

# Nota de Nomenclatura Macromolecular No. 16

L. H. Sperling<sup>†</sup> y W. V. Metanowski\*

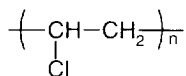
<sup>†</sup>Center for Polymer Science and Engineering, Polymer Interfaces Center, Materials Research Center, and Departments of Chemical Engineering and Materials Science and Engineering, Lehigh University, Bethlehem, PA 18015-3194

\*Chemical Abstracts Service, P.O. Box 3012, Columbus, OH 43210-0012

## NOMENCLATURA MODERNA Y TERMINOLOGIA PARA CIENCIA E INGENIERIA DE POLIMEROS

El objetivo de esta Nota de Nomenclatura Macromolecular es mejorar la comunicación con la Comisión de Nomenclatura Macromolecular de la IUPAC, y recopilar el material de consulta disponible para los autores que contribuyen a los Preprints de POLY y PMSE. Por lo tanto, se presentarán diversos ejemplos con las correspondientes referencias de la IUPAC ó nomenclatura relacionada.

Lo que mucha gente llama *nomenclatura* en ciencia de polímeros e ingeniería puede ser dividido convenientemente en dos subcategorías, *nomenclatura* propia, y *terminología*. Por ejemplo, nombres como poliestireno y poliamida 66, los cuales están basados en la estructura, y los nombres basados en la estructura formal de la IUPAC como poli(1-fenilenoetileno) y poli(iminohexametilenoiminoadipóilo) están ubicados propiamente en el campo de la nomenclatura, mientras nombres como craze (fisuras), fibril (fibrillas), módulo, interfase, y viscosidad caen en la categoría de terminología. Hasta ahora, el campo de la nomenclatura propia ha sido extremadamente activo con publicaciones numerosas, mientras que el campo de terminología de polímeros, desafortunadamente, está comenzando a ser desarrollado sistemáticamente. El propósito en conjunto, para ambos nomenclatura macromolecular y terminología, es proveer un único nombre para cada sustantivo posible y verbo utilizado por científicos del área de polímeros e ingenieros que sea fácil de entender. Mientras que las áreas de química orgánica e inorgánica, a través de su larga historia, tienen nomenclatura bien organizada y utilizada, se pueden encontrar todavía en la literatura de polímeros moderna nombres para

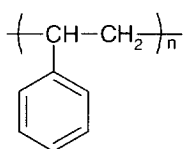


como cloruro de polivinilo, polivinilcloruro, y otros menos adecuados, mientras que el nombre correcto basado en el material de partida es poli(cloruro de vinilo). Si este artículo promueve que el lector "lo busque," entonces ha sido exitoso!.

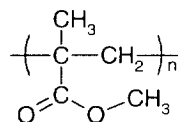
### Historía de la Nomenclatura Macromolecular

Mientras que la historia de la nomenclatura macromolecular se remonta a años anteriores a 1952<sup>1</sup>, el primer reporte de los tiempos modernos fue publicado en 1968.<sup>2</sup> Los nombres de unos cuantos polímeros comunes y poco comunes, derivados de la Ref. 2, son mostrados en la Tabla 1. Mientras que la primera fila de estructuras tienen ambos nombres, comunes y basados en la estructura, los polímeros de escalera y de sistemas de anillos heterocíclicos en la siguiente fila solamente tienen nombres basados en la estructura.

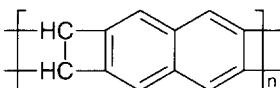
Tabla 1. Estructuras Selectas y Nomenclatura



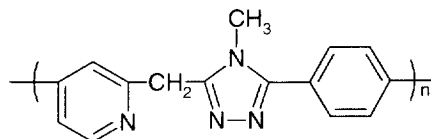
poliestireno  
poli(1-feniletileno)



poli(metil metacrilato)  
poli[1-(metoxicarbonilo)-1-metiletileno]



poli(1,2-dihidrociclobuta[b]-naftaleno-1,2:5,6-tetraol)



poli[4,2-piridinadiilometileno(4-metil-4H-1,2,4-triazol-3,5-diilo)-1,4-fenileno]

