

MIS TREINTA Y CINCO AÑOS EN EL GRUPO DE POLÍMEROS DEL INTEC EN SANTA FE

Palabras clave: ingeniería de polímeros, control de procesos, HPLC.

Key words: polymer engineering, process control, HPLC.

■ Gregorio Raúl Meira

Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC), UNL-CONICET, Predio CCT CONICET Santa Fe, Ruta Nac. 168, Km 461,5, Paraje "El Pozo"
Edificio INTEC I, 1er Piso, (3000) Santa Fe - Argentina.

gmeira@santafe-conicet.gov.ar

Es para mí un gran honor el escribir esta reseña. Si bien no estoy a la altura de la mayor parte de los científicos argentinos cuyas historias ya fueron publicadas, acepto gustoso en elaborar esta autobiografía científica comentada, como forma de contribuir a la memoria histórica de las instituciones a las que pertenecí, y en especial al Grupo de Polímeros y Reactores de Polimerización del INTEC que tengo el honor de dirigir desde su creación informal hace ya 35 años.

Soy hijo único, nacido en Rosario dos días después del histórico 17 de octubre de 1945. Tres de mis abuelos eran gallegos, llegados a la Argentina como inmigrantes a fines del siglo XIX; y mi abuelo materno era uruguayo, de ascendencia italiana. Mis padres también nacieron ambos en Rosario. Mi madre era profesora de dibujo pero nunca ejerció, aunque siempre se dedicó al arte en forma "amateur". Mi padre era Dr.

en Ciencias Económicas de la Sede Rosario de la Universidad Nacional del Litoral (hoy Universidad Nacional de Rosario). Cuando nací, él y otros colegas integraban un grupo de investigación sobre economía en dicha universidad, pero poco después fueron cesanteados por no comulgar con el signo político de las autoridades universitarias del momento. Por esa razón, nos mudamos a Buenos Aires, donde mi padre continuó ejerciendo en la actividad privada. Luego, durante el gobierno de A. Frondizi (entre 1958 y 1959), fue el primer Secretario de Energía y Combustibles del país, en la entonces flamante Secretaría de Estado.

La escuela primaria la cursé en la Escuela Escocesa "San Andrés", de Olivos, Provincia de Buenos Aires. Ello significó un esfuerzo económico importante para mis padres, a quienes les estoy muy agradecido por la posibilidad que me dieron de aprender el inglés desde chico (el

latín de los tiempos modernos). El ciclo secundario lo completé en el Colegio Nacional de Buenos Aires. Siempre he sentido un sano orgullo por haber estudiado en el histórico colegio, pero visto retrospectivamente, critico hoy día el excesivo rigor y enciclopedismo de la educación que nos impartieron. Me recibí como Ingeniero Químico en la Universidad de Bs Aires (UBA) a principios de 1971, y en seguida me casé con Graciela Lechini (también rosarina), quien es mi compañera hasta el día de la fecha. Luego, me recibí como Ingeniero en Petróleo (UBA) en 1974, como M.Sc. en Ingeniería de Control (Universidad de Bradford) en 1975, y como Ph.D. en la misma universidad inglesa en 1978. Ya de vuelta en el país, nacieron nuestras dos hijas en Santa Fe: María Ana en 1980 y Flavia Lis en 1983.

Mi primer trabajo como profesional lo tuve en la Secretaría

de Ciencia y Técnica de la Nación (SECyT), y por unos pocos meses durante 1972. En ese entonces, la Secretaría funcionaba en el edificio del Congreso de la Nación, que había sido suspendido en sus funciones específicas por la dictadura militar. Mi jefe directo era el Dr. Rubén Zeida, y mi trabajo burocrático consistía en tramitar la libre importación de equipamiento científico destinado a laboratorios de investigación, que incluyeron importantes donaciones desde el exterior recibidas por el Dr. Luis F. Leloir (Premio Nobel en 1970). Luego, entre fines de 1972 y agosto de 1974, trabajé en el Grupo de Instrumentación de la empresa Gas del Estado; y casi simultáneamente como Auxiliar de Primera "ad honorem" en la Cátedra de Instrumentación y Control de la carrera de Ingeniería Química de la UBA (físicamente en el Departamento de Industrias de la Ciudad Universitaria). Fueron esas épocas muy violentas y tristes para la universidad y para nuestro país; con la universidad oscilando políticamente entre la ultraizquierda y la ultraderecha, y generando un muy lamentable éxodo de profesores/investigadores. Como ejemplo de las "geniales" modificaciones educativas del momento, baste con mencionar que se eliminaron las clases teóricas generales, y se sustituyeron los exámenes individuales por exámenes colectivos. Por la primera razón, los auxiliares docentes debimos comenzar a impartir las clases teóricas y prácticas a pequeños grupos de alumnos, a pesar de nuestra nula experiencia previa. Pero afortunadamente, en la empresa estatal me permitieron preparar las clases para la Facultad, como forma de contribuir a mi especialización en el área de la instrumentación y control de procesos petroquímicos, que era un tema prioritario para la empresa, porque se estaba evaluando y terminando de construir la

