



MEMORIA DE LAS ACCIONES DESARROLLADAS.
PROYECTOS DE MEJORA DE LA CALIDAD DOCENTE.
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y CALIDAD.
XII CONVOCATORIA (2010-2011)



DATOS IDENTIFICATIVOS:

1. **Título del Proyecto:** Creación de repositorio para enseñanza y aprendizaje de Análisis Térmico

2. **Código del Proyecto:** 102022

3. Resumen del Proyecto

En este proyecto se pretendió mejorar la enseñanza del Análisis Térmico y la Química de Materiales Inorgánicos, planificando experiencias que puedan usarse en una variedad de asignaturas de diversas titulaciones de grado y postgrado. Para ello, se realizaron diversos experimentos de análisis termogravimétrico y análisis térmico diferencial, analizando los resultados obtenidos y seleccionando aquellos datos de mayor valor pedagógico para ser presentados a los alumnos. Finalmente, se ha creado una base de datos de análisis térmico que pueda ser usada por alumnos y profesores, principalmente en clases de seminarios.

4. Coordinador del Proyecto

Nombre y Apellidos	Departamento	Código del Grupo Docente	Categoría Profesional
Ricardo Alcántara Román	Química Inorgánica	043	Profesor Titular de Universidad

5. Otros Participantes

Nombre y Apellidos	Departamento	Código del Grupo Docente	Categoría Profesional
José Luis Tirado Coello	Química Inorgánica	043	Catedrático de Univ.
Pedro Lavela Cabello	Química Inorgánica	043	Profesor Titular de Univ.
Carlos Pérez Vicente	Química Inorgánica	043	Profesor Contratado Doctor
Francisco Nacimiento Cobos	Química Inorgánica	043	Becario FPDI Junta de Andalucía
Bernardo León	Química Inorgánica	043	Doctor contratado proyecto
Candela Vidal	Química Inorgánica	043	Becaria FPI del Ministerio
Uche Nwokeke	Química Inorgánica	043	Estudiante de doctorado, becario
M ^a Carmen Mohedano Campos	Química Inorgánica	043	PAS, técnico superior de laboratorio

6. Asignaturas afectadas

Nombre de la asignatura	Área de Conocimiento	Titulación/es
Análisis térmico, textural y morfológico de materiales	Química Inorgánica	Máster en Materiales para el almacenamiento y conversión de la energía
Ciencia de los materiales	Química Inorgánica	Licenciatura de Química
Caracterización de materiales y compuestos inorgánicos	Química Inorgánica	Máster en Química Fina Avanzada
Experimentación en Química inorgánica	Química Inorgánica	Grado en Química
Química de materiales	Química Inorgánica	Grado en Química

Fundamentos de Química Inorgánica	Química Inorgánica	Licenciatura de Química
Química Inorgánica	Química Inorgánica	Grado en Química
Técnicas de caracterización de materiales	Química Inorgánica	I.T.OO.PP./I.T. Minas.
Caracterización de materiales	Química Inorgánica	Grado en Ingeniería Civil/ Minas
Ciencia y tecnología de los materiales	Química Inorgánica	Grado en Ingeniería de Minas
Procesos e Ingeniería energética	Química Inorgánica	Grado en Ingeniería de Minas
Explosivos	Química Inorgánica	Grado en Ingeniería de Minas

MEMORIA DE LA ACCIÓN

Especificaciones

Apartados

1. **Introducción** (justificación del trabajo, contexto, experiencias previas etc.)

Actualmente, se tiende a cambiar de forma considerable el modelo tradicional de enseñanza universitaria. Las clases magistrales tienden a perder importancia relativa. Las clases donde el alumno realiza una serie de actividades diseñadas para facilitar el aprendizaje van ganando importancia. Entre las actividades que pueden realizar los alumnos en las clases se encuentran las prácticas de laboratorio de química y los seminarios. En los seminarios, los alumnos deben realizar una serie de actividades tales como son la resolución de problemas, el uso de programas informáticos, la construcción de modelos, la exposición de trabajos, los debates, el análisis de los resultados obtenidos mediante experimentos en el laboratorio, etc. Frecuentemente, para trabajar en clase se requieren una serie de datos experimentales que no se encuentran disponibles en los libros de texto. La obtención de los datos experimentales más adecuados e ilustrativos no es siempre una tarea fácil para el docente. Algunas veces, los experimentos son lentos y se requieren varias horas de espera hasta concluir las medidas. Otras veces, la interpretación de los resultados experimentales es compleja, especialmente para un estudiante, debido a que el material no muestra un comportamiento “ideal”, y el alumno se puede ver frustrado y perder el interés. Frecuentemente, el alumno tiene una visión de la asignatura como algo teórico, que pertenece a un entorno puramente académico y lejano al mundo real.

