

Fibras de Poliamida Desarrollo y Previsiones

J. Gacén (*)

0. Resumen

Se describen las etapas más importantes del desarrollo de las fibras de poliamida, las diferencias entre el nylon 6.6 y el nylon 6, y las propiedades de otras fibras de poliamida comercializadas o de comercialización próxima. También se indican las producciones, la distribución del consumo en el sector textil o industrial y las previsiones para el año 2000.

1. ANTECEDENTES

Procedente de la Universidad de Harvard, W. Carothers inició en 1928 sus actividades en du Pont, para dirigir un programa de investigación básica sobre la estructura de los polímeros y el estudio del mecanismo de polimerización.

El equipo de Carothers preparó y caracterizó una amplia gama de polímeros de condensación, primeramente poliésteres (1) (2) y más tarde poliamidas, porque aquellos fundían a temperaturas demasiado bajas, intentaron polimerizar el ácido E-aminocaproico, pero sin resultados satisfactorios. Con el ácido W-aminoundecanoico se preparó un alto polímero que fundía a 195 °C. Con él se prepararon fibras que poseían buenas propiedades. Sin embargo, se consideró que la temperatura de fusión era todavía baja y la atención se dirigió hacia las poliamidas preparadas a partir de diácidos y de diaminas (poliamidas AA-BB). Clave muy importante de la tarea realizada fue la síntesis de intermedios de gran pureza, ya que no se disponía de la amplia gama de productos orgánicos que tiene a su disposición el químico de hoy.

El 28 de febrero de 1933 se sintetizó el nylon 6.6 que fundía a 263 °C. Pronto se reconoció que este polímero era el que ofrecía la mejor combinación en cuanto a propiedades y expectativas de coste de fabricación. A finales de 1939 se inició la producción de fibra en la planta construida en Seaford.

(*) Prof. Dr. Ing. Joaquín Gacén Guillén. Sub-Director de Investigación de este Instituto y Jefe de su Laboratorio de «Polímeros Textiles». Catedrático de «Polímeros Textiles» de la E.T.S.I.I. de Terrassa.

El 15 de mayo de 1940 las medias de nylon podían ser adquiridas por el público en todo el territorio de los Estados Unidos. Anteriormente se exhibieron en la Feria Mundial de Nueva York (1939) y se comercializaron a título de ensayo en seis almacenes de Wilmintong, formándose grandes colas para adquirirlas (3). La venta pública del nylon fue pronto interrumpida por la entrada de U.S.A. en la Segunda Guerra Mundial, a finales de 1941. Con este motivo la producción de nylon se dedicó a aplicaciones militares, tales como tejidos para globos, cuerdas para cables de planeadores, cord para neumáticos de aviones y prendas militares.

Tras el descubrimiento del nylon 6.6, fue necesario un trabajo interdisciplinar para solucionar los problemas de ingeniería planteados por la hilatura por fusión (manipulación y bombeo de fundidos a temperaturas muy altas) y por el estirado de los filamentos a tres o cuatro veces su longitud original.

Por su parte P. Schlack de I.G. Farberindustrie polimerizó la caprolactama a nylon 6 en 1937. Las primeras fibras se prepararon en 1938 y la producción a gran escala se inició en 1941. Lo que no fue posible a partir del ácido E-aminocaproico si lo fue utilizando la caprolactama como monómero. Finalizada la Segunda Guerra Mundial y disuelto el consorcio I.G., la producción de fibras de nylon fue reiniciada por la Vereneigte Glanstoff Fabrik, también en Alemania.

Es justo rendir tributo a Carothers y a Schlack por su acierto en la selección de los nylones 6.6 y 6, respectivamente, ya que estas poliamidas, 50 años después, representan más del 98% de la producción de las que se transforman en fibras. Señalemos que Hopff indicó en 1945 que I.G. había evaluado más de 3.000 componentes monómeros, sin hallar ningún producto comercialmente viable que mejorara sustancialmente las propiedades de los nylones 6.6 y 6.

2. DESARROLLO

2.1. Optimización de procesos

La industria de las fibras químicas debió afrontar con motivo de la primera crisis del petróleo en 1973 las siguientes circunstancias:

- a) el exceso de la capacidad de producción.
- b) el encarecimiento del precio de los productos intermedios y de la energía de transformación, sobre todo en el caso de las poliamidas.
- c) la atonía de la demanda, también más acusada en las poliamidas, parte de cuyo mercado era absorbido por las fibras de poliéster.

