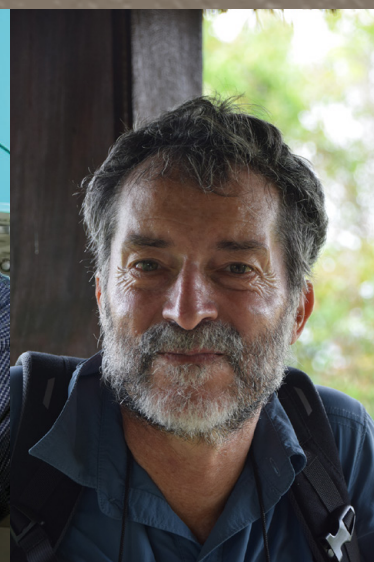
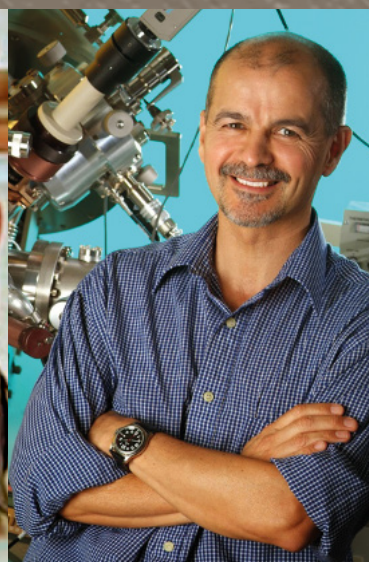


Ciencia e Investigación

Reseñas

CeI
Reseñas

Nueva serie / Autobiografías de prestigiosos investigadores argentinos



NUEVA SECCIÓN TODAVÍA CONTAMOS

Autores de reseñas pasadas reflexionan nuevamente y prestan nuevos testimonios



LOS RECIENTES DIEZ AÑOS

■ Pablo Miguel Jacovkis

Amigos y colaboradores de la AAPC



Contribuciones de años anteriores

HEXAGON



EDITOR RESPONSABLE

Asociación Argentina para el
Progreso de las Ciencias (AAPC)

CUERPO EDITORIAL CEI RESEÑAS

Miguel A. Blesa y Pablo von Stecher (Editores
en Jefe);
Sara Aldabe Bilmes (Química);
María Cristina Añón (Alimentos);
Miguel de Asúa (Historia y Filosofía
de la Ciencia);
Silvia Braslavsky (Química);
Raúl Carnota (Matemáticas Aplicadas
e Historia de las Ciencias);
Juan José Cazzulo (Bioquímica);
Esteban Hasson (Biología);
Ester Susana Hernández (Física);
Gilberto Gallopín (Ecología);
Miguel Laborde (Tecnología);
Ursula Molter (Matemáticas);
Víctor Ramos (Geología);
Guillermina Tiramonti (Educación);
Catalina Wainerman (Sociología y
Educación Superior).

EDITORES REGIONALES

Edgardo Cutín (Tucumán).

ASISTENCIA TÉCNICA

Gabriel Martín Gil (diagramación y
administración web)
Ana Gabriela Blesa (secretaría Reseñas)

CIENCIA E INVESTIGACIÓN

Primera Revista Argentina
de información científica.
Fundada en Enero de 1945.
Es el órgano oficial de difusión de
La Asociación Argentina para el
Progreso de las Ciencias.
A partir de 2012 se publica en dos
series, Ciencia e Investigación
y Ciencia e Investigación Reseñas

Av. Alvear 1711, 4° piso, (C1014AAE)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires,
Argentina.
Teléfono: (+54) (11) 4811-2998
Registro Nacional de la Propiedad
Intelectual N° 82.657. ISSN 2314-3134.

Lo expresado por los autores o anunciantes,
en los artículos o en los avisos publicados es
de exclusiva responsabilidad de los mismos.

SUMARIO

EDITORIAL

Cerramos un año difícil 3

ARTÍCULOS

Semblanza de Orlando Mario Alfano por **María Lucila Satuf** 5
Investigación científica y docencia desde la ingeniería
química ambiental
Orlando Mario Alfano 7

Semblanza de Ricardo José Borla por **José G. Viramonte** 23
La intersección de Ciencia y Tecnología ¿Condición necesaria como
parte de un desarrollo sustentable de nuestro país?
Ricardo José Borla 25

Semblanza de Daniel E. Resasco por **Walter E. Alvarez** 46
De la pampa verde argentina a la tierra colorada de Oklahoma
Daniel E. Resasco 48

Semblanza de Eduardo Domínguez por **Hugo Rafael Fernández** 64
Entomología, agua, sociedad, economía... o cómo tiene que ver
con todo
Eduardo Domínguez 66

Semblanza de Roberto D. Martino por **Aldo A. Bonalumi** 84
Una vida de trabajo y estudio dedicada a la geología
Roberto D. Martino 86

TODAVÍA CONTAMOS

**Autores de reseñas pasadas reflexionan nuevamente y prestan
nuevos testimonios**

Los recientes diez años
Pablo Miguel Jacovkis 113

INSTRUCCIONES PARA LA PREPARACIÓN DE MANUSCRITOS 119

Ciencia e Investigación se publica on line en la página
web de la Asociación Argentina para el Progreso de las
Ciencias (AAPC)
www.aargentinapciencias.org

Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias

COLEGIADO DIRECTIVO

Presidente
Ester Susana Hernández

Vicepresidente
César Belinco

Secretaria
Alicia María Sarce

Prosecretaria
Ana María Puyó

Tesorero
Alberto Antonio Pochettino

Protesorera
Graciela Noemí Balerio

Miembros Titulares
Paula Alonso
Miguel Angel Blesa
Lidia Herrera
Mario A.J- Mariscotti
Ursula María Molter
Ernesto Podestá
Luis Alberto Quesada Allué
Fernando Stefani

Miembros Institucionales:
Asociación Argentina de Astronomía (AAA)
Laura Suad

Asociación Argentina de Investigación Físicoquímica (AAIFQ)
Mariano Correa

Sociedad Argentina de Genética (SAG)
Angela R. Solano

Miembros Fundadores
Bernardo A. Houssay – Juan Bacigalupo – Enrique Butty
Horacio Damianovich – Venancio Deulofeu – Pedro I. Elizalde
Lorenzo Parodi – Carlos A. Silva – Alfredo Sordelli – Juan C. Vignaux –
Adolfo T. Williams – Enrique V. Zappi

AAPC
Avenida Alvear 1711 – 4° Piso
(C1014AAE) Ciudad Autónoma de Buenos Aires – Argentina
www.aargentinapciencias.org

CERRAMOS UN AÑO DIFÍCIL

El cuarto número del volumen 12 de *Reseñas* es especial en varios sentidos. Para empezar cierra un año muy negativo para el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación, año testigo de un intento de destrucción sistemática de las instituciones de ciencia y tecnología que costó mucho construir. La resiliencia del sector está puesta a prueba, y el próximo año será crucial para su supervivencia.

Como una especie de imagen de la rica y compleja variedad de las trayectorias de los investigadores y tecnólogos, en este número hemos reunido las reseñas de tres ingenieros químicos de trayectorias muy diferentes, que sirven tal vez de alegoría y de diagnóstico de la realidad argentina del sector.

Orlando “Cacho” Alfano nos describe los desarrollos que realiza en Santa Fe sobre reactores fotoquímicos y solares, continuando y afianzando la línea generada por Alberto Cassano, interesada en poner racionalidad en reemplazo de empirismo en el diseño de esos reactores. Su visión es pues fuertemente académica, aunque los resultados de sus aplicaciones pueden tener importantes consecuencias prácticas.

Daniel Resasco estudió en otro de los centros importantes de Ingeniería Química del país: el de Bahía Blanca, donde adquirió sólidos conocimientos útiles para el desarrollo de tecnologías catalíticas. Daniel optó tempranamente por la emigración y, en EE.UU. fue capaz de desarrollar esa área en la Universidad de Oklahoma. Aprovechando las condiciones de contorno, supo conjugar la actividad académica con la transferencia al sector productivo con mucho éxito, pero manteniendo él mismo siempre el perfil del investigador tecnológico.

La tercera reseña de ingeniería química es la de Ricardo “Bambi” Borla, discípulo en Salta de aquella figura señera que fuera Rolando Poppi. Después de sus etapas formativas, en un marco que lo alentaba a vincular sus estudios con el aprovechamiento de los recursos naturales regionales, decidió transformarse en un emprendedor que creó empresas destinadas a la exportación de productos con valor agregado provenientes de los recursos mineros de la región. Su historia ilustra las enormes diferencias que hay entre un tecnólogo y un emprendedor; en este último rol debió dedicarse a la administración de empresas, tarea nada fácil en virtud de las sucesivas crisis nacionales e internacionales.

Leyendo las tres reseñas surge clara la imagen de todo lo que se podría alcanzar en la Argentina con nuestros recursos humanos en ciencia y tecnología si hubiera apoyo estatal real y continuado a la innovación tecnológica, así como un sector productivo dinámico y receptivo. Israel y Corea del Sur son casos paradigmáticos que lo demuestran.

Pero el número no se agota con la ingeniería química. Tenemos dos reseñas más, así como un artículo en la sección *Todavía contamos* que son de muy alto interés.

Seguimos recorriendo las trayectorias de los biólogos de Tucumán; en este caso es Eduardo Domínguez quien nos relata las fascinantes características de las efímeras y, a partir de allí, construye un alegato por la protección de la biodiversidad y de los recursos hídricos.

Desde Córdoba, el geólogo Roberto Martino nos cuenta de sus historias con “las piedras”, con hitos tan importantes como la confección del Mapa Geológico de la Provincia de Córdoba. La Geología, como la Biología, son ciencias que prestan especial atención a los recursos naturales y de allí que el conocimiento de éstos se base en tareas de relevamiento y prospección como las que encaran Martino y muchos otros geólogos.

Finalmente tenemos las reflexiones de Pablo Jacovkis en la Sección *Todavía contamos*. Multifacético, matemático de origen pero interesado en todos los aspectos de nuestra sociedad contemporánea, Pablo nos relata cómo ocupa sus días en tiempos en que algunos disfrutan de la tranquilidad de la jubilación. Pablo está más activo que nunca y su artículo lo demuestra.

Nos despedimos -con preocupación, pero sin bajar los brazos- hasta el 2025, año en que los distintos participantes de la comunidad científica y universitaria nacional tendremos que estar más dispuestos que nunca para enfrentar los desafíos y embates que se avecinan.

Esperamos que disfruten la lectura de estas reseñas.



Pablo von Stecher



Miguel Ángel Blesa

Buenos Aires, Diciembre de 2024

ORLANDO M. ALFANO

por María Lucila Satuf

Me siento muy honrada de poder escribir estos párrafos para introducir la reseña del Dr. Orlando Alfano, destacado investigador y profesor universitario, referente en el campo de la Ingeniería de Fotorreactores y formador de numerosos profesionales y científicos. A poco más de cuatro décadas de haber obtenido el título de Primer Doctor en Ingeniería Química de una universidad argentina, el Dr. Alfano (o Cacho, como lo conocemos sus allegados) continúa trabajando con el mismo compromiso que en sus inicios.

Conocí a Cacho un día de febrero del año 2002, cuando ingresé al INTEC con una beca para realizar el doctorado en Tecnología Química de la UNL bajo su dirección. Recuerdo su oficina estrecha, en el 5to piso del Edificio Houssay, en la ciudad de Santa Fe. Su escritorio estaba repleto de carpetas y montañas de papeles, y había varios archiveros y armarios también colmados de libros y revistas. En esa primera charla me dio la bienvenida al desafiante mundo de la investigación científica en Argentina, con la voz amable y pausada que lo caracteriza, y así comenzamos a andar...

Dedicado, ordenado, responsable, el primero en llegar al Instituto y el último en irse. Su oficina siempre estuvo abierta para sus becarios,



estudiantes y colegas, dispuesto a brindar consejos y solucionar problemas, mate en mano, sin perder nunca la calma. Jamás lo vi apurado, siempre parecía tener todo bajo control, a pesar de tener que repartirse entre muchas obligaciones, como la dirección de becarios y personal de apoyo, el dictado de clases, la coordinación y participación en comités y comisiones varias.

En las reuniones con sus tesisas, antes de concentrarse en los temas académicos, siempre se tomaba unos minutos para conocer el estado de ánimo de cada uno, demostrando un interés genuino por sus necesidades o problemas personales. Como becaria, jamás recibí una orden suya, siempre fueron consejos y sugerencias, desde la óptica de alguien que ha pasado por lo mismo y tiene algo (o mucho) que enseñar. Más adelante, me dio la libertad y el apoyo para explorar y comenzar mi

propio camino como investigadora. Cuando conversábamos sobre algún asunto científico, frecuentemente él recordaba haber leído un trabajo que nos ayudaría y, por supuesto, sabía exactamente en qué lugar de su oficina se encontraba: "Creo que ese *paper* está por acá", decía. Entonces, se paraba tranquilamente de su silla, corría la puerta del armario de la derecha, tomaba una carpeta celeste del tercer estante, entre cientos de carpetas iguales, y ¡allí estaba el documento buscado! Nunca se equivocaba.

Sus trabajos científicos han abarcado desde el diseño y modelado de fotorreactores hasta estudios cinéticos y cambios de escala de diversas tecnologías para el tratamiento de aguas residuales y la purificación del aire. Además de su excelencia y rigurosidad como investigador, Cacho ha sido un educador comprometido y dedicado. Fue docente en la Facultad de Ingeniería Química y de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la UNL, con una activa participación en la creación de la carrera de Ingeniería Ambiental y en el Doctorado en Ingeniería. Durante más de 40 años ha formado a numerosas generaciones de ingenieros, doctores y jóvenes investigadores, guiándolos en sus proyectos y aportando toda su experiencia.

A lo largo de su trayectoria, Cacho ha recibido varios premios y reconocimientos. Sin embargo, lo que realmente define su legado es el respeto que ha logrado en la comunidad científica internacional y el impacto positivo que ha tenido en las vidas de quienes tuvimos la posibilidad de aprender de él.

INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DOCENCIA DESDE LA INGENIERÍA QUÍMICA AMBIENTAL¹

Palabras clave: Procesos avanzados de oxidación; Ingeniería química ambiental; Ingeniería de reactores fotocatalíticos; Ingeniería de reactores foto-Fenton.
Key words: Advanced oxidation processes; Environmental chemical engineering; Photocatalytic reactor engineering; Photo-Fenton reactor engineering.

El diseño de reactores fotoquímicos, con lámparas o solares, especialmente los dedicados a desinfección y descontaminación, fue la constante en la trayectoria del autor, fiel representante de la fuerte tradición en Ingeniería Química de Santa Fe.

■ **Orlando Mario Alfano**

Instituto de Desarrollo Tecnológico para la
Industria Química (INTEC, Universidad
Nacional del Litoral-CONICET)

alfano@intec.unl.edu.ar;
alfano@santafe-conicet.gov.ar

¹ Editor asignado: **Miguel A. Blesa**

■ 1. UNA FAMILIA ITALIANA

Uno de mis mayores compromisos ha sido siempre la formación de recursos humanos, tanto en la docencia universitaria de grado y posgrado como en la dirección o codirección de becarios e investigadores jóvenes. En esta reseña no solo voy a detallar algunos aspectos personales y de mi trayectoria científica, sino también de mi interés y participación durante más de cuarenta años en la formación de ingenieros y estudiantes de posgrado en los dos doctorados en ingeniería de la Universidad Nacional del Litoral: el Doctorado en Ingeniería Química y el Doctorado en Ingeniería Mención Ambiental.

Me crié en una familia grande con dos abuelos italianos y otros dos argentinos, pero hijos de italianos, y con muchos tíos, tías, primos y pri-

mas. Mis padres, Orlando Salvador ("Cacho") Alfano y Carmela Gesualdo, nacieron y vivieron siempre en la ciudad de Santa Fe, capital de la Provincia de Santa Fe. Nacieron en abril de 1925 y en febrero de 1926, respectivamente, y se casaron en abril de 1949. Este es el lugar donde nací el 01 de marzo de 1950. Soy el mayor de tres hermanos, seguido por Emilia Dolores y Alberto Andrés.

Mi padre era dueño de lo que hoy se llamaría una "minipyme", con no más de cuatro empleados, que continuaba la actividad de mi abuelo paterno sobre la fabricación y reparación de camas de hierro. Con el tiempo, esta actividad se convirtió totalmente al empleo de la madera con el mismo fin. Mi madre era ama de casa y única hija mujer (segunda) de una familia grande con ocho hijos.

Mis abuelos paternos, Andrés Mario Alfano y María Emilia Tallarico, nacieron en Argentina, en marzo de 1899 y febrero de 1901, respectivamente. Ambos eran hijos de italianos, se radicaron en la ciudad de Santa Fe y se casaron en julio de 1924. Mis abuelos maternos, Nicola Gesualdo y Addolorata Schiraldi, eran italianos nacidos en Palombaio, una fracción del municipio de Bitonto (de unos 3000 habitantes) cerca de la ciudad de Bari, Italia. Nicola nació en julio de 1891 y Addolorata en julio de 1902. Mi abuela materna estaba casada y sin hijos cuando su primer esposo fue reclutado para la Primera Guerra Mundial y nunca regresó de la misma. Mi abuelo Nicola -que ya estaba viviendo en Argentina y la conocía- fue a buscarla, se casaron en Italia en julio de 1923 y después se radicaron en Santa Fe, Argentina. Tengo también la ciuda-

danía italiana por la rama materna de los Schiraldi.

En el año 2010 tuve la oportunidad de viajar a Italia y visitar la casa de mi abuela materna y algunos de mis parientes de esa rama familiar.

Hice la primaria en la Escuela N° 465 Dr. Wenceslao Escalante perteneciente a la educación pública estatal, ubicada frente a la Plaza Escalante en calle Martín Zapata 2849, en un barrio cerca de mi casa. Recuerdo que varias actividades de educación física se hacían en esta misma plaza. De pequeño era muy curioso y me la pasaba haciendo todo tipo de preguntas a mis padres; por ejemplo, el nombre de las letras y el modo de ordenarlas para formar las palabras. Con la ayuda de mi madre aprendí a leer y escribir antes de ingresar a la escuela primaria. En esa época la primaria era de siete años;

el primer año era Primero Inicial y el último año, el séptimo, era Sexto Grado. Al iniciar sexto grado, las autoridades me eligieron abanderado de la escuela.

De chico también me gustaba jugar al fútbol en mi barrio y “organizar” partidos con figuritas de los jugadores, dos arcos y un botón (la pelota). La influencia familiar me hizo partidario del Club Atlético Unión de Santa Fe, de la Primera B en esa época, tenía mi carnet de socio del club y mi padre me solía llevar a ver algunos partidos de fútbol cuando se jugaba de local.

La secundaria la hice en la Escuela Industrial Superior (EIS), dependiente de la Universidad Nacional del Litoral (UNL) y anexa a la Facultad de Ingeniería Química (FIQ). También formaba parte de la educación pública estatal, como

precursora de la educación técnica nacional. La EIS era una escuela con un excelente nivel; para el ingreso, tomaba un examen muy exigente para elegir los mejores alumnos entre un número bastante elevado de postulantes de las escuelas primarias de la región. Aprobé este examen con muy buen promedio e ingresé a la secundaria a los 13 años de edad. En esa época, a diferencia de la mayoría de las escuelas secundarias, el cursado era de siete años; años atrás, el plan de estudio se redujo de siete a seis años.

Después de un ciclo básico de cuatro años, en la EIS se podían elegir tres carreras de Técnico: Constructor, Mecánico Electricista y Químico. Para el cursado, la escuela contaba con aulas especiales para dibujo técnico, importantes talleres (carpintería, fundición, tecnología mecánica, etc.) y laboratorios para



Figura 1: Fotografía del autor en Palombaio, fracción del municipio de Bitonto, Bari, Italia, Junio de 2010.

las químicas. Sin dudar elegí química y, después de siete años, al final de 1969 me recibí de Técnico Químico.

■ 2. DE TÉCNICO A INGENIERO

Si bien mis padres no habían recibido una educación universitaria y sus ingresos económicos tenían ciertas limitaciones, entendieron y aceptaron mi decisión de ingresar a la Universidad pública. El comienzo de los estudios en la carrera de Ingeniería Química de la UNL al año siguiente fue un paso casi natural, ya que la EIS estaba ubicada en la misma manzana de la ciudad que la FIQ; hasta existía una comunicación interna entre ambos edificios. Además, y creo que fue lo más importante, la formación técnica recibida en la EIS ya me había generado un indudable interés por asignaturas tales como Matemática, Química y Física.

La formación técnica previa, aunque demandaba dos años más que lo normal en otras escuelas secundarias, me dejó avanzar sin mayores dificultades durante los primeros años de la Universidad. En ese período, pude destinar parte de mi tiempo como estudiante para iniciarme en la docencia universitaria. Esta actividad me permitió contar con ciertos recursos económicos para la vida de estudiante y, a la vez, terminar el cursado sin aplazos y con un buen promedio.

Al inicio de 1976 ya estaba en condiciones de rendir la última materia de ingeniería química (Proyecto Industrial), pero en esos meses se comenzaron a vivir momentos de gran incertidumbre en el país porque la Universidad había sido intervenida por los militares. Recién el 19 de abril de 1976 se constituyeron algunas mesas de exámenes y me pude recibir como Ingeniero Químico.

En diciembre de 1976 me casé con Silvia Canale, estudiante en esos años de la Facultad de Ciencias Económicas de la UNL, en 1978 nació nuestra primera hija Romina Andrea y en 1984 nuestra segunda hija Silvina María.

