

# UN VIAJE HACIA EL FONDO DE LA QUÍMICA

**Palabras clave:** química inorgánica; química coloidal; tecnología nuclear; química ambiental; química de materiales.  
**Key words:** inorganic chemistry; colloid chemistry; nuclear technology; environmental chemistry; materials chemistry.

## ■ Miguel A. Blesa

Gerencia Química, Comisión Nacional de Energía Atómica, e Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de San Martín

miblesa7@gmail.com

*La historia puede valerse de las memorias de los viajeros veraces, como si éstos fueran lazarillos de ciegos caminantes.*  
*Concolorcorvo, aproximadamente*  
1776

He leído por ahí que las autobiografías tienen el riesgo cierto de distorsionar los hechos, consciente o inconscientemente; al intentar corroborar algunos de los hechos que describo más abajo, pude comprobar la falibilidad de nuestros recuerdos y la validez de esta idea, que choca con la expresión de Concolorcorvo.

También escuché por ahí que, además de la búsqueda del conocimiento, otra motivación muy importante de los científicos es lograr el reconocimiento y respeto de los pares; de allí el gran énfasis que se suele otorgar a la mención de los premios recibidos. Sumando ambos comentarios, queda claro que es fácil distorsionar nuestras memorias, recordando menos nuestras falencias y fracasos que nuestras virtudes y los logros obtenidos. En ese contexto, es importante definir desde el comienzo qué busca el escritor de sus memorias. Al fin de cuentas, como me dijo Horacio Cingolani

al negarse a escribir su Reseña, se pueden aplicar las generales de la ley. En mi caso, escribo estas líneas esencialmente buscando entender yo mismo mi recorrido que es, por supuesto, una mezcla de logros, fracasos, frustraciones y realizaciones.

Catalina Wainerman me ha señalado recientemente que nuestra revista puede ser útil porque brinda información sobre el “contexto del descubrimiento” antes que sobre la “justificación”. Lo que quiero enfatizar ahora es que en el *contexto* yo incluyo los factores de personalidad, no solo los del contexto socio-político, y eso puede hacer que estas líneas sean excesivamente anecdóticas y esfuminen los factores que puedan llegar a interesar a los historiadores.

También se corre el riesgo de espantar a los lectores en el intento de describir los aspectos técnicos de las tareas encaradas. Por ese motivo, las descripciones técnicas aparecen en cuadros con fondo rosa, que pueden omitirse. Hay otros cuadros, con fondo celeste, que son apostillas con anécdotas personales puntuales.

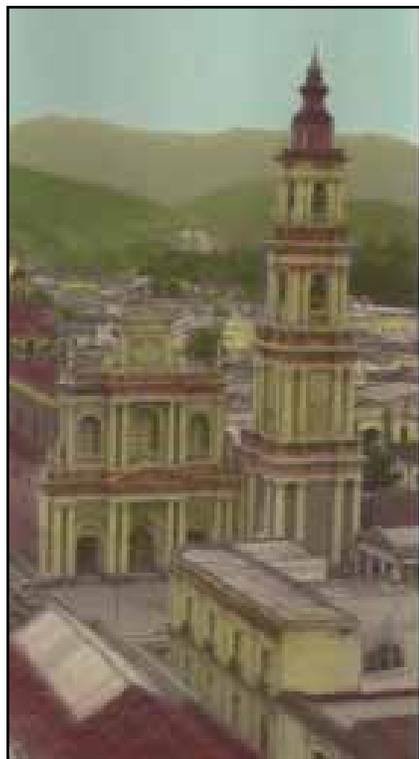
Si debo organizar mi historia en etapas, creo que las mismas son: (1)

mi infancia y adolescencia en Salta; (2) mis años de estudiante en La Plata; (3) mis años en la Facultad de Farmacia y Bioquímica de UBA; (4) mi larga afiliación con la Comisión Nacional de Energía Atómica; (5) mi nueva incursión en la vida universitaria, en paralelo con CNEA; (6) mi vejez.

Esa organización parece basarse en mi trayectoria laboral, pero lleva implícita todas mis turbulencias personales, que son inseparables de las vicisitudes institucionales y profesionales.

## ■ 1- MI INFANCIA Y ADOLESCENCIA EN SALTA (1942-1958)

La casa de mi infancia fue Caseros 407, enfrente de la iglesia de San Francisco (ver foto). Fui tercer hijo de *don Blesa* (Paco) y de doña Pía Rueda. La familia grande era muy numerosa; trece tíos y cerca de cuarenta primos. Todavía hoy el clan Rueda se mantiene bastante unido, anclado esencialmente en la figura de mi prima *Muñeca* Rueda de Vitry. En la casa de la foto vivían también varios tíos y tías Rueda y algunos primos, entre estos últimos Adolfo Sánchez (el *Bolo Tate*), que fue una especie de hermano menor.



*Mi casa natal según una postal pintada de alrededor de 1960, en la esquina enfrente de la iglesia de San Francisco*

Mi ambiente fue, curiosamente, urbano y nunca rural. Urbano de ciudad pequeña, provinciana, en los años del primer peronismo. Es interesante que, con años de diferencia, coincidí allí con algunos que después serían destacados protagonistas del sistema de ciencia y técnica: Arturo López Dávalos, Marcelo Cabada, José Salfity, Nicolás Bazán, Francisco de la Cruz, Dionisio Posada, Carlos Cuevas. De todos ellos, en esa época conocía más o menos a la mitad. Mi fuerte en la infancia eran mis logros escolares, que compensaban mi pobre capacidad para deportes y actividades físicas. No pintaba sin embargo para intelectual: Mis lecturas eran Emilio Salgari primero y Henry Rider Haggard después, y mi música era Héctor Varela (tango), Los Fronterizos (folclore), Carlinhos y su Bandita, Los Plateros, Bill Halley y sus Cometas. Los estudios secundarios en el Cole-

gio Nacional (el único, el de Salta) tenían ese *no sé qué*: En las clases de Matemáticas el Negro Ramos usaba la tiza para jugar al sapo con los alumnos que bostezaban; el Pe-lao Solá nos fascinaba con sus clases de castellano, y Miguel Kortsarzs nos enseñaba inglés con entonación yiddish. También estaba el Cuchi Leguizamón, combinado lecciones de Historia con asados de camaradería. Los domingos, a la cancha a ver a Juventud Antoniana, con mi primo Aldo (mucho mayor) y otros. En la noche de los domingos, ya se prefiguraba la depresión del domingo a la tarde.

También teníamos un equipo de fútbol. De todos los nombres posibles, se llamaba *Defensores de River Plate*, siendo que yo era hincha de Boca. El arquero (excelente) era Julio Mera, que todavía no portaba, como en sus épocas de funcionario menemista, el apellido materno Figueroa. Yo apenas calificaba para aguatero. En algún momento, mandamos una carta a la Fundación Evita, pidiendo camisetas, *forsejines* y pelota, sin respuesta. Debíamos usar una pelota de tientos que había ganado en un concurso de preguntas y respuestas de LV9, Radio Salta.

En ese ambiente, mi vieja soñaba con *m'hijo el doctor*. Y allá fuimos a La Plata, mis hermanos Sergio, primero (en 1955), Osvaldo, después (en 1958), y finalmente yo, en 1959. No cabe duda que el peronismo me abrió las puertas a la educación superior, puertas que de otra forma hubieran estado cerradas (mis padres no tenían educación primaria completa; cuando yo viajé a La Plata mi viejo ya estaba jubilado como empleado de comercio, fue idóneo de farmacia). Sin embargo, el clan de mi madre era radical (mi abuelo materno era compadre del padre de Arturo Oñativía, el Ministro de Salud de Arturo Illia), y yo en esa épo-

ca, si bien no me identificaba con el radicalismo, era culturalmente anti-peronista.

Yo había decidido incursionar en el estudio del Doctorado en Química; no tenía idea de qué era un Doctorado, pero sabía que era algo distinto a la Bioquímica, léase Análisis Clínico y a la Química Industrial, disciplina en la que los egresados se morían de hambre, según le dijo un amigo a mi papá en su momento. Además, era la carrera que había elegido Osvaldo. Marcelo Cabada también iba a estudiar Bioquímica, y ya estaba en La Plata Marcelo Figueroa, estudiando también Bioquímica. Yo marché en la Estanciera IKA de la familia del Gordo Vinocur, otro amigo que también iba a La Plata a estudiar, Ingeniería en su caso. Nunca había viajado antes a más de 100 km desde Salta, y allí fui, con mi timidez casi patológica, mi astenia y mi asma.

## ■ 2-MIS AÑOS DE ESTUDIANTE EN LA PLATA (1959-1970)

La Plata, a fines de enero de 1959. Yo tenía 16 años. Mi referencia fue la familia de Chipó Úngaro, amigo de la infancia que después fuera pediatra de mis hijos. A Chipó se sumaban los otros integrantes de la barra de mi hermano Osvaldo: Carlos Cuevas, el Gordo Vera. Con este último alquilamos una habitación en el departamento de la Sra. Magdalena González Toia.

Mi vida de estudiante quedó signada por el ambiente de la licenciatura en Química de esos años. En 1959 ingresaron, después de un Curso de Ingreso no limitativo, 82 estudiantes, de los cuales solo unos pocos eran platenses. Había un ruso blanco, un belga flamenco, un holandés, más de un español (incluyendo al Vasco Olabe), un alemán, más de un boliviano y/o peruano,

cabecitas negras en fin (como yo), y muchos provincianos, especialmente de Buenos Aires. Particularmente hicimos (el Gordo Vera y yo) buenas migas con dos rosarinos, el Lelio Varette y el Fon Ellenrieder. El Comedor Universitario era crucial; su existencia fue lo que hizo que muchos salteños eligieran estudiar en La Plata y no en Córdoba o Tucumán, los destinos más usuales.

Ese mismo año, hacia septiembre, cuando cumplía 17 años, me otorgaron una Beca del *American Field Service*, para vivir un año en EE.UU. cursando el último año del colegio secundario (*High School*). Decidí aceptarla, y allí marché (a *Riverview*, Michigan). Mucho después descubrí que casi coincidí en el tiempo y en espacio con Mario Benedetti, cuando celebraba su *Cumpleaños en Manhattan* (14 de septiembre de 1959) (<http://www.youtube.com/watch?v=pMuAkj7QeF0>), y con (el futuro cura) Hugo Mujica cuando comenzaba su experiencia en *Greenwich Village* con Timothy Leary (a partir de 1961); nada más lejos de mi propia experiencia vital, limitada por cierto.

Volví alrededor de agosto de 1960, *one year older but not wiser*,

y me encontré con la figura de Pedro Aymonino, que se había incorporado a la Cátedra de Química Inorgánica. Y ya en 1961, junto con Enrique Baran fui ayudante alumno de esa cátedra. Lelio Varette y José Olabe estaban adscritos como becarios a la misma Cátedra. Adquirí muchos amigos adicionales: Con el Piqui Anvaria (que después estuviera a cargo de la planta de potabilización de Obras Sanitarias en Núñez), iba a la cancha, pero a ver a Estudiantes, no al Boca de esa época, el de Rojas y del Cholo Simeone (Carmelo, no Diego); llegué a ver a la Bruja Verón (no la Brujita), y tantos otros del equipo de Osvaldo Zubeldía. Con el Gordo Thomas (después Director del CINDECA) disfrutaba de sus asados, y no disfrutaba tanto de sus versiones folclóricas tipo Horacio Guaraní.

La experiencia como estudiante - docente en Química Inorgánica me marcó fuertemente. Las etapas se fueron quemando rápidamente, en función de la fuerte renovación que fue impulsando Pedro Aymonino. En 1964, mientras cursábamos el quinto año, el de la especialidad Fisicoquímica, Enrique Baran y yo fuimos designados Jefes de Trabajos Prácticos, sobre la base del título de

Químico que se otorgaba al completar el cuarto año. Hasta el Centro de Estudiantes protestó... Lo mejor del caso es que al año siguiente Pedro se enfermó, y Enrique y yo tomamos, informalmente, ¡la tarea del dictado de las clases teóricas! En fin, años irrepetibles, con mucho para rescatar. Creo que se puede decir sin exagerar que, a partir de Pedro, cambió radicalmente el perfil de los estudios y las aspiraciones académicas de los estudiantes. Tengo la impresión que en Buenos Aires la situación era muy distinta, con una actividad floreciente en la Facultad de Ciencias Exactas cuyo Decano era Rolando García. En Cinética Química se destacaban Juan Grotebold y Eduardo Lissi; en Química Inorgánica, dentro de lo que yo conocía, Rubén Levitus ya estudiaba los compuestos de coordinación, tema que siempre me pareció el más interesante de la Química Inorgánica. Y había muchos grupos más.