Con precios de coste (personal, materia prima y energía) en expansión y un mercado paralizado, y a veces en regresión, la supervivencia a la prolongada situación de crisis sólo fue posible con la optimización de los procesos de fabricación. De esta forma ha sido posible mejorar la rentabilidad de las plantas ya instaladas, así como el desarrollo de nuevos equipos, maquinaria y tecnología, con los que se han dotado las nuevas instalaciones o las ya existentes.

2.1.1 Polimerización

Las mayores innovaciones, o al menos las más divulgadas, se refieren al nylon 6. Esto se explica por el hecho de que, siendo mucho mayor el número de plantas instaladas, las sociedades de ingeniería le han dedicado mayor atención. En cuanto al nylon 6.6, parece ser que los mismos grupos o empresas poseen sus propias sociedades de ingeniería que atienden la demanda y no tienen que captar clientes externos.

Las instalaciones discontinuas han quedado anticuadas y sustituidas en muchos casos por procesos continuos. Se ha señalado (4) que las plantas actuales de polimerización de la caprolactama deben poseer capacidades de 40-60 toneladas de polímero diarias. Sin embargo, son escasamente flexibles y se adaptan con dificultad a las modificaciones que imponen los diferentes programas de fabricación. Según un proceso de Ems-Inventa, la granza convencional de una sola unidad de producción puede alimentar la línea textil. Cuando lo requiere el uso final (cord para neumáticos, hilos técnicos, etc.), con la misma granza se puede preparar un polímero de mayor peso molecular sometiéndola a un proceso de postcondensación en estado sólido. Por otra parte, se espera que próximamente una nueva y sencilla tecnología del mateado de las poliamidas permitirá incorporar el mateante en una etapa posterior a la polimerización y, con preferencia, inmediatamente antes de la hilatura. De este modo se evitarán los altos costes operacionales que se producen en los cambios de polímero mate a brillante.

2.1.2 Hilatura

Hacia 1960 se comercializó un proceso en el que la hilatura y el estirado se producían sin interrupción. Se hizo necesario el desarrollo de nuevos sistemas de arrollado, con velocidades de 3.000 m/min y más.

Al principio de la década de los 70 se suprimió la etapa de estirado y el grado de orientación se complementaba en el proceso de estirado-texturación por falsa torsión, que se alimentaba con los hilos denominados POY (preoriented yarns).

También se prepararon hilos BCF (bulk continuous filament yarn) según un proceso en el que se suceden sin interrupción las operaciones de hilatura, enfriamiento, aplicación del acabado, estirado, rizado, estabilización del rizado y arrollado en bobina (4).

Sin embargo, han sido necesarias medidas drásticas de racionalización que han desembocado en nuevas tecnologías que permiten la producción de fibras de poliamida con importantes ahorros de coste. La tónica general ha consistido en la sustitución del proceso de múltiples etapas por otro totalmente continuo. Se han descrito procesos de hilatura de nylon 6 que permiten fabricar sin interrupción hilos BCF (3.000 m/min), hilos de multifilamento para aplicaciones técnicas (3.000-4.000 m/min) e hilos paralelos totalmente estirados para aplicaciones textiles (5.000 m/min).

La producción de hilos totalmente estirados FDY («fully drawn yarns») se basa en el proceso HSSSS, o simbólicamente H4S, para indicar al experto que se opera a alta velocidad de hilatura, estirado y vaporizado. Los hilos obtenidos poseen propie-

dades similares a los convencionales, sobre todo la tenacidad y el alargamiento a la rotura, y menos en lo referente al módulo inicial (4) (5).

Adaptando convenientemente el proceso H4S se pueden obtener hilos POY de alta calidad. Esta flexibilidad es de gran importancia, sobre todo cuando no existe seguridad de si el crecimiento de la demanda se producirá en el sector de los hilos planos o en el de los texturados.

2.2. Productos

La pronta penetración del nylon en muchos mercados ha estado relacionada con diversos avances tecnológicos, fruto en ocasiones de una rápida y estrecha colaboración con diversos sectores del mercado.

A modo de simplificación se indicará que a lo largo del tiempo se han desarrollado nuevos tipos de fibras y también nuevos procesos, sea en lo referente a la fabricación de la fibra, sea en lo que hace referencia a la transformación de las fibras de nylon en estructuras textiles. Estos predominaron antes de la crisis del petróleo (1973) y aquellos después de ésta.