Después de recibido continué como docente de la FIQ-UNL y, entusiasmado por la buena experiencia de un ex-docente de la misma cátedra que se había ido a trabajar a la industria, sentí la curiosidad de incursionar en el sector privado. Mi buen promedio como estudiante me brindó la posibilidad de que un profesor de la facultad me recomendara para una primera entrevista con una empresa; así fue como en 1977 ingresé como ingeniero en una industria química de la Provincia de Buenos Aires.

No elegí la mejor época para mi experiencia en la industria. La situación del país no pasaba por un buen momento, la política económica aplicada en esos años produjo una reorganización de la empresa y mi breve “aventura” en el sector privado llegó a su fin a principios de 1978. En ese momento analicé la posibilidad de trabajar en otra empresa, pero pronto me di cuenta que estas actividades no concordaban con mi verdadera vocación e intereses. La buena educación técnica de la EIS y esta ingrata experiencia, motivaron mi futura dedicación a la investigación.

■ 3. INGRESO AL DOCTORADO EN INGENIERÍA QUÍMICA

Un ex-compañero de estudios en la UNL y becario del CONICET en esa fecha, el Dr. Pedro Arce, me facilitó una primera entrevista con el director del INTEC, el Dr. Alberto Cassano.¹ Nuevamente, mi buen promedio en la carrera de Ingeniería

Química me favoreció y produjo una respuesta positiva de Cassano. En esos momentos, en el Instituto se vivía una situación muy particular porque estaba finalizando el proyecto sobre “Planta Modelo Experimental de Agua Pesada” y, con la firme decisión de Cassano, se iniciaba un plan para retomar lo antes posible las actividades de investigación. En ese sentido, tuve la suerte de formar parte del grupo inicial de becarios de esta nueva etapa del INTEC.

En 1978 ingresé al INTEC como Personal Contratado, para trabajar primeramente sobre “Modelado de Reactores de Lecho Móvil para la Gasificación del Carbón” bajo la supervisión del Dr. Luis Arri, quien había regresado al país después de obtener su PhD en EE.UU. con el prestigioso Profesor Neal Admanson. En esos años, trabajar con modelos computacionales implicaba “picar tarjetas” y luego correr los programas desde una terminal del centro de cómputos conectada a una inmensa computadora VAX11/780.

En el período 1979-1983, con el Dr. Arri y otro becario del Instituto, el colega y amigo Pedro Arce, realizamos varias comunicaciones a congresos y publicaciones sobre el modelado de reactores heterogéneos de lecho móvil aplicables a Reacciones Gas-Sólido No Catalíticas. En paralelo, comencé a tomar varios cursos de posgrado reconocidos oficialmente por la UNL.

Recién en abril de 1979 comencé a trabajar con una Beca Interna de Iniciación y luego con una Beca Interna de Perfeccionamiento, ambas del CONICET. El tema de las becas era “Modelado de Fotorreactores Aplicables a Reacciones en más de una Fase y a Cinéticas Complejas”. Mi Director de becas fue el Dr. Alberto Cassano.

En 1981 se iniciaron formalmente las actividades de la Comisión Especial de Posgrado en el ámbito de la FIQ-UNL. Debido a que algunos problemas familiares durante esos años me impedían realizar estancias prolongadas en el exterior, decidí iniciar el Doctorado en Ingeniería Química de la UNL y después realizar estancias breves en el exterior, como explicaré en otra sección.

Comencé el doctorado en el mismo tema de la beca con la dirección del Dr. Cassano. En relación al papel que jugó mi Director de Tesis, no voy a repetir aquí su conocida y trascendente obra como científico, docente y profesional. Como discípulo, mi opinión ya fue publicada en la Semblanza que escribí para la Reseñas de Cassano.² Sintetizo solamente mi opinión personal de la última cita:

“Cuando uno lo conoce a Alberto lo primero que se siente por él es respeto. Posteriormente, al leer su obra, se siente además reconocimiento. Finalmente, después de un tiempo de trabajar juntos, el sentimiento es de amistad”.

En los dos primeros años, el doctorado tenía una fuerte componente de formación a través de los cursos de posgrado, compuesta por doce cursos de formación básica y específica (Métodos Matemáticos, Fenómenos de Transporte, Termodinámica, Reactores, etc.) y tres cursos de formación complementaria (Economía, Filosofía de las Ciencias, etc.). Algunos de los cursos aprobados en el período anterior fueron reconocidos por la UNL como parte del doctorado. En Métodos Matemáticos, tuve la oportunidad de tomar

tres muy buenos cursos dictados por el Dr. Arri (antes de su regreso a EE.UU.) sobre Matrices, Ecuaciones Diferenciales Ordinarias y Ecuaciones Diferenciales Parciales. Y también de tomar un curso especial dictado en 1981 por el reconocido Profesor Stephen Whitaker sobre “*Multiphase Flow in Porous Media*”.

En síntesis, mi tesis doctoral consistió en el estudio teórico y experimental de un fotorreactor tanque agitado, operado en forma semicontinua, en el cual se realizaba la reacción de cloración de diferentes derivados clorados en fase líquida (sistema gas-líquido). Este reactor, construido totalmente por materiales especiales resistentes al cloro gaseoso, era irradiado desde su base por un sistema emisor compuesto por una fuente tubular de radiación UV ubi-



Figura 2: Fotografía de los alumnos del curso dictado por el Prof. Stephen Whitaker. De izquierda a derecha: Adriana Paredes, María Delia Giavedoni, Francisco Castiglioni, Jorge Galazzo, Orlando Alfano, Pedro Arce, Gustavo Dassori y Osvaldo Campanella (Santa Fe, 1981).

cada a lo largo del eje focal de un reflector cilíndrico de sección parabólica. La primera etapa consistió en la evaluación del campo de radiación en el interior del reactor aplicando diferentes modelos de emisión de la lámpara, mientras que la segunda etapa abarcó el estudio experimental de la reacción de cloración de tricloroetileno, tetracloroetileno y pentacloroetano, usando tetracloruro de carbono como solvente.

En febrero de 1984, antes de la defensa de tesis, ingresé a la carrera de Investigador del CONICET en la clase Asistente, bajo la dirección del Dr. Cassano. La defensa se realizó el 4 de julio de 1984, ante un jurado integrado por el Dr. Roberto Williams³ (prestigioso investigador de la Universidad Nacional de Mar del Plata) y el Dr. Horacio Irazoqui e Ing. Alberto Castro, como Profesores

de la UNL. Como comentaré más adelante, fui el primer Doctor en Ingeniería Química del país. Mi esposa estaba embarazada por segunda vez y, muy pocos días después de la defensa, nació nuestra hija Silvina.

Durante la realización de la tesis y en años siguientes, publiqué varios trabajos con mi director de tesis en temas vinculados al modelado de distintos tipos de fotorreactores y a la verificación experimental sobre reacciones de cloración de hidrocarburos. Entre ellos, los artículos publicados con mis primeras dos becarias como codirector, las Dras. Ana Tymoschuk y María Cabrera. También se publicaron tres artículos con el grupo de investigación de la Universidad de Barcelona (España) dirigido por el Prof. Santiago Esplugas, sobre un reactor tubular multilámpara diseñado para el tra-

tamiento continuo de agua y aguas residuales.

En julio de 1986, CONICET me ascendió a Investigador Adjunto sin Director. En paralelo con mis actividades de investigación, entre 1988 y 1993 participé en proyectos de transferencia (STAN del CONICET) con tres empresas químicas de Argentina.

Entre 1984 y 1995 continué trabajando simultáneamente sobre modelos de reactores de lecho móvil no-catalíticos, pero aplicados a la reducción directa de hematita para la producción de hierro esponja. En este caso, con el Dr. Mario Chiovetta como director y yo como codirector, de la tesis doctoral de Daniel Negrí. Durante este período, publiqué varios artículos sobre este tema en revistas reconocidas.



Figura 3: Fotografía tomada en ocasión de la entrega de diploma del Doctorado en Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral por el Dr. Alberto Cassano.

■ 4. LOS REACTORES HETEROGÉNEOS

No había quedado conforme con la última parte de mi tesis doctoral al ver las burbujas de gas cloro dispersas en el solvente de la reacción. Para el modelo del reactor tanque agitado de la tesis, había usado una correlación de la bibliografía válida para sistemas pseudo-homogéneos. Los conceptos desarrollados previamente por el grupo de investigación sobre diferentes modelos de emisión de lámparas UV, sin y con reflectores, eran muy útiles para calcular el flujo de radiación incidente sobre el reactor. Pero no eran suficientes cuando se abordaba el estudio de medios heterogéneos, en los cuales coexiste absorción y dispersión ("scattering") de radiación.

En el grupo no había experiencia sobre el tratamiento teórico de estos reactores. Por otra parte, ya existía la idea de abandonar las reacciones de cloración e iniciar las investigaciones sobre Procesos Avanzados de Oxidación (PAOs) para descontaminación de aguas. En esos años, el diseño de reactores fotocatalíticos heterogéneos con partículas sólidas de dióxido de titanio (TiO_2) en suspensión, era un ejemplo desafiante y prometedor para la remediación ambiental. La bibliografía en el tema era escasa y, lo poco publicado, podía aplicarse solamente a geometrías muy simples, no representativas de las configuraciones más comunes de los fotorreactores. Tampoco existía una metodología integral para el análisis y diseño de estos reactores.

En estos sistemas, la Ecuación de Transferencia Radiativa (RTE, del inglés *Radiative Transfer Equation*) introducía dos términos relacionados con el scattering en el diseño de los fotorreactores: *in-scattering* y *out-scattering*. La RTE es una ecuación integro-diferencial que puede

resolverse utilizando algunos métodos numéricos desarrollados en la bibliografía sobre *Transport Theory*. Para los fotorreactores heterogéneos, era necesario utilizar métodos numéricos complejos para aplicarlos a geometrías cilíndricas y multidimensionales.

En este período se desarrollaron los métodos numéricos para sistemas heterogéneos y se publicaron los primeros trabajos del grupo sobre el campo de radiación en un medio unidimensional y con simetría azimutal. Con esta metodología se calculaba la Velocidad Volumétrica Local de Absorción de Fotones (LVRPA, por *Local Volumetric Rate of Photon Absorption*) como un "reactivo" más en la expresión cinética (Alfano y col., 1995). Sobre esta base se desarrolló un modelo cinético aplicado a la degradación fotocatalítica del tricloroetileno en agua (Alfano y col., 1997). Posteriormente, se analizaron los efectos de absorción y scattering para partículas sólidas en suspensión, utilizando el Método de la Ordenada Discreta para simular numéricamente el campo de radiación en un reactor anular con dos variables espaciales y dos variables angulares (direccionales).

Para resolver la RTE en reactores fotocatalíticos se necesitaban tres propiedades ópticas de las suspensiones de TiO_2 : el coeficiente de absorción, el coeficiente de dispersión y la función de fase (*phase function*). Para un reactor de lecho suspendido, se propuso un método experimental basado en las mediciones de reflectancia y transmitancia difusa (espectral) de las suspensiones en la celda, utilizando un espectrorradiómetro equipado con un accesorio de esfera integradora. Para calcular las tres propiedades ópticas, se aplicaba un programa de optimización no lineal para ajustar las predicciones del modelo a los datos experimentales.

La primera becaria del CONICET que dirigí en esta línea y en la tesis fue la Dra. María Lucila Satuf (2002). Se evaluaron las propiedades ópticas de tres marcas comerciales de TiO_2 : Aldrich, Degussa P25 y Hombikat UV 100 (Satuf y col., 2005). Este método experimental fue utilizado posteriormente por nuestro grupo y otros grupos de investigación del país y del exterior (explicado en otra Sección) para evaluar las propiedades ópticas de diferentes fotocatalizadores en suspensión y obtener valores representativos de la función de fase. Con el mismo método y equipamiento se han evaluado las propiedades ópticas de suspensiones con investigadores del Laboratorio de Remediación Ambiental del IIIA, CONICET-UNSAM, y del Centro de Investigación y Tecnología Química de la UTN, Facultad Regional Córdoba (UTN-FRC).

Estos primeros trabajos fueron utilizados como base de futuros trabajos para el análisis, diseño y optimización de diferentes tipos de reactores fotocatalíticos, irradiados con lámparas UV/Visible convencionales. Recientemente, se han diseñado y evaluado reactores con LEDs que emiten en el UV para la degradación de contaminantes orgánicos del agua y diferentes catalizadores de TiO_2 , puros o dopados.

■ 5. EL REACTOR SOLAR

En 1993 inicié una nueva línea de investigación sobre el proceso foto-Fenton para la descontaminación de aguas, utilizando radiación solar UV/Visible, peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y un complejo de hierro. Inicié trabajos en colaboración con el Dr. Rubén Piacentini, Investigador del Instituto de Física Rosario (CONICET-UNR) y con el Ing. Enrique Albizzati, Profesor de la FIQ-UNL. Ambos profesores estaban trabajando sobre mediciones de radiación

solar UV/Visible en sus respectivas Instituciones.

El primer becario del CONICET que dirigí en este tema fue el Dr. Germán Rossetti. En los primeros trabajos se realizó el modelado y verificación experimental de un reactor solar de placa plana, sin concentración de radiación. El modelo matemático consideraba que la ventana de vidrio recibía radiación solar directa y difusa (isotrópica); las predicciones se compararon con los datos experimentales de una reacción simple, la foto-descomposición del actinómetro oxalato de uranilo. El principal objetivo fue verificar las predicciones del campo de radiación solar en el interior del reactor en función del ángulo cenital solar, con el reactor en posición horizontal o inclinado (Rossetti y col., 1998).

Para esta línea, los valores de radiación solar incidente sobre la ventana del reactor eran imprescindibles para desarrollar un modelo confiable del reactor, bajo diferentes condiciones de la atmósfera y del ángulo cenital. Se realizaron mediciones y predicciones de radiación UV para las ciudades de Santa Fe y Rosario (Albizzati y col., 1997; Piacentini y col., 2002), usando diferentes códigos de transferencia radiativa para días de cielo claro, en función del contenido de ozono y de aerosoles en la atmósfera y de la reflectividad del suelo local.

El paso siguiente fue estudiar la cinética de la reacción foto-Fenton, teniendo en cuenta que esta reacción es muy particular ya que se produce por dos vías simultáneas: oscura o térmica (Fenton) e irradiada o fotónica (foto-Fenton). Se presentó un modelo de la cinética y la verificación experimental de un reactor para evaluar las velocidades de descomposición del ácido fórmico (como sustrato modelo) y del H_2O_2 .

El trabajo experimental se realizó primero en un reactor de laboratorio y luego en un reactor solar. Para cada ángulo cenital solar, el modelo permitía calcular: (i) la radiación espectral solar directa y difusa incidente sobre la ventana del reactor, (ii) la velocidad espectral local de absorción de fotones en el interior del reactor y (iii) las concentraciones de ácido fórmico y H_2O_2 en función del tiempo (Rossetti y col., 2004). Para esta reacción, se verificó que la radiación UV solar “difusa” puede ser tan importante como la radiación UV solar “directa”.

La aplicación e integración posterior de estos conceptos, se utilizó para degradar un contaminante es-

pecífico del agua, el herbicida 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético). A partir de 2003, dirigí la tesis y las becas doctoral y posdoctoral de la Dra. Jorgelina Farías. A fines de 2009, registramos la patente de invención “Reactor Solar para Descontaminación de Aguas” utilizando el proceso foto-Fenton solar para descontaminación de aguas con 2,4-D. El concepto innovador de este reactor “híbrido” de planta piloto se basó en la captura en forma simultánea e integrada de la radiación térmica y fotoquímica del sol para degradar la materia orgánica de aguas residuales, tanto del sustrato principal como de los productos secundarios, también contaminantes (Farías y col., 2009).



Figura 4: Fotografía del reactor solar “híbrido” de planta piloto patentado.

Entre 2010 y 2016 dirigí la beca doctoral y la tesis del primer egresado del Doctorado en Ingeniería Mención Ambiental de la UNL, el Dr. Leandro Conte. En esta línea se publicaron varios trabajos usando diferentes complejos de hierro para trabajar a pHs neutros. También se completó la automatización y control del reactor solar patentado mediante la instalación de sensores de pH, oxígeno disuelto, temperatura y radiómetros para medir la radiación solar UV y total. En 2018, el Dr. Conte resultó ganador de una beca Marie Skłodowska-Curie, la que desarrolló en la Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Químicas, España.

■ 6. REACTORES PARA DESCONTAMINACIÓN DE AIRE

En 1998 comencé a trabajar en una línea nueva sobre reactores fotocatalíticos, pero con el objetivo específico de estudiar la descontaminación de aire. Inicié los trabajos con el diseño y construcción de un nuevo reactor con el TiO_2 inmovilizado sobre mallas de vidrio paralelas e irradiado bilateralmente, para evaluar la degradación de un contaminante orgánico presente en una corriente de aire. Se presentaron comunicaciones a congresos nacionales e internacionales sobre el modelado y verificación experimental del campo radiante y la cinética de degradación del contaminante tricloroetileno en aire.

Para estudiar la cinética de reacción de estos procesos y evaluar el efecto de la potencia de la fuente, era necesario modificar el flujo de radiación incidente sobre el reactor utilizando filtros neutros. Pero cuando el área de entrada de radiación es muy grande, estos filtros son muy costosos y fue necesario recurrir a un método casero y más económico. Estos filtros se prepararon mediante la impresión de láminas con diferentes números

de píxeles, cada filtro con una transmitancia preestablecida y determinada con un espectrofotómetro; de esta forma se pudo variar el flujo de radiación en niveles discretos. El aporte del Técnico Antonio Negro, Personal de Apoyo del CONICET, fue muy importante para resolver este problema práctico, para este caso y para otros dispositivos del grupo de investigación.

En 2002, en esta línea se incorporó un becario doctoral del CONICET, el Dr. Gustavo Imoberdorf, quien realizó la tesis doctoral bajo mi dirección y la codirección del Dr. Horacio Irazoqui. Se diseñó y construyó un reactor fotocatalítico multianular para la eliminación de percloroetileno de una corriente de aire contaminada. Se desarrolló y verificó experimentalmente un modelo riguroso del reactor con el fin de determinar la eficiencia energética total, considerando los siguientes factores parciales: eficiencia de incidencia de radiación, eficiencia de absorción de radiación del catalizador y eficiencia cuántica de la reacción química (Imoberdorf y col., 2007). En estos trabajos, se utilizó el concepto de Velocidad Superficial Local de Absorción de Fotones (LSR-PA del inglés) de la película fotocatalítica de TiO_2 depositada sobre las paredes de vidrio del reactor.

En una etapa posterior, con la dirección del Dr. Rodolfo Brandi y mi codirección, se desarrolló la tesis doctoral de otro becario del CONICET, el Dr. Claudio Passalía. Se completó un trabajo sobre el modelado y verificación experimental de un nuevo reactor fotocatalítico continuo, diseñado y construido con una placa corrugada de acero inoxidable recubierta con TiO_2 , para la eliminación del contaminante formaldehído en una corriente de aire. Para obtener los campos de velocidad y concentraciones internos del reactor, se comenzó a utilizar un software co-

mercial CFD (*Computational Fluid Dynamics*) (Passalía y col., 2011).

Comencé luego a trabajar con una aplicación diferente: la inactivación fotocatalítica de microorganismos presentes en el ambiente. Bajo mi dirección, en 2008 se incorporó una becaria doctoral para realizar la tesis, la Dra. Silvia M. Zacarías. Entre los primeros trabajos, se comparó el rendimiento de diferentes recubrimientos de TiO_2 para lograr la inactivación fotocatalítica de esporas de *Bacillus subtilis* sobre películas del catalizador, usando radiación UV-A (Zacarías y col., 2012). Los experimentos se llevaron a cabo en una cámara construida con un sistema emisor de radiación UV con lámparas fluorescentes de luz negra, un compartimento de irradiación y un soporte para sostener las placas de vidrio recubiertas con el catalizador y las muestras de esporas.

En esta misma línea, se realizaron trabajos conjuntos con investigadores del Instituto de Lactología Industrial (INLAIN, UNL-CONICET) con el fin de evaluar la eficiencia de inactivación fotocatalítica de bacteriófagos de la industria láctea. Se completó el diseño y construcción de un reactor a escala semi-piloto para estudiar la inactivación de fagos perjudiciales en este tipo de industrias (Briggiler y col., 2018). Finalmente, esta línea se extendió y consolidó con el regreso de la Dra. María M. Ballari, de quien fui su codirector de tesis y beca entre 2003 y 2008. La Dra. Ballari realizó su estancia posdoctoral en la *Eindhoven University of Technology* (Países Bajos) sobre la aplicación de materiales de construcción para descontaminación de aire utilizando procesos fotocatalíticos con TiO_2 (Salvadores y col., 2020).

El 01 de junio de 2013 fui promovido a Investigador Superior del CONICET.

■ 7. COLABORACIONES CON EL EXTERIOR

He favorecido la interacción con distintos grupos de investigación del exterior mediante la participación en proyectos de colaboración con Universidades extranjeras, la realización de estancias o visitas a instituciones científicas y el dictado de cursos de mi especialidad. También he supervisado varias estancias doctorales o posdoctorales de becarios extranjeros en INTEC.

Entre las primeras estancias, en mayo de 2000 participé en el proyecto CAPES-Fundación Antorchas con el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Federal de Pernambuco (UFP), Recife, Brasil, sobre *Modelagem e Verificação Experimental de um Equipamento para Tratamento de Águas Residuais Através de Radiação Ultravioleta e Ozônio*. Supervisé la estancia en Argentina y fui codirector de tesis de Magíster en Ingeniería Química de un becario de la UFP en este tema y participé en el diseño de un nuevo reactor UV/Ozono instalado en INTEC. Este tema es continuado actualmente por otros investigadores del grupo.

