

UN SUEÑO DE LA INFANCIA CUMPLIDO CON CRECES¹

Palabras clave: Nuevos materiales inorgánicos, diseño, propiedades físicas.
Key words: New inorganic materials, design, physical properties.

El autor nos cuenta su trayectoria, desde su humilde origen, hasta su dominio de los materiales inorgánicos y sus exóticas pero extremadamente útiles propiedades: magnetorresistencia, superconductividad, etc.

■ Raúl E. Carbonio

INFIQC-CONICET. Departamento de Físicoquímica. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Nacional de Córdoba.

rcarbonio@unc.edu.ar; rcarbonio@gmail.com

¹ Editor asignado: : Miguel A. Blesa

El camino que recorrí en mi carrera académica fue el resultado de una serie de hechos fortuitos y de “errores” que me fueron conduciendo donde finalmente llegué. A pesar de esto siento profundamente que es el camino que igualmente habría elegido si hubiese tenido la oportunidad de hacerlo.

■ MI INFANCIA EN MI PUEBLO NATAL

Nací el 26 de febrero de 1957, en la localidad de Arias, en el sureste de la provincia de Córdoba.

Arias contaba por esos años con alrededor de 5000 habitantes. Mi papá, Héctor, albañil con estudios hasta 6° grado de la escuela primaria y mi mamá, Rosa, ama de casa y con estudios hasta 4° grado de la escuela primaria, eran de origen muy humilde, hijos de inmigrantes agricultores. El camino que me condujo a quien soy hoy profesionalmente tuvo sus inicios allí, en mi pueblo

natal, en esos años de mi infancia. Estuvo fuertemente influenciado por mis padres y por la escuela primaria

a la cual asistí. Desde muy chico, siempre se escuchaba en mi casa, “tienen que estudiar en la universi-



Figura 1: En mi casa en Arias, en la Avenida España, frente a la escuela Remedios Escalada de San Martín, con mi hermana y mi mamá, donde viví desde que tenía 1 año hasta cuando nos fuimos a Córdoba teniendo 13 años.

dad". A pesar del origen humilde de mis padres, ellos tenían claro que no había opción, los estudios universitarios eran el objetivo. Podría decir que mi inclinación por las ciencias naturales fue parte de mí desde muy pequeño. Recuerdo estar mirando al cielo nocturno con mi hermano Ricardo y mi hermana Esther, buscando figuras de animales o cosas que formaran las estrellas, algo que, sin saberlo en ese momento, eran las constelaciones o mirar con una lupa y maravillarme de ver, como las hormigas "cuidaban" a los pulgones, en las hojas de las rosas que cultivaba mi mamá, lo que luego de adulto aprendería que era una relación simbiótica, por la cual los pulgones recibían el cuidado de las hormigas y ellas eran recompensadas por la melaza que excretaban los pulgones. Anécdotas como éstas recuerdo muchísimas, que no describiré por cuestiones de espacio. En la escuela primaria Remedios Escalada de San Martín, fue sin dudas donde recibí un fuerte impulso hacia mi pasión por la química. Durante el cursado de 6° y 7° grado, la maestra de ciencias naturales, "Chela" Amorebieta organizaba el club de ciencias. En esas horas dedicadas a las ciencias, me impactaron particularmente experimentos de química muy sencillos, adecuados para un niño de 11 o 12 años, preparados por mi maestra Chela.

Este club de ciencias terminó por orientar mi vocación hacia la química. Estaré eternamente agradecido a Chela por despertar esta vocación tan temprana en mí. En esos años también, mis padres me compraron una enciclopedia de 10 tomos, de los cuales uno era sobre química. Me pasaba horas leyendo lo escrito en este tomo, tanto que, ya de grande teniendo todavía esta enciclopedia, recuerdo que el color de las hojas de este tomo (oscuras de tanto uso) resaltaba sobre las de los otros tomos, de color blanco.



Figura 2: Mi maestra de ciencias naturales, "Chela" Amorebieta, de la Escuela Remedios Escalada de San Martín en Arias.

Recuerdo también una anécdota graciosa: había aprendido a controlar agua, es decir, pasar una corriente por una solución de sal común en agua, con dos cables conectados a una pila, en el polo negativo se obtenía hidrógeno gaseoso (H_2). Entonces lo juntaba en un frasco invertido y, al finalizar el experimento, daba vuelta el frasco y le acercaba un fósforo encendido para hacerlo explotar, obviamente era una cantidad pequeña y no representaba ningún peligro. El problema era que cuando lo hacía a la noche, luego de la cena, mi hermano Ricardo, que ya se había ido a dormir, se enojaba conmigo porque el ruido no lo dejaba dormirse ¡y se tenía que levantar temprano para estudiar!

A esta altura de mi vida, la química se había convertido ya en una pasión y en un sueño: soñaba con estudiar química en la universidad. Hace aproximadamente un año atrás pasaría algo inesperado que reforzaría todos estos recuerdos sobre mis padres, mi escuela y mi maestra Chela. En ocasión de dictar una conferencia en la Academia Nacional

de Ciencias, con motivo de haber sido designado Académico, al inicio de esta, mencioné todo esto relacionado con el inicio de mi vocación. Para mi sorpresa, a los pocos días se contactó conmigo, Gabriela Amorebieta, hija de Chela, muy emocionada porque yo había mencionado a su mamá en la conferencia y me dijo entre otras cosas "qué emoción al recordar a mamá como la maestra que despertó tu vocación. Fuiste un alumno muy querido, siempre querías saber más... estoy segura de que (mi mamá) estaría feliz y orgullosa de tus logros. No olvido un comentario de mamá cuando llevaste al colegio para mostrarle, una enciclopedia que tus papás habían comprado con mucho esfuerzo y lo feliz que estabas. Ponía de ejemplo a tus padres cuando hablaba de la importancia del estudio y el esfuerzo que hicieron ellos para que continuaras con los mismos". Esto me emocionó muchísimo, ya que acababa de darme cuenta lo presente que me tenía esa maestra tan querida por mí y cómo era valorado el gran esfuerzo que habían hecho mis padres para que pudiera estudiar.

En 1970 ingresé a la escuela secundaria de Arias, el instituto de enseñanza comercial de Arias (IECA). Finalizando el año 1970, de manera intempestiva (al menos para mí) mis padres decidieron que nos mudaríamos a vivir a la Ciudad de Córdoba. El motivo fue que por esos años había mucha violencia política en Córdoba y mi hermano, que ya había ingresado a la Universidad Nacional de Córdoba, había sufrido esa violencia política con tan sólo 18 años. Esta mudanza significó dejar a toda la familia que vivía en Arias y en pueblos cercanos y, lo más importante, dejar atrás el prestigio que tenía mi papá en Arias como albañil, para ir a la Ciudad de Córdoba a trabajar como empleado de una empresa constructora. Con los años, me di cuenta de que esta decisión de mis padres había sido heroica.

■ MI ADOLESCENCIA EN LA CIUDAD DE CÓRDOBA

En enero de 1971 estábamos viviendo en Córdoba, todo un mundo nuevo para mí, en pocos días cumplía 14 años. Pasar de un pequeño pueblo a una gran ciudad fue todo un desafío. Sin embargo, al iniciar la escuela secundaria en la Escuela Superior de Comercio Hipólito Vieytes, en barrio Alto Alberdi de la Ciudad de Córdoba, y gracias a los amigos que fui haciendo, en poco tiempo comencé a sentirme muy contenido. Desde el punto de vista de mi vocación por la química no hubo ninguna contribución en esta etapa de mi vida. El hecho de haber comenzado la escuela secundaria en Arias en el IECA, una escuela comercial, determinó que continuara mis estudios en otra escuela comercial en Córdoba, en la cual, lo más cercano a la química que pude cursar era merceología. Con los conocimientos que tenía a esa altura de mi vida sobre química, las clases me resultaban extremadamente aburridas y me

pasaba las horas de dictado de estas organizando una rifa, la cual vendía entre los compañeros para recaudar fondos para armar un laboratorio de química en la escuela. Así que, al llegar al final de 5to año, había conseguido armar dicho laboratorio. Nunca más supe que pasó con esto, realmente me gustaría saber si de algo sirvió el esfuerzo.

