

MEDIO SIGLO EN UN PROYECTO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO

Palabras clave: Ingeniería Química, termodinámica de procesos, equilibrio entre fases, diseño de productos, fluidos supercríticos.
Key words: Chemical engineering, process thermodynamics, phase equilibria, product design, supercritical fluids.

■ Esteban A. Brignole

Planta Piloto de Ingeniería Química – UNS – CONICET.
eabrignole@gmail.com

■ MEDIO SIGLO EN UN PROYECTO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO.

Nací en Bahía Blanca en 1940 en un hogar en donde mi madre Anita era profesora de inglés y mi padre Roberto escribano (solo por tradición familiar, nunca ejerció) dado que era esencialmente poeta y escritor, ellos tuvieron una gran influencia en mi formación cultural. La biblioteca de mi casa fue para mi y mis tres hermanas (Diana, Matemática, Lily, Profesora de Literatura y Eileen, Directora de Jardín de Infantes) el entretenimiento más a mano, siendo Borges, Arlt, Lynch, Bioy, Neruda, Rubén Darío, Cortázar, Marechal para citar autores latinoamericanos mis autores favoritos en la adolescencia, contando a menudo con el asesoramiento de mi padre, un ferviente defensor de la cultura nacional.

Mi orientación hacia la química, específicamente la ingeniería química, sin duda la despertó nuestro profesor de química orgánica del

secundario, el Dr. Mario Fachinetti Luiggi quién nos deslumbró con las posibilidades de los procesos químicos y fundamentalmente con el rol de la clorofila en la fotosíntesis. Mi esposa Alicia, que siguió la carrera de química, también lo tuvo de profesor. El secundario, gracias a la biblioteca familiar fue una época muy llevadera, salvo mi equivocada decisión de acortar la adolescencia haciendo 4to año libre, lo que representó mi primer real compromiso con el estudio para superar cerca de 11 exámenes libres en pocas semanas.

■ 1. LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

El desarrollo poblacional de fuerte contenido inmigratorio dejó en Bahía Blanca un importante aporte cultural, en un amplio ramo de artes, oficios y profesiones. Numerosos edificios de gran jerarquía tanto públicos como privados dan prueba de la calidad artesanal y profesional que pusieron de manifiesto los constructores y profesionales de aquella

época. El Teatro Municipal, inaugurado a principios del siglo XX es un reflejo de ese período. Otro centro cultural de relevancia que data de fines del siglo XIX es la Biblioteca Rivadavia. Abundaban los diarios y revistas de edición local. La ciudad contaba con escritores de la talla de Eduardo Mallea, Roberto Payró y Exequiel Martínez Estrada. No es de extrañar que en este clima civilizador y cultural, se sucedieran a partir de la década del 20 propuestas para crear una Universidad en la región, proyectos que culminarían con la creación del Instituto Tecnológico del Sur y posteriormente con la puesta en marcha de la Universidad Nacional del Sur el 5 de Enero de 1956. El primer rector organizador de la universidad fue un filósofo Vicente Fatone y sin entrar en detalles del equipo inicial (Braun Menéndez, Villegas Basabilbaso, Martínez Estrada, Rolando García) que asesoraron en la puesta en marcha de esta casa de estudios, podemos decir que Fatone le introdujo una concepción de avanzada bajo el lema de “no una universidad más, sino una

universidad nueva". A su iniciativa se debe la creación de institutos de investigación, contratación de profesores con dedicación exclusiva, sistema departamental (sin facultades), sistema cuatrimestral y la incorporación de docentes investigadores en diversas áreas, como Jaime Rest en Humanidades y Antonio Monteiro en Matemáticas para citar dos ejemplos.

Dentro de este clima de una universidad en construcción ingresé en 1958 como estudiante de Ingeniería Química. Por entonces Enrique Rotstein, que tuvo una influencia decisiva en mi carrera, era un estudiante avanzado de Ingeniería Química y nos comentaba que: "El periodo de organización de la UNS, bajo Fatone, transcurrió de 1/56 a 7/57. Por ese entonces formaba parte del curso de vanguardia de la carrera y veía bien claro cuán limitada era la calidad de la enseñanza. La administración Fatone tenía en claro esa limitación y todos compartíamos el diagnóstico: el aporte académico no podía ser mejor que la calidad de los responsables de hacerlo efectivo. La carrera tenía un programa de estudios genérico y no había investigación ni formación de personal."

La física nuclear introdujo el concepto de masa crítica que ha sido muy aplicado al desarrollo de instituciones científicas. En nuestro caso la "masa crítica" fue un grupo de cinco estudiantes: Carlos Gígola, Héctor Berra, Oscar Zanotto, Oscar Bianciotti y el que escribe, que se conocieron por primera vez en febrero de 1958 en un curso de ingreso que organizaba el Centro de Estudiantes de Química e Ingeniería (CEQUI). Tres años más tarde, estos mismos compañeros, ya amigos entrañables empezaban a pensar en una carrera de Ingeniería Química y por extensión en una Universidad diferente a la que estaban conociendo.

En este tipo de reseñas, es normal señalar en qué centro de investigación y con qué especialista comenzó cada uno su formación científica, sin embargo en mi caso y el de mi generación el desafío era diferente primero deberíamos crear el centro científico, dotarlo de infraestructura y recursos humanos. En tal sentido nuestra generación vivió dos etapas: una de desarrollo institucional y otra de investigación científica y tecnológica. Ese centro científico sería la Planta Piloto de Ingeniería Química (PLAPIQUI). Agrega Rotstein "PLAPIQUI resultó de la feliz convergencia de dos generaciones: Por una parte un grupo de egresados de la UNS formado por los ingenieros Miguel Elustondo, Braulio Laurecena, Enrique Rotstein y Martín Urbicain. Por la otra, un grupo de estudiantes avanzados integrado por Esteban Brignole, Héctor Berra, Carlos Gígola, Susana Pérez, Nani Sica, Aurelio Chermanovich, Oscar Zanotto y Oscar Bianciotti. Inicialmente los grupos trabajaban independientemente pero muy rápidamente entraron en contacto".

■ 2. LA PLANTA PILOTO DE INGENIERÍA QUÍMICA

A principios de la década del 60 las tres materias formativas fundamentales de nuestra carrera de ingeniería química: Operaciones Unitarias I y II y Procesos Unitarios, estaban cubiertas en forma precaria por profesores de otras asignaturas. Conseguir especialistas en estas materias en nuestra ciudad, que carecía por entonces prácticamente de industria de procesos era casi imposible. Por otra parte, para esa época se instalaban industrias químicas y petroquímicas, altos hornos, refinerías y se incentivaba la producción petrolífera en otras regiones del país. En esas circunstancias, era muy difícil para nuestra Universidad competir con la industria o con universidades radicadas en zonas

de mayor desarrollo industrial en el reclutamiento de profesores. La búsqueda de una solución a este problema fue quizás la primera tarea que en común encaramos como estudiantes, junto con una nueva generación de docentes que se conformaba con los primeros graduados. La alternativa del autodesarrollo parecía, como lo fue finalmente, la única alternativa viable.