El ambiente académico que estaba creando Aymonino; los fervores idealistas que me llevaron a integrar un Comité de Huelga de docentes y, lógicamente, toda la turbulencia de emociones de la adolescencia y la juventud marcaron esta etapa que recuerdo con mucho cariño.



En Riverview en 1960, disfrazado para la graduación, con mi familia postiza

### Apostilla 1. Los viajes La Plata-Salta-La Plata

Volví a mis pagos dos veces al año, para las vacaciones de invierno y de verano. El viaje, en tren, Ferrocarril Belgrano (el de trocha angosta) de Retiro a Salta, o Ferrocarril Mitre, de Retiro a Tucumán con combinación en coche motor u ómnibus a Salta. El viaje en el Belgrano tenía una duración nominal de 36 horas, dos noches y un día, pero en alguna ocasión le llevó 50 horas (tres noches y dos días). Lógicamente, en segunda o a lo sumo en primera, sentado todo el viaje. El viaje en el Mitre (Cinta de Plata) era más rápido, pero las peripecias eran también muchas y las demoras frecuentes.

En La Plata, la *morriña* o *saudades* (¿cómo se dirá en salteño?) era importante. La materializaba *La Nostalgiosa*, zamba de Falú y Dávalos cantada por Los Fronterizos: *Busco al fondo de la calle un cerro, pero encuentro el cielo y nada más* (<http://www.youtube.com/watch?v=JfJoW3T3c2U>). En Salta, me aburría pronto y volvía antes de lo previsto.

Mi época de estudiante coincidió con los Azules y Colorados de 1963, cuando compartía habitación con Lelio y Fon (ambos enrolados en el Servicio Militar, la colimba). Fon apareció una noche, procedente (¿escapado?) del desbandado batallón de Citi Bell, y a Lelio lo fuimos a ubicar con Aymonino a Punta Indio, bastión de López Aufranc.

Me recibí de Licenciado en Química Orientación Físicoquímica y Química Nuclear, allá por marzo de 1965, con la primera promoción, en compañía de Pedro J. Aragón, Enrique Baran, Guillermo Ellenrieder, María Elisa Martins, José A. Olabe y Lelio Varetta. La fiesta de egresados dio que hablar (ver foto).

Más tarde, el golpe de Onganía y la noche de los bastones largos de Buenos Aires me encontraron ya comenzando mi Tesis Doctoral, bajo la supervisión del Yeye (Pedro Aymonino). En La Plata fue todo más tranquilo, aunque no zafamos de la intervención. Para realizar la Tesis Doctoral la fuente de financiación era un cargo de Jefe de Trabajos Prácticos de Dedicación Exclusiva.

La oferta académica para temas de Tesis Doctoral era bastante limitada en La Plata: la bien establecida línea de cinética en fase gaseosa de Hans Schumacher, Enrique Castellano y Juan Sicre en el Instituto Superior de Investigaciones (ISI, después INIFTA), la emergente línea de Electroquímica de Alejandro Arvía, y los pininos como grupo independiente del Yeye. La Química Orgánica estaba fuera de cuestión, porque Orfeo Orazi y René Corral espantaban a la gente. En Química Analítica estaba José Cattoggio, pero la actividad de investigación era escasa. No me interesaba tampoco la Química Industrial que en esa época estaba construyendo J.J. Ronco. Los temas personales fueron siempre importantes para mí, y el Yeye me brindaba la contención que necesitaba, de allí que conversé con él para buscar un tema. Enrique Baran convino con él incursionar en la Química del Estado Sólido de Sales de Oxometalatos, tema totalmente nuevo; Lelio definió un tema de Espectroscopía Vibracional de moléculas pequeñas, tema en el que Aymonino, con Arvía, había comenzado a incursionar. Yo siempre me imaginaba a la Quí-

mica como la Ciencia del Cambio, los temas estructurales en sí me resultaban algo áridos. Por eso finalmente convine en incursionar en el estudio cinético de reacciones térmicas y fotoquímicas de moléculas perfluoradas derivadas del monóxido de carbono y el flúor. Era una continuación del tema de Tesis del Yeye (hecha bajo la supervisión de Schumacher), y ello generó en algún momento una pequeña crisis. Aymonino se había alejado formalmente del ISI, pero en mi proyecto seguía usando instrumentación y temas típicos del ISI. Al mandar mi primera comunicación a las XII Sesiones Químicas Argentinas, en Córdoba (1967), puse como dirección ISI, y ello generó turbulencias entre el Yeye y sus colegas del ISI. Las relaciones entre ellos eran tensas, y recuerdo en una ocasión preguntar en ronda de amigos: *¿Cuándo envejecemos, haremos lo mismo?* Lamentablemente, la respuesta que dio el tiempo fue más bien positiva.

Vale la pena mencionar las condiciones de trabajo en el laboratorio (que era de lo mejor en La Plata): preparábamos monóxido de carbono por deshidratación de ácido fórmico con ácido sulfúrico concentrado, y la seguridad original era un canario, que ya se había muerto cuando yo comencé mis estudios; manejábamos trampas de vidrio con flúor líquido, refrigerado no por nitrógeno líquido, sino por aire líquido. Un domingo, al reponer aire líquido, se quebró el vástago de la trampa, comenzó a liberarse flúor, se incendió la estopa que cubría la boca del termo Dewar Juan Enrique Bolzán (que en esa época era químico, después devino en filósofo) me sacó del apuro, llevando la trampa fría al patio; destilábamos mercurio, y estimo que el inventario de mercurio podía llegar a ser del orden de 100 kg o más. Pedro decía que todos los investigadores del ISI



En la fiesta de graduación. Adelante, el Gordo Aragón. Atrás, de izquierda a derecha, Enrique Balskus, Pablo Bruna, Miguel Blesa, el Gordo Vera, José Olabe y Osvaldo Blesa.

### Mis estudios doctorales

Mi tema concreto de estudio fue la reacción entre el fluoroxiperfluorometano ( $\text{CF}_3\text{OF}$ ) y el monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), que conduce a  $\text{CF}_3\text{C(O)OF}$  a través de una reacción radicalaria, con inicio térmico o fotoquímico. Este estudio se completó con el estudio de la reacción de autooxidación del  $\text{CO}$  (reacción con  $\text{O}_2$ ), que tiene lugar en el mismo sistema en presencia de oxígeno, y que es catalizada por radicales perfluorados. Estábamos cerca sin duda de la Química Atmosférica, pero carecíamos de la visión general del tema, en un entorno en que las aplicaciones no eran un tema al que diéramos prioridad. Lejos estábamos de imaginar lo que ocurriría pocos años después, con el trabajo de Mario Molina y F. Sherwood Rowland (1974), que dio alta visibilidad al estudio de las reacciones fotoquímicas radicalarias atmosféricas, en la estratósfera en su caso, y que eventualmente les valiera el otorgamiento del Premio Nobel. Consecuencia tal vez de las mismas limitaciones, fue la publicación de los resultados en *Anales de la Asociación Química Argentina* y *Zeitschrift für physikalische Chemie Neue Folge* (Blesa y Aymonino 1968, 1971, 1972).

eran pelados por el mercurio; ahora que estudié un poco la toxicología del mercurio, veo que todos ellos y nosotros, la generación siguiente, la sacamos barata.

Ya mencioné que me interesaba la química de los compuestos de coordinación. Era la época en que se estaban desentrañando los mecanismos de las reacciones de sustitución, y comenzaban a aparecer estudios de reacciones redox y de ligandos coordinados. Las reacciones fotoquímicas, hacia fines de la década de 1960 estaban representada por Arthur W. Adamson en la *University of Southern California*, y por V. Carassiti y V. Balzani en la *Università di Bologna*. Curiosamente, se estudiaban centralmente reacciones de sustitución activadas fotoquímicamente, un tema que resultó árido y que abrió poco panorama; más adelante, la situación cambió drásticamente, con el estudio de las reacciones de transferencia de electrones.

En esos años Pedro realizó un viaje que diría fue iniciático: recorrió una miríada de laboratorios en EE.UU., Canadá y Europa en unos 45 días. De allí volvió con las sugerencias para posibles estadías posdoc: Enrique Baran en los laboratorios de Achim Müller en la *Georg-August-Universität* de Göttingen, Lelio Varetto en los de George

Pimentel en la *University of California at Berkeley*, yo en los de Henry Taube, en la *Stanford University*. Para reforzar el tema, pude asistir a un Seminario de Cinética Química que organizaron Grotewold y Lissi en Santiago de Chile (después de los bastonazos largos); allí estaban, entre otros, Henry Eyring, A.F. Trotman-Dickenson y Henry Taube. Allí conocí también a una pléyade de egresados de UBA que constituirían la diáspora: Silvia Braslavsky, Carlos Previtali, Guillermo Ferraudi, Alberto Villa, Tito Scaiano. De todos ellos, solo Carlos volvió y se reinsertó en el sistema argentino de Ciencia y Técnica, aunque en general todos mantuvieron una importante vinculación con nuestro país. En esa reunión Henry manifestó su acuerdo para que fuera a sus laboratorios, y allí fuimos, a fines de 1969, ya casado con Graciela Rigotti, y con nuestro primer hijo en su panza (que resulto ser María Fernanda, nacida en Redwood City, California en febrero de 1970).

Taube ya tenía una muy alta reputación en el campo de la reactividad de iones metálicos complejados en solución. Había usado técnicas de fraccionamiento isotópico para entender los mecanismos de intercambio de agua, y a él se debía la distinción entre complejos lábiles y complejos inertes. Y había usado a fondo la inercia de los complejos de

cobalto(III) y de cromo(III) en contraste con la labilidad de los complejos de cobalto(II) y de cromo(II). Pudo así demostrar la existencia de los caminos de intercambio electrónico de esfera interna entre  $\text{Co(III)}$  y  $\text{Cr(II)}$ . Cuando yo llegué estaban desarrollando sus Tesis Doctorales John Armor, que estudiaba los complejos de  $\text{Ru(NH}_3)_5^{+2}$  con  $\text{N}_2$  y  $\text{N}_2\text{O}$ , y Carol Creutz, que estudió el que sería el famoso complejo de Creutz y Taube: un complejo en el que una molécula de pirazina hacía de puente entre  $\text{Ru(NH}_3)_5^{3+}$  y  $\text{Ru(NH}_3)_5^{2+}$ . Eran los tiempos en que Rudolph Marcus en el *California Institute of Technology* desarrollaba su teoría de los mecanismos de las reacciones de transferencia electrónica. Los brillantes experimentos en el laboratorio de Taube sirvieron en buena medida para validar la teoría de Marcus-Hush, y también para sugerir los temas hacia donde evolucionar. Recuerdo haber pensado: *Cuando le den el Premio Nobel a Marcus, no podrán dejar de dárselo también a Henry*. Sorprendentemente para mí, se lo dieron a Taube mucho antes (1983) que a Marcus (1992). Curiosamente, ambos nacieron en Canadá (Taube en Neudorf, Saskatchewan, y Marcus en Montreal, Quebec), ambos pasaron por universidades de Illinois (la de Illinois y la de Chicago, respectivamente), y ambos estaban en California cuando se les otorgó el premio.