Estos años de la primera mitad de la década del 1970 en Córdoba fueron muy duros desde el punto de vista económico para mi familia. Mi papá, que había estado trabajando en una empresa constructora como empleado, se quedó sin trabajo y la situación económica se tornó crítica. Fue necesario que yo trabajara con él como peón de albañil, durante todas las vacaciones tanto de invierno como de verano, pero al comenzar con las clases, dedicaba todo mi tiempo a estudiar.

■ MI CARRERA DE GRADO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS (FCQ) DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA (UNC)

En marzo de 1975, finalmente se dio lo que tanto había soñado, ingresaba a la FCQ de la UNC a estudiar Licenciatura en Química. Siempre recordaré el día que caminaba hacia el ala derecha del Pabellón Argentina en Ciudad Universitaria, en mi primer día de clase, tenía la sensación de que algo muy muy importante comenzaba en mi vida y no me equivocaría. Paralelamente con mi ingreso a la facultad, fue necesario que comenzara a trabajar en una fábrica de equipamiento científico para enseñanza, que en ese momento era propiedad de quien sería mi profesor de Física I y II de la facultad, el Ing. Mitnik. Mi ingreso a este trabajo se dio porque mi hermanito Ricardo, que ya hacía seis años que vivía en Córdoba, estaba trabajando en ella desde hacía varios años. La

vida se tornó muy dura, ya que debido a la localización que tenía esta fábrica, en barrio Talleres de Córdoba, tenía que tomar 6 ómnibus por día, lo cual sumado a las horas de trabajo y de cursado, me permitía dormir como máximo 5 horas por día. El primer cuatrimestre transcurrió de esta manera, el agotamiento absoluto llegaría a mediados de año. Regresando de momento al inicio del cursado en la facultad, recuerdo la enorme sorpresa que tenía cada vez que me enteraba de las notas que había sacado en los parciales, inesperadas para mí por lo buenas que eran. Era consciente de que me gustaba mucho y tenía facilidad, particularmente para las químicas, pero no esperaba tan buen rendimiento. Esto era un alivio dentro de lo pesado que me resultaba trabajar y estudiar. Volviendo a la mitad del año 1975, creo que, en el mes de agosto, cuando comenzaba el segundo cuatrimestre, tomé coraje y hablé con mis padres, la elección era simple les dije, trabajaba o estudiaba, las dos cosas me resultaban imposible. ¡Para mi sorpresa y agrado, no dudaron en decirme que dejara de trabajar y me dedicara a estudiar! A cambio, comenzaba a preparar alumnos en química de manera particular en mi casa. Recibía lo que viniera, inclusive alumnos de 2do año de otras carreras. Les pedía los apuntes y estudiaba antes, para luego poder prepararlos. ¡No sé si lo haría bien, pero nunca recibí quejas!

Comenzando el segundo año, en marzo de 1976 fue el golpe militar. Una época que la viví con mucho miedo, recuerdo cómo muchas veces personas armadas entraban a las aulas y sacaban de manera muy violenta a algunos alumnos. Desde el primer cuatrimestre de 1976, comencé a trabajar como agregado *ad honorem* en química general I. Por ese entonces, viví muy de cerca la violencia política, recuerdo un día

que, quien luego fuera mi director de tesis doctoral, Vicente A. Macagno (<https://aargentiniapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-1-no-4-2013/>), que por entonces era profesor titular de Química General I, me llamó al momento de entrar a la facultad, para pedirme que me hiciera cargo del dictado de una comisión de seminarios, porque la auxiliar docente encargada de dicha comisión, Inés Joeques, había desaparecido. (Por suerte, muchos años después, me enteraba que estaba viva, había conseguido escapar a Brasil, donde se había radicado). Estaba fascinado al frente de una comisión de alumnos que tenían tan sólo un año menos que yo. Esto seguramente forjaría algo que me acompañó toda mi carrera profesional, la vocación por la enseñanza. A mediados de 1976, me presenté a una selección interna para acceder a un cargo de ayudante alumno categoría B. Del mismo estuvo encargado Vicente Macagno, recuerdo que resultamos ubicados en el 1er lugar del orden de mérito Ezequiel Leiva (mi compañero y amigo) y yo. Así que a partir del 1ro de agosto de 1976 accedí a este cargo por medio de esta selección interna, (¡el pasado mes de agosto cumplí 46 años de antigüedad!), esto sería un enorme alivio, ya que, aunque hoy parezca increíble, ese salario permitiría que pudiera continuar mis estudios, ya sin tener que preparar alumnos particulares. Comenzaba entonces una etapa más aliviada y con una enorme dedicación al estudio.

Al ingresar a la facultad, pensaba que iba a estudiar química biológica, pero enseguida me fascinó la aplicación de las matemáticas a la química. Para mí era una novedad, porque de lo que había aprendido de manera autodidacta, no tenía claro esta parte tan importante de

la química. Recuerdo la influencia enorme que tuvo en mí la profesora de fisicoquímica I, Teresa Iwasita, quien fue una docente brillante. Me impactaban sus clases rigurosas, pero a la vez extremadamente didácticas. Finalizada esta materia, había decidido que lo mío era la fisicoquímica, y así se fue definiendo cada vez más mi vocación. No puedo dejar de nombrar en este punto a Ana María Baruzzi, mi docente de química analítica, de quien además de aprender muchísima química y realizar complejos análisis matemáticos sobre equilibrios químicos en solución, terminaría finalmente forjando una amistad que se extendería hasta hoy, contándola entre una de mis mejores amigas.

Los años que siguieron fueron apasionantes, siempre fascinado con la aplicación de las matemáticas a la química. Los compañeros de estudio, entre quienes tuve a uno de mis mejores amigos, Ezequiel Leiva, fueron de suma importancia en mi vida tanto académica como personal, compartíamos momentos de

mucha discusión sobre ciencia, pero a la vez nos divertíamos mucho, lo cual hacía que todo fuera más ameno.

Vicente Macagno tuvo una fuerte influencia en mí cómo docente e investigador, con él me fui adentrando lentamente en el mundo de la investigación y terminaría definiendo lo que sería el tema de investigación de mi doctorado.

Durante la primera mitad del año 1979 realicé mi practicanato profesional (tesis de licenciatura) bajo la dirección de Manuel López Teijelo (Manolo, como le decimos). Fueron mis primeros trabajos de investigación en el área de electroquímica, del departamento de fisicoquímica. Manolo era un excelente docente y a la vez extremadamente divertido. Sentía que aprendía muchísimo, trabajaba con mucho entusiasmo y dedicación. En setiembre de 1979 finalmente terminaría la carrera, obteniendo el título de licenciado en fisicoquímica. Terminaba así una etapa intensa y enriquecedora.



Figura 3: Fotografía con mis compañeros de licenciatura en química con orientación fisicoquímica. De izquierda a derecha: Raúl Taccone, yo, Ezequiel Leiva y Elisabeth Santos.