Por otra parte, es un hecho la disminución del número de estudiantes universitarios de Ciencias, y de Química en particular, en los últimos años. Asimismo, es difícil encontrar estudiantes de doctorado que tengan una decidida vocación para la investigación científica. Es frecuente encontrar licenciados, incluso con buenas calificaciones, y titulados que han terminado los cursos de máster o postgrado, que comienzan a realizar la tesis doctoral careciendo de unas buenas capacidades operativas. Se constata la dificultad que tienen algunos doctorandos incluso para aplicar conceptos básicos relacionados con la estequiometría de los compuestos. Por ejemplo, hemos constatado la incapacidad de una parte importante de estudiantes de postgrado para relacionar una simple curva termogravimétrica, la pérdida de peso correspondiente en el sólido y las reacciones estequiométricas que tienen lugar. Una posible causa de este fenómeno sería que la docencia impartida fuera demasiado teórica, de forma que los egresados han sido capaces de superar una serie de exámenes pero no han adquirido capacidades y habilidades que puedan aplicar en el ejercicio de su profesión. Podemos

deducir que es necesario mejorar la calidad de la docencia y facilitar el aprendizaje de los alumnos, de forma que adquieran capacidad real para aplicar los conocimientos teóricos a la resolución de cuestiones prácticas sencillas usando datos experimentales obtenidos en nuestros laboratorios de investigación.

Por todo expuesto anteriormente, es aconsejable disponer de un buen número de datos experimentales que tengan valor pedagógico y que puedan ser manejados por los alumnos con programas informáticos actuales y disponibles en su universidad. En el caso de la Química de Materiales, especialmente recomendable sería el disponer de datos diversos que complementen la caracterización de un material desde diversos puntos de vista (estructura, reactividad, cristalinidad, morfología, etc). Con objeto de realizar un proyecto viable, hemos considerado conveniente centrarlo en el empleo del Análisis Térmico.

2. Objetivos (concretar qué se pretendió con la experiencia).

El objetivo último es el desarrollo de actividades docentes que faciliten el aprendizaje de técnicas de Análisis Térmico, en el contexto de la Química de Materiales Inorgánicos. Los resultados del proyecto se espera que den lugar a información útil que podrá utilizarse en clases de seminarios.

Se ha pretendido construir una especie de base de datos experimentales seleccionados, o repositorio. Estos datos servirán como ejemplos ilustrativos de las propiedades de los materiales, de forma que los alumnos puedan trabajar con ellos y obtener fácilmente conclusiones científicas.

Formar a los estudiantes, que adquieran capacidad y destreza para aplicar conocimientos teóricos al estudio de las materiales. Es decir, además de estudiar modelos y ecuaciones en clases de teoría, se pretende conseguir que los alumnos sean capaces de aplicar estos modelos y ecuaciones en situaciones reales. Que el alumno realmente sea capaz de estudiar por sí mismo las propiedades de un sólido inorgánico.

Los resultados del proyecto deben ayudar a fomentar la participación de los alumnos en clase, proporcionando datos experimentales que sean fáciles de interpretar y que sirvan como referencias.

Fomentar y facilitar el trabajo en grupo y los debates científicos, mediante el diseño de actividades adecuadas en un ambiente de trabajo agradable. Colaboración entre alumnos y profesor.

La base de datos resultante del proyecto debe servir para ilustrar con ejemplos prácticos los aspectos teóricos estudiados en clase, motivando al alumno mediante una visión más práctica y cercana de la asignatura correspondiente.

