

# Estudio de la degradación térmica de poli(alcohol vinílico) mediante termogravimetría y termogravimetría diferencial

## A study of poly(vinyl alcohol) thermal degradation by thermogravimetry and differential thermogravimetry

Julián Esteban Barrera,<sup>1</sup> John Alexander Rodríguez,<sup>2</sup> Jairo Ernesto Perilla<sup>3</sup> y Néstor Ariel Algecira<sup>4</sup>

### RESUMEN

En esta investigación se estudió la degradación térmica de poli(alcohol vinílico) (PVA) con diferentes grados de hidrólisis y pesos moleculares, mediante termogravimetría (TGA) y termogravimetría diferencial (DTG). Se identificaron cuatro eventos de degradación cuya intensidad depende del grado de hidrólisis y peso molecular del PVA. Se verificó que para altos grados de hidrólisis el mecanismo de degradación en estado sólido corresponde al desprendimiento de grupos laterales formando agua en cantidades de orden estequiométrico. Para grados de hidrólisis menores, la interacción con los grupos acetato y la menor temperatura de fusión retrasa la descomposición del polímero. En estas muestras no hubo correlación directa entre la pérdida de peso en el primer evento degradativo, y las cantidades estequiométricas que se generarían por desprendimiento de grupos laterales. Se encontró una coincidencia cualitativa entre los órdenes de reacción y las energías de activación al evaluar los datos experimentales mediante los métodos de Freeman-Carroll y Friedman.

**Palabras clave:** degradación térmica, PVA, termogravimetría, degradación de polímeros.

### ABSTRACT

The thermal degradation of poly(vinyl alcohol) (PVA) having different degrees of hydrolysis and molecular weights was studied by thermogravimetry (TGA) and differential thermogravimetry (DTGA). Four degradation events were identified whose intensity was related to the degree of hydrolysis. It was verified that the solid-state degradation mechanism for high hydrolysis degrees corresponded to eliminating water-forming side groups in stoichiometric amounts. The presence of acetate groups and lower melting points delayed the polymer's thermal decomposition at lower hydrolysis degrees. There was no direct correlation in these samples between weight-loss during the first degradation event and the stoichiometric quantities which would be produced by eliminating the side groups. Reaction order and energy activation value qualitative coincidence was found by evaluating experimental data by using Freeman-Carroll and Friedman kinetic models.

**Keywords:** thermal degradation, PVA, thermogravimetry, polymer degradation.

Recibido: septiembre 26 de 2006

Aceptado: junio 7 de 2007

### Introducción

El PVA es un polímero sintético de gran flexibilidad y resistencia, proveniente de la hidrólisis controlada del poli(acetato de vinilo) (PVAc). Su principal uso se encuentra en la industria de adhesivos, pinturas, y como coloide protector en polimerización en emulsión, aunque también se aplica frecuentemente en las industrias textil y farmacéutica. La estructura molecular del PVA se presenta en la Figura 1. Dependiendo de la cantidad de grupos acetato del PVA que sean hidrolizados, el PVA se clasifica comercialmente como de alta (~99%), media (~88%) y baja (~78%) hidrólisis,

siendo este el porcentaje molar de unidades repetitivas con grupos hidroxilo dentro de la totalidad de unidades repetitivas de la cadena. El grado de hidrólisis es quizás la propiedad más importante del PVA ya que define su solubilidad en agua y su actividad superficial. También resulta de importancia el peso molecular del polímero, el cual se suele relacionar con la viscosidad de las soluciones acuosas que forma, aunque evidentemente la viscosidad puede verse afectada por otros factores. El estudio del mecanismo y la cinética de degradación térmica del PVA ha despertado gran interés,

<sup>1</sup> Ingeniero químico, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. grimdorlf@yahoo.es

<sup>2</sup> Ingeniero químico, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. jarodriguezbu@unal.edu.co

<sup>3</sup> Ingeniero químico. M. Sc., Ingeniería química. Ph.D. Profesor Asistente, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. jeperillap@unal.edu.co

<sup>4</sup> Ingeniero químico. M.Sc., Ingeniería Química. Profesor Asistente, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. nalgecira@unal.edu.co

puesto que se encuentra presente en muchos productos relacionados con el campo de la construcción, donde se debe garantizar el desempeño a través de largos periodos de tiempo bajo condiciones ambientales variables.