■ MI CARRERA DE DOCTORADO EN LA FCQ DE LA UNC

El 01/10/1979 fui designado de manera interina, jefe de trabajos prácticos de dedicación exclusiva, en el departamento de fisicoquímica, de la FCQ. A partir del 1ro de abril de 1980, obtuve una beca doctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), el cual, juntamente con la Universidad Nacional de Córdoba financiarían toda mi carrera en investigación científica hasta el día de hoy. De esta manera comenzaba a trabajar como docente de dedicación exclusiva y becario doctoral de CONICET e iniciaba mis estudios de doctorado en fisicoquímica, bajo la dirección de Vicente Macagno. El tema de trabajo fue "Estudios del comportamiento electroquímico de electrodos de hidróxido de níquel" relacionado con las que en ese momento eran las baterías de níquel-cadmio, que estaban entre las baterías comercialmente disponibles, que ya fueron reemplazadas totalmente por las baterías de litio. El tema fue traído a Córdoba por Vicente Macagno, luego de una estadía de 6 meses que hizo en el Instituto de Investigaciones en Fisicoquímica, Teóricas y Aplicadas (INIFTA) de La Plata, bajo la dirección de Alejandro J. Arvía,¹ el padre de la electroquímica en Argentina. Tuve, de esta manera, como codirector de hecho de mi tesis doctoral a Arvía. Él venía a Córdoba a finales de cada año y yo tenía que trabajar normalmente al menos una semana en enero. Esto, en ese momento, me resultaba incómodo, porque mientras la mayoría de mis compañeros disfrutaban de las vacaciones de verano, yo tenía que trabajar parte de ellas, sin embargo, las largas reuniones con Arvía, con discusiones enriquecedoras sobre mis trabajos, las ideas que aportaba y su capacidad para escribir trabajos de investigación, resultarían en un enorme bene-

ficio para mi carrera doctoral y para mí como persona, que lo valoraría muchos años después. Mis trabajos de investigación se desarrollaron específicamente sobre el comportamiento electroquímico de películas

de hidróxido de níquel depositadas sobre electrodos de platino y carbono vítreo. En una ocasión, por un error de programación del equipo que utilizaba para hacer los estudios electroquímicos, incursioné en una



Figura 4: Fotografía con Ezequiel Leiva en Concepción, Chile. Octubre de 1980.



Figura 5: Fotografía con Ezequiel Leiva y Vicente Macagno en Concepción, Chile. Octubre de 1980.

zona de potenciales donde se electrolizaba el agua de la solución, formándose oxígeno (O_2) en el ánodo (el electrodo positivo). Fue así, por azar, que comencé a interesarme en lo que se llama la reacción de electroformación de O_2 y, adicionalmente, la reacción de electro-reducción de O_2 .² Relato esto con cierto grado de detalle, porque sería lo que definiría mi elección del laboratorio y el investigador con quien hacer mi estadía post-doctoral en el exterior, como luego relataré. En octubre de 1980 realizaría mi primer viaje fuera del país, el inicio de una serie de viajes que me llevaría a conocer una enorme cantidad de países, algo que en ese momento no podía ni imaginar. Asistimos casi todos los integrantes del grupo de electroquímica a la V Reunión Latinoamericana de Electroquímica y Corrosión, que se realizó en Concepción, Chile.

No puedo resaltar ninguna publicación en particular de esta época, sólo puedo decir que los trabajos que realicé durante mi doctorado cumplieron fundamentalmente la misión de que aprendiera a investigar, el inicio de un largo camino hacia mi formación como investigador científico.

■ MI ETAPA POST-DOCTORAL

Finalicé mi doctorado en setiembre de 1982, hace poco más 40 años.

Ya finalizado el doctorado, bajando aún en el Departamento de Físicoquímica, comencé a colaborar en la dirección de la tesis doctoral de Susana I. Córdoba, de quien Manuel López Teijelo era el director. Si bien mi colaboración no era formal, ya que no poseía cargo de profesor regular en ese momento para ser co-director, para mí comenzó otra pasión, formar recursos humanos. El tema de la tesis de Susana "Estudio de los efectos electrocatalíticos y estructurales de óxidos/hidróxidos sobre la reacción de electroformación de oxígeno" era una continuación de parte de mi tesis doctoral, aquella en la que había incursionado como consecuencia de un "error". De esta colaboración surgieron tres publicaciones conjuntas, una de las cuales resulta ser hoy una de las más citadas que tengo (Córdoba y col. 1986). Esta publicación tuvo para mí una especial importancia, ya que fui el autor del primer borrador del manuscrito. En ese momento por supuesto no había computadoras, así que recuerdo haberlo escrito manualmente con lápiz y cuando realizaba correcciones, cortaba el papel con una tijera y pegaba las partes nuevas con goma de pegar ¡Se podría asociar con el típico "cortar y pegar" actual, de los procesadores de texto!

Comenzaba por el año 1983 ya a pensar en realizar un postdoctora-

do en el exterior. Había sido tanto el entusiasmo que había tenido con mi inesperado tema de investigación sobre las reacciones de electroformación y electroreducción de O_2 , que busqué quien era en ese momento uno de los líderes mundiales en el estudio de la electroreducción de O_2 , Ernest B. Yeager, que era el director del "Case Center for Electrochemical Sciences", Case Western Reserve University, Cleveland, Ohio (EE.UU). Alertado de mi interés en realizar el postdoctorado con Yeager, Alejandro Arví, quien lo conocía personalmente, le escribió una carta haciéndole conocer mi interés. Al poco tiempo recibí una carta de Yeager invitándome a realizar mi postdoctorado en la reacción de electroreducción de O_2 sobre macrociclos de metales de transición (particularmente ftalocianinas) tratados térmicamente sobre carbono en polvo.³ Fue un momento de mucha alegría, finalmente se me daría la posibilidad de continuar perfeccionándome en investigación en el exterior en un tema que tanto me interesaba. Con esta invitación en mano, solicité una beca post-doctoral externa a CONICET.⁴ En el año 1985 me otorgaron la beca externa y partí con mi familia para Cleveland en mayo de 1985.

Al llegar a Cleveland y antes de tener mi primera reunión con Yeager, los que serían mis compañeros

RECUADRO 1

Mi hija Emilia

En marzo de 1983 nació mi hija Emilia. Hacía seis meses que yo había finalizado el doctorado. Se iniciaba una etapa personal emocionante. Mi vida personal se llenaba de alegría con esta nueva tarea de ser padre. Nada de mi vida profesional se resintió, sino todo lo contrario, la alegría de ser padre hizo más fácil y llevadero los demás aspectos de mi vida. Con nuestra llegada a Cleveland, los miedos por la adaptación de Emilia desaparecieron rápidamente. Enseguida se adaptó, tuvo una amiga del alma que concurría a la misma guardería y que era vecina, Shrutti (hija de indios) y Emilia fueron inseparables hasta que regresamos a Argentina.

de laboratorio, me comentaron algo que yo no sabía, que Yeager estaba enfermo de Parkinson. Cuando tuve mi primera reunión con él, realmente ya se notaba mucho su enfermedad. Adicionalmente a esta mala noticia, Yeager me dijo que no trabajaría en el tema que me había propuesto, sino que lo haría en el tema de electroreducción de O_2 sobre óxidos con estructura de perovskita.⁵ Esto fue en ese momento una gran decepción, pero como luego relataré, constituiría la base de lo que sería el tema al que me dedicaría el resto de mi vida científica.

Los primeros meses de mi estadía en Cleveland, tuve que dedicarme exclusivamente a estudiar muchísimo, ya que nadie en el laboratorio de Yeager tenía experiencia en el tema. Al comenzar con los primeros experimentos, me crucé por primera vez con una técnica que, como luego relataré, sería una parte importantísima en mi vida científica, la difracción de rayos x de polvos.⁶

Debo reconocer en esta parte de mi relato, la enorme ayuda que recibí de alguien que hoy es un investigador de renombre internacional, Doron Aurbach.⁷ Doron, que trabajaba con Yeager desde ya hacía un tiempo, fue quien me ayudó a encontrar un departamento para alquilar, dedicó muchas horas a esta tarea. Esto es más importante de lo que podría parecer, ya que Cleveland era una ciudad con zonas peligrosas y además poseía un clima invernal muy riguroso, por lo cual era de suma importancia conseguir un departamento con muy buena calefacción y en una zona segura. Adicionalmente, como él trabajaba en un laboratorio contiguo al que trabajaba yo, teníamos largas conversaciones sobre ciencia y la vida en general. Él era muy generoso, se preocupaba mucho por los demás. Estaba trabajando en ese momento

en baterías de litio (en un proyecto subsidiado por la *Union Carbide Corp.*), algo que con los años terminaría por convertirse en clave para el desarrollo tecnológico como hoy bien sabemos.

