ejemplo en el campo de la detergencia, debido a su baja pureza.

Consiguientemente, esta tesis intenta resolver estos tres problemas, y se ha podido realizar gracias al proyecto SILEX BRPR-CT98-0801, financiado por la Unión Europea. Este trabajo tiene como finalidad la extracción de sílice de las cenizas volantes para la posterior síntesis de zeolitas puras y por otro lado, la optimización del proceso por conversión directa. Concretamente los objetivos de la presente tesis son: a) determinar cuales son los principales parámetros de las cenizas volantes que regulan los rendimientos de extracción de sílice y de conversión directa, b) obtener una extracción de sílice equivalente como mínimo a 500 g de zeolita pura por kg de ceniza volante, c) sintetizar como mínimo 400 g de zeolita por kg de ceniza volante, a partir de los extractos de sílice y d) producir un mínimo de 250 g de zeolita pura por cada kg de ceniza volante, mediante el proceso de conversión directa.

Con el propósito de verificar que las condiciones de conversión directa optimizadas a escala de laboratorio pudieran trasladarse a escala industrial, y simultáneamente, debido a la exigencia de obtener grandes cantidades de un producto con alto contenido en zeolita para las posteriores aplicaciones, se vio la necesidad de trasladar las condiciones optimizadas a escala de planta piloto.

Otro objetivo a estudiar era la pelletización del producto zeolítico a fin de obtener un material con elevada porosidad pero que su capacidad de intercambio catiónico no se viera reducida, y alcanzar una resistencia mecánica adecuada para poder construir barreras geoquímicas (por ejemplo columnas), sin reducir la permeabilidad de dicho producto.

Finalmente, dado que hasta el momento, la bibliografía consultada referente a las potenciales aplicaciones de zeolitas sintetizadas a partir de cenizas volantes incluía únicamente ensayos sobre retención de amonio y metales en soluciones sintéticas, paralelamente a los objetivos de síntesis, esta tesis intenta buscar potenciales aplicaciones ambientales utilizando matrices reales. Y, puesto que, nuestro grupo había trabajado en el estudio de los elementos contaminantes en aguas y lodos del vertido tóxico de Aznalcóllar, consideramos que ésta era una zona idónea para tales experimentaciones.

En función a los objetivos citados, seguidamente se describe la estructura de la presente tesis que se presenta dividida en siete capítulos y se esquematiza en la Figura 1. Debido a la variedad de metodologías y técnicas analíticas empleadas en el transcurso de la tesis, se ha creído conveniente incluirlas en cada apartado para un mejor seguimiento de los resultados, en lugar de describirlas todas en un capítulo. Por lo tanto, cada capítulo mostrará la metodología y técnicas analíticas previamente a los resultados obtenidos y conclusiones.

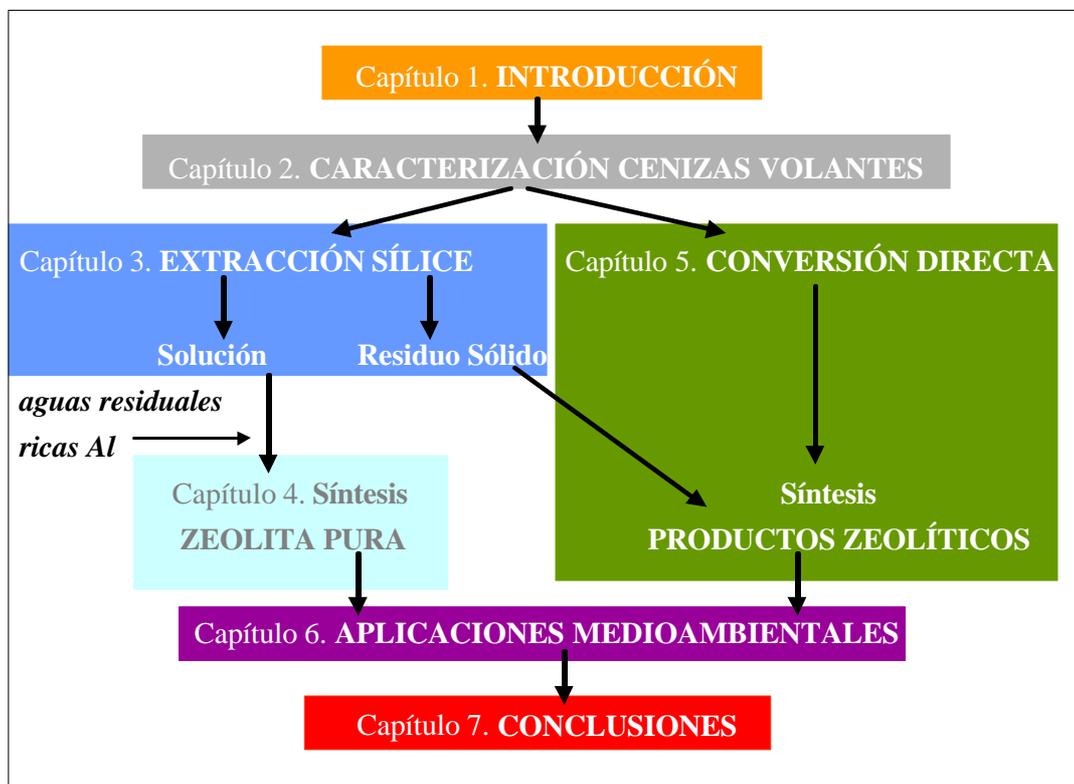


Figura 1. Estructura de la tesis.

