

FUERA DEL EQUILIBRIO Y DISIPANDO ENTROPIA

Palabras clave: Fenómenos de transporte; termodinámica; soluciones acuosas; criopreservación; celdas de combustible; baterías.
Key words: Transport phenomena; thermodynamics; aqueous solutions; cryopreservation; fuel cells; batteries.

*Encontré el sentido de la vida
Es para el otro lado
Ramón Gómez de la Serna (1888-
1963)*

■ Horacio R. Corti

Departamento de Física de la Materia Condensada – Centro Atómico Constituyentes Comisión Nacional de Energía Atómica
Departamento de Química Inorgánica, Analítica y Química Física e
Instituto de Química Física de los Materiales, Medio Ambiente y Energía
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Universidad de Buenos Aires

hrcorti@tandar.cnea.gov.ar

■ INTRODUCCION

Escribir esta reseña de mi paso por la actividad científica me ayudó a desempolvar recuerdos y nombres que estaban en algún rincón de mi memoria, esperando fluir como el agua. Uso esta analogía pues si hay un hilo conductor en mis trabajos de investigación, que arrancaron hace casi 45 años, es el de los fenómenos de transporte, o dicho de otra manera de la Termodinámica fuera del equilibrio, y el interés por las propiedades del agua y sus soluciones.

Mi primera reacción frente a la invitación de la AAPC, a través de Miguel Blesa, fue leer las reseñas escritas por Roberto Fernández Prini, Carlos D'Alkaine y el propio Miguel, dado que mi carrera científica se desarrolló mayormente en grupos de UBA, INTI y CNEA que ellos crearon o condujeron con tanto éxito y fervor (aunque algunas veces disentí con algunas decisiones). En esas reseñas se han descripto logros y frustraciones que me tocó compartir, por lo que no repetiré lo que ya bien contado está. Trataré de

transmitir mi experiencia como investigador, docente y divulgador de la forma más amena posible y, si así no lo hiciera, les recomiendo que abandonen esta reseña por un libro muy divertido de Marcelino Cereijido (Cereijido, 2004), que confirma que el humor es un ingrediente fundamental de la creación científica.

■ LOS COMIENZOS

Mi abuelo Hércules fue uno de los primeros doctores en Química de la Universidad de La Plata (terminó su tesis sobre la albúmino-reacción en 1913, con la dirección de Enrique Herrero Ducloux) y su bisabuelo Adolfo fue profesor en la Universidad de Pavía (Italia) y escribió libros en la década de 1820 relacionados con la física de la atmósfera terrestre y de los aerostatos. Se podría concluir entonces que mi vocación por la fisicoquímica estaba escrita en el código genético. Sin embargo esto no es tan así.

En 1962 yo vivía en Maipú, Mendoza, donde mis padres se habían

trasladado en 1959 desde Buenos Aires (donde nací en 1949), y debía elegir que iba a estudiar en la Escuela Técnica "Emilio Civit" donde hice mis estudios secundarios. Las posibilidades eran mecánica, electricidad, o la recientemente creada petroquímica. Elegí esta última cumpliendo la profecía de mi abuela: "este chico va a ser químico como el abuelo", aunque a mi abuelo, que vivía en una casona de la Av. Federico Lacroze en Colegiales, lo había conocido poco. Era muy dedicado a su trabajo, y tenía un laboratorio en la azotea de la casa, que era terreno prohibido. Mis padres vivieron allí unos meses cuando yo era un niño y solo tengo algunos vagos recuerdos de la tortuga que habitaba el jardín, del ruido del tranvía por las noches y del polvo "bueno para los huesos" que el abuelo nos daba y que era producto de la molienda, en su mortero, de cascara de huevo de las gallinas caseras. También recuerdo las botellas de agua mineral Villavicencio con una tapa cerámica sujeta con un gancho metálico que llegaban todas las semanas

y eran depositadas al lado del viejo Chevrolet 39 (ver Nota 1).

Mi vida y estudios en Mendoza son hoy un grato recuerdo. Mi padre, Roberto, era empleado en Ybarrá, la antigua fábrica de aceite, y mi madre, Irene, un ama de casa que criaba con gran amor a mí y a mis dos hermanos menores. La casa que alquilábamos estaba sobre una calle de tierra enfrente de una viña y había mucho espacio para las aventuras con los amigos: salir a cazar cuises, hacer refugios en los árboles, ayudar en la cosecha, jugar a la pelota (¡no había tiempo para mirar e-mails ni enviar twits!).

Nota 1 Faraday y las aguas argentinas

Según la versión de mi padre, el agua Villavicencio llegaba como agradecimiento de la empresa hacia mi abuelo por haber descubierto sus propiedades minerales en una de las expediciones que realizó la Comisión Nacional de Climatología y Aguas Minerales en la década de 1930. Hace algunos años, quise tener más precisiones sobre esta historia y recorriendo viejos libros heredados del abuelo encontré esos reportes de la Comisión. También encontré un trabajo publicado en los Anales de la Asociación Química Argentina donde Hércules da cuenta de los análisis que realizó por aquellos años sobre muestras tomadas en Puente del Inca. Allí indicaba que los resultados eran casi coincidentes con los que un siglo atrás (junio de 1828) había realizado Michael Faraday en la Royal Society sobre una muestra del mismo lugar, enviada desde Chile por el teniente Charles Brand de la Marina Real británica. Así pude concluir que el primer análisis de un agua natural argentina fue hecho por uno de los fundadores de la Fisicoquímica (Corti, 2009).

Siempre me gustaron los deportes y en el fútbol era (más o menos) bueno de arquero. Llegué a atajar en la quinta división del Gutierrez Sport Club, con la esperanza de algún día reemplazar a Carlos Buttice en los Matadores. En casa éramos todos de San Lorenzo, que por ese entonces parecía condenado a salir campeón cada 13 años. El tango era lo que más se escuchaba en el viejo Wincofon, pues mis viejos se habían conocido en una milonga y eran fanas de Aníbal Troilo y Julio Sosa.

Mi escuela, que era de doble escolaridad, estaba a pocas cuadras, y en la ida y la vuelta tenía que pasar frente a la bodega Giol, donde a las 5 de la tarde habían aún micros con turistas visitando las instalaciones. Con Héctor Copparoni, mi amigo del alma, solíamos entrar y mezclarnos entre los turistas para hacer el recorrido y tomar finalmente la copita de jugo de uva que ofrecían junto al vino Canciller. Después nos íbamos contentos a nuestras casas a tomar la merienda.

A fines de 1967 ya era técnico petroquímico, la mayoría de mis compañeros empezaban a trabajar en la destilería de YPF en Luján de Cuyo, y volví con mis padres y hermanos a Buenos Aires, donde había decidido estudiar Química en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA, en la vieja sede de Perú 222.

Mis padres compraron una casa en Luján, de modo que pasaba mucho tiempo en la casa de Colegiales, donde vivían mi abuela y mis tíos. Mi abuelo ya había fallecido y entonces no tenía ayuda profesional para afrontar el nuevo desafío que era rendir libre los exámenes del curso de ingreso a la Facultad. Ya había pasado seis años en la escuela técnica y no quería perder otro más haciendo el curso de ingreso que

constaba de cuatro materias (Matemáticas, Química, Física y Ciencias Naturales) y encima estaba próxima la colimba (de la cual zafé por número bajo!). Decidí entonces que estudiaría en casa durante el verano y rendiría todos los exámenes libres en febrero. Compré todos los apuntes de las materias y me encerré dos meses a estudiar. El primer examen era Matemáticas y ese día tomé el subte B a Plaza de Mayo, entré a Perú 222 y pregunté en que aula era el examen; para mí espanto me dijeron que era en Ciudad Universitaria, en Núñez. Ni siquiera sabía cómo ir hasta ese lugar, así que llegué tarde y el resultado fue previsible. De todas maneras pude recuperarme y en marzo de 1968 tenía el curso de ingreso aprobado y listo para comenzar mi carrera universitaria. ¡Pero no contaba con la burocracia universitaria!.

Cuando fui a inscribirme en las materias del primer cuatrimestre me pidieron el certificado de estudios secundarios, que desplegué orgulloso, pero el Sr. Guerra (todavía hoy recuerdo su nombre y su cara) me dijo con cierto sarcasmo “le falta la legalización pues es una escuela de Mendoza, primero tiene que legalizarlo allí, y después en la calle Azcuénaga”. Todo ese proceso tardó dos meses y no pude cursar el primer cuatrimestre de 1968. Así es que compré los apuntes de Análisis Matemático I y Química General e Inorgánica I y me fui a casa a estudiar. En julio aprobé mi primera materia como alumno libre: Análisis Matemático I, y en agosto me bocharon (injustamente, por supuesto) en Química General e Inorgánica pues había una regla no escrita: nadie aprobaba esta materia como libre. Esto tuvo su lado positivo pues tuve que iniciar mi carrera como alumno regular por el lado de la Física I y Física II, que me abrieron bastante el bocho para lo que vendría después.

■ EL INICIO EN LA INVESTIGACIÓN

*Primero hay que saber sufrir,
después amar, después partir
y al fin andar sin pensamiento...*

(Homero Espósito, Naranjo en
Flor, 1944)

En 1971 estaba cursando el cuarto año de la carrera cuando vi un cartel en el Pabellón I de Ciudad Universitaria donde se solicitaba un técnico químico para el Laboratorio de Resonancia Magnética Nuclear del Departamento de Física. Me presenté y a las pocas semanas ya estaba trabajando con un cargo no-docente en el laboratorio de Valdemar Kowalewski, bajo la dirección de su esposa Dora. Era un trabajo divertido pues como químico preparaba soluciones en solventes orgánicos, que cerraba con un soplete en condiciones de vacío en tubos de RMN, que luego eran analizados por los doctorandos del laboratorio. Pero además aprendía los rudimentos de la técnica RMN y unos meses después ya operaba el equipo que, por ese entonces, tenía una fuente de alimentación con unas inmensas válvulas de tantalio que irradiaban un calor tremendo y obligaban a una refrigeración muy sofisticada. En esa época me tocó ver la transformación de la electrónica de válvulas a la de semiconductores de potencia, muy resistida por Kowalewski bajo la consigna "no miniaturice mi amigo".