Conocí también a poco de llegar a Cleveland a Cristián Fierro y Pilar Herrera, quienes resultarían siendo mis mejores amigos por esos tiempos y con quienes aún hoy sigo en contacto.

Con Cristián comenzaríamos a trabajar juntos, particularmente en la técnica de Espectroscopía *Mössbauer In Situ* (EMIS)⁸ que había sido desarrollada para celdas de combustible en operación, por Daniel A. Scherson (Scherson y Col. (1984)). El trabajo con Cristián fue muy ameno, siempre se entusiasmaba mucho, me decía: “¡Qué rico! ¡Vamos a aprender cosas nuevas!” y así me fui adentrando en la técnica de Espectroscopía *Mössbauer*. En 1987 salió publicado mi primer artículo con la técnica EMIS (Fierro

y col. 1987). Paralelamente continuaban mis primeros trabajos con óxidos con estructura de perovskita. Habiendo pasado poco más de un año, había entrado en contacto con otras técnicas de caracterización de materiales además de la Espectroscopía *Mössbauer*, tales como XPS y medidas de susceptibilidad magnética. Comenzaba así a forjarse mi pasión por los materiales inorgánicos. Mi primera publicación sobre perovskitas salió en 1988 (Carbonio y col. 1988), estando ya de regreso en Argentina.

En 1986 pasaría algo extraordinario, que realmente sería determinante para que luego decidiera continuar el resto de mi carrera trabajando sobre síntesis y caracterización de óxidos con estructura de perovskita. J. G. Bednorz y K. A. Müller del *IBM Zurich Research Laboratory, Rüschlikon, Suiza*, publicaron un artículo (Bednorz y col. 1986) en el que informaban la existencia de superconductividad a alta temperatura crítica en un compuesto con estruc-



Figura 6: Fotografía tomada en 1989 en Cleveland, en la casa de Cristián Fierro, con él y su hija mayor.

tura relacionada con la perovskita.⁹ Esto produjo una enorme revolución en la ciencia, particularmente entre los físicos de la materia condensada y les mereció a estos autores el premio Nobel de física del año 1987. Recuerdo que aproximadamente a fines de 1986, se dio una conferencia en la *Case Western Reserve University* en *Cleveland* sobre este descubrimiento, y esto dejó en mí una huella imborrable, había ya decidido que, al regresar a Argentina, trabajaría en materiales inorgánicos, particularmente en perovskitas.

■ MI REGRESO A ARGENTINA – EL INICIO DE MI CARRERA COMO INVESTIGADOR CIENTÍFICO DE CONICET

En diciembre de 1987 regresé a Córdoba. El regreso no fue tan maravilloso como hubiera esperado ya que, a los tres días de haber llegado, mi hermana Esther, enfermó gravemente. Mi vida continuaba con la tristeza de esta inesperada noticia. En febrero de 1988 me reintegré a mi trabajo en el INFIQC – Departamento de Físicoquímica, de la FCQ de la UNC. Ya desde los últimos meses de trabajo en Cleveland, Vicente Macagno me decía, “acá hay una chica que está terminando la licenciatura en química, que podemos poner a trabajar en perovskitas”.

Esta chica, era Silvia L. Cuffini, quien resultaría ser la primera estudiante de doctorado en el área de química del estado sólido como le llamaríamos en ese momento al área de investigación y que más tarde terminaría por llamarse área de nuevos materiales inorgánicos. En ese momento yo no poseía cargo de profesor regular, así que no podía ejercer como director, ni codirector de tesis de manera formal. Sin embargo, tomé a mi cargo la dirección informal de la tesis doctoral de Silvia en 1989, la cual

finalizó en 1994. El director fue Vicente Macagno, a quien agradezco infinitamente haber tenido la generosidad de permitirme que se realizara esta tesis en este nuevo tema que traía de mi estadía en EE.UU. y que aportara recursos para realizar estos trabajos de investigación. Los trabajos se realizaron en condiciones absolutamente adversas, ya que no poseíamos ningún equipamiento específico para realizar este tipo de investigaciones. Recuerdo que las síntesis las realizábamos en hornos que nos prestaban en el CIM (INTI) de Córdoba. Las mediciones de difracción de rayos x las realizábamos en un viejo difractor de rayos x con electrónica a válvulas y registrador de papel, que estaba ubicado en el viejo edificio de la FAMA (UNC) en el Observatorio Astronómico de Córdoba, el cual frecuentemente no funcionaba. Las primeras medidas de caracterización las realizó Silvia en una estadía que hizo en Chile, en el Departamento de Química, Facultad de Ciencia de la Universidad de Santiago de Chile, con J. L. Gautier. La primera publicación que realizamos como parte de este trabajo salió en 1993 (Cuffini y col. 1993).

A esta altura debo realizar una reflexión: pasados varios años, pensando retrospectivamente, a este acto de comenzar con un área de investigación en la que no tenía experiencia de haber trabajado con ningún experto en el área, yo le llamaría “locura de juventud”. Hoy resultaría realmente una locura hacer esto, ya que la competencia que existe por acceder a cargos de profesor regular y para ascender en la Carrera del Investigador Científico del CONICET no lo hubiera permitido. Por suerte para mí, en ese momento éramos realmente muy pocos los que tomábamos el camino de la investigación científica y me doy cuenta ahora, que pude tomarme el lujo de cometer esta locura tal como dije, porque la competencia no era como es ahora.

En agosto de 1989 yo había accedido a un cargo de profesor adjunto DE por concurso y ya estaba en condiciones formales de ser director de tesis doctoral. En diciembre de 1990, comenzó su tesis doctoral, mi primer estudiante formal de doctorado: Horacio Falcón.



Figura 7: Fotografía con Silvia Cuffini y Mario Vázquez en el laboratorio en el INFIQC.

El tema de tesis sería todavía una especie de transición entre la electroquímica y los materiales: “Estudio de la reacción de descomposición heterogénea del peróxido de hidrógeno y su aplicación al diseño de cátodos de oxígeno”, sin embargo, el desarrollo de unos nuevos materiales muy buenos para esta reacción de descomposición del peróxido de hidrógeno y el análisis de su estructura cristalina y estabilidad ante tratamientos térmicos, condujo a una publicación que resultaría mi artículo más citado hasta el momento (Falcón y col. 1997). Estaba ya en marcha el área de química de nuevos materiales inorgánicos. Luego siguió Silvana Pagola, ella comenzó su tesis doctoral en diciembre de 1993 y fue realmente la primera en desarrollarse exclusivamente sobre nuevos materiales inorgánicos. Siguieron luego, entre 1996 y 2009, Luis Reinaudi, Vivian Nassif, Juan De Paoli, Elisa Pannunzio-Miner y Valeria Fuertes.

Resulta imposible, por cuestiones de espacio, describir con detalle los trabajos de todos los estudiantes de doctorado que dirigí, los cuales hasta el momento son 19 de manera formal (15 dirigidos y 4 co-dirigidos), más el trabajo de tesis de Silvia Cuffini como dije antes, de manera informal. Todos los trabajos resultaron apasionantes, entretenidos, todos excelentes estudiantes de doctorado, de quienes aprendí muchísimo y con quienes compartí momentos muy lindos.

En 1990 fui invitado por Francisco “Paco” De La Cruz (<https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-1-no-1-2013/>), director por ese entonces del Laboratorio de Bajas Temperaturas del Centro Atómico Bariloche a realizar una pasantía de 45 días, para dictar seminarios sobre óxidos



Figura 8: Fotografía de Horacio Falcón (mi tesista número 1) y Silvana Pagola (mi tesista número 2) en nuestro laboratorio.