Las recomendaciones dadas en la Ref. 2, limitada a polímeros regulares de cadena sencilla, fueron adoptadas por la Comisión de Nomenclatura Macromolecular de la IUPAC.<sup>3</sup> Esto fue seguido por un número significativo de artículos en otros polímeros, incluyendo polímeros de multicomponentes (ó varios componentes), como copolímeros en bloque,<sup>4</sup> polímeros inorgánicos,<sup>5</sup> polímeros de cadena doble,<sup>6</sup> polímeros orgánicos irregulares,<sup>7</sup> y recientemente en otros sistemas de multicomponentes.<sup>8</sup> La IUPAC<sup>9</sup> ha reimprimido las recomendaciones hasta 1990. La nomenclatura de polímeros fue revisada por Carraher, *et al*<sup>10</sup> y recientemente por Coleman.<sup>11</sup>

Existen dos esquemas cinéticos para la mayoría de las polimerizaciones, polimerización en cadena y en pasos. La Tabla 2<sup>12</sup> muestra una breve descripción de la nomenclatura de polímeros obtenidos en cadena. La Tabla 3<sup>12</sup> muestra información similar de polímeros obtenidos en pasos. Por favor observe los nombres *en cadena* y *en pasos*, en lugar de adición y condensación. Los términos modernos son más amplios, y están basados en la cinética de polimerización.

| Tabla 2. Ejemplos y Nomenclatura de Estructuras de Polímeros Obtenidos en Cadena |                                                                            |                   |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Estructura                                                                       | Nombre Basado en el Material de Partida                                    | Aplicación        |
| $(-CHR-CH_2-)_n$                                                                 | Polialquilenos; clase "Vinilo"                                             |                   |
| R = -H                                                                           | Polietileno                                                                | Plástico          |
| R = -CH <sub>3</sub>                                                             | Polipropileno                                                              | Cuerda            |
| R = -Cl                                                                          | Poli(cloruro de vinilo)                                                    | "Vinilo"          |
| $[-CX(CO_2R)-CH_2-]_n$                                                           | Poliacrilatos<br>X = -H, acrílicos;<br>X = -CH <sub>3</sub> , metacrílicos |                   |
| X = -H, R = -C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>                                       | Poli(acrilato de etilo)                                                    | Pinturas de látex |
| X = -CH <sub>3</sub> , R = -CH <sub>3</sub>                                      | Poli(metil metacrilato)                                                    | Plástico          |
| $(-CH_2-CR=CH-CH_2-)_n$                                                          | Polialquilenos;<br>clase "Dieno"                                           |                   |
| R = -H                                                                           | Polibutadieno                                                              | Llantas           |
| R = -CH <sub>3</sub>                                                             | Poliisopreno                                                               | Llantas           |
| $(-CX_2-CR_2-)_n$                                                                | Poli(haloalquilenos);<br>clase "Vinilenos"                                 |                   |
| X = -H, R = -F                                                                   | Poli(fluoruro de vinilideno)                                               | Plástico          |
| X = -F, R = -F                                                                   | Politetrafluoroetileno                                                     | Teflón®           |

| Tabla 3. Ejemplos y Nomenclatura de Estructuras de Polímeros Obtenidos en Pasos |                                                  |                 |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|
| Estructura                                                                      | Nombre                                           | Nombre Común    |
| $(-R-CO_2-R')_n$                                                                | Poliéster                                        |                 |
| $(-O-CH_2-CH_2-O-CO-C_6H_4-CO-)_n$                                              | Poli(etilen tereftalato)                         | Dacrón®         |
| $(R-NH-CO-R')_n$                                                                | Poliamida                                        |                 |
| $[-NH-(CH_2)_6-NH-CO-(CH_2)_8-CO-]_n$                                           | Poli(hexametilen sebacoamida)                    | Poliamida 6,10  |
| $(-R-NH-CO-O-R')_n$                                                             | Poliuretano                                      |                 |
| $[-O-(CH_2)_4-]_n$                                                              | Poli(oxitetrametileno)<br>(Politetrahidrofurano) |                 |
| $\{-[O-(CH_2)_4-]_mNH-CO-\}_n$                                                  | Un poliuretano posible                           | Spandex         |
| $[-O-Si(CH_3)_2-]_n$                                                            | Poli(dimetilsiloxano)                            | Hule de silicón |