### *Mi tema de estudio en Stanford*

En Stanford, además de familiarizarme con los métodos experimentales de estudio de reacciones redox en iones complejos (*stopped flow*, RMN, EPR), estudié la reacción de reducción por  $\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$  del óxido de pirazina coordinado a  $\text{Ru}(\text{NH}_3)_5^{2+}$  (Blesa y Taube 1976). El óxido de pirazina se deriva de la pirazina del complejo de Creutz y Taube por oxidación, fijando un átomo de oxígeno a uno de los átomos de nitrógeno de la pirazina. Coordinamos al óxido de pirazina a rutenio (de pentaaminorutenio(II)) a través del nitrógeno no oxidado, y lo hicimos reaccionar con  $\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ , un reductor energético de un electrón. La reducción del óxido de pirazina para formar pirazina en cambio implica la pérdida de ese átomo de oxígeno: es pues un proceso de dos electrones. Se pudo demostrar que los dos electrones eran aportados uno por el Cr(II) y uno por el Ru(II).

El ambiente académico de Stanford era por supuesto muy notable. Estaban allí como Profesores en el área de Química Carl Djerassi (que había montado una fábrica de la píldora anticonceptiva en México), Eugene van Tamelen (que había sintetizado en 1963 el benceno de Dewar), Paul Flory (Laureado Nobel por sus trabajos sobre polímeros), Jim Collman (con quien hice un curso sobre mecanismos de reacción de organometálicos), Douglas Skoog (autor de libros de texto muy conocidos de Química Analítica). Y había llegado de la *University of California*, "echado" por Ronald Reagan, Linus Pauling, ya en los tiempos en que pregonaba la Medicina Ortomolecular, y el consumo de ácido ascórbico para prevenir el resfrío. El ambiente humano era también muy bueno: Taube se entusiasmaba por el proyecto de Salvador Allende en Chile (donde estaba su discípulo Carlos Andrade). Por su parte, Pauling era un personaje muy interesante: dio el discurso de apertura de los cursos de verano de la Universidad de Valparaíso en la época de Allende (me pidió que se lo tradujera al español), y lo vi marchando a la cabeza de una manifestación pidiendo juicio político a Nixon por la invasión a Camboya. Lógicamente, también en otras áreas, no solo en Química, la actividad intelectual era intensa. Por ejemplo, recuerdo leer una entrevista a Paul R. Ehrlich, Profesor de Biología de 37 años, en el

*Stanford Observer*, que decía en el título *He's trying to save the world*, en alusión a su preocupación por la ecología, centrada en la *bomba poblacional*. Su libro *The Population Bomb* había aparecido en 1968, y por 1970 ya iba por su décimo tercera edición; Ehrlich tenía fama de *angry young man*, era un verdadero activista ecológico. Leí su libro detenidamente pero terminé teniendo nueve hijos. Sin embargo, en 2010 (¡cuarenta años después!) inicié la publicación de la sección *Grandes Temas Ambientales* en la página web de la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias, y en el artículo de *Presentación a la Serie* analicé en algún detalle el libro de Ehrlich. ([http://aargentinapciencias.org//index.php?option=com\\_content&task=view&id=1116&Itemid=93](http://aargentinapciencias.org//index.php?option=com_content&task=view&id=1116&Itemid=93)).

La adaptación a EE.UU. con un bebé no fue fácil, y decidimos regresar después de poco más de un año de estadía. El regreso nos encontró más pobres que a la partida: los gastos del pasaje de Graciela se habían comido nuestro auto, un Renault Gordini. En esa época no se cubría el pasaje del acompañante y yo tenía una licencia, por supuesto sin goces de haberes, en el cargo de JTP DE mientras durara la Beca Externa de CONICET. Sin embargo, la época de mi regreso coincidió con la operatoria de préstamos hipotecarios para docentes DE y miembros de CONICET, iniciativa que fue di-

señada e impulsada por Alberto C. Taquini desde la Facultad de Farmacia y Bioquímica (UBA). Préstamo otorgado a 40 años, no reajutable, fue el que me permitió acceder (con la ayuda de mis suegros) a un departamento propio de dos dormitorios y dependencias.

### ■ 3-MIS AÑOS EN LA FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA DE UBA (1971-1976)

Aymonino había recibido consultas sobre posibles postulantes a un cargo de Profesor Adjunto de Química Inorgánica DE en la Facultad de Farmacia y Bioquímica de UBA. Allí, por iniciativa del Decano Alberto C. Taquini (h), Juan Grotewold estaba organizando el Departamento de Físicoquímica y Química Inorgánica. Pedro sugirió mi nombre, me presenté y me designaron. Estaban allí, además de Juan Grotewold, Sergio Baggio como Profesor Asociado de Química Inorgánica y Carlos Previtali como Profesor Adjunto de Físicoquímica. Prácticamente en forma simultánea conmigo, llegó también Roberto Fernández Prini como Profesor Titular de Físicoquímica.

En FFB tuve a mi primera tesis, María Cristina (*Guyi*) Geldstein, que nunca completó su Tesis, en parte por los sucesos de 1974 en adelante. Empezamos a estudiar reacciones de sustitución en pentaaminorutenio(II), y llegamos a

publicar un trabajo (Geldstein y Blesa, 1977). Muy pronto (en septiembre de 1974) llegó la Misión Ottagano, que limitó las designaciones de todos mis colegas profesores, incluyéndolo a Erwin Baumgartner que había llegado recientemente de EE.UU (Previ ya se había ido a Río Cuarto, a la recién creada Universidad Nacional). Quedé solo yo, supongo que porque molestaba menos que los demás, todos provenientes de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de UBA, y con más alto perfil. También se desbandaron muchos tesisas, algunos de ellos con fuerte militancia política. De la mano del Decano Interventor Felipe Manjón llegó como interventor del Departamento Carlos Schicht, que exhibía como máximos pergaminos haber enseñado Química un año en un colegio secundario nocturno. Malas épocas, para el olvido.

En esas circunstancias retomé contacto con el grupo de Química Inorgánica de La Plata: se incorporó Pedro J. Morando como ayudante de primera DE y tesisas, y comencé a colaborar con José Olabe, que a la sazón deambulaba por la Universidad de Luján buscando tozudamente mantener su carrera científica después de haber sido limitado en La Plata.

### **Mis estudios en la facultad de Farmacia y Bioquímica**

Decidí adecuar levemente mi línea de investigación, estudiando reacciones de sustitución de ligandos de interés biológico y/o farmacológico; creo que fueron, de alguna forma, estudios precursores en la Argentina en el campo de la Química Bioinorgánica. Estudiamos la sustitución de isonicotinoilhidracida (isoniazida, fármaco empleado para tratar la tuberculosis) sobre  $\text{Fe}(\text{CN})_5(\text{H}_2\text{O})^{3-}$ , y así comenzó también mi incursión en los mecanismos de las reacciones de complejos de este anión, que era motivo de estudios, especialmente estructurales, en La Plata. (Blesa y col. 1977). Salieron algunos trabajos lindos, como el estudio de la reacción de la cisteína con el nitroprusiato, que nuevamente fue pionero en la caracterización de la reactividad de pequeñas moléculas de interés en sistemas biológicos (Morando y col. 1981), en este caso particular la interacción del azufre de la cisteína con el NO coordinado al hierro.

El contacto con el grupo de Aymonino también implicó participar en proyectos platenses, y en particular, colaboré con el Yeye y el Vasco en la supervisión de Néstor Dardo Katz que había llegado de Tucumán para realizar su Tesis Doctoral (¡tres caciques y un solo indio!). De esta colaboración salieron publicaciones interesantes. Creo poder decir que con el Vasco Olabe armamos una dupla interesante, que dio origen en la Argentina a los estudios de reactividad de complejos inorgánicos en solución (Katz y col. 1978).

El horizonte laboral en FFB era limitado; prácticamente trabajábamos sin subsidios, y con escasa inserción en la Facultad. A ello se

sumó en 1976 un hecho desencadenante: el nacimiento de mis hijos cuatrillizos, que se sumaron a los tres que ya teníamos. Aparecieron algunas ofertas: (1) ir a FCEN, por oferta de Eduardo Recondo, entonces Decano-Interventor; su gestión duró un suspiro y una medianoche (más adelante, ya en democracia, fue elegido Decano); (2) ingresar a la Carrera del Investigador del CONICET, cosa que se concretó y por lo cual debo agradecer especialmente a José Cattoggio, a la sazón miembro de la Comisión Asesora de Química; (3) aceptar la oferta de Alberto Maroto quien, a sugerencia de Roberto F.P. me ofreció la posibilidad de sumarme al recientemente creado Departamento Química de Reactores

### **Apostilla 2. Los viajes La Plata-Buenos Aires-La Plata**

Yo vivía en La Plata, así que, a partir de 1971 tomaba, asma mediante, el tren rápido (Ferrocarriil Roca) a las 06:45, llegaba a Constitución a las 07:30, y en subte llegaba a FFB antes de las 8:00 horas. El regreso era parecido: subte, rápido de 19:30, llegada a La Plata a las 20:15; yo vivía a dos cuadras de la estación. En definitiva, tenía no más de una hora y cuarto de viaje en cada dirección. Eso, por supuesto, con la excepción de inconvenientes en el tren, bastante frecuentes por cierto. Esos inconvenientes fueron en aumento, yo me mudé más lejos de la estación, eventualmente fui a trabajar en CNEA (Avenida del Libertador y Ramallo) con lo que debía tomar el ramal a Tigre del Ferrocarril Mitre hasta la Estación Rivadavia. En síntesis llegué a tener tres horas de ida y tres de vuelta...

Viajar en el Roca no era un deporte de riesgo, pero... En alguna ocasión, a raíz de un ascenso complicado al tren, desde el lado opuesto al andén en búsqueda del asiento deseado, analizamos con Pedro Morando la posibilidad de formar una *Asociación de Veteranos del Roca*.

Más adelante, viajaba "colado" con mis colegas geólogos de CNEA, en la rural Ford Falcon del Gerente de Materias Primas, Luis María Etchart. Eso hacía más llevadero el viaje, aunque el trayecto era originariamente por Camino Centenario, Avenida Calchaquí y Avenida Mitre, ya que no había autopista, y ni siquiera se había habilitado el Acceso Sudeste.

de la Gerencia de Investigaciones de CNEA. Finalmente acepté esta oferta que no era incompatible con la CIC de CONICET. Mantuve por un tiempo un cargo de dedicación simple en la FFB, eventualmente pedí licencia y renuncié después. Alberto Boveris asumió como Profesor de Físicoquímica.

#### ■ 4- MI LARGA AFILIACIÓN CON LA COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (1977-...)

La Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) es una institución tecnológica, responsable del desarrollo de nuclear argentino, así que en menudo lío me había metido. Debía centrar mis tareas en desarrollos tecnológicos, vinculados con los problemas químicos de los reactores nucleares, en especial las centrales nucleoelectricas.

En 1977, CNEA ya operaba la Central Nuclear Atucha (I), que, si bien había sido adquirida llave en mano a Siemens KWU (Alemania), debía actuar como prototipo para la base de futuros desarrollos locales. Se había optado por la tecnología de uranio natural y agua pesada, con la idea que este tipo de tecnología, que no requería enriquecer uranio, era más razonable como base para el desarrollo nuclear propio. En CNEA había una fuerte tradición en

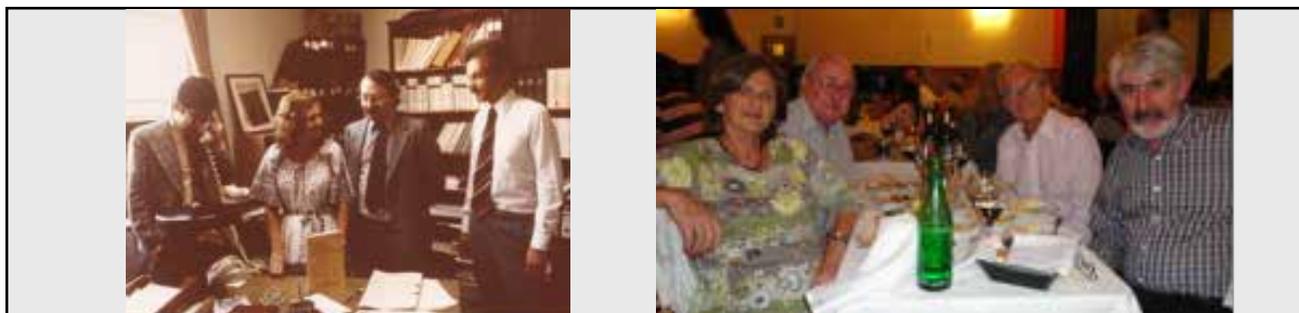
Metalurgia, disciplina que, impulsada por Jorge Sabato, había sido desarrollada especialmente por físicos (la más notable excepción fue José Galvele, que era químico), y estaba fuertemente involucrada en muchos aspectos de diseño, construcción y operación centrales nucleares. En cambio, los desarrollos químicos más importantes estaban vinculados con el área del Ciclo de Combustible; allí se habían desarrollado procedimientos para obtener el dióxido de uranio a partir de los minerales argentinos. Después, con participación de los metalurgistas, se había alcanzado a desarrollar el proceso completo de fabricación de elementos combustibles, que desembocó más tarde en la creación de la empresa Combustibles Nucleares Argentinos (CONUAR) en 1994.