Un día Dora Kowalewski me llamó a su oficina y me dijo que estaba preparando un "paper" con uno de sus doctorandos y como yo había contribuido mucho me iba a incluir como coautor en el mismo. En ese momento yo no entendía bien que significaba un "paper", pero me puse muy feliz cuando unos meses después Dora me obsequió varios

"reprints" del artículo que incluía mi nombre como segundo autor (Córdoba y col. 1972). Era mi primer publicación, estaba terminando de cursar mis últimas materias de la carrera de Licenciatura y acababa de ser nombrado ayudante de segunda en el Departamento de Química Inorgánica, Analítica y Química Física (DQIAQF). Tocaba el cielo con las manos!. Ese año además alcancé un record Guinness en Exactas: fui simultáneamente estudiante, no-docente y docente.

En los últimos días de 1972 rendí mi último final y me convertí en Licenciado. Había que pensar en cómo seguir, ya que había decidido hacer el doctorado en Exactas. Fue un momento de crisis pues Dora me ofreció hacer la tesis con ella en RMN, pero a mí me interesaba la Fisicoquímica y en particular la Termodinámica. Por otra parte, dejar el laboratorio de RMN era doloroso pues allí había aprendido mucho y sentía que me apreciaban.

Eran momentos de cambios en el país y la Facultad en 1973 era un hervidero. El Departamento de Química Física (DQF) era muy chico, con muy pocos profesores con dedicación exclusiva, pues la mayoría habían renunciado después de la noche de los bastones largos. Estaba dirigido en forma "part time" por el Prof. Hans Schumacher, que había llegado de Alemania en 1947 (donde fue discípulo de Bodenstein, uno de los fundadores de la cinética química, y colaborado con Nernst), y había ayudado a crear un Instituto muy pujante en la Universidad de La Plata, el INIFTA. Allí hacían su tesis, en temas de fotoquímica, varios de mis colegas auxiliares de docencia en el DQF, Enrique San Román, Lelia Dixelio, Agustín Colussi y Sara Aldabe. Era el lugar más prestigioso para hacer fisicoquímica en Argentina, pero yo tenía planes de casarme

y algunas condiciones de contorno así que, como la generala, opté por "tachar la doble" y hacer la tesis en el DQF con Ernesto Timmermann como director.

El grupo del "alemán" estudiaba propiedades termodinámicas y de transporte en polielectrolitos y mi trabajo doctoral consistió en el estudio experimental de electro-difusión de iones (Na^+ , Cs^+ y Cl^-) en soluciones concentradas de poliestirensulfonatos lineales. Ese tema había sido introducido en el DQF por Alfredo Lagos, quien antes de la noche de los bastones largos había dirigido las tesis de Roberto Fernández Priñi, y Sara Liberman y dirigió la de Timmermann hasta su renuncia en 1966. Timmermann completó su tesis en 1968, sin el aval de su director, y para ese entonces Roberto, Sara y muchos otros, muchos profesores jóvenes, habían emigrado a Chile o EEUU.

El grupo de Termodinámica era bastante numeroso para los estándares del DQF, e incluía a Rosa Crovetto, Rolando Quirós, Lucila Rubial y Alberto Iglesias. Las tesis en ese grupo eran interminables y casi todos mis colegas quedaron en el camino; solo Rosa y yo logramos llegar a destino, y no sin grandes dificultades. El equipamiento era escaso y anticuado, y en mi caso trabajaba con un viejo puente de corriente alterna para determinar la conductividad de mis soluciones concentradas que, debido a su consistencia, mis compañeros habían bautizado como "los mocos". Con la vuelta de Perón y la democracia la Facultad recuperó algunos de los profesores que se habían ido en 1966 y ello ayudó a que se generara un clima de discusión científica, y sobre todo política, al que no estábamos acostumbrados los doctorandos jóvenes.

Recuerdo muy especialmente los

almuerzos y las charlas con Eduardo Lissi, un fotoquímico hiperactivo que había vuelto después de un exilio en Chile y que ayudó mucho al grupo. Durante un almuerzo lo vi leyendo un artículo, mientras comía y mascullaba. Se levantó de pronto como un resorte y dijo “me voy a la oficina a escribir un *comment* sobre este trabajo”. Allí entendí, por primera vez, que los trabajos publicados no eran necesariamente la verdad revelada y que uno podía criticar públicamente a un colega y este a su vez podía retrucar (Nota 2).

Un cambio drástico en mi carrera se dio cuando pude asistir, en la Facultad de Farmacia y Bioquímica, a un curso de Roberto Fernández Prini sobre polielectrolitos. Roberto, quien había realizado trabajos importantes sobre conductividad de electrolitos en Inglaterra y EEUU, luego de su paso por Chile, me deslumbró por su capacidad para enfocar los temas afines a mi tesis de una manera original y provocativa. La diferencia con mi supervisor y los demás profesores del viejo DQF eran notables pero, lamentablemente,

yo ya estaba en la mitad de mi tesis y comprendí que no había otra alternativa que terminarla y tratar de completar mi formación científica de la mejor manera posible.

En 1974 el DQF se había unido al Departamento de Química Inorgánica y Analítica para formar el actual Departamento de Química Inorgánica, Analítica y Química Física (DQIAQF). Los acontecimientos políticos comenzaron a precipitarse a gran velocidad. En septiembre el gobierno de Isabel interviene la UBA y nombra rector a Ottalagano y decano de Exactas a Zardini, lo más parecido a la Inquisición que conoció la UBA. Todos los docentes, incluido el entonces reciente premio Nobel de Química, Luis Federico Leloir, recibimos un telegrama de despido en septiembre y las clases se reanudaron en Exactas recién a mediados de noviembre, pero 500 docentes habían sido cesanteados sin fundamento. Esto terminó con la primavera de la UBA y de Exactas pero, paradójicamente, hizo que mi sueño de tener una mejor formación se viera imprevistamente realizado.

■ LA BREVE ETAPA INTI

Unos meses después, ya en 1975, me enteré que Roberto, uno de los despedidos de la UBA, había ingresado al Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), donde David Schiffrin y Carlos D’Alkaine habían creado el Sector Electroquímica Aplicada. Entonces tomé la decisión de renunciar a mi cargo con dedicación exclusiva en DQIAQF para quedarme con uno de dedicación simple e incorporarme, en febrero de 1976, al grupo del INTI. Allí empecé a desarrollar, con la supervisión de Roberto, una línea de trabajo en recubrimientos anticorrosivos y después de mi jornada y también los sábados iba a Exactas a continuar mi trabajo de tesis. Un mes después, cuando estaba comprando insumos para el laboratorio cerca del Once, vi rodar los tanques del Proceso por la avenida Pueyrredon (que lamentablemente no chocaron con la luna que venía por Callao).

El grupo del INTI era notable pues hacíamos investigación básica y además asesoramiento y servicios a las centrales hidroeléctricas en temas relacionados con la prevención de la corrosión. No me explayaré aquí sobre la experiencia INTI pues hay espléndidas descripciones en la breve reseña de Roberto (Fernández Prini, 2013), y en la no tan breve de Carlos (D’Alkaine, 2014).

Después del golpe la situación en el INTI comenzó a deteriorarse, como así también en la Facultad. El grupo de Electroquímica Aplicada logró subsistir durante casi un año, pero finalmente empezó a desmembrarse. Aún en condiciones desfavorables se alcanzaron logros importantes en investigación aplicada y recuerdo con cierta nostalgia los viajes al dique Arroyito (del sistema Chocón-Cerros Colorados) y a las centrales hidroeléctricas de Agua

Nota 2

El agua no tiene memoria ni almacena carga

Con el correr de los años fui autor de tres *comments*. Dos de ellos tuvieron como tema central las propiedades anómalas del agua, que por supuesto las tiene, pero en estos casos eran solo producto de la imaginación de los autores.

En el primero (Corti 2008a) polemiqué con los autores de un trabajo que atribuían, subliminalmente, la aparente conductividad eléctrica oscilante del agua pura a la “memoria del agua”, un concepto decididamente erróneo y cuyos seguidores invocan (aún hoy) para explicar, entre otras cosas, la medicina homeopática.

En el segundo, escrito en colaboración con Agustín Colussi (Corti y Colussi, 2009b), explicamos porque el agua no puede almacenar carga, o dicho de otra manera, porque el principio de electro-neutralidad no es violado en el experimento descrito por Gerald Pollack y colaboradores. Este último *comment* suscitó, para nuestro asombro, una reacción muy positiva y mediática en la comunidad fisicoquímica del agua y sirvió para desactivar un subsidio que se iba a otorgar a los autores del desaguisado. En una nota sobre el tema en el Chemical Engineering News (Vol. 87 (2009), pag. 32-33), David Chandler se preguntaba: “que tiene en especial el agua, que atrae a tanta gente con ideas inusuales?”.

Nota 3

Una cuestión de micrones y millones

Nuestros informes eran utilizados en ese entonces por Agua y Energía Eléctrica e Hidronor para dar por cumplidos los contratos con las empresas extranjeras encargadas de los recubrimientos anticorrosivos. No teníamos mucha conciencia que a veces nuestras conclusiones ponían en riesgo el pago de importantes montos a las empresas contratistas, con el agravante que, si debían remover los recubrimientos de las enormes tuberías y repintarlas, sus ganancias se reducían notablemente. Recuerdo una reunión con una empresa japonesa en 1977, ya sin Carlos, David y Roberto, donde nos "visitó" una comitiva formada por unos diez técnicos nipones con su correspondiente traductor. Ellos objetaban un informe donde advertíamos que el espesor del recubrimiento era menor que el especificado en el contrato, con el argumento que nuestro medidor de espesores no estaba bien calibrado. La discusión se prolongó por dos horas (intérprete de por medio) hasta que cansados de que nos presionaran decidimos cortar por lo sano: trajimos el medidor de espesores industria nacional (desarrollado en el INTI por Daniel Lupi) y medimos el espesor de una probeta para comparar con el instrumento japonés. Por suerte el resultado fue coincidente y se acabó la discusión, al menos para nosotros.

del Toro y Futaleufú, donde realizábamos ensayos en los recubrimientos anticorrosivos de las tuberías de presión (Nota 3). Por otra parte, el trabajo de investigación más básica permitía interpretar algunos de los ensayos acelerados estandarizados que llevamos a cabo para predecir si una pintura iba a sostener su performance durante 20 o 30 años. En esos años publicamos varios trabajos sobre el transporte de iones y oxígeno a través de distintos tipos de recubrimientos, incluido un *review* muy citado que escribimos con Roberto y Daniel Gómez (Corti y col. 1982).