Introducir a los alumnos en la investigación científica. Se pretenden que los alumnos trabajen con datos “reales” obtenidos en laboratorios cercanos a ellos mismos, y no sólo con resultados tomados de libros de texto. Los alumnos deben aprender a relacionar los datos experimentales con las teorías científicas, así como ser capaces de utilizar programas informáticos relativamente simples utilizados en los laboratorios de investigación de la universidad en que estudian. Los alumnos trabajarán con datos seleccionados que sean fáciles de tratar y analizar, como método para adquirir la capacidad de resolver los problemas que puedan encontrar en el ejercicio de su profesión.

Facilitar la formación del alumnado en capacidad autónoma para emitir un informe sobre las propiedades térmicas de un material.

Creación de repositorio digital y grabación de un CD, o DVD, con los resultados experimentales seleccionados y los correspondientes programas informáticos. Es decir, el CD resultante debe contener todos los programas, información y datos experimentales necesarios para poder ser usados directa y fácilmente por docentes y estudiantes.

3. Descripción de la experiencia (exponer con suficiente detalle lo realizado en la experiencia).

En este proyecto se han realizado experimentos de análisis térmico diferencial y de análisis termogravimétrico de diversos elementos (Tabla 1) y compuestos químicos (Tabla 2), así como de reacciones entre dos sólidos (Tabla 3). Entre los compuestos estudiados se encuentran oxalatos, sulfatos, carbonatos, cloruros y óxidos. Una vez realizadas las medidas experimentales, se han analizado los resultados, con el fin de seleccionar los resultados que fueran más útiles desde un punto de vista pedagógico.

4. Materiales y métodos (describir la metodología seguida y, en su caso, el material utilizado).

Actividad 1: Realización e interpretación de experimentos de análisis térmico. Se realizaron en el laboratorio más de treinta medidas en instrumentos de análisis termogravimétrico (ATG) y análisis térmico diferencial (ATD). Se estudió el efecto del calentamiento controlado de una serie de reactivos químicos comunes. Para ello se usó un instrumento Shimadzu DTG-60 que simultáneamente registra las curvas de ATD y ATG. Las experiencias se realizaron usando portamuestras de aluminio o de alúmina, en atmósfera de aire, y situando en el termopar usado como referencia un portamuestras vacío. Los reactivos utilizados fueron mayoritariamente suministrados por Panreac, aunque también se usaron reactivos de Aldrich y Merck. Los resultados obtenidos se analizaron e interpretaron usando el programa TA60. Así mismo, se consultaron diversos libros y artículos científicos.

Actividad 2: Creación de una base de datos y repositorio digital. Se han grabado varios DVDs conteniendo los resultados experimentales en un formato adecuado para que los alumnos puedan trabajar con ellos, los programas informáticos correspondientes y diverso material.

5. Resultados obtenidos y disponibilidad de uso (concretar y discutir los resultados obtenidos y aquéllos no logrados, incluyendo el material elaborado y su grado de disponibilidad).

Se han obtenido múltiples resultados de análisis térmico, incluyendo curvas de ATG y ATD, según el proyecto presentado. La mayor parte de las experiencias realizadas se incluye en las Tablas 1-3.

En algunos casos, los resultados obtenidos muestran cierta desviación con respecto a lo esperado, o la interpretación de los mismos no es definitiva. Estos resultados se han calificados como de validez “dudosa” en las tablas, y debería evitarse su uso en clase, salvo que se quieran usar en las clases más avanzadas (postgrado) y mediante la explicación aclaratoria correspondiente. La validez didáctica de otros resultados se ha descartado de forma más radical, referidas como “no” en las tablas.

Se han estudiado reacciones de desplazamiento o sustitución entre BaO y PbSO₄ (Tabla 3). Estas reacciones transcurren mediante el denominado efecto Hedvall [García-Clavel (1981)]. Los resultados obtenidos son de interpretación dudosa y difícil.

En el DVD resultante de este proyecto, se incluye el programa informático TA60, resultados experimentales en un formato adecuado, ejercicios y cuestiones para el estudio del análisis térmico (en inglés para su uso por estudiantes extranjeros), así como videos seleccionados bajados de internet que consideramos pueden ser útiles en esta temática.