planta criogénica fraccionadora de metano de General Cerri, Provincia de Buenos Aires. En esa misma época, aprendí a programar una vieja computadora analógica que desempolvamos en el Instituto del Cálculo, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA, que por entonces funcionaba en el Pabellón I de la Ciudad Universitaria de Núñez, es decir enfrente al Departamento de Industrias. Estudiando directamente de los manuales con el Dr. Carlos Larotonda de dicho Instituto, logramos finalmente simular varios procesos de control en lazo cerrado; y el informe correspondiente constituyó la base de un Trabajo Práctico que se presentó en la cátedra en 1974. Como dato curioso, agregó que el Director del Instituto del Cálculo era en ese momento el Ing. Carlos Cavoti, quien previamente había sido Secretario de Ciencia y Técnica durante mi estadía en la SECyT.

El azar determina muchas veces las decisiones más importantes de nuestras vidas. Mientras trabajaba en Gas del Estado y en la UBA, me enteré por casualidad que el Consejo Británico de Relaciones Culturales en Argentina estaba ofreciendo becas para realizar estudios de posgrado en el Reino Unido; y convencí al gerente de la empresa que apoye mi solicitud de beca para realizar un Magister sobre Control de Procesos en Inglaterra. Finalmente, la beca me fue otorgada por un año a partir de septiembre de 1974; y elegí estudiar en la Escuela de Ingeniería de Control de la Universidad de Bradford por sugerencia del Prof. Héctor Demo de la Universidad Nacional de La Plata. (Desafortunadamente, Gran Bretaña levantó su oficina del Consejo Británico en Buenos Aires luego del conflicto por Malvinas en 1982.) El Director de Escuela de Control era el Prof. Maurice Mylroi, con quien

hasta el día de hoy continuamos intercambiando tarjetas postales (no digitales) de Navidad. El Magister implicaba aprobar varios cursos de posgrado y una tesis; y la mía trató sobre el control por computadora de un sistema de control de niveles (Meira 1975). El *Chancellor* de la Universidad de Bradford era en ese momento Sir Harold Wilson, quién además ejercía en Londres como Primer Ministro de Gran Bretaña. Durante la entrega de diplomas, no pude recibir mi título de Magister de manos del Primer Ministro ya que por razones de agenda debió retirarse poco antes. La tranquilidad y perfecta organización del sistema inglés contrastaba enormemente con las tristes noticias sobre la guerra fratricida que por esos tiempos asolaba a nuestro país.

Terminado el M.Sc., mi deseo era el de continuar con mi formación en el control por computadora, que entonces estaba siendo introducido con gran expectativa en la industria de procesos. (Visto retrospectivamente, diría que en ese entonces se sobreestimaron las capacidades potenciales del control digital directo centralizado con respecto al control distribuido tradicional). La posibilidad de continuar en esa especialización se me presentó cuando en la mencionada universidad inglesa concursé por un puesto de *Research Assistant*. El puesto se ofrecía en el marco de un proyecto conjunto entre las escuelas de Control y de Química, apuntaba al control de reactores de polimerización, y estaba financiado por el *Science Research Council*. Y si bien era de nivel posdoctoral, lo gané yo con la justificación que sería más fácil enseñarle polimerización a un Ingeniero Químico y de Control, que control a un Doctor en Química. En mi laboratorio de la Escuela de Química, armé una planta piloto que incluía a un flamante

cromatógrafo líquido de exclusión. Y conecté tanto la planta piloto como el cromatógrafo a una también llamante computadora de procesos (de memoria total ¡64 kbytes!) que estaba siendo instalada en la Escuela de Ingeniería de Control (físicamente a unos 100 m del laboratorio).