■ FIN DE TESIS

Simultáneamente con el trabajo en INTI continuaba mi (artificialmente) esforzada tesis, cuya parte experimental pude terminar en 1978, no sin ciertos contratiempos (Nota 4). A principios de 1979 ya había finalizado la escritura de la misma en una vieja máquina de escribir Olivetti Lettera 22. No había todavía laptops ni procesadores de texto y los gráficos se hacían en papel milimetrado y se copiaban en

papel calco con marcadores Rotring y tinta china.

El prólogo de mi tesis comenzaba con un texto de Bertold Brecht:

"Para ganarme el pan, cada mañana voy al mercado donde se compran mentiras.

Lleno de esperanza, me pongo en la cola de los vendedores".

que, por supuesto, no era un juicio de valor sobre mi tesis sino que reflejaba más bien mi estado de ánimo por la situación general. Esto no fue del agrado de mi director, como tampoco el agradecimiento que hice en la tesis a algunos colegas que habían sido despedidos de la UBA. Increíblemente esto retrasó un año la presentación de la tesis y luego de muchas idas y vueltas, y con la intervención del Prof. Alejandro Arvia del INIFTA, logré que mi director avalara la tesis y la pudiera defender en Marzo de 1980. Los trabajos derivados de la misma fueron enviados a publicar recién en 1986, luego de mi regreso a la Facultad, pues Timmermann nunca se dignó revisar

Nota 4

Atravesando puertas

Las medidas de difusión de iones en los polielectrolitos requerían del uso de radioisótopos y las mediciones las hacía en el laboratorio de radioquímica del DQIAQF cuyo jefe era el Dr. Rodríguez Pasquéz, un viejo profesor, hipo-acústico, que también trabajaba en CNEA. Yo planeaba los experimentos para medir los sábados y todo funcionaba de maravillas hasta que un día el profesor alterno de radioquímica decidió que nadie más podía ir a medir los fines de semana. Inútiles fueron mis intentos de conseguir un permiso especial y para colmo mi director, disgustado conmigo por haberme ido a trabajar con "el enemigo", no ayudó en nada. Ante la disyuntiva decidí una acción temeraria: iría a medir los sábados en forma clandestina. Las puertas de los laboratorios del DQIAQF tenían (y tienen) vidrios sujetos con cuatro flejes de aluminio fijados por tornillos Parker de modo que los sábados, con la ayuda de un destornillador, sacaba el vidrio y me deslizaba dentro del laboratorio. Unas horas después, cuando terminaba mis medidas, invertía el proceso.

Un sábado por la tarde estaba midiendo mis muestras cuando escuché unos pasos que se acercaban por el pasillo. Era Pasquéz que había venido a buscar algo a su oficina, contigua al laboratorio que yo usurpaba. Pasó frente al mismo y me saludó, retribuí el saludo y quedé petrificado por unos instantes esperando ser eyectado. Fueron minutos interminables hasta que escuche la puerta de la oficina cerrarse y vi a Pasquéz pasar nuevamente frente al laboratorio y saludarme. Nunca supe si era también algo corto de vista y no vio el vidrio y los flejes apoyados contra la puerta, o tuvo la benevolencia de ignorar la usurpación y darme una oportunidad.

los borradores y menos aún avalarlos. Cuando hartó ya de esperar los publiqué como único autor, Timmermann envió al Consejo Directivo de FCEN un pedido de juicio académico que no prosperó. ¡Para ese entonces ya había llegado la democracia a Exactas!.

■ LA ETAPA NUCLEAR

Forzado a irse del INTI, Roberto Fernández Prini ingresó a la CNEA, como director de la División Fisicoquímica de Moderador y Refrigerante del recientemente creado Departamento Química de Reactores (DQR). Sorprendentemente la CNEA reclutaba en ese entonces científicos que habían sido despedidos de la UBA u otras instituciones. Contrariamente a lo que pasaba en la Universidad, la CNEA estaba en auge, tenía un ambicioso plan nuclear y se estaba construyendo la segunda central en Embalse.

En diciembre de 1977 acepté el ofrecimiento de Roberto de incorporarme al grupo de CNEA. Ahora el tema de interés aplicado era el estudio de sistemas acuosos en condiciones de alta temperatura y presión, dado que esas eran las condiciones en que operaban los circuitos primarios y secundarios de la central nuclear Atucha I (CNAI) y la futura central Embalse (CNE). En ese entonces el DQR, dirigido por Alberto Maroto, funcionaba en la Sede Central de Av. Libertador 8250. Era un grupo en pleno crecimiento y ya formaban parte del mismo Sara Liberman, Rosa Crovetto, Erwin Baumgartner, Miguel Blesa y Alberto Regazzoni, complementando la química de óxidos y coloides con la fisicoquímica de soluciones acuosas.

El grupo de Fisicoquímica era entonces pequeño y, además de Rosa y Roberto, estaba formado por algunos profesionales experimentados

que se habían pasado al DQR provenientes de otros sectores. Al poco tiempo se incorporaron Daniel Gómez (que también migró desde INTI) y gente joven proveniente de Exactas, como Laura Japas, Jorge Alvarez, Alberto Iglesias, Nélide Gentili, Daniel Laría y Hugo Bianchi. En pocos años el DQR se convirtió en uno de los grupos más dinámicos de la Gerencia de Investigaciones y, además de investigación básica, muchos de los integrantes también hacíamos servicios en CNAI en temas relacionados con la descontaminación fisicoquímica del sistema primario. Hacia fines de 1978 mi familia se había agrandado y había dejado de ser docente en Exactas (Nota 5).

■ UN POSDOC EN INGLATERRA

Nota 5 Alegrías y tristezas

En febrero de 1977 nació mi hija Laura y en octubre de 1978, coincidiendo casi con mi renuncia como docente del DQIAQF, mi hijo Andrés. La docencia, que siempre me apasionó, se había convertido en una pesadilla en esos días. Los desencuentros con los profesores del DQIAQF se hacían cada vez más frecuentes y el clima era irrespirable. Algunos colegas de la Facultad ya estaban desaparecidos. Uno de ellos, Alfredo Giorgi, también docente del DQIAQF había sido secuestrado de su laboratorio en INTI. Pocos años después supimos que había estado detenido en la ESMA, enfrente a mi laboratorio en CNEA Sede Central.

Luego del "parto" doctoral, una beca de CNEA me permitió realizar en 1981 una estadía posdoctoral en temas relacionados con el ciclo vapor/agua y termodinámica de electrolitos a alta temperatura en el Central Electricity Research Laboratories (Inglaterra) bajo la supervisión de

David Turner. Este centro se dedicaba preferentemente a investigación aplicada, pero para ese entonces David estaba más preocupado por la observación de las aves y tratar de explicar el origen de los relámpagos que en el ciclo vapor/agua. No obstante la experiencia fue positiva, pues siempre es formativo para un investigador joven conocer otros laboratorios e investigadores. En mi caso tuve contacto con colegas en la Universidad de Surrey-Guildford y pude visitar el Imperial College, donde Ernesto Calvo, con quien había compartido laboratorio en INTI, estaba haciendo su posdoctorado. Con mi primera mujer, Norma, fuimos padrinos de su boda con María, quien en la ocasión lució un amplio vestido para disimular el embarazo de Florencia, su primera hija.

A poco de mi regreso a Argentina comenzó el conflicto de Malvinas y me costaba entender el triunfalismo que veía en mi entorno.

■ LA ETAPA HIDROTÉRMICA

Como indiqué antes, en 1977 comencé en CNEA las actividades centradas en el estudio de la termodinámica y propiedades de transporte en sistemas acuosos a alta temperatura. Las mismas se extendieron en 1986 al Grupo de Termodinámica Química del INQUIMAE que se creó en la FCEN-UBA, y que tuve la suerte de codirigir con Roberto Fernández Prini hasta 1998. Se abordaron las propiedades de equilibrio y de transporte (conductividad eléctrica) en sistemas de interés para la industria nuclear, como soluciones acuosas de LiOH, boratos de litio y sodio, yodo (este último durante mi permanencia en el grupo de Turner en el CERL). El estudio de conductividad eléctrica de soluciones acuosas de NaCl-MgCl₂, que formó parte de un esfuerzo internacional, permitió validar algunas de las teorías de

conductividad de mezclas de electrolitos asimétricos. Hacia mediados de los 80' realicé estudios teóricos sobre las propiedades de equilibrio de soluciones iónicas acuosas, incluyendo una colaboración con el Prof. Lesser Blum de la Universidad de Puerto Rico (Corti y col. 1987). Esta línea de trabajo se extendió hasta los 90' con la formulación de un modelo de *cluster* para electrolitos simétricos y asimétricos (Laria y col. 1990, Corti y col. 1996), utilizado luego para la predicción de distribución de iones entre vapor y agua y para la estimación de solubilidad de sales en sistemas hidrotérmicos.

■ UNA ESTADÍA EN BERKELEY (YA SIN HIPPIES)

A principios de 1989, con una beca de la American Chemical Society para jóvenes investigadores, realicé una estadía de cuatro meses en el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de California en Berkeley donde tuve la suerte de trabajar en el grupo del Prof. John Prausnitz, considerado el fundador de la Termodinámica Mo-

lecular. Digo suerte pues el plan alternativo era visitar el grupo del Dr. Kenneth Marsh, director del Thermodynamics Research Center en Texas A&M University, quien unos meses después estuvo en la picota por su participación en la controvertida historia de la "fusión fría".