El trabajo que hemos desarrollado en este proyecto se espera que sirva para que los alumnos realicen diversas actividades en clase. Estas actividades ayudarán a la enseñanza y el aprendizaje de las propiedades de los materiales inorgánicos. Se trata de fomentar la participación de los alumnos mediante una serie de actividades, previamente contrastadas. Los resultados experimentales obtenidos en este proyecto se pueden “filtrar”, de forma que se seleccionen aquellos materiales y resultados que ilustren de forma más pedagógica y sencilla las propiedades de los sólidos, adecuándose al nivel exigido en el curso. Se descartarán los experimentos que den lugar a resultados ambiguos, difíciles de interpretar para los alumnos, poco reproducibles o de escaso valor didáctico. Los resultados seleccionados del proyecto servirán para usarse en clases, fundamentalmente de seminarios, realizar cálculos, resolver cuestiones y ejercicios y aplicar programas informáticos. Alternativamente, los alumnos podrán extraer por sí mismos algunos de los resultados experimentales mediante la realización de prácticas de laboratorio y, posteriormente, trabajar con ellos en seminarios en el aula. Idealmente, los alumnos podrían adquirir la capacidad de emitir un informe relativo a las propiedades de un material objeto de su estudio, partiendo de datos experimentales.

A modo de ejemplo sencillo, se muestra una figura de ATG-ATD correspondiente a la deshidratación del BaCl₂.2H₂O (Figura 1.). La figura 1 ha sido obtenida directamente del programa TA60. Se observan dos picos endotérmicos en la curva de ATD, que se corresponden bien con dos etapas de pérdida de peso en la curva de ATG. La figura también muestra las pérdidas de peso de cada una de las dos etapas. El programa permite corregir la deriva típica en línea de base de la curva de ATD hasta hacerla horizontal. Mediante el uso de un patrón como Sn o In, y teniendo en cuenta la entalpía del punto de fusión del patrón, los alumnos podrían calcular fácilmente la entalpía de la deshidratación del BaCl₂.2H₂O.

TABLA 1. Datos experimentales e interpretación de los resultados para varios elementos químicos. Atmósfera utilizada: aire

Fichero	Elemento	Origen	Velocidad de calentamiento, °/min	Portamuestras	Reacciones	Observaciones	Validez
SnPanr	Sn	Panreac		Al	$\text{Sn(s)} + \text{Q} = \text{Sn(l)}$	Fusión de un elemento. Válido para calibrado	Sí
InRef2	In	Aldrich	10	Alúmina	$\text{In(s)} + \text{Q} = \text{In(l)}$	Fusión de un elemento. Válido para calibrado	Sí
RnNi	Ni	Aldrich	10	alúmina	$\text{Ni} + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{NiO}$	Oxidación exotérmica de las nanopartículas al calentarlas al aire. La ganancia de masa es menor que la teórica.	Dudosa
RFe1	Fe	Merck	10	alúmina	$\text{Fe} + \text{O}_2 = \text{Fe}_2\text{O}_3$	Oxidación exotérmica de las nanopartículas al calentarlas al aire.	Dudosa

TABLA 2. Datos experimentales e interpretación de los resultados para varios compuestos químicos. Atmósfera usada: aire.

Fichero	Fórmula	Origen	Masa inicial, mg	Velocidad de calentamiento, °/min	Portamuestras	Reacciones	Observaciones	Validez
SnC2O4b	SnC_2O_4		2.9		Al	$\text{SnC}_2\text{O}_4(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{SnO}_2(\text{s}) + 2 \text{CO}_2(\text{g}) + \text{Q}$	La oxidación de Sn(II) a Sn(IV) es exotérmica	Sí
Cooxalhid	$\text{CoC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$		3.6		Al	$\text{CoC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}(\text{s}) + \text{Q} = \text{CoC}_2\text{O}_4(\text{s}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $3\text{CoC}_2\text{O}_4(\text{s}) + 2 \text{O}_2(\text{g}) = 3\text{Co}_3\text{O}_4(\text{s}) + 6 \text{CO}_2(\text{g}) + \text{Q}$	La oxidación parcial del Co(II) a Co(III) es exotérmica.	Sí
CaOxHid	$\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$		4.8	10	Alúmina	$\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{s}) + \text{Q} = \text{CaC}_2\text{O}_4(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\text{CaC}_2\text{O}_4(\text{s}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) = \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{Q}$ $\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{Q} = \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$	El CO que proviene de la descomposición del CaC_2O_4 con el oxígeno del aire se oxida exotérmicamente a CO_2	Dudosa
MgAc_1	$\text{Mg}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	Panreac	4.3	5	Alúmina		La pérdida de peso es mayor de la esperada, y la línea de base de ATG tiene cierta deriva.	Dudosa
ZnAc16_1	$\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	Panreac	4.9	5	Alúmina	$\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + 3\text{O}_2 = \text{ZnO} + 2\text{CO} + 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	Deshidratación seguida de descomposición del acetato. La reacción de descomposición propuesta es una simplificación [Ghule (2004)]	Sí
SM-Ca-1-90°Cd	$\text{CaC}_3\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Preparado en laboratorio			Al	$\text{CaC}_3\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \text{CaC}_3\text{H}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\text{CaC}_3\text{H}_2\text{O}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CaCO}_3 + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	Deshidratación seguida de descomposición del malonato	Sí
SM-Fe-R-2-80°C	$\text{FeC}_3\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Preparado en laboratorio				$\text{FeC}_3\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \text{FeC}_3\text{H}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $2\text{FeC}_3\text{H}_2\text{O}_4 + 9/2\text{O}_2 =$	Deshidratación seguida de descomposición del malonato. La formación de Fe_2O_3 se comprobó mediante DRX	Sí