Figura 9: Fotografía con mis 5 siguientes estudiantes de doctorado. De izquierda a derecha: Yo, Juan De Paoli, Vivian Nassif, Luis Reinaudi, Valeria Fuertes y Elisa Pannunzio-Miner.



Figura 10: Fotografía tomada durante la despedida del año 2014, del grupo de nuevos materiales inorgánicos. De izquierda a derecha: 1º) Cecilia Blanco; 2º) Diana Arciniegas Jaimes; 5º) Juan De Paoli; 7º) Yo; 8º) Mi esposa Olga María; 9º) Fernando Pomiro; 10º) Elisa Pannunzio-Miner; 12º) Juan Pablo Bolletta.

RECUADRO 2

Mi colaboración con el grupo de la Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia de la Universidad Nacional de Tucumán

Durante el XX Congreso Argentino de Química realizado en Córdoba en Noviembre de 1994, vi un póster en el que se presentaban resultados sobre nitroprusiato de bario, en el cual el autor principal era Pedro Aymonino. Allí fue que conocí a María Inés Gómez, la primera autora, que en ese momento estaba en el primer año de su tesis doctoral, en la Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia, de la Universidad Nacional de Tucumán, dirigida por Pedro Aymonino. Yo me acerqué para decirle que si se trataba térmicamente ese nitroprusiato de bario se podría obtener la perovskita $BaFeO_3$ a relativamente bajas temperaturas. Esto fue el inicio de una colaboración en la cual la tesis doctoral de María Inés rápidamente incluyó el tema de síntesis de perovskitas por descomposición térmica de complejos inorgánicos. Luego de finalizada la tesis doctoral de María Inés, fui director de la tesis doctoral de Carolina Navarro y co director de la tesis doctoral de Diego Gil. En total de estas colaboraciones resultaron 19 publicaciones. Estos trabajos fueron fascinantes, ya que se incorporaba a mi línea de investigación la síntesis de compuestos de coordinación y el estudio de su descomposición térmica. Realicé varias estadias de investigación en Tucumán en varias de las cuales también me acompañó mi esposa Olga. Como en todos los casos, pasamos momentos muy lindos y disfruté mucho de los trabajos. Quedamos con una linda relación de amistad con todos.

RECUADRO 3

Mi colaboración con el grupo de la Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia de la Universidad Nacional de San Luis

En 1998 lo conocí a José "Lito" Pedregosa (<https://aargentinpencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-8-no-3-2020/>), de la Universidad Nacional de San Luis. En su grupo estaban trabajando en perovskitas desde hacía bastante tiempo. Inmediatamente comenzamos a trabajar en colaboración. De esta colaboración resultaron dos co direcciones de tesis doctorales, María del Carmen "Pichi" Viola y Rubén Pinacca, y 13 publicaciones. Fue un enorme gusto realizar esta colaboración, que incluyó varias estadías mías con el acompañamiento de mi esposa Olga en San Luis, algunas de ellas en la casa de campo de la querida Pichi que ya no está entre nosotros, la extrañamos mucho.

con estructuras de perovskita y simultáneamente realizar experimentos con superconductores de alta temperatura crítica, aquellos que habían sido objeto del premio Nobel de Física de 1987, los cupratos superconductores. En esa época, los físicos estaban muy interesados en discutir con un químico sobre las estructuras y los métodos de síntesis de estos compuestos, por lo cual fueron mutuamente gratificantes estos intercambios de ideas que realizamos por ese entonces con todos los integrantes del laboratorio de bajas temperaturas. Fue muy especial para mí la relación que establecí con Julio Guimpel y Gladys Nieva, dos integrantes de ese laboratorio, con quienes forjé no sólo una colaboración profesional, sino que también una amistad que se mantuvo hasta el presente.

Esta relación no sólo tuvo importancia por sí misma, sino que, junto con mis trabajos en colaboración con Rodolfo Sánchez (cómo luego relataré), fue el inicio de mi relación con los físicos de la materia condensada, de quienes tanto aprendería y sin quienes hoy no sería quien soy en investigación científica.

Hubo una etapa, pasados los primeros años de investigación en sólidos inorgánicos, en la cual me



Figura 11: Fotografía tomada en ocasión de una cena a orillas del Lago Nahuel Huapi en San Carlos de Bariloche. De izquierda a derecha: Yo, Julio Guimpel, Gladys Nieva, Patricia Satti y mi esposa Olga María.

resultaba imperioso conseguir subsidios para investigación para afrontar los gastos que requería en mi nueva línea de investigación. Debo realizar un reconocimiento a Paco de la Cruz, con quien en ese momento solicitamos un subsidio a CONICET para que yo comenzara con mis trabajos sobre superconductores, del cual él fue el director. El subsidio fue aprobado y Paco tuvo la generosidad de permitirme que yo lo utilizara completamente para mis trabajos que realizaría en Córdoba.

Otra fuente inestimable de recursos para investigación provino de la Fundación Antorchas.¹⁰ Entre los años 1992 y 2002 me otorgaron 8 subsidios por un monto total de alrededor de USD 65.000. Estos subsidios me permitieron comprar equipamientos importantísimos para poder establecer mi propia línea de investigación en el área de nuevos materiales inorgánicos. Desde ya que también recibí subsidios importantes de otras agencias de apoyo a la investigación como el FONCYT, CONICET y la SECYT-UNC.

■ MI POSTDOCTORADO “EN CUOTAS”. LA CONSOLIDACIÓN DEL ÁREA DE NUEVOS MATERIALES INORGÁNICOS

Como expliqué anteriormente, al no haber realizado ningún postdoctorado en un grupo de investigación en materiales inorgánicos, mis primeros años de investigación en esta nueva área se desarrollaron con cierta dificultad ya que realizaba los trabajos sin tener formación específica en materiales. Sería en 1993 que se produciría un hecho fortuito que cambiaría totalmente la orientación de mis trabajos. Ese año fui invitado a dictar una conferencia en el *Latin American Inorganic Chemistry Meeting* en Santiago de Compostella (España). El congreso se desarrolló en setiembre de 1993. Era la primera vez que viajaba a Europa. Además de la conferencia que dicté, presenté un póster con parte de los resultados. Durante esta presentación se acercó José Antonio Alonso, quien trabajaba en Madrid, en el Instituto de Ciencias de Materiales de Madrid (ICMM-CSIC). Conversamos media hora sobre nuestros trabajos e intercambiamos direcciones de emails. Al regresar a yo Córdoba y él a Madrid, comenzamos a planificar la presentación de un proyecto de cooperación internacional entre CONICET y el CSIC de España. El proyecto fue aprobado en 1995, por el término de dos años. Se iniciaba

así una larga serie de proyectos de cooperación y de viajes que realizaría al ICMM para realizar trabajos de investigación sobre nuevos materiales inorgánicos, muy especialmente sobre perovskitas, que era uno de los temas en los que José Antonio era un especialista. Había encontrado por azar, quizás, al investigador más adecuado para perfeccionarme en el tema que había encarado a mi regreso de USA. Estas estadías serían en la práctica mis pequeños “postdoctorados” en un grupo de

materiales inorgánicos de renombre internacional.

Con José Antonio no sólo aprendí muchísimo sobre materiales inorgánicos, sobre la técnica de difracción de neutrones de polvos¹¹ y sobre la síntesis de materiales inorgánicos a altas presiones,¹² sino que encontré en él, a uno de mis mejores amigos dentro de mi profesión, lo que continúa siendo hasta el presente, a pesar de que hace ya muchos años que no nos vemos personalmente.



Figura 12: Fotografía tomada en el laboratorio de José Antonio Alonso en el ICMM-CSIC, en diciembre de 2004. De izquierda a derecha: María Jesús Martínez-Lope, yo, Cristina de la Calle y José Antonio Alonso.