Pasa entonces a ejercer la Dirección del Departamento el Dr. Mario Facchinetti Luiggi, hombre de Bahía Blanca, quien desde la década del 40 era un decidido propulsor del establecimiento de una Universidad en Bahía Blanca. Facchinetti apoyaría siempre todas las iniciativas que como estudiantes o ya como equipo le fuimos proponiendo. Por entonces, ya algunos de los primeros graduados de nuestra carrera de Ingeniería Química, colaboraban como docentes auxiliares en las asignaturas fundamentales de la misma. Entre ellos se destacaba claramente el Ing. Miguel P. Elustondo, por su clara inteligencia e inventiva. Conociendo nuestra preocupación por mejorar el nivel de docencia e investigación de nuestra carrera nos propuso entrevistarnos con el Ing. Enrique Rotstein para plantearle nuestras inquietudes. Rotstein había trabajado en los laboratorios de Investigación y Desarrollo de Monsanto en Springfield (EE.UU.) y todavía recordábamos un excelente seminario que había presentado en la Universidad con los resultados de esos estudios. El nacimiento de su primer hijo, había acelerado su regreso a Bahía Blanca y estaba tratando de montar una empresa de diseño y consultoría en ingeniería de procesos.

Sin demora, seguimos el consejo de Elustondo y aprovechando que Rotstein solo vivía a algunos metros de mi casa, me presenté en la suya sin más trámite para proponerle orga-

nizar una reunión con un grupo de estudiantes. Todavía Rotstein recuerda la sorpresa que le causó mi visita vistiendo uniforme de "colimba", en aquellos tiempos, año 1961, en que los planteos militares estaban a la orden del día. A los pocos días nos reunimos en el living de su casa Carlos Gígola, Oscar Zanotto, Héctor Berra, Oscar Bianchiotti y Elustondo y le planteamos nuestras inquietudes. De esa primera reunión quedaron lecciones definitivas para nuestro desarrollo futuro. Cuando le propusimos crear un Departamento y ponerlo a él a la cabeza, nos dijo *"no necesitamos un Departamento lo que necesitamos es un plan"*. A los pocos meses bajo la dirección de Rotstein se elaboró un plan cuyo objetivo central era un cambio en la calidad educativa y de investigación. En ese plan se introducía como requisito de final de carrera un Trabajo Final fundamentalmente experimental que nos familiarizaría con el método científico. Otros planes eran iniciar una biblioteca especializada, instalarnos en el ámbito de la planta piloto de operaciones unitarias, que era por entonces un espacio abandonado, montar un taller y conseguir personal técnico y administrativo, reformular un plan de equipamiento para las universidades del BID cambiando módulos de equipos de finalidad puramente didáctica por instrumental científico, establecer contactos a nivel local, nacional e internacional con investigadores y basar nuestra acción en el tríptico de docencia, investigación y extensión. La publicación de resultados científicos que resultaran de nuestras investigaciones se planteó como un objetivo a concretar en el mediano plazo (3-5 años), lo mismo se planteaba con la asistencia a reuniones científicas internacionales. Una idea fuerza fue bajar los puentes con la sociedad y que todos cumpliéramos una función por los demás. En mi caso mi responsabilidad funcional fue de gestión, dado mi rol de representante de los

estudiantes de Federación Universitaria en el Consejo Superior.

En 1963, estábamos terminando de rendir nuestras últimas materias y se acercaba el momento de decidir darle forma a nuestro trabajo final. Al grupo inicial se habían agregado Ana María Sica y Susana Pérez, ya graduadas. Además otros estudiantes avanzados, Numa J. Capiati, Mario Whichnevski, Mariano Blanco, etc., etc. se habían comprometido a colaborar en el proyecto. Otra incorporación fundamental, se produciría a partir del primero de diciembre de 1963: Martín J. Urbicain "Tincho", quien se haría cargo de la rehabilitación de la Planta Piloto de Operaciones Unitarias, con un cargo de Asistente de Docencia con Dedicación Exclusiva. Urbicain había sido convencido por Rotstein para sumarse al equipo fundacional y sería el primer docente que teníamos en el grupo con dedicación exclusiva. Estos hechos eran etapas del plan que originalmente habíamos formulado. El 19 de Noviembre de 1963 tuvimos una reunión del grupo que hoy consideramos la reunión fundacional del PLAPIQUI. En dicha reunión que coordinó Rotstein, se definieron tres elementos fundamentales:

a) cuándo podía empezar a trabajar cada uno, b) cuánto tiempo estábamos dispuestos a poner en el proyecto y c) quienes pensaban seguir una carrera profesional y quienes veían en el proyecto su futura realización personal. A partir de ahí, todos nos volcamos con dedicación ni exclusiva, ni completa sino que total, al desarrollo de un grupo de investigación, extensión y docencia. Una pequeña aula se convertía en boxes de oficinas para 14 personas, a razón de dos personas por escritorio. El personal no-docente de la Universidad, empezó a conocernos con el mote de "los de la Planta Piloto" y nosotros empezamos a llamarnos con orgullo

plantígrados. No necesitamos mucho tiempo para aceptar que el nombre del instituto no lo podíamos inventar, ya había sido dado: el Grupo de Planta Piloto de Ingeniería Química.

Rotstein por entonces propuso líneas de investigación sobre las que se basaron los primeros trabajos finales: películas turbulentas generadas por vibración, transferencia de calor y reacción química heterogénea en dichas películas, absorción con reacción química en torres rellenas, flujo en lechos empacados, deshidratación de alimentos, etc. Por otra parte Rotstein se concentró en trabajar en los problemas que debía superar el país para que hubiera una fructífera relación industria – universidad y generar capacidad local de investigación y desarrollo tecnológico. En mi tesis de Trabajo Final estudié la evaluación de un relleno de alta porosidad en la absorción de CO₂ en soluciones acuosas de monoetanolamina y en la absorción de amoníaco y en el modelado de procesos de absorción. La construcción de una planta de absorción de escala banco, que contenía hasta un gasómetro y sistema de vaporización de CO₂, que la planta consumía en cantidades significativas y su proceso de medición, control de caudales de gases y solventes y montar el laboratorio de análisis de gases y líquidos resultó una experiencia muy educativa, pues hubo que arrancar de cero. A partir de este estudio me dediqué por varios años al estudio de la transferencia de masa en procesos químicos.

Durante el año 1964, Rotstein y Urbicain establecieron relaciones con el Departamento de Tecnología Química de la Universidad de la Plata y el Departamento de Industrias de la Universidad de Buenos Aires. El Director del Departamento de Tecnología Química de la Universidad Nacional de La Plata, Doctor Jorge J.

Ronco, apoyó desde el vamos nuestras inquietudes y fue desde entonces hasta su fallecimiento una fuente de consulta y de inspiración para cimentar nuestro desarrollo científico. Bajo su influencia, la ingeniería química moderna se había hecho realidad en los planes de estudios de Ingenieros Químicos y Químicos Tecnológicos de las principales casas de estudio del país. Asimismo había puesto en marcha un mecanismo de Jornadas Científicas en Operaciones y Procesos de la Ingeniería Química y había invitado a profesores de renombre como J. Smith y W. Stewart a la Argentina. Con el apoyo del Dr. Ronco coordinamos una serie de seminarios en las que participaron, entre otros, el Dr. Roberto Cunningham, por entonces profesor en la Universidad de Buenos Aires y con quien establecíamos desde entonces una sólida amistad. En 1966 organizamos las Jornadas de Operaciones y Procesos en Bahía Blanca.

El proyecto en que estábamos embarcados transcurría en medio de permanentes planteos militares y crisis políticas. Frondizi es derrocado en 1962 y lo sucede José M. Guido Presidente del Senado, quien llama a elecciones, con el peronismo proscripto, que consagran presidente a Arturo Illía en 1963, quien es derrocado por Onganía en 1965. Sin embargo es sólo a partir de la **“noche de los bastones largos”** que la inestabilidad política impacta drásticamente a las universidades que conservaban su autonomía. Las universidades son en ese momento intervenidas y se producen masivas renunciaciones de profesores e investigadores en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y en otras facultades de la Universidad de Buenos Aires. Desde nuestra visión, renunciar significaba abandonar una trinchera y el fin del proyecto. Recuerdo que después de la noche de los bastones largos, se nos planteaba que la renuncia era la única alterna-

tiva, pero la posición adoptada fue otra: el éxodo planeado. A pesar de la euforia que nos embargaba, por los cambios logrados en poco tiempo, éramos conscientes que no podíamos seguir creciendo tirándonos de los cordones y que el momento de iniciar una fuerte capacitación externa no podía dilatarse. Desde 1966 ya estábamos a la búsqueda de oportunidades de capacitación externa para la primera camada.