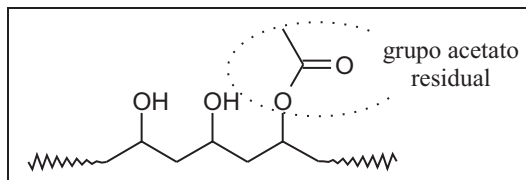


Figura 1. Estructura del PVA

La degradación térmica de olefinas sustituidas ha sido objeto de diferentes estudios teóricos y experimentales (Somani *et al.*, 2003; McNeill, 1997). Se considera que existen dos mecanismos de degradación de cadenas poliméricas que están directamente relacionados con la temperatura. El primer evento de degradación corresponde al desprendimiento de grupos laterales formando grupos de bajo peso molecular que se volatilizan a la temperatura de degradación (McNeill, 1997). Un segundo mecanismo consiste en la depolimerización, con la consecuente reducción del peso molecular, el cual predomina a altas temperaturas. Para el PVA se ha reportado la eliminación de agua a temperaturas inferiores a 300 °C (Ballistreri *et al.*, 1980), como producto del desprendimiento de grupos -OH y su combinación con los hidrógenos de la cadena principal. Holland y Hay (2001) no encontraron coincidencia entre la pérdida de peso, la concentración de insaturaciones en la cadena principal, y la composición de los productos volátiles, con la correspondiente pérdida de grupos -OH que ocurriría con el mecanismo propuesto en la Figura 2. Estos autores propusieron una degradación caracterizada inicialmente por la pérdida de agua, mas una vez formada la insaturación en la cadena, la reacción de tautomerización toma lugar entre el grupo -OH adyacente y la insaturación recientemente formada, produciendo grupos carbonilo sobre la cadena principal. Los grupos carbonilo posteriormente, debido a su alta inestabilidad, degradan, induciendo la ruptura de la macromolécula con la correspondiente formación de acetaldehído como producto mayoritario (Figura 2). Es de esperar que cada uno de estos pasos se manifieste de forma independiente y con cinéticas que pueden diferir apreciablemente. Para el caso de PVA parcialmente hidrolizado, el desprendimiento de grupos laterales debe incluir la formación de ácido acético debido a la presencia de grupos acetato laterales (Figura 1). Sin embargo, un PVA parcialmente hidrolizado puede considerarse como un copolímero al azar, donde la interacción entre los grupos de los comonómeros puede llegar a definir un mecanismo de degradación completamente diferente al de los homopolímeros (McNeill, 1997). La degradación térmica del PVAc produce por debajo de 330 °C la formación de ácido acético con la correspondiente insaturación sobre la cadena principal. Dichas insaturaciones forman un complejo de seis miembros, el cual conlleva a la ruptura de la cadena con la formación de aromáticos volátiles (Holland y Hay, 2002). Este mecanismo puede no ser pertinente para la degradación en PVA parcialmente hidrolizado.

Las mediciones termogravimétricas (TGA) proporcionan un proceso simple y cuantitativo para estudiar la cinética de degradación en polímeros. La técnica consiste en determinar la variación de peso con la temperatura bajo una rampa de calentamiento, o con respecto al tiempo para procesos isotérmicos. En procesos dinámicos la diferencial del peso con respecto al tiempo (DTG) proporciona también datos valiosos para la determinación de las cinéticas de degradación.

En la degradación térmica de polímeros es lógico asumir que la velocidad de descomposición es directamente proporcional a la cantidad de material aún presente en la muestra ( $\alpha$ )