Mi tesis doctoral trató sobre la operación periódica de reactores de polimerización con el objeto de obtener polímeros con distribuciones de pesos molares (DPM) especificadas (Meira 1978). Mi Supervisor de Tesis fue el Dr. Anthony F. Johnson, con quien también entablé una excelente relación personal que continúa hasta nuestros días. Agradezco mucho su apoyo durante mi tesis, que incluía el almorzar juntos en la universidad con el *talk shop* del día a día. El tema específico de mi tesis lo elegí yo, luego de revisar una pila de *papers* que me fue suministrada al comienzo de mi trabajo. Me sentí muy cómodo y afortunado por la gran libertad académica que gocé durante mi tesis doctoral. Por ese motivo, pienso que los planes doctorales con cronogramas muy detallados como se requieren hoy día en el CONICET son potencialmente frustrantes para el becario, porque tienden a anular la creatividad individual y el desafío de pensar por sí mismo. Al comenzar mi doctorado, mis conocimientos sobre los polímeros eran casi nulos, pero fui aprendiendo solo y lentamente, en un largo proceso que continúa hasta nuestros días. El examinador externo de mi tesis doctoral fue Sir Geoffrey Allan, quien en ese momento era *Chairman* del *Science Research Council* del Reino Unido. Llegó desde Londres en un Rolls Royce con chofer, y se regresó en seguida luego de acabada mi defensa.

Concluido el segundo año de mi licencia sin goce de haberes en Gas del Estado, la empresa comen-

zó a intimarme para que regrese al país. Por eso, tuve que apurarme con mi tesis, y en la universidad debieron autorizarme para poder defenderla antes de los 3 años de iniciada (terminé mi doctorado en 2 años y 8 meses). Al regresar al país, descubrí que la sobrecalificación profesional podría constituir un serio impedimento. Por un lado, en Gas del Estado me sugirieron que por mi formación en polímeros no tendría cabida en la empresa, y me ayudaron durante varios meses para que me inserte en algún centro académico del país. Por otro lado, en la Cátedra de Instrumentación y Control de la UBA, el nuevo profesor no demostró ningún interés por mi reinserción en la misma. Si bien no era mi intención continuar con la carrera académica, desde Gas del Estado me enviaron a conocer a dos nuevos e incipientes centros de investigación en ingeniería química: el Plapiqui de Bahía Blanca y el INTEC de Santa Fe. En el Plapiqui fui muy amablemente atendido por el Dr. Esteban Brignole, y en ese momento conocí al Prof. Bob Laurence de la Universidad de Massachussets, quien estaba presentando un curso de posgrado sobre polímeros basado en un artículo suyo de revisión. Si bien asistí al último día de dicho curso, conocía muy bien su contenido porque el primer capítulo de mi tesis lo había basado en dicho artículo de revisión. Días más tarde, llamé por teléfono al INTEC para visitar al instituto, y su Director (el Dr. Alberto Cassano) me invitó a incorporarme rápidamente, por la urgencia que tenían para especificar el control e instrumentación de la Planta Piloto Experimental de Agua Pesada, que se estaba diseñando en el INTEC para la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). Esa misma noche cené en Santa Fe con los directores del proyecto (los Dres. Alberto Cassano y Ramón Cerro), quienes me ofrecieron un contra-

to financiado por la CNEA por un monto equivalente a una Beca de Formación Superior del CONICET. Como el ofrecimiento me resultó muy desafiante, nos mudamos a Santa Fe a comienzos de 1979, y desde ese entonces continuó mi labor en el Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química. Al Dr. Cassano lo he admirado por su gran capacidad de trabajo y por su forma de pensar en grande. Como ejemplo de esto último, al ingresar al instituto me contó sobre su idea que a partir del INTEC se crearían eventualmente nuevos institutos de diversas disciplinas. El planteo me pareció demasiado pretencioso, teniendo en cuenta que el personal total del INTEC era en ese entonces de unas 35 personas, incluyendo a becarios. Sin embargo, con los años se crearon cuatro institutos del CONICET a partir del INTEC: el Instituto de Desarrollo y Diseño (INGAR), el Instituto de Física del Litoral (IFIS Litoral), el Instituto de Matemática Aplicada del Litoral (IMAL), y el Centro de Investigación de Métodos Computacionales (CIMEC). Poco antes de la muerte del Dr. Cassano, le confesé que en su momento no había creído en esa predicción tan optimista.

Las usinas nucleares de Argentina emplean uranio natural como combustible y agua pesada como moderador y refrigerante intermedio. El agua pesada se obtiene concentrando la bajísima fracción de este compuesto contenida en el agua. A la CNEA le urgía contar con una planta industrial de agua pesada porque necesitaba generar los inventarios de ese producto para las 4 centrales nucleares que se pretendía tener construidas en el año 2000. La necesidad del desarrollo propio surgió por la negativa de venta de dicha planta por parte de los países desarrollados, con la justificación que la Argentina no había firmado