Los años 66/67 fueron febriles en la búsqueda de alternativas de capacitación en el exterior. Es así que a través de la cooperación bilateral con varios países salimos al exterior siete miembros del grupo: Elustondo (Univ. de Karlsruhe, Alemania), Urbicain y Pérez (*Imperial College*, Inglaterra), De Lasa (Universidad de Nancy, Francia), Gígola y Ana M. Sica (Universidad de California, Davis) y en mi caso junto con Alicia al MIT (Boston). Es así que nos ubicamos con Alicia en Boston, ella para trabajar en síntesis inorgánica con Albert Cotton, con una media beca del CONICET y yo para realizar investigaciones en transferencia de masa con E. Vivian en el Departamento de Ingeniería Química del MIT, con una beca de la Fundación ESSO, en lo que creo fue su primer acto como fundación. En Boston continué mis estudios de transferencia de masa en lechos relleños, investigando la influencia de las propiedades físicas en la transferencia de masa y desarrollando una metodología para la medición del área efectiva. Tomar los cursos de posgrado que dictaban Thomas Sherwood en Transferencia de Masa y Robert Reid en Termodinámica tuvo una gran influencia en mi posterior desarrollo. Lamentablemente la estadía en Boston no iba a tener la duración que habíamos planificado, si bien representó una experiencia inolvidable en todo sentido, como entre otros eventos asistir a una conferencia magistral de Linus Pauling o escuchar a Dizzie

Gillespie varias horas en un pequeño local.

A partir de 1968 un nuevo interventor es designado en la Universidad: el Ingeniero Manuel Gómez Vara, Ingeniero Químico. A fines de 1968 Rotstein me visita en Boston y me convence (Alicia nunca se convenció) de que políticamente era conveniente tener un nuevo interlocutor pues él y Laurencena (tildado de izquierdista), estaban en alguna medida desamparados frente a la orientación “nacionalista” que podía tomar la conducción de la Universidad. Cuando regresé en Marzo de 1969, hice una parada de 3-4 días en Río de Janeiro, si bien el haber dejado Boston, con mi coche enterrado bajo dos metros de nieve era suficiente excusa. Había otra razón, desde mediados de la década del 60 recibíamos noticias de un Programa de Posgraduación en Ingeniería que el Prof. Alberto Coimbra (Ingeniero Químico) había establecido como un programa especial en la Isla de Fontao, dentro de la estructura académica de la Universidad Federal de Río de Janeiro. Coimbra descubrió que había fondos del Banco de Desarrollo de Brasil que podían utilizarse para esa finalidad y produjo un hecho revolucionario para su época, un campus de posgrado en ingeniería (COPPE) con decenas de miles de metros cuadrados de construcciones modernas, equipamiento e investigadores que fueron formados en ingeniería en el exterior, que tuvo un gran impacto en América Latina. Fue mi única entrevista con Coimbra y la rescato como una circunstancia muy especial ya que todavía la ingeniería química latinoamericana le debe un justo reconocimiento. Sin duda este programa tuvo una gran influencia en nuestros futuros planes de desarrollo de estudios de posgrado.

No bien llegado a Bahía Blanca me incorporé como Secretario Aca-

démico del Departamento de Química e Ingeniería Química, del que era Director Carlos E. Mayer. Siempre recuerdo que negocié en broma, mi posición como Secretario ¡¡¡por un cromatógrafo!!!... que finalmente nunca pude utilizar, pues el Beckman llegó casi simultáneamente con C. Gígola que volvía de Davis, California y tenía una necesidad real de ese equipo. La gestión de Gómez Vara, afortunadamente, no confirmó las prevenciones con que la misma se había iniciado y fue una época en que se pudieron obtener cargos, presupuesto y expansiones edilicias. De esta manera la plataforma de aterrizaje de los primeros becarios externos fue una realidad, a pesar de la creciente inestabilidad de todo tipo en el país. El plan de capacitación externa se mantuvo con nuevas generaciones de miembros del equipo de 1967 en adelante. Otra circunstancia que se materializa en esa época es el potencial desarrollo petroquímico que puede tener lugar en Bahía Blanca. Durante el año 1968, Dow Química plantea su interés en invertir en Bahía Blanca, pues sus técnicos consideran esta región como el centro de gravedad de la materia prima gas en la Argentina. Esta inversión nos plantea el desafío de proporcionar recursos humanos en calidad y cantidad y se discute por primera vez el desarrollo de estudios de posgrado. Afortunadamente el proyecto Dow se abandona y es reemplazado por un nuevo proyecto de un polo petroquímico integrado por industrias de primera y segunda generación de propiedad mixta: estatal – privada. Esta característica empresarial constituyó una combinación ideal para nuestros planes de una real integración con la industria.

Al gobierno de Onganía lo suceden gobiernos de transición que tratan de volver a un sistema democrático, pero la simiente de violencia que estos gobiernos engendraron en la

sociedad conduce a una descomposición social irreversible que irá creciendo hasta un grado de deshumanización nunca visto en Argentina. Es interesante señalar que ninguno de nuestros becarios externos que deja el país entre 1969 y 1971 regresa. Nuestro proyecto debe convivir con esta realidad y puede ser visto desde lejos como una forma de escapismo, pero en verdad lo fue más de obstinación, creíamos políticamente en el sentido de nuestra actividad y no nos resignábamos a que conflictos que se planteaban entre grupos irreconciliables, en el marco de una gran inestabilidad política, hicieran fracasar nuestro objetivo.

■ 3. LOS EJES TECNOLÓGICOS

Con el regreso de la primera camada de becarios externos, 1969-70, una nueva actualización de objetivos se plantea: a) organización de un programa de educación superior a nivel doctoral o b) reorganización de la actividad investigativa y formativa en ejes tecnológicos. El primer objetivo había sido el motor central de los primeros 10 años del equipo y su remplazo o postergación fue objeto de acalorados debates. ¿Qué era la organización en ejes tecnológicos? Bajo la clara percepción de Rotstein se formula “el modelo para armar”. La literatura de centros de desarrollo tecnológico de esa época ya planteaba una estructura matricial de la organización, por ejes verticales de proyectos a ejecutar y ejes transversales de distintas disciplinas. En esa época aparecían con gran fuerza dos ejes para la transformación industrial en nuestra región: i) polímeros y petroquímica base gas natural y ii) industrialización de frutihortícolas.

