

# Estudio del efecto de la variación de la viscosidad sobre el poder adhesivo del cianoacrilato de n-butilo

---

CARLOS CORDOVÍ FELIPE<sup>1,2</sup>, YENNIS MOLINA ALFONSO<sup>2</sup>, JOSÉ M. MARTÍN MARTÍNEZ<sup>3</sup>,  
MARÍA DEL MAR MAHIQUES BUJANDA<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría.  
Centro de Estudios de Ingeniería de Procesos.

<sup>2</sup> Universidad de La Habana. Centro de Biomateriales.  
Departamento de Producción y Desarrollo Tecnológico

<sup>3</sup> Universidad de Alicante. Departamento de Química Inorgánica.  
Laboratorio de Adhesión y Adhesivos.

## Resumen

*Los cianoacrilatos se adhieren fuertemente a los tejidos vivos cuando son aplicados en forma de una delgada capa, esto ha promovido el estudio y uso de estos materiales como adhesivos tisulares. Ellos poseen también la propiedad de favorecer la coagulación de la sangre por lo que se han estudiado y aplicado como agentes hemostáticos.*

*La viscosidad de estos compuestos se encuentra en el rango de 2 a 2,5 cP medidos a 26 °C. Sin embargo en estudios de estabilidad realizados en el laboratorio a temperatura de conservación por debajo de 8 °C se ha detectado que en el período de un año se incrementa gradualmente este valor, aunque se mantiene dentro de los límites aceptables para su aplicación en la medicina.*

*En este trabajo se comprobó, mediante mediciones de fuerzas de cizalla a probetas de TRI utilizando cianoacrilato de n-butilo como adhesivo, que la variación de la viscosidad dentro del rango de aplicación en medicina no afecta significativamente la fuerza de adhesión del adhesivo. Se demostró también un comportamiento lineal en un rango de valores de hasta 20 cP entre la fuerza de cizalla y la viscosidad y que el mecanismo de ruptura de las probetas de fallo cohesivo, es decir, que en estos casos la fuerza de adhesión es óptima.*

## Summary

*Cyanoacrylates adhere strongly to living tissue when applied in a thin layer and this has prompted researches and applications as a tissue adhesive. They also have the ability to coagulate blood on contact and also have therefore been investigated and applied as hemostatic agents.*

*Cyanoacrylate's viscosity fluctuate from 2 to 2,5 cP at 26 °C. However in stability studies developed for one long, viscosity values increase within the application range in medicine field.*

*Tangential forces have been measured to thermoplastic rubber substrate (TRI) using n-butyl cyanoacrylate as adhesive with different viscosity, results prove that bellow 10 cP there was not a really effect on tangential forces. Lineal correlation of this two parameters was obtained as far as viscosity gets values of 20 cP. It was demonstrated also that the rupture mechanism or subtracts is cohesive fail type, it means that the power adhesion is optimal*

**Keywords:** cyanoacrylates, adhesion, adhesives bonds, lap shear test, shear strength

---

## Correspondencia:

Carlos Cordoví Felipe

Centro de Biomateriales. Departamento de Producción y Desarrollo Tecnológico.

Universidad de La Habana.

Fax: 537 335863,

Email: ccordovi@biomat.uh.cu

## Introducción

En los últimos años, adhesivos de cianoacrilatos de baja viscosidad (hasta 10 cP) se han comenzado a emplear en medicina con fines quirúrgicos para reemplazar las suturas y como agentes hemostáticos encontrándose en bibliografía reportados numerosos estudios de sus posibilidades en estas esferas<sup>1</sup>. Su efectividad en este campo se debe a la resistencia a la separación de sus enlaces con la piel, polimerizan en presencia de humedad en breve tiempo y forman una capa protectora sobre el tejido dañado.

Cuando se emplean los cianoacrilatos de metilo y etilo se observa una elevada reacción histotóxica e inflamatoria debida a la acumulación de los productos de degradación<sup>2,3</sup>. Cuando se trata de cianoacrilatos de cadenas laterales más largas, estos presentan una velocidad de degradación más lenta y una tasa reducida de productos de degradación por unidad de tiempo, lo que mejora la capacidad del organismo de eliminarlos eficientemente. Por esta razón es el cianoacrilato de n-butilo el más comúnmente utilizado en las formulaciones de los adhesivos quirúrgicos basados en cianoacrilatos de alquilo.

En estudios de estabilidad realizados<sup>4</sup> a adhesivos tisulares basados en cianoacrilato de n-butilo se detecta que durante el período de almacenamiento de un año, por debajo de 8 °C, se produce un ligero incremento en la viscosidad del producto debido sustancialmente al inicio de la polimerización radicalica (siempre por debajo de los 10 cP) lo que determina la necesidad de conocer el efecto de la presencia de oligómeros sobre la adhesividad del producto.

Con el objetivo de determinar la influencia de la variación de viscosidad en el poder adhesivo del cianoacrilato de n-butilo se procedió a realizar un estudio acerca de la relación de estos parámetros en un rango bajo de viscosidad.

## Materiales y Métodos

Se utilizó cianoacrilato de n-butilo (lote 9006, con pureza mayor del 99%) producido en el Centro de Biomateriales de la Universidad de La Habana.

Las probetas utilizadas son de caucho termoplástico. CSBS en bloque con sílice (TR1), de 15 cm de longitud, 3 cm de ancho, y 0,7 cm de espesor, y se consideran normalizadas en el sector del calzado, fueron suministradas por el Instituto Tecnológico del Calzado y Conexas (INESCOP),

España.

Se utilizó una Máquina Universal de Ensayos ADAMEL LHOMARGY, modelo: DY 32, de 5 kN de capacidad. Se trabajó a una velocidad de 20 mm/min. Los extremos de las probetas se sujetaron en las mordazas de la máquina y se realizó el test de cortadura, calculándose la fuerza máxima implicada en la unión a través del software DELTRAC usado para el procesamiento de los datos.

Las probetas utilizadas se limpiaron con metiletilcetona, transcurridos 15 minutos, se aplicó 0,05 mL adhesivo en un área de 3cm x 3cm, y se procedió a la unión de las probetas. El tiempo desde la aplicación del adhesivo hasta la medición fue superior a 12 horas.

Los espectros infrarrojos se obtuvieron con un FT-IR Nicolet 205. Se seccionaron las probetas en el área de adhesión y se hacen los espectros a la superficie de ambas probetas utilizadas en el ensayo usando un cristal de germanio. Los espectros obtenidos se procesan a través de un software (OMNIC) para el tratamiento de los resultados.

Se hacen diez réplicas de las mediciones con el cianoacrilato de n-butilo para cada viscosidad de la muestra, la variación de viscosidad se logra mediante la formación de policianoacrilato de n-butilo en la misma a través de calentamientos en agua a 100 °C. De los valores obtenidos de fuerza de cizalla se calcula la media. La viscosidad del cianoacrilato para cada ensayo fue determinada mediante un viscosímetro Ubbelohde a 22 °C.

## Resultados y Discusión

En trabajos anteriores<sup>5</sup> desarrollados por los autores se comprobó la eficacia de la probeta tipo TR1 para desarrollar ensayos de cortadura con cianoacrilato de n-butilo. A continuación se muestran en las Tablas I a IV los resultados obtenidos de la fuerza y el tipo de mecanismo de ruptura presentadas en las mediciones realizadas a diferentes viscosidades de la muestra.

En el mayor número de los casos recogidos en las Tablas, el tipo de ruptura de la unión es un fallo cohesivo en el seno del adhesivo, lo que sustenta la hipótesis de un óptimo contacto en la interfase entre el adhesivo y el sustrato<sup>6</sup>.

En las ocasiones que el software no ofrece resultados es porque la ruptura se produce a tensiones que están por debajo del límite de integración del programa, la ruptura se produce en la interfase adhesivo adherente producido por una deficiente adhesión. La causa que motiva este resultado des-

**Tabla I.** Ensayo de cortadura para  $\mu= 5,30$  mPas

No de probeta	Fuerza de cizalla (kN/m)	Tipo de fallo
1	13.6	Fca
2	13.5	Fca
3	13.6	Fca
4	-	-
5	13.6	Fca
6	12.9	Fca
7	13.9	Fca
8	13.8	Fca
9	-	-
10	-	-
Media	13.6	

**Tabla II.** Ensayo de cortadura para  $\mu = 6,67$  mPas

No de probeta	Fuerza de cizalla (kN/m)	Tipo de fallo
1	13.4	Fca
2	13.1	Fca
3	15.6	Fca
4	13.1	Fca
5	14.4	Fca
6	13.5	Fca
7	-	-
8	13.1	Fca
9	11.6	Fca
10	-	-
Media	13.5	

**Tabla III.** Ensayo de cortadura para  $\mu = 8,54$  mPas

No de probeta	Fuerza de cizalla (kN/m)	Tipo de fallo
1	14.4	Fca
2	13.3	Fca
3	12.2	Fca
4	13.2	Fca
5	-	-
6	-	-
7	13.3	Fca
8	-	-
9	-	-
10	12.8	Fca
Media	13.3	

**Tabla IV.** Ensayo de cortadura para  $\mu = 17,89$  mPas

No de probeta	Fuerza de cizalla (kN/m)	Tipo de fallo
1	12.5	Fca
2	11.6	Fca
3	13.4	Fca
4	13.5	Fca
5	12.7	Fca
6	12.1	Fca
7	-	-
8	12.2	Fca
9	12.5	Fca
10	13.3	Fca
Media	12.6	

La distancia en mm es el ancho de la probeta.

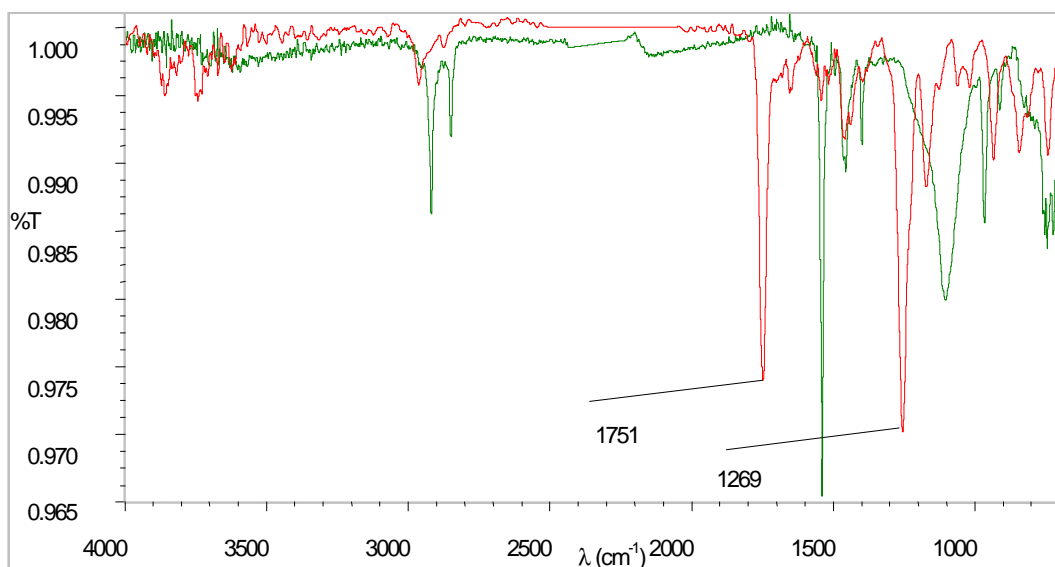
causa en un posible proceso inadecuado de aplicación de los adhesivos.

En las figuras 1 y 2 se recogen dos ejemplos de los espectros IR de la superficie de las probetas limpias y después de la ruptura. El espectro en verde corresponde a la probeta limpia y el rojo a la superficie de la probeta luego de la ruptura de la unión. En ambos casos se observa en el espectro de la probeta luego de la ruptura la aparición de las bandas características de la presencia de ésteres, señaladas a 1751, 1269 y 1263  $\text{cm}^{-1}$ , en cada caso, que no estaban presentes en la probeta limpia, confirmando el mecanismo de ruptura como fallo cohesivo en el seno del adhesivo.

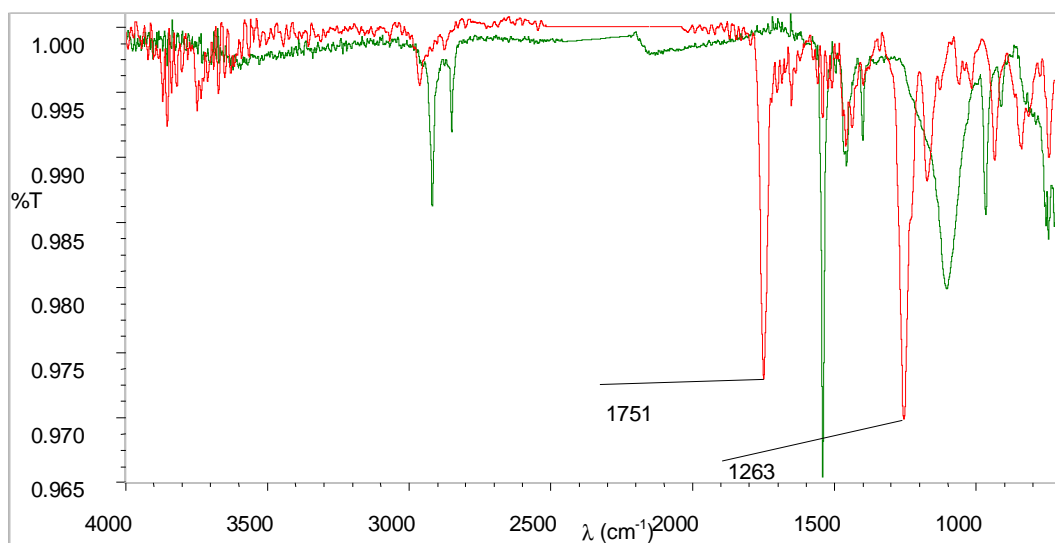
Es importante señalar que en el desarrollo de los tres primeros experimentos se observó la poca variación que se obtenía en el valor de la fuerza tangencial al incrementarse la viscosidad hasta valores cercanos a 10 cP, rango aplicable al uso de este producto en el campo de la medicina y se decidió incrementar la viscosidad a un valor cercano a 20 cP observándose un comportamiento similar.

## Conclusiones

Se ha demostrado que la variación en las fuerzas de cizalla medidas en probetas TR1, para diferentes viscosidades de muestras de cianoacrilato



**Figura 1.** Espectros IR de la probeta A antes de aplicar el adhesivo y después de la ruptura. (cianoacrilato de  $\mu = 8,54$  cP)



**Figura 2.** Espectros IR a la probeta B antes de aplicar el adhesivo y después de la ruptura. (cianoacrilato de  $\mu = 8,54$  cP)

de n-butilo, no son significativas por debajo de un valor de 10 cP, rango de trabajo permisible en aplicaciones médicas. Se observa que hasta el valor máximo de viscosidad utilizado en este trabajo de 17,89 cP, el comportamiento es similar.

Se concluye que el mecanismo de ruptura que se presenta en las mediciones de probetas de TR1 unidas con cianoacrilato de n-butilo son del tipo fallo cohesivo en el adhesivo, el que ofrece las uniones adhesivas más fuertes y ratifica la conclusión anterior.

### **Bibliografía**

1. **H. Lee**, Cyanoacrylate Resins- The Instant Adhesives. A Monograph of Their Applications and Technology. Pasadena Technology Press Ed, USA, (1986).
2. **JE Shoenberg**, en: Cyanoacrylates, Engineered Materials Handbook, ASM International Ed. USA, (1990), p 126-132.
3. **Papatheofanis F y Barmada R**. The principles adheand applications of surgical adhesives. Surgery Annual. 1993, 25: 49-80.
4. **Y. Molina**. Estudio toxicocinético de los productos de degradación del cianoacrilato de etilo. Tesis de MSc. Universidad de La Habana. (1998), Cuba
5. **C. Cordoví, Y. Molina, J.M. Martín y M.del M. Mahiques**. Sistema de medición de la adhesión del cianoacrilato de n-butilo. Ponencia, 2do Congreso Internacional de Biomateriales, (1999), Cuba
6. **J. M. Martínez**. Adhesión y Uniones Adhesivas. Universidad de Alicante, España, (1998).