El ambiente en Berkeley era maravilloso. En el grupo del Prausnitz había doctorandos excelentes y me tocó colaborar y ayudar en su trabajo de tesis a uno de los más brillantes, el mexicano Juan de Pablo. Rápidamente nos hicimos muy amigos, y en el corto periodo que estuve en Berkeley publicamos dos trabajos sobre la termodinámica de sistemas multicomponentes. En uno de ellos (Corti y col. 1990) usamos el formalismo de Kenneth Pitzer, quien trabajaba en el Departamento de Química, y con quien tuve el gusto de hablar varias veces sobre nuestro trabajo y sobre Termodinámica en general. Pitzer estaba ya retirado, pero seguía muy activo y aspiraba a seguir el ejemplo del Prof. Joel Hildebrand, quien había trabajado en Berkeley hasta su muerte, a los 101

años, y hasta sus últimos días subió las escaleras hasta el segundo piso.

Así como mi regreso de Inglaterra estuvo signado por el triunfalismo de Malvinas, mi regreso de Berkeley lo fue de la fusión fría. Lamentablemente, ambos terminaron de la misma manera: mal. Mi decisión de ir a Berkeley había sido al final de cuentas la correcta (Nota 6).

Nota 6 Ecos de la "fusión fría"

El Departamento de Ingeniería Química en Berkeley funcionaba en el Gilman Hall, un viejo edificio que era casi un museo. En varias puertas había placas recordatorias de los premios Nobel que allí habían trabajado: William Giauque, Glenn Seaborg, Melvin Calvin y Yuan Lee. Prausnitz solía contar como, a poco de llegar a Berkeley, había heredado la oficina que fuera de Gilbert Lewis.

Una semana antes de mi partida de Berkeley explotó el tema de la "fusión fría". En mi almuerzo de despedida le pregunté a Prausnitz que opinaba del tema y su respuesta fue: "creo que es todo una mentira". Era opinión bien fundada pues provenía de colegas de Berkeley que ya habían fracasado al intentar reproducir el experimento de Fleischmann y Pons. De regreso a Buenos Aires, los primeros comentarios que recibí eran casi de condolencia por no haber ido a trabajar al grupo del Prof. Marsh, quien acababa de medir el calor desprendido durante el proceso de "fusión fría". La CNEA era un hervidero de gente hablando del tema y tratando de repetir el experimento Fleischmann-Pons. Recuerdo un seminario en Sede Central donde se reportaba un experimento similar, en el cual se habían podido detectar la presencia de tres neutrones!.



Figura 1: a punto de comenzar un experimento en Berkeley con Juan de Pablo (centro) y Michael Krenzer (izquierda).

■ LA "FÁBRICA" DE EQUIPAMIENTO PARA ALTA PRESIÓN Y TEMPERATURA

Durante fines de los 80' y comienzos de los 90' mi principal actividad creativa fue el diseño y construcción de equipamiento propio para medir las propiedades termodinámicas y de transporte en sistemas hidrotérmicos. No había equipamiento comercial para trabajar en esas condiciones de presión y temperatura y, tanto en CNEA como en INQUIMAE, habíamos montado sendos talleres mecánicos donde los torneros, Enrique y Eliseo, debían soportar mis embates con diseños para construir prototipos que a veces quedaban descartados después de una primera prueba. Pese a los frecuentes fracasos era una tarea que me encantaba.

En INQUIMAE encaramos por entonces los estudios de las propiedades volumétricas de soluciones de electrolitos a alta temperatura utilizando la versión modificada del densímetro de tubo vibrante utilizada por Wood en la Universidad de Delaware. Con este equipo se estudiaron las propiedades de LiOH, NaOH, ácido bórico y mezclas de boratos e hidróxidos hasta 250 °C (Corti y Svarc 1995), como parte de la tesis doctoral de Federico Svarc. Este densímetro era de tan buena calidad y precisión que llegamos a construir un par de ellos a pedido de las universidades de Wisconsin (EEUU) y Newfoundland (Canadá). El grupo del Dr. Peter Tremaine en esta última universidad realizó varios trabajos con este equipo.

También en INQUIMAE desarrollamos una celda electroquímica con electrodo pared-tubo para estudios de difusión en soluciones acuosas a alta temperatura, a la que Liliana Trevani denominó "el chorrito". Con dicha celda Liliana deter-

minó el coeficiente de difusión de yoduro y otros iones en soluciones acuosas a alta temperatura (Trevani y col. 2000), en el marco de su tesis doctoral, codirigida por Ernesto Calvo. En CNEA desarrollamos una celda de conductividad eléctrica para medidas en sistemas acuosos a alta temperatura (Bianchi y col. 1993).

Como consecuencia de las numerosas contribuciones realizadas por el grupo, fuimos invitados por CRC Press a escribir un libro sobre las propiedades de soluciones acuosas a alta temperatura (Fernández Prini y col. 1992), que es un referente internacional en el tema.

El estudio de propiedades de transporte se extendió en la segunda mitad de los 90' a sistemas no acuosos, y en la tesis de Dario Goldfarb abordamos el estudio de la conductividad eléctrica y la difusión de iones en fluoroformo supercrítico sobre un amplio ámbito de densidades. Las medidas exigieron el desarrollo de nuevos métodos, como la técnica de medición de difusión utilizando microelectrodos, que fue empleada por primera vez en fluidos supercríticos, y permitió obtener resultados que hasta entonces solo se podían obtener con sofisticadas técnicas ópticas (Goldfarb y Corti, 2004).



Figura 2: en el café de la esquina con mis tres primeros tesisas: Federico Svarc, Liliana Trevani (parados) y Dario Goldfarb. Sentado a mi lado, Daniel Laria.



Figura 3: Una reunión etílica (en 2000) con el grupo de Richard Compton (el gordito pelado del medio) en Oxford durante la estadía de Liliana Trevani (sonriendo, a la izquierda) y entre nosotros Gavin Macfie.

En ese periodo exploramos otras técnicas, entre las que se destacan la sono-electroquímica, en colaboración con el grupo del Prof. Richard Compton de la Universidad de Oxford (Goldfarb y col. 1998). Con Richard hubo un intercambio muy fructífero de estudiantes entre 1998 y 2002, incluyendo estadías de Dario Goldfarb y Liliana Trevani, y las visitas a Buenos Aires del propio Richard y de sus estudiantes Gavin Macfie y Matthew Moorcroft. También compartimos la pasión por el fútbol (lamentablemente Richard se hizo hincha de Boca) y por la buena cerveza.

■ DESARROLLO Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

La realización de servicios y asesoramiento tecnológicos ha sido una constante a lo largo de mi carrera que, como ya comenté, se inició en el INTI y continuó en CNEA. Esta Institución tiene una tradición en desarrollo de tecnología nuclear y es uno de los pocos ejemplos en el país donde ha habido un plan estratégico con continuidad. La creación del DQR es un claro ejemplo de ello

y su proyecto más importante al comienzo de los 80 fue el desarrollo de un método de descontaminación fisicoquímica del sistema primario de CNAI. Brevemente, el problema era remover la capa de óxidos que cubrían las tuberías de acero de los componentes del sistema y que eran la fuente más importante de la dosis de radiación que crecía con el tiempo de operación de la central. Esto se lograba *in situ* con cambios de las variables fisicoquímicas del sistema, procedimiento denominado Ciclaje Fisicoquímico. La "Propuesta para Descontaminar la CNAI" se cristalizó en varios informes del DQR en las cuales participé activamente.

Durante varios años viajé a la CNAI con colegas y técnicos y trabajamos en sectores de la central que eran de acceso restringido. Se formó un equipo con una alta dosis de profesionalidad y con un profundo orgullo por el desarrollo de procesos que competían, o en ocasiones se complementaban, con los que realizaba Siemens KWU, la empresa alemana que había construido el reactor y que muchas veces era contratada para su mantenimiento.

Como consecuencia de la experiencia ganada fui responsable por el DQR en el Subprograma de Generadores de Vapor de la CNEA que se realizó en el marco de una Cooperación Tecnológica Siemens-KWU / CNEA) y también en el proyecto de distribución de impurezas, aditivos y sus productos de degradación en el sistema secundario de reactores CANDU, como parte de un proyecto del CANDU Owners Group, y que se llevó a cabo en la CNE.

Entre los trabajos que realicé para CNAI se destaca el desarrollo de sellos de la máquina de carga de elementos combustibles que reemplazaron a los sellos importados, que dejaron de fabricarse en forma imprevista, poniendo en serio riesgo la operación de la central. Estos sellos no eran componentes muy valiosos, pero su recambio era de fundamental importancia. El desarrollo de los sellos nacionales, un *composite* de sulfuro de molibdeno y poli(tetrafluoro etileno), entre 1988 y 1989 permitió resolver el problema. Estos sellos aún se producen en CNAI siguiendo el procedimiento desarrollado en DQR.

El inicio de las "relaciones carnales" con EEUU, durante el gobierno de Menem, llevó a la separación de las centrales nucleares del ámbito de CNEA (pasaron a ser operadas por Nucleoeléctrica Argentina S.A.) y marcó la interrupción del proyecto nuclear argentino. Ya no volví a trabajar en temas relacionados con la fisicoquímica de centrales nucleares y mi interés se volcó, necesariamente, hacia otras áreas.

En 2003, luego de 5 o 6 presidentes, participé como miembro del Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable de la CNEA de una consultoría para el Ministerio de Economía y Producción. El informe "Elaboración de Términos de Referencia

del proyecto de Tecnología del hidrógeno como Vector y Celdas de Combustible como Generadoras de Energía Limpia” ha sido documento de referencia en la elaboración de la Ley 26.123 de Promoción del Hidrógeno, promulgada en 2006. En 2004 fui miembro del grupo de asesores del estudio realizado para la Secretaría de Energía, denominado “Estudio de oportunidades de utilización de celdas de combustible para el suministro de energía eléctrica con recursos renovables”. Estos trabajos de consultaría fueron el germen, como veremos luego, de otras de las líneas de trabajo que desarrollé durante mi carrera.

Otro desarrollo tecnológico importante de destacar es el de electrodos ion-selectivos para análisis clínicos realizados para empresas como Genoclon y AADEE entre otras. Estos electrodos, que determinan la concentración de iones potasio, sodio y cloruro en sangre, reemplazan a sensores importados y son utilizados actualmente en equipos comerciales de estas empresas.