En 1970 visita nuestro país un eminente Profesor de Ingeniería Química de la Universidad de Minnesota, Rutherford Aris, considerado una de las mentes más brillantes de nuestra

disciplina. Quedó entusiasmado con nuestros incipientes proyectos, pero con la modestia de los grandes dijo que él sabía quién nos podía ayudar... un colega suyo, L. E. Scriven, también de Minnesota, que estaba visitando Río de Janeiro (el COPPE) en ese momento. Inmediatamente lo invitamos y con la referencia de Aris aceptó. Su visita fue muy fructífera, entre otras avenidas de cooperación, Scriven se convirtió en nuestro promotor en el exterior, asesor en la selección de especialistas, lugares de capacitación y de supervisores para nuestros futuros becarios. En todos los casos se trató de combinar excelencia académica con calidad humana, creando lo que en nuestra jerga se llamó el “colegio invisible”. Una unidad de objetivos y conducta en donde nos enlazábamos con científicos de diversas partes del mundo, creando una valiosísima red de contactos que crecía y que le dio gran eficiencia, tanto a la visita de expertos, como a las salidas de capacitación. Estas salidas fueron en muchos casos la realización por cuatro o cinco años de estudios de posgrado doctorales, inversión a la que había que garantizar su éxito. A partir de su visita organizamos la venida de Michael Williams (reología de polímeros) de la Universidad de California (Berkeley) y de Joe Hightower (reactores catalíticos) de la Universidad de Rice en Houston para ir desarrollando capacidades en los temas vinculados al eje petroquímico. Así es que a partir de 1972 Laurencena viaja a Berkeley a trabajar con Williams, Numa Capiati a Amherst a trabajar con Roger Porter y Enrique Vallés viaja en 1973 para hacer un doctorado en Minnesota bajo la dirección de Admunson y Makosco. Dentro de este mismo plan se gestiona un proyecto UNIDO que permite hacer estancias breves y financiar expertos y de tal forma Gary Haller (catálisis) nos visita en 1974, recuerdo que llegó al país el día de la muerte de Perón y con el caos consiguiente fue muy

complicado asegurarnos de su arribo y llegada a Bahía Blanca.

■ 4. PLAPIQUI – INSTITUTO DEL CONICET

En 1971 el CONICET inicia contactos con la Universidad Nacional del Sur, con la finalidad de crear varios institutos en el ámbito de la misma. La universidad, en base a la actividad de investigación que se desarrollaba por ese entonces, propone al grupo de la Planta Piloto de Ingeniería Química y a los ya preexistentes Institutos de Investigaciones Bioquímicas, Argentino de Oceanografía y de Matemáticas con el objeto de financiar en forma más fluida su desarrollo y convertirlos en centros de formación de posgrado para proyectar su acción a la universidad toda y al medio. El Convenio se firma en mayo de 1973, valga la anécdota, pocos días antes de la transferencia del Gobierno de Lanusse a Cámpora. Rotstein asume la Dirección del instituto por ser el coordinador del área de Planta Piloto. Las expectativas de que con el paso a un gobierno democrático se iba a pacificar el país rápidamente se desvanecen y se inicia un período de gran violencia e inestabilidad en la vida universitaria y en el país que sólo terminaría 10 años más tarde con la vuelta de la democracia con el gobierno del Doctor Raúl Alfonsín.

Afortunadamente, el CONICET transitó carriles más normales en esos días y a pesar de la continua destrucción de gran parte del sistema científico y universitario que nos circundaba, el grupo seguía creciendo, los convenios con la industria se concretaban y fundamentalmente, jóvenes valiosos para nuestro futuro desarrollo se rescataban de una juventud frustrada y destrozada por la decepción, la represión y la violencia. En gran medida haber sobrellevado ese período fue gran mérito del apoyo comprensivo que nos brindó el CO-

NICET y de la solidez del grupo. El tubo de oxígeno con que nos alimentaba el CONICET consistía en becas, subsidios para funcionamiento, para adquisición bibliográfica y para compra de equipos menores...¡¡ y no tanto!! Por ese entonces compramos la PDP 8 que fue la primera computadora que funcionó en la UNS. A pesar de que contaba con solo 8K nos fue posible resolver “en casa” los primeros problemas de transferencia de masa en jets líquidos laminares con condiciones de contorno de frontera libre (Brignole y Echarte, 1981) y complejas predicciones con ecuaciones de estado multiparamétricas de procesos criogénicos de procesamiento de gas natural. El convenio con el CONICET nos permitió contar con un cupo garantizado de becas para ir conformando la base de personal que los planes ambiciosos de integración tecnológico - industrial nos hacían entrever. Más aún, cuando la situación universitaria en la época de la dictadura llegó a límites extremos, nos apoyó con subsidios para la construcción de un Anexo que es aún hoy la sede principal de nuestras actividades de extensión y capacitación industrial y de nuestra unidad de vinculación tecnológica Fundasur.

En mi caso mi primera relación con el eje petroquímico se basó fundamentalmente en un convenio que firmamos en 1972 con Gas del Estado para resolver un típico problema de “*trouble shooting*” que presentaba una nueva planta de separación de propano y butano del gas natural. Este problema nos hizo encarar por primera vez el problema de predecir propiedades termodinámicas de mezclas complejas y la simulación rigurosa de columnas de destilación y de intercambiadores de calor de mezclas multicomponentes. Entonces se comenzó a implementar programas de predicción de propiedades de equilibrio entre fases a altas y

moderadas presiones con ecuaciones de estado. La necesidad de confirmar nuestro modelado con ensayos en la planta con el fin de identificar las causas del problema nos reveló “accidentalmente” la solución del problema: trepando a uno de los equipos de aerofriamiento encontramos que una cañería estaba a temperatura ambiente lo que nos dio inmediatamente la clave del problema: ese sector (50%) del aerofriador ¡estaba casi totalmente obstruido! Situación que se confirmó en la próxima parada de planta.

La materia prima para el complejo petroquímico estaría basada en el etano a extraer de los gasoductos del sur y fundamentalmente del oeste, en donde pocos años atrás se había descubierto el yacimiento de Loma de la Lata que sería por varias décadas el principal yacimiento gasífero de Argentina. La extracción eficiente de etano se lleva a cabo mediante procesamiento criogénico y nuestro próximo paso fue analizar con Susana Bottini, mi primera becaria en trabajar en estos temas, la predicción de propiedades en columnas demetanzadoras y turboexpanders que trabajarían en zonas cercanas a las condiciones críticas de las mezclas de gas natural (Bottini y Brignole, 1980).

■ 5. EL PROYECTO UNIDO

En 1975 Rotstein decide dejar la Dirección del Instituto y por entonces colaboré con él en la preparación de una nueva programación de UNIDO. En julio de 1975, visitamos la Dirección de Cooperación Técnica del Ministerio de Economía y entregamos un proyecto que habíamos delineado con la cooperación de Hugo Simoni, Gerente de Procesos de Petroquímica Bahía Blanca (PBB). Siempre recuerdo esa reunión en la que Rotstein aprovechó la ocasión para despedirse. Cuando presentamos el proyecto que implicaba un

monto total de 200.000 dólares, la cifra más alta que podíamos imaginar gastar en tres años, observé un gesto de sorpresa por parte de Margarita Aicarbe que era la funcionaria a cargo de estos proyectos. Pero más nos sorprendimos todos cuando nos dijo en tono ciertamente admonitorio, “esperábamos en este período ejecutar solo proyectos grandes... del orden de 3.000.000 dólares”. Rotstein me miró y comentó: “Esteban, de ahora en más este es tu problema...”. Y así fue, invertir esa cifra dentro del sistema científico-industrial con el impacto que se esperaba de ella, se convirtió de ahí en más en una obsesión para nuestro grupo. En gran medida el respaldo que puso el lado argentino, Cooperación Técnica del Ministerio de Economía, en 1975, se debió a la convicción con que Wilfredo Pflucker, Asesor Principal de Unido en la región, advirtió la fertilidad de un proyecto que enlazaba en un período de dinámica transformación un nuevo sector industrial y un naciente equipo de investigación.