los tratados de Tlatelolco y de no proliferación nuclear. (El tratado de Tlatelolco para la Proscripción de las Armas Nucleares en la América Latina y el Caribe fue finalmente firmado por Argentina en 1993.) Como paso previo a la construcción de la planta industrial, la CNEA encaró el desarrollo de la correspondiente planta piloto, que se basaba en el ácido sulfhídrico como intercambiador isotópico intermediario. Dicha planta piloto de agua pesada fue finalmente construida a un muy alto costo, e incluía instrumentación con especificación nuclear por instalarse contigua al reactor nuclear de Atucha I. Sin embargo, a poco de construida fue desguazada, porque la CNEA adquirió finalmente en el exterior y "llave en mano" la planta industrial de agua pesada que hoy día funciona en Arroyito, Provincia de Neuquén (que se basa en el amoníaco como intercambiador intermediario, en lugar del ácido sulfhídrico). Al comenzar mi trabajo en Santa Fe, el proyecto de agua pesada estaba casi finalizado en cuanto a su ingeniería básica y de detalle, pero faltaba todavía diseñar los lazos de control y especificar la instrumentación de campo y sala de control. Esa tarea la completamos en un par de años, entre quien suscribe y mis dos primeros Becarios del CONICET: los Ingenieros Rubén Quirós y Carlos Schneider. El trabajo implicó el diseño de unos 110 lazos de control, y la especificación de unas 100 válvulas reguladoras, 400 medidores en campo, y toda la instrumentación de sala (Meira 1980).

Mi participación en el proyecto de agua pesada terminó a comienzos de 1981. En ese año, fui nombrado Profesor en la U.N.L. y recomencé mi investigación sobre el control de los reactores de polimerización. Luego, en 1982 ingresé formalmente a la carrera del investigador del CONICET como

Investigador Adjunto. Me considero afortunado por haber desarrollado mi carrera científica y docente en un período de alto crecimiento para la investigación en el INTEC, en la UNL, y en nuestro país. Mediante un préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el CONICET construyó en Santa Fe un Centro Regional que incluyó el edificio original CERIDE-INTEC de calle Güemes, y el actualmente denominado Centro Científico-Tecnológico (CCT) Santa Fe. Buena parte del equipamiento e instrumental con que aún hoy contamos en nuestros laboratorios provino de las grandes compras financiadas por los primeros créditos del BID.

A lo largo de los últimos 30 años, la ingeniería química y de procesos ha ido modificando fuertemente sus objetivos de investigación, que pasaron desde un mayor interés por la optimización y control de grandes plantas continuas para la producción de *commodities*, a un mayor interés por nuevos procesos discontinuos o semicontinuos para la obtención de productos de alto valor agregado de uso biomédico, farmacéutico, etc. Además, el énfasis hoy día está puesto en el diseño de procesos y materiales benignos al medio ambiente, en la emulación de los sistemas biológicos, y en la sustitución (al menos parcial) de materias primas derivadas del gas y del petróleo por materias primas renovables de origen vegetal o animal. En paralelo con esos cambios, también se ha observado una gran irrupción de la ingeniería de los materiales y la nanotecnología como disciplinas integradoras.

Mi trabajo de investigación en el INTEC trató en general sobre la síntesis y caracterización de polímeros con estructuras moleculares o morfológicas especificadas; y el presente párrafo lo incluyo a modo

de brevísima introducción al tema. A diferencia de algunos biopolímeros como las enzimas que exhiben estructuras moleculares únicas y moléculas todas idénticas en cuanto a su peso molecular, los polímeros sintéticos se caracterizan por exhibir una serie de distribuciones de sus estructuras moleculares y morfológicas, que su vez determinan las propiedades físicas como la temperatura de fusión y la resistencia a la tracción. Así, todos los polímeros no entrecruzados (los termoplásticos, las fibras, etc.), exhiben distribuciones de sus pesos moleculares, y la técnica más importante para medirlas es la cromatografía líquida de exclusión. Las pinturas son en su mayoría emulsiones de partículas de polímeros en agua (o látex poliméricos), cuyas propiedades están fuertemente determinadas por la distribución de los tamaños de partícula, que se mide mediante la técnica de dispersión de luz dinámica. La síntesis de polímeros "hechos a medida" (*tailor-made*) del punto de vista de sus estructuras moleculares y morfológicas está fuertemente condicionada por el mecanismo de polimerización empleado. Así, mientras que las polimerizaciones aniónicas "vivientes" exhiben una máxima flexibilidad en cuanto al control de dichas estructuras, las polimerizaciones radicalarias convencionales son en cambio relativamente inflexibles, pero al mismo tiempo ofrecen pocas dificultades experimentales y constituyen el principal mecanismo de polimerización del punto de vista industrial. Las polimerizaciones radicalarias se llevan a cabo en procesos que pueden ser en solución, en medio disperso (como la suspensión o la emulsión), o en masa (es decir, sin el agregado de solventes o de medios dispersantes).