Durante los años 2000-2002, participé en el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), mediante reuniones realizadas en Morelos (México), Campinas (Brasil) y Sevilla (España). Contribuí como coautor de un capítulo del libro "Eliminación de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogénea", Red CYTED VIII-G, M.A. Blesa (ed.), Capítulo 10 (2001). Este programa generó excelentes oportunidades de vinculación y trabajo conjunto con científicos iberoamericanos. Hoy conservo la amistad personal o a la distancia con varios integrantes de este extraordinario grupo.

En el período 2004-2014 realicé varias estancias cortas en el Depar-

tamento de Tecnología Química, Ambiental y de los Materiales de la Universidad Rey Juan Carlos (URJC), España. Entre 2004 y 2007 participé en el Proyecto de Cooperación Internacional (C/2876/05) de la Agencia Española de Cooperación Internacional entre la URJC y la UNL. Desde 2008 al 2010 participé en el Proyecto de Cooperación Internacional (PCI2006-A7-0526) del Ministerio de Educación y Ciencias de España: "Diseño de Reactores Solares para la Depuración y Potabilización de Aguas" entre ambas Universidades. Y en el período 2012-2014, participé como profesor invitado en el Proyecto BIOPHOREM "Procesos de Bioxidación Avanzada y Fotocatalíticos para la Eliminación de Contaminantes Emergentes" del Ministerio de Ciencia e Innovación. En este proyecto, participaron: URJC, Universidad de Santiago de Compostela y CIEMAT-Plataforma Solar de Almería.

Como resultado de mi cooperación en estos proyectos, se completaron varios trabajos sobre reactores fotocatalíticos para la descontami-

nación química y la inactivación de microorganismos del agua. Un primer grupo de artículos se centró en el modelado cinético de la oxidación fotocatalítica de cianuro en reactores de lecho suspendido, usando un mecanismo de reacción que incluía en forma explícita la LVRPA en la expresión cinética. Un segundo grupo se concentró en la inactivación fotocatalítica de bacterias y posterior validación experimental, para diferentes concentraciones de TiO_2 , potencias de irradiación y concentraciones iniciales de bacterias. En estos artículos se evaluaron los inevitables perfiles de LVRPA en el interior del reactor, lo que permitió determinar la dependencia de la velocidad de reacción con la intensidad de irradiación; desde valores próximos a 0,5 cerca de la superficie irradiada hasta 1,0 en las regiones más oscuras (Marugán y col., 2011).

Junto con los Drs. Rafael Van Grieken y Javier Marugán de la URJC, publicamos dos capítulos de libros sobre fundamentos del transporte de radiación en medios con



Figura 5: Fotografía tomada con el grupo de investigación de la Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, España. De izquierda a derecha: Javier Marugán, Orlando Alfano, María José López y Rafael van Grieken (SPEA4, Las Palmas de Gran Canaria, España, 2006).

absorción y dispersión (Alfano y col., 2016) y diseño de reactores fotocatalíticos (Marugán y col., 2016).

Las estancias en el exterior con estos proyectos me permitieron participar en congresos europeos sobre el tema, con el consiguiente ahorro de fondos siempre escasos para viajes; por ejemplo, en los congresos europeos SPEA (*European Meeting on Solar Chemistry and Photocatalysis: Environmental Applications*) realizados en años pares durante el período 2004-2018. Fui invitado especialmente a dictar una de las cuatro conferencias plenarias del SPEA5 (Palermo, 2008).

En 2011 inicié trabajos de colaboración con el Centro de Ingeniería de Procesos y Medio Ambiente (CEPIMA), Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), Barcelona, España, sobre el diseño y operación del proceso foto-Fenton para la degradación de contaminantes emergentes del agua. Junto con la Dra. Montserrat Pérez-Moya y el Dr. Moisés Graells de la UPC, presentamos comunicaciones a congresos internacionales sobre el efecto de la dosis de H_2O_2 como parámetro clave para la mejora del proceso foto-Fenton. También participé en el diseño de un nuevo reactor anular de planta piloto, instalado posteriormente en un laboratorio de la UPC.

Entre 2015 y 2017, una estudiante de doctorado de la UPC realizó dos estancias doctorales bajo mi supervisión en INTEC. Luego publicamos un trabajo conjunto usando este reactor de planta piloto y propusimos un modelo cinético para analizar la degradación por foto-Fenton de un contaminante emergente del agua, el fármaco paracetamol, y del consumo de H_2O_2 (Audino col, 2019). En una etapa posterior, se utilizó la simulación CFD para mejorar el rendimiento del proceso y minimizar el

consumo de reactivos y energía para reactores de mayor escala. En este caso, además del grupo de la UPC, participó el Centro de Investigación de Métodos Computacionales (CI-MEC, CONICET-UNL) de Argentina. Las simulaciones CFD se realizaron con un software de código abierto OpenFOAM(R), al cual se incorporó un modelo de emisión de la lámpara UV sobre la estructura del software y un modelo de reacción multicomponente para calcular la evolución temporal de las especies en cada punto del reactor (Venier y col., 2021).

En octubre de 2013 participé en la coordinación de actividades de investigación conjunta entre el INTEC y el grupo de investigación "Sistemas Avanzados en Catálisis Heterogénea" del Instituto de Catálisis y Petroleoquímica del CSIC, España. Como resultado de esta colaboración, se publicó unos de mis trabajos más citados (Muñoz-Batista y col., 2019).

Además de las colaboraciones mencionadas, realicé visitas a uni-

versidades extranjeras para dictar conferencias y cursos cortos. En forma sintética, voy a citar las más importantes:

- En abril de 2001 fui invitado a dictar parte del curso de posgrado ECH 5226 *Advanced Reactor Design*, sobre *Photoreactor Modeling: Fundamentals and Applications*, en el *Department of Chemical Engineering, Florida A&M and Florida State Universities*, Tallahassee, EE.UU.
- En enero de 2008 fui invitado a dictar un curso sobre "Modelado de Fotorreactores. Aplicación a Procesos Avanzados para la Reducción de Contaminación Ambiental" en el Departamento de Ingeniería Química del Instituto Tecnológico de Celaya, México, en el marco del "XXV Seminario de Ingeniería Química".
- En junio de 2010 visité el *Istituto di Ricerca sulle Acque*, IRSA-CNR, Bari, Italia, y dicté un seminario sobre *Scaling-up*



Figura 6: Fotografía tomada en un intervalo del congreso IV EPOA. De Izquierda a derecha: Héctor Mansilla, Montserrat Pérez-Moya y Orlando Alfano (San Pablo, Brasil, 2007).

of Slurry Reactors for the Photocatalytic Degradation of an Organic Pollutant.

- En octubre de 2011, dicté el curso *AOPs for Environmental Remediation. Photoreactor Modelling and Experimental Verification* en la UPC, como parte del curso “Simulación y Optimización de Procesos” del plan de estudios del Máster de Investigación en Ingeniería de Procesos Químicos.
- En la misma fecha visité la Plataforma Solar de Almería, España, y dicté la conferencia “Evaluación de Absorción de Radiación en Fotorreactores”. Con investigadores del grupo de investigación de Almería publicamos un artículo sobre el proceso foto-Fenton para pHs neutros.
- En junio de 2012 visité el *Laboratoire de Chimie-Physique, Université Paris-Sud*, Francia, donde dicté la conferencia *Modelling and Experimental Verification of a Slurry Photocatalytic Reactor for Water Treatment*.
- En mayo de 2022, visité la Universidad Complutense de Madrid (UCM), Facultad de Ciencias Químicas, INPROQUIMA, y dicté la conferencia *Photoreactor Modelling: Application to Advanced Oxidation Processes for Environmental Remediation*.

■ 8. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS EN INGENIERÍA

Como comenté antes, durante el período como estudiante universitario destiné parte del tiempo para iniciarme, a partir del tercer año, en la docencia de grado en la FIQ-UNL. Entre 1972 y 1977 me desempeñé como docente de la FIQ; a medida

que avanzaba en la carrera, fui progresando gradualmente en el cargo y la dedicación: Ayudante de 2da categoría, Ayudante de 1ra categoría y finalmente Jefe de Trabajos Prácticos. Durante este período, me desempeñé en las cátedras de Química General, Química Inorgánica, e Introducción a la Ingeniería Química (a cargo de la cátedra).

Esta actividad la retomé entre 1981 y 1985 como Ayudante de 1ra de la UNL en INTEC (“Finalidad Ciencia y Técnica”). En el período 1986-2021 me desempeñé como Profesor Adjunto, Profesor Asociado Ordinario y finalmente Profesor Titular Ordinario dedicación exclusiva en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH) de la UNL. En las carreras de grado, dicté “Procesos Físicoquímicos en Ingeniería Ambiental” de la carrera Ingeniería Ambiental, a cargo de la cátedra hasta el 2020.

En relación a la docencia de posgrado, me desempeñé como profesor en los doctorados para las dos Facultades, FIQ y FICH, dictando: Transferencia de Energía (1985-1991), Análisis de Reacciones y Reactores (1990-2016) y Procesos de Descontaminación de Aire y Agua (2011-2021).

También me he desempeñado en la formación de recursos humanos, mediante la dirección o codirección de tesis de estudiantes del Doctorado en Ingeniería Química y del Doctorado en Tecnología Química de la FIQ, y del Doctorado en Ingeniería Mención Ambiental de la FICH. Entre 1986 y 2018 he dirigido o codirigido 17 tesis de los dos Doctorados en Ingeniería de la UNL.

■ 9. DISTINCIONES Y PREMIOS

A lo largo de mi carrera científica, he tenido el honor de recibir algunas distinciones y premios. Si bien

estos logros los recibe generalmente un solo investigador, tengo claro que esos resultados nunca son individuales ya que la tarea de investigación no es personal sino de todo un equipo de trabajo. Es más, en mi *Curriculum Vitae* no tengo una sola publicación como único autor, siempre he trabajado como parte de un equipo integrado por investigadores, becarios y miembros del personal de apoyo.

Por mis aportes al tema he sido invitado a escribir varios artículos en publicaciones internacionales de alto impacto y capítulos de libro de reconocidas editoriales. Entre las distinciones y premios más importantes, puedo citar:

- Número especial en la revista *International Journal of Chemical Reactor Engineering*, Volume 20, Issue 1, “Special Issue: In Honour of Dr. Orlando M. Alfano (2022)”, por las contribuciones a la investigación sobre Reactores Fotocatalíticos y Foto-Fenton. *Guest Editors*: María de los Milagros Ballari and Benito Serrano Rosales. Editorial De Gruyter. <https://www.degruyter.com/journal/key/ijcre/20/1/html>.
- INNOVAR 2010. Ganador de un premio del Concurso Nacional de Innovaciones del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación, categoría Concepto Innovador, con el proyecto “Reactor Solar para Descontaminar Agua”, J. Farías, E.D. Albizzati, O.M. Alfano. Res. N° 905/10, 17/12/2010, Buenos Aires, Argentina.
- Primer Doctor en Ingeniería Química graduado en la Argentina. Como he mencionado previamente, en Julio de 1984 fui el primer egresado de esta

carrera de posgrado. Más que una distinción personal, este acto académico fue un logro institucional que permitió concretar una propuesta realizada por el Dr. Cassano en 1968 e impulsada junto con un grupo de investigadores del Departamento de Graduados de la FIQ. Con los años, esta carrera se fue consolidando y 20 años después ya existía un total de 97 graduados, sumando el Doctorado en Ingeniería Química (79) y el Doctorado en Tecnología Química (18). En el año 2024, se cumplieron los 40 años de los primeros graduados de esta carrera.

■ 10. PARTICIPACIÓN EN ACTIVIDADES DE GESTIÓN

He participado en actividades de gestión y asesoramiento en distintas comisiones de la UNL, el CONICET, la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) y la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Provincia de Santa Fe. Voy a citar las actividades vinculadas con las carreras de grado en las Ingenierías y, en particular, con los Doctorados en Ingeniería de la UNL.

Entre 1990 y 1997 tuve la responsabilidad de ejercer como Coordinador de Posgrado de la FIQ de la UNL. Por la iniciativa y aportes del INTEC a la creación del Doctorado en Ingeniería Química, en esa época la FIQ designaba un coordinador de nuestro Instituto, además de los representantes de las distintas disciplinas que integraban la Comisión Especial de Posgrado, tales como Ingeniería Química, Tecnología Química, Química, Alimentos y Matemática. En esos años no existía un Secretario de Posgrado en la Facultad, por lo que esta tarea implicaba un trabajo importante de coordina-

ción entre las distintas carreras de doctorado y maestría.

A fines de 1997, junto a otros investigadores de la FICH, FIQ e INTEC, participé en el grupo de profesores que propuso la creación

de la carrera de grado "Ingeniería Ambiental". En 1998 participé en el taller de desarrollo curricular, integrado por un panel internacional de expertos en Ingeniería Ambiental, cuatro de EE.UU. y uno de Australia, para debatir y ofrecer asesora-

Se graduó el primer doctor en ingeniería química



Dr. Orlando Mario Alfano

Acaba de graduarse en nuestra ciudad, el primer doctor en ingeniería química del país, en el cuarto nivel educacional o de posgrado de la Universidad Nacional del Litoral. Se trata del Sr. Orlando Mario Alfano quien el 19 de abril de 1976 había obtenido el título de ingeniero químico en la Facultad de Ingeniería Química (UNL) para iniciar el 9 de marzo de 1981 sus estudios de posgrado a través de los cursos organizados por la Comisión Especial de Posgrado de la antedicha universidad y finalmente, realizar su tesis sobre "Modelado de fotorreacciones aplicado a sistemas de más de una fase y cinéticas complejas", siendo el director de la tesis el Dr. Alberto E. Cassano.

Así como queda mencionado que el Dr. Alfano es el primer doctor en ingeniería química del país, es interesante recordar que el 31 de agosto de 1926 se graduaba en la entonces Facultad de Química Industrial y Agrícola (hoy FIQ), creada en 1919 y que había comenzado a funcionar el 1° de julio de 1920, el primer ingeniero químico del país y de América del Sur, el Ing. Gregorio Kleer, ya fallecido. Es decir que han transcurrido poco menos de 58 años entre ambos hechos li-

gados a esta profesión que nació en aquel entonces en nuestra ciudad.

Examen de tesis

Por razones de fuerza mayor que son de público conocimiento cual fue el conflicto del personal no docente, el examen de tesis del Dr. Alfano no se realizó en la Facultad de Ingeniería Química, sede de la Comisión Especial de Posgrado de la Universidad Nacional del Litoral, sino en el Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC), organismo que también integra aquella comisión.

Ante una concurrencia integrada por docentes e investigadores de la UNL y del CONICET, como así también profesionales que cursan su posgrado, el Dr. Alfano hizo la defensa de su tesis ante el jurado integrado por el Dr. Horacio Antonio Irazoqui, Ing. Alberto Antonio Castro y el Dr. Roberto Williams (de la Universidad Nacional de Mar del Plata) y el director de la tesis, Dr. Alberto Enrique Cassano.

Previamente habló el decano normalizador de la FIQ, Ing. Osvaldo Benigni, en su condición de presidente de la Comisión de Posgrado quien destacó la importancia y trascendencia del hecho de llegar a la graduación del primer doctor en ingeniería química como hecho académico y como concreción de un proyecto planeado hace 16 años, haciendo notar que así como hay sueños que nunca se concretan o que se logran hacer realidad en poco tiempo, éste del posgrado demandó tiempo pero finalmente se alcanzó a concretar en ese momento.

El Dr. Orlando Mario Alfano es oriundo de esta ciudad, donde nació el 1° de marzo de 1950 y actualmente es investigador del CONICET, y docente de la UNL, desempeñándose en el INTEC.

Inició un programa en radiofonía el Centro Comercial

El Centro Comercial de Santa Fe inició la difusión de un programa radiofónico los sábados en el horario de 7.30 a 8, por la onda de LT 10 Radio Universidad, en cuyo transcurso será difundida la acción que desarrolla la entidad, así como de las distintas cámaras que la integran. Además, en fecha próxima, según lo ha comunicado, iniciará la tradición de un programa similar en LT 9 Radio Brigadier López.

La SADE convoca al concurso de Poesía "Joven '84"

La Sociedad Argentina de Escritores - filial Santa Fe -, convoca al concurso Poesía Joven '84. Podrán participar del mismo todos aquellos jóvenes residentes en la provincia que tengan 25 años cumplidos como máximo, pudiendo enviar dos poemas de tema libre con un máximo de sesenta versos cada uno.

El jurado estará compuesto por tres miembros, designados oportunamente por SADE filial Santa Fe, y se expedirán antes del 30 de setiembre del año en curso.

Las bases del concurso y toda otra información podrán recabarse a Certamen de Poesía Joven '84, C.C. 250 (3000) Santa Fe, o la sede de la Subsecretaría de Cultura, sito en 4 de Enero 1510, Santa Fe.

Figura 7: Fotografía de la nota publicada por el diario El Litoral de Santa Fe, 10 de julio de 1984.

miento sobre el diseño y puesta en marcha de la carrera (FOMECE Project 826/97, directores: Ing. Theiler y Dr. Isla). Después integré el Comité Académico de esta carrera, la Comisión para la Acreditación ante la CONEAU y las modificaciones del plan para adecuarlo al Consejo Federal de Decanos de Ingeniería.

En abril de 2005, como parte de las actividades internas de gestión del Instituto, fui propuesto como "Coordinador del Grupo de Fotorreacciones y Fotorreactores del INTEC", integrado inicialmente por 27 miembros entre investigadores, becarios y personal de apoyo. A partir de esa fecha, asumí el compromiso de coordinar las principales actividades del grupo, el que fue creciendo y diversificando los temas de investigación sobre Ingeniería Ambiental del INTEC. Con el fin de incorporar estas nuevas tecnologías, en 2014 propuse modificar el nombre anterior por "Ingeniería de Fotorreactores y Tecnologías Ambientales" y organizar e integrar las diferentes líneas del grupo (<https://intec.conicet.gov.ar/investigacion/ingenieria-ambiental/ingenieria-ambiental-descripcion/>).

Con el transcurso del tiempo y la ampliación a los temas ambientales, fue necesaria la renovación y modernización del equipamiento obsoleto de los laboratorios del grupo. Presenté y dirigí como Investigador Responsable el Proyecto de Modernización de Equipamiento "Procesos Avanzados de Oxidación y Biológicos Combinados para la Reducción de la Contaminación Ambiental" (PME 2006). En este proyecto participaron las siguientes instituciones: INTEC, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, Instituto Nacional de Limnología y UTN-FRC. Para nuestro grupo de investigación, este PME permitió actualizar e incorporar el equipamiento siguiente: Analizador de Carbono Orgánico Total, Sistema de Cromatografía Líquida (HPLC), Espectrofotómetro de doble haz UV-Visible y Cromatógrafo de gases con detectores FID y ECD. Posteriormente, con proyectos presentados y aprobados por la ANP-CyT, se adquirieron otros dos nuevos equipos de gran utilidad en el laboratorio para los ensayos sobre tecnologías ambientales: (i) Simulador Solar, indispensable para estudiar la cinética de reacciones solares bajo condiciones controladas de irradiación y temperatura, y (ii) Equipo de Ensayos Biológicos de Toxicidad, basado en las propiedades de la bacteria bioluminiscente *Vibrio fischeri*. El simulador solar se comenzó a utilizar en reemplazo de las lámparas de radiación convencionales para estudiar los procesos fotocatalíticos y foto-Fenton, debido a que ambas reacciones pueden ser iniciadas con radiación solar UV/Visible. Por otro lado, el equipo para analizar la toxicidad de muestras de agua es esencial para evaluar los resultados de los procesos de descontaminación en función del tiempo y compararlos con resultados de toxicidad estandarizados a nivel internacional.

En el período mayo 2006-enero 2018, actué como Editor Temático en Ingeniería Química de la revista *Latin American Applied Research* (LAAR), editada en Bahía Blanca, Argentina.

En 2010, junto con profesores de la FICH y el INTEC, participé en la comisión de creación del "Doctorado en Ingeniería Mención Ambiental" de la UNL. A partir de la creación de este doctorado, participé como miembro del Comité Acadé-



Figura 8: Fotografía del grupo de investigación tomada con motivo de la visita al INTEC de los Profesores Esther Oliveros y André Braun. De izquierda a derecha: Gabriela Henning, integrantes del grupo de investigación, Esther Oliveros y André Braun (Santa Fe, 2018).

mico. Posteriormente, en el período diciembre 2019-marzo 2022, me desempeñé como Director del Doctorado en Ingeniería de la UNL.

En octubre 2018 me incorporé como miembro de la “*International PhD School on Advanced Oxidation Processes (IPS-AOP)*” coordinada por el Prof. Luigi Rizzo (University of Salerno, Italy), en representación de la FICH-UNL.

■ 11. DESPUÉS DE MI JUBILACIÓN

Me jubilé del CONICET el 01 de noviembre de 2017 a los 67 años y, a partir de esa fecha, continúo como Investigador Superior Ad-Honorem. En la UNL mis actividades como Profesor Titular se extendieron hasta abril de 2022, debido a que en los dos últimos años me desempeñé como miembro Titular del Consejo Directivo de la FICH, después de ocho años seguidos en esa función. Hasta mi último año en la Universidad, continué dictando clases en

la carrera de Ingeniería Ambiental y en el Doctorado en Ingeniería Mención Ambiental. Durante el período comprendido entre mi jubilación y la fecha, me propuse ir reduciendo y transfiriendo gradualmente las responsabilidades y direcciones de becarios e investigadores jóvenes del grupo, con el fin de permitir su crecimiento y consolidación.