$$\frac{d\alpha}{dt} = A \exp(-E_a/RT) (1-\alpha)^n \quad (1)$$

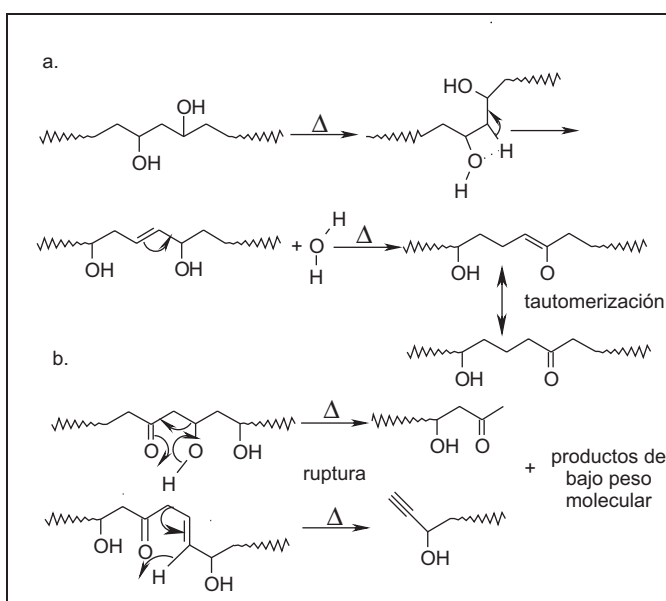


Figura 2. Reacciones de degradación del PVA. a) Eliminación de grupos hidroxilo. b) Ruptura de cadena y formación de productos de bajo peso molecular (Holland y Hay, 2002).

La Ecuación 1 representa la variación de la cantidad de material respecto al tiempo, donde  $A$  es el factor preexponencial (1/s),  $E_a$  la energía de activación (J/mol),  $R$  la constante de los gases (J/mol/K),  $T$  la temperatura de reacción (K), y  $n$  el orden de reacción. La Ecuación 1 ha sido reordenada de forma que sea factible obtener los parámetros cinéticos ( $E_a$  y  $n$ ), mediante los resultados de TGA y DTGA. El método de Freeman-Carroll (Park *et al.*, 2000) propone hacerlo de la siguiente forma:

$$\Delta \ln \left( \frac{d\alpha}{dt} \right) = n \Delta \ln(1-\alpha) - \left( \frac{E_a}{R} \right) \Delta \left( \frac{1}{T} \right) \quad (2)$$

Para evitar discontinuidades en el tratamiento de los datos, la Ecuación 2 puede reescribirse como:

$$\frac{\Delta \ln(d\alpha/dt)}{\Delta(1/T)} = \frac{n \Delta \ln(1-\alpha)}{\Delta(1/T)} - \frac{E_a}{R} \quad (3)$$

La Ecuación 3 permite entonces obtener los parámetros cinéticos mediante los datos de TGA y DTGA obtenidos para una sola velocidad de calentamiento ( $\beta$ , °C/min).

Uno de los métodos más utilizados para la determinación de parámetros cinéticos es el presentado por Friedman (Park et al., 2000). En él la ecuación 1 se presenta como:

$$\ln\left(\frac{d\alpha}{dt}\right) = \ln\left[A(-\alpha)^n\right] - \frac{E_a}{RT} \quad (4)$$

De la ecuación 4 se puede ver que para un  $\alpha$  dado, el primer término del lado derecho es constante, luego la pendiente de la gráfica  $\ln(d\alpha/dt)$  vs  $1/T$  para un mismo  $\alpha$  a diferentes valores de  $\beta$ , corresponde a  $E_a/R$ . Los diferentes modelos que se han desarrollado para correlacionar los parámetros cinéticos con datos experimentales ofrecen un compromiso entre simplicidad de cálculo acompañada de un limitado número de datos, contra una precisión más alta con una mayor experimentación. Igualmente, se encuentran modelos desarrollados para procesos isotérmicos que pueden suministrar información muy valiosa (Park et al., 2000).

Este artículo muestra los resultados obtenidos para la degradación térmica de tres diferentes tipos de PVA, mediante TGA y DTGA. Los resultados fueron manipulados, considerando la no existencia de interacción entre diferentes eventos de degradación, de forma que se logró determinar independientemente el comportamiento cinético de los eventos involucrados en el proceso degradativo. Los parámetros cinéticos se determinaron por los métodos antes mencionados (Park et al., 2000).

## Desarrollo experimental

Se usaron tres tipos de PVA (Kuraray, Japón), gentilmente donados por Preflex S.A., cuyas propiedades generales reportadas por el fabricante se indican en la Tabla 1. Las muestras fueron utilizadas para la posterior experimentación tal y como se recibieron.