Temáticamente, un tercio de mis publicaciones tratan sobre la

caracterización de polímeros, y el resto se encuadra en la ingeniería de polimerización. Las publicaciones sobre caracterización de polímeros consisten principalmente en nuevos tratamientos de datos para la cromatografía líquida de exclusión, y (en menor proporción) para la dispersión de luz dinámica. Las publicaciones sobre ingeniería de polimerización apuntan en general al modelado matemático y control de las reacciones de polimerización. Más específicamente, un 6% de ellas involucran a polimerizaciones por pasos (de resinas del formaldehído), un 14% a polimerizaciones aniónicas (de estireno y butadieno), y un 80% a polimerizaciones radicalarias. Subdividiendo estas últimas según el tipo de proceso involucrado: un 65% trata sobre procesos en emulsión, y un 30% sobre procesos en masa para la obtención de dos importantes "plásticos de ingeniería": el poliestireno de alto impacto (HIPS, por sus siglas en inglés) y el MBS.

Los investigadores somos en general extrapoladores de investigaciones propias o ajenas, y rara vez nos surgen ideas originales (y menos aún, revolucionarias) de muy alto impacto. En mi vida académica, creo haber tenido una sola idea realmente original, cuya forma inicial se me ocurrió durante mi doctorado y luego continuó evolucionando con los años. Se trata básicamente de una técnica para controlar las polimerizaciones aniónicas vivientes, con el objeto de obtener (dentro de ciertos límites) cualquier forma especificada de la DPM. Esa idea constituyó una parte importante de mi tesis, y luego me permitió publicar varios artículos (Meira y Johnson 1981; Couso y col. 1985; Alassia y col. 1988) que tienen como coautores a mis primeros becarios doctorales: el Dr. Daniel Couso (actualmente gerente de Akzo Nobel Argentina) y

la Dra. Liliana Alassia (actualmente gerente del Laboratorio Filaxis). Más recientemente, la misma idea fue extendida a los copolímeros dibloque, con el objeto de obtener DPM bivariables especificadas. Sin embargo, y a pesar de su originalidad, lamento informar que los artículos correspondientes han sido relativamente poco referenciados. También, investigué sobre los controles adaptable y óptimo periódico de reactores donde se llevan a cabo polimerizaciones aniónicas (Eliçabe y Meira 1989; Vega y col. 1991), en colaboración con los siguientes investigadores del CONICET: el Dr. Guillermo Eliçabe (actualmente, Director del INTEMA de Mar del Plata), su esposa la Dra. Gloria Frontini (actualmente, Secretaria de Inv. y Posgrado de la Fac. de Ingeniería, UNMDP), y el Dr. Jorge Vega (actualmente, el único integrante de nuestro grupo que continúa investigando sobre nuevos algoritmos de control para los reactores de polimerización).

En mi carrera como investigador/profesor, logré asociar a mi trabajo de investigación con la docencia y la transferencia a la industria; y la mayoría de mis investigaciones fueron motivadas por problemas industriales reales. (Lamentablemente, lo mismo no ocurrió con las polimerizaciones aniónicas, que debimos discontinuarlas porque entre otras razones, no existe en nuestro país ninguna industria que las emplee.) Con los objetivos generales de mejorar la calidad de los polímeros y/o optimizar la productividad de los procesos, hemos publicado trabajos experimentales y teóricos relacionados con: 1) procesos en emulsión para la obtención de cauchos SBR y NBR; 2) procesos en masa heterogénea para la obtención de HIPS; y 3) procesos en solución para la obtención de resinas de melamina-formaldehído y fenol-formaldehído. En los párrafos que siguen, comento

brevemente nuestras experiencias con cada uno de los procesos mencionados.

Con la ex-empresa PASA S.A. (hoy Petrobras Argentina S.A.), llevamos a cabo un importante trabajo de transferencia de varios años relacionado con sus plantas de polimerización en emulsión para la producción de SBR y NBR, en Pto. San Martín, Provincia de Santa Fe. En este trabajo, intervinieron fuertemente el Dr. Luis Gugliotta, el AUS Marcelo Brandolini, y tres ex-becarios (los Dres Jorge Vega, Raquel Bielsa y Roque Minari), cuyas tesis incluyeron parte de los modelos matemáticos que desarrollamos para la empresa (Gugliotta y col. 1995; Vega y col. 1997). Algunos de los artículos publicados incluyen como coautores a dos profesionales de la empresa que nos apoyaron muchísimo: el Gerente de Planta Ing. José Luis Azum y el Jefe de Ingeniería de Procesos Ing. Enzo Iturralde. El informe más importante que elevamos a la empresa consistió en una propuesta de modificación de la ingeniería básica del proceso continuo para la producción de SBR, que consiste en introducir alimentaciones intermedias de los comonomeros y del agente de transferencia, con el objeto de mejorar las productividades de los estados estacionarios y reducir los productos fuera de especificación ante cambios de carga o de grado (Brandolini y col. 1997). Esta propuesta fue con los años materializada en forma parcial. Más tarde, las polimerizaciones en emulsión nos indujeron a investigar sobre la síntesis de látex funcionalizados de altísimo valor agregado; y la tesis doctoral de la Dra. Verónica González trató sobre el desarrollo de kits de inmunodiagnóstico para detectar el Mal de Chagas mediante un látex funcionalizado con antígenos que coagula en presencia de suero de sangre de personas infectadas.