Una breve reflexión final sobre los Procesos Avanzados de Oxidación para la reducción de la contaminación ambiental y, en particular, sobre la ingeniería de reactores fotocatalíticos y foto-Fenton. Para el estudio de estos reactores, es muy importante el desarrollo de un modelo cinético “intrínseco” basado en un mecanismo de reacción que considere en forma explícita la velocidad local de absorción de radiación, volumétrica (LVRPA) o superficial (LSRPA), de acuerdo al tipo de reactor. La incorporación de esta variable de radiación permite obtener parámetros cinéticos independientes de la geometría, fuente de radiación y

tamaño del reactor. A partir de este modelo cinético, es posible llevar a cabo el análisis, diseño y optimización del reactor a escala laboratorio y el cambio de escala del proceso.

Finalmente, quiero agradecer al Dr. Miguel Blesa y al colegiado directivo de la AAPC por la distinción y honor de esta invitación a *Reseñas*. Un reconocimiento enorme a todas las instituciones públicas que contribuyeron a mi formación y apoyaron mis actividades académicas: CONICET, UNL, ANPCyT, FIQ, FICH y Provincia de Santa Fe. Agradezco también la colaboración de todos los integrantes del INTEC y, en particular, de investigadores, personal de apoyo y becarios del grupo de investigación “Ingeniería de Fotorreactores y Tecnologías Ambientales”. Por último, un agradecimiento muy especial para mi esposa, mis dos hijas y yernos y mis queridos nietos, quienes siempre me brindaron todo su cariño y apoyo aún en los momentos más difíciles de mi carrera.



Figura 9: Fotografía junto a mi esposa, mis hijas y mis nietos (Santa Fe, 2024).

■ BIBLIOGRAFÍA

- Albizzati, E.D.; Rossetti, G.H.; Alfano, O.M. (1997) "Measurements and Predictions of Solar Radiation Incident on Horizontal Surfaces at Santa Fe, Argentina (31° 39' S, 60° 43' W)", *Renewable Energy*, 11(4), 469-478.
- Alfano, O.M.; Cabrera, M.I.; Cassano, A.E. (1997) "Photocatalytic Reactions Involving Hydroxyl Radical Attack I: Reaction Kinetics Formulation with Explicit Photon Absorption Effects", *J. Catal.*, 172(2), 370-379.
- Alfano, O.M.; Cassano, A.E.; Marugán, J.; van Grieken, R. (2016) "Fundamentals of Radiation Transport in Absorbing Scattering Media", en *Photocatalysis: Fundamentals and Perspectives*, RSC Energy and Environment Series No. 14, Edited by J. Schneider, D. Bahnemann, J. Ye, G. Li Puma, D.D. Dionysiou. *The Royal Society of Chemistry* 2016, Chapter 14, 351-366, ISBN: 978-1-78262-041-9.
- Alfano, O.M.; Negro, A.C.; Cabrera, M.I.; Cassano, A.E. (1995) "Scattering Effects Produced by Inert Particles in Photochemical Reactors. 1. Model and Experimental Verification", *Ind. Eng. Chem. Res.*, 34(2), 488-499.
- Audino, F.; Conte, L.O.; Schenone, A.V.; Pérez-Moya, M.; Graells, M.; Alfano, O.M. (2019) "A Kinetic Study for the Fenton and photo-Fenton Paracetamol Degradation in an Annular Photoreactor", *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 26: 4312-4323.
- Briggiler Marcó, M.; Negro, A.C.; Alfano, O.M.; Quiberoni, A.L. (2018). "New semi-pilot scale reactor to study the photocatalytic inactivation of phages contained in aerosol", *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 25, 21385-21392.
- Farías, J.; Rossetti, G.H.; Albizzati, E.D.; Alfano, O.M. (2009) "Reactor Solar para Descontaminación de Aguas", Patente de invención, Instituto Nacional de la Propiedad Industrial, Argentina: INPI P-080103697. Concedida 14/02/2014.
- Imoberdorf, G.E.; Cassano, A.E.; Irazoqui, H.A.; Alfano, O.M. (2007) "Simulation of a Multi-annular Photocatalytic Reactor for Degradation of Perchloroethylene in Air. Parametric Analysis of Radiative Energy Efficiencies", *Chem. Eng. Science*, 64, 1138-1154.
- Marugán, J.; van Grieken, R.; Cassano, A.E.; Alfano, O.M. (2016) "Photocatalytic Reactor Design", en *Photocatalysis: Fundamentals and Perspectives*, RSC Energy and Environment Series No. 14, Edited by J. Schneider, D. Bahnemann, J. Ye, G. Li Puma, D.D. Dionysiou. *The Royal Society of Chemistry* 2016, Chapter 15, 367-387, ISBN: 978-1-78262-041-9.
- Marugán, J.; van Grieken, R.; Pablos, C.; Satuf, M.L.; Cassano, A.E.; Alfano, O.M. (2011) "Rigorous Kinetic Modelling with Explicit Radiation Absorption Effects of the Photocatalytic Inactivation of Bacteria in Water using Suspended Titanium Dioxide", *Applied Catalysis B: Environmental*, 102, 404-416.
- Muñoz-Batista, M.J.; Ballari, M.M.; Kubacka, A.; Alfano, O.M.; Fernández-García, M. (2019) "Braiding Kinetics and Spectroscopy in Photo-Catalysis: the Spectro-Kinetic Approach", Review Article, *Chem. Soc. Rev.*, 48, 637-682.
- Passalía, C.; Alfano, O.M.; Brandi, R.J. (2011) "Modeling and Experimental Verification of a Corrugated Plate Photocatalytic Reactor Using CFD", *Ind. Eng. Chem. Res.*, 50(15), 9077-9086.
- Piacentini, R.D.; Alfano, O.M.; Albizzati, E.D.; Luccini, E.A.; Herman, J.R. (2002) "Solar Ultraviolet Irradiance for Clear Sky Days Incident at Rosario, Argentina. Measurements and Model Calculations", *J. of Geophysical Research - Atmospheres*, 107, D15, 6.1-6.7.
- Rossetti, G.H.; Albizzati, E.D.; Alfano, O.M. (1998) "Modeling and Experimental Verification of a Flat-Plate Solar Photoreactor", *Ind. Eng. Chem. Res.*, 37(9), 3592-3601.
- Rossetti, G.H.; Albizzati, E.D.; Alfano, O.M. (2004) "Modeling of a Flat-Plate Solar Reactor. Degradation of Formic Acid by the Photo-Fenton Reaction", *Solar Energy*, 77, 461-470.
- Salvadores, F. Alfano, O.M.; Ballari, M.M. (2020) "Kinetic study of air treatment by photocatalytic paints under indoor radiation source: Influence of ambient conditions and photocatalyst content", *Applied Catalysis B: Environmental*, 268, 118694.
- Satuf, M.L.; Brandi, R.J.; Cassano, A.E.; Alfano, O.M. (2005) "Experimental Method to Evaluate the Optical Properties of Aqueous Titanium Dioxide Suspensions", *Ind. Eng. Chem. Res.*, 44(17), 6643-6649.

Venier, C.M.; Conte, L.O.; Pérez-Moya, M.; Graells, M.; Nigro, N.M.; Alfano, O.M. (2021) "A CFD study of an annular pilot plant reactor for Paracetamol photo-Fenton degradation", *Chem. Eng. J.*, 410 128246.

Zacarías, S.M.; Satuf, M.L.; Vaccari, M.C.; Alfano, O.M. (2012) "Efficiency evaluation of different

TiO₂ coatings on the photocatalytic inactivation of airborne bacterial spores", *Ind. Eng. Chem. Res.*, 51, 13599-13608.

■ NOTAS

1 Ver la Reseña del Dr. Alberto Cassano en <https://aargentinapciencias.org/>

[publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-1-no-1-2013/](https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-1-no-1-2013/). [NdE]

2 Ver <https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-1-no-1-2013/>.

3 Ver Reseña del Dr. Roberto Williams en <https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-3-no-3-2015/>.

RICARDO BORLA

por José G. Viramonte



Muchas veces en unas pocas líneas es difícil poder expresar en una semblanza todo aquello que se quisiera, sobre aquellas personas que han influido en la cimentación de las bases, el crecimiento y fortalecimiento de la institución donde hemos desarrollado tanto nuestra carrera profesional como la de docente y de investigador. En el caso del Ing. Borla nuestro querido “Bambi Borla”, es necesario realizarla desde una perspectiva que abarca tanto su labor docente, de investigación e institucional, como profesional y de empresario.

Cuando en el año 1971 llegué a Salta como el primer investigador del CONICET que elegía como lugar de trabajo la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Tucumán “que funcionaba en Salta”, en su sede del histórico Palacio Zorrilla, la ex Casa de Gobierno de Salta, base fundamental para la posterior creación de nuestra querida Universidad Nacional de Salta, me produjo una enorme sorpresa. Acostumbrado a mi universidad de origen, la de Córdoba, con sus facultades y carreras bien ordenadas y separadas, aquello no se parecía en nada a lo que estaba acostumbrado. Coexistían carreras tan disímiles como Filosofía, Letras, Historia, con Geología, Biología e Ingeniería en Petróleo que rápidamente se trans-

formó en Ingeniería Química. Las carreras de Geología e Ingeniería en Química eran las privilegiadas porque tenían sede propia, la primera en el viejo Museo de Ciencias Naturales localizado en el Parque San Martín y la segunda en el “famoso” edificio de “Las Vegas” nombre derivado de un antiguo “dancing” de la zona sur de la Ciudad de Salta. En este último, bajo la tutela del famoso y recordado Ing. Rolando Poppi, Ricardo trabajaba junto con otros colegas, en el desarrollo de modelos matemáticos dinámicos de equipos de procesos químicos y en la teoría de los procesos de cristalización, temática muy importante en la industria química y particularmente las vinculadas con la industria azucarera. Luego de algunos años en que Ricardo realizara una exitosa estadía en la Universidad de Princeton en EE.UU., a su regreso en 1974, su grupo de trabajo obtuvo en el PNUD para desarrollar el proyecto “Apro-

vechamiento de Salares de la Puna para el Relevamiento de los Recursos Naturales explotables Litio, Potasio, Cloruro de Sodio Magnesio y otros”. Allí fue donde comenzó nuestra relación más estrecha, ya que trabajábamos en temas de interés común y complementarios, especialmente aplicados a la producción de sulfato y cloruro de sodio.

Eran tiempos políticamente difíciles, hasta que llegó el golpe militar de 1976 el que muy prontamente me dio de baja tanto como investigador del CONICET como profesor de la UNSa, quedándome sin trabajo y con una familia que mantener...

Allí fue que por intermedio de Ricardo -a quien he agradecido toda la vida por ese gesto- pude ingresar a la Empresa de Obras y Servicios Generales, dedicada a la producción de insumos para la perforación de pozos petroleros. Allí mantuvimos una larga y estrecha colaboración complementando nuestros conocimientos y realizando desarrollos para la producción de nuevos lodos densificantes de perforación. De allí resultaron productos novedosos como el DENSIL B-79 y el DENSOBAR. Asimismo, se afianzó nuestro cariño y amistad que se ha desarrollado y mantenido a lo largo del tiempo.

En 1984 Ricardo comenzó una nueva etapa de su vida: la de “Emprendedor” y “Empresario” que llega hasta ahora con la creación de la empresa Norquímica para la producción de ácido bórico y otros derivados. Esta empresa fue muy exitosa a lo largo de varios años a pesar de las distintas “crisis” que ha sufrido nuestro país y el mundo. Finalmente, asociada con la empresa AGENA Spa y usando la conjunción de nombres AGENA y NORQUÍMICA surge la actual empresa AGENOR SA, que dirige.

Ricardo Borla, ha cumplido cincuenta y un (51) años continuos de Docencia Universitaria, iniciando como Auxiliar Docente de 2da Categoría UNT-1964 y luego ascendiendo por Concursos de Antecedentes y oposición, hasta alcanzar el máximo nivel de Profesor Titular de la cátedra Diseño de Procesos, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta.

Como Investigador Científico posee más de quince trabajos de investigación científica, publicados

en Revistas y/o presentados a Congresos Nacionales e Internacionales, en las áreas de procesos de cristalización, minería, modelado y control de procesos y diseño de procesos. Director de numerosos proyectos de investigación subsidiados y evaluados por el Consejo de Investigaciones de la UNSa, Secretaria de Ciencia y Técnica de la Nación y CONICET. Ha sido Director del Proyecto Evaluación de Salares de la Puna perteneciente al Programa del PNUD Evaluación de los Recursos de la Puna. (1974-1979) dirigido por el Ingeniero Rolando POPPI. Este trabajo inicio por primera vez la evaluación del contenido de Litio en los salares de la Puna.

El Ingeniero Borla ha recibido por su actuación distintas distinciones tales como el Premio República de Oro a la trayectoria empresarial. Rubro Minería. Empresa Norquímica S.A, Año 1998.

Ha actuado como Jurado, en Uniones Industriales de distintas regiones del País. Es Cónsul Hono-

rario de Finlandia en Salta (2006-a la fecha) y ha sido Condecorado con la Orden de Caballero del León de Finlandia, Primera Clase, por el Presidente de Finlandia en mérito a la trayectoria personal y servicios prestados a Finlandia (marzo de 2019).

Cuando hacemos un análisis, tomando en conjunto la gran cantidad de logros y aportes realizados por el Ing. Borla se puede observar que él mismo supo conformar a su alrededor un círculo virtuoso, donde la generación de conocimiento ha sido el hilo conductor, y por donde se mueven e interactúan la transferencia de conocimiento hacia la formación de recursos humanos y el beneficio de la sociedad, el fortalecimiento de las instituciones y la generación de empresas productivas con insumos locales. Larga trayectoria balanceada con aspectos personales principalmente con su amado grupo familiar. Para mí, ha sido un placer escribir esta sencilla semblanza sobre nuestro querido “Bambi” Borla. Todo ello queda claramente expresado en la reseña que van a leer a continuación.

LA INTERSECCIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ¿CONDICIÓN NECESARIA COMO PARTE DE UN DESARROLLO SUSTENTABLE DE NUESTRO PAÍS?¹

Palabras clave: : recursos mineros; innovación; ácido bórico; especialidades químicas de boro; administración de empresas.

Key words: mineral resources; innovation; boric acid; boron chemicals specialties; business administration.

El autor narra las peripecias de su evolución de tecnólogo a emprendedor y muestra con claridad cómo ambos roles son distintos y al mismo tiempo complementarios.

■ **Ricardo José Borla**

Académico de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta.

Fundador y Director Ejecutivo de la empresa NORQUÍMICA.

Socio Fundador de AGENOR, empresa productora de especialidades químicas de boro.

Ricardo.borla@gmail.com

¹ Editor asignado: **Miguel A. Blesa**

■ EL ORIGEN

Cuando esa mañana del primer lunes de marzo de 1962 iba rumbo al histórico Palacio Zorrilla, la ex Casa de Gobierno de Salta -en aquel entonces sede de la Facultad de Ciencias Naturales de Salta, dependiente de la Universidad Nacional de Tucumán- para registrar mi inscripción como alumno universitario, comencé a evocar las conversaciones con mi padre, en las que en distintos temas y con variados enfoques intentaba grabar a fuego el vínculo entre Educación y Libertad, la importancia

del ser libre. Y por cierto ese rememorar se extendía a mi madre con su clásico y determinante: “¿ya hicieron todos los deberes?”, cuando le pedíamos permiso para salir a jugar, que seguramente formaban parte de la gestión de las premisas inculcadas, que compartían con mi padre. Revivir esos simples momentos, me llevaban a pensar en el privilegio que atesoramos con mis hermanos, de tener padres ricos, sin patrimonio físico, plenos de valores de vida.

En las cuadras que transitaba caminando, esa hermosa mañana

soleada, en esas lindas calles del casco céntrico de Salta, en mis recuerdos fluían imágenes que involucraban a mis hermanos mayores: Miguel, Dora y Juan compartiendo con nuestros amigos, esa hermosa y feliz infancia, que nos tocó vivir en esos pequeños pueblos, en los que en nuestra formación, convivían los juegos y travesuras, con escuelas pobres y maestros con mucha sabiduría para cumplir con su función de formadores: conocimientos, experiencia para transmitirlos, junto con respeto, valores, sentimientos y actitudes.

Estas rememoraciones, que seguramente estaban vinculadas con un cierre personal de ciclo, trajeron a mi mente algunas imágenes no gratas, vinculadas con mi hermano mayor Miguel que muy chico tuvo que vivir lejos de nuestra familia, trasladarse a otra ciudad para poder seguir estudiando. El pueblo de Embarcación, donde vivíamos en ese momento, no tenía Colegio Secundario. Mis padres, así como les pasó a muchos otros y en distintos lugares de la provincia, tuvieron que hacer importantes esfuerzos, si podían, para que sus hijos siguieran formándose académicamente, en este caso en la ciudad de Salta, en un colegio parroquial, único que tenía un régimen de alumnos internados. Era un privilegio en ese momento tener la oportunidad de poder completar un ciclo de estudio que incluyera el primario y el secundario.

Los continuos cambios familiares de destinos que tuvimos se debieron a que a principios de la década del 40 comenzaron a instalarse en la provincia de Salta las nuevas centrales termoeléctricas de corriente alternada de 220 Voltios, que iban reemplazando a las viejas centrales de corriente continua de 110 Voltios. Mi padre, hijo de inmigrantes piamonteses, nacido en Las Varillas (Córdoba) había cursado su ciclo secundario en la Escuela de Mecánica del Ejército, donde tuvo una muy buena formación académica graduándose como Técnico Mecánico Electricista. Cuando alcanzó los años que se necesitaban, se retiró del Ejército, e ingreso en la Administración General de Aguas de Salta como Encargado de Usina. Cuando se instalaban las nuevas usinas, él participaba del montaje y de la puesta en marcha; con posterioridad capacitaba al personal para operarla y además organizaba su administración. Él permanecía como Encargado de esa Usina hasta que le solici-

taban que se incorpore al siguiente nuevo montaje de otra.

A medida que me acercaba a la Facultad la evocación se trastocaba con la realidad; en este último escenario lo único que aparecía muy nítido era que debía estudiar y también que experimentaba una vocación definida: desde muy chico siempre sostuve la inclinación por ser médico. Nunca tuve clara la razón de esta convicción. Admito que aún hoy sigo interesado en la lectura de publicaciones que vinculan la salud con conocimientos que fui adquiriendo con el tiempo.

Cuando entré al edificio de la Facultad, irrumpió en mi mente la realidad, ya sabía que tenía que estudiar otra carrera; las propuestas académicas no eran muy amplias y entre ellas había optado por Ingeniería en Petróleo.

Para ese entonces ya estábamos viviendo en la ciudad de Salta, luego de que familiarmente nos trasladáramos, en el año 1949, de Metán a Embarcación, lugar donde inicié la Escuela Primaria cursando el primer grado inferior (1951). Este ciclo lo terminé en Tartagal, (1952-1955) y en ese mismo lugar inicié la etapa del cursado del secundario en una Escuela Nocturna de Comercio (1956-1957-1958), cerrándola en Salta Capital (1959-1960-1961).

El hecho de vivir en pueblos chicos en esa época fue muy importante para el desarrollo educativo personal; me permitió ampliar muchas habilidades y destrezas, como aprender a jugar al fútbol, primero con una pelota de trapo luego con una de tiento y finalmente una lisa de cuero. Jugábamos con equipos de chicos matacos¹ sociabilizando con ellos y pese a jugar descalzos algunas veces ganaban y otras perdían y se divertían tanto como nosotros.

Aprendí a jugar al básquet. Desarrollamos nuestra capacidad para inventar juegos. Hacíamos carreras de una cuadra o también de una vuelta o varias vueltas a la manzana. Jugando aprendimos a competir y a saber que cuando se compite se puede ganar o también perder.

■ FORMACION TERCARIA

Luego de aprobar el Curso de Ingreso, en la primera semana del mes de abril de 1962 se inició el dictado del primer cuatrimestre de la carrera de Ingeniería en Petróleo, que prontamente, a mediados de mayo se transformó en Ingeniería Química. Los cambios de contenidos del nuevo plan de estudio se producían a partir del segundo cuatrimestre, con lo cual se afectó muy poco nuestro cursada; el nuevo Plan de Estudio fue instrumentado para cursar en seis años.

El Plan se sustentaba en un fuerte contenido de ciencias básicas: cuatro materias de matemáticas, los clásicos dos Análisis Matemáticos, uno de Geometría Analítica (fuertemente orientado al álgebra vectorial y tensorial) y un cuarto de Teoría de Funcionales; cuatro asignaturas de Química: General, Inorgánica, Orgánica, y Analítica e Instrumental. En física se tenía cuatro asignaturas: una Clásica, Electricidad y Magnetismo, Mecánica Lagrangiana y Física Moderna. Además, Fisicoquímica, Termodinámica Clásica. En el ciclo de materias profesionales específicas había dos Operaciones Unitarias, dos Procesos Unitarios, Organización Industrial, Electrotecnia, Resistencia de Materiales, Arquitectura Industrial, Diseño Mecánico de Equipos, Control Automático de Procesos. Procesos Petroquímicos, Ingeniería Legal. Proyecto final.

Este Plan de Estudio con un conjunto compacto de asignaturas de ciencias básicas permitieron du-

rante los cuatro primeros años de estudio adquirir una cantidad de conocimientos, que fueron muy determinantes a través de la vida tanto como estudiante como así también la de profesional vinculado con la actividad científica y la tecnológica.