Mencionemos algunos de los más importantes (2) (6):

— Los procesos de texturación desarrollados desde la década de los 50 han permitido obtener hilos con diferente grado de elasticidad, que han extendido el uso del nylon en muchas prendas de vestir y en artículos de tapicería.

— Los hilos POY fueron la respuesta de las productoras a las mejoras del proceso de texturación en lo que a velocidad se refiere.

— El desarrollo de nuevas formulaciones condujo a una excelente adhesión entre el caucho y el nylon, que condujo a una espectacular difusión del nylon como refuerzo de las carcasas de los neumáticos.

— Los nuevos antioxidantes desarrollados permitieron la caída de la resistencia en el procesado, y aumentar la resistencia a la fatiga.

— Con poliamidas de mayor peso molecular se prepararon fibras con un excelente comportamiento a la fatiga, y con la consiguiente incidencia en el mercado industrial.

— La penetración del nylon en el sector de alfombras se vió muy favorecida por el desarrollo de la máquina «tufting» y la introducción en el mercado de los hilos multifilamento, voluminosos (BCF), que permiten simular el lustre y apariencia de la lana.

— La fabricación de filamentos con secciones transversales con forma triangular, o de estrella de diferente número de puntas, ha permitido modificar favorablemente el brillo de los tejidos.

— Los tipos de nylon de tinte diferencial permiten conseguir efectos multicoloreados en un solo baño de tinte, de gran importancia en el sector alfombras.

— El desarrollo de productos que reaccionan con los grupos amino terminales de las fibras de poliamida ha hecho posible efectos multicoloreados partiendo de un mismo polímero, lo cual significa una gran flexibilidad y menos variaciones en el programa de fabricación.

— Los nylones antiestáticos solucionaron el problema de la adherencia estática que se produce en la lencería de nylon.

— Fibras muy antiestéticas de nylon pueden ser obtenidas incorporando permanentemente a la superficie o al núcleo de la fibra una materia muy conductora de la electricidad.

— La incorporación al polímero de un aditivo como el poli(óxido de etileno), y su posterior eliminación en el baño de tintura, conduce a fibras con huecos discontinuos que poseen un nuevo lustre y ocultan o disimulan la suciedad que se acumula en el hilo durante su uso.

— La suciedad se hace también menos visible en los filamentos que en su interior albergan cuatro huecos circulares, dispuestos paralelamente con respecto al eje de la fibra.

— Las fibras bicompuestas yuxtapuestas poseen un rizado tridimensional, mejoran la adaptación al cuerpo y conducen a artículos más ligeros y suntuosos.

— Las fibras bicompuestas del tipo corteza-núcleo pueden actuar como ligantes en la preparación de telas no tejidas.

— Fibras extraordinariamente finas (microfibras) pueden obtenerse partiendo de filamentos bicompuestos del tipo matriz-fibrilla adecuadamente diseñadas.

— Modificando convenientemente su morfología, se han desarrollado fibras que poseen un alto poder absorbente del sudor y de la humedad.

— Se encuentra ya en su fase de desarrollo una fibra preparada a partir de una poliamida químicamente modificada, en el sentido de aumentar la hidrofiliadad y, consecuentemente, la confortabilidad de las prendas.

— Nuevos procesos permiten mejorar la resistencia a la suciedad y a las manchas mediante tratamientos con compuestos fluorocarbonados. También deben mencionarse los más recientes con productos antimicrobianos que minimizan el olor y los problemas del mildiu en las alfombras.

También es muy importante tener en cuenta que el grupo amida es extraordinariamente versátil, ya que puede actuar como articulación de unidades estructurales muy diferentes, alifáticas o cíclicas, siendo este el caso de las fibras de aramida. Ello ofrece la posibilidad, siempre que lo permita la economía del proceso, de elegir el polímero de acuerdo con las exigencias de un mercado determinado. De éllo nos ocuparemos al tratar de las diferencias entre el nylon 6.6 y el 6, así como en el apartado de las poliamidas varias.

3. NYLON 6.6 Y NYLON 6

3.1. Los nylones 6.6 son intercambiables en multitud de aplicaciones, hasta el punto de que es habitual referirse a cualquiera de ellos con la denominación nylon, sin más especificaciones. La utilidad y el valor de cada poliamida dependen en gran medida de la habilidad de cada fabricantes para diseñar sus propiedades, atendiendo a las especificaciones requeridas para un uso final determinado. Es igualmente importante la existencia de un servicio técnico que relacione al fabricante de la fibra con el del artículo final.