RECUADRO 4

Mi compañera de vida

En Setiembre de 1997 conocí a mi actual esposa, mi compañera de vida, Olga María. Enseguida comenzamos a ir juntos a algunos de mis estadías en laboratorios del exterior. La primera vez fue uno de los viajes a Madrid. Olga enseguida se integró con todos y cada uno de mis colegas, estableciendo relaciones de amistad que hicieron que estos viajes fueran mucho más amenos. Los fines de semana, solíamos hacer turismo en los alrededores de la ciudad en la que yo estaba trabajando. También me acompañó a numerosos congresos, donde se relacionó con muchos de mis colegas, estableciendo también con algunos de ellos relaciones de amistad. ¡Se la puede ver en varias de las fotografías que muestro!

Debo remarcar además la amistad con su esposa Blanca y las compañeras de laboratorio de esa época, María Jesús Martínez-Lope y María Teresa Casais, amistad que incluye a mi esposa Olga María, quien me acompañó en dos de los múltiples viajes realizados a España.

Como resultado de esta colaboración, se formularon hasta el momento 24 publicaciones científicas, entre las cuales se encuentra la segunda más citada de mis publicaciones hasta el momento (Viola y col. 2002). Le guardo un afecto muy especial a esta publicación realizada en colaboración con Lito Pedregosa (<https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-8-no-3-2020/>), ya que fue una idea original mía sobre un potencial material magnetorresistente,¹³ la que llevé a la práctica específicamente realizando gran parte del trabajo experimental de manera personal en Madrid, y en el transcurso del cual se llevaron adelante todas las etapas del diseño y síntesis de nuevos materiales inorgánicos, las cuales describí recientemente en una conferencia que dicté el año 2021 en la Academia Nacional de Ciencias,¹⁴ a la cual me referiré más adelante. Es muy importante remarcar que se iniciaba para mí una etapa de mi carrera profesional en la cual me convertiría poco a poco en un experto en difracción de neutrones de polvos (DNP), gracias a José Antonio, quien resulta ser hoy uno de los tres investigadores que más publicaciones tienen con esta técnica en todo el mundo. Gracias a él, comencé a realizar experimentos en el *Institut Laüe-Langevin*, Grenoble (Francia) en 1995. Para la realización de experimentos en esta institución es necesario presentar un proyecto de investigación el cual debe ser aprobado. Al principio me presentaba de manera conjunta

con él, hasta que luego de adquirir experiencia comencé a presentar proyectos sólo con mis estudiantes de doctorado. El primer viaje lo realicé en 1995.

Fue apasionante estar en un reactor nuclear de investigación, realizando experimentos de semejante envergadura. Había que utilizar los neutrones las 24 horas al día, ya

que los tiempos que se nos otorgaba normalmente eran de entre 24 y 72 horas. El primer día pretendí realizar un experimento cada 8 horas, pero, entre que terminaba de montar la muestra, me iba al dormitorio de la residencia del ILL y trataba de dormir, para luego levantarme para el siguiente experimento, ¡el resultado fue que no dormí durante dos días completos! Obviamente desde



Figura 13: Fotografía tomada en el difractómetro de neutrones de polvos D2B, del Institut Laüe-Langevin, Grenoble, Francia, en 1995.

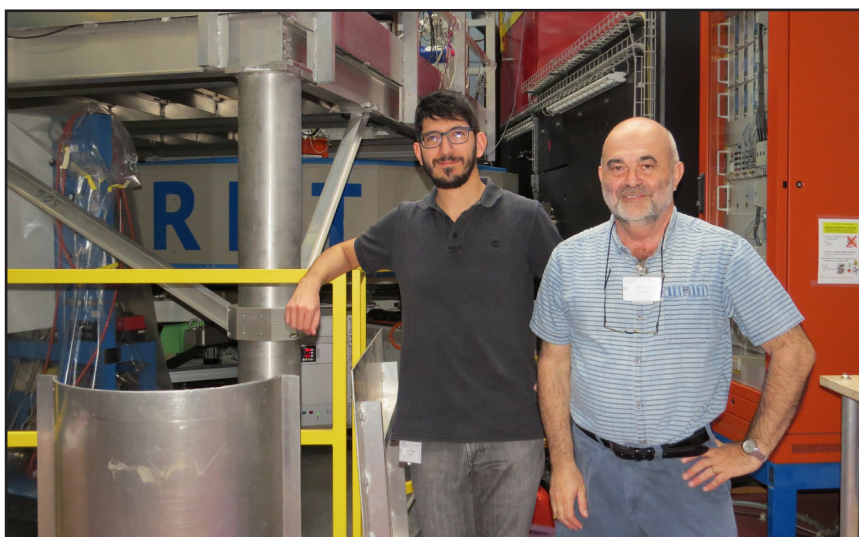


Figura 14: Fotografía tomada en julio de 2017 en el difractómetro de neutrones de polvos HRTP del Paul Scherrer Institut, Villigen, Suiza, con Juan Pablo Bolletta.

la siguiente vez que tuvimos experimentos para realizar siempre iban dos personas que se turnaban para realizar los mismos.

Ya más recientemente, comenzamos a realizar experimentos de DNP en el *Paul-Scherrer Institut*, Villigen (Suiza). En nuestro primer proyecto en este laboratorio fuimos con uno de mis últimos estudiantes de doctorado, Juan Pablo Bolletta.

Casi todos mis estudiantes de doctorado fueron a realizar experimentos al ILL, Grenoble, (Francia) o al PSI, Villigen. Tengo el orgullo de decir que actualmente, una de mis ex estudiantes de doctorado, Vivian Nassif, es la responsable del difractor D1B en el ILL.

Volviendo a mi viaje a Santiago de Compostela, en 1993, visité también a Rodolfo Sánchez, quién en ese momento estaba haciendo un trabajo de postdoctorado en la Facultad de Física de la Universidad de Santiago de Compostela. Conocía a Rodolfo desde que había pasado por nuestra Facultad de Ciencias Químicas. Le di clases de Química General I, era un alumno brillante. Al finalizar la licenciatura se fue al Instituto Balseiro a realizar el Doctorado en Física. Con Rodolfo no sólo teníamos una relación de trabajo sino también de amistad y no sólo con él sino también con su esposa Astrid.

En Santiago de Compostela tuvimos oportunidad de planear nuestros futuros trabajos en colaboración, los cuales se han extendido hasta el momento y han dado como resultado un total de 18 publicaciones. Actualmente, la última alumna de doctorado que finalizó su doctorado bajo mi dirección, Florencia E. Lurgo, se encuentra realizando un postdoctorado con Rodolfo, en el Instituto de Nanociencia y Nano-

tecnología del cual él mismo es el director.

■ MIS ESTADÍAS EN GRUPOS DE INVESTIGACIÓN DEL EXTERIOR – MI CONSOLIDACIÓN COMO INVESTIGADOR.

Desde el año 2007 y hasta 2019 realicé numerosas estadías de investigación en diversos centros de

nivel internacional. En 2007 obtuve financiamiento del Proyecto de Cooperación Iberoamericana en Materiales (CIAM), gracias al cual pude trabajar con Andrea Paesano Jr. en la Universidad de Maringá, en Brasil y con Daniel Serafini en la Universidad de Santiago de Chile. En 2012 obtuve un proyecto de cooperación internacional FONCYT-CONACYT, para trabajar con Edilso Reguera,



Figura 15: Fotografía tomada en Santiago de Compostela, España, en 1993. Con Rodolfo Sánchez, su esposa Astrid y su hijo mayor.