Tabla 1. Propiedades generales de los diferentes tipos de PVA

Polímero	% hidrólisis	Viscosidad (Pa.s $\times 10^3$ )*
PVA99HV	98-99 mol.	Alta (54-56)
PVA88HV	86.5-89.5 mol.	Alta (40-48)
PVA88LV	86.5-89.5 mol.	Baja (4,6-5,4)

\*viscosidad de solución acuosa al 4% en peso

La degradación térmica de los polímeros usados en esta investigación se llevó a cabo en un analizador termogravimétrico 2050 de TA Instruments. Las mediciones fueron hechas bajo atmósfera de nitrógeno (100 cm<sup>3</sup>/min), y con rampas de calentamiento,  $\beta = 5, 10, 15$  y  $20$  °C/min. La temperatura fue previamente calibrada a cada rampa de calentamiento utilizando un estándar de aluminio. Los polímeros se caracterizaron mediante calorimetría de barrido diferencial (DSC), llevada a cabo en un equipo 2910 de TA Instruments, con una rampa de calentamiento de  $10$  °C/min, y bajo atmósfera de nitrógeno (100 cm<sup>3</sup>/min).

## Resultados y discusión

La Figura 3 enseña los trazos de DSC para cada uno de los polímeros reportados en la Tabla 1. Se puede notar en la Figura 3 la mayor cristalinidad y punto de fusión del PVA de mayor hidrólisis. Este resultado es de esperarse debido a la mayor cantidad de enlaces de hidrógeno que pueden formar el PVA99HV. De otro lado, no se ve mayor diferencia en los valores de  $T_g$  y  $T_m$  para los PVA con diferente peso molecular.

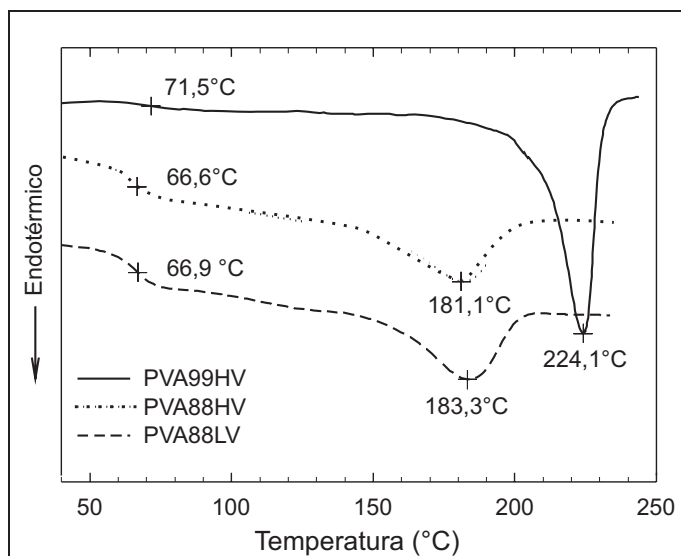


Figura 3. Trazos de DSC para cada uno de los polímeros utilizados

Los trazos de TGA para cada polímero medidos a una rampa de calentamiento de  $20$  °C/min se despliegan en la Figura 4. Se puede ver una pérdida de peso alrededor de  $100$  °C, la cual se atribuye a la evaporación de agua, cuyo contenido está en alrededor de  $3\%$  a  $5\%$ . La línea base registra un descenso pronunciado a partir de  $200$  °C, el cual culmina con la pérdida de casi la totalidad de la muestra. Este resultado se atribuye a la degradación a productos volátiles, ya que las reacciones de combustión estarían bastante limitadas por el uso de atmósfera inerte. Puede notarse también en la Figura 4 que para todos los PVA la pérdida de peso no es monótona, indicando la superposición de diferentes mecanismos de degradación. Este hecho se visualiza claramente en la Figura 5 con los trazos de DTG. En esta, es fácil notar cómo existen diversos eventos o mecanismos de degradación que están superpuestos en la misma región de temperatura. Como es común en las técnicas calorimétricas, se puede obtener una mayor resolución del termograma, y posiblemente la completa separación de los eventos de la Figura 5, usando rampas de calentamiento bastante lentas ( $\sim 1$  °C/min). Sin embargo, se observó durante la experimentación que la resolución de los picos no era totalmente favorable utilizando este método. Por esta razón se optó por usar una separación numérica de los picos en la Figura 5, usando un algoritmo lorentziano-gaussiano mediante el software PeakFit®. Los resultados de aplicar este procedimiento se muestran en

forma gráfica en la Figura 6. Puede verse cómo de esta forma cada evento de degradación queda completamente aislado y factible de realizar la determinación de los parámetros cinéticos por alguno de los métodos descritos en la literatura (Park *et al.*, 2000). En este estudio se identificaron cinco eventos de degradación ubicados en intervalos de temperatura definidos como se muestra en la Tabla 2. La integración de los picos generados usando el algoritmo lorentziano-gaussiano, permite determinar la pérdida de peso asociada a cada uno de los eventos de degradación. Estos valores se consignan en la Tabla 2 para cada uno de los polímeros y rampas de calentamiento estudiados. Las diferencias entre las áreas del pico total y la suma de los deconvolutados fueron para todos los casos menores al 2%, que puede ser considerado un valor adecuadamente bajo.