La participación del nylon 6 en el mercado ha crecido continuamente, y parece que en 1983 las cifras de producción de ambas fibras eran equivalentes (7). Ello significa que el crecimiento del nylon 6 ha sido muy rápido, ya que en un principio partió de una situación de clara inferioridad. Se han dado las siguientes razones para explicarlo (4) (8) (9) (10).

3.1.1 Los menores precios de la caprolactama con respecto a la exametilendiamina y al ácido adípico.

3.1.2 La mayor accesibilidad de la información técnica necesaria.

3.1.3 La energía total necesaria para la fabricación del nylon 6 es menor que la que requiere la poliamida 6.6.

3.1.4 El nylon 6 puede fabricarse en condiciones seguras mediante un proceso continuo que consta de una sola etapa, y partiendo de un solo monómero.

3.1.5 Para producir un nylon 6.6 de calidad y blancura equivalentes a las del nylon 6, suele ser necesario un mayor grado de habilidad, técnica y experiencia en las operaciones de hilatura y estirado.

3.1.6) Comparada con el nylon 6.6, la poliamida 6 es más estable térmica y oxidativamente, y suelen formarse menos geles en el polímero fundido.

3.1.7) Los nylones 6.6 y 6 sólo difieren ligeramente en sus propiedades físicas y mecánicas textiles, pudiéndose decir algo similar de su comportamiento al uso.

3.2 No obstante, las fibras de nylon 6.6 y de nylon 6 presentan algunas diferencias que son lo suficientemente importantes como para que presenten comportamientos diferentes en su proceso, o elegir una u otra para algunos usos finales. A continuación, se citan algunas de las más importantes (11).

3.2.1) El nylon 6 funde a menos temperatura que el nylon 6.6 (215 °C frente a 256 °C). Esta diferencia no tiene gran importancia en la mayor parte de las aplicaciones, sin embargo, en algunas, sobre todo de tipo industrial, el mayor punto de fusión del nylon 6.6 puede ser ventajoso.

3.2.2) El nylon 6 posee mayor afinidad por algunos colorantes que el nylon 6.6. Cuando las dos fibras se tiñen en el mismo baño, el nylon 6 se colorea mucho más intensamente que el nylon 6.6.

3.2.3) Aunque ambos nylones son sensibles a las radiaciones ultravioleta y, tras una prolongada exposición a la luz solar, tienden a degradarse y a amarillear, el nylon 6.6 se comporta mejor que el nylon 6.

3.2.4) Cuando la temperatura de un proceso se sitúa bastante por debajo de la de fusión del nylon 6, sucede que la resistencia de éste a la degradación térmica es superior a la del nylon 6.6.

3.2.5) El nylon 6 presenta mejor recuperación elástica y resistencia a la fatiga que el nylon 6.6.

3.2.6) Los filamentos de nylon 6 se entremezclan más fácilmente que los de nylon 6.6. Esto significa una ventaja cuando se desea un tacto suave y lleno, pero no cuando conviene un tacto rígido.

4. FIBRAS DE POLIAMIDAS VARIAS Y ARAMIDAS

Tras la rápida y extendida aceptación de las fibras de nylon 6.6 y nylon 6, otras poliamidas han sido evaluadas como polímeros formadores de fibras útiles con vistas al mercado convencional. La mayor atención se ha dedicado a los nylones 4, 7, 11, 12, 6.10, 6.12 y 6.4, todos alifáticos, y al nylon PACM 12, alicíclico.

El nylon 11 se empezó a fabricar en Francia en 1944, se dejó de producir hacia 1970 y reapareció pocos años después, siempre en cantidades limitadas, pero con un mercado muy fiel. Su tacto suave lo hace especialmente adecuado para la fabricación de calcetines y ropa interior.

El nylon 7 fue muy estudiado en Rusia (12), pero no se llegó a producir a escala comercial. A pesar de que este polímero es el más interesante de los preparados a partir de aminoácidos o lactamas (13).

El desarrollo de procesos económicos para la obtención del monómero hizo económicamente viable la producción del nylon 12 (14). Una propiedad muy ventajosa de estas fibras consiste en su estabilidad dimensional, incluso en estado húmedo. Los trajes de baño con ellas fabricados conservan sus propiedades elásticas tanto en seco como en mojado, comportándose a este respecto mejor que las poliamidas 6.6 y 6.