Figura 16: Fotografía tomada en la primera visita que realizó Florencia Lurgo a Córdoba luego de irse a realizar el postdoctorado con Rodolfo Sánchez. De izquierda a derecha: Juan De Paoli, yo, Florencia Lurgo, Valeria Fuertes, Alejandro Menzaque y Manuel Vivas Arellano (mi tesista número 20).

del CICATA-IPN, en México (DF). En algunos de mis viajes a Brasil y a México, me acompañó mi esposa Olga María, haciendo de esta manera que estos viajes no sólo fueran de trabajo sino también en parte de placer. Todos los colegas con los que trabajé fueron excelentes anfitriones y hemos mantenido desde entonces relaciones de amistad.

En el año 2015, como consecuencia de un dictamen que recibí en relación a mi solicitud de promoción a la categoría de Investigador Superior (que fue rechazada en ese momento) en la cual se criticaba la no existencia de convenios de cooperación internacional al momento de la solicitud, entre otras cosas, decidí buscar en Francia, entre los mejores institutos de investigación de Europa en el área de materiales inorgánicos, a un investigador que trabajara en los temas que a mí me interesaban en ese momento. La búsqueda la realicé en la base de datos SCOPUS y el resultado fue contundente: Antoine Maignan del instituto CRISMAT del CNRS, perteneciente a la Universidad de Caen, Normandía, era el indicado. Recuerdo que le escribí un email, pensando que llevaría tiempo establecer el contacto sin embargo en menos de 12 horas recibí respuesta afirmativa de Antoine, la cual firmó "Saludos, Antonio". Esto ya mostraba la personalidad de Antoine, como una persona muy humana y con una valoración muy importante por Argentina. Mi primer viaje lo concreté en setiembre de 2016. Al llegar, él personalmente me había ido a buscar a la estación de tren. Me encontré con un instituto de investigaciones como nunca había conocido antes, particularmente por lo exclusivamente dedicado a los materiales y a la cristalografía, por la enorme cantidad y variedad de equipamientos y la cantidad de técnicos altamente capacitados que atendían todos y cada uno

de estos equipos. Enseguida conocí a Christine Martin, quien además de una excelente científica, actuaba según lo definido por mi esposa como "una mamá". Nos arreglaba absolutamente todo para que tuviéramos una estadía excelente y comfortable. Digo nos arreglaba, porque de las cuatro estadías que realicé (una por año entre 2016 y 2019) en dos viajé

con mi esposa Olga María. Sería imposible describir en detalle todo lo vivido en esos cuatro años, tanto en lo profesional como en lo personal.

Considero estos años como los más productivos de toda mi carrera académica, tanto en cantidad como en calidad desde el punto de vista científico. Un artículo en particular



Figura 17: Fotografía tomada en 2015, durante mi viaje a México DF a trabajar en el CICATA-IPN. A mi derecha Edilso Reguera y a la izquierda mi esposa Olga María. Los demás son integrantes del grupo de investigación de Edilso.



Figura 18: Fotografía tomada con Antoine Maignan y Christine Martin, en un restaurante en Normandía, Francia, a orillas del Canal de la Mancha.

(Pomiro y col. 2016), realizado con la inestimable colaboración de Antoine y Christine, donde estudiamos el fenómeno de la reorientación de espín¹⁵ en perovskitas, es actualmente el de mayor tasa de crecimiento en el número de citas, lo cual pronostica que, en breve, podrá ser mi artículo más citado. Tenemos hasta el momento ocho artículos publicados con Antoine y Christine y continuamos trabajando en colaboración de manera muy intensa. Debo remarcar que, en enero de 2017 ascendí a la categoría de Investigador Superior de CONICET, la máxima categoría a la cual se puede aspirar como investigador científico en nuestro país, esto fue una de las mayores satisfacciones de mi carrera académica.

Cuando ya no esperaba nada más y pensaba que ya lo había obtenido todo, en el año 2021, me comunicaron desde la Academia Nacional de Ciencias (Córdoba) que me nombrarían Académico. El acto se concretó el 27 de agosto de 2021, durante el cual dicté la conferencia: "El diseño de nuevos materiales inorgánicos: un camino desde la química inorgánica hasta la física de la materia condensada". El reconocimiento expresado por colegas y amigos fue como una caricia al alma.

Considero todo esto último como la coronación de un intenso trabajo que tuve que realizar desde cero, comenzando a trabajar en 1988 sin ningún equipamiento específico del área de materiales inorgánicos, casi sin conocimientos sobre el tema, debiendo obtener recursos para comprar equipamientos, consumibles, reparar equipos y comprar repuestos. Obtener recursos para cooperación científica con grupos

de alto nivel del exterior, para perfeccionarme y permitir a mis discípulos perfeccionarse. Obtuve en este largo camino no sólo una sólida formación como investigador científico, como docente universitario de grado y postgrado, sino también conocí a grandes amigos que adicionalmente son grandes científicos, aprendí mucho de inglés y algo de portugués y conocí 14 países, lo cual me enriqueció infinitamente. El grupo de investigación se consolidó fundamentalmente en el diseño de nuevos materiales inorgánicos y en cristalografía de polvos. A pesar de que muchas etapas fueron duras, muchas otras fueron maravillosas. Con esfuerzo, disciplina, pasión y mucho estudio se puede lograr todo esto y mucho más. No cambiaría ni una sola cosa de este camino que recorrí.

■ BIBLIOGRAFÍA

Bednorz, J. G.; Müller, K. A. (1986) "Possible high T_c superconductivity in the Ba-La-Cu-O System", *Zeitschrift für Physik B Condensed Matter*, 64, 189-193

Carbonio, R. E.; Fierro, C.; Tryk, D.; Scherson, D.; Yeager, E. (1988) "Perovskite type oxides: oxygen electrocatalysis and bulk structure", *Journal of Power Sources* 22, 387-398.

Córdoba, S. I.; Carbonio, R. E.; López Teijelo, M.; Macagno V. A. (1986) "The electrochemical response of binary mixtures of hydrous transition metal hydroxides co-precipitated on conducting substrates with reference to the oxygen evolution reaction", *Electrochimica Acta* 31, 1321-1332.

Cuffini, S.L.; Macagno, V.A.; Carbonio, R.E., Melo, A.; Trollund, E.; Gautier, J.L. (1993) "Crystallographic, magnetic and electrical properties of SrTi_{1-x}Ru_xO₃ perovskite solid solutions", *Journal of Solid State Chemistry* 105, 161-170.

Falcón, H.; Goeta, A. E.; Punte, G.; Carbonio, R. E. (1997) "Crystal Structure Refinement and Stability of LaFe_xNi_{1-x}O₃ Solid Solutions", *Journal of Solid State Chemistry* 133, 379-385.

Fierro, C., Carbonio, R. E.; Scherson, D.; Yeager, E. B. (1987) "Electrochemistry of iron oxides: An in situ Mössbauer study", *Journal of Physical Chemistry* 91, 6579-6581.

Pomiro, F.; Sánchez, R. D.; Cuello, G.; Maignan, A.; Martin, C.; Carbonio, R. E. (2016) "Spin reorientation, magnetization reversal, and negative thermal expansion observed in RFe_{0.5}Cr_{0.5}O₃ perovskites (R = Lu, Yb, Tm)", *Physical Review B* 94, 134402-134410.

Scherson, D. A.; Fierro, C.; Yeager, E. B.; Kordesch, M. E.; Eldridge, J.; Hoffman, R. W.; Barnes, A., J. (1984) "In situ Mössbauer spectroscopy on an operating fuel cell", *Journal of Electroanalytical Chemistry* 169, 287-302.

Viola, M.C.; Martínez-Lope, M.J.; Alonso, J.A.; Velasco, P.; Martínez, J.L.; Pedregosa, J.C.; Carbonio, R.E.; Fernández-Díaz, M.T. (2002) "Induction of Colossal Magnetoresistance in the Double Perovskite Sr₂CoMoO₆", *Chemistry of Materials* 14, 812-818.