		o				$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$		
NaHCO3	NaHCO ₃	Panreac	6,5	10	Alúmina	$2\text{NaHCO}_3 + \text{Q} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	Desviación del 1% en la pérdida de peso esperada	Sí
Na2CO310H2O	Na ₂ CO ₃ .10H ₂ O	Panreac	7,2	5	Alúmina		Deshidratación de las 10 moléculas de agua y posible fusión del carbonato. Se observa demasiada variación entre la pérdida de peso teórica y la esperada.	Dudosa
CuSO45H2O	CuSO ₄ .5H ₂ O	Panreac	9,1	10	alúmina	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{Q} = \text{CuSO}_4 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O} + 2,5\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\text{CuSO}_4 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O} + \text{Q} = \text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + 1,5\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{Q} = \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	Deshidrataciones a través de varias etapas. Se observe una cierta variación entre la pérdida de peso teórica y observada (36-34 %).	Si
CuSO45H2Ob	CuSO ₄ .5H ₂ O	Panreac	8.3	2	alúmina	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{Q} = \text{CuSO}_4 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O} + 2,5\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\text{CuSO}_4 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O} + \text{Q} = \text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + 1,5\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{Q} = \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	Deshidrataciones a través de varias etapas. Buena concordancia en la pérdida de peso final.	Si
NiSO462O	NiSO ₄ .6H ₂ O	Panreac		10	Al		La pérdida de peso observada es bastante mayor de la esperada teóricamente para la deshidratación	No
Yesos	CaSO ₄ .2H ₂ O	Panreac		5	Al	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	La pérdida de peso observada es menor de la esperada	Dudosa
BaCl22H2O	BaCl ₂ .2H ₂ O	Panreac	23,8	10	Al	$\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \text{BaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\text{BaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$	Deshidratación en dos pasos endotérmicos. Muy buena concordancia entre la pérdida de peso teórica y la experimental.	Sí
SnCl4_1	SnCl ₄ . 5H ₂ O	Strem Chemicals	31.1	10	Alúmina		La pérdida de peso observada es mucho mayor de la teórica, probablemente por agua adsorbida.	Dudosa
CaHPO4	CaHPO ₄	Panreac	3,6	5	alúmina	$2\text{CaHPO}_4 + \text{Q} = \text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$	La línea base del ATG va mal	No
BaO2	BaO ₂			5				No
BaO1	BaO	Panreac		5			Pico exotérmico a 283°C con ganancia de peso por posible carbonatación.	No

TABLA 3. Datos experimentales e interpretación de los resultados para varias reacciones entre dos compuestos químicos sólidos.