Grande ha sido el esfuerzo realizado para comercializar las fibras de nylon 4. El interés por esta fibra se basa principalmente en que su tasa legal de humedad es similar a la del algodón, por lo que se la ha considerado como un puente entre las fibras naturales y las sintéticas (15). Dificultades de diverso tipo, sobre todo las derivadas de su inestabilidad térmica, impidieron su preparación a escala comercial. Sin embargo, informaciones recientes (16) han señalado que el tiempo de polimerización se ha podido reducir a 3 horas y que la estabilidad térmica ha mejorado, hasta el punto de que es posible la hilatura por fusión en un extrusor. Estos avances han permitido abrigar fundadas esperanzas en la futura comercialización de la fibra.

También se ha señalado con insistencia la próxima comercialización de las fibras de nylon 6.4, las cuales presentan la ventaja de fundir a mayor temperatura que el nylon 6.6 (300 °C frente a 256 °C). Esta circunstancia las haría más adecuadas en

determinadas aplicaciones industriales, tales como cord para neumáticos y las correspondientes al refuerzo del caucho en productos como correas para poleas, cintas transportadoras, mangueras y otras aplicaciones a alta temperatura (17).

El nylon 6.10 ha sido comercializado desde hace tiempo en forma de monofilamento, con destino a la fabricación de cerdas para cepillos. No obstante, por el menor precio del diácido de doce átomos, parece que actualmente ha sido desplazado por el nylon 6.12 (18).

El nylon Qiana (PACM 12) de du Pont data de 1968 y se utilizó inicialmente en tejidos de aspecto seda para prendas femeninas de alta moda (19). Más adelante ha sido usado también en otros tipos de artículos, tanto femeninos como masculinos. Sin embargo, los grandes progresos de la fibra de poliéster en la fabricación de artículos con aspecto seda han debilitado su posición en el mercado, ya que el precio de la Qiana es notablemente superior.

Aunque han merecido una denominación genérica separada, aramidas, es necesario mencionar también las fibras de poliamidas aromáticas (20). Con la denominación Nomex, las fibras de poli(m-fenilenoisofotalamida) fueron inicialmente comercializadas por du Pont en 1962. Sobresalen por su estabilidad térmica u oxidativa y por su intrínseca resistencia a la llama. Se utilizan principalmente en la fabricación de prendas protectoras para personal que eventualmente puede estar expuesto a la llama o a un alto flujo de calor.

En 1972, la misma du Pont ofrecía al mercado la fibra Kevlar preparada a partir de la poli(p-fenilentereftalamida). Por su estructura y propiedades singulares, estas fibras, comercializadas también por AKZO con la denominación de Twaron, pueden ser consideradas como el avance más importante en la tecnología de las fibras desde el descubrimiento del nylon 6.6 (2). Además de un alto grado de estabilidad térmica y de su carácter ignífugo, estas fibras se caracterizan por poseer propiedades de tracción totalmente atípicas en las fibras orgánicas. Las aplicaciones del Kevlar están principalmente relacionadas con las de las fibras inorgánicas como acero, vidrio, grafito y amianto. Sobre todo en materiales compuestos ligeros de peso y muy resistentes al dañado destinados a las industrias aeronáutica, aeroespacial y marina.

El desarrollo de estas fibras hizo necesarias importantes innovaciones en los procesos de polimerización y de hilatura. Nuevos desarrollos han conducido a la fibra, ya en fase de desarrollo, codificada como HM-50 y rebautizada como Technora (2). Parece ser que habrá sido comercializada en abril de 1987, y se prepara a partir de una poliamida cuya unidad repetida (22) contiene un enlace flexible (éter) que la hace soluble en disolventes orgánicos y que favorece el estirado y fijado en caliente. Como fluido de hilatura se utiliza la misma solución de polimerización y se procede a un estirado en caliente, de forma similar a la que es propia de las fibras de nylon y poliéster. El resultado es una fibra de resistencia similar a la del Kevlar, pero con un mayor alargamiento a la rotura, lo que significa una mayor resistencia a la fatiga.

5. PRODUCCIONES Y CAMPOS DE APLICACION

En 1983, las fibras de poliamida participaban en el mercado con las cifras que se indican:

51,9% de las fibras sintéticas en forma de hilo de multifilamento.
 10,9% de las fibras sintéticas presentadas como fibras cortadas.