Con relación a los procesos continuos en masa para la producción de HIPS, hemos desarrollado un largo trabajo académico y de transferencia a la industria, que se inició hace más de 20 años con la Dra. Diana Estenoz. Más tarde, participaron también en forma importante las Dras. Natalia Casís y Carla Luciani (actualmente en Eli Lilly & Co., Indianapolis, EE.UU.). Las tesis doctorales de las tres doctoras mencionadas incluyeron modelos matemáticos asociados a la síntesis y caracterización del HIPS. En este tema, y durante muchos años, contamos con la valiosa colaboración experimental por parte de la Prof. Haydée Oliva y su grupo de la Universidad del Zulia (Maracaibo, Venezuela); y con mediciones de planta amablemente suministradas por la empresa Estizulia C.A. (El Tablazo, Venezuela) (Meira y col. 2007; Soto y col. 2004). Se desarrollaron modelos matemáticos del proceso HIPS para las empresas Total de Houston, EE.UU., y Expecom S.A (hoy Petrobras S.A.) de Zárate, Provincia de Buenos Aires. En estos momentos, estamos colaborando con la última empresa mencionada, para extender un modelo matemático de dicho proceso que desarrolláramos hace ya varios años (Estenoz y col. 2002).

Por último, hemos también establecido una cooperación de muchos años con la empresa Centro S.A. de San Francisco, Provincia de Córdoba; con relación a la síntesis de resinas base de melamina-formaldehído y fenol-formaldehído para la fabricación de laminados decorativos. El trabajo fue llevado a cabo fundamentalmente por la Dra. Verónica Nicolau, quien actualmente lidera un incipiente grupo de investigación sobre polímeros en la Regional San Francisco de la Universidad Tecnológica Nacional. Antes de su ingreso a la carrera del

investigador, la Dra. Nicolau obtuvo una Beca Doctoral mixta entre el CONICET y Centro S.A. El trabajo inicial apuntó a resolver problemas relacionados con la síntesis clásica de las resinas mencionadas [15], pero actualmente está orientando a obtener de resinas del fenol-formaldehído con sustitución parcial del fenol por lignina (de origen vegetal).

La cromatografía líquida de exclusión y la dispersión de luz dinámica fueron también objeto de numerosas publicaciones. Así por ejemplo, hemos desarrollado varios algoritmos de deconvolución o filtrado inverso de cromatogramas para corregir las mediciones de DPM por el efecto indeseable del ensanchamiento instrumental (Meira y Vega 2005; Baumgarten y col. 2002). (La función de ensanchamiento instrumental o *band broadening* podría medirse en forma directa si se dispusiera de patrones de masas molares estrictamente uniformes.) A lo largo de los años, estos temas constituyeron parte de las tesis doctorales de Luis Gugliotta, Raquel Bielsa, Mariana Yossen, y Luis Clementi; e involucraron a los siguientes proyectos de cooperación internacional: a) con el Prof. Luis García-Rubio (Universidad de South Florida, EE.UU.); b) con la Prof. Leni Axcelrud (IMA, UFRJ, Brasil); y c) con el Dr. Dušan Berek (Instituto de Polímeros, Academia Eslovaca de Ciencias, Bratislava, Eslovaquia). El trabajo en cooperación con la Prof. Axcelrud fue motivado por la empresa brasileña Petroflex, y su objetivo fue caracterizar un polibutadieno hidroxiterminado fabricado por dicha empresa (Bielsa y col. 1994). Pero exceptuando a dicha publicación, los demás trabajos sobre caracterización de polímeros se motivaron en razones estrictamente académicas, y fueron estimuladas por mi participación en varios proyectos financiados por la IUPAC. Personalmente, lide-

ré a dos de dichos proyectos, y en estos momentos está terminando el denominado: *Data Treatment in Size Exclusion Chromatography of Polymers*, <http://www.iupac.org/projects/2003/2003-023-2-400.html>. En nuestra larga interrelación con el Dr. Berek, hemos encarado diversos problemas relacionados con la cromatografía líquida de polímeros, y nuestros últimos trabajos apuntan a resolver mezclas binarias de homopolímeros mediante la cromatografía líquida de exclusión en una y dos dimensiones (Clementi y col. 2015).