Capítulo 1. Introducción

Dado que la materia prima de este estudio son las cenizas volantes, se considera oportuno hacer una introducción de este residuo. Para ello se ha creído conveniente descubrir brevemente el funcionamiento de una central termoeléctrica de carbón, para entender los factores que regulan las principales características de los residuos de combustión. Posteriormente, se exponen los posibles usos de las cenizas volantes y se cita la legislación vigente que afecta a la utilización de este subproducto.

Por otro lado, cabe resaltar los innumerables estudios sobre síntesis de zeolitas a partir de residuos de combustión y sus posibles aplicaciones, por ello, se muestran los antecedentes de mayor relevancia para el actual trabajo.

Además, puesto que una de los principales objetivos de este trabajo es la extracción de sílice de las cenizas volantes, este capítulo muestra una breve recapitulación acerca de los factores que favorecen la disolución de la sílice de matrices alumino-silicatadas.

Capítulo 2. Caracterización de las cenizas volantes

Para este trabajo se han seleccionado un total de 23 muestras procedentes de diferentes centrales europeas.

Este capítulo estudia la composición química, mineralógica y física, además de correlacionar todo ello con, la composición de la matriz vítrea, la evolución térmica de ésta y los lixiviados obtenidos. Los resultados de esta primera fase del estudio son básicos para entender posteriormente los procesos de extracción de sílice y la síntesis de zeolita.

Capítulo 3. Extracción de sílice

En este capítulo se explica como a partir de algunos ensayos preliminares para todas las cenizas estudiadas y variando las condiciones de extracción, se han podido optimizar algunos parámetros y seleccionar las cenizas volantes con mayor aplicación para dicho proceso.

Esto ha permitido evaluar la influencia sobre la extracción de sílice de algunos parámetros, tales como, tiempo, temperatura y pre-tratamiento de las muestras, así como, las impurezas extraídas durante la extracción de sílice para las cenizas volantes estudiadas.

A fin de aumentar el rendimiento de este proceso, se ha intentado aprovechar el residuo remanente de la extracción, obteniendo un material zeolítico de menor calidad al que se puede obtener mediante la síntesis de zeolita pura, pero muy similar al producido por conversión directa.

Capítulo 4. Síntesis de zeolitas a partir de extractos de sílice

En esta sección, se han optimizado las condiciones experimentales para la síntesis de zeolita pura a partir de los lixiviados de sílice. Para ello, ha sido necesario establecer unas relaciones estequiométricas de los productos de partida y las condiciones para la posterior gelificación y cristalización de zeolitas.

Los extractos de sílice obtenidos de las cenizas volantes, deben mezclarse estequiométricamente con aluminio y sodio, y se ha optado por que dicho aporte lo proporcionara el aluminato sódico procedente de aguas residuales de las plantas de anodizados de aluminio.

Por último, la calidad del producto obtenido se estudia comparándola con zeolitas comerciales para determinar su pureza.

Capítulo 5. Síntesis de zeolitas por conversión directa

A partir de los resultados obtenidos en anteriores trabajos, se intenta optimizar el proceso de síntesis convencional, reduciendo la cantidad de agua requerida, reduciendo el tiempo de síntesis mediante el uso de microondas y sintetizando materiales con un alto contenido en zeolitas de interés industrial.

Además, con el fin de verificar que las condiciones optimizadas a escala de laboratorio pueden trasladarse a escala industrial, en este capítulo se muestra cómo se han sintetizado 2.7 toneladas de material zeolítico en planta piloto.

Por último se muestra cómo se pueden pelletizar estos productos ricos en zeolita, utilizando diferentes aglutinantes, mediante extrusión y posterior tratamiento térmico.

Capítulo 6. Aplicaciones ambientales

Este capítulo muestra cómo los materiales zeolíticos obtenidos en esta tesis tiene potenciales aplicaciones ambientales en la retención de metales de matrices reales. Para ello, se ha estudiado el comportamiento de dichos materiales como intercambiadores iónicos para la retención de aguas contaminadas del Río Tinto y pozos del área afectada por el vertido tóxico de Aznalcóllar y como inmovilizadores de metales en los suelos de Aznalcóllar. Además se han realizado ensayos sobre la capacidad de adsorción de moléculas gaseosas como SO₂ y NH₃.

Capítulo 7. Conclusiones generales

En esta sección se resumen las conclusiones más relevantes extraídas de la presente tesis.

Capítulo 8. Bibliografía

Capítulo 9. Anexo, artículos publicados

Para finalizar, el anexo recoge los artículos publicados en revistas incluidas en el *Science Citation Index* (SCI) y comunicaciones en congresos durante el transcurso de la presente tesis.