En febrero de 1964, concursé por un cargo de Auxiliar Calculista, que básicamente era para ejercer las tareas de auxiliar docente de segunda categoría (Docente alumno), en el curso de ingreso a la carrera y posteriormente hacer el mismo trabajo, en el primer cuatrimestre en Análisis Matemático I y en el segundo cuatrimestre en Análisis Matemático II. Si bien se trataba de un contrato por un año, porque no había partidas presupuestarias, el ganar el concurso y obtener ese cargo fue muy importante, porque me permitió dejar de realizar trabajos fuera del ámbito de la Facultad.

En el año siguiente (1965) me inscribí en un Concurso de Auxiliar docente de Segunda Categoría, Alumno, en Física II (Electricidad y Magnetismo). Este ya era un cargo de planta permanente, que debía someterse a concurso anualmente. Allí comienza mi etapa formal como Docente Universitario, que cerraría un 31 de marzo de 2016, cuando me retiré de la enseñanza en el aula, después de haber cumplido 51 años ininterrumpidos de docencia universitaria y setenta y un años de vida.

En lo académico en ese año el ingeniero Rolando Poppi que había regresado a nuestro país luego de una valiosa estadía en el Politécnico de Milán, se integraba a la carrera de Ingeniería Química de Salta. Lo hizo como director de la Carrera; con su formación, capacidades y su liderazgo introdujo en nuestro Departamento la nueva visión del desarrollo del conocimiento en Ingeniería Química.

Enseguida se incorporó un edificio destinado al dictado de las materias específicas de la Ingeniería Química como así también un ámbito para realizar trabajos de investigación en esta especialidad. Fruto de esa actividad y visión y basados en el libro de Bird, Stewart and Lightfoot el *Transport Phenomena*, a través de cursos intensivos dictados por docentes de la UNLP y la UBA, entre ellos el Lic. Juan Carlos Gottifredi² (que años después se incorporaría al grupo) quien tuvo a su cargo los temas vinculados con fenómenos de transporte de cantidad de movimiento. De igual forma, con otros docentes de la UBA nos formamos en los principios del transporte de la energía y de la materia que nos permitió actualizar visiones e incorporar herramientas de desarrollo del pensamiento abstracto.

Los trabajos de Rutherford Aris sobre cinética química y diseño de reactores químicos aportaron a una comprensión más profunda de los fenómenos observados y permitieron un mejor diseño de los procesos químicos, abriendo nuevos caminos para la investigación científica, en el campo específico de la Ingeniería Química. Basadas en esta nueva escuela, las clases dictadas por Rolando Poppi eran motivantes y buscaban siempre la participación de los que éramos sus alumnos, mediante la generación de un círculo virtuoso de formulaciones de preguntas y respuestas.

La incorporación del Ingeniero Emilio Vergara, como consecuencia de la crisis política, que vivía la Facultad de Ingeniería Química de Santa Fe, fortaleció la cátedra de Físicoquímica; lo mismo ocurrió en la cátedra de Control de Procesos con la llegada del Ing. Lombardo; la carrera se iba consolidando.

Mientras esto sucedía, con un enfoque retrospectivo sentía que aquella única convicción que exhibía al entrar a la Facultad que era el estudiar, ahora sumaba el interés por la enseñanza y ver que los avances de fines de la década de los cincuenta se habían fortalecido y se abrían caminos a un conjunto de ciencias propias de la Ingeniería Química, que me generaban una motivante expectativa de investigación en ese campo; ahí comencé a iniciar los trazos de mi visión de futuro.

A fines de 1967 terminé de cursar los seis años del plan de estudio y en el primer turno de febrero de 1968, rendí la última materia que me faltaba para completar la carrera. En poco tiempo me incorporé de pleno a la docencia en la carrera de Ingeniería Química como Auxiliar Docente de Primera Categoría en Control de Procesos, Al mismo tiempo aprendí programación y en particular Fortran IV. Por otra parte, inicié un programa de formación docente que consistía en trabajar, en cada cuatrimestre, en las distintas materias específicas de la carrera como auxiliar docente y también se nos asignaban temas para el dictado de clase teóricas. Fue una muy buena experiencia, que permitía consolidar conocimientos ya adquiridos; además que facilitaba el aprendizaje del dictado teórico de clases, supervisados por el docente de la cátedra. Fue una buena medida la instrumentación este plan de formación que pude afortunadamente completar.

■ INICIOS DE UNA FORMACION EN INVESTIGACION CIENTÍFICA

Bajo la dirección académica de Rolando Poppi empecé a trabajar simultáneamente, en el desarrollo de modelos matemáticos dinámicos de equipos de procesos químicos y en la teoría de los procesos de crista-

lización. Esta temática era muy importante en la industria química y particularmente las vinculadas con muchos de los recursos regionales. La operación de cristalización tenía muchos fenómenos observados que la teoría no los podía explicar. Uno de ellos era el de los sistemas con alta sobresaturación sin que se formen cristales y la cristalización de azúcar era uno de esos ejemplos. Establecimos los temas de trabajo en función de las necesidades de las industrias de la región. En el caso de la industria azucarera que venía con muchos problemas de subsistencia desde hacía mucho tiempo; buscábamos determinar los parámetros de la cinética de cristalización para trabajar en el desarrollo de un sistema continuo de cristalización, que ya habían empezado a operar en Estados Unidos.

En el período de la zafra fuimos a Tucumán a tomar contacto con algunos ingenios azucareros y el Centro de Cómputos de la UNT. Pudimos presenciar la cosecha de la caña, y todas las etapas del proceso incluidos los momentos previos a la incorporación de una siembra de núcleos para iniciar la cristalización. Todo un ritual: ingresó un operario, identificado en la jerga azucarera como “el puntista”, que en forma muy ceremoniosa tendió sus brazos hacia adelante, y dos operarios le colocaron un delantal, que cerraba por detrás, luego le ponían guantes en sus manos, mientras otros extraían una muestra de solución sobresaturada, que en esa industria se conoce como “la masa cocida”; que es la solución sobresaturada que tiene el cristallizador; el puntista tomaba una porción pequeña entre sus dedos pulgar e índice, abría los mismos y según la distancia de apertura en la que el hilo se cortaba; daba la instrucción para que se agregue la siembra de cristales. Cuando esta operación se realizaba, casi inmediatamente se

observaba una cantidad muy importante de cristales en la solución. La teoría de procesos de cristalización indica que cuando en una solución que esta sobresaturada no se observan cristales, una forma de inducir la cristalización es la siembra partículas finas. Lo que no pudo resolver la teoría aún hoy, es cómo se determina la sobresaturación necesaria para alcanzar el punto de siembra; esta cuestión es sólo conocimiento empírico. De todos modos, ese punto de corte de hilo de esa “masa cocida” está asociada directamente con su viscosidad, que a su vez depende de la sobresaturación. Ya en esos momentos, medir la sobresaturación era simple y de costo razonable y ya se había empezado a usar en otros ingenios.

Terminada las actividades programadas en los ingenios nos dirigimos al Centro de Cómputos de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, lugar en el que, previamente, se había coordinado una reunión con su director, el Profesor Raúl Lucioni y el Lic. Eduardo Epstein, que era el profesional que brindaba el soporte técnico a los usuarios.

Esta reunión se centró en conocer las características técnicas y el potencial de uso que tenía la computadora IBM 1620. Esta presentación la hizo el Lic. Epstein, fue muy sólida, clara y precisa. Como ejemplos de aplicación indicó que la estaban utilizando los Profesores Roberto Cudmani y Raimondi, de la carrera de Ingeniería Civil, como herramienta en los cálculos de estructuras: ambos usaban un día completo por semana, asignado en forma exclusiva. Se acordó que nosotros podríamos tener un régimen similar. En ese sentido se estableció que todos los martes tendríamos el uso exclusivo a partir de las 9 hs. hasta las 21 hs. Se destacó como cuestión importante para tener en cuenta que

la programación hecha sobre papel debíamos transcribirlas sobre tarjetas, que debíamos perforar personalmente, alertando que cualquier error cometido en la programación o perforación, obligaba a perforar la totalidad de las tarjetas nuevamente.

De regreso a Salta evaluamos las actividades realizadas en Tucumán tendientes de definir las líneas de investigación que íbamos a consolidar. Por una parte, trabajar en teoría de la cristalización, en particular en el sistema de cristalización de azúcar. Habíamos comprobado, luego de las visitas a los ingenios azucareros, que parte de los fundamentos sobre los que habíamos elegido ese tema de investigación no eran prioritarios para la industria, ya que tenían muchos otros problemas sobre los que debían trabajar antes de incorporar cristallizadores continuos. No obstante, el hecho de que la caña se cosechara con machete en mano y el episodio del “puntista”, eran postales descriptivas del estado de atraso de la industria azucarera en esa época, en nuestro país. De todos modos, decidimos continuar estudiando la cristalización de la sacarosa para ir constatando los avances que desarrollaríamos en la teoría con los resultados experimentales obtenidos.

La otra línea de investigación que veníamos evaluando era la del desarrollo de modelos dinámicos de procesos. Los fundamentos para esta elección eran que tanto la teoría clásica como la moderna eran muy exitosas en su campo de aplicación, pero el orden de magnitud de las constantes de tiempo y la dinámica de los procesos, en el primer caso; y el avance y solidez de la teoría para describir los fenómenos de los procesos bajo control, en el segundo caso hacían que sus usos no fueran tan eficientes en los procesos vinculados con la ingeniería química. La

no linealidad que presentaban estos últimos agravaba los problemas.

Siguiendo el plan establecido en el proyecto de Modelos Dinámicos de Procesos, inicié la rutina de viajar todos los martes a Tucumán.

La programación en Fortran era simple; al empezar a percibir la cantidad de información que se podía obtener, sin lugar a duda quedaba en evidencia que uno de los carriles importantes era la tecnología analógica que ya estaba instalada y desarrollada en el transcurso de la "guerra fría". En ese sentido la Universidad Nacional de Tucumán en 1965, estuvo en el camino adecuado que ya había iniciado en 1961 la UBA, con la incorporación de "Clementina", la Computadora Mercury.

En cuanto a la otra línea de trabajo, una vez armado y puesto en marcha el equipo experimental para el desarrollo de la teoría de cristalización, las primeras informaciones registraban oscilaciones bien definidas en la curva de concentración de la solución de sacarosa, en función del tiempo. Ante este escenario que aparecía como inconsistente se repitieron las experiencias obteniéndose los mismos resultados. Frente a estas confirmaciones me reuní con Poppi quien, de hecho, fue muy categórico en el sentido de que lo que estaba describiendo era termodinámicamente inconsistente. El paso siguiente fue repetir la experiencia juntos y obtuvimos datos con patrones similares.

Hasta el momento en que comenzamos con las experiencias, a pesar de analizar muchas publicaciones experimentales, en ninguna aparecía este tipo de fenómeno. Desde ya que con la expresión de la fuerza impulsora de la velocidad de crecimiento de procesos de cristalización en uso que era la diferencia

entre la concentración de la solución y la concentración de equilibrio de la sustancia estudiada, no habíamos encontrado ninguna observación, a este modelo de la cinética de crecimiento. Sí había muchos otros fenómenos que ocurrían que la teoría no podía explicar.

En la búsqueda de las posibles causas que justificaran lo observado, encontramos una línea de análisis en trabajos realizados a fines del siglo XIX por Ostwald³ el que vinculaba la velocidad de disolución con el tamaño de partícula y su energía superficial.

Mediante una simulación analógica en la IBM 1620 de la UNT con un modelo con una nueva expresión de velocidad de cristalización, que dependía del tamaño de partícula a través de su energía superficial, se demostró que bajo determinadas configuraciones de distribución de tamaños de cristales se podría producir este fenómeno observado. Asimismo, hicimos un análisis teórico de la consistencia termodinámica con la nueva expresión usada. Este trabajo lo publicamos en la *Revista Latinoamericana de Ciencias de la Ingeniería Química y Química Aplicada*; esta presentación fue evaluado por Rutherford Aris,⁴ con un buen dictamen aconsejando su publicación.

En el año 1970, a fines de marzo, tuvimos la oportunidad de organizar en Salta el Congreso de la Asociación Argentina de Ingenieros Químicos. Hubo una masiva asistencia de investigadores, como así también una importante cantidad y calidad de trabajos presentados. Fue muy interesante el vínculo que se pudo establecer con toda una camada joven y también con los directores de los distintos grupos de Investigación de La Plata, Santa Fe y Bahía Blanca. En lo personal fue un momento sig-

nificativo por la presentación de mis dos primeros trabajos en un Congreso.

En el plano familiar, en agosto de 1968 contrajimos matrimonio con Rebeca, Maestra de grado, estudiante avanzada en la carrera terciaria de Asistente Social. Si ella no estuviera incluida esta historia con seguridad sería muy distinta. En febrero de 1970, un mes antes de que iniciara el Congreso de la AAIQ nació nuestra primera hija; en abril de 1972, cuando terminaba otro Congreso de la AAIQ nació nuestra segunda hija. Hoy después de 56 años de casados, tenemos cuatro hijos y diez nietos. Nuestra hija mayor tiene 54 años y nuestro hijo menor 34; nuestra nieta mayor tiene 30 años y el menor de nuestros nietos tiene 4. Esta secuencia de edades muestra que nunca nos desvinculamos de los distintos niveles de enseñanza (primaria, secundaria y universitaria).

A partir de la terminación del Congreso de 1970, dirigí mi preparación personal con el objetivo adicional de generar logros para poder aspirar a obtener una beca de perfeccionamiento en el exterior. Aceleré el ritmo de avance en los trabajos empezados. Incrementé la dedicación para adquirir las herramientas que quería perfeccionar en el exterior. El tema que tenía definido era "Identificación de sistemas y estimación de parámetros en línea."

Este ciclo cerraba un período de casi 4 años de los mejores y más productivos que tuve en nuestro país, integrando un grupo muy unido con un excelente ambiente de trabajo que involucraba muchísimas horas diarias con mucha amistad en el grupo, que se prolongaba por fuera de las horas de trabajo, incluyendo actividades deportivas en conjunto y salidas familiares todos los fines de semana.

■ APRENDIZAJE CONTINUO Y PERFECCIONAMIENTO DE LO APRENDIDO

El 20 de noviembre de 1972, partí hacia Princeton, EE.UU., con una beca de Perfeccionamiento en Investigación otorgada por CONICET, que me permitió ingresar a la Universidad dentro del Programa *Exchange Visitor Status*, en calidad de Investigador visitante, empezando otra etapa de mi carrera.

Al día siguiente de llegar a Princeton me dirigí a la Universidad, en particular al Departamento de Ingeniería Química, a su sector de administración. Ahí tomé conocimiento de que para el tiempo que durara mi estadía en la Universidad me habían asignado un dúplex en el complejo de *Hibben Apartments* y también una oficina en el sector académico. Asimismo, me indicaron la localización de un depósito de la Universidad donde podría alquilar muebles para el departamento. Mientras me transmitían todos tipos de detalles, ya se habían comunicado con el profesor L. Lapidus, Director del Departamento, y me informaron el horario y la localización de su oficina, en la que me esperaba, en la mañana del día siguiente.

Cuando ingrese a la reunión programada con L. Lapidus, observé también estaba presente L. Padmanabhan, Pad, como muy respetuosamente lo presentó el propio decano, tras una breve conversación que se hizo a modo de saludo, hizo conocer, previo a destacar sus cualidades académicas, que Pad sería mi vínculo con el Departamento. Al terminar la reunión y despedirnos del Director, Pad sugirió realizar una recorrida a través de las instalaciones del Departamento, a medida que íbamos encontrando personas, que Pad entendía que era bueno que las fuera conociendo me las iba presentando

y me explicaba qué rol académico o administrativo tenían; también me mostró cual iba a ser mi oficina. Me presentó a Giovanni Colantuoni que estaba en su segundo año de doctorado y él era su director de Tesis. Cuando terminamos este recorrido coordinamos un horario para reunirnos el día siguiente en su oficina. Personalmente continué con mis actividades y pude lograr instalarme en el departamento asignado, ese mismo día con la ayuda de Giovanni

En reunión en la oficina de Pad, iniciamos la conversación sobre las actividades que veníamos desarrollando cada uno hasta ese momento; hablamos sobre el control de proceso en el campo de la ingeniería química. Coincidió que el camino como así también el trabajo que había elegido "Identificación de sistemas y estimación de parámetros en línea", eran adecuados para abarcar prácticamente toda la gama de instrumentos teóricos, perfeccionarme y aprender. Convinimos en trabajar con modelos tanto estocásticos como determinísticos, utilizando los importantes aportes del filtro de Kalman para procesos estocásticos y el operador de Luenberger para los determinísticos, en espacios de dimensiones finitas y también infinitas; el uso de herramientas como las del método de colocación ortogonal para pasar de un espacio de dimensiones infinita a otro de dimensiones finitas

La propuesta de trabajo, de carácter netamente teórico, esto había sido elegido así, en función del periodo de permanencia que tenía asignado (1 año).

Pad, nacido en la India, Profesor de Control de Procesos, era un profesional joven brillante, con un manejo muy interesante de las matemáticas, ya tenía una vasta trayectoria en la línea de modelos dinámicos de procesos. Cuando salí de la reunión

tenía claro que estaba en el lugar y un vínculo con la persona indicada y que no podía dejar de aprovechar al máximo esa oportunidad.

Fueron 18 meses de largos días de trabajo que me permitieron alcanzar los conocimientos teóricos necesarios para el modelado de procesos dinámicos y su control. Durante ese tiempo tomé cursos en distintos Departamentos de la Universidad, con su orientación alcancé el conocimiento y el manejo de las herramientas que estaban en la frontera de la teoría de control, no necesariamente vinculado con los procesos químicos.

Si bien este camino no me permitiría avanzar en el desarrollo de una teoría del control de procesos propios de la ingeniería química, sí es cierto que este cúmulo de herramientas me habilitaba resolver problemas complejos de control de esta rama ingenieril.

En la segunda quincena de mayo de 1974 terminé la redacción final del trabajo y en reunión con Pad hicimos algunos retoques. En la última semana de mayo le entregué el original del trabajo y preparé el informe final que debía enviar al CONICET, incorporando una copia del trabajo terminado.

Durante mi estadía en Princeton tuve oportunidad de conocer a Roberto Cignoli, que se encontraba también como investigador visitante, con una beca de CONICET y a Eduardo Lozano doctorado en Harvard, profesor de Planificación Urbana en la misma Universidad, en el momento que lo conocí profesor en la misma especialidad, en Princeton. Todos vivíamos en el mismo complejo de *Hibben Apartments*. Al año siguiente llegó Carlos Glandt, con quien ya tenía una relación previa, que iniciaba su doctorado, así

como también también su hermano, Eduardo, instalado en Filadelfia, para obtener su doctorado en la Universidad de Pennsylvania.

En el segundo semestre 1974 nos despedimos tanto con Roberto Cignoli, como con Eduardo Lozano salimos de Princeton con caminos distintos y con expectativas diferentes. Roberto permaneció en EE.UU. continuando con su carrera académica y Eduardo abrió su propio Estudio en forma independiente también en EE.UU., uno y otro cada cual con su propio perfil tuvieron una brillante carrera.

En este cierre de este ciclo revolorizo la actividad de CONICET sin cuyo apoyo económico no hubiera podido concretar esta actividad. Esos aportes se iniciaron desde mis primeros trabajos de investigación, que sentaron la base de mi formación en la investigación; el otorgamiento de la beca de perfeccionamiento en investigación que me concedió, la oportunidad de ser admitido como investigador visitante lo que permitió completar una importante etapa de formación científica. Asimismo, pude obtener un enorme bagaje de

conocimientos y usos de herramientas; que me permitieron ser mejor, tanto en mi actividad académica, como así también estar capacitado y tener confianza para aceptar el desafío de ser un emprendedor tecnológico. El regreso a mi país cerró un ciclo de aprendizaje en todos los órdenes de la vida en la Universidad de Princeton con el desarrollo cultural, de actitud, de aptitudes, de competencias, de apertura de mente; un ambiente de trabajo de muchos méritos, donde todo se facilitó para que pudiera enfocarme en las metas buscadas.

■ EL REGRESO A LA UNSA

De regreso en la Facultad, en julio de 1974, me enteré de que Rolando Poppi había pedido licencia en el Departamento de Ingeniería para incorporarse al NOA Industrial, si bien el mantuvo el dictado de sus cátedras. Él realizaba sus actividades y tenía sus oficinas en un espacio que el Gobierno de Salta había aportado para albergar al personal y los profesionales que realizaban tareas vinculadas con el acuerdo concretado entre el Gobierno argentino y Naciones Unidas a través de la he-

rramienta asociada al PNUD (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo). Rolando representaba la contraparte del Gobierno argentino. Este Programa tenía como objetivo “realizar un estudio de la situación de las Industrias existentes en Salta, Jujuy y Tucumán, como así también un relevamiento de los recursos naturales explotables”. Esta actividad no me extrañó, era parte de la idea que tenía Rolando de formar un grupo homogéneo para el diseño de procesos que permitiera aprovechar los ingentes recursos que tenía la Región para desarrollarse.

El reencuentro con Rolando fue muy bueno. Enseguida me comentó que había leído cada uno de los Informes que mandé al CONICET, en las copias que yo le envié, como así también el informe final adjuntado con el trabajo preparado para publicar. Enseguida nos involucramos en la actividad del trabajo realizado durante la beca. Como siempre que nos juntamos a hablar de temas que nos hacían pensar, la noción de tiempo se esfumaba, fue una larga reunión y estaba muy atraído por cada una de las nuevas herramientas que había adquirido.



Foto oficial (foto familia) Departamento de Ingeniería Química Princeton 1972.