28,9% de las fibras sintéticas.
 22,5% de las fibras químicas.
 10,5% de las fibras textiles.

Las Tablas 1 y 2 contienen datos que permiten conocer la incidencia de las fibras poliamida en el conjunto de las materias textiles, así como la evolución de la producción en diferentes áreas geográficas (23). Por su parte, la Tabla 3 ofrece una orientación sobre la distribución del consumo de las fibras de poliamida en el mercado U.S.A. (24).

Sobre una producción total de 3 millones de toneladas de fibras de poliamida, 2,51 millones corresponden en 1983 a hilo de multifilamento, lo cual supone un gran porcentaje (79%), aunque inferior al de tiempos pasados (90% en 1965).

De la producción de estos hilos multifilamento se dedican cantidades muy importantes a hilos de alta tenacidad para usos técnicos. En el apartado indumentaria, el nylon ha conquistado y conservado totalmente el mercado de las «medias-slips» femeninas, las cuales representan el capítulo más importante en el consumo. Paralelo o texturado, el hilo de multifilamento ocupa también un lugar importante en la lencería femenina, maillots de baño y calcetines femeninos o masculinos. El poliéster no ha podido penetrar en estos mercados, sobre todo por su menor resistencia a la abrasión. Las demás aplicaciones en el sector de la indumentaria están muy repartidas, aunque con una participación importante de los artículos de forrería.

TABLA 1
 Producción de fibras textiles por zonas geográficas (Año 1983)
 (millares de toneladas métricas)

FIBRA ZONA	Algodón	Lana	Celulósicas	Poliésteres	Poliamidas	Acrílicas	Total
Europa Occ.	686	127	585	779	600	757	3.534
USA	1.682	27	286	1.608	1.097	304	5.004
Japón	0	0	425	630	289	357	1.701
Otros	12.218	1.452	1.854	2.558	1.190	809	20.081
Total	14.586	1.606	3.150	5.575	3.176	2.227	30.320
Porcentaje	48,10	5,30	10,40	18,40	10,50	7,30	100,00

TABLA 2
Producción de fibras de poliamida por zonas geográficas
(millares de toneladas métricas)

Hilo multifilamento

Años	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Europa Occ.	621	553	564	568	504	512	447	475
USA	623	686	750	808	740	717	563	677
Japón	285	292	293	296	300	282	264	271
Otros	813	846	903	954	1.051	1.034	1.036	1.087
Mundial	2.342	2.377	2.510	2.626	2.959	2.545	2.310	2.510

Fibra

Europa Occ.	119	120	143	148	115	134	115	125
USA	319	369	407	426	330	341	311	420
Japón	16	16	16	17	18	19	19	18
Otros	53	56	63	57	93	99	101	103
Mundial	507	561	629	648	556	593	546	666

Hilo multifilamento + fibra

Europa Occ.	740	673	707	716	619	646	562	600
USA	942	1.055	1.157	1.234	1.070	1.058	874	1.097
Japón	301	308	309	313	318	301	283	289
Otros	866	902	966	1.011	1.144	1.133	1.137	1.190
Mundial	2.849	2.938	3.139	3.274	3.151	3.138	2.856	3.176

TABLA 3
Distribución del consumo nylon + aramida en el mercado U.S.A. (1981)

Fibra y cable	Millares de toneladas
Tejidos anchos	23,7
Hilados para alfombras (no basamento)	279,7
Relleno + «Flock»	7,4
Otros	4,7
SUBTOTAL FIBRA	315,5
Hilo multifilamento	
Calcetería	48,5
Otros tejidos circulares de punto	21,8
Tejido de punto de urdimbre	73,9
Hilos para alfombras (no basamento)	287,0
Tejidos de calada anchos	40,4
Tejidos estrechos	15,4
Neumáticos	92,7
Otras industrias de caucho	11,6
Sogas, cordelería y redes	13,9
Otros	30,9
SUBTOTAL HILO MULTIFILAMENTO	636,1
TOTAL	951,6

Las alfombras «tufted», fabricadas siempre con hilos texturados BCF, absorben el 25% de la producción mundial de poliamida multifilamento. El muy rápido aumento de la demanda en este sector ha estimulado la creatividad de las productoras. Se han mejorado el tacto y el poder cubriente; son muy frecuentes los tipos de tintura diferencial; y todo parece indicar que en un futuro próximo se generalizará la producción de hilos antiestáticos y anti-mancha.