### Nomenclatura de Copolímeros

En general, los copolímeros son definidos como materiales poliméricos que contienen dos ó más tipos de unidades (meros). Sin embargo, es importante diferenciar dos tipos de copolímeros, aquellos con distribuciones estadísticas de meros, ó secuencias cortas de meros, Tabla 4,<sup>13</sup> y aquellos que contienen secuencias largas de meros conectadas entre sí de alguna forma, Tabla 5.<sup>13</sup> (El término mero es definido como la unidad derivada del monómero que forma parte del polímero. Así, cuando uno se refiere a unidades individuales que forman parte del polímero ó copolímeros, el término *monómero* no debe de usarse para prevenir confusión con los verdaderos monómeros que pueden ser mencionados simultáneamente.) Tablas 4 y 5 enfatizan el término que une a los meros A, B, C, X, e Y. Por ejemplo, poliA puede representar polietileno ó poliisopreno.

| Tabla 4. Nomenclatura de Copolímeros de Secuencias Cortas |              |                     |
|-----------------------------------------------------------|--------------|---------------------|
| Tipo                                                      | Conectividad | Ejemplos            |
| Homopolímero                                              | Ninguna      | PoliA               |
| No especificado                                           | -co-         | Poli(A-co-B)        |
| Estadístico                                               | -stat-       | Poli(A-stat-B)      |
| Al azar                                                   | -ran-        | Poli(A-ran-B)       |
| Alternado                                                 | -alt-        | Poli(A-alt-B)       |
| Periódico                                                 | -per-        | Poli(A-per-B-per-C) |
| Red                                                       | -net-        | net-PoliA           |

| Tabla 5. Nomenclatura de Copolímeros de Secuencias Largas |              |                          |
|-----------------------------------------------------------|--------------|--------------------------|
| Tipo                                                      | Conectividad | Ejemplo                  |
| Mezcla polimérica                                         | -blend-      | PoliX-blend-poliY        |
| Copolímero en bloque                                      | -block-      | PoliX-block-poliY        |
| Copolímero de injerto                                     | -graft-      | PoliX-graft-poliY        |
| Red de polímeros interpenetrada                           | -ipn-*       | net-poliX-ipn-net-poliY  |
| Entrecruzamiento AB                                       | -net-        | PoliX-net-poliY          |
| Bloques de estrella                                       | -star-       | star-(poliX-block-poliY) |
| Estrella segregada                                        | -star-       | star-(poliX; poliY)      |

\*Algunos autores usan -inter-

En la Tabla 4, la conectividad -co- describe una secuencia sin especificación de diferentes meros en un polímero. Mientras que la literatura antigua usa -co- para indicar un copolímero estadístico, donde los meros aparecían en un orden estadístico, actualmente el arreglo estadístico es indicado con -stat-. En este caso, la distribución secuencial de meros sigue una distribución estadística. Un copolímero *al azar* es un copolímero estadístico en el cual la probabilidad de encontrar un mero en particular en un sitio específico

es independiente de la naturaleza de las unidades vecinas. Así, la mayoría de las mezclas de los meros polimerizados simultáneamente para obtener un polímero deben de llevar el término *-stat-*, y el término *-ran-* es reservado para aquellos casos donde la distribución de meros sigue las relaciones matemáticas requeridas.

Una distribución de meros que no es al azar es cuando los meros A y B se alternan. Un ejemplo de un copolímero alternado es



El término *-per-* es reservado para tres ó más meros que forman una secuencia repetida específicamente. El término más moderno *net-*, un prefijo, se incluye en la Tabla 4 para indicar un polímero entrecruzado para formar una red.