Es difícil pensar en términos de un proyecto de largo plazo cuando las instituciones del país colapsan bajo la violencia e inoperancia del estado y de organizaciones políticas armadas. El golpe de estado de Marzo de 1976 produce cesantías masivas en las universidades y varios miembros de nuestro instituto entre ellos Laurencena y Elustondo son dejados cesantes. Nuestra entrevista con el interventor militar terminó señalando que su trabajo fue echarlos, pero el nuestro será volver a tenerlos con nosotros. El desamparo institucional de ese momento nos llevó a la conclusión de que deberíamos tener nuestra propia Fundación (Fundasur). Con los últimos fondos del proyecto inicial de UNIDO Laurencena había organizado un curso sobre reología y procesamiento de polímeros que dictaría Anthony Pearson, profesor de *Imperial College* y figura de renom-

bre mundial en esta temática. A pesar de la expulsión de Laurencena decidimos que Pearson viniera en julio de 1976 porque en el oscurantismo reinante, era como abrir una ventana hacia el exterior. El curso de Pearson fue un éxito y además se sumó a una misión que el PNUD envió a Bahía Blanca para revisar nuestro proyecto del que participaron Arturo Chávez (PNUD), Raymond F. Badour director del departamento de ingeniería química del MIT y Pearson. Con la aprobación por parte de UNIDO de una primera etapa del proyecto comenzamos las etapas iniciales de capacitación a través de becas y expertos y de equipamiento (se compra la primer computadora con memoria virtual) PDP 11 que será la base del primer centro de cómputo del instituto con múltiples terminales, inclusive en el Complejo Petroquímico y la visita de expertos de renombre mundial. Entre los primeros en visitarnos estuvieron Gilbert Froment (reactores de pirolisis de hidrocarburos) de Ghent y Wayne Edmister (termodinámica de hidrocarburos).

Siempre recuerdo una conversación con Wayne que me comentaba que de tener 40 años haría un sabático en Dinamarca en donde había un grupo de termodinámica aplicada al equilibrio de fases que lo había deslumbrado. Tentado por sus comentarios meses más tarde incluí una parada en Dinamarca en un viaje entre Londres y Viena, donde funcionaba UNIDO. Allí conocí a Aage Fredenslund y Peter Rasmussen que tendrían una gran influencia en mi carrera personal. Aage era el Director del *Instituttet for Kemiteknik* de la Universidad Técnica de Dinamarca, pero su educación tanto de *Bachelor* como de *Ph.D.* en Estados Unidos y su atractiva personalidad habían convertido su instituto en una especie de Meca de la termodinámica aplicada.

Al tiempo que el proyecto de

UNIDO se concretaba y se organizaban más de cien misiones de capacitación de personal, numerosas becas externas para doctorandos y la visita de decenas de expertos, el CONICET terminaba de acordar un programa con el BID para el desarrollo de los Centros Regionales en Santa Fe, Bahía Blanca, Puerto Madryn, Ushuaia y Mendoza. Nuevamente los recursos se invirtieron siguiendo el formato de UNIDO, expertos, becas y equipamiento, un tercio para cada rubro. Con el apoyo del CONICET construimos una sede fuera de la Universidad que nos permitió trabajar y recibir gente sin el control militar que existía en la UNS. Para la gestión y control del proyecto UNIDO generamos cuatro instrumentos: el Programa de Investigación y Desarrollo del Complejo Petroquímico (PIDCOP), el Comité Internacional de Asistencia Técnica, la División de Tecnología Industrial del PLAPIQUI y Fundasur. En este Comité participaban L.S. Scriven, A. Pearson, C. Battu (*Rhone Poulenc*) y S. Wanke, que fueron una ayuda inestimable para asegurar el éxito del proyecto. La División de Tecnología Industrial fue el equipo de profesionales del PLAPIQUI que completaban la visión de los científicos de la ingeniería y eran los ingenieros de la ciencia. La visita de especialistas que generó el proyecto, junto con el retorno de nuestras primeras camadas de *Ph.D.* graduados en el exterior, nos permitió organizar a partir de 1979 el programa de posgrado, que junto con el de la Universidad del Litoral, fueron los primeros de Argentina en Ingeniería Química. A ello también contribuyó el CONICET con su aporte de cupos de becas al instituto que se concursaron a partir de esa fecha. El CONICET autorizó por entonces a Fundasur a recibir los fondos por proyectos que aportaba la industria y se convirtió así en un antecedente de las UVT creadas por la Ley de 23877 de Promoción y Fomento de la Innovación Tecnológica, que citan este an-

tecedente y el de ARGENINTA en los considerandos de dicha ley.

■ 6. POSGRADO EN DINAMARCA Y RETORNO AL PLAPIQUI

Aprovechando que en el período de Junio-Julio se reunía un importante número de especialistas del exterior, organizábamos las Jornadas Internacionales de Tecnología Petroquímica, durante el transcurso de una de ellas Aage Fredenslund dictaba una conferencia sobre predicción de propiedades termodinámicas a contribución grupal con el método de UNIFAC del que fue su principal autor y de gran difusión en todo el mundo. Al final de la charla le pregunté si habían explorado el camino inverso, proponerse conseguir propiedades especiales de los solventes y sintetizarlos a partir de los grupos funcionales de UNIFAC; por ejemplo que el solvente tuviera un dado valor del coeficiente de distribución de un soluto entre dos fases y determinada selectividad. En ese seminario estaba presente George Stephanopoulos, por entonces profesor de síntesis de procesos y control, en Minnesota. De alguna forma esta pregunta abrió una posibilidad que ya estaba madura en ingeniería química, el diseño de productos. George me advirtió al día siguiente cuando nos cruzamos en una escalera, "Esteban hagan algo en este tema porque me interesa". Los dos trabajos que publicamos en los años siguientes fueron los primeros que formularon el diseño molecular asistido por computadora en Ingeniería Química (Gani y Brignole, 1983, Brignole y col., 1986). Posteriormente George aplica una metodología similar para el diseño de nuevos fluidos refrigerantes en reemplazo de los freones y decenas de trabajos comienzan a aparecer en la literatura con diversas aplicaciones del diseño molecular de productos.

Desde que me hice cargo de la

Dirección del PLAPIQUI en 1975 la actividad de gestión había dejado poco tiempo para la investigación, si bien se completaron estudios sobre transferencia de masa y fluidodinámica en jets laminares, de absorción en columnas rellenas y de sensibilidad termodinámica y modelado de procesos criogénicos de separación. Pero a fines de 1981 sentí que mi entusiasmo por la gestión se estaba agotando y que era mejor para mí y para nuestro proyecto un cambio. En marzo de 1982 había renunciado de hecho a la Dirección del PLAPIQUI y a la Jefatura del PIDCOP que quedarían a cargo de Carlos Gígola y Numa Capiati respectivamente. Mis planes eran viajar a Inglaterra al mes siguiente para hacer un doctorado en Manchester con B. Linnhoff un especialista en síntesis de sistemas para la integración energética. Sin embargo a pocas semanas de mi partida junto con mi familia a Inglaterra, Galtieri interferiría en mis planes el 2 de Abril con su fracasado intento de recuperar las Islas Malvinas. En cuanto a mis planes la guerra significó el cambio de Inglaterra a Dinamarca para mi estadía doctoral. La crisis energética que a principio de los ochenta desató la guerra entre Irak e Irán, seguía motivando temas vinculados a energías renovables. En mi caso la síntesis de esquemas de extracción de etanol con fluidos supercríticos fue el tema central de mi tesis que hice bajo la supervisión de Aage Fredenslund. El descubrimiento de una interesante propiedad del propano de ser menos volátil que el agua, aún en extractos alcohólicos de propano, nos permitió desarrollar un eficiente proceso de extracción y deshidratación de alcoholes, utilizando como herramienta predictiva una ecuación de estado a contribución grupal. Este trabajo (Brignole y col. 1984) lo presentamos por primera vez en un Simposio Internacional de Fluidos Supercríticos organizado en Königstein, Alemania y el proceso de extracción y