No obstante, debe tenerse en cuenta que, más que a los desarrollos mencionados, el gran éxito de las poliamidas en el «tuft» se debe fundamentalmente a su buena resistencia a la abrasión, a su resiliencia y al buen rendimiento colorístico. Tampoco debe olvidarse que no se han podido obtener hilos de poliéster con el rizado permanente de los hilos BCF de poliamida.

La aplicación más difundida de las poliamidas en forma de fibra cortada corresponde también al campo de las alfombras «tufting» o agujeteadas, sea como poliamida 100%, sea reforzando a las fibras acrílicas en los hilos «tuft». También es importante su empleo para reforzar los hilos de las alfombras de calada.

Además de su alto precio, las fibras de poliamida presentan el inconveniente de su muy bajo módulo de torsión. Como los hilos poseen poco «nervio», únicamente se emplean en proporciones escasas en la hilatura de carda; principalmente en artículos de lanería y en calcetines, para aumentar la tenacidad y mejorar el comportamiento a la abrasión de la lana o de las fibras acrílicas.

6. PREVISIONES

Se ha estimado que las necesidades textiles mundiales y el consumo aumentarán a un ritmo anual del 2% hasta fin de siglo, y que la participación de las fibras sintéticas en este incremento será superior a la de la media (25). En la Tabla 4 puede apreciarse que hasta 1991 se espera un crecimiento global del 2,3% y del 4,1% para las fibras sintéticas. Sin embargo, el consumo europeo experimentará un crecimiento global nulo y del +1% en el caso de las fibras sintéticas (26).

TABLA 4
Previsión del consumo de fibras textiles
(millares de toneladas métricas)

	Consumo Europeo			Consumo Mundial		
	1985	1991	Crecimiento anual (%)	1985	1991	Crecimiento anual (%)
TOTAL SINTÉTICAS	1.947	2.088	1,00	11.871	14.944	4,10
Hilos multifilamento	790	832	1,00	5.129	6.111	3,20
Poliéster textil	241	295	1,50	2.015	1.481	3,40
Poliéster alta tenacidad	90	113	3,00	351	434	3,80
Poliamida textil	403	384	-0,80	2.825	2.940	2,40
Varias	56	70	3,80	208	278	4,80
Fibras	1.157	1.236	1,10	6.841	8.533	4,40
Poliéster	380	407	0,70	3.470	4.800	5,88
Acrílica	524	542	0,50	2.290	2.800	2,10
Poliamida	108	112	0,50	674	803	3,00
Varias	134	175	4,90	407	530	7,88
TOTAL CELULOSICAS	366	363	-1,40	2.982	3.063	0,80
Hilos multifilamento	138	108	-3,80	1.013	942	-1,20
Fibras	228	255	-0,30	1.969	2.151	1,08
Algodón	980	925	-1,10	15.218	16.088	1,80
Lana	437	419	-0,70	1.748	1.797	0,80
TOTAL GENERAL	3.788	3.775	0,00	31.918	36.491	2,30

Se espera que el consumo anual de poliamida multifilamento aumente a un ritmo del 2,4% anual acumulativo, en tanto que las expectativas para Europa sugieren una disminución acumulativa anual del 0,8%. En cuanto a la poliamida fibra cortada, se supone que entre 1985 y 1991 crecerá anualmente un 3% en el mercado mundial y sólo un 0,5% en Europa.

TABLA 5
Producción mundial de fibras sintéticas y previsiones para el año 2000
(millares de toneladas métricas)

	1970		1980		2000	
	Producción	%	Producción	%	Producción	%
Poliéster	1.645	33,30	5.127	44,60	9.600	48,00
Poliamida + Aramida	1.903	38,50	3.151	27,40	4.400	22,00
Acrílica + Modacrílica	1.003	20,30	2.060	17,90	3.400	17,00
Poliolefina	338	5,10	1.048	8,90	2.400	12,00
Varias	138	2,80	138	1,20	200	1,00
TOTAL	5.027	100	11.524	100	20.000	100

Finalmente la Tabla 5 contiene datos sobre la producción anual de fibras sintéticas y la previsión para el año 2000 (27). La producción de poliamidas aumentará, pero la participación de estas fibras en el mercado pasará del 29% en 1983 al 22% en el año 2000. De esta tabla conviene destacar también la continua ascensión de las poliolefinas, las cuales representarán a finales de siglo el 12% de la producción mundial de fibras sintéticas.