El contexto político era de mucho apoyo con un Plan Nuclear ambicioso. Durante el gobierno militar, CNEA, con Castro Madero a la cabeza, recibió fuerte apoyo oficial, al margen de los aspectos tenebrosos que también estuvieron presentes (cesantías y desaparecidos).

Alrededor de 1975, Alberto Maroto identificó la necesidad de crear un Departamento que entendiera en los problemas químicos vinculados con el diseño, la construcción, la puesta en marcha y la operación de

las centrales nucleares. Así se generó el Departamento Química de Rectores (DQR). Alberto consiguió autorización para incorporar gente para sumarse al reducido grupo inicial, y en los primeros grupos entramos Roberto Fernández Prini y yo; poco después, Sara Liberman y otros. Yo me incorporé a CNEA como Jefe de División Control Químico. Esta División, con la de Físicoquímica del Moderador y del Refrigerante (dirigida por Roberto FP) debía ir encontrando espacio en la ya abarrotada Sede Central, de Avenida del Libertador 8250. Recuerdo, por ejemplo, que Susana Passaggio compartía con gente del Departamento de Física un pequeño laboratorio que había sido dividido con un tabique móvil. Dependiendo de quién llegara antes, ese día el tabique se desplazaba en una dirección o en otra. Sara, Alberto, Roberto y yo compartíamos una oficina en el tercer piso (ver foto), y los escasos laboratorios estaban diseminados en el edificio, y en constante cambio.

La tarea central de mi División era realizar investigaciones, desarrollos y servicio a las Centrales Nucleares (por entonces solo Atucha estaba en operación), en todo lo relativo al control químico de los fluidos refrigerante y moderador, y en particular en lo vinculado con la interacción del agua (liviana o pesada) con



A la izquierda, alrededor de 1980: de derecha a izquierda, Roberto Fernández Prini, Alberto Maroto, Sara Liberman, Miguel A. Blesa (no es que en esa época las fotos fueran sepia; fue volviéndose sepia con el tiempo). A la derecha, muestro como fueron volviéndose los originales de la foto -treinta años después- reemplazando el *Journal of Colloid and Interface Science* por una copa de vino...

los materiales estructurales a alta temperatura y presión. Las tareas involucraban pues investigaciones fundamentales en los laboratorios de sede, y atención a los problemas que se planteaban en la operación de Atucha I. Para ello íbamos a Lima, donde está Atucha, con frecuencia, en una camioneta Rastrojero testigo de muchas peripecias, y que en una época manejó un chofer al que llamábamos *Emociones fuertes* (por motivos obvios). Con el correr del tiempo, la interrelación entre investigaciones fundamentales y servicios condujo a desarrollos tecnológicos importantes.

Alberto Maroto tenía formación en el área de la Fisicoquímica de Coloides (había realizado una estadía con T. Overbeek en Holanda). De allí que él visualizó las actividades a desarrollar sobre la base de la ecuación: ***Partículas micrométricas en suspensión = dispersión coloidal***. Por lo tanto, estudiemos Fisicoquímica de Coloides. Y es así como me inserté en el tema, pero de a poco fui modificando la ecuación para poner: ***óxidos metálicos en suspensión que reaccionan con sustancias disueltas = química inorgánica heterogénea de complejación***. Cada maestrillo con su librillo.

Una usina nuclear no consta solamente del núcleo, donde tienen lugar las reacciones nucleares. El ca-

lor generado en el núcleo debe ser llevado a las turbinas, y la operación de la compleja máquina requiere muy especialmente de un estricto control de la química del fluido de transporte de calor. En una central nuclear, un control inadecuado genera no solo el riesgo de fallas en los elementos estructurales; también existe el riesgo de generar campos de radiación inaceptablemente altos. Estos campos se generan si se liberan productos de fisión, pero, más importante, se generan por activación neutrónica de los metales que circulan en el fluido, en Atucha en particular del  $^{59}\text{Co}$  que produce  $^{60}\text{Co}$ . De allí que sea imprescindible controlar las condiciones químicas del fluido, para disminuir al máxi-

mo la corrosión de los materiales estructurales que están en contacto, y para controlar el transporte de los productos de corrosión que inevitablemente se forman. Esos temas eran el motivo central de los estudios fundamentales, desarrollos y servicios

Describir mis actividades en CNEA requiere referirme al balance entre investigaciones fundamentales, desarrollos y servicios. En los cuadros que siguen describo algunos de los temas fundamentales encarados.

### ***Interacciones coloidales entre partículas de óxidos metálicos***

En particular, estudiamos interacción de la magnetita con el dióxido de circonio, que representaba la vaina de los elementos combustibles. Este fenómeno es crucial en la activación del cobalto de las partículas de magnetita por depósito en las paredes de los elementos combustibles dentro del núcleo. La activación se refiere a la absorción de neutrones por el isótopo  $^{59}\text{Co}$  para generar  $^{60}\text{Co}$ , *el malo de la película* por ser el responsable de los campos de radiación experimentados por los trabajadores de la planta. Desarrollamos estudios experimentales y modelamos la interacción de las partículas de *crud* (nombre dado en la jerga a las partículas de producto de corrosión que circulan en el fluido primario) con las vainas de los elementos combustibles, como un fenómeno que podía describirse con el modelo HHF (Hogg, Healy, Fuerstenau) (Maroto y col. 1980; Regazzoni y col. 1983; Urrutia y col. 1983).

### ***Apostilla 3. De esa agua no he de beber***

En mi época de estudiante en La Plata, un Profesor Visitante cuyo nombre no recuerdo, dictó un curso de posgrado sobre Fisicoquímica de Coloides. Recuerdo haber dicho: No puede haber tema más insoportablemente aburrido, es el último tema que elegiría para trabajar... Y sin embargo, a partir de 1976, le dediqué mucho esfuerzo al tema, al punto que una fracción importante de mi producción se publicó en el *Journal of Colloid and Interface Science* (llegué a ser miembro del Editorial Board), en *Colloids and Surfaces* y en *Langmuir*. También fui miembro del Advisory Board de la International Association of Colloid and Interface Scientists (IACIS), y co-organizador (con Fernando Galembeck, de Campinas, Sao Paulo, Brasil) de la 11th International Conference on Surface and Colloid Science de la IACIS (Foz Iguazu, 2003).

### ***Adsorción iónica sobre la superficie de óxidos metálicos***

Como en todos los temas, la motivación era tecnológica: necesitábamos comprender los factores que definían, entre otros fenómenos, el movimiento del  $^{60}\text{Co}$  asociado a las partículas de *crud*, porque este movimiento era el responsable de generar campos de radiación importantes fuera del núcleo del reactor. Llevamos a cabo estudios fundamentales de adsorción de cationes metálicos, y después también desarrollamos modelos del transporte de actividad. Para trabajar en el tema de adsorción se incorporó Alberto Regazzoni, proveniente de la Universidad Nacional de Tucumán (Blesa y col. 1982). El modelado del transporte de actividad fue responsabilidad muy especialmente de Guillermo *Chapulín* Urrutia. Los resultados fueron importantes: además de publicar los modelos (Urrutia y col, 1984; 1996), los mismos fueron esenciales para comprender las modificaciones de diseño que debían realizarse en Atucha II con respecto a Atucha I.

Una mención aparte merecen los estudios sobre la adsorción de protones. Ya era bien conocido, a través del trabajo de Parks y de Bruyn (1962), que los protones, iones determinantes de potencial, se adsorbían en un proceso que podía describirse como una reacción química ácido-base superficial. Nuestro grupo hizo aportes importantes a la comprensión de los procesos, al medir e interpretar la dependencia con la temperatura del punto de carga cero, que es simplemente la semisuma de los valores de los dos pKa que caracterizan a la superficie (Blesa y col. 1984a; 1990).

Dentro de los estudios de adsorción, nos centramos especialmente en la quimisorción de aniones. Este fenómeno no tiene relevancia para el transporte de actividad, pero es el fenómeno subyacente más importante para la comprensión de los mecanismos de disolución química de los óxidos de hierro y de los óxidos metálicos en general (tratado en el punto siguiente). La quimisorción de aniones es en esencia un intercambio de ligandos en los iones metálicos de la superficie del óxido. Tiene por lo tanto fuertes similitudes con los mecanismos de intercambio de ligandos en iones complejos disueltos, y nuestra experiencia previa en este tema fue central para alcanzar una comprensión adecuada del fenómeno. Uno de los primeros trabajos fue el estudio de la quimisorción del ácido bórico (Blesa y col. 1984b). Este sistema era tecnológicamente importante, porque el ácido bórico es un veneno neutrónico que se emplea en tecnología nuclear. Pero, además, la débil acidez del ácido bórico lo hacía un sistema muy interesante desde el punto de vista de la comprensión del fenómeno de quimisorción; de allí que resultó muy citado.

Los esfuerzos mayores fueron dedicados a estudiar la quimisorción de complejantes capaces de ligar fuertemente a los iones metálicos superficiales. En el período inicial, cuando los estudios se centraban en la magnetita y otros óxidos de hierro, los ligandos fueron típicamente ácidos di- y poli-carboxílicos, como los ácidos oxálico, nitrilotriacético, EDTA, etc. Estos estudios se integraron fuertemente con los de disolución, descritos en el punto siguiente, y sirvieron de base para nuestros desarrollos de procesos de descontaminación química. Más adelante, y siguiendo los trabajos pioneros de Tejedor-Tejedor y Anderson, se introdujo la técnica de FTIR en su variante ATR, para estudiar la estructura y la estabilidad de los complejos superficiales, ahora centrados en los que forma el dióxido de titanio. Este tema se retoma más adelante.