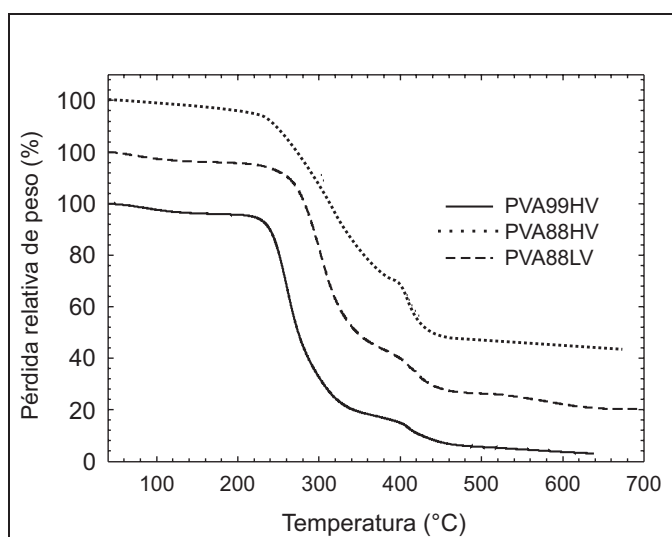


Figura 4. Curvas de pérdida porcentual de peso para los diferentes PVA a una velocidad de calentamiento de 5 °C/min (la escala en la ordenada fue intencionalmente desplazada para ayudar a visualizar las curvas)

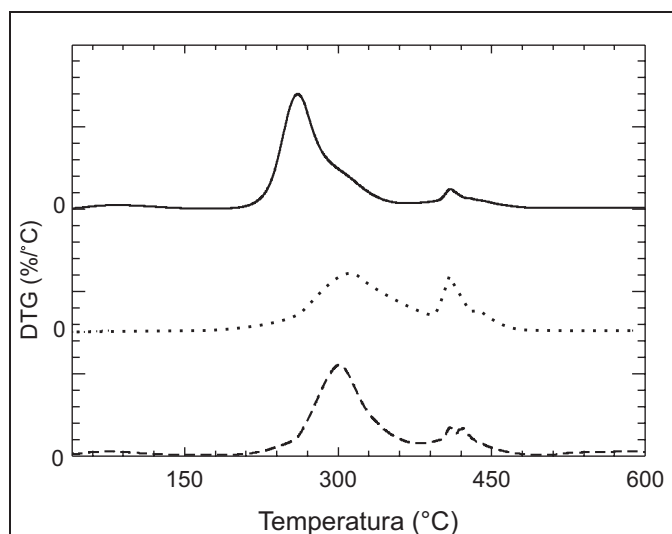


Figura 5. Curvas de DTG para los diferentes PVA a una Velocidad de calentamiento de 5 °C/min.: - PVA99HV;... PVA88HV; ---PVA88LV

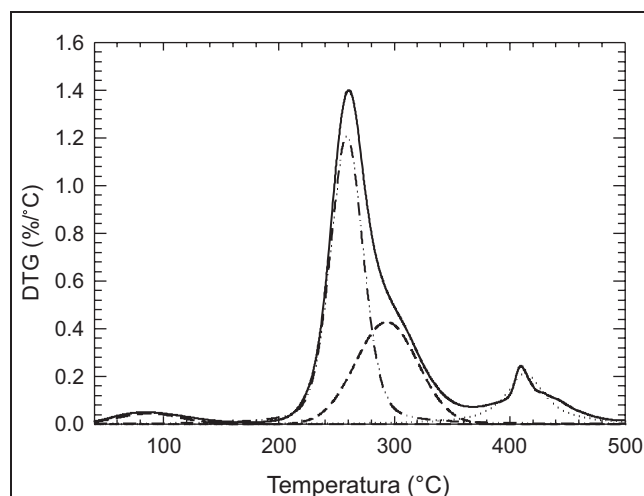


Figura 6. Deconvolución de la curva de DTG usando un algoritmo lorentziano-gaussiano para PVA99HV a una velocidad de calentamiento de 5 °C/min. La línea continua representa el trazo original, y las punteadas los picos separados