Fichero	Reactivos	Velocidad de calentamiento, °/min	Portamuestras	Reacciones	Observaciones	Validez
BaOCaS2	BaO + CaSO ₄ .2H ₂ O	5	Al		Deshidrataciones sucesivas seguidas de reacción de sustitución. Mecanismo demasiado complicado.	No
BaSrSO	BaO + SrSO ₄	5	Al		Reacción de sustitución. Mecanismo demasiado complicado	No
BaCd1	BaO + CdSO ₄				Reacción de sustitución. Mecanismo demasiado complicado	No
BaMg1	BaO + MgSO ₄ .7H ₂ O				Deshidratación seguida de reacción de sustitución. Mecanismo demasiado complicado.	No
BaOPbS	BaO + PbSO ₄	5		BaO + PbSO ₄ = BaSO ₄ + PbO	Reacción de sustitución exotérmica. Mecanismo demasiado complicado. Se observa pérdida de peso no esperada simultáneamente al pico del ATD esperado a 372°C. Se observa pérdida de agua no esperada a 112°C.	No
BaOPbS2	BaO + PbSO ₄	2	Al			No
BaOPbSO410	BaO + PbSO ₄	10	Al	BaO + PbSO ₄ = BaSO ₄ + PbO	Se observan dos pérdidas de peso endotérmicas sucesivas a 54 y 115°C, probablemente debidas a agua adsorbida fortuitamente, y no esperadas. La reacción esperada se observa exotérmicamente a 371°C, de forma satisfactoria	Dudosa
BaBe1	BaO + BeSO ₄ .4H ₂ O	5			Deshidratación, seguida de reacción de sustitución exotérmica con pérdida de peso no esperada. Mecanismo demasiado complicado.	No
BaZn1	BaO + ZnSO ₄ .7H ₂ O				Deshidrataciones sucesiva seguida de reacción de sustitución. Mecanismo demasiado complicado.	No

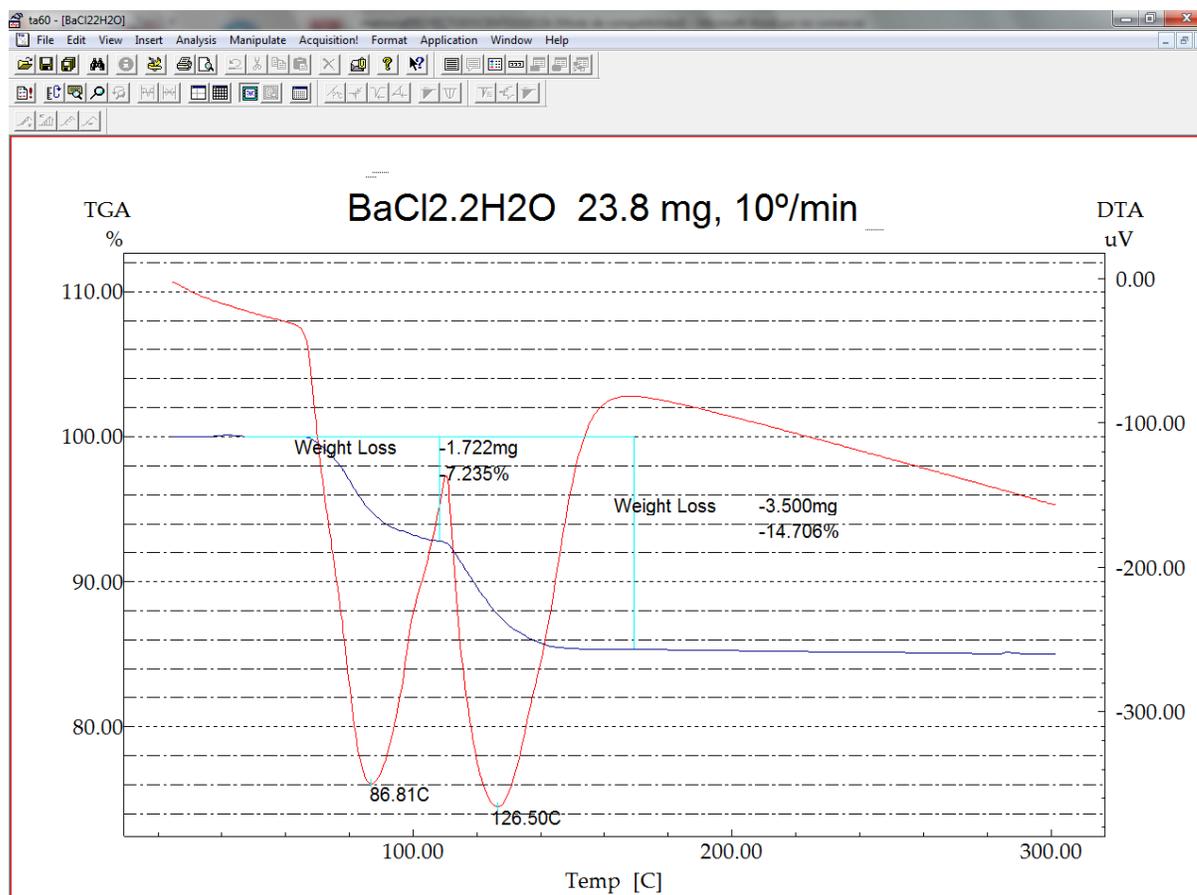


Figura 1. Curvas de ATG y ATD obtenidas para BaCl₂·2H₂O.