Al día siguiente nos encontramos en la Facultad, ambos parados frente a un pizarrón con una tiza en la mano volvimos sobre los temas que habíamos tratado y acordamos que en adelante iríamos tomando un contenido por vez. Posteriormente, desarrollé el trabajo Identificación de sistemas y estimación de parámetros en línea. A medida que hacía la presentación íbamos reflexionando en conjunto sobre cada punto.

Luego, esa misma tarde le comenté sobre la decisión que había tomado, y que estaba de alguna manera implícita en mi regreso a Argentina: la de no continuar en la línea de investigación de modelos dinámicos, en particular en la modelación *on line* de la dinámica de procesos químicos. Le di las razones para tomar esa decisión y un panorama del escenario más probable de lo que pudiera ocurrir institucionalmente en la Argentina.

Rolando coincidía que ese escenario era muy probable que ocurriera; de todos modos, insistió para presentar un proyecto ante CONICET con todas las herramientas necesarias para trabajar en el tema. En setiembre de 1974 presenté el proyecto ante CONICET, a mediados de mayo de mayo de 1975 me informaron que el proyecto había sido aprobado y me solicitaron una actualización de los valores del costo del proyecto; se obtuvo esta actualización antes de la última semana de mayo; el 4 de junio el Ministro de Economía de la Nación presentaba su proyecto de ajuste económico que históricamente se identificó como “el Rodrigazo”; este fue el inicio de sucesivas crisis económicas que se extendieron hasta el año 1991.

■ PROYECTO APROVECHAMIENTO DE SALARES DE LA PUNA. PNUD

RELEVAMIENTO DE LOS RECURSOS NATURALES EXPLOTABLES LITIO, POTASIO, CLORURO DE SODIO MAGNESIO Y OTROS.

Frente a este complicado escenario, Rolando (Poppi) sugirió que analicemos otras alternativas y allí surgió la idea de que dentro del programa de PNUD “Aprovechamiento de Recursos Naturales de la Puna”. Incorporar un proyecto “Aprovechamiento de Salares de la Puna”, trabajando fundamentalmente sobre el litio y el potasio. Recientemente Chile (1974) había iniciado un camino dirigido a la obtención de cloruro de potasio para la producción de nitrato de potasio a partir de sus nitratos naturales y al litio lo consideraba como un mineral estratégico.

Desde principio de los años 50 el litio era considerado un elemento de carácter estratégico vinculado con la generación de energía de fusión nuclear; tuve oportunidad de visitar las impactantes instalaciones en las que se encontraba el prototipo de proceso, proyecto financiado con fondos privados, que el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton llevaba adelante con vínculos con el Departamento de Física de la Universidad de Princeton y también la de Rutgers, seguramente uno de los proyectos más avanzados del mundo en ese momento, pero temporalmente tenía un largo camino para recorrer, era un proyecto muy complejo.

En cambio, era una novedad el uso del carbonato de litio para aplicaciones en cerámicas y vidrio, o del hidróxido de litio, por su comportamiento ante distintas temperaturas extremas, la revolución de su

aplicación como aditivo en lubricantes. El butil litio hizo otro tanto en la producción de caucho sintético para neumáticos de automóviles. También estaba el uso del litio metálico como intermediario en la industria farmacéutica; la gama productos era muy amplia. El total de estos productos de litios expresados bajo la forma de carbonato de litio era del orden de las 20.000 Toneladas anuales con un valor promedio del orden de USD 50.000.000 con un mercado con demanda creciente. A principio de los 90 las ventas de productos de litio avanzaron a USD 250.000.000.

Las ventajas que se podían observar en el litio como elemento importante en el uso como acumuladores de energía, eran meras especulaciones académicas, sin ninguna vinculación con el cambio climático. Lo que si hay que tener en cuenta que el **proyecto Aprovechamiento de Salares de la Puna** estaba en el marco del **Programa “Aprovechamiento de los Recursos Naturales de la Puna”**; a su vez este último estaba incorporado en la operativa de PNUD cuyo único objetivo era **“realizar un estudio de la situación de las Industrias que existen en Salta, Jujuy y Tucumán, como así también un relevamiento de los recursos naturales explotables”**.

En el caso del cloruro de sodio la idea en ese momento era potenciar a una industria ya establecida produciendo en piletas una buena sal (cloruro de sodio) industrial. El ramal de ferrocarril C14 permitiría ser competitivos para abastecer Ledesma, Papel de Tucumán y hasta Celulosa Argentina ya que conectaba todos estos puntos. Usando como grado de libertad la altura de llenado de pileta, se podía obtener una buena sal de mesa. También ya veníamos observando la dificultad para hacer

un iodado homogéneo cuando se lo hacía sobre la masa de cristales. El hipotiroidismo era un problema importante para la Región, la mayoría de las sales de mesa no cumplía con los requisitos legales exigidos por la conocida como Ley Oñativia.⁵

En vinculación con esta actividad de extracción de cloruro de sodio, cuanto más se lo extrajera más se enriquecían las aguas madres en los demás elementos químicos tanto por la eliminación de la sal común como por la evaporación de agua para hacer la extracción. Como no se contaba con la tecnología para producir litio la idea era reinyectar las aguas madres al reservorio de salmuera con profundidad adecuada para aumentar la concentración en sus sustancias trazas. Los mineros cortaban la superficie del salar haciendo una fosa de profundidad de 60 a 80 cm para encontrar el reservorio superficial de salmuera.

En lo que se refiere a la producción de sulfato de sodio, las empresas que lo hacían no eran sustentables con procesos alejados del salar.

Otro sistema interesante para estudiar era la laguna de Santa María en la que predominaba el carbonato de sodio con alrededor de un 30% de cloruro de sodio.

En las salmueras más abundantes era necesario empezar a analizar cómo se recuperaba el boro, el potasio y el magnesio, ya que su producción vinculada a su uso en agricultura, como oligoelementos eran motivo de análisis. En el caso del boro existía en ese momento una reserva muy grande de distintos minerales de una ley promedio bastante más alta.

Desde ya que las sales de litio eran importantes; si bien tenían un mercado comparativamente más

chico, su crecimiento año a año era muy alto debido a sus propiedades y a los precios de sus productos.

En esa época el posible uso del litio en baterías recargables no se conocía. Prueba de ello es que recién en 2019 se les otorgó el Premio Nobel en Química a Stanley Whittingham, junto a John Goodenough y Akira Yoshino, por la batería de litio recargable.

En agosto de ese año (1975), comenzamos con la primera campaña de recolección de muestras en los salares. Nuestra tarea se hizo posible gracias al apoyo por un lado de quien representaba la síntesis del Minero de la Puna, que tuvo la minería de Salta en esa época, el señor Omar Espinoza, Don Omar como lo conocíamos todos. También jugó un papel muy importante el Ing. Francisco Durañona, Gerente General de Boroquímica-Rio Tinto, empresa que desde fines de la década de los 50 comenzó a elaborar productos a partir de minerales de boro. Estos apoyos se concretaron a través de sus campamentos, diseminados en distintos puntos, en los que pudimos tener cobijo del inhóspito clima cordillerano.

Don Omar además de albergarnos, normalmente nos facilitaba algunos operarios para ayudarnos a cavar los pozos para obtener las muestras de salmueras. Asimismo, cuando coincidíamos en nuestra estadía con Don Omar en el mismo campamento, nos deleitaba con un exquisito cabrito hecho en al horno de barro con leña procedente del "bosque" que cubría los cerros cordilleranos. En las sobremesas mientras saboreamos, un té de rica-rica, baila buena u otras variedades puneñas, completaba con algún atrapante relato sobre sucesos o personajes de la puna.

Al regreso de la primera campaña y al empezar a tener los primeros resultados de los análisis de las muestras se generó entusiasmo por el potencial económico que podrían tener los salares. Rolando presentó al PNUD un proyecto de capacitación para poder conocer e interiorizarme en las distintas explotaciones que se estaban realizando en el mundo con fuentes de diferentes orígenes. Este proyecto fue aprobado por Naciones Unidas y faltaba la firma del en ese momento Interventor de la Provincia de Salta para entrar en Ejecución.

Con ese panorama recibimos la visita del vicepresidente de la empresa *Foot Mineral Company* (FMC), Philip Comer y al Geólogo Principal de la compañía Ihor Kunasz, quienes habían establecido contacto con Rolando. FMC y Lithco (*Lithium Company*) eran las dos empresas más grandes del mundo, que controlaban el mercado mundial de litio. El motivo era conocer el estado de nuestros trabajos querían conocer el ambiente y los salares de la Puna. Como un tema de la reunión se fijó el programa de viaje que se acordó rápidamente, sobre el cierre de esta.

Al día siguiente salí muy temprano rumbo a la cordillera acompañando a Philip Comer y Kunasz. Las premisas del viaje eran tener una visión de la puna salteña y de paso sacar en conjunto algunas muestras para que sirvieran para ponernos de acuerdo en el procedimiento de la toma de muestra y luego cotejar los resultados de los análisis de estas, en cada laboratorio. La idea de inicio era ir desde Salta hasta el campamento de Fabricaciones Militares de Mina la Casualidad y en el trayecto sacar muestras del salar de Cauchari y seguir el camino hasta destino. Al día siguiente se tomarían algunas muestras del salar Llullaillaco y posteriormente este trabajo se haría en puntos cercanos a

la ruta que atraviesa el salar de Ari-zaro para regresar directamente a la ciudad de Salta.

En el camino de regreso, Philip manifestó su beneplácito sobre la estructura de caminos que tenía Argentina en la cordillera. Les comenté sobre el proyecto PNUD, de visitar lugares del mundo con explotación de salmueras. A Philip le pareció muy bueno y se ofreció para aconsejar y establecer contactos con las explotaciones que a su entender deberían ser los objetivos más importantes. Por otra parte, me aconsejó empezar por EE.UU., llegar a Filadelfia y tener un panorama de los técnicos de su empresa. Él entendía que a partir de ahí podría realizar todos los movimientos vía aérea, con lo cual en un corto tiempo podría tener un buen conocimiento de los distintos abordajes de las explotaciones de salmueras de distintas composiciones químicas en EE.UU.

Al día siguiente, en las oficinas de PDNU NOA, estuvimos intercambiando conocimiento, evaluación de técnicas de análisis químicos y también sobre el estado del proyecto que me permitiría hacer un buen aprendizaje. Se informó que solo quedaba que firmara el Interventor de la Provincia prestando acuerdo al mismo.

El proyecto de PNUD llegó a la firma del Interventor de Salta en setiembre de 1975. En la primera quincena de octubre renunció el funcionario, en noviembre de 1975 renunció su sucesor, en los primeros días de febrero de 1976 renunció el último de los Interventores designado, durante el año 1975, en el gobierno de Salta. Ninguno duró mucho más de un mes en funciones. Fruto de ese caos político el consentimiento de la Provincia de Salta al proyecto nunca se firmó. La partida presupuestaria del PNUD se perdió.

Entendí que había llegado la hora de tomar determinaciones. Era el momento de compartir la actividad académica con la actividad profesional independiente.

En los salares habíamos terminado de hacer la primera evaluación. La relación con *Foot Mineral Company* nos había permitido establecer que los datos, excepto en lo concerniente a la concentración de potasio, eran correctos.

Terminado el relevamiento de los salares de Salta y Jujuy, que son las dos provincias del programa que tenían salares, se redactó el informe final que se entregó al PNUD para su divulgación de acceso público. Esto fue a fines de 1975 y posteriormente luego de la creación del Instituto de Beneficio de Minerales (INBEMI),⁶ se hizo una publicación interna firmada por R. Poppi, R. Borla, F. Aban y A. Gabin. El ingeniero Francisco Aban junto con la Dra. Gabin, una brillante química uruguaya, hicieron un gran trabajo con mucha creatividad y conocimientos y mucho tiempo de dedicación.

■ ACTIVIDAD TECNOLÓGICA

El primer trabajo como tecnólogo, en relación de dependencia, fue en la empresa OSG SA, (Obras y Servicios Generales) prestadora de servicios para la industria petrolera fundamentalmente vinculados con la perforación de pozos de petróleo. Se trataba de dirigir la puesta en marcha y posterior operación de una planta de molienda de baritina, mineral de sulfato de bario. El profesional que había realizado el diseño de la planta había fallecido a los pocos días de iniciar el montaje de la planta. Otro tanto había ocurrido con el dueño del taller que había dirigido la construcción del equipo de molienda fina. El montaje ya lo había realizado una empresa, que previa-

mente había contratado el ingeniero que realizó el diseño. Les hice saber de mi especialidad profesional, y mi falta de experiencia en el tema, la respuesta fue que ya lo sabían y confiaban que iba a realizar bien mi trabajo.

Dados los tiempos con los que se contaba de inmediato empecé a trabajar. Las dos primeras etapas de reducción de tamaño para ingresar a la molienda fina, incluidos los sistemas de clasificación, salvo detalles mínimos que siempre ocurren, funcionaron muy bien.

Cuando el mineral ingresó en la última etapa, la de molienda fina, no salía nada de baritina. Intenté modificaciones activando los distintos grados de libertad que tenía y no mejoraba la situación: no egresaba nada del sistema. Opté por salirme de planta y analizar el problema en las oficinas, en el escritorio. Primero analicé las medidas tomadas en planta con las variables de operación, mecánicamente hasta aquí no había cuestionamiento, la molienda trabajaba bien, cuando se abrió la boca de inspección del molino se observó que el molino molía adecuadamente. El equipo tenía un clasificador de tamaño de partículas, mecánico y se hicieron pruebas con el clasificador operando y también sin operar, el problema era otro.

Tenía un bosquejo del molino y el análisis centró el foco en el circuito de aire, a través del recorrido en el proceso de circulación y clasificación de partículas. Realizado este análisis, el paso siguiente fue trasladarse a la planta y observar las entradas y salidas del molino y efectivamente la salida estaba en un lugar equivocado. Cómo pudo ocurrir esto no lo sabíamos ni lo entendíamos, lo cierto que acomodada la salida empezó a producir baritina en polvo que luego de ajustes en el

separador de partículas cumplía con las especificaciones requeridas en la orden de compra.

Completada esta etapa se empezó lo que creíamos que sería un ciclo de producción utilizando todos los equipos de la línea de fabricación. Sin embargo, cuando comenzó a salir el producto terminado vimos que la producción era de menos de 2 Ton/hora cuando los directivos entendían que se les había garantizado una producción de 4 Ton/hora. La experiencia programada no se pudo completar porque se cortó el eje de sustentación de uno de los 4 rolos. El rolo es el elemento mecánico (pesa 100 Kg) que rodando sobre una pista produce la molienda fina del mineral, que luego es extraído del molino mediante una corriente de aire generada por un ventilador centrífugo. Finalmente, la especificación del tamaño de partícula se la obtenía mediante un clasificador mecánico de partículas.

Terminada esta etapa difícil de producción, cumpliendo con todos los compromisos que tenía la Empresa, solicité a los directivos de la empresa que, de ser posible, no se tomaran ningún compromiso de entrega por lo menos por 15 días, hasta que pudiera realizar todos los trabajos necesarios para poner en condiciones la planta. Eran todos trabajos cuya solución ya estaba analizada y parte en marcha, casi todos asociados con los materiales usados en la construcción de los rolos y pista de molienda y vinculados con su dureza; en otros casos tenían que ver con resistencia al corte. Al mismo tiempo solicité tener en planta toda la materia prima que se necesitaría en los próximos compromisos.

Vinculados con la industria petrolera, en Buenos Aires se tenían proveedores de insumos: distintas barras macizas de aceros y otras de

una amplia gama de electrodos con diferentes propiedades, en particular las relacionadas con su dureza, para usar como material de aporte. Un día bastó para conseguir todo el material que necesitaba. Los trabajos programados se realizaron en una semana, incluido un cambio importante de velocidad del extractor neumático. Como resultado de estos cambios se aumentó más del doble la capacidad de producción del molino.

Ya se tenía acopiada gran parte de la baritina a moler, de manera que, terminado el programa de puesta a punto del equipo de molienda fina, inmediatamente se comenzó a moler el mineral que había llegado a planta. Cuando se analizaron las muestras en laboratorio se determinó que las especificaciones en cuanto al tamaño de partículas se cumplimentaban totalmente, pero la densidad estaba por debajo del valor requerido. Hicimos pruebas con los distintos lotes de mineral recibido y en todos los casos se tuvo una situación similar.

Me contacté con José Viramonte⁷ con quien tenía una buena relación, y él me comentó que a su entender no había ningún yacimiento de bario en la región norte de Argentina con potencial de explotación importante. Me advirtió que en corto tiempo al ritmo de producción que se requería la veta de la cual provenía el mineral que procesábamos seguramente quedaría agotada. Le di un listado de todos los yacimientos que había comprado la empresa previa a mi incorporación. Me llamó a los días, luego de además de tener consultas con otros colegas y fue muy contundente: ninguno de los yacimientos tenía ningún potencial.

Mientras tanto, y en búsqueda de alternativas a la baritina ya había iniciado una búsqueda en la bibliografía

vinculada con lodos de perforación de pozos petroleros, entre ellos en *Drilling Mud and Fluid Additives*, de John McDermott, publicado en 1973 que incorporaba todas las patentes desde principio de 1960 a esa fecha. No encontraba alternativas y en todas partes del mundo, el único densificante de lodos de perforación que se usaba, era la baritina.

Analicé las propiedades de la baritina para confrontarla con minerales que podrían existir en nuestra región no encontré ninguno. De pronto recordé un comentario hecho por algunos de los representantes de la AAIQ que tuvieron alguna participación en la concreción de un proyecto siderúrgico en Chaco, sobre un buen mineral de hematita producido en Corumbá, Brasil, con alta pureza. Vinculé esa información con el conocimiento de que en los altos hornos existe un tamaño mínimo por debajo del cual se producía el rechazo del mineral porque reducía la eficiencia de los altos hornos.

Enseguida solicite que la empresa estableciera contacto con TAMET que era la empresa instalada en Puerto Vilela (provincia de Chaco) para producir arrabio hematítico para fundición. Presenté un escrito detallando las características de la operación que sería de mutuo beneficio para ambas partes. El contacto con la empresa se hizo en Buenos Aires y en poco tiempo nos enviaron el primer vagón para hacer una prueba industrial y gestionar su aprobación en el Laboratorio de YPF de Florencio Varela que era el responsable, entre otras funciones, de la aprobación de todos los productos vinculados con el uso en los lodos de perforación.

En marzo de 1979 teníamos desarrollado en el laboratorio el producto DENSIL B-79, junto con un escrito que en síntesis reflejaba to-

das las propiedades que debería reunir un buen producto densificante: mayor densidad 5,1 gr/cm³ vs 4,2 gr/cm³ y solubilidad alta en ácido clorhídrico. La solubilidad en ácido era muy importante en el proceso de estimulación de la roca porosa madre. La baritina era insoluble y no se podían "limpiar" los poros obstruidos por el material densificante con lo que se perdía velocidad de producción. La solubilidad de la hematita permitía pensar en cómo recuperar los residuos para obtener productos valiosos mitigando el impacto ambiental producido por los lodos.

El uso del producto fue aprobado haciendo las primeras entregas en Plaza Huincul donde fueron reconocidas sus bondades pese a tratarse de pozos de poca profundidad. Después se presentó en el Laboratorio de Florencio Varela un nuevo producto, el DENSobar, mezcla de baritina y hematita con una densidad de 4.40 gr/cm³, que también fue aprobado. Esto permitió usar la baritina que no llegaba con la especificación de densidad para generar un producto de densidad 4.40 gr/cm³.

Estos resultados generaron un incremento de confianza y estando estabilizada la producción me propusieron hacerme cargo del gerenciamiento de la empresa.

Posteriormente, al ver el éxito del óxido de hierro (hematita), otro prestador de servicios incorporó otro óxido de hierro (la magnetita), extraído de Sierra Grande, que generó serios problemas a ciertos equipos de medición por los campos magnéticos generados y debido al tamaño de partículas era muy abrasivo con los trépanos. Lamentablemente se suspendió el uso de los óxidos de hierro.

Recién a partir del inicio de la década del 2000 empezó a difundir-

se el uso de la hematita en los lodos de perforación petrolera. En la última década es el densificante que más está creciendo en la perforación de pozos petroleros. Incluso se usa la mezcla con baritina, el Densobar ya mencionado.

Ya el paquete accionario de la Empresa había cambiado de mano, personalmente había hecho una buena experiencia en la administración de la empresa, en lo personal había madurado mucho, había adquirido buenas herramientas de planeamiento, determinación y análisis de costos, realización de balances contables, formulación y evaluación de proyectos.

Evalué que era momento de cerrar otra etapa e iniciar la siguiente, la de ser un emprendedor. Se lo hice conocer a los socios de la empresa y me quedé hasta que encontraron un reemplazo. Esta experiencia que parecía que sería intrascendente, fue muy valiosa en función de los conocimientos prácticos adquiridos en temas de mecánica y electricidad, como así también sobre la administración de una empresa en la que tenía escasa formación. Ello me dio mucha confianza en mis etapas siguientes.

■ LA PERDIDA DE UN MAESTRO Y UN AMIGO

Estaba en mi casa de fin de semana, esa mañana del domingo 15 de mayo de 1983, cuando Elio (Gonzó)⁸ me fue a avisar que acababa de fallecer Rolando (Poppi). Fue un golpe tremendo, una tristeza sin límites. Murió como seguramente él hubiera modelado su final, sentado en el escritorio de su casa jugando con algunas ideas o escribiendo algún trabajo, esperando a su esposa y a su pequeño hijo Federico, (que eran las personas que más amaba y rompían todas sus corazas) esperan-

do que le avisaran que ya era hora de salir para ir a misa (nunca que ocurriera en esa hermosa etapa de su vida). Quien mejor describió su personalidad fue alguien a quien él no lo consideraba su amigo, pero lo respetaba, el Dr. Alberto Cassano.⁹ Ramón Cerro¹⁰ completó correcciones que debían hacerse en su trabajo póstumo, sobre ecuaciones de cambio generalizadas.