deshidratación con propano caliente (cuasicrítico) fue publicado no bien finalizada mi tesis (Brignole y col., 1987). Completado mi Doctorado en Dinamarca, realicé una estadía en los laboratorios de la Ecole de Mines de Paris en Fontainebleau, que por entonces dirigía Henri Renon, pero cuya parte experimental estaba a cargo de Dominique Richon que era reconocido en Europa como uno de los experimentalistas del equilibrio entre fases a alta presión mas destacados. Mi propósito era familiarizarme con la faz experimental de los procesos a alta presión para iniciar estudios en Argentina que permitieran confirmar todas las predicciones del proceso que había desarrollado en mi tesis. Si bien la estadía duró pocos meses tendría una gran influencia en mi desarrollo posterior pues las tesis de M. Zabaloy y de H. Gros que dirigí a mi retorno a Argentina estuvieron vinculadas a la medición del equilibrio en condiciones de particular interés para la extracción y deshidratación de alcoholes y al desarrollo de modelos termodinámicos para representar el complejo equilibrio en medios acuosos de organooxygenados y alcanos. En este campo fue esencial la participación de Guillermo Mabe quién a mi regreso me señaló que quería dejar de trabajar en computación y se ofreció a montar el laboratorio de alta presión lo que hizo con gran competencia, a tal punto que llegamos a fabricar equipos para otras universidades y fue el supervisor directo de los trabajos de todas las tesis vinculadas a trabajos experimentales con fluidos supercríticos. Los primeros resultados experimentales que confirmaban aspectos críticos del proceso de extracción y deshidratación, fueron presentados en 1992 en Boston en un Simposio Internacional de Fluidos Supercríticos (Zabaloy et al. 1993). Una gran coincidencia fue que en el mismo Simposio, nuestros resultados del efecto de arrastre del agua por el propano obtenidos en una pequeña

celda de laboratorio, también fueron confirmados por un proyecto llevado a cabo por la firma Mitsubishi en escala semiindustrial del proceso de propano caliente y que se basaba directamente en una copia de mi tesis que habían rescatado investigadores japoneses en una visita a Dinamarca. En este congreso una charla de pasillo con M. Radosz en aquella época especialista en propiedades termodinámicas de la EXXON, me convenció de la necesidad de expandir el modelo de la ecuación de estado a contribución grupal de forma de tener en cuenta los efectos de asociación. Esta mejora la hicimos incorporando como innovación una forma por grupo funcional de la teoría estadística de asociación de Werthein. Este modelo que desarrollamos en conjunto con Susana Bottini y a través de las tesis de Gros y Zabaloy fue también extendido por Andrea Mengarelli y Olga Ferreira al modelo UNIFAC y se ha convertido en nuestra principal herramienta predictiva (Gros y col., 1997, Mengarelli y col., 1999) de equilibrio entre fases a altas presiones y en biorefinerías. En el tema de diseño molecular de solventes dirigidos tesis a mi regreso, Patricio Araya quién fue el primer doctorando latinoamericano de nuestro posgrado y Eduardo Pretel (Pretel y col., 1994).

A mi regreso al país en 1986 continué mi colaboración con la industria petroquímica y con Gas del Estado a través del PIDCOP. De esa actividad cabe resaltar dos líneas de trabajo: el simulador optimizador de la planta de etileno de Petroquímica Bahía Blanca (OPTTEAM), proyecto que coordiné y consumí decenas de miles de horas-ingeniero y que fue el primer simulador optimizador riguroso de plantas petroquímicas en el país y en el que participaron alrededor de 10 profesionales e investigadores del PLAPIQUI durante dos años, cabe destacar la contribución en este proyecto de Ruben De-

beistegui que desarrolló el simulador generalizado PROSYD y de Alberto Bandoni, Soledad Díaz y Noemí C. Petracci que desarrollaron los optimizadores de variables continuas y estructurales de la planta, como la de Susana Schbib del modelado de los reactores de pirolisis de etano o de Adriana Serrani y Liliana Urlic de los compresores de proceso y columnas de fraccionamiento respectivamente, como de Jorge Ardenghi que desarrolló las interfaces amigables. Otro proyecto fue el análisis sistemático de la ampliación de la Planta de Etano que condujo finalmente a un simulador para el diseño automático de plantas criogénicas de procesamiento de gas natural (Díaz y col., 1997). Esta herramienta computacional fue desarrollada con Soledad Díaz y Adriana Serrani y nos permitió participar eficazmente en la adecuación de la ingeniería del proyecto MEGA, de separación criogénica de etano que encaraba YPF frente a un nuevo escenario de yacimientos de gas natural y de numerosos estudios relacionados a la disponibilidad de materia prima para ampliaciones del complejo petroquímico.

En 1989 por invitación del Dr. Jorge J. Ronco tomé a mi cargo el lanzamiento de una nueva revista de ingeniería química, *Latin American Applied Research*, de la que fui Editor en Jefe durante 10 años. Con la invaluable colaboración de los editores temáticos y los Dres. Jorge Moiola y Alberto Bandoni, la revista fue creciendo en su calidad editorial y difusión, así como en su periodicidad y valoración por los sistemas de bases de datos bibliográficos cumpliendo ya más de dos décadas de edición ininterrumpida.

La combinación entre las herramientas de simulación y optimización desarrolladas y su aplicación a procesos supercríticos fue el objeto de la tesis de Susana Espinosa que cu-

bró una amplia serie de desarrollos de procesos basados en el modelado termodinámico y la optimización de procesos (Susana Espinosa y col., 2000, 2002). En el campo de simulación y optimización de procesos ha sido muy fructífera la colaboración con Soledad Díaz (Díaz y Brignole, 2009). Tiziana Fornari, bajo la dirección de Susana Bottini desarrolló una tesis sobre el modelado de mezclas de aceites con solventes parafínicos. Los resultados de esta tesis nos motivaron a realizar estudios en casos más extremos de diferencias de tamaño como son los gases condensados etano o propano en mezclas con aceites vegetales. Roberto Fernández Prini nos hizo conocer una celda de volumen variable que tenía en su laboratorio (creo que de diseño del Laboratorio de Frank en Karlsruhe). Sobre la base de este modelo G. Mabe y Juan de la Fuente que estaba haciendo su doctorado, construyeron una versátil celda de equilibrio de volumen variable, con ventanas que permitía la determinación de puntos de burbuja, volúmenes de fluidos saturados y equilibrio LLV. Estos experimentos nos permitieron comprobar que no era posible con ecuaciones de estado cúbicas describir el equilibrio líquido-líquido y vapor-líquido en sistemas asimétricos en tamaño (De la Fuente y col., 1994). A partir de estos estudios en sistemas propano-aceite iniciamos contactos con el Prof. Cor Peters de la Universidad de Delft en cuyos laboratorios realizamos posteriormente estudios en el campo de hidrogenación supercrítica de aceites en mezclas con propano y alcoholes. Este problema nos llevó a trabajar en un nuevo tema: reactores de hidrogenación en fase supercrítica. Un requisito básico de estos reactores es que la temperatura crítica del cosolvente sea menor que la temperatura del reactor, de esta forma es posible trabajar en una sola fase con mezclas tan asimétricas como hidrógeno y aceite vegetal. En este tipo de problemas es

necesario mantener durante toda la trayectoria de reacción al sistema en una fase homogénea. Para conseguir este objetivo se requiere del diseño de la condición de fases en donde la selección del cosolvente, su concentración, la presión y temperatura de operación sean sistemáticamente determinados. Este problema nos dio la pauta de que estábamos haciendo ingeniería y denominamos a esta disciplina Ingeniería del Equilibrio entre Fases, o sea el diseño de la condición de fase homogénea o heterogénea que se requiere para un proceso dado. Nuestro primer trabajo en ese tema "*Phase equilibrium engineering of supercritical reactors*" (Pereda y col., 2002) es el primero que califica el problema de diseño de fases como una problema de ingeniería. Un trabajo en la línea de Ingeniería del Equilibrio entre Fases, llevó a cabo Pablo Hegel en su tesis de doctorado que tuvo como objetivo el diseño de mezclas de alto poder solvente y al mismo tiempo no inflamables para la extracción de aceite de semillas de oleaginosas. Estas mezclas eran de propano y dióxido de carbono y se estudió su comportamiento de manera de obtener completa miscibilidad del solvente con el aceite manteniendo su carácter de mezcla no inflamable tanto en su fase vapor como líquida (Hegel y col., 2007). Este tipo de enfoque también se aplicó al diseño de fases para la micronización supercrítica de sales orgánicas.