Los doctorados en ingeniería son relativamente nuevos en Argentina, porque durante muchos años los Consejos Profesionales de Ingeniería se opusieron a que las universidades nacionales ofrecieran títulos de nivel superior al de Ingeniero (a pesar del hecho de que los títulos de Magister o de Doctor no aumentan las incumbencias profesionales de los ingenieros). Los primeros doctorados en ingeniería del país fueron ofrecidos por la UNL y la Universidad Nacional del Sur; y el primer doctorado en ingeniería del país fue otorgado por la UNL a Orlando Alfano, actualmente Investigador Superior de CONICET en el INTEC. Desde entonces (y a pesar de los idénticos requerimientos en cuanto al plan de investigación y a los cursos de posgrado), la UNL otorga los títulos de Magister y de Doctor en Ingeniería Química a los ingenieros químicos, o de Magister y de Doctor en Tecnología Química a los no ingenieros químicos. Entre 1982 y 1991, presenté todos los años un curso de posgrado en la UNL sobre Control y Dinámica de Procesos. Ese curso lo dicté por última vez en 1992, durante mi año sabático en la Universidad del País Vasco (San Sebastián, España). Luego, entre 1993 y 1995, presenté mis primeros cursos sobre polímeros

en la empresa PASA S.A. de Pto. San Martín, en la Universidad del Zulia (Venezuela), y en la Universidad Central de Venezuela. Más tarde, y cada año a partir de 1995, hemos ofrecido con el Dr. Luis Gugliotta dos cursos sobre polímeros (de grado y posgrado) en la UNL y otras instituciones académicas. En los últimos años, los cursos que dictamos en el primer semestre tratan sobre la caracterización termo-mecánica, molecular y morfológica de polímeros, y los cursos del segundo semestre sobre la ingeniería de la polimerización. Las notas de ambos cursos pueden bajarse de <http://www.gp.santafe-CONICET.gov.ar/cursos.htm>. En base a dichas notas, estamos analizando la posibilidad de escribir dos libros que editaría la UNL.

El Grupo de Polímeros y Reactores de Polimerización del INTEC (<http://www.gp.santafe-CONICET.gov.ar/index.htm>) comenzó informalmente con mis primeros becarios doctorales en 1981, y actualmente está compuesto por 29 miembros de carrera del CONICET, desglosados como sigue: 14 Investigadores, 12 Becarios y 3 Personal de Apoyo. Por razones organizativas, las tareas de investigación se llevan a cabo en tres Subgrupos, a saber: 1) de Polimerizaciones Radicalarias en Medio Disperso, dirigido por el Dr. Luis Gugliotta; 2) de Polimerizaciones Radicalarias en Masa, Aniónicas y por Pasos, dirigido por la Dra Diana Estenoz y yo; y 3) Caracterización de Polímeros y Control de Procesos, dirigido por el Dr. Jorge Vega. Expreso mi enorme agradecimiento al grupo de investigación y a las instituciones a las que pertenezco. Sin dudas, mi mayor logro profesional fue el haber formado un grupo de investigación y desarrollo que desde hace tiempo ya "camina solo", y está integrado por personas solidarias y altamente calificadas. Pero mi mayor fortuna es

el sentirme honrado por la amistad de todos sus integrantes.

■ REFERENCIAS

Alassia L.M., Couso D.A., Meira G.R. (1988). *Molecular Weight Distribution Control in a Semi-Batch 'Living' Anionic Polymerization. II. Experimental Study*. Journal of Applied Polymer Science **36**, 481-494.

Baumgarten J.L., Busnel J.-P., Meira G.R. (2002). *Band Broadening in Size Exclusion Chromatography of Polymers. State of the Art and Some Novel Solutions*. 25th. Anniversary Issue, Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies, **25**, 1967-2001.

Bielsa R.O., Brandolini M.C., Akcelrud L., Meira G.R. (1994). *Distributions of Functionality and of Molecular Weights in an Hydroxyl-Terminated Polybutadiene by Dual-Detection Size Exclusion Chromatography*. Journal of Applied Polymer Science **54**, 2125-2134.

Brandolini, M.C., Gugliotta, L.M., Meira, G.R., Vega, J.R. (1997), *Nueva Ingeniería Básica para el Proceso ARPOL*, Informe Técnico para PASA S.A.

Clementi L.A., Meira G.R., Berek D., Ronco L.I., Vega J.R. (2015). *Molar Mass Distributions in Homopolymer Blends from Multimodal Chromatograms Obtained by SEC/GPC with a Concentration Detector*. Polymer Testing **43**, 58-67, doi: 10.1016/j.polymeresting.2015.02.007.