En la Tabla 2 el pico A se asocia con el desprendimiento de humedad ligada y no ligada del PVA. Los B y C se asociarían con el desprendimiento de grupos laterales formando agua, ácido acético y acetaldehído como subproductos, y los D y E estarían relacionados con formación de estructuras más pesadas en la degradación de la cadena principal. Realizando el balance estequiométrico para cada PVA es posible encontrar los porcentajes teóricos de los diferentes grupos funcionales involucrados en el mecanismo de degradación ilustrado en la Figura 2. Este balance se halla en la Tabla 3. Para el mayor grado de hidrólisis (PVA99HV) se puede ver la coincidencia entre el porcentaje de agua teórico reportado en la Tabla 3, y la pérdida de peso proveniente de la deconvolución del segundo evento (pico B) en la Tabla 2. Este resultado sería un indicativo del desprendimiento de grupos laterales como principal mecanismo de degradación de PVA. Puede observarse en la Tabla 2 que el pico B está solamente presente en el PVA99HV. Como se muestra en la Figura 3, el intervalo de fusión de los polímeros PVA88HV y PVA88LV coincide con el inicio del intervalo de temperatura del pico B, lo cual no sucede con el PVA99HV. Esto llevaría a pensar que el pico B está asociado a una degradación en estado cristalino, solamente predominante a esa temperatura en el PVA99HV, donde el principal mecanismo consiste en el desprendimiento de grupos laterales (Holland y Hay, 2001). El pico C corresponde a degradación en el estado fundido; igualmente, con desprendimiento de grupos laterales. Se nota que este evento en la Tabla 2 sobrepasa los valores teóricos indicados en la Tabla 3, por lo que se puede afirmar que el mecanismo de degradación de grupos laterales lleva a la descomposición de la cadena principal en un mecanismo como el propuesto en la Figura 2. Comparando las áreas del pico C, la mayor proporción la tiene el PVA88LV. Sin embargo, tanto el PVA99HV como el PVA88HV poseen picos adicionales, lo que demuestra que la degradación del PVA depende tanto del grado de hidrólisis como del peso molecular.

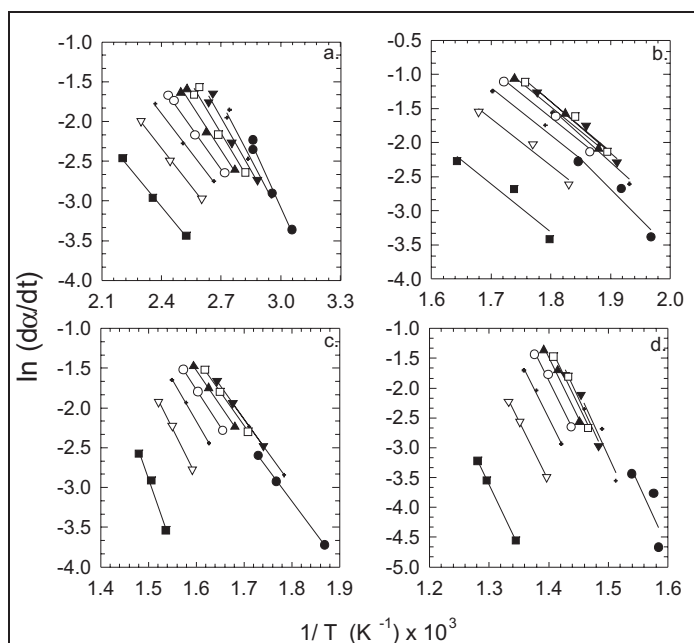


**Tabla 2.** Distribución de picos en las curvas de DTG para cada uno de los polímeros investigados

PVA	°C/min	Porcentaje de área de cada pico en DTG/Intervalo de temperatura				
		A 40-150 °C	B 150-350 °C	C 200-450 °C	D 350-500 °C	E 400-500 °C
PVA99HV	5	3,04	48,84	28,86	12,79	--
	10	3,57	42,52	34,45	13,51	--
	15	3,01	41,98	40,22	10,57	--
	20	4,53	43,74	34,73	12,89	--
PVA88HV	5	2,20	--	65,49	9,67	15,55
	10	3,82	--	65,65	17,11	9,56
	15	3,71	--	65,16	15,84	10,65
	20	2,43	--	69,56	19,14	4,93
PVA88LV	5	2,41	--	76,08	18,46	--
	10	2,36	--	82,00	12,52	--
	15	2,23	--	81,24	13,46	--
	20	1,97	--	86,48	10,23	--