■ NOTAS

- 1 Para una semblanza de Alejandro J. Arvía, ver sección *Semblanzas homenajes* en la página web de AAPC: <https://aargentinapciencias.org/alejandro-jorge-arvia-1928-2021/> [NdE]
- 2 Esta última, es una reacción de suma importancia en las que se denominan “celdas de combustible”, en las cuales la oxidación de un combustible, por ejemplo, hidrógeno (H_2), se combina con el O_2 , para formar agua y generar electricidad.
- 3 En ese momento, mediados de la década de 1980, estaba en boga el estudio de la reacción de electroreducción de O_2 sobre macrociclos de metales de transición tratados térmicamente sobre carbono en polvo (*Shawinigan Black, Activated Carbon, Vulcan carbon, etc.*). Se pensaba en ese momento que estos macrociclos (de Fe, Co, Ni, etc.) se descomponían sobre la superficie del carbón para formar óxidos de estos metales de transición los cuales descomponían el peróxido de hidrógeno que resultaba de la electroreducción de O_2 sobre la superficie del carbono, haciendo que la reacción de electroreducción de O_2 fuese más eficiente.
- 4 En esa época, CONICET otorgaba becas postdoctorales en el exterior. Esto era un enorme esfuerzo para el estado argentino, ya que se trataba de un salario de un monto enorme, cerca de USD 1200 por mes, para una familia de tres personas. Siempre valoré muchísimo esto, algunos años después se dejaron de otorgar y nunca más volvieron a existir.
- 5 Las perovskitas, de fórmula general ABO_3 , tienen una estructura basada en el empaquetamiento compacto de cationes A (cationes grandes tales como alcalino térreos (Ba^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+}), Pb^{2+} o Bi^{3+} o lantánidos (Ln^{3+})) con aniones O^{2-} y con cationes B (generalmente, cationes de metales de transición) ocupando los sitios intersticiales octaédricos. Esta familia estructural es considerada la más versátil y como tal, la que tiene en la actualidad más compuestos, siendo el número de potenciales nuevos compuestos prácticamente infinito.
- 6 La técnica de difracción de rayos x de polvos es fundamental en la caracterización de compuestos sólidos cristalinos, permite no sólo la identificación de compuestos que ya hayan sido reportados, sino que también permite determinar la estructura cristalina de compuestos nuevos, que no hayan sido reportados previamente. En ese momento en el *Case Center for Electrochemical Sciences*, había un difractómetro de rayos x viejo, con electrónica a válvulas y con registrador de papel, una reliquia. Así fue como tuve mis primeras experiencias con esta técnica. Debo mencionar, además, que con el tiempo me fui perfeccionando en esta técnica de manera autodidacta, hasta llegar a ser un experto, habiendo dictado numerosos cursos sobre el “Refinamiento de Estructuras Cristalinas por Difracción de Polvos” en Brasil, Chile, México, Italia y en diversas universidades en Argentina.
- 7 Doron Aurbach es un investigador que trabaja actualmente en el área de baterías de litio, en *Bar Ilan University*, en Israel, tiene actualmente más de 700 publicaciones y con más de 70.000 citaciones, algo realmente impresionante.
- 8 La espectroscopía Mössbauer es una técnica hiperfina basada en la absorción y emisión resonante de radiación gamma por el núcleo de un átomo. En el caso particular del hierro, se utiliza una fuente de ^{57}Co , isótopo radiactivo del Co, que tiene una vida media de 270 días, y produce por desintegración radiactiva ^{57}Fe , con el núcleo en el primer nivel excitado. Este emite un fotón, que puede ser absorbido por el ^{57}Fe que contiene la muestra bajo estudio. Como el haz de radiación gamma es extremadamente monocromático, para que pueda ser absorbido por la muestra, la fuente emisora se mueve hacia atrás y adelante, y esta energía cinética entregada al fotón emitido (efecto Doppler) permite que en el rango de velocidades (normalmente entre -10 y +10 mm/s) se obtenga absorción (Efecto Mössbauer).
- 9 La superconductividad es un fenómeno por el cual, por debajo de una cierta temperatura, llamada “temperatura crítica”, el material pierde toda resistencia al paso de la corriente eléctrica. Este fenómeno permite que se pase una corriente eléctrica por este material sin que se disipe calor por efecto Joule. Esto puede tener consecuencias importantísimas desde un punto de vista aplicado, ya que, por ejemplo, se pueden construir electroimanes por los que circulan altas corrientes tal que produzcan campos magnéticos muy altos (como los que poseen los equipos de Resonancia Magnética Nuclear, utilizados para realizar imágenes para diagnóstico médico) sin que se caliente y eventualmente funda el material del alambre por el cual circula la corriente.
- 10 La Fundación Antorchas fue una organización sin fines de lucro que se estableció en Argentina, entre 1985 y 2006. Fue una organización absolutamente independiente de grupos empresarios y/o políticos y se dedicó muy especialmente a subsidiar proyectos de investigación presentados por jóvenes investigadores. Entre 1992 y 2002 obtuve 8 subsidios por un monto de más de USD

65.000. Si bien he obtenido de otras instituciones subsidios muy importantes, remarco estos de Fundación Antorchas, ya que por la edad que tenía en esos años y por tratarse de una nueva línea de investigación, sin ningún otro grupo que pudiera acompañarme en estos pedidos, me hubiera resultado muy difícil y hasta imposible comprar equipamiento específico que fue fundamental para consolidar mi grupo de investigación.

11 La difracción de neutrones de polvos es una técnica que tiene enormes ventajas sobre la de difracción de rayos x de polvos. El neutrón tiene espín y consecuentemente momento magnético, éste interactúa con una estructura magnética para producir un patrón de difracción característico de la disposición espacial de los momentos magnéticos de los iones que componen el material. Por otra parte, el factor de dispersión o longitud de *scattering* no varía monótonamente con el número atómico como si lo hace el factor de dispersión de rayos x, con lo cual se pueden diferenciar elementos vecinos en la tabla periódica. Esto la

convierte en una técnica poderosísima para caracterizar óxidos magnéticos.

12 José Antonio contaba ya desde mi primer viaje al ICMM con un horno de alta presión isostática, para realizar síntesis a altas presiones de hasta 3.5 GPa. Esta es una herramienta de síntesis con la cual se cuenta en muy pocos laboratorios en el mundo, y por lo tanto es un instrumento de muy alta competitividad. Fue apasionante imaginar materiales inorgánicos que luego pudieran ser sintetizados en este horno tan especial.

13 La magnetorresistencia es una propiedad por la cual, si un material es sometido a un campo magnético, su resistencia al paso de la electricidad cambia, particularmente, disminuye en general. Este tipo de materiales se utiliza en los cabezales lectores de discos duros magnéticos.

14 Imaginar un nuevo compuesto inorgánico usando la "intuición química". Imaginar que tenga una determinada estructura (perovskita, espinela, tipo CdI_2 , tipo $CdCl_2$, etc.).

Se tienen en cuenta los radios iónicos, estados de oxidación, fórmula química, estabilidad de los estados de oxidación en la atmósfera utilizada, electronegatividad de los elementos que forman el compuesto, etc. Imaginar que tenga determinadas propiedades físicas: Conductividad eléctrica, propiedades magnéticas, magnetorresistencia, magnetoelectricidad, etc. Intentar la síntesis e identificar el compuesto con difracción de rayos x de polvos. Si el compuesto se sintetiza exitosamente, estudiar la estructura por medio de difracción de Rayos X o de neutrones de polvos y estudiar sus propiedades físicas.

15 La reorientación de espín es un fenómeno que ocurre con un cambio de temperatura, cuando los momentos magnéticos de espín rotan con respecto a un eje cristalográfico. En el caso de las perovskitas, de fórmula $LnMO_3$, este fenómeno se produce por la interacción del ferromagnetismo débil de la subred de los metales de transición M, con el campo magnético medio del lantánido magnético (Ln).