Rolando estaba viviendo una de las mejores etapas de su vida disfrutando de su hijo Federico a pleno. Hacía pocos meses que había participado en el Aiche 1982 *Annual Meeting*, realizado en los Ángeles, CA, entre el 14 y 19 de noviembre. Había presentado allí un trabajo de autoría conjunta sobre Principios de los Procesos de Cristalización. Una semana antes de que Rolando (Poppi) falleciera, había llegado al INBEMI el contador y medidor de tamaño de partículas, el equipo que se necesitaba para hacer las pruebas específicas para validar lo que sería una nueva teoría de cristalización. Fue un maestro, un gran amigo. Con su deceso el CONICET perdió otra mente brillante,

■ EMPRENDEDOR TECNÓLOGO

En 1984 inicié la etapa de emprendedor. Sabía genéricamente qué quería manufacturar: productos a partir de materias primas que tenía la región que tuvieran mercado de exportación. De las muchas posibilidades que cumplían estos requisitos en principio elegí el boro. Era un elemento del que la región disponía en ese momento de minerales abundantes. Tenía claro que era difícil competir en un mercado desarrollado, pero estaba convencido que podía hacerlo; no iba a ser fácil, por el contrario, el camino iba a ser difícil y duro. Sobre todo, con un capital monetario inicial prácticamente nulo (el equivalente a USD 20.000).

Me enteré de que había un predio de una hectárea, que estaba abandonado hacía varios años, y había posibilidad de alquilarlo. Además, sabía que se había adquirido y habilitado para producir bórax decahidratado a partir del mineral tñncal, cuando la provincia de Salta tenía, en ese momento, la potestad de cobrar las regalías mineras en pesos o en su equivalente en mineral extraído. Lamentablemente no habían logrado producir nada. Tenían tres tachos (dos que podrían ser utilizados como cristalizadores y uno como reactor), una caldera, un tanque de depósito de fuel oíl y un horno rotativo para secado. Faltaba incorporar un tanque para almacenar el ácido. El galpón era muy precario, sin piso. Pero tenía baños para el personal y una oficina. Era la oportunidad, a pesar de que todo mi capital personal era el equivalente de USD 20.000.

La idea era comenzar produciendo ácido bórico. En el mundo el ácido bórico se fabricaba y se fabrica aún, con ácido sulfúrico como agente lixivante del boro que contienen distintos minerales de boro. Existían en ese entonces en Salta dos empresas productoras que utilizaban ese ácido para hacer la extracción.

Para ser competitivo sabía que tenía que innovar, no podía usar el mismo camino recorrido por quienes eran nuestra competencia porque, en experiencia y económicamente eran mucho más fuertes. En el análisis de alternativas surgió que en la región había dos plantas de cloro soda que se habían instalado para obtener el hidróxido de sodio necesario para producir papel a partir del bagazo de la caña de azúcar. Una planta era la de Ledesma y la otra de Papel de Tucumán. El proceso cloro álcali (o cloro soda) produce además del hidróxido de sodio que necesitaban, cloro e hidrógeno, que com-

binados dan ácido clorhídrico. Para las papeleras, este ácido clorhídrico era más bien un problema, tenían que neutralizarlo de alguna manera antes de liberarlo al ambiente.

Hice contacto con directivos de Ledesma con los que acordamos una reunión en una fecha de esa misma semana. Fui recibido por el Sr. Mariano Gil, quien de entrada se mostró interesado por la posibilidad de que consumiera ácido clorhídrico y puso énfasis en que el Ingenio ponía a disposición todo el ácido que necesitara. Por otra parte, cuando hablamos de precio señaló que a los efectos de la registración contable de la salida del producto se iba a dar un valor simbólico, que en pesos de ese momento era el equivalente a 5 USD/Ton de producto. Con este acuerdo había avanzado en una parte importante del proyecto. La misma acogida tuve también con Papel de Tucumán SA.

Seguí adelante con el orden de prioridades lograr el abastecimiento de mineral ulexita (borato de sodio y calcio), para ello hablé con Don Omar Espinoza, que explotaba yacimientos de ese mineral de quien recibí el mayor apoyo, sin lugar a duda era el minero que más conocía sobre explotación de boratos y se comprometió a entregarme un mineral con una ley del 30% en anhídrido bórico.

Más allá del precio, el ácido clorhídrico también tenía las ventajas técnicas para procesar el mineral ulexita, ya que el óxido de calcio que contenía era extraído como cloruro de calcio soluble de manera que el sólido en solución era bajo y de fácil separación. La concentración de trabajo era mucho más alta, los volúmenes para alcanzar una dada cantidad de producto de cristalización eran bastantes menores lo que permitía que con los mismos

volúmenes de equipos se alcanzara una mayor producción. Los rendimientos de proceso eran muy superiores a los que tenían la competencia local.

En el período entre el último trimestre del año 1984 y la primera mitad del año 1986 fue una etapa en la que nuestra empresa, bautizada *Norquímica* fue creciendo lentamente, pero en forma sostenida, siempre trabajando en el mercado de Brasil. En julio se hizo un acuerdo por cuatro meses con entregas de producto, entre los meses de setiembre a diciembre, con una empresa comercializadora italiana AGENA Spa, que como medio de pago utilizaba Cartas de Crédito. Esto nos facilitó el crecimiento de la empresa. Era la materia pendiente que se tenía, la financiación.

El primer embarque asignado era para los primeros días de setiembre, se despachó bien en término a los dos o tres días recibí una documentación enviada como pago, fui al Banco Enseguida tuvimos acreditados los fondos de la carta de crédito. Con lo cual *Norquímica* pasó a ser una empresa con cierta liquidez. El Gerente de Comercio Exterior del Banco Provincia visitó "la planta", al ver lo que se estaba facturando con esas instalaciones y esos equipos, que eran la nada misma, nos pidió una actualización de documentación de ventas y la semana siguiente estábamos autorizados, por el Directorio del Banco para hacer operaciones de cesión de facturas de ventas realizadas a Brasil.

Al llegar a fines de Diciembre de ese año en lugar de los cuatros contenedores con ácido bórico comprometidos se entregaron 15, el proveedor que asumió compromisos de entregas de 30 contenedores, sólo despacho 16 y el que entregaría 20 despacho sólo 8. A partir de ese

momento pasamos a ser el principal proveedor de AGENA Spa.

Los años 1987/88 fueron de fuerte crecimiento para Norquímica por política de ventas aumentamos la participación en el mercado brasileño y se hizo más fuerte el incremento de ventas en el mercado del resto del mundo, seguíamos mejorando el proceso y mejorando los rendimientos mientras muchas eran las empresas exportadoras que aumentaban el espacio de sus oficinas financieras frente a la brecha entre el dólar oficial y el paralelo, en ese periodo Norquímica compró un muy buen yacimiento de ulexita en la Puna salteña.

En el primer semestre de 1988 NORQUÍMICA, previo pedido de uso conforme a la Municipalidad, adquirió un terreno en la zona industrial de Estación Alvarado, Salta. Eran casi 2 hectáreas colindantes con el alambrado del Ferrocarril C14. El terreno tenía 800 m de frente con una forma rectangular que luego iba cerrando en forma triangular en sus últimos 100 m. La calle había sido pavimentada el año anterior, con motivo de la visita del Papa Juan Pablo II a Salta, para ser utilizada como ruta alternativa de escape, ante algún escenario de seguridad que pudiera ocurrir. Empezamos a diseñar la planta de NORQUÍMICA con cuatrocientos metros cuadrados de administración que incluía Sala de Reunión, oficinas, depósito de repuestos menores, baños y vestuario de personal y sala de radio. Luego había 3.000m² para depósito de mineral y de planta de producción, se incorporaron caminos pavimentados internos, báscula de pesada de camiones y una vía de desvío ferroviario que ingresaba a la planta para descarga de vagones de mineral que provenían de la cordillera dentro de la planta.

Mediante un convenio que suscribió la Cooperativa Tabacalera de Salta con NORQUÍMICA en conjunto se financió la extensión de un gasoducto de alta de varios kilómetros, más las plantas reductoras, que tuvieron un costo alto, que se hicieron en cada predio, para suplir las necesidades energéticas. NORQUÍMICA ese año superó el USD 700.000 en ventas.

En el año 1989 NORQUÍMICA comenzó a construir sus propias instalaciones y al mismo tiempo a fortalecer su participación en el mercado brasileño del ácido bórico. Se observaba que esta área estaba bastante desatendida; en el segundo semestre se diseñó una estrategia de comercialización con un agente de venta brasileño.

En 1989 habiendo consensuado previamente con AGENA la disminución de despachos de productos, NORQUÍMICA invirtió la relación de ventas entre Brasil y el resto del mundo, se montó una oficina en San Pablo y se desarrolló un buen servicio de posventa.

Con posterioridad a que NORQUÍMICA, que arrancó con nada, empezara a entrar en una fase importante de crecimiento (1987-1988) se crearon cinco empresas pymes productoras de ácido bórico. A fines de diciembre del año 1989 fuimos afectados por el Plan Bonex del Gobierno Argentino que confiscó los fondos de ahorro de las cuentas bancarias; era la plata ingresada por cobros de exportaciones, que estaba destinada a la compra de los últimos equipos de procesos que quedaban para completar la planta de producción de ácido bórico.

La Guerra del Golfo de 1991 modificó el escenario económico mundial con aumento del precio del petróleo y caída del precio de las co-

modities. Esto aceleró y magnificó lo que habíamos previsto, las empresas argentinas dejaron de ser competitivas, de ocho empresas productoras de ácido bórico que había, dos de ellas eran muy fuertes, en la segunda mitad de los noventa la única que quedó operando a fines de 1992, fue NORQUÍMICA que en ese año superó los USD 3.000.000 en ventas.

A fines de 1994 en los primeros días de diciembre estuvo en Salta una delegación importante del banco privado de origen nacional que estaba interesado en incrementar su cartera de empresas exportadoras. Previamente el Gerente local nos había pedido presentar toda la documentación y nuestro Plan de Negocios. En la reunión que tuvimos nos solicitaron que NORQUÍMICA fuera cliente con exclusividad en sus operaciones de comercio exterior a través del banco. A cambio el banco se comprometía a apoyar con el capital necesario para aumentar las exportaciones. Como consecuencia de esta reunión, que fue clave para el futuro de NORQUÍMICA, de inmediato se presentó toda la documentación para la apertura de cuentas, calificación bancaria y análisis de riesgo. En muy pocos días tuvimos la cuenta operativa para todo tipo de transacciones.

A los pocos días hizo eclosión el "Efecto Tequila", una devaluación descontrolada de la moneda mejicana que actuó por efecto "contagio" sobre el sistema bancario argentino. Este entró en crisis, hubo una fuerte pérdida de liquidez; al mismo tiempo en Brasil que en ese momento no tuvo ningún problema financiero, la industria cerámica, con tecnología de punta entró a crecer a un ritmo mucho mayor al que lo venía haciendo y NORQUÍMICA como proveedor exclusivo no podía evitar el tener que aumentar su producción al mismo ritmo de ellos. El escena-

■ TECNÓLOGO EMPRESARIO

rio se completaba en este sentido: si bien NORQUÍMICA venía de años muy buenos todas sus utilidades las había usado en inversiones en yacimientos de ulexita, campamentos en la cordillera, terrenos para construcción de planta, construcción civil, nueva planta de producción, kilómetros de gasoductos de alta presión y planta propia reductora de gas para la provisión de energía térmica, desvío ferroviario con ingreso de mineral a planta. Además, el Plan Bonex nos había confiscado depósitos, ni bien recibimos los Bonos los vendimos recuperando menos de un 30% de su valor. Todas las inversiones se las hicieron pensando en consolidarse para avanzar en un mercado mucho más grande y competitivo. NORQUÍMICA tenía una gran solidez, pero ahora enfrentaba una crisis de liquidez.

Diciembre fue un mes difícil, diariamente interactuábamos con la gerencia de riesgo informándole sobre nuestras ventas y previsión diaria de ingresos. En enero de 1995 los clientes aceleraron los pagos para apoyarnos, febrero fue un poco más estable y en marzo comenzamos a normalizarnos en la cadena de cobros y pagos, justo en el momento en que los bancos empezaron a sufrir un incremento en las pérdidas de depósitos, que se volvió más intenso en abril previo a las elecciones presidenciales. Ante la incertidumbre de los resultados, los dos efectos se sumaron.

Al finalizar el 1995 al hacer un balance de un año que fue tan duro, como desgastante y financieramente muy riesgoso, NORQUÍMICA había superado los USD 7.000.000 de facturación. Con el Banco y con nuestros clientes esta crisis fue una prueba de confianza mutua muy grande, tanto para ellos como para NORQUÍMICA, de la cual todos salimos fortalecidos.

Al regresar de las vacaciones en enero de 1996, recorriendo la trayectoria de NORQUÍMICA y sus indicadores económicos, era más que evidente había superado la etapa de ser un emprendimiento, ya era una empresa. Era importante, NORQUÍMICA estaba desde 1994 entre las 10 empresas que más exportaban en la provincia de Salta. A partir de la crisis del Tequila en 1995, alcanzó a tener **una participación en el mercado de Brasil de ácido bórico del 67%. Éramos proveedores exclusivos del 90% de las empresas de cerámicas que eran empresas multinacionales.** NORQUÍMICA era la única empresa que producía ácido bórico en Argentina, todas las demás ya hacían varios años que habían desaparecido. En los dos últimos años, en lo personal, había acrecentado mi rol de empresario frente al de Tecnólogo.

Después de esta crisis mundial que NORQUÍMICA había atravesado y pudo salir airoso, se entendió que se debía a hacer un análisis de la empresa destinado a evaluar sus debilidades y sus fortalezas frente a estos escenarios.

El primer punto de análisis fue el del análisis financiero: 1. Estaba claro que el Banco de capitales nacionales cumplió con los compromisos asumidos semanas antes que se desatara la crisis financiera. 2. El banco confió o tuvo que confiar en NORQUÍMICA, en esto fue determinante la convicción con la que actuó la empresa. La conclusión en este punto era simple: se debía incrementar la capacidad de financiamiento de la empresa, de común acuerdo con el banco que nos había asistido hasta ese momento, incorporamos a otras entidades de la plaza a nuestra cartera financiera. El segundo punto de análisis era la posibilidad de brindar

los servicios de posventa como los que estábamos realizando en Brasil en cualquier otro lugar del mundo, para expandir las ventas y reducir la exposición a un solo punto geográfico. Se entendió que por las características del mercado y los precios de las commodities iba a ser difícil o más bien imposible hacerlo. Se entendió que era el momento de ampliar la producción incorporando especialidades de boro. La conclusión de este punto de análisis fue que NORQUÍMICA debía incursionar en el mercado de las especialidades de boratos. Esto trajo nuevamente al escenario al tecnólogo.

A partir de ahí NORQUÍMICA comenzó a avanzar en el plan de negocios global. Consultamos con todas con todas las cerámicas con las que, en el último trimestre de 1994, les ofrecimos preparar una "frita" de ulexita (ulexita anhidra vidriada) que podría ser utilizada en pisos de vivienda de menor costos, con una buena estética. Habían hecho la prueba con muestras que le habíamos dejado en nuestras visitas y estaban interesados en hacerlo en escala industrial.

Decidimos hacer el proyecto de especialidades de boro en instalaciones ubicadas en el parque industrial de Salta. Me puse en contacto con una empresa instalada ahí que tenía algunos equipos particulares que podrían ser de mucha utilidad para el proyecto que se quería encarar. Era un productor de sulfato de sodio; la extracción del mineral se hacía en el salar de Río Grande (Puna Salteña) y la refinación en el parque industrial de la ciudad de Salta. La construcción civil era muy chica, pero tenía un terreno grande. Cuando se estableció el contacto con el dueño de la empresa me comentó que ya hacía varios meses que la planta estaba prácticamente parada. Cuando le pregunté si los

equipos estarían en condiciones de realizar una experiencia industrial, su respuesta fue positiva. Además, no tenía inconvenientes en que usara las instalaciones, lo único que advirtió es que ya hacía tiempo que no tenía operarios, con lo cual si necesitaba ayuda debía llevar el personal necesario.

Acordamos los detalles de la operación para realizar las experiencias la semana siguiente. Tal como fue previsto se ejecutaron todas las actividades programadas con resultados positivos en algunos de los casos y en otros no los esperados, pero creía entender los por qué y estaba convencido del camino para resolverlo. En conclusión, Se empezó a acelerar el ritmo para producir especialidades de boro.

En el mes de julio, previos intercambios telefónicos, arribaron a Salta los accionistas de AGENA SRL la empresa italiana con la cual había diez años que habíamos iniciado un vínculo comercial que fue el que nos permitió, desde el punto de vista financiero el fuerte desarrollo, que posteriormente tuvo NORQUÍMICA. Cuando nos reunimos nos propusieron ser parte de una alianza estratégicas de cuatro empresas extranjeras para la compra de una empresa productora de ácido bórico, en un país vecino en la que NORQUÍMICA tendría el rol de ser el responsable de la producción. De entrada, entendimos y así lo manifestamos que era un proyecto inviable para NORQUÍMICA que ya había analizado el mercado de ácido bórico. Por otra parte, se había tomado la decisión de que los incrementos y excedentes de ácido bórico se canalizaran a la producción de especialidades de boro. De todos modos, le ofrecimos a AGENA participar, en el proyecto de NORQUÍMICA sobre producción de especialidades de boratos y acordamos que si no concretaban

su proyecto como máximo hasta setiembre, ellos se iban a incorporar al nuestro.

Ya se había concretado la compra de las instalaciones en el parque industrial para la instalación de la planta de anhidración del mineral ulexita. Se inició la puesta en marcha de la planta y se obtuvo una muy buena “frita” de mineral, que se destacaba por la estabilidad de su composición. Enseguida se empezó a expandir ese mercado con las empresas productoras de cerámica. Fue un mercado interesante que se sumó al que ya tenía NORQUÍMICA en Brasil. Además, a partir del segundo semestre de 1995 había empezado a aumentar la participación en el mercado interno argentino que, si bien era chico, comparado con el de Brasil, era estratégico para la presencia de la empresa en el mercado

La planta de deshidratación de ulexita ya estaba funcionando a pleno en el parque industrial de Salta. Se empezó a estructurar el proyecto para producir especialidades de boro, ya en base al predio donde había realizado las primeras experiencias, dado que ya se había firmado un boleto de compra.

En la primera semana de setiembre AGENA Spa informó sobre su decisión de integrarse al proyecto de producción de especialidades de boro, en los términos que habíamos conversado en el pasado mes de julio; al mismo tiempo nombró en Argentina un representante. En noviembre se terminaron todos los trámites de inscripción de la de la empresa con el nombre de **AGENOR SA** usando la conjunción de nombres **AGENA** y **NORQUÍMICA**.

Al finalizar el año la facturación de NORQUÍMICA superaba los USD 8.000.000, se seguía incorporando reservas mineras de ulexita.

Después del Grupo Rio Tinto era la empresa que más reservas de boro tenía en nuestro país. Hay que tener en cuenta que el litio y el boro, en particular en el caso del mineral ulexita, ambos conviven en la misma superficie. Esto implicaba que NORQUÍMICA era poseedor de las segundas mayores reservas de litio en nuestro país. Esto era una parte interesante de las reservas de boro y de litio en el mundo.

En 1997 se comenzó el año con la expectativa de consolidar AGENOR para que fuera la tercera empresa en incursionar en el mercado mundial de las especialidades de boro hasta ese momento, había sólo dos. Dentro de ese esquema se trabajó en Norquímica en un proyecto para producir bórax decahidratado como fuente de abastecimiento a AGENOR SA, además de agregar un nuevo producto al mercado de Brasil.

Estábamos avanzando sobre estos proyectos, cuando comenzó una nueva crisis económica mundial “la crisis de los países Asiáticos” con los habituales síntomas: un país que devalúa, desconfianza de los inversores que retiran sus fondos, se produce el “efecto contagio” en países en los que el mercado supone que estarían en condiciones similares. Brasil seguía creciendo, pero todos sabíamos que estaba en dificultades; el efecto Tequila le había impedido al Presidente Cardoso hacer una devaluación del real. Los plazos de pago de las exportaciones se dilataban. De todos modos, al finalizar el impacto más importante de la crisis del Tequila, ya habíamos resuelto los problemas financieros en conjunto NORQUÍMICA y nuestro banco. Si bien habíamos respetado los acuerdos, y la confianza que habíamos adquirido uno de otro era fuerte, se resolvió terminar con el acto de exclusividad, y si bien sería cartera

mayoritaria, trabajaríamos con la mayor cantidad de bancos posibles. Esto ya lo habíamos resuelto en el segundo semestre de 1995, con lo cual NORQUÍMICA tenía una buena liquidez.

Con la incorporación de nuevas líneas productivas, ulexita anhidra o "frita de ulexita" y bórax decahidratado NORQUÍMICA supero los USD 10.000.000 anuales, la cantidad de empleados superó los 140 entre personal administrativo, planta, yacimientos, transporte de mineral y transporte de ácido. Sólo en la flota de camiones había más de quince unidades. Teníamos maquinistas de palas cargadoras, auto elevadores, personal de mantenimiento de equipos. Las severas condiciones climáticas y sus caminos con calamina hacían necesario tener un buen mantenimiento preventivo y una mecánica ligera correctiva.