■ LA ERA GLACIAR

A mediados de los 90’ conocí al Dr. León Herszage, un prestigioso médico que era Jefe de Cirugía de Paredes Abdominales del Hospital Pirovano, quien estaba interesado en entender por qué el azúcar común (sacarosa) era muy utilizado en la curación de heridas complicadas. Él me explicó que se usaba azúcar para evitar la infección de heridas durante la primera guerra mundial, y que aún hoy se seguía usando en veterinaria. Lo único que pude inferir luego de leer bastante sobre el tema es que el crecimiento de ciertos microorganismos es muy lento en condiciones de muy baja actividad de agua, como ocurre en soluciones de azúcar muy concentrada.

Esa búsqueda tuvo un subproducto inesperado ya que aprendí que la sacarosa y otros disacáridos, como la trehalosa, eran muy efectivos como agentes vitrificantes, evitando la formación de cristales de hielo durante el congelamiento de sus soluciones acuosas. En consecuencia, se utilizaban en la criopreservación de biomoléculas, tejidos y órganos y advertí además que el mecanismo fisicoquímico por el cual funcionaban eficientemente estaba aún en intensa discusión. Era pues un tema interesante para iniciar una nueva línea de trabajo, y de alguna manera tenía algo en común con mis trabajos anteriores: la presencia del agua y la influencia de los procesos de transporte.

El problema era que para iniciarse en el tema había que reemplazar los hornos y autoclaves por criostatos y freezers. Eso requería financiación que CNEA e INQUIMAE no podían brindarme en esa época (las buenas ideas sin financiación son solo alucinaciones). Si bien el retorno a la democracia con el gobierno de Alfonsín había llevado aire fresco al sector de ciencia y técnica, la crisis económica de fines de los 80’ y las políticas neoliberales de comienzos de los 90’ terminaron con los subsidios a la investigación científica (¡simplemente nos mandaron a lavar los platos!). En esos años los subsidios de la Fundación Antorchas eran como un oasis en el desierto para los científicos con inquietudes.

En 1994 comencé, con apoyo de Antorchas, una colaboración con el grupo de mi amigo Juan de Pablo que para entonces ya era profesor en la Universidad de Wisconsin (Madison, EEUU). El tema a desarrollar era la fisicoquímica de soluciones acuosas sobreenfriadas y vítreas de interés en criopreservación y estabilización de biomoléculas, que enfocado desde la óptica fisicoquímica

era totalmente nuevo en Argentina. Los primeros trabajos permitieron determinar propiedades termofísicas básicas de soluciones acuosas de trehalosa con y sin sales agregadas. El trabajo más importante que realizamos con Juan es de 1997 (Miller y col. 1997) es hoy un referente para la industria de preservación de alimentos y productos farmacéuticos. La trehalosa es un disacárido muy abundante en las levaduras y que, curiosamente, es segregado por varios insectos que tienen la capacidad de sobrevivir a situaciones de anhidrobiosis (vida en condiciones extremas de sequedad) o de criobiosis (condiciones de frío extremo o congelamiento). Los “sea-monkeys” son un ejemplo de estos bichitos (Corti 2005).

Los trabajos en colaboración con el grupo de Madison dieron lugar a publicaciones sobre estudios experimentales y simulaciones moleculares que aportaron al entendimiento del mecanismo de movilidad de iones en soluciones sobreenfriadas de trehalosa. Participé también de dos patentes a través de la Universidad de Wisconsin relacionadas con la formulación de sistemas de criopreservación. Hubo un fructífero intercambio de estudiantes con UW Madison, en los que participaron Silvana Fucito, Danforth Miller y Carolina Schebor, que se extendió durante casi una década. En 2008 habíamos reiniciado una colaboración con Juan para estudiar aspectos fisicoquímicos de la agrupación de ciertos oligómeros peptídicos que aparentemente eran responsables de algunas enfermedades neurodegenerativas. Para ello contábamos con la ayuda de Silvana Fucito que acababa de terminar su tesis de doctorado en el Instituto Leloir, y dominaba las técnicas biomoleculares, que necesitábamos para desarrollar el proyecto. La tragedia se cruzó en el camino pues Silvana murió en un

accidente automovilístico un mes después de comenzar el proyecto y nunca tuvimos ánimo para retomarlo. Silvana era una persona maravillosa, llena de vida, a quien sigo extrañando.

Un hito importante en esta línea de trabajo fue la colaboración que inicié en 1999 con el grupo de la Dra. Pilar Buera del Departamento de Industrias (FCEN-UBA). De esta colaboración surgieron interesantes contribuciones en la descripción físico-química de las propiedades de equilibrio y de no-equilibrio de soluciones acuosas conteniendo disacáridos (trehalosa y sacarosa) y sales (NaCl, LiCl, boratos, etc.) (Longinotti y col. 2002) en la estabilización de enzimas. Parte de estos trabajos fueron realizados por Paula Longinotti, quien además perfeccionó el método electroquímico con microelectrodos, para determinar coeficientes de difusión en matrices acuosas sobre-enfriadas (Longinotti y Corti 2007) durante su tesis doctoral. Los trabajos realizados en esta línea de investigación han tenido reconocimiento internacional y en ese contexto fui responsable del Proyecto "Thermodynamic and non-equilibrium criteria for development and application of supplemented phase diagrams", financiado por la IUPAC. En el mismo participaron reconocidos expertos internacionales en el tema y los resultados fueron publicados en *Pure & Applied Chemistry* (Corti y col. 2010).

Junto con Pilar Buera organizamos el 9th International Symposium on the Properties of Water (ISOPOW 9) que se realizó en Mar del Plata en Septiembre de 2004. Dentro de este multitudinario evento organicé un Workshop denominado "Dynamics and Relaxation in Supercooled Fluids and Glassy Systems" del que participaron Austen Angell, Pablo Debenedetti, Bigman Bagchi, Juan



Figura 4: Algunos de los asistentes al Workshop 2004 en Mar del Plata. En primera fila se destacan Raúl Grigera, Austen Angell, Biman Bagchi (un poco más atrás), Juan de Pablo y Tomas Grigera (Pablo Debenedetti atrás de este) y muchos jóvenes investigadores argentinos.

de Pablo e investigadores locales. Durante este evento se formuló el proyecto IUPAC y fue el inicio de productivas colaboraciones con grupos locales, como el de Gustavo Appignanesi en Bahía Blanca.

Con el grupo del Dr. Reynaldo Villalonga Santana de la Universidad de Matanzas (Cuba) se estableció una colaboración muy productiva sobre el uso de derivados de la trehalosa para la estabilización de enzimas, con la participación de estudiantes de ambos grupos, donde tuvo una actuación muy destacada Patricio Santagapita, en ese entonces doctorando de Pilar.

En 2003 implementé, por primera vez en el país, la técnica FRAP (Fluorescence Recovery After Photobleaching) para medir la difusión de moléculas fluorescentes en soluciones acuosas sobre-enfriadas, con la colaboración del Dr. Mario Marconi del Departamento de Física (FCEN-UBA). Simultáneamente formé en INQUIMAE el Grupo de Físicoquímica de Líquidos Sobreenfriados

y Vidrios, que actualmente dirijo junto con Paula Longinotti. Los estudios realizados en este grupo dieron lugar a varias publicaciones y tesis doctorales. Una de ellas, realizada por Guillermo Frank, utilizó la técnica FRAP para analizar el desacople viscosidad-difusión en soluciones acuosas sobre-enfriadas de sacarosa y trehalosa (Corti y col. 2008).

En el año 2010 iniciamos un proyecto PICT Raíces en colaboración con Gustavo Appignanesi (Universidad Nacional del Sur), Pablo Debenedetti (Princeton University) e Igal Szleifer (Northwestern University) sobre la físicoquímica del agua y soluciones acuosas sobre-enfriadas y nanoconfinadas, que acaba de finalizar. En el marco de este proyecto se realizaron fundamentalmente trabajos de simulación computacional, uno de los cuales fue parte de la tesis de Julián Gelman Constantin, que codirigí con Igal. Este trabajo consistió en un estudio de dinámica molecular de la interacción de una punta de AFM con la capa cuasilíquida de agua que se forma sobre

la superficie del hielo en condiciones de sobre-enfriamiento (Gelman Constantin y col. 2015). La existencia de esta capa cuasi-líquida fue predicha y estudiada por Faraday en 1859, pero recién en las últimas dos décadas se pudo confirmar experi-

mentalmente su existencia (Nota 7).

En su trabajo de tesis Julián también realizó la modificación de un AFM comercial para estudiar experimentalmente el espesor de dicha capa cuasi-líquida, para la cual se

han reportado espesores muy variables y es aún motivo de interés por su implicancia en reacciones químicas en la alta atmósfera.

A fines de 2011 comencé una colaboración con el grupo del Dr. Thomas Loerting de la Universidad de Innsbruck (Austria), en el marco de la tesis de Licenciatura en Física de Guadalupe Ruiz. En una estadía en Austria, Guadalupe preparó soluciones vitrificadas de LiCl en agua mediante la técnica de amorfización por presión (del orden de 1-3 GPa) y se han obtenido interesantes resultados de la caracterización de la transición vítrea en este sistema (Ruiz y col. 2014). Hay indicios de la visualización de las dos formas de agua líquida sobreenfriada (baja y alta densidad), que es muy elusiva experimentalmente para agua pura, pero parece poder observarse en este sistema. Este tema, vincu-

Nota 7 La piel del hielo

Los estudios sobre las propiedades de la interfaz hielo-aire y hielo-agua tienen en el grupo un antecedente previo, cuando en 1993 con Isabel Sola, una brillante y hermosa tesista que luego nos dejó para irse a trabajar a la industria, medimos efectos de formación de carga y variación de pH en la interfaz hielo-solución durante el congelamiento de soluciones acuosas diluidas de electrolitos. Este trabajo lo publicamos en los Anales de la Asociación Química Argentina, pero aún así despertó el interés de grupos fuera del país y fue precisamente a través de este trabajo que establecimos el primer contacto con el grupo de Igal Szleifer, en ese entonces en la Universidad de Purdue. Igal, un fisicoquímico notable, viajó a la Argentina alrededor de 2006 para visitar nuestro grupo y reencontrarse con el país donde había vivido su niñez y adolescencia. Desde entonces nos visita periódicamente y ha tejido una red de colaboraciones sumamente productiva con investigadores jóvenes de varias Universidades del país.