En las poliamidas coinciden una excelente resistencia al uso, un aspecto grato y factores económicos que las sitúan en excelente posición en el mercado de las alfombras. Es previsible, pues, que continuen siendo las fibras más utilizadas en este sector.

Sus excelentes propiedades mecánicas, resistencia, resistencia a la fatiga y buena adherencia al caucho, permiten confiar en el predominio de las fibras de nylon en aplicaciones industriales y en la fabricación de carcasas para neumáticos de aviones. Otras aplicaciones consolidadas son las correspondientes a tejidos para tapicerías, cinturones de seguridad, paracaídas, cordelería, líneas de pesca y redes. Su gran resistencia, trabajo de rotura y resistencia a la abrasión son los principales factores que hacen de las fibras de poliamida las más adecuadas en un buen número de aplicaciones militares.

En el campo de la indumentaria, los artículos de nylon están muy bien implantados en aplicaciones muy importantes como calcetería, lencería, bañadores y prendas deportivas.

Así pues, no parece arriesgado concluir que la relación precio/prestaciones de las fibras de poliamida les garantizará una sólida posición en el mercado, incluso aunque aumente el precio de las materias primas. A este respecto cabe indicar que, según los precios del 1981, el crudo de petróleo consumido en la producción de poliamidas representaba aproximadamente el 40-50 del coste de la fibra. Este porcentaje es algo inferior para el nylon 6 a causa del alto rendimiento en la transformación de carbono crudo a carbono caprolactama (28).

BIBLIOGRAFIA

- (1) Morgan, L. - Macromolecular Science, Chem, A15 (6) (1981) p. 1113.
- (2) Shealy - Fibre Producer (1984) p. 32
- (3) Fauquet - «Histoire de la rayonne et des fibres synthetiques», Armand Colin, Paris, 1960
- (4) Luckert - Chemiefasern 34 (1981) p. E 101
- (5) Bush y Kemp - Chemiefasern 31 (1981) p. 477
- (6) Gacén - «Fibras de Poliamida». ETSIIT, Terrassa 1986
- (7) L'Industrie Textile, No. 1144 (1984) p. 435
- (8) Inf. Chim. (Nov. 1966) p. 86
- (9) Snider y Richardson - «Encyclopedia of Polymer Science and Technology», Vol. 10, p. 186. Editores: Mark, Gaylord y Bikales, Wiley, New York, p. 196
- (10) Steeman, Gooten y Facolos, Chemiefasern, 31 (1981) p. 912
- (11) Gordon Cook - «Handbook of textile fibres». II Man Made Fibres, Merrow 1968
- (12) Freidlina y Karapelyan - «Telomerization and new synthetic materials», Pergamon Press, Oxford, 1961
- (13) Slack - Melliand Textilberichte, 43 (1962) p. 543
- (14) Grihl y Ruestem - Industrial and Engineering Chemistry, 62 (1970) p. 16
- (15) Peters y Gervasi - Chemical Technology (1972) p. 16
- (16) Barnes - 25th International Man-Made Fibres Congress. Dornbirn, Septiembre 1986
- (17) High Performance Textiles, 5, No. 3 (1984) p. 14
- (18) Modern Plastics, No. (1971) p. 28
- (19) Williams - Textile Progress, No. 1, Vol. 3, The Textile Institute, Manchester 1973
- (20) Gacén - Revista de la Industria Textilk, No. 233 (Dic. 1985) p. 20
- (21) Imuro - 25th International Man-Made Fibres Congress, Dornbirn, Septiembre 1986
- (22) Chemiefasern, Vol. 36/38 (Junio 1986) p. E 50
- (23) BISFA, 1983 Year Book
- (24) Textile Organon, (Junio 1982) p. 107
- (25) Bardon - L'Industrie Textile, No. 1108 (1981) p. 113.
- (26) L'Industrie Textile, No. 1153 (1985) p. 230
- (27) Caldo - American Dyestuff Rep. (1985) p. 16
- (28) Reimschnessel - «Fiber Chemistry», p. 161, Editores: Lewin y Pierce, Vol. IV de la Serie «Hand Book of Fiber Science and Technology, Marcel Dekker, New York 1985.

Trabajo recibido en 1987.02.16.- Aceptado en 1987.04.06