### ***Mecanismos de disolución química de óxidos metálicos***

Una necesidad importante era el desarrollo de solventes que permitieran disolver la magnetita adherida a las superficies metálicas del reactor, en busca de procesos eficientes de descontaminación química. La revisión de la literatura sobre disolución de óxidos mostraba una variedad de enfoques, como el electroquímico, que se centraba en el análisis de la evolución del potencial superficial durante el proceso; o el de química del estado sólido, que se enfocaba en los factores geométricos de la evolución de la superficie de las partículas, y la influencia de este factor sobre la velocidad del proceso. Estos enfoques reflejaban los campos en los cuales el tema era importante: hidrometalurgia, electroquímica, geoquímica. El enfoque de complejación superficial estaba hasta ese momento esencialmente restringido a la descripción de los equilibrios de adsorción, no a la cinética de los procesos de disolución. En nuestros trabajos fue este el enfoque elegido, pero ahora para describir no una superficie en equilibrio, sino una superficie en la cual se realizaba transferencia de carga (iónica, y también electrónica) con la solución. Los estudios fundamentales permitieron entender los distintos mecanismos involucrados (motivo de varias tesis doctorales). Nuestro trabajo permitió poner en evidencia diferentes mecanismos de disolución de óxidos. El primero, el más sencillo, es el de disolución ácida. En contacto con una solución ácida, en la cual la solubilidad es apreciable, la reacción de disolución tiene lugar con velocidades muy dispares, dependiendo del

metal involucrado. Esta disolución ácida puede ser acelerada en presencia de agentes complejantes de los iones metálicos, dado lugar al mecanismo conocido como disolución ácida asistida por ligandos. Estos dos mecanismos estaban siendo explorados por Werner Stumm en Suiza, con quien comenzamos a tener una interacción importante. En el caso de los óxidos de hierro, existe una diferencia fundamental entre la labilidad de los iones Fe(III) y Fe(II) en superficie. Por ese motivo, surge un nuevo mecanismo, que es el que exploramos en más detalle. Pudimos demostrar que las sales de hierro(II), en presencia de complejantes, aceleraban muy notablemente la velocidad de disolución de la magnetita. Pudimos proponer y describir el mecanismo de disolución mediado por el intercambio electrónico entre Fe(II) adsorbido y Fe(III) superficial, en un complejo superficial binuclear de valencia mixta, puenteado por el ligando orgánico (Blesa y col. 1983; 1987a). Esta disolución reductiva de óxidos de hierro es una variante particularmente importante (y peculiar) del procedimiento que desarrollaron en paralelo Segall y Sellers en el *Central Electricity Generating Board* (CEGB) de Inglaterra: se trata del proceso llamado LOMI (*Low Oxidation Metal Ion*), que usaba vanadio(II) para disolver los óxidos. Estudiamos una variedad importante de sistemas, centrados en la magnetita y otros óxidos de hierro, pero también estudiamos la disolución de óxidos de cromo y de vanadio. La disolución inducida por luz es un fenómeno importante en el caso de los óxidos de hierro, y con Marta Litter exploramos algunos casos (Litter y col. 1991 y referencias allí incluidas). Nuestra contribución resultó importante a nivel internacional; es así que publicamos con AER y PJM un libro (Blesa y col. 1994) que describe el panorama general de la disolución química de óxidos metálicos.

Como ya dije, nuestra motivación para encarar estudios de mecanismos de disolución de óxidos metálicos era la búsqueda de procesos eficientes para remover las capas de óxidos que contenían radioisótopos responsables de generar campos de radiación. Nuestros trabajos básicos establecieron los principios sobre los cuales se puede diseñar un solvente adecuado, y alcanzaron reconocimiento internacional. Es así por ejemplo, que fuimos invitados (con Alberto Maroto) a dar una de las Conferencias Plenarias, "*Mechanism of Oxide Dissolution by Acid Chelating Agents*" en el *International Joint Topical Meeting of the American Nuclear Society-Canadian Nuclear Association on Decontamination of Nuclear Facilities*, en Niagara Falls, Canadá en 1982. Los resultados se plasmaron en varias tareas de descontaminación en Atucha I, y patentamos un procedimiento ("Procedimiento para Descontaminación de Superficies Metálicas que ha estado en Contacto con Agua Contaminada Radiactivamente a Alta Temperatura y Presión". Patente de Invención Argentina No 227.255 (1982). A.J.G. Maroto y M. A. Blesa). Sin embargo, subsiste el hecho que no supimos aprovechar acabadamente nuestro conocimiento para ofrecer comercialmente tecnologías propias de descontaminación química. Ese nicho fue ocupado especialmente por Siemens KWU (ahora AREVA), que supo llevar a su maduración los desarrollos que nosotros impulsáramos.

### ***Mecanismos de formación de óxidos metálicos por hidrólisis y precipitación a partir de soluciones de las sales correspondientes.***

El aspecto tecnológico de este tema tiene que ver con el fenómeno de pasivado de las superficies metálicas que entran en contacto con el agua a alta temperatura y presión (*hot conditioning*). Para lograr un film protector, es crucial que el mismo esté formado por magnetita crecida y depositada, y recubierta de una capa de óxido de cromo. No es posible pues que el agua contenga oxígeno, que transforma los óxidos de hierro en goethita y hematita. El fenómeno de depósito de los iones Fe<sup>2+</sup> transportados es entonces de importancia. Nuestros estudios nos permitieron, por ejemplo, diseñar y realizar el *hot conditioning* de Embalse cuando éste fue necesario. Como en los temas anteriores, los aspectos fundamentales también fueron explorados, y ello nos llevó a estudiar aspectos de la Química de Materiales que excedían largamente a la tecnología nuclear; los óxidos de hierro, por ejemplo, tienen múltiples usos que no vale la pena detallar aquí. En este tema se llevó adelante una intensa colaboración con Rafael Rodríguez Clemente, del Instituto de Ciencia de los Materiales de Barcelona. Concepción Domingo Pascual vino a Buenos Aires para realizar parte de sus estudios doctorales. Resultaron varias publicaciones (Domingo Pascual y col. 1994 y referencias allí incluidas).

Esta etapa se caracterizó por una fuerte colaboración con las Centrales Nucleares Atucha I y Embalse, donde teníamos muchos amigos, entre ellos Ricardo Sainz (ver foto), en la actualidad Gerente de la C.N.Embalse; también Fernando Roumiguière, que emigró a Alemania y se unió a Siemens KWU (después AREVA). Intervenimos en el análisis y propuesta de soluciones de dos problemas importantes que se presentaron en las plantas: la entrada de resinas al circuito primario de Embalse, a comienzos de 1988,

y la rotura de canales en Atucha I (también en 1988, meses después que el incidente de Embalse). La foto muestra una reunión de trabajo en Embalse. Este tema excede ampliamente las posibilidades de estas líneas.

En temas académicos, establecimos estrechos contactos de Egon Matijević, de la *Clarkson University*, EE.UU. Allí realizó su estadía posdoctoral Alberto Regazzoni, y yo también realicé un par de estadías cortas que me permitieron, entre

otras cosas publicar un *review* con Egon (Blesa y Matijević 1989) y una revisión crítica con Nikki Kallay de la Universidad de Zagreb (Blesa y Kallay 1987b). Egon nos visitó en repetidas ocasiones (ver foto). Aun hoy seguimos en contacto, a sus jóvenes 92 años, especialmente a través de *Research Gate*.

Mi incursión en la química de coloides inorgánicos se puede describir como el intento de caracterizar a esos sistemas como entes químicos, yendo más allá de la descripción de la teoría DLVO, que centraba su análisis en el tamaño, la carga y el potencial de las partículas. Es por eso que usé habitualmente el esquema de complejación superficial, que describe a las reacciones entre la superficie del óxido y los adsorbatos como reacciones de intercambio de ligandos, similares a las de los complejos disueltos. La carga y el potencial superficial, si bien retienen un papel importante, actúan como perturbaciones de las afinidades, eminentemente químicas. Este esquema resultó muy útil tanto para describir la adsorción iónica como para describir los mecanismos de disolución de las partículas.

Los resultados tecnológicos de estos estudios fueron importantes: se desarrollaron modelos de transporte de actividad, que fueron importantes en el diseño de Atucha II, procedimientos de pasivación que se aplicaron en Embalse, y procesos de descontaminación que se usaron en Atucha I.

#### ■ 5- LA LLEGADA DE LA DEMOCRACIA Y LAS PERIPECIAS DE CNEA

El apoyo oficial a CNEA disminuyó notablemente con el advenimiento de la democracia en 1983, y, en mi opinión, la gestión del reemplazante de Castro Madero, el Ingeniero



*Reunión de trabajo en la Central Nuclear Embalse (1985): De espaldas, Ricardo Sainz (izquierda) y H. Rosales; De frente, de izquierda a derecha; Guillermo Urrutia, Norma Piacquadio, Miguel A. Blesa, Alberto Maroto.*



*En una de las visitas de Egon Matijevic, en 2003, en ocasión de su designación como Profesor Honoris Causa de UNSAM y la realización de la 11<sup>th</sup> International Conference on Surface and Colloid Science de la IACIS en Foz Iguazu. De izquierda a derecha: Alberto Regazzoni, Egon, Alberto Maroto, Sara Liberman, Miguel A. Blesa.*

Alberto Constantini fue pobre. Eventualmente, pero ya con una institución disminuida en sus capacidades, fue designada Presidenta Ema Pérez Ferreyra (*la López Pereyra*, la llamaba una amiga) que llevó adelante un importante intento de recuperación institucional, aunque siempre en un marco de apoyo económico escaso. Al asumir Menem la presidencia en 1989, designó presidente a Manuel *Manolo* Mondino. Manolo, con mucha energía, intentó proteger a CNEA de la ola neoliberal impulsada poco después por Domingo Cavallo y que ahora afectaba a todas las instituciones públicas. El resultado: en 1994 se fue Mondino, CNEA fue intervenida y desguazada. Como herramienta de modernización se implementó: ¡el retiro voluntario! Se fue mucha gente, se separaron las Centrales Nucleares de CNEA, y se las intentó privatizar. Ante el fracaso de este último intento, las mismas formaron parte de Nucleoeléctrica Argentina S.A. (NA S.A.)

Tales cambios impactaron fuertemente en nuestro grupo. Para Química de Reactores, la separación de las Centrales Nucleares fue un golpe muy duro, ya que ahora todo tema que se quisiera encarar con ellas debía ser motivo de un Contrato (CP), y financiado 100% por NA S.A. El perfil de combinar estudios fundamentales con desarrollos que fueran resultado de esos estudios no encajaba bien con ese esquema. Mi política como Jefe de Departamento (en esa época era la Unidad de Actividad Química) fue sencilla: *desensillar hasta que aclare*. En criollo, eso significaba que todos los responsables de proyectos de Investigación debían salir a buscar financiamiento externo, aunque buscando mantener los temas dentro de los de interés institucional. Análogamente, los sectores de servicios, debían conseguir clientes que pudieran pagar los mismos. Mi idea era que había que

permanecer activo, a la espera del *futuro promisorio* que nos prometía el nuevo presidente, Eduardo Santos (promesa que fue motivo de muchas ironías).

Hubo algunas esperanzas con la llegada de Aldo Ferrer como Presidente de CNEA con el gobierno de de la Rúa, esperanzas que prontamente se desvanecieron. La situación socioeconómica empeoraba día a día y, a mi juicio, Aldo Ferrer no ejerció el liderazgo que necesitaba una institución en crisis.

#### Apostilla 4. Otra vez sopa

En 2000 se volvió a implementar el retiro voluntario. Vaya si era tentador: si yo lo hubiera tomado, habría recibido más de 200.000 dólares contantes y sonantes, libres de impuesto a las ganancias, y todavía no había llegado el corralito. Nuevo éxodo masivo y, lógicamente no ingresó nadie en reemplazo de los que se iban. El envejecimiento del personal se notaba.

La mejora que se dio a partir de aproximadamente 2006 en el sector de Ciencia y Técnica alcanzó también decididamente a CNEA. En esa época, el Departamento de Química ya era una Gerencia, y yo llegaba a una edad que me pareció oportuno dejar la función de cargo de Gerente. Me reemplazó Jorge Álvarez, que está llevando adelante un nuevamente pujante sector. Finalizó la necesidad de *desensillar hasta que aclare*, y en la programación de CNEA se vuelven a formular planes ambiciosos para el sector.

#### ■ 6- LA LLEGADA DE LA DEMOCRACIA Y MI NUEVA INCURSIÓN EN LA VIDA UNIVERSITARIA

En 1983 volvió la democracia, y con ella el entusiasmo por recons-

truir instituciones que habían sufrido especialmente durante el gobierno militar. En el área metropolitana de Buenos Aires, el DQR de CNEA era prácticamente la única institución con fuerte actividad I&D en Química Física y Química Inorgánica. Un amigo biólogo alguna vez me explicó el papel que juegan las llamadas metapoblaciones en la recuperación de las poblaciones de organismos que se han visto diezadas por factores ambientales; por ejemplo, bolsones de agua separadas del cuerpo principal pueden permitir que los organismos que allí subsisten puedan después repoblar el cuerpo principal. CNEA es una institución tecnológica, pero sirvió de metapoblación de la actividad académica de la química en el área metropolitana de Buenos Aires. Desde CNEA, se reconstituyó a partir de 1984 la investigación química (inorgánica y química física) en el ámbito universitario de FCEN-UBA. Pero mientras que en Ecología las fuentes proveen ejemplares juveniles (infantiles, inmaduros) a través de emigrantes que pasan de un ambiente al otro, en nuestro caso los ejemplares no eran muy juveniles, y además dieron un salto a medias, quedando con una pata en cada charco.