En este ciclo me daba cuenta de que ya era más empresario que tecnólogo, en lo personal, y eso para mí no era un buen proyecto de vida. Esperaba que AGENOR fuera motivante en el desarrollo de nuevos desafíos tecnológicos.

En 1998 continuaba la crisis Asiática y se inició el default ruso, en el inicio del año se expusieron las dificultades financieras de Brasil, en el mes de Febrero el gobierno obligó a sus importadores a diferir en treinta días todos los vencimientos de pagos de las importaciones recibidas. Pese a los pedidos diplomáticos, entre ellos de la UE el gobierno de Brasil no revirtió la medida. Para NORQUÍMICA esto originó un desfasaje de USD 900.000 en su caja. Fue una prueba importante, un problema más resuelto, con apoyo del Banco y nuestros proveedores, pero que no tenía ningún desafío tecnológico.

En ese año NORQUÍMICA fue distinguida por el Centro de Estudios Empresariales de la República Argentina, por su trayectoria empresarial; con el Premio República de Oro en el rubro Minería. Entre los que habían sido reconocidos, esa noche, con el mismo premio, me viene al recuerdo Aeropuerto Argentina 2000 y sin lugar a duda el Dr. Dan Beninson,¹¹ en este caso como distinción a su trayectoria personal. Mientras tanto, ya AGENOR había empezado, desde el año anterior, a exportar especialidades de boro.

En el segundo semestre de ese año recibimos una oferta conjunta de dos grupos empresarios españoles para hacer en forma asociada un desarrollo importante de mercado de productos de boro, tanto en Europa como en Asia ambas tenían empresas controladas en Argentina. Una de ellas tenía vínculos con la minería en España. A principios de octubre se firmó un preacuerdo y se inició un *due diligence*,¹² que terminó a mediados de noviembre. En lo personal el preacuerdo, significaba el dedicarse al desarrollo de procesos, productos y mercados, de hecho, con una participación plena en las decisiones de Directorio. Era de alguna manera lo que venía buscando, tener la oportunidad de volver a ser tecnólogo empresario.

El año 1998 cerraba para NORQUÍMICA, con AGENOR que había empezado a producir, superando los USD 11.000.000 anuales de facturación y la **cantidad de puestos de trabajo eran de 180 personas**. Con una posibilidad muy firme de ser parte importante de una empresa multinacional. Pero también con una crisis financiera de Brasil, que ya la estábamos viviendo, con fuertes restricción en los pagos por parte de los importadores, porque sabían que se iba a producir una fuerte devaluación del real.

En enero del siguiente año (1999), se produjo una mega devaluación del real que de valer más que un dólar estuvo cerca de necesitar 3 reales para comprar un dólar, todo esto entre los meses de enero y marzo. Como toda crisis: devaluación, retiros de fondos especulativos, déficit de la balanza comercial, mayor déficit público, fuertes desequilibrios y necesidad de nueva ayuda del FMI.

El 8 de marzo de 1999 una reunión que acordamos realizar en conjunto con el Directorio, de la Empresa DyCASA, juntamente con un representante de Unión Fenosa, en su Sede de Avda. Alem en Buenos Aires, para firmar el contrato que ya habíamos previamente acordado y luego que las Asambleas de ambos grupos económicos habían aprobado el acuerdo alcanzado. Esa mañana Manuel Vázquez informó que Unión Fenosa desistía de la operación, ya que la Asamblea de Accionista había decidido retirar todas sus inversiones en Latinoamérica.

Pasaron tres semanas más y el real se estabilizó en 2,17 por dólar. Los capitales de las empresas empezaron a fluir y enseguida nos empezaron a normalizar las exportaciones adeudadas y lentamente comenzaron a reactivar los pedidos de productos.

Esta mega devaluación iba a tener impacto sobre la economía Argentina. Todas las crisis ocurridas en esa década de los 90 se fueron superando (seguramente sin la convertibilidad habría estallado nuestro país), pero de todos modos cada crisis dejó sus cicatrices. Lamentablemente no habíamos desarrollado suficientemente las especialidades de boratos y ya sabíamos que cada una de las crisis tuvo impacto sobre los precios de las commodities con lo cual era difícil predecir un escenario.

No pensé demasiado, la decisión fue rápida. Nos reunimos con mis socios, en esa oportunidad les hice conocer lo que entendía en lo personal sobre el futuro de nuestra empresa, que había llegado el momento de reestructurar NORQUÍMICA, y re-

pensar su futuro. Deliberamos sobre todos los aspectos de la empresa, en particular sobre su conducción, tras lo cual abrimos un compás de espera de máximo hasta final de año, durante ese período, en lo personal iba a tomarme un descanso/vacacio-

nes y en el regreso continuaría sin ejercer la conducción y convinimos que, luego de ese período, tomaríamos la determinación final. Sobre el final de ese año Río Tinto nos hizo una propuesta de adquisición de yacimientos, que después de una ne-



Tres vistas de las instalaciones de AGENOR en San Antonio de los Cobres.

gociación que se prolongó durante el año 2000, entendimos que habíamos llegado a una oferta razonable y se cerró la operación.

■ LOGROS ALCANZADOS POR NORQUÍMICA

Los 15 años de operación de NORQUÍMICA fueron una experiencia intensa de interacción entre el logos la praxis y la economía, esta última no sólo vinculada con la empresa que es lo normal que ocurra sino también con la economía a escala mundial. Años totalmente enriquecedores, se valoró la importancia de la innovación, se aprendió a competir y estar a la altura con las empresas más importantes en el mundo. Aprendimos las debilidades y fortalezas de ser Pymes productivas tecnológicas innovadoras; se incorporó conocimiento empírico en procesos de negociación. Se logró una muy buena experiencia de comercio exterior, se pudo superar crisis económicas mundiales y de cada una se originó una oportunidad:

Crisis del Golfo (1990-1991): NORQUÍMICA siguió aumentando sus ventas fuertemente e inauguró su Planta propia de producción de ácido bórico en la zona industrial de Estación Alvarado, Salta. Las otras ocho empresas productoras de ácido bórico radicadas en Salta cerraron.

Crisis del Tequila (1994-1995): Lamentablemente muchas empresas de distintos rubros, entre ellos dos o tres bancos cerraron sus operaciones. NORQUÍMICA aumentó un 40% sus ventas en el mercado externo y abrió un mercado muy importante con relación a su magnitud total. En ese período aumentó sus puestos de trabajo.

Crisis de los Países Asiáticos (1997-1999), crisis del default Ruso (1998) y mega devaluación de Bra-

sil (1999). Entre 1996 y 1998 las exportaciones de NORQUÍMICA siguieron creciendo en 1998 alcanzaron su máximo y en 1999 ya no se hicieron esfuerzos por aumentar las exportaciones. Se advirtió a nuestros clientes que seguramente en el primer trimestre discontinuaríamos nuestra producción. Mantendríamos un stock hasta que consigan proveedor de reemplazo.

En cuanto a los logros después de un inicio alquilando un predio: Cuatro años después (1989) NORQUÍMICA empezó a operar en sus propias instalaciones, Planta de Producción de Ácido Bórico Zona industrial Estación Alvarado. Salta 3000 metros cuadrados 19000 metros cuadrados de superficie total, báscula de pesada de camiones y desvío ferroviario. Cuando cerró su actividad productiva tenía además una planta deshidratadora de Ulexita y una Planta Multipropósitos de especialidades de boratos como socios mayoritarios en conjunto con AGENA Spa. Entre las necesidades de personal en estas plantas y el personal necesario para la de extracción de mineral en los Campamentos mineros de Salar Centenario y Salar Diablillos, se generaron 180 puestos de trabajo. La participación en el mercado de ácido bórico de Brasil fue del 67%. Fuimos proveedores exclusivos del 90% de las empresas multinacionales de cerámica. Este fue el mayor reconocimiento recibido: ocupar este espacio de mercado en un país, como Brasil, que está entre las 10 economías más grande del mundo **y en cerámicas** era el tercer exportador mundial, liderado por las empresas multinacionales.

Desde el año 1992 única empresa productora de ácido bórico en Argentina. Poseedora de las segundas reservas del mineral ulexita en Argentina después de la multinacional Rio Tinto. Dado que el litio

comparte la misma superficie que el boro en el mineral ulexita, esto equivale a poder decir que NORQUÍMICA tenía las segundas reservas de Litio, después de Rio Tinto en Argentina, en el año 1999 cuando ya estaban produciendo carbonato de sodio FMC en Salar de Hombre Muerto y SQM en Chile. En los últimos tres años de su operación la facturación anual estuvo por encima de los USD 10.000.000 para vincularla con el presente sería una empresa que en ingresos por ventas (al tipo de cambio oficial) tendría que contabilizar un monto del orden de los \$ 10.000.000.000 anuales (Pesos Diez mil millones anuales).

■ A MANERA DE SINTESIS Y REFLEXIONES DE CIERRE

Esta es mi historia de vida, vivida con intensidad, seguramente parecida a la de muchísimos otros profesionales con muchos más y mejores logros y méritos. En mi caso, la impronta personal buscada fue la de poder desarrollar mi actividad tratando siempre de vincular el logos con la praxis, buscando, en todo momento de integrar la díada texto-mundo. Disfruté de mi vida académica, cuando me tuve que retirar porque la ley me obligaba, lo hice con 51 años de docencia universitaria, parte en la UNT (1965-1972) y el resto en la UNSa. (1972-2016), en los que iniciando como Auxiliar Docente Alumno (1965), y luego a través de ir ejerciendo todos y cada uno de los cargos de la carrera Docente llegué a ocupar el cargo de Profesor Titular en la materia Diseño de Procesos. Tuve un periodo entre los años 1968 y 1977 dedicado exclusivamente a la investigación y a la docencia universitaria. La gestión académica la inicié como consejero estudiantil en calidad de representante alumno en el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de Naturales sede Salta de la Universidad Nacional de

Tucumán en 1965-1966. He sido miembro como representante de docentes auxiliares graduados en la Comisión del año 1971 de Creación de la Universidad Nacional de Salta; Comisión que -como cierre a todo lo actuado con relación a la propuesta de organización de la Universidad y como parte del mandato otorgado por el Ministerio de Educación de la Nación- por votación propuso al Ministerio de Educación Nacional, la designación del Ingeniero Roberto Germán Ovejero como primer Rector organizador de la UNSa. He integrado la comisión de Escuela de Ingeniería Química y he sido su presidente en varios periodos. Miembro de todas las comisiones de análisis, adecuaciones y cambios de Plan de Estudio de Ingeniería Química de la UNSa., aún hasta del que se encuentra en vigencia en el presente. Consejero Titular en representación el Claustro de Profesores Regulares del Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería (2004-2006). Decano de la Facultad de Ingeniería de la UNSa (1980-1983).

En la gestión de investigación he sido representante de la Facultad de Ingeniería en el Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Salta (CIUNSa) en distintas oportunidades. Miembro de la Comisión Honoraria de Ingeniería Química del CONICET (1991-1994), Presidente de la Fundación INNOVAR SALTA Unidad de Vinculación de la Ley 23.877 de PROMOCIÓN Y FOMENTO DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA, constituida por el Gobierno de la Provincia de Salta, la Universidad Nacional de Salta, la Universidad Católica de Salta, la Unión Industrial de Salta y el INTA. En esos momentos el INTI no tenía representación en Salta (1993-1995).

En términos personales, en marzo de 2019, el Presidente de Finlandia me otorgó la Condecoración con

la Orden de Caballero de León de Primera, en mérito a la trayectoria personal y servicios brindados a la República de Finlandia. Previamente, en el año 2006, había sido distinguido por este mismo país, nombrándome su representante en Salta, designándome como Cónsul Honorario de Finlandia en Salta representación que ejerzo hasta el presente.

En el plano de las reflexiones quiero enfatizar que los logros alcanzados fueron en base a esfuerzo más la formación adquirida en nuestro sistema de educación pública, complementadas con los apoyos brindados por CONICET, desde los inicios de mi formación como investigador científico y luego en mi etapa de perfeccionamiento y posteriormente designándome como miembro de la Comisión Honoraria de Ingeniería Química (1991-1994) me dio la oportunidad de conocer al CONICET desde la gestión.

Cuando se analiza nuestro país, el modelo de exportar mayoritariamente comodities no es sustentable, la actividad extractiva de nuestros recursos naturales necesita de grandes capitales y conocimientos que nuestro país no tiene. Lo que si se posee es la capacidad para desarrollar procesos para que a partir de una commodity extractiva que provenga de actividad agrícola, minera, energética (sólo para dar ejemplos), se puedan lograr especialidades, productos de alto valor agregado. Para lograr esto la única estructura que se tiene hoy es la de CONICET. No hay que crear cargos, no hay que aumentar ninguna estructura física, hay que reasignar roles. Hay que avanzar fuertemente en el desarrollo de la formación de tecnólogos que tengan la actitud para ser emprendedores.

El soporte de la Ciencia que implica además de ampliar la frontera del conocimiento, el desarrollo del

pensamiento abstracto y una metodología, de trabajo es una condición necesaria pero no suficiente para formar buenos tecnólogos.

Ciencia y tecnología tienen un tronco común, pero a partir de una etapa los caminos deben bifurcarse. La diferencia en la solución de los problemas que enfrenta cada uno estará dado en cuatro parámetros: 1) el criterio de bondad con el que debe fijar los grados de libertad del sistema con el que opera. 2) la escala de tiempo en la que debe moverse para encontrar lo buscado. 3) las herramientas que debe tener. 4) la evaluación de su trabajo.

Como científico: 1) en los trabajos que validen sus hipótesis, los grados de libertad de su sistema los fija aislando el fenómeno bajo estudio; de manera que, los resultados alcanzados se originen sólo en el evento bajo estudio. 2) en su tarea la escala de tiempo debería ser la de la contemplación. 3) debería contar con las mismas herramientas con las que se trabajan en la temática similar, en el mundo. 4) su evaluación debería estar vinculada con sus contribuciones que amplían las fronteras del conocimiento.

Es necesario que su escala de tiempo sea la de la meditación, que está asociada con la observación, la reflexión, la abstracción, dar tiempos y herramientas de trabajo para mostrar resultados.

Como tecnólogo, 1) para fijar los grados de libertad de su sistema, su criterio de bondad estará vinculado con la rentabilidad. 2) su escala de tiempo el de las urgencias. 3) sus herramientas serán solo aquellas con las que cuente. 4) la evaluación, por sus logros.

Durante muchos años nos hemos preguntado, hemos trabajado y se ha

sancionado una ley para ver cómo se transfieren conocimientos desde el sistema académico científico a las empresas productoras, quizás este puede ser un camino.

En el final de esta reseña quiero dar testimonio de que, sin la formación científica alcanzada, antes de iniciar mi actividad como emprendedor tecnólogo, no creo que hubiera podido estar contando a través de esta reseña que si se pueden obtener logros.

Hoy no me cabe duda de que esta reseña iniciada con una pregunta como título la respuesta es clara: si hay que lograr esa intersección. Caso contrario tendremos todas clases de recursos naturales, tendremos científicos muy valorados en el mundo, tenemos talentos profesionales en todos los casos a nivel personal. Pero lo cierto es que tenemos poco como país.

■ NOTAS

1 Mataco es el nombre histórico de la etnia wichi, que habita en el sur de Bolivia y en el Chaco argentino, especialmente en Salta. En la actualidad "mataco" tiene a veces connotaciones peyorativas, en las antípodas del uso que le da el autor al recordar sus compañeros de juegos de la niñez. [NdE]

2 Ver la Reseña del Dr. Juan Carlos Gottifredi en <https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-2-no-4-2014/>. [NdE]

3 Wilhelm Ostwald (1853-1932), fisicoquímico alemán, galardonado con el Premio Nobel de Química en 1909 [NdE].

4 Rutherford Aris (1929-2005) destacado ingeniero químico inglés. [NdE]

5 En 1965 Arturo Oñativía, entonces Ministro de Asistencia Social y Salud Pública de la Nación, durante la presidencia de Arturo Illia, creó el *Programa Nacional de lucha contra el Bocio Endémico* y comenzó la redacción de ley de yodación de la sal de mesa. Paradójicamente esa ley, la 17259/67 fue sancionada por el gobierno de la autoproclamada "Revolución Argentina", de Juan Carlos Onganía después de derrocar al gobierno constitucional. La expresión "Ley Oñativía" se refiere a veces a dos leyes sancionadas durante el gobierno de Illia en 1964, que regulaban la producción y venta de medicamentos. Se especula que esas leyes fueron uno de los detonantes del golpe que derrocó el gobierno constitucional en 1966. [NdE]

6 El INBEMI se creó el 27 de Noviembre de 1980, por iniciativa

del Ing. Rolando F. Poppi y sus colaboradores. [NdE]

7 Ver Reseña del Dr. José Viramonte en <https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-5-no-2-2017/>. [NdE]

8 Elio Gonzo, ingeniero químico salteño, que fue director del INIQUI (Instituto de Ingeniería Química) de Salta. [NdE]

9 Ver reseña del Dr. Alberto Cassano en <https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-1-no-1-2013/>. [NdE]

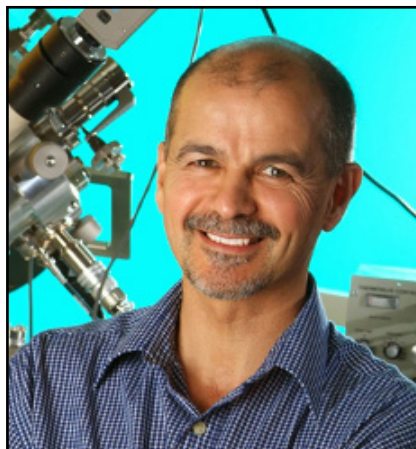
10 El Dr. Ramón Cerro, ingeniero químico santafecino, primer director del INGAR, instituto de CONICET dedicado a la Ingenierías de Procesos Químicos y de los Sistemas de Información para ambientes industriales. [NdE]

11 El Dr. Dan Beninson (1931-2003) fue un especialista en seguridad nuclear reconocido internacionalmente, que llegó a presidir la Comisión Nacional de Energía Atómica. [NdE]

12 Una *due diligence* (o diligencia debida) es el proceso de investigación y análisis que un inversor interesado en adquirir o invertir en una compañía realiza para entender la verdadera situación de la empresa (tanto a nivel operativo, legal, financiero o comercial) y descubrir posibles riesgos asociados con la operación. [NdE]

DANIEL E. RESASCO

por Walter E. Alvarez



Escribir sobre alguien que ha sido mi director, mentor y, finalmente, uno de mis más queridos amigos es todo un desafío. Daniel Resasco ha sido una figura fundamental en mi carrera científica y en la de innumerables estudiantes a lo largo de su trayectoria. Hablar de él es hablar de una enorme producción científica, con cerca de 400 publicaciones y patentes a su nombre. Su prolífico trabajo en el campo de la catálisis heterogénea le ha valido numerosos reconocimientos internacionales, como el Premio a los Logros Excepcionales en Catálisis de la *American Chemical Society* y el reconocimiento de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Su carrera también lo ha llevado a desempeñarse como editor y miembro del consejo editorial de las principales revistas en su campo, tales como *el Journal of Catalysis*, *Applied Catalysis* y *Catalysis Reviews*.

Sin embargo, la relevancia y magnitud de sus investigaciones va más allá del ámbito académico; sus contribuciones a la industria también han sido invaluable. Desde sus estudios iniciales sobre la interacción metal/soporte en catalizadores hasta la valorización de biomasa, la producción de nanotubos de carbono de pared simple y la valorización de combustibles, su trabajo ha tenido un impacto científico y tecnoló-

gico real. Aun así, estoy seguro que Daniel cuestionaría cualquier pensamiento tendiente a afirmar que su verdadera contribución reside solo en los frutos de su producción científica. Si bien, es una verdad insoslayable que sus investigaciones han tenido una importancia y una proyección de enorme valor, creo, firmemente, que su mayor contribución ha sido la formación de excelentes investigadores y profesionales que enriquecen tanto el mundo académico como el industrial.

A nivel personal, he tenido el privilegio de desarrollar mi carrera muy cerca de Daniel. Mi pasión por la catálisis heterogénea nació el día en que lo conocí al postularme a una beca de grado. Desde entonces, mi carrera ha estado estrechamente vinculada a la suya, desde mi doctorado bajo su dirección en la Universidad de Mar del Plata (UNMdP) hasta

mi posdoctorado en la Universidad de Oklahoma (OU) (1995), donde regresé como investigador invitado durante el período 1998-2001.

Durante mi primera estadía, los laboratorios de Daniel estaban aún en formación, y en mi segunda etapa en la Universidad de Oklahoma viví probablemente los años más gratificantes de mi carrera. Recuerdo las interminables discusiones en cafés o bares, donde surgieron las mejores ideas para los proyectos en marcha. Fue un período de consolidación del grupo de investigación, que se reflejó en una impresionante producción científica, numerosas colaboraciones industriales y el desarrollo de un proceso innovador para la producción en gran escala de nanotubos de carbono a bajo costo. Este proceso llevó a la creación de la empresa SWeNT, cuyos principios siguen siendo utilizados en la actualidad. Aunque mi carrera continuó en la industria petroquímica (ConocoPhillips/Phillips 66), permanecí estrechamente vinculado al grupo de catálisis de la Universidad de Oklahoma mediante una colaboración intensa que perdura hasta el presente. Esta colaboración, en sus inicios, se centró en estrategias catalíticas para valorización de combustibles vía la hidrogenación de compuestos aromáticos polinucleares combinado con reacciones de

isomerización y apertura del anillo