Figura 5: El Workshop 2012 "Structure and Dynamics of Glassy, Super cooled, and Nano confined Fluids". De izquierda a derecha (primera fila): Juan de Pablo, Pablo Debenedetti, Gene Stanley, Francesco Mallamace, Raúl Grigera, Marcia Barbosa, Vale Molinero, Paola Gallo, Alan Soper, Marcelo Carignano, Thomas Loerting, et al.

lado a la existencia de un segundo punto crítico del agua en la región sobre-enfriada es de alto impacto en la Física de Materia Condensada y está siendo objeto de numerosos estudios experimentales y computacionales, como quedó plasmado en el Workshop que organicé en INQUIMAE-CNEA en Mayo de 2012, con la ayuda de Igal Szleifer desde Chicago, y al cual asistieron los investigadores que más contribuyeron al tema.

El Grupo de Fisicoquímica de Líquidos Sobreenfriados y Vidrios está en etapa de consolidación y se están desarrollando otras tesis en el área de las propiedades de transporte en soluciones acuosas sobreenfriadas (José Trejo González) y nucleación homogénea de hielo (Melisa Gianetti) en colaboración con Pablo Debenedetti.

■ CELDAS DE COMBUSTIBLE, HIDRÓGENO, METANOL Y LITIO

La casi ausencia de investigación en el país en el área de hidrógeno y celdas de combustible, observada en los trabajos de consultoría antes mencionados, me impulsaron a formar el Grupo de Celdas de Combustible (GCC) en CNEA. Este grupo comenzó sus actividades en 2005 y la nueva línea de investigación tenía como objetivo el desarrollo de materiales para celdas de combustible del tipo PEM (proton exchange membrane), alimentadas con hidrógeno o metanol. En pocos años el GCC desarrolló y caracterizó membranas conductoras, electro-catalizadores nano o mesoestructurados, soportes carbonosos y capa difusora de gases. Fue vital para ello la incorporación en 2008 de Mariano Bruno, que venía de realizar su trabajo de tesis en carbones mesoporosos con Cesar Barbero en la Universidad Nacional de Río Cuarto, y la de Federico Viva en 2009, quien realizó su tesis doc-

toral en la Universidad de Southern California en el grupo George Olah (premio Nobel de Química 1994) y Surya Prakash sobre celdas de combustible de metanol y ácido fórmico.

Hacia fines de 2006 a raíz de una reestructuración de CNEA decidí pasar a formar parte del Departamento de Física de la Materia Condensada en la nueva Gerencia de Investigación y Aplicaciones (GlyA). Quedaron atrás 29 años en DQR y se abría una nueva etapa.

Los proyectos abordados por el GCC son de carácter aplicado y el objetivo final que nos propusimos es la construcción de prototipos de stack de celdas PEM de hidrógeno y de metanol directo. El grupo ha adquirido gran experiencia en este último tipo de celdas durante la ejecución del PICT Start Up con el desarrollo de prototipos de miniceldas de metanol directo de potencia inferior a 1W que podrían alimentar pequeños dispositivos electrónicos. Lamentablemente, el objetivo original que era generar un producto comercial en asociación con alguna empresa no pudo concretarse (aún).

En sus casi 10 años de existencia el GCC ha publicado más de 30 trabajos en revistas especializadas y se ha convertido en un referente en el tema en el país, como lo demuestran los proyectos nacionales e internacionales en los que participa. Se han desarrollado materiales novedosos, como carbones mesoporosos con estructura jerárquica de poros que permitirán la integración de la función de soporte del catalizador con la de capa difusora de gases. También se desarrolló un método innovador para la preparación de membranas de polibenzimidazol, cuya patente se encuentra en trámite. El Ing. Nores Pondal realizó en GCC la primera tesis doctoral sobre el tema, presentada en la UNSAM. Algunos

de los trabajos asociados a la misma se realizaron en colaboración con el grupo de Sergio de Miguel de la Universidad Nacional del Litoral (Nores Pondal y col. 2009).

Otras cuatro tesis se completaron entre 2011 y 2012: Graciela Abuin estudió las propiedades de membranas de Nafion (Abuin y col. 2013); Yohan Thomas, un estudiante francés, finalizó su tesis en el estudio de carbones mesoporosos como soportes de catalizadores y capa difusora de gases (Thomas y col. 2012) con la codirección de Mariano Bruno y Liliana Díaz estudió las propiedades de membranas conductoras de protones basadas en polibenzimidazol (Díaz y col. 2012). Finalmente, Esteban Franceschini realizó una fructífera tarea en el estudio de catalizadores nano y mesoestructurados de base platino y platino-rutenio (Franceschini y col. 2011 y 2013).

El libro sobre celdas de combustible de alcohol directo, que editamos en 2014 para Springer con el Prof. Ernesto González (Instituto de Química de San Carlos, USP, Brasil), es en cierta medida la culminación de las actividades del GCC sobre este tema y donde Mariano Bruno y Federico Viva colaboraron con un capítulo sobre síntesis y caracterización de carbones mesoporosos (Corti y González 2014).

Entre 2009 y 2014 el GCC participó activamente del proyecto PAE 36985 "Producción, purificación y aplicaciones del hidrógeno como combustible y vector de energía", que es el proyecto en energías alternativas más importante desarrollado en Argentina hasta la fecha. En este proyecto, cuyo responsable era Miguel Laborde, participaron doce grupos de todo el país con más de 100 investigadores. La interacción entre los grupos que estudiaban el reformado de etanol para obtener

hidrogeno, el purificación, su almacenamiento en aleaciones metálicas y su uso en celdas de combustible, fue muy provechosa. Gracias a este proyecto el GCC pudo desarrollar técnicas imprescindibles para el estudio de electrocatalizadores como DEMS (Differential Electrochemical Mass Spectroscopy) a cargo de Mariano Bruno y SECM (Scanning Electrochemical Microscopy) a cargo de Federico Izraelevitch (Nota 8).

El GCC también se caracteriza por promover la colaboración con

grupos afines de otros países y hemos recibido apoyo de MINCyT y CONICET para proyectos conjuntos con los grupos del Dr. Omar Solorza Fera en CINESTAT (México), del Dr. Marcelo Linardi (IPEN-USP, Brasil) en el marco del Programa Twinning de Cooperación Argentina-Brasil en Energías Renovables, del Dr. Mkhulu Mathe del CSIR (Pretoria, Rep. Sudafricana), y del Dr. Karel Bouzek en el Instituto de Tecnología Química de Praga (Rep. Checa). Como resultado de estas colaboraciones el grupo ha recibido estudiantes e investigadores de otros países y actualmente cuenta entre sus integrantes a graduados de Venezuela, México y Colombia.

Muchos de los materiales desarrollados para celdas de combustible se pueden utilizar en otros dispositivos electroquímicos de almacenamiento y conversión de energía. Por ello el GCC ha expandido recientemente sus objetivos al desarrollo de membranas conductoras de protones y oxidrilos para electrolizadores y de carbones mesoporosos para su-

percapacitores y cátodos de baterías de litio-aire. Estas últimas están aún en un estado primitivo de desarrollo, comparadas con las de litio-ión, pero teóricamente tienen una densidad de energía varias veces superior a éstas y son candidatas a impulsar los vehículos eléctricos del futuro. En los salares de altura del norte Argentino contamos con una proporción importante de las reservas mundiales de litio y desarrollar baterías de litio-aire permitiría agregar valor a estas reservas.

Gracias a Google Books rescaté hace poco un trabajo de Adolfo, mi antepasado de Pavía, donde en un ensayo sobre "el arte de la natación" en 1820 aconseja utilizar la pila Voltiana (creada por Alessandro Volta, también original de Pavía, en 1800), ¡aplicándola en ahogados para excitar el sistema nervioso y volverlos (muchas veces) a la vida!. Me pregunto si algo de mi relación con la electroquímica viene de esa temprana seducción de los Corti por las pilas.

Nota 8 Otro ladrillo en la pared

El proyecto PAE 36985 fue financiado por la ANPCyT (cerca de 12 M\$) y nuestro grupo tuvo a cargo una parte del Subproyecto Celdas de Combustible, cuyo objetivo era el desarrollo de la tecnología para la preparación de un stack PEM de 1 a 5 kW de potencia con materiales preparados en el país. Para ello el GCC incorporó el equipamiento necesario y se desarrollaron técnicas tales como las mencionadas DEMS y SECM que son únicas en Argentina y que permiten la caracterización electroquímica de electrocatalizadores de manera rápida y precisa. El proyecto PAE nos obligaba a generar un proyecto PID en conjunto con empresas, de modo que decidimos asociarnos con EDENOR (distribuidora eléctrica), para desarrollar una facilidad para el testeo y puesta en operación de celdas de combustible de hasta 5 kW. El proyecto PID finalizó en 2015 y como resultado del mismo EDENOR instaló una celda de 5 kW en la subestación próxima a Tecnopolis para reemplazar baterías de plomo-ácido en el sistema de emergencia. Esta celda fue testada en nuestro grupo y se le agregó una cupla de supercapacitores para que pudiera responder en forma rápida frente a un corte de potencia.



Figura 6: Parte del GCC de izquierda a derecha: Paula Longinotti, Juan de Diego, Sofía Palmbaum, Yessika Hernández, Diana Martínez Casillas, Mariano Bruno, Federico Roncaroli, Federico Viva, Andrés Cortéz Páez, Esteban Franceschini, Eduardo Fuentes y yo.