El estudio experimental de mezclas de hidrógeno, con propano, ésteres grasos, alcoholes de cadena larga y aceites fue llevada a cabo en colaboración con el Prof. Cor Peters durante el doctorado que llevo a cabo Laura Rovetto (Rovetto y col., 2005). Laura fue la primera de una serie de becarios de la Universidad de Córdoba que recibimos en nuestro grupo de trabajo. El segundo fue Martín Cismondi con quien desarrollamos en un primer momento estudios sobre

diseño molecular de solventes. Con Martín hicimos planes a comienzos de este siglo para instalar un grupo de investigación, docencia y desarrollo en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba y a tal efecto firmamos una carta de intención con el Decano de esa Facultad. Posteriormente se sumaron Raquel Martini y Laura Rovetto y más adelante Alexis Vélez y Juan Milanésio. Todos ellos ya han ingresado a la carrera del investigador del CONICET y regresado a Córdoba constituyendo un equipo de investigación en la Facultad. Se trata del IDTQ (Investigación y Desarrollo en Tecnología Química) que es un grupo vinculado al PLAPIQUI con acuerdo del CONICET. Otros becarios cordobeses están finalizando sus doctorados ya radicados en Córdoba como Gerardo Pisoni, Nicolás Gañan, José Scilipotti y Juan Ramallo. Con el IDTQ hemos organizado Reuniones Interdisciplinarias de Tecnología y Procesos Químicos en las sierras de Córdoba, cada dos años, con el objeto de reunir especialistas de todas las vertientes de la ingeniería química, materiales, procesos, catálisis, alimentos y energía. Martín Cismondi hizo una beca doctoral sándwich que codirigí con el Prof. Jurgen Mollerup de la Universidad Técnica de Dinamarca. En esa Universidad Martín estableció también una fructífera cooperación con Michael Michelsen, un brillante matemático de los problemas de equilibrio entre fases. El problema que le había planteado a Martín era corregir la deficiencia de nuestro modelo de ecuación de estado a contribución grupal a altas presiones en mezclas asimétricas en tamaño. Por sugerencia de Marcelo Zabaloy el problema derivó en el análisis de las líneas univariantes de equilibrio en sistemas binarios y con las metodologías de Michelsen para el análisis de la inestabilidad de fases, Martín desarrolló algoritmos automáticos para generar diagramas ge-

nerales de fases de sistemas binarios generando el programa GPEC que ha sido reconocido internacionalmente (Cismondi y col., 2009). Terminada su tesis, Martín se reintegró a Córdoba como Profesor Asociado.

Otra vez un atractivo problema de equilibrio de fases nos introduce en el dinámico universo de los biocombustibles. En este caso se trata del equilibrio entre el metanol, el aceite vegetal y los ésteres de ácidos grasos que se obtienen en los procesos de transesterificación con alcoholes supercríticos. El último capítulo de la tesis de Pablo Hegel se dedicó a este problema, el que analizamos en una celda construida *ad hoc* de tipo cilíndrico y con ventanas en ambos extremos. La celda debía operar a más de 200 atm y por encima de 300°C para investigar la condición de fases de estos procesos. El trabajo sobre transición de fases en estos problemas clarificó la amplia divergencia de condiciones operativas que ofrecían los resultados de varios grupos de investigación (Hegel y col., 2007) y abrió el camino para la selección de condiciones de operación óptimas. Este fue el primero de una serie de trabajos sobre transesterificación supercrítica. En este campo también realizamos investigación por contrato con la multinacional *Procter & Gamble* para estudiar problemas de transesterificación de aceites de menor peso molecular y en presencia de ácidos grasos. En este tema también trabajamos con una empresa argentina, Explora, para mejorar el desempeño de columnas de extracción rotantes para lavado de biodiesel. El estudio experimental más fructífero para el estudio de la transición de fases en procesos de transesterificación supercrítica se llevó a cabo durante la tesis de Alexis Vélez (Vélez y col., 2010a), haciendo estudios en reactores continuos y en celdas isocóricas, de las cuales se obtuvo información valiosa sobre la influencia de presión,

temperatura y composición sobre la densidad de estas mezclas y del efecto de la densidad sobre la conversión y la cinética del proceso. Asimismo los estudios isocóricos demostraron que se obtienen trayectorias lineales de presión vs. temperatura en las regiones heterogéneas con cambio de pendiente significativa al ingresar en la zona supercrítica. De esta forma la frontera de la transición de fases en este tipo de reactores queda claramente identificada.

Nuestro modelo de ecuación de estado a contribución grupal con asociación también fue objeto de interés por parte del Instituto Francés del Petróleo para aplicar dicho modelo a biorefinerías y a partir de este proyecto y de trabajos realizados en conjunto con el Dr. Dominique Richon del Laboratorio de Energía y Procesos de la *École des Mines* de París, se ha trabajado en varias tesis doctorales dirigidas por Susana Bottini y Selva Pereda para el perfeccionamiento de un modelo que se adapte a las necesidades de biorefinerías (Andreatta y col., 2008, Sánchez y col., 2011). Por invitación del Dr. Erdogan Kiran, editor de la serie de libros sobre fluidos a alta presión y procesos supercríticos, que edita Elsevier, hemos escrito en colaboración con Selva Pereda un libro titulado "*Phase Equilibrium Engineering*" (Brignole y Pereda, 2013) que desarrolla los principios básicos de ataque de los problemas de diseño de fases. Mi actividad científica ha sido posible en gran medida por la dedicación y calidad de mis estudiantes de doctorado y de nuestro grupo de investigación, a los que debo un profundo agradecimiento.

En 1999 los investigadores del área de ingeniería y agronomía del CONICET me eligieron para integrar el Directorio del organismo por un período de cuatro años. Fue un período en donde tuvimos que soportar crisis presupuestarias y de carácter

político que pusieron en peligro la carrera del investigador. Sin embargo fue una inolvidable experiencia compartir esos momentos con un Directorio integrado por investigadores y representantes de las provincias, agro e industrias y universidades, que asumieron con gran unidad la defensa de los intereses científicos del país y de la carrera del investigador. También fue ejemplar el desempeño del personal científico y de administración del CONICET en defensa de los principios fundamentales del organismo creado por Houssay. Probablemente la iniciativa que más valoro de mi labor como Director fue la de Becas de Reinserción que facilitaron la reincorporación al país de alrededor de 350 investigadores. Tuve también la satisfacción de integrar el Directorio bajo la presidencia de Eduardo Charreau que contribuyó en mucho a poner el CONICET nuevamente en la vía de un desarrollo acelerado.