6. Utilidad (comentar para qué ha servido la experiencia y a quiénes o en qué contextos podría ser útil).

Es bien conocido que el análisis térmico es útil en la enseñanza [Wiederholt (1985)] [Brown (2001)] [Malawer (1977)]. En este proyecto, se han obtenido resultados útiles para el trabajo de los alumnos en seminarios, donde se puede observar la reactividad de los sólidos, procesos como fusión, deshidratación, descomposición térmica y oxidación. Los datos obtenidos servirán, entre otras cosas, para que los estudiantes verifiquen las estequiometrias de los compuestos, el contenido en agua y el balance de las reacciones. Del área de los picos en las curvas de ATD se pueden obtener parámetros termodinámicos como las entalpías de reacción, previo calibrado con materiales de referencia como Sn e In. En ciertos casos podría ser conveniente presentar a los alumnos únicamente los resultados de ATG o ATD, aunque como regla general consideramos más útil presentar simultáneamente ambos resultados. Asimismo, en ciertas ocasiones podría ser conveniente corregir la deriva de la línea base de ATD para dar a los alumnos una visión más “ideal” del comportamiento térmico. Algunos de los resultados que han mostrado un comportamiento no esperado, o de difícil interpretación, podrían ser usados para debates en clases avanzadas con el fin de mostrar las limitaciones de las técnicas.

Los resultados podrán incorporarse fácilmente en la plataforma de enseñanza virtual “moodle” y usarse en diversas asignaturas a partir del curso 2011/2012.

Por otra parte, algunos de los experimentos pueden seleccionarse para que sean realizados por los alumnos en prácticas de laboratorio, ya sea mediante el uso de instrumentos de ATG y ATD, o mediante la simulación de un ATG midiendo la pérdida de peso después de calentar en un simple horno.

7. Observaciones y comentarios (comentar aspectos no incluidos en los demás apartados).

Algunas experiencias realizadas con hidróxidos dieron lugar a problemas de reacción con los portamuestras, por lo cual no se incluyen en los resultados de la Tabla 2.

8. Autoevaluación de la experiencia (señalar la metodología utilizada y los resultados de la evaluación de la experiencia).

Aún no se ha evaluado totalmente la experiencia, ya que el trabajo desarrollado se espera aplicar en las clases principalmente a partir del curso 2011-2012 y de forma gradual. Algunos de los primeros experimentos de análisis térmico realizados en este proyecto, sí han sido ya utilizados en las clases de la asignatura “Análisis térmico textural y morfológico de materiales” del máster europeo “Materiales para el almacenamiento y conversión de la energía” durante el primer cuatrimestre del curso 2010-2011. La impresión que tenemos es bastante positiva, aunque habría que esperar a los resultados de las encuestas al alumnado. Aparentemente, los resultados del proyecto sirvieron para facilitar la enseñanza y el aprendizaje en la asignatura anteriormente citada.

9. Bibliografía

[1] M.E. Brown, Introduction to thermal analysis. Kluwer (2001).

[2] E. García-Clavel, I. Tejedor, H.G. Sanz, Journal of Solid State Chemistry 40 (1981) 219.

[3] A.V. Ghule, K. Ghule, C.Y. Chen, W.Y. Chen, S.H. Tzing, H. Chang, Y.C. Ling, J. Mass Spectrom. 39 (2004) 1202.

[4] E. G. Malawer, E.R. Allen, J. Chem. Educ., 54 (1977) 582.

[5] E. Wiederholt, Thermochimica Acta 83 (1985) 113.

Lugar y fecha de la redacción de esta memoria

En Córdoba a 9 de Septiembre de 2011.

Firmado: Ricardo Alcántara Román