■ ENSEÑAR Y DIVULGAR, PARTE DEL TRABAJO DEL INVESTIGADOR

Después de casi 40 años de enseñar fisicoquímica a nivel universitario estoy convencido de la importancia que tiene para el investigador el contacto con los estudiantes. Como docente auxiliar me tocó vivir una época de cambios profundos entre 1972 y 1974. Visto desde el lado de un ayudante fueron años de rebelión contra una forma de enseñanza anquilosada y poco participativa. Recuerdo los cursos de Química Física I y II durante 1973, donde se pasó de la clase magistral del profesor de turno a clases grupales donde trabajábamos en mesas con un grupo reducido de alumnos para discutir con ellos el tema del día. Habíamos participado activamente en la redacción de las nuevas guías teórico-prácticas que se adaptaban a este tipo de enseñanza y eso nos daba una confianza y un entusiasmo que lamentablemente se ha perdido en los años recientes. La experiencia duró poco, pero sin duda dejó una huella en los que participamos de la misma. Hubo, como era de esperarse en épocas de cambio, algunas propuestas pedagógicas utópicas. Recuerdo la más provocativa de ellas, que proponía que los alumnos evaluaran al docente, pero no a la inversa!

Los años que siguieron fueron de decadencia e hicieron que en 1978 renunciara a mi cargo de jefe de trabajos prácticos. Con la vuelta a la democracia la posibilidad de volver a hacer docencia se hizo potencialmente posible y más aún cuando, en 1984, Roberto Fernández Prini fue nombrado Jefe del DQIAQF por las nuevas autoridades de la Facultad. Varios investigadores de CNEA fuimos convocados por Roberto para participar de la aventura de rediseñar el Departamento, donde no solo

había decaído la actividad de investigación, sino que la docencia había retrocedido estrepitosamente, sobre todo en las materias introductorias.

Lo primero que llamó mi atención al regresar al DQIAQF en 1984 fue que casi no se hacían trabajos prácticos de laboratorio, como lo mostraba el hecho que los pocos equipos con que se contaba estaban prolijamente guardados en los armarios. Cuando le pregunté a un jefe de trabajos prácticos la razón de esto me respondió: "no creemos útil que el alumno haga experimentos que ya se sabe lo que van a dar, por eso preferimos explicar los experimentos en el pizarrón". Ante semejante confesión, advertí que la tarea que teníamos por delante era muy brava; no solo había que actualizar el curso, sino cambiar la mentalidad de los docentes.

Como flamante profesor, me tocó participar en la reestructuración de Química General e Inorgánica I, la

materia inicial de la carrera de Química. En los años que siguieron tuve a cargo el dictado de las clases teóricas de la materia junto con Roberto, o Erwin Baumgartner o Rosa Crovetto. También dictamos cursos de capacitación docente que tuvieron buena acogida de los jóvenes auxiliares docentes del DQIAQF. Fueron sin duda años de mucho esfuerzo (y bajos salarios) pero donde los resultados empezaron a verse plasmados en forma incontrastable. Muchos alumnos comenzaban a acercarse al DQIAQF para participar de los nuevos grupos de investigación que se iban formando y el interés y grado de participación de los alumnos en las clases era muy alentador. Fue sin duda mi mejor época como docente y aún hoy me encuentro con alumnos de ese entonces, que se dedicaron a la investigación o se volcaron a la actividad privada, que comparten esa sensación.

Con los años participé de otras actividades docentes en DQIAQF,



Figura 7: Reunión de Codep en DQIAQF (ca. 1994) interrumpida por la graduación de jóvenes figuras (José Hodak y Astrid Grotewold). De izquierda a derecha: Ernesto Calvo, Lelia Dicelio, yo, Pedro Aramendía, Mireille Perec, Fernando Molina, Roberto FP, Enrique San Román, Sara Aldabe y Fernando Bataglini.

por ejemplo en el dictado de materias del ciclo superior, como Química Física I y II y no deja de sorprenderme la enorme evolución de la disciplina desde mis tiempos de estudiante, hasta el presente. Participé en varios cursos de posgrado, entre ellos el de Termodinámica, junto a Roberto FP y más tarde de Fundamentos y Aplicaciones de Procesos de Transporte que inauguré en 2004 y aún sigue vigente. Más recientemente, con Ernesto Calvo, dictamos Dispositivos Electroquímicos de Almacenamiento y Conversión de Energía.

Entre 1998 y 2001, con licencia en la UBA (probablemente por causa del agotamiento que me provocó el menemismo), participé en el Comité que elaboró el programa de la Carrera en Ingeniería de Materiales (Instituto de Tecnología, CNEA- UNSAM) y fui el primer profesor a cargo del curso Introducción a la Ciencia de Materiales. Tuve también a cargo en esa época la Coordinación del Área Química de la Escuela de Ciencia y Tecnología (UNSAM).

En cierto momento comprendí que el motivo del bajo ingreso de estudiantes a la carrera de Química en UBA (y en todo el mundo) era la forma en que se enseña esta ciencia en la escuela secundaria. Es así como empecé a interesarme por la divulgación de la química, especialmente a nivel secundario. Este interés abstracto se concretó en 1997 cuando, junto a colegas del DQIAQF, presentamos un proyecto al Concurso Innovación en Educación convocado por la Fundación YPF, que se denominó "La Química, el Hombre y su Habitat", luego conocido por sus siglas (QHH). Nuestro proyecto resultó uno de los ganadores y fui el responsable de dirigirlo con la colaboración de docentes de las cuatro escuelas técnicas que participaron del mismo: el Otto Krause y el Hipólito

Yrigoyen de Capital, La Escuela No 10 de Puerto Rico (Misiones) y, por supuesto, mi vieja escuela Emilio Civit (Mendoza), dirigida entonces por el Ing. Alfredo Bendini, quien había sido uno de mis compañeros de secundaria.

La propuesta fue muy innovadora (Gallardo 2001) pues introdujimos el uso de las computadoras para interconectar a las escuelas con los docentes de la universidad y la idea central giró en interesar a los alumnos en la química a través de encarar estudios relacionados con la química del medio ambiente (Nota 9).

Entusiasmado por el éxito de QHH, en 1999 presenté al concurso de Fundación YPF (esta vez con docentes de la UNSAM) el proyecto "Megapilas 2000", en el que participaron más de 10 escuelas de Capital y Buenos Aires. Este proyecto finalizó en 2002 y al cabo del mismo se generó abundante información gráfica y videos sobre qué hacer con las pilas usadas. Con la ayuda de Gustavo Curuchet (UNSAM) se diseñó además una planta piloto basada en el uso de bacterias "come-metales" para el tratamiento de las pilas de níquel-cadmio.

Debo confesar que estos proyectos de divulgación de la química no contribuyeron a aumentar la matrícula en Exactas, pero fueron experiencias muy divertidas y con el tiempo pude identificar algunos jóvenes investigadores en el DQIA-QF que participaron activamente de ellas como alumnos.

Otras actividades de divulgación se han concretado en publicaciones para la colección Ciencia Joven de EUDEBA, varios trabajos en la revista Ciencia Hoy, y la experiencia ya lejana de la revista Actividad, editada por la Asociación Argentina de Investigación Físicoquímica.

■ EPÍLOGO

Cambiar de línea de investigación cada 8-10 años ha sido para mí una experiencia gratificante y un remedio infalible contra el aburrimiento. Algunos colegas sostienen lo contrario pues va en contra de lo que muchos desean: convertirse en un experto.

Las palabras finales no pueden ser otras que de enorme agradecimiento a todas las personas que me ayudaron a lo largo de estos años a pasar por la actividad académica dejando una pequeña huella. Mu-

Nota 9 El proyecto QHH

No solo tenía como meta mostrar como la actividad de las industrias químicas podían dañar el medio ambiente, sino también como la química podía ayudar a remediar estos problemas. Tuvo algunas derivaciones sorprendentes cuando, inocentemente, dimos a conocer los resultados del estudio realizado en Puerto Rico (Misiones) cerca de la papelería ubicada en la zona. Pudimos detectar por primera vez la presencia de lluvia ácida en la región debido a las emanaciones de SO_2 que generaba la papelería. Como la mayor parte de los pobladores de Puerto Rico trabajaban en ese establecimiento se generó una división entre los que querían ocultar el problema y los que querían hacerlo público, para que se pudiera mejorar el proceso y la calidad de aire en la zona. El tema llegó a los diarios locales (algunos nos declararon personas no gratas) e incluso se publicó una nota sobre el tema en La Nación.



Figura 8: Profesores y estudiantes del proyecto QHH en Puerto Rico (Misiones) antes de comenzar las determinaciones de contaminación en aire y agua.

chos han sido nombrados a lo largo de estas páginas, pero seguramente he olvidado a muchos otros con cuya interacción me he beneficiado: colegas de trabajo, estudiantes, personal de apoyo, administrativos y también a las Instituciones que me ayudaron a formarme y a formar. Gracias también a Dario y Federico por la semblanza. A Federico le sugerí cambiar la palabra tozudez por perseverancia, a lo que accedió, no sin antes recalcar: pero eras tozudo!.

Tengo todavía un difícil desafío por delante, vinculado con mantener la tradición familiar que indica que hay científicos cada dos generaciones. Para ello me propongo convencer a alguno de mis nietos, Martín, Catalina o Pablo, que la ciencia es una actividad divertida, que en el fondo no es más que la continuidad de la curiosidad por conocer el mundo que naturalmente poseemos de niños.

Un eterno agradecimiento a Inés, mi mujer, por alentarme a escribir y a gozar la vida.