En 1984 acepté la invitación de Roberto Fernández Prini para ayudarlo en la reconstrucción del Departamento de Química Inorgánica, Analítica y Química Física de la Facultad de Ciencias Exactas (FCEN) de UBA. En esa misma época me involucré mucho con la Asociación Argentina de Investigación Físico-química (AAIFQ), que llegué a presidir. En esta asociación impulsé, con bastante éxito, la incorporación de investigadores que hasta ese momento se habían mostrado renuentes. Los Congresos de la AAIFQ se transformaron en cita obligada de toda la comunidad, con puntos altos como la invitación a los integrantes



La revista *Actividad* se publicó (¡en papel!) entre 1987 y 1989

de la diáspora del 66, en Río Cuarto (1985) y otros Congresos, o la discusión de los materiales superconductores de alta  $T_c$  (en Mar del Plata, 1987), o la fusión fría (en Termas de Río Hondo, 1989). También llegamos a editar la revista *Actividad*, idea original de Horacio Corti, revista a la que puso fin la hiperinflación de 1989, después de seis números.

En FCEN asumí como Profesor Titular DS de Química Inorgánica, y allí, además de impulsar la incorporación de José Olabe para desarrollar la Química Inorgánica de Iones Complejos, identifiqué dos áreas en las que mis proyectos eran de interés lo suficientemente general como para que fueran adecuados para el ámbito universitario: la química de materiales inorgánicos no metálicos, y la química ambiental (sistemas acuosos). En ambos casos, se trata de generalizaciones a partir

### ***Química de materiales inorgánicos no metálicos.***

Fueron varias las líneas de investigación encaradas. En primer lugar, realizamos estudios estructurales y reactividad térmica de carboxilatos de cobre(II). Se sintetizaron monocristales y se resolvió la estructura molecular de varias sales; el énfasis estuvo puesto en el análisis de los factores químicos responsables de la adopción de una determinada estructura. Por ejemplo, con el ácido dipicolínico el Cu(II) forma un complejo en el cual coordina a dos moléculas, una en forma del ácido libre, y la otra en forma de del dianión dipicolinato. Ambos ligandos son tridentados, con un N y dos O de carboxilato como átomos de coordinación. El efecto Jahn-Teller característico del Cu(II) hace que el ligando aniónico tome tres posiciones en el plano ecuatorial y el ligando neutro tengo al N en el plano ecuatorial y ocupe las dos posiciones axiales, más lejanas, con átomos de oxígeno de los grupos carboxilato protonados (Sileo y col. 1996). Después, Elsa Sileo incursionó en el estudio con técnicas de sincrotrón de goethitas sustituidas, lo que desembocó en un interesante trabajo relacionado con la estructura de estas goethitas sustituidas (Sileo y col. 2004).

Tal vez el tema más amplio encarado fue el de los procedimientos de síntesis de materiales inorgánicos (óxidos metálicos). Tenía la impresión que la Química Inorgánica se había desarrollado apreciablemente en el país en temas estructurales y de reactividad, pero que no había mucha actividad en el tema de procedimientos de síntesis. Resultó obvio entonces generalizar los estudios referidos a los mecanismos de formación de óxidos de hierro, para incluir óxidos mixtos y otros materiales inorgánicos; varios tesis de UBA se involucraron en esta línea. En estos estudios buscamos entender cómo se podía predecir qué fases sólidas se formarían: por ejemplo, óxidos de hierro vinculados estructuralmente con la hematita ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ), o con la maghemita ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ). También nos interesaba lograr el control de las velocidades de hidrólisis como para lograr la coprecipitación, en estructuras predefinidas, de más de un catión metálico (Candal y col. 1992; Soler-Illia y col. 1997; Soler-Illia y col. 1998). Finalmente, nos interesaba controlar los fenómenos posteriores a la nucleación y formación de las partículas primarias; más concretamente los fenómenos de agregación que son los que definen los tamaños y formas de las partículas obtenidas. Un sistema que analizamos bastante fue el de los caminos de síntesis de ferrita de bario, tradicional material usado ampliamente como imán (Jacobo y col. 1997; 2003; y referencias allí incluidas).

Los métodos de síntesis de materiales inorgánicos por precipitación desde soluciones acuosas de sales metálicas era también importante en el caso de la hidroxiapatita, que se comercializa como material odontológico y para prótesis. En este tema, participé en una Red CYTED que coordinara Rafael Rodríguez Clemente, y que condujo más adelante a trabajos en colaboración con María Cristina Apella.

### Química ambiental

En FCEN, esta línea comenzó con estudios sobre la disolución de óxidos de hierro por acción del ácido ascórbico, en busca de la caracterización de los caminos de movilización del hierro en aguas naturales (dos Santos Afonso y col. 1990). En realidad, mi interés por la química ambiental comenzó cuando advertí que buena parte de la literatura de disolución de óxidos metálicos estaba motivada por su importancia en el ciclado de los elementos metálicos en los medios acuosos naturales. Esto condujo al establecimiento de una importante colaboración con Werner Stumm, Director del Instituto Suizo encargado de los temas ambientales vinculados con el agua (EAWAG), con quien María dos Santos realizó una estadía posdoctoral. Yo mismo visité repetidamente el EAWAG en Dübendorf. Comencé a impulsar la Química Ambiental también en CNEA, donde Daniel Cicerone realizó su Tesis Doctoral, en la primera incursión en la química ambiental del carbonato de calcio. En esa época nos visitó John Morse de Texas A&M, quien en alguna ocasión dijo: *Todo geoquímico que se precie de tal dedicó por lo menos dos años de su vida a estudiar los carbonatos*. A mí me llamó la atención la confusión que parecía existir en la literatura sobre las propiedades coloidales de los carbonatos. Es así que hicimos un estudio que pudo clarificar el papel que jugaban los protones como iones determinantes de potencial (Cicerone y col. 1992). Cuando establecimos una fuerte colaboración con María Cristina Apella del CERELA de Tucumán, resultó natural saltar de allí a la hidroxiapatita, material que Cristina conocía a fondo, y años después llegamos a hacer una descripción detallada de la superficie de este fosfato básico de calcio y de las reacciones que definen su carga y potencial superficiales (Palacios y col. 2005).

La química ambiental nos llevó al dióxido de titanio. Este óxido tiene una serie de propiedades que lo hace muy valioso en los estudios de las interfaces óxido metálico/agua: Es muy poco soluble, muy estable, es un semiconductor de banda ancha, y se usa mucho en diversas industrias. Es más, los primeros modelos de complejación superficial se basaron en estudios realizados con este óxido. Posteriormente, Fujishima y Honda informaron la posibilidad de lograr la disociación del agua por fotólisis sobre este óxido (Fujishima y Honda 1972), y finalmente Grätzel desarrolló sus celdas solares basadas en este óxido (una revisión actualizada del tema se puede encontrar en Grätzel 2009). Nuestro interés comenzó con consideraciones de Química Inorgánica: el titanio tiene especial afinidad por ácidos carboxílicos y por hidroxocompuestos orgánicos. De allí que los ligandos que habíamos venido estudiando tuvieran mucha afinidad por el dióxido de titanio, sin los problemas derivados de la disolución. Nuestro primer estudio resultó un clásico: la complejación superficial de dióxido de titanio por catecol (Rodríguez y col. 1996).

Una interacción fértil se dio con Sara Aldabe Bilmes y su grupo, en una serie de trabajos vinculados con la fotoelectroquímica del dióxido de titanio (Regazzoni y col. 1998; Mandelbaum y col. 1999). Allí pudimos introducir el concepto de *oxidation length*, que describe cuántos eventos de oxidación de un electrón dispara un solo fotón.

de la actividad que desarrollaba en CNEA; además las dos áreas estuvieron muy entrelazadas, a través del tema *Materiales para la gestión ambiental*. Por ese motivo la clasificación es bastante arbitraria; se podrían mudar párrafos enteros de una sección a la otra. Esas actividades se describen en los cuadros en rosa.

En mi entender, la simbiosis entre el ámbito académico y el tecnológico es muy positivo para ambos, ya que genera temas y preguntas importantes para el primero, y permite el contacto y la incorporación de estudiantes e investigadores jóvenes para el segundo.

El interés por el dióxido de tita-

nio y su fotoquímica me llevó a entrar en el estudio de los fenómenos fundamentales subyacentes en su uso como fotocatalizador heterogéneo para la mineralización de contaminantes orgánicos. Mucha de mi producción del siglo XXI gira en torno de este tema. Además, pude proponer y coordinar una Red CYTED sobre *Semiconductores de banda ancha para aplicaciones ambientales*. Participaron en ella investigadores de muchos países, y fue la base de una fructífera colaboración regional que incluyó, entre otras instituciones a la Plataforma Solar Almería, la Universidad Complutense de Madrid, la Universidad de Campinas, la Universidad de Ingeniería de Lima y el Instituto Mexicano de Tecnología

de Aguas. Esta red fue un excelente ejemplo de la interrelación entre materiales y ambiente. Tuvo como producto principal la fuerte interacción regional generada, que resultó, entre otras cosas en un libro editado por M.A. Blesa y Benigno Sánchez Cabrero (2004) y en numerosos proyectos de colaboración. Entre éstos, vale la pena destacar un Proyecto de la Organización de Estados Americanos (OEA) para provisión de agua segura a poblaciones de riesgo, y el Proyecto de la Unión Europea para desarrollar un reactor solar para purificar agua (Proyecto SOLWATER, con participación de España, Portugal, Argentina, México y Perú); aun hoy, estamos presentando un proyecto IBEROEKA en colaboración

entre grupos argentinos y peruanos (Juan Rodríguez).

Hacia 1998 consideré que mi etapa en UBA estaba cumplida. Se había creado el INQUIMAE, se habían incorporado docentes en todos los niveles con dedicación exclusiva, la docencia en Química Inorgánica estaba bien cubierta. Las exigencias de UBA eran muy grandes, para nada acordes con mi dedicación simple. Acepté entonces una invitación de Alberto Pochettino, que por esa época estaba a cargo de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Martín, y me incorporé a dicha Escuela. La complementación de actividades entre CNEA y UNSAM era muy directa, y facilitaba las tareas. Elegí a la Química Ambiental como eje de mis actividades en investigación. En docencia, la carga era menor que en UBA; sólo dictaba Química y Física Ambientales como módulo de la Maestría en Gestión Ambiental, y cursos de posgrado individuales, con participación menor en cursos de grado. Me dediqué a organizar un Doctorado en Química. El mismo se concretó en 2002, con el nombre de Doctorado en Ciencia y Tecnología Mención Química, y fue acreditado por CONEAU como An (recientemente, en 2013, fue acreditado nuevamente, esta vez como A por seis años). En su diseño, se contemplaba muy especialmente la demanda de las instituciones de C&T del Polo Constituyentes: CITEFA, CNEA e INTI.

En esta etapa, la atención estuvo centrada en la fotólisis heterogénea para mineralización de contaminantes orgánicos. Tres estudiantes hicieron su doctorado en UNSAM bajo mi dirección en este tema, y se desarrolló una importante cooperación internacional con la Plataforma Solar Almería, España (Julián Blanco y Sixto Malato) y con la Universidad de Hannover, Alemania (Detlef Bah-

nemann). Los aspectos que exploramos fueron por un lado uno muy básico, el de la naturaleza de los complejos superficiales formados por los contaminantes en la superficie del dióxido de titanio, y su reactividad térmica y fotolítica, y por otro uno muy tecnológico, como es el diseño y construcción de reactores fotocatalíticos solares para desin-

fección y descontaminación (Araujo y col. 2005; Mendive y col. 2006; Navntoft y col. 2007; Navntoft y col. 2009; Araujo y col. 2010; Araujo y col. 2012).