Couso D.A., Alassia L.M., Meira G.R. (1985). *Molecular Weight Distribution Control in a Semi-batch 'Living' Anionic*

Polymerization. I. Theoretical Study. Journal of Applied Polymer Science **30**, 3249-3265.

Eliçabe G.E., Meira G.R. (1989). *Model Reference Adaptive Control of a Continuous Polymerization Reactor under Periodic Operation*. Polymer Engineering & Science **29**, 374-382.

Estenoz, D.A., Brandolini, M.C., Meira, G.R. (2002). *Modelado Matemático de los Procesos Estacionarios de PS Cristal y HIPS*. Informe Técnico para Pecom S.A.

Gugliotta L.M., Brandolini M.C., Vega J.R., Iturralde E.O., Azum J.L., Meira G.R. (1995). *Dynamic Model of a Continuous Emulsion Copolymerization of Styrene and Butadiene*. Polymer Reaction Engineering **3**, 201-233.

Meira G.R. (1975). *Identification under Direct Digital Control, and Control Design of a Two-Tank Level System*, M.Sc.Thesis in Control Engineering, Universidad de Bradford (Inglaterra).

Meira G.R. (1978). *Control of Polymer Molecular Weight Distribution by Periodic Operation of Continuous-Flow Reactors*, Ph.D. Thesis, Universidad de Bradford (Inglaterra).

Meira G.R. (1980). Cuatro Informes Técnicos para la CNEA: a) *Esquema de Control de la Planta de Intercambio Isotópico en su Versión Gas-Líquido*; b) *Funcionamiento y Esquema de Control de la Planta de Almacenaje de SH₂*; c) *Especificaciones de Instrumentos de Medición y Elementos de Acción Final*; d) *Instrumentación de Sala de Control*.

- Meira G.R., Johnson A.F. (1981). *Molecular Weight Distribution Control in Continuous 'Living' Polymerizations through Periodic Operation of the Monomer Feed*, Polymer Engineering & Science **21**, 415-423.
- Meira G.R., Estenoz D.A., Luciani C.V. (2007). *Continuous Bulk Process for the Production of High-Impact Polystyrene: Recent Developments in Modeling and Control*. Macromolecular Reaction Engineering, **1**, 25-39.
- Meira G.R., Vega J.R. (2005). *Band Broadening Correction Methods in GPC-SEC*. en Dekker Encyclopedia of Chromatography, Second Edition - 2 Volume Set, J. Cazes, Ed. Marcel Dekker Inc., págs 149-159, ISBN: 0824727851.
- Nicolau V.V., Estenoz, D.A., Meira, G.R. (2013). *Hydroxymethylation of Phenol Revisited: A Readjusted Mathematical Model*. Industrial and Engineering Chemistry Research **52**, 18140-18152, dx.doi.org/10.1021/ie401231w.
- Soto G., Nava E., Rosas M., Fuenmayor M., González I.M., Meira G. R., Oliva H.M. (2004). *Bulk Polymerization of Styrene in the Presence of Polybutadiene. Effect of Initiator Type and Prepolymerization Conditions on Particle Morphology*. Journal of Applied Polymer Science **92**, 1397-1412.
- Vega J.R., Frontini G.L., Meira G.R. (1991). *Optimal Periodic Control of a Continuous 'Living' Anionic Polymerization. III. Presence of Impurities in the Monomer Feed*. Journal of Applied Polymer Science **42**, 3181-3193.
- Vega J.R., Gugliotta L.M., Bielsa R.O., Brandolini M.C., Meira G.R. (1997). *Emulsion Copolymerization of Acrylonitrile and Butadiene. Mathematical Model of an Industrial Reactor*. Industrial and Engineering Chemistry Research **36**, 1238-1246. (Solicitado para un número especial en honor a A. Hamielec.)



Grupo de Polímeros y Reactores de Polimerización del INTEC (dic. 2013). De izquierda a derecha: Roque Minari, Elangeni Gilbert, Verónica González, Mara Polo, Ma. Eugenia Taverna, Lis Femia, Gregorio Meira, Valeria García, Carlos Busatto, Ludmila Ronco, Diana Estenoz, Carolina Gutiérrez, Natalia Casís, Leandro Peretti, Marisa Spon-tón, Matías Picchio, Ana Sonzogni, Carlos Córdoba, Julio Cuggino, Luis Gugliotta, Jorge Vega, Mariana Yossen y Marcelo Brandolini. Ausentes: Luis Clementi, Verónica Nicolau, Yurany Villada, Mario Chiovetta, Raúl Bortolozzi y José Luis Castañeda.