■ BIBLIOGRAFIA

- Abuin, G. C., Fuertes, C., Corti, H. R. (2013). *Substrate effect on the swelling and water sorption of Nafion nanomembranes*. J. Membr. Sci. **428**, 507-515.
- Bianchi, H, Corti, H. R., Fernández Prini R. (1993). *A cell for the study of the electrolytic conductivity at high temperature in aqueous solutions*. Rev.Sci.Instrum., **64**, 1636-1640.
- Cereijido, M. (2004). *El doctor Marcelino Cereijido y sus patrañas*. Libros del Zorzal.
- Córdoba, M, Corti, H. R, Kowalewski, D. G (1972). *Weak interactions of 2-substitued propenes in aromatic systems*. J.Magnetic Resonance, **6**, 570-576.
- Corti, H. R., Fernández Prini, R, Gomez, D (1982). *Protective organic coatings: membrane properties and performance*. Prog. Org.Coat. **10**, 5-33.
- Corti, H. R., Fernández Prini, R, Blum, L. (1987c). *An analytical approximation to the HNC pair correlation functions. The case of 2:2 electrolytes*. J. Chem. Phys. **87**, 3052-3057.
- Corti, H. R., Laría, D., Trevani, L. N (1996). *Ionic association in asymmetric electrolytes* J.C.S. Faraday Trans., **92**, 91-97.
- Corti, H. R., de Pablo, J. J., Prausnitz, J. M. (1990). *Phase equilibria for aqueous systems containing salts and carbon dioxide. Application of Pitzer's theory*

- for electrolyte solutions. *J. Phys. Chem.* **94**, 7876-7880.
- Corti, H. R., Svarc, F. E. (1995). *Volumetric properties of aqueous electrolytes at high temperature: mixtures of LiOH and KOH up to 523 K.* *J. Solution Chem.* **24**, 121-132.
 - Corti, H. R. (2005). *Soluciones acuosas sobreenfriadas y vitrificadas o ¿cuándo comer vidrio es saludable?.* *Ciencia Hoy* **15**, 26-39.
 - Corti, H. R. (2008a) Comments on "New physico-chemical properties of extremely dilute solutions. A conductivity study at 25 °C in relation to ageing". *J. Solution Chem.* **37**, 1819-1824.
 - Corti, H. R., Frank, G. A., Marconi, M. C. (2008b). *Diffusion-viscosity decoupling in supercooled aqueous trehalose solutions.* *J. Phys. Chem. B*, **112**, 12899-12906.
 - Corti, H. R. (2009a). *Agua bajo el puente. Química moderna y análisis de aguas minerales.* *Ciencia Hoy*, **19**, 36-43.
 - Corti, H. R., Colussi, A. J. (2009b). Do electrochemical concentration cells 'store charge in water'? Comment on "Can Water Store Charge?". *Langmuir* **25**, 6587-6589.
 - Corti, H. R., Angell, C. A., Auffret, T., Levine, H., Buera, M. P., Reid, D. S., Roos, Y., Slade, L. (2010). *Empirical and theoretical models of equilibrium and non-equilibrium transition temperatures of supplemented phase diagrams in aqueous systems.* *Pure & Applied Chem.* **82**, 1065-1097.
 - Corti, H. R., Gonzalez, E. R. (2014). *Direct alcohol fuel cells: materials, performance, durability and applications.* Springer.
 - D'Alkaine C.V. (2015). *Reseña histórica. Mis trabajos. Reflexiones.* *Ciencia e Investigación Reseñas*, **3**, 63-96.
 - Diaz, L. A., Abuin, G. C., Corti, H. R. (2012). *Methanol sorption and permeability in Nafion and acid-doped PBI and ABPBI membranes.* *J. Membr. Sci.* **411-412**, 35-44.
 - Fernández Prini, R., Corti, H. R., Japas, M. L. (1992). *High-temperature aqueous solutions: thermodynamic properties.* CRC Press.
 - Fernández Prini, R. (2013). *Crónica de 50 años de actividad como investigador argentino.* *Ciencia e Investigación Reseñas*, **1**, 16-21.
 - Franceschini, E. A., Planes, G., Soler-Illia, G., Williams, F., Corti, H. R. (2011). *Mesoporous Pt and Pt/Ru alloy for methanol oxidation in fuel cells.* *J. Power Sources* **196**, 1723-1729.
 - Franceschini, E. A., Bruno, M. M., Williams, F. J., Viva, F. A., Corti, H. R. (2013). *High activity mesoporous Pt/Ru catalysts for methanol oxidation.* *ACS Appl. Mater. Interfaces* **5**, 10437-10444.
 - Gallardo, S. (2001). *Propuesta innovadora para la enseñanza media.* *Ciencia Hoy* **11**, 12-18.
 - Gelman-Constantín, J., Carignano, M. A., Corti, H. R., Szleifer, I. (2015). *Quasi liquid layer and surface melting of ice in contact with and AFM tip by molecular dynamics simulation.* *J. Phys. Chem. C* **119**, 27118-27124.
 - Goldfarb, D. L., Corti, H. R., Mar- ken, F. Compton, R. G. (1998). *High pressure sono-electrochemistry in aqueous solution: Soft cavitation under CO₂.* *J. Phys. Chem.*, **102**, 8888-8893.
 - Goldfarb, D. L., Corti, H. R. (2004). *Diffusion of decamethylferrocene and decamethyl ferrocene hexafluorophosphate in supercritical trifluoromethane.* *J. Phys. Chem. B* **108**, 3368-3375.
 - Laría, D., Corti, H. R., Fernández Prini, R. (1990). *The cluster theory for electrolyte solutions: its extension and its limitations.* *J.C.S. Faraday Trans. I*, **86**, 1051-1056.
 - Longinotti, M. P., Mazzobre, M. F., Buera, M. P., Corti, H. R. (2002). *Effect of salts on the properties of aqueous sugar systems, in relation to biomaterial stabilization. 2. Sugar crystallization rate and electrical conductivity behaviour.* *Phys. Chem. Chem. Phys.* **4**, 533-540.
 - Longinotti, M. P., Corti, H. R. (2007). *Diffusion of ferrocene methanol in super-cooled aqueous solutions using cylindrical micro-electrodes.* *Electrochem. Commun.* **9**, 1444-1450.
 - Miller, D. P., de Pablo, J. J., Corti, H. R. (1997). *Thermophysical properties of concentrated aqueous trehalose solutions.* *Pharm. Res.* **41**, 578-590.
 - Nores-Pondal, F. J., Vilella, I., Troiani, H., Granada, M., de Miguel, S. R., Scelza, O. A., Corti, H. R. (2009). *Catalytic activity vs. size correlation in platinum catalysts of PEM fuel cells prepared on carbon black by different methods.* *Int. J. Hydrogen Energy* **34**, 8193-8203.

- Ruiz, G. N., Bove, L. E., Corti, H. R., Loerting, T. (2014). *Pressure-induced transformations in aqueous LiCl solutions at 77 K*. Phys. Chem. Chem. Phys. **16**, 18553-18562.
- Thomas, Y., Bruno, M. M., Corti, H. R. (2012). *Characterization of a monolithic mesoporous carbon as diffusion layer for micro fuel cells application*. Mic. Mes. Mater. **155**, 47-55.
- Trevani, L. N., Calvo, E., Corti, H. R. (2000). *Diffusion coefficients of iodide in high temperature aqueous solutions*. Electrochem. Comm. **2**, 312-316.

El 98 por ciento de los doctores formados por el CONICET tiene empleo

Según un informe dado a conocer por este organismo científico acerca de la inserción de doctores, sólo un 1 por ciento de estos ex-becarios no tiene trabajo o no poseen ocupación declarada y un 10 por ciento posee remuneraciones inferiores a un estipendio de una beca doctoral.

Asimismo, proyecta que el 89 por ciento de los encuestados tiene una situación favorable en su actividad profesional, pero sobre todo asegura que más del 98 por ciento de los científicos salidos del CONICET consigue trabajo.

Los datos surgidos del estudio "Análisis de la inserción laboral de los ex-becarios Doctorales financiados por CONICET", realizado por la Gerencia de Recursos Humanos del organismo, involucró 934 casos sobre una población de 6.080 ex-becarios entre los años 1998 y el 2011.

Al respecto, en el mismo se considera que del número de ex-becarios consultados, el 52 por ciento (485 casos), continúa en el CONICET en la Carrera del Investigador Científico y Tecnológico.

De los que no ingresaron en el organismo pero trabajan en el país, sobre 341 casos, el 48 por ciento se encuentra empleado en universidades de gestión pública y un 5 por ciento en privadas; el 18 por ciento en empresas, un 6 por ciento en organismos de Ciencia y Técnica (CyT), un 12 por ciento en la gestión pública y el resto en instituciones y organismos del Estado.

En tanto, en el extranjero, sobre 94 casos, el 90 por ciento trabaja en universidades, el 7 por ciento en empresas y el 2 por ciento es autónomo.

El mismo informe traduce que la demanda del sector privado sobre la

incorporación de doctores no es aún la esperada, pero está creciendo. La inserción en el Estado, si se suma a las universidades nacionales y ministerios, se constituye en el mayor ámbito de actividad.

Frente a ello, a los fines de avanzar en la inserción en el ámbito publicoprivado el CONICET realiza actividades políticas de articulación con otros organismos de CyT, es decir, universidades, empresas, a través de la Unión Industrial Argentina (UIA), y en particular con YPF que requiere personal altamente capacitado en diferentes áreas de investigación.

Desde el CONICET se espera que en la medida que la producción argentina requiera más innovación, crecerá la demanda de doctores. Para cuando llegue ese momento el país deberá tener los recursos humanos preparados para dar respuestas. Es por ello se piensa en doctores para el país y no solamente doctores para el CONICET.

Programa +VALOR.DOC

Sumar doctores al desarrollo del país

A través de esta iniciativa nacional, impulsada por el CONICET y organismos del Estado, se amplían las posibilidades de inserción laboral de profesionales con formación doctoral

El programa +VALOR.DOC bajo el lema "Sumando Doctores al Desarrollo de la Argentina", busca vincular los recursos humanos con las necesidades y oportunidades de desarrollo del país y fomentar la incorporación de doctores a la estructura productiva, educativa, administrativa y de servicios.

A partir de una base de datos y herramientas informáticas, se aportan recursos humanos altamente calificados a la industria, los servicios y la gestión pública. Mediante una página Web, los doctores cargan sus curriculum vitae para que puedan contactarlos por perfil de formación y, de esta manera, generarse los vínculos necesarios.

Con el apoyo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, este programa tiene como objetivo reforzar las capacidades científico-tecnológicas de las empresas, potenciar la gestión y complementar las acciones de vinculación entre el sector que promueve el conocimiento y el productivo.

+VALOR.DOC es una propuesta interinstitucional que promueve y facilita la inserción laboral de doctores que por sus conocimientos impactan positivamente en la sociedad.

Para conocer más sobre el programa www.masVALORDoc.conicet.gov.ar.