Estos estudios se complementan bien con la línea de trabajo de Marta Litter también en CNEA, quien, entre otros temas, ha estudiado detallada-

### **Apostilla 5. Cicatrices**

En una trayectoria dilatada, siempre quedan rasguños, algunos sin relevancia, otros que dejan ciertas lecciones. Entre estos últimos, quiero consignar mi involucramiento en la suscripción de un convenio entre CNEA y la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, para el monitoreo del aire en la región de Gualaguaychú. En el área a mi cargo, CNEA poseía la infraestructura para asesorar a la Secretaría en la adquisición de equipos, operación de los mismos y capacitación de personal, y me pareció deber de funcionario público realizar esa actividad. Claro, las burocracias y los personajes involucrados hicieron de ella algo muy riesgoso, complicada más aun por el alto voltaje político del tema. Afortunadamente logramos a la postre un buen resultado, en gran parte gracias a Jorge Álvarez. Si se visualiza al proyecto como un partido de béisbol, Jorge, como nuevo Gerente de Química, actuó como un excelente relief pitcher (Wikipedia: *relief pitcher or reliever is a baseball or softball pitcher who enters the game after the starting pitcher is removed due to injury, ineffectiveness, fatigue, ejection, or for other strategic reasons*).

Otros recuerdos agrídulces provienen de nuestra exposición a otro tema de alto voltaje: la minería. En algún momento asesoramos al gobierno de la provincia de Tucumán sobre la posible contaminación del agua en la región de la ciudad de Concepción, que algunos decían existía y era debida a roturas en el mineraloducto de Alto la Alumbraera. Participé en una "asamblea popular", y costó mucho dialogar racionalmente. Sin embargo, ello se logró, y los resultados fueron buenos en mi opinión. En algún sitio describo esta anécdota en más detalle (Castro y Blesa 2013). También con el tema minero, la controversia sobre el uso de los fondos de Minera La Alumbraera por las universidades me encontró del lado equivocado del mostrador, ya que a mi parecer es un error impedir indiscriminadamente todos los emprendimientos de megaminería, y la opción lógica es impulsar el establecimiento de controles estrictos que se cumplan, y que los instrumentos legales sean apropiados. En el Foro Minería y Sociedad organizado por la Universidad de San Juan en 2010, me tocó hablar de los accidentes mineros y de mi posición (se puede ver la presentación, con algunas falencias técnicas, en <http://www.youtube.com/watch?v=EDap75Nq6sQ>). El diálogo con los sectores moderados fue bueno, pero nulo con los sectores más recalcitrantes.

Algunos de estos temas vinculados con los grandes temas ambientales, los he desarrollado en la revista Ciencia e Investigación, disponible en la página web de la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias <http://aargentinapciencias.org> (Blesa 2010a,b; Paulino y col. 2010; Blesa 2012) y la sección del mismo nombre de la misma página web ([http://aargentinapciencias.org/index.php?option=com\\_content&task=blogcategory&id=56&Itemid=93](http://aargentinapciencias.org/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=56&Itemid=93)).

mente las posibilidades de remoción de metales por fotocatalisis heterogénea. También hubo fuerte interacción con Margarita del Valle Hidalgo y María Cristina Apella, de la Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, de la Universidad Nacional de Tucumán. La interacción con Marta y Cristina eventualmente condujo al Premio Mercosur en la Categoría Integración por nuestros trabajos sobre métodos basados en la energía solar para la obtención de agua segura, en el marco del Proyecto OEA mencionado antes.

Y entre las cosas que se me olvidan en el camino, está la descripción de sistemas acuosos naturales, de larga data, y encarada en colaboración con Margarita Hidalgo. Básicamente, describimos el comportamiento químico de acuíferos y aguas superficiales de la provincia de Tucumán; de allí surgió, entre otras cosas, la tesis de Gabriela García y varias publicaciones (Vece y col. 2001).

## ■ 7- LA VEJEZ

¿Qué hacer al pasar alguna barrera, digamos los 65 años? Por supuesto, depende de cada uno. Para

mí está claro que es muy difícil mantenerse en la cresta de ola, especialmente en tiempos de rápidos cambios. Además, si existen discípulos que, como proponía Aymonino debía ser, han superado con creces lo realizado antes, no tiene sentido aferrarse a la fábula de nuestra (mi) propia importancia. Recuerdo una expresión de Horacio Irazoqui, referida a una visita de los alumnos de un colegio jesuita al osario de Santa Fe la vieja, en Cayastá (emplazamiento original de la ciudad entre 1573 y aproximadamente 1660). Los jesuitas les decían a los chicos: *Esos también se creían importantes.*

¿Qué hacer entonces? Yo opté por encarar otra actividad, al margen de mantener un nivel decoroso de actividad en investigación: es así que me involucré con la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias, con la idea que esta organización no gubernamental (más correctamente, esta Asociación Civil) debe jugar un papel en nuestra sociedad exageradamente atravesada por la política y por la bajada de línea estatal. Y así cierro esta reseña, con un aspecto autorreferencial: mi proyecto actual incluye, muy especialmente, registrar la actividad de los trabajadores de la ciencia en esta revista Reseñas.

También está mi actividad como padre y abuelo. Va una foto con Graciela, mis hijos y mis nietos (no hay ningún colado).



*El osario de Santa Fe la vieja*



## ■ 8- A MODO DE CIERRE

Mi formación inicial fue en Química Inorgánica y aun hoy mantengo vínculos con la disciplina, como lo muestra la Figura, tomada en 2009 en el Congreso Argentino de Físicoquímica y Química Inorgánica en Salta. Pero, bueno, una característica de mi actividad ha sido el de centrar la mira en un tema o problema concreto, sugerido por las características de las diversas instituciones en las que estuve, y para eso debí incursionar en una variedad grande de disciplinas: Química Inorgánica, Química de Coloides, Tecnología Nuclear, Química de Materiales, Química Ambiental. También estuve asociado a los momentos fundacionales de diversas instituciones: el grupo de Pedro Aymonino, que devino en el CEQUINOR; Química de Reactores en CNEA (hoy Gerencia de Química); el Departamento de Química Inorgánica, Analítica y Físicoquímica, en FCEN, UBA, del cual surgió el INQUIMAE; el Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental en UNSAM. Es curioso, pero creo que esa dispersión, más que una falla, es un importante mérito de mi trayectoria. En todos los temas mis

contribuciones fueron importantes institucionalmente, y además he ayudado a que otros se formen en los mismos y avancen mucho más allá de lo que yo hice.

Decía Luis Pentrelli, un habilidoso jugador de fútbol que debutara en Boca Juniors en 1951, y que se destacara en Gimnasia y Esgrima de La Plata, Udinese de Italia y Racing Club: *Toco y me voy...* Era su manera de ver el fútbol, como un juego de equipo, aunque después la frase adquiriera connotaciones negativas, al punto de asimilarla al *yo me borré* de Casildo Herrera. Creo que mi trayectoria científica es casi una paráfrasis del sentido original del dicho de Pentrelli. Mantuve un *leit motiv*, el estudio de las transformaciones químicas en las que estaban involucrados iones metálicos, pero los sistemas que me fueron interesando fueron variados, cambiantes, y función de mi inserción institucional. Todas las tareas se llevaron adelante en equipo, y me pareció importante apoyar la individualidad de cada uno de mis colaboradores; de allí que en muchos temas, la continuidad fuera dada por otra gente. Es tal vez uno de mis motivos de legítimo

orgullo, que la gente que compartió conmigo algún trayecto de su vida científica, después evolucionó en áreas diversas y, en general, con importantes logros. Quisiera destacar el papel que jugaron en ese equipo Pedro Morando y Alberto Regazzoni, con quienes estuve asociado cerca de 40 años.

A lo largo de mis tareas, hubo dos cuestiones conceptuales sobre las que reflexioné mucho, tal vez porque me costaba llegar a conclusiones nítidas. La primera se refiere al difícil equilibrio entre brillo individual y construcción colectiva en ciencia. Se suele decir que el gobierno de la ciencia se basa en una *meritocracia*, donde el papel central está en manos de individuos excepcionalmente dotados desde el punto de vista intelectual. Sin embargo, con el correr del tiempo fui convenciéndome cada vez más que la construcción de la ciencia se logra en base a los aportes de todos los miembros de equipos, idealmente liderados por individuos excepcionales, pero insertos en una construcción que es fundamentalmente colectiva. Los proyectos que no logran esa inserción terminan frustrándose.

La otra cuestión se refiere a la ciencia "básica", "fundamental", "pura", y su relación con las aplicaciones, con la tecnología. Los químicos sabemos bien que nuestra disciplina tiene un origen ineludiblemente ligado a las aplicaciones. Tal vez en Astronomía pueda haber tal *ciencia pura*, pero en la pedestre Química son las aplicaciones las que suelen marcar el rumbo. En los orígenes de la Química, las innovaciones productivas precedían usualmente al marco teórico de dicha innovación, pero en la actualidad es difícil imaginar innovación productiva sin un sólido fundamento teórico detrás. En la Argentina, hubo un proyecto de desarrollo tecnológico



De izquierda a derecha, Néstor Dardo Katz, Miguel A. Blesa, José Chacho Pedregosa y José A. Vasco Olabe

que pudo sobrevivir a los vaivenes políticos (aunque Menem-Cavallo lo pusieron en jaque, que no llegó a mate por poco): la energía nuclear. Es por eso un motivo de alegría haber aportado Química a un área importante de la energía nuclear, como es el caso de las centrales nucleoelectricas.

En nuestro contexto, es también importante el uso de la ciencia para enfrentar problemas de la población más vulnerable. En lo personal, creo que pude compatibilizar un buen nivel internacional en investigación original con la inserción social; pude

mantener el contacto con nuestra realidad latinoamericana y tercermundista. Van imágenes, de Tucumán, implementando métodos de obtención de agua segura (Proyecto SOLWATER). Quise también poner una foto que me muestra recibiendo el Premio TWAS de Química 2004 de manos de... ¡Hosni Mubarak! (en la Biblioteca de Alejandría, Egipto), pero no la encontré (¿la habré ocultado como acto fallido?). Vale notar que la *Third World Academy of Science* (TWAS) se ha rebautizado *Academy of Sciences of the Developing World*. ¿Será verdad?

En síntesis, la sinergia entre aplicación y teoría es ahora, creo, aceptada mayoritariamente. Y está bien que así sea. *Amén*.

## ■ BIBLIOGRAFÍA

Araujo P.Z., Morando P.J., Blesa M.A. (2005). *The Interaction of Catechol and Gallic Acid with Titanium Dioxide in Aqueous Suspensions. I. Equilibrium Studies*. *Langmuir* **21**, 3470-3474.

Araujo P.Z., Luca V., Bozzano P.B., Bianchi H.L., Soler-Illia G.J.de A.A., Blesa M.A. (2010). *Aerosol-*



Imágenes de Los Pereyra, en Tucumán, donde hicimos pruebas de potabilización solar de aguas. A la izquierda, arriba y abajo, imágenes de la vivienda donde se hicieron las pruebas. A la derecha arriba, el prototipo de reactor solar usado. Abajo, el autor con uno de los moradores de la vivienda.