Las secuencias de meros delineadas en la Tabla 4 pueden ser unidas de varias formas para formar las composiciones de la Tabla 5. La Figura 1 representa las composiciones definidas en la Tabla 5. Un ejemplo de un copolímero de 3 bloques puede ser



por mencionar un copolímero en bloque que es ampliamente usado para suelas de zapatos y muchas otras aplicaciones. En un copolímero de injerto, el polímero que forma el esqueleto se nombra primero, y la cadena lateral se nombra posteriormente. Una mezcla polimérica se incluye aquí, como un caso topológico de dos polímeros sin ningún enlace(s), llevando la conectividad *-blend-*.

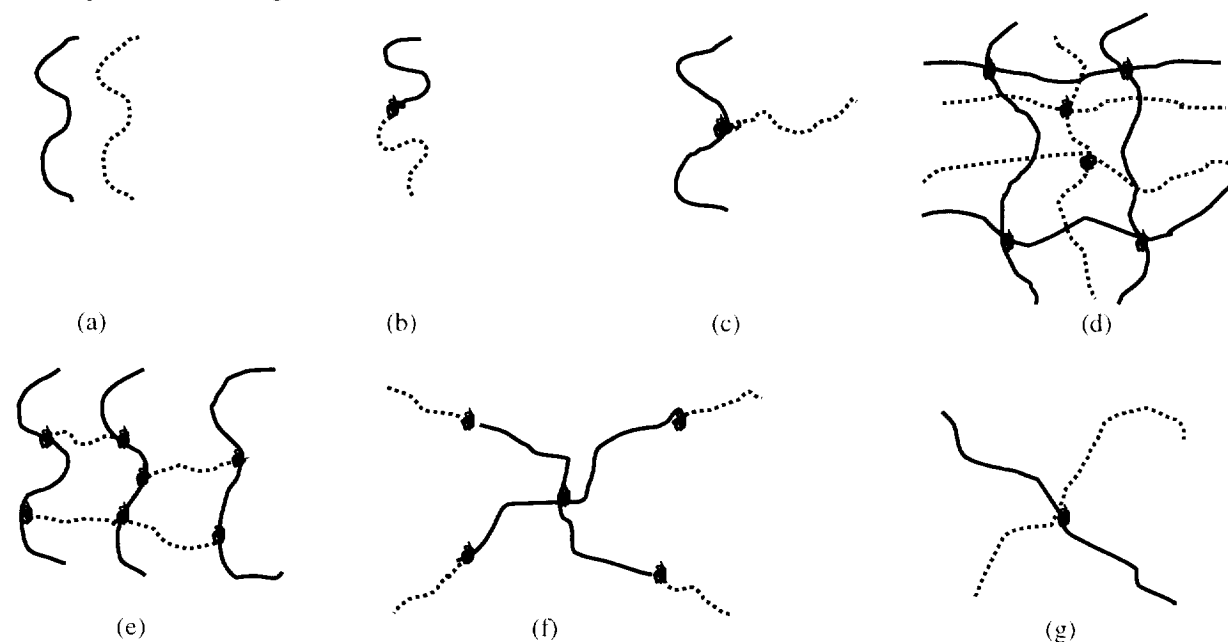


Figura 1. Estructuras básicas de copolímeros de secuencias largas.

Polímero I: Polímero II:

(a) Mezcla polimérica, (b) copolímero en bloque, (c) copolímero de injerto, (d) red de polímero interpenetrada, (e) AB-copolímero entrecruzado, (f) copolímero de bloques de estrella, y (g) copolímero de estrella segregada.

## Terminología

Un documento con recomendaciones de terminología de mezclas poliméricas y materiales poliméricos de varias fases ha sido enviado por Work<sup>14</sup> a la Comisión de la IUPAC. Recomendaciones en términos relacionados a las propiedades mecánicas no últimas (propiedades mecánicas no máximas) de polímeros fueron recientemente publicadas.<sup>15</sup>