**Tabla 3.** Valores teóricos de agua y ácido acético generados en la descomposición térmica del PVA

Muestra	H <sub>2</sub> O (%)	CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> H (%)
PVA99HV	40,1-40,5	0,7-1,4
PVA88HV	35,4-36,6	7,3-9,4
PVA88LV	35,4-36,6	7,3-9,4



**Figura 7.** Gráficas del modelo Friedman para los eventos encontrados en la descomposición térmica del PVA99HV: a) Pico A. b) Pico B. c) Pico C, y d) Pico D, a diferentes valores de conversión:  $\alpha = 0,1$  (\*),  $0,2$  (•),  $0,3$  (▼),  $0,4$  (□),  $0,5$  (▲),  $0,6$  (○),  $0,7$  (●),  $0,8$  (▽),  $0,9$  (■)

La separación de picos permite el cálculo en forma independiente de la cinética de cada uno de los eventos asociados a la degradación del PVA. La aplicación del modelo Friedman (Ecuación 4) se indica en la Figura 7 para los eventos A,B,C y D del polímero PVA99HV, presentando una tendencia lineal

marcada para cada fracción de pérdida de peso. Siguiendo dicho modelo, todos los puntos de las gráficas en la Figura 7 deberían colapsar en una sola línea recta. Este comportamiento únicamente se podría ver con un grado de dispersión aceptable para conversiones entre  $\alpha = 0.2 \sim 0.6$ . A valores más altos de conversión, otros factores pueden afectar la descomposición del polímero, produciendo las desviaciones que se notan en el comportamiento cinético. La Tabla 4 compara los valores correspondientes de las energías de activación y órdenes de reacción obtenidos mediante los modelos de Freeman-Carroll (Ecuación 3) y Friedman (Ecuación 4). A pesar de las diferencias que puedan darse entre los dos métodos, se puede decir que los valores son del mismo orden. Es interesante ver cómo a medida que el evento de descomposición se desplaza a mayor temperatura, su energía de activación se hace mayor y el orden de reacción tiende igualmente a incrementarse. Estos resultados sustentan las observaciones anteriores, donde se veía que el principal mecanismo de degradación corresponde al desprendimiento de grupos laterales, formando en este caso agua como subproducto. Se constata también cómo al disminuir el grado de hidrólisis los valores de  $E_A$  y  $n$  tienden igualmente a incrementar, indicando que los grupos acetato residuales en la cadena principal del PVA inducen un efecto de protección a la degradación térmica.

**Tabla 4.** Energías de activación ( $E_A$ ) y órdenes de reacción ( $n$ ) para los polímeros estudiados

Evento	PVA	Freeman-Carroll		Friedman	
		$E_A$ (kJ/mol)	$n$	$E_A$ (kJ/mol)	$n$
Pico A	PVA99HV	2,7-3,5	1,0	4,0	3,8
	PVA88HV	2,8-5	1,2	2,8	2,5
	PVA88LV	3-7,1	1,2	8,4	----
Pico B	PVA99HV	20-28	1,9	7,4	2,1
	PVA99HV	9,5-12,5	1,2	7,6	----
Pico C	PVA99HV	13,2-16,3	1,7	10,1	4,7
	PVA88HV	17-19,5	1,7	26,8	3,1
	PVA88LV	29-43	2,2	37,7	14,4
Pico D	PVA99HV	107-133,5	3,8	21,5	3,9
	PVA88HV	45-51,2	3,5	20,8	3,1
	PVA88LV				