- Assisted Production of Mesoporous Titania Microspheres with Enhanced Photocatalytic Activity: The Basis of an Improved Process.* American Chemical Society Applied Materials and Interfaces **2** (6), 1663–1673.
- Araujo P.Z., Morando P.J., Martínez E., Blesa M.A. (2012). *Time evolution of surface speciation during heterogeneous photocatalysis: gallic acid on titanium dioxide.* Applied Catalysis B: Environmental **125**, 215–221.
- Blesa M.A. 2010a. *La contaminación del agua en el siglo XXI: Introducción.* Ciencia e Investigación **60** (4), 4-11.
- Blesa M.A. 2010b. *La contaminación del agua por metales.* Ciencia e Investigación **60** (4), 30-48.
- Blesa M.A. 2012. *Historia natural y cultural del cianuro. Datos y reflexiones sobre el uso de cianuro en minería.* Ciencia e Investigación **62** (1), 21-41.
- Blesa M.A., Aymonino P.J. (1968a) *Kinetic Study of the Photochemical Reaction between Fluoroxiperfluoromethane and Carbon Monoxide.* Anales de la Asociación Química Argentina **56**, 101-111.
- Blesa M.A., Aymonino P.J. (1968b) *Kinetic Study of the Thermal Reaction between Fluoroxiperfluoromethane and Carbon Monoxide.* Anales de la Asociación Química Argentina **56**, 113-122.
- Blesa M.A., Aymonino P.J. (1971). *The Production of Carbon Dioxide from Carbon Monoxide and Oxygen Sensitized by Photolysis of Perfluoromethyl Peroxide.* Anales de la Asociación Química Argentina **59**, 193-204.
- Blesa M.A., Aymonino P.J. (1972). *The Perfluoromethyl Radical as Sensitizer for the Reaction between Carbon Monoxide and Oxygen.* Photolysis of  $CF_3 OF-CO-O_2$  Mixture. M.A. Blesa y P.J. Aymonino. Zeitschrift für physikalische Chemie (Neue Folge) **80**, 129-139.
- Blesa M.A., Taube H. (1976). *Reduction of Pyrazine Oxide, Free and Coordinated to Ruthenium(II).* Inorganic Chemistry **15**, 1454-1456.
- Blesa M.A., Funai I.A., Morando P.J., Olabe J.A., Aymonino P.J., Ellenrieder G. (1977). *Preparation and Properties of Trisodium Pentacyano(isonicotinohydrazide) ferrate(II) Hexa-hydrate and the Kinetics of its Substitution Reactions.* Journal of the Chemical Society Dalton Transactions (9), 845-849
- Blesa M.A., Larotonda R.M., Maroto A.J.G., Regazzoni A.E. (1982). *Behaviour of Cobalt(II) in Aqueous Suspensions of Magnetite.* Colloids and Surfaces **5**, 197-208.
- Blesa M.A., Baumgartner E.C., Marinovich H.A., Maroto A.J.G. (1983). *Heterogeneous Electron Transfer as a Pathway in the Dissolution of Magnetite in Oxalic Acid Solutions* Inorganic Chemistry **22**, 2224-2226.
- Blesa M.A., Figliolia N.M., Maroto A.J.G., Regazzoni A.E. (1984). *The Influence of Temperature on the Interface Magnetite-Aqueous Electrolyte Solution.* Journal of Colloid and Interface Science **101**, 410-418.
- Blesa M.A., Maroto A.J.G., Regazzoni A.E. (1984b). *Boric Acid Adsorption on Magnetite and Zirconium Dioxide.* Journal of Colloid and Interface Science **99**, 32-40.
- Blesa M.A., Marinovich H.A., Baumgartner E.C., Maroto A.J.G. (1987a). *Mechanism of Dissolution of Magnetite by Oxalic Acid-Ferrous Ion Solutions.* Inorganic Chemistry **26**, 3713-3717
- Blesa M.A., Kallay N. (1987b). *The Metal Oxide - Electrolyte Solution Interface Revisited.* Advances in Colloid and Interface Science **28**, 111-134.
- Blesa M.A., Matijević E. (1989). *Phase Transformations of Iron Oxides, Oxohydroxides and Hydrated Oxides in Aqueous Media.* Advances in Colloid and Interface Science **29**, 173-221.
- Blesa M.A., Maroto A.J.G., Regazzoni A.E. (1990) *Surface Acidity of Metal Oxides Immersed in Water. A Critical Analysis of Thermodynamic Data.* Journal of Colloid and Interface Science **140**, 287-290.
- Blesa M.A., Morando P.J., Regazzoni A.E. (1994). *Chemical Dissolution of Metal Oxides*, CRC Press, Boca Raton, Florida, EE.UU., 401 p. ISBN: 0849359430.
- Blesa M.A., Sánchez B. (editores) (2004). *Eliminación de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogénea. Texto colectivo elaborado por la Red CYTED.* 2ª. ed. CIE-MAT, Madrid. 388 p. ISBN: 84-7834-489-6
- Candal R.J., Regazzoni A.E., Blesa M.A. (1992). *Precipitation of Copper(II) (Hydrated) Oxide and Copper(II) Basic Salts* Journal of Materials Chemistry **2**, 657-661.
- Castro D.G., Blesa M.A. (2013). *Historia Natural y Cultural del Mer-*

- curio. En redacción. 1025-1028.
- Cicerone D.S., Regazzoni A.E., Blesa M.A. (1992). *Electrokinetic Properties of the Calcite/Water Interface in the Presence of Magnesium and Organic Matter*. Journal of Colloid and Interface Science **154** (2), 423-433.
- Domingo Pascual C., Rodríguez Clemente R., Blesa M.A. (1994). *Morphological Properties of  $\alpha$ -FeOOH,  $\gamma$ -FeOOH and  $Fe_3O_4$  Obtained by Oxidation of Aqueous Fe(II) Solutions*. Journal of Colloid and Interface Science **165**, 244-252.
- dos Santos Afonso M., Morando P.J., Blesa M.A., Banwart S., Stumm W. (1990). *The Reductive Dissolution of Iron Oxides by Ascorbate. The Role of Carboxylate Anions in Accelerating Reductive Dissolution*. Journal of Colloid and Interface Science **138**, 74-82.
- Fujishima, A., Honda, K. *Electrochemical Photolysis of Water at a Semiconductor Electrode*. (1972) Nature **238**, 37-38.
- Geldstein M.C., Blesa M.A. (1977). *Kinetics of Substitution of Pyrazine Mono-N-Oxide y Isoniazid on Aquo-pentammine-ruthenium (II) 7*. Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry **39**, 1641-1644.
- Grätzel, M. (2009). *Recent Advances in Sensitized Mesoscopic Solar Cells*. Accounts of Chemical Research **42**, 1788-1798.
- Jacobo S.E., Domingo Pascual C., Rodríguez Clemente R., Blesa M.A. (1997). *Synthesis of Ultrafine Particles of Barium Ferrite by Chemical Coprecipitation*. Journal of Materials Science **32**, 1025-1028.
- Jacobo S.E., Civale L., Blesa M.A. (2003). *Evolution of the Magnetic Properties During the Thermal Treatment of Barium Hexaferrite Precursors Obtained by Coprecipitation from Barium Ferrate (VI) Solutions*. Journal of Magnetism and Magnetic Materials **260**, 37-41.
- Katz N.E., Aymonino P.J., Blesa M.A., Olabe J.A. (1978). *Influence of Ligand-Water Interactions on the Aquation of Pentacyano(saturated amine) ferrate(II) Ions*. Inorganic Chemistry **17**, 556-559
- Litter M.I., Baumgartner E.C., Urrutia G.A, Blesa M.A. (1991). *Photodissolution of Iron Oxides III: The Interplay of Photochemical and Thermal Processes in Magnetite/Carboxylic Acid Systems*. Environmental Science and Technology **25**, 1907-1913.
- Mandellbaum P., Regazzoni A.E., Blesa M.A., Aldabe-Bilmes S. (1999). *Photo-Electro-Oxidation of Alcohols on Titanium Dioxide Thin Film Electrodes*. Journal of Physical Chemistry B, **103**, 5505-5511.
- Maroto A.J.G., Blesa M.A., Passaggio S.I., Regazzoni A.E. (1980). *Colloidal Interactions in the Deposition of Magnetite Particles on the Fuel Elements Surface*. Water Chemistry of Nuclear Reactor Systems **2**, 247-250.
- Mendive C.B, Bredow T., Blesa M.A., Bahnemann D.W. (2006). *ATR-FTIR Measurements and Quantum Chemical Calculations Concerning the Adsorption and Photoreaction of Oxalic Acid on TiO<sub>2</sub>*. Physical Chemistry and Chemical Physics **8**, 3232-3247.
- Molina, M.J., F.S. Rowland (1974). *Stratospheric Sink for Chlorofluoromethanes: Chlorine Catalysed Destruction of Ozone*, Nature **249**, 810-814.
- Morando P.J., Borghi E.B., Schteingart L.M., Blesa M.A. 1981. *The Reaction of Cysteine with Pentacyanonitrosylferrate(2-) Ion* (1981). Journal of the Chemical Society Dalton Transactions (2), 435-440.
- Navntoft C., Araujo P.Z., Litter M.I., Apella M.C., Fernández D., Puchulu M.E., Hidalgo M. del V., Blesa M.A. (2007). *Field Tests of the Solar Water Detoxification SOLWATER Reactor in Los Pereyra, Tucumán, Argentina* Journal of Solar Energy and Engineering **129**, 127-134.
- Navntoft C., Dawidowski L., Blesa M.A., Fernández-Ibañez P., Wolfram E.A., Paladini A. (2009). *UV-A (315-400 nm) Irradiance from Measurements at 380 nm for Solar Water Treatment and Disinfection: Comparison between Model and Measurements in Buenos Aires, Argentina and Almería, Spain*. Solar Energy **83** (2), 280-286.
- Palacios J., García Rodenas L., Apella M.C., Morando P.J., Blesa M.A. (2005). *Surface Properties of Various Powdered Hydroxapatites*. Journal of Colloid and Interface Science **290**, 145-154.
- Parks G.A., de Bruyn P.L. (1962), *The Zero Point of Charge of Oxides*, Journal of Physical Chemistry **66**, 967-973.
- Paulino C., Apella M.C., Pizarro R., Blesa M.A. (2010). *La contaminación biológica del agua y la desinfección solar*. Ciencia e Investigación **60** (4), 12-29.

- Regazzoni A.E., Blesa M.A. y Maroto A.J.G. (1983). *Interfacial Properties of Zirconium Dioxide and Magnetite in Water*. Journal of Colloid and Interface Science **91**, 560-570.
- Regazzoni A.E., Mandelbaum P., Matsuyoshi M., Schiller S., Aldabe-Bilmes S., Blesa M.A. (1998) *Adsorption and Photooxidation of Salicylic Acid on Titanium Dioxide: A Surface Complexation Description* (1998). Langmuir **14**, 868-874.
- Rodríguez R, Blesa M.A., Regazzoni A.E. (1996). *Surface Complexation at the TiO<sub>2</sub> (Anatase)/Aqueous Solution Interface: Chemisorption of Catechol*. Journal of Colloid and Interface Science **177**, 122-131.
- Sileo E.E., Blesa M.A., Rigotti G., Rivero B.E., Castellano E.E. (1996). *The Crystal Chemistry of Copper (II) Dipicolinates*. Polyhedron **15**, 4531-4540
- Sileo E.E., Ramos A.Y., Magaz G.E., Blesa M.A. (2004). *Long-range vs Short Range Ordering in Synthetic Cr-substituted Goethites*. Geochimica et Cosmochimica Acta **68**, 3053-3063.
- Soler Illia G.J. de A.A., Candal R.J., Regazzoni A.E., Blesa M.A. (1997). *Synthesis of Mixed Copper-Zinc Basic Carbonates and Zn-Doped Tenorite by Homogeneous Alkalinization*. Chemistry of Materials **9**, 184-191.
- Soler Illia G.J. de A.A., Jóbbagy M., Candal R.J., Regazzoni A.E., Blesa M.A. (1998). *The Synthesis of Metal Oxide Particles from Aqueous Media: The Homogeneous Alkalinization Method*. Journal of Dispersion Science and Technology **19**, 207-229.
- Urrutia G.A., Passaggio S.I., Maroto A.J.G., Blesa M.A. (1983). *Model of the Deposition of Colloidal Crud Particles on the Fuel Elements of Nuclear Power Plants*. Nuclear Science and Engineering **84**, 120-130.
- Urrutia G.A., Blesa M.A., Fernández Prini R., Maroto, A.J.G. (1984) *General Empirical Model for <sup>60</sup>Co Generation in Pressurized Water Reactors with Continuous Refueling*. Nuclear Technology **64**, 107-114.
- Urrutia G.A., Chocrón M., Maroto A.J.G., Blesa M.A. (1996). *Activity Transport in Vessel-Type PHWRs*. Journal of Nuclear Materials **229**, 124- 131.
- Vece M., Galindo M.C., Perondi M., García M.G., Hidalgo M. del V., Apella M.C., Blesa M.A. 2001. *Chemical Behavior of the Salí River, Province of Tucumán, Argentina* Environmental Geology **40**, 847-852.