Otra iniciativa que hemos asumido desde el PLAPIQUI y Fundasur ha sido la puesta en valor del antiguo edificio del Instituto Argentino de Oceanografía, hoy Casa Coleman, para destinarlo a ser sede de una Muestra Permanente de Ciencia y Desarrollo por Convenio con el CONICET. Con la asistencia de personal de Fundasur se han organizado a partir de 2003 numerosas muestras de divulgación científica.

En 2005 mi designación como Profesor Titular de la UNS caducó y como estaba próximo a cumplir 65 años, quedé únicamente con mi posición de Investigador Superior del CONICET. Años más tarde el CONICET me solicitó que iniciara los trámites para la jubilación y desde entonces soy un investigador contratado *ad honorem*. Mis actividades no han variado con el cambio de status y dicto habitualmente cursos de posgrado en Termodinámica y en Propiedades y Procesos en la Industria de

Gas y Petroquímica y sobre Ciencia Tecnología y Desarrollo. Asimismo continuó colaborando en proyectos de investigación por contrato con empresas del país y dirigiendo trabajos de tesis doctoral. Con los años llegaron distinciones, la UNS me designó Profesor Emérito, la Academia de Ciencias Exactas y Naturales me otorgó en 2009 el premio Consagración en Ingeniería y el Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva el premio Houssay y el Poder Ejecutivo en 2009 la Distinción Investigador de la Nación Argentina. Recientemente el CONICET nos honró a varios "investigadores jubilados" con la categoría de Investigador Emérito.

Este año nuestro proyecto PLAPIQUI cumple su 50 aniversario. Cientos de proyectos de investigación y desarrollo para la industria, miles de meses hombre invertidos en capacitación externa, mas de 150 títulos de doctor en ingeniería química y diversas especialidades realizados en PLAPIQUI, miles de servicios especializados a la industria química y alimenticia y un plantel de 160 investigadores, administrativos, técnicos y becarios funcionando en excelentes instalaciones, nos aseguran un significativo rol de nuestro proyecto al desarrollo científico, tecnológico y económico del país. Mi esposa que me ha brindado su apoyo y comprensión por más de cincuenta años en el desarrollo de mi actividad científica y de construcción del PLAPIQUI merece mi profundo agradecimiento.

■ BIBLIOGRAFÍA

Andreatta, A.A.; Casas, L.M.; Hegel, P.; Bottini, S.B.; Brignole, E.A. (2008) *Phase equilibria in ternary mixtures of methyl oleate, glycerol and methanol*. Industrial and Engineering Chemistry Research **47**, 5167-5164.

- Bottini, S.B.; Brignole, E.A. (1980) *Binary Interaction Parameters in the BWR Equation*, Latin American Journal Applied Chemistry and Chemical Engineering, **10**, 19.
- Brignole, E.A.; Andersen, P.M.; Fredenslund, A. (1987) *Supercritical fluid extraction of alcohols from water*. Industrial and Engineering Chemistry Research, **26**, 254-261.
- Brignole, E.A.; Bottini, S.; Gani, R. (1986) *A strategy for the design and selection of solvents for separation processes*. Fluid Phase Equilibria **29**, 125-132.
- Brignole, E.A.; Echarte, R. (1981) *Mass transfer in laminar liquid jets. Measurement of diffusion coefficients*. Chemical Engineering Science **36**, 705-711.
- Brignole, E.A.; Jorgensen, S.S.; Fredenslund, A. (1984) *Application of a Local Composition Equation of State to Supercritical Fluid Phase Equilibrium Problems*. Berichte der Bunsengesellschaft für Physikalische Chemie **88**, 801
- Brignole, E.; Pereda, S. (2013) *Phase Equilibrium Engineering*, Elsevier, Amsterdam.
- Cismondi, M.; Mollerup, J.; Brignole, E.A.; Zabaloy, M.S. (2009) *Modeling the high-pressure phase equilibria of carbon dioxide-triglyceride systems: A parameterization strategy*. Fluid Phase Equilibria **281**, 40-48.
- De la Fuente, J.C.B.; Mabe, G.D.; Brignole, E.A.; Bottini, S.B. (1994) *Phase equilibria in binary mixtures of ethane and propane with sunflower oil*. Fluid Phase Equilibria, **101**, 247-257.
- Diaz, M.S.; Brignole, E.A. (2009) *Modeling and optimization of supercritical fluid processes*. Journal of Supercritical Fluids, **47** 611-618.
- Diaz, M.S.; Serrani, A.; Bandoni, J.A.; Brignole, E.A. (1997) *Automatic Design and Optimization of Natural Gas Plants*. Industrial and Engineering Chemistry Research, **36**, 2715-2724.
- Espinosa, S.; Diaz, S.; Brignole, E.A. (2002) *Thermodynamic modeling and process optimization of supercritical fluid fractionation of fish oil fatty acid ethyl esters*. Industrial and Engineering Chemistry Research, **41**, 1516-1527.
- Gani, R.; Brignole, E.A. (1983) *Molecular design of solvents for liquid extraction based on UNIFAC*. Fluid Phase Equilibria, **13**, 331-340.
- Gros, H.P.; Bottini, S.B.; Brignole, E.A. (1997) *High pressure phase equilibrium modeling of mixtures containing associating compounds and gases*. Fluid Phase Equilibria, **139**, 75-87.
- Hegel, P.; Mabe, G.; Pereda, S.; Brignole, E.A. (2007) *Phase transitions in a biodiesel reactor using supercritical methanol*. Industrial and Engineering Chemistry Research, **46**, 6360-6365.
- Hegel, P.E.; Zabaloy, M.S.; Mabe, G.D.B.; Pereda, S.; Brignole, E.A. (2007) *Phase equilibrium engineering of the extraction of oils from seeds using carbon dioxide + propane solvent mixtures*. Journal of Supercritical Fluids, **42**, 318-324.
- Mengarelli, A.C.; Brignole, E.A.; Bottini, S.B. (1999) *Activity coefficients of associating mixtures by group contribution*. Fluid Phase Equilibria, **163**, 195-207.
- Pereda, S.; Bottini, S.B.; Brignole, E.A. (2002) *Phase equilibrium engineering of supercritical hydro-generation reactors*, AIChE Journal, **48**, 2635-2645.
- Pretel, E.; Araya, P.; Bottini, S.B.; Brignole, E.A. (1994) *Computer-aided molecular design of solvents for separation processes*. AIChE Journal, **40**, 1349-1360.
- Rovetto, L.J.; Bottini, S.B.; Brignole, E.A.; Peters, C.J. (2005) *Supercritical hydrogenolysis of fatty acid methyl esters: Phase equilibrium measurements on selected binary and ternary systems*. Journal of Supercritical Fluids, **35**, 182-196.
- Sánchez, F.A.; Pereda, S.; Brignole, E.A. (2011) *GCA-EoS: A SAFT group contribution model-Extension to mixtures containing aromatic hydrocarbons and associating compounds*. Fluid Phase Equilibria, **306**, 112-123.
- Vélez, A.; Hegel, P.; Mabe, G.; Brignole, E.A. (2010) *Density and conversion in biodiesel production with supercritical methanol*. Industrial and Engineering Chemistry Research, **49**, 7666-7670.
- Zabaloy, M.; Mabe, G.; Bottini, S.B.; Brignole, E.A. (1992) *The application of high water-volatilities over some liquefied near-critical solvents as a means of dehydrating oxychemicals*. The Journal of Supercritical Fluids, **5**, 186-191.

El artículo 41 de la Constitución Nacional expresa:

Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano, y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes, sin comprometer las de las generaciones futuras.

Para ello, trabajamos en el Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental (3iA) en docencia, investigación y desarrollo tecnológico.

3iA



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
SAN MARTÍN



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INGENIERÍA AMBIENTAL
www.unsam.edu.ar