### Conclusiones

La degradación térmica del PVA se da por un mecanismo combinado de varios eventos que toman lugar de forma secuencial o simultánea y que se pueden visualizar mediante estudios de TGA y DTGA, y ser analizados de manera independiente mediante un proceso de deconvolución. Se halló que el proceso degradativo se ve afectado por el grado de hidrólisis, la cristalinidad y el peso molecular del polímero. Para el PVA de alto peso molecular y alta hidrólisis (PVA-99HV) parte de la degradación ocurre en estado cristalino, y la pérdida de peso en esta etapa es del orden del agua estequiométrica generada por el desprendimiento de grupos laterales. Los grupos acetato en la cadena principal de los

polímeros con 88% de hidrólisis tienen un efecto protector en la degradación del PVA, desplazando el primer evento degradativo a temperaturas más altas. Para estas muestras no se observó el pico asignado al desprendimiento de grupos laterales en la de alta hidrólisis (~150°C), y la pérdida de peso registrada en el primer evento degradativo (Pico C), es mayor que las cantidades estequiométricas de agua y ácido acético que se podrían generar por desprendimiento de grupos laterales. A mayores temperaturas, para todas las muestras, se identifican otros mecanismos de degradación posiblemente asociados a la descomposición de la cadena polimérica en productos de bajo peso molecular, o descomposición de estructuras macromoleculares formadas en etapas anteriores de la degradación. Los métodos de Freeman-Carroll y Friedman arrojan valores de energía de activación y orden de reacción bastante diferentes. Sin embargo, se notó una coincidencia adecuada en los órdenes de reacción para el pico C en las dos muestras de baja hidrólisis, indicando un mecanismo similar de degradación, claramente diferenciable a la producida en estado cristalino del polímero de alta hidrólisis.

## Agradecimientos

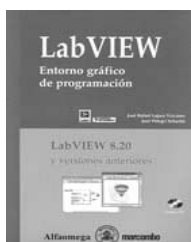
La presente investigación fue parcialmente financiada por la División de Investigaciones de la Universidad

Nacional de Colombia, de la Sede Bogotá, proyecto 20601003559.

## Bibliografía

- Ballistreri, A., Foti, S., Montaudo, G. and Scamporrino E., Evolution of aromatic compounds in the thermal decomposition of vinyl polymers., *Journal of Polymer Science: Polymer Chemistry Edition*, Vol. 18, 1980, pp. 1147-1153
- Holland, B.J. and Hay, J.N., The thermal degradation of poly(vinyl alcohol)., *Polymer*, Vol. 42, 2001, pp. 6775-6783
- Holland, B.J. and Hay, J.N., The thermal degradation of poly(vinyl acetate) measured by thermal analysis-Fourier transform infrared spectroscopy., *Polymer*, Vol. 43, 2002, pp. 2207-2211
- McNeill, I.C., Thermal degradation mechanism of some addition polymers and copolymers., *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Vol. 40-41, 1997, pp. 21-41
- Park, J.W., Oh, S.C., Lee, H.P., Kim, H.T. and Yoo, K.O., Kinetic analysis of thermal decomposition of polymer using a dynamic model., *Korean Journal of Chemical Engineering*, Vol. 17, No. 5, 2000, pp. 489-496
- Somani, P.R., Marimuthu, R., Viswanath, A.K. y Radhakrishnan, S., Thermal degradation properties of solid polymer electrolyte (poly(vinyl alcohol)+phosphoric acid)/methylene blue composites., *Polymer Degradation and Stability*, Vol. 79, 2003, pp. 77-83

# novedades Alfaomega Colombiana S.A.



**LabVIEW**  
Entorno gráfico de programación

LAJARA, José/PELEGRÍ, José  
Coedición: Alfaomega-Marcombo

Resumen del contenido:

I: INTRODUCCIÓN A LabVIEW: Entorno – Estructuras – Tipos de datos –II: ADQUISICIÓN Y COMUNICACIONES: Manejo de ficheros-Comunicación serie-Bus de comunicaciones GPIB-Adquisición de datos-Protocolos de comunicación; TCP y UDP-Acceso remoto VI S e r v e r  
III- PROGRAMACIÓN AVANZADA Sincronización y multihilo-Modelos de programación-Código externo-Optimización de la interfaz – Optimización del código – Otras plataformas.

Adquiera nuestros textos en el punto de venta **Alfaomega Carrera 15 No 64a - 29** o en las principales librerías del país.

Afíliase a nuestro **CLUB DEL CONOCIMIENTO** a través de nuestra página web, y reciba descuentos en nuestro punto de venta, contenidos actualizados vía Internet, información de novedades, prioridad en productos promocionales y entregas a domicilio sin costo adicional.

Visite nuestra página Web:  
[www.alfaomega.com.co](http://www.alfaomega.com.co)