Una *mezcla polimérica* es definida como una mezcla macroscópicamente homogénea de dos ó más especies diferentes de macromoléculas.<sup>14</sup> El término *miscibilidad* es definido como la capacidad de una mezcla para formar una sola fase homogénea que es termodinámicamente estable con respecto a separación de fases en un cierto rango de temperaturas, presión, distribución de masas molares, y composición.<sup>14</sup> El término *estructura de microdominio*, también llamado *morfología de microfase*, se define como morfologías separadas a nivel microscópico en el dominio de fases que se observa en copolímeros en bloque que tienen bloques inmiscibles.<sup>14</sup> *Morfología de inclusión múltiple*, algunas veces llamada *morfología de tipo salami*,<sup>14</sup> es definida como morfología de varias fases en la cual el dominio de una sola fase de un polímero encapsula completamente dominios de fases múltiples de un segundo polímero. Cuando el material es un plástico reforzado con hule, los términos usados son comúnmente *dominio celular de hule*, dentro del cual existen *dominios celulares ocluidos*.<sup>16</sup>

Términos mecánicos incluyen el *módulo de Young*,  $E$ , definido como el cociente uniaxial de esfuerzo (stress) ( $\sigma$ ) sobre deformación (strain) ( $\epsilon$ ) en el límite de deformación cero.<sup>15</sup>

$$E = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} (\sigma / \epsilon) \quad (3)$$

El tiempo de relajación,  $\tau$ , es definido como el tiempo que caracteriza la respuesta de un líquido viscoelástico ó sólido a la aplicación instantánea de una deformación constante.<sup>15</sup>

Metanomski, Sperling, y otros han publicado una serie de artículos breves en la sección de Introducción de *Polymer Preprints*,<sup>17</sup> y en la Última Página (*Back Page*) de *Polym. Mater. Sci. Eng. (Prepr.)*.<sup>16,17</sup> Cada uno de estos proporciona una breve revisión en aspectos particulares de nomenclatura y terminología.

Esta nota es publicada simultáneamente en *Polym. Mater. Sci. Eng. (Prepr.)*, **80**, Back Page (1999).

## REFERENCIAS

1. IUPAC Report on Nomenclature in the Field of Macromolecules, *J. Polym. Sci.*, **8**, 257 (1952).
2. A Structure-Based Nomenclature for Linear Polymers, *Macromolecules*, **1**, 193 (1968).
3. IUPAC, *Pure Appl. Chem.*, **48**, 373 (1976).
4. IUPAC, *Pure Appl. Chem.*, **57**, 1427 (1985).
5. IUPAC, *Pure Appl. Chem.*, **57**, 149 (1985).
6. IUPAC, *Pure Appl. Chem.*, **65**, 1561 (1993).
7. IUPAC, *Pure Appl. Chem.*, **66**, 873 (1994).
8. IUPAC, *Pure Appl. Chem.*, **69**, 2511 (1997).
9. IUPAC, *Compendium of Macromolecular Nomenclature*, W. V. Metanomski, Ed., Blackwell, Oxford, 1991.
10. C. E. Carraher, Jr., G. Hess, and L. H. Sperling, *J. Chem. Educ.*, **64**, 36 (1987).
11. E. A. Coleman, *Plast. Eng.*, **49**(6), 47 (1993).
12. L. H. Sperling, *Introduction to Physical Polymer Science*, 2<sup>nd</sup> Ed., Wiley, New York, 1992.
13. L. H. Sperling, *Polymeric Multicomponent Materials: An Introduction*, Wiley, New York, 1997.

14. W. J. Work, *Definitions of Terms Related to Polymer Blends and Multi-Phase Polymeric Materials*, submitted to the IUPAC Commission on Macromolecular Nomenclature (1998).
15. IUPAC, *Pure and Appl. Chem.*, **70**, 701 (1998),
16. L. H. Sperling, *Polym. Mater. Sci. Eng. (Prepr.)*, **78**, Back Page (1998).
17. *Polym. Prepr.*, **32**(1), 655 (1991); **33**(2), 6 (1992); **34**(1), 6 (1993); **34**(2), 6 (1993); **35**(1), 6 (1994); **36**(1), 6; **36**(2), 6 (1995); **37**(1), 6 (1996); **39**(1), 9; **39**(2), 6 (1998).
18. *Polym. Mater. Sci. Eng. (Prepr.)*, **68**, 341; **69**, 575 (1993); **72**, 612 (1995); **74**, 445 (1996); **78**, Back Page; **79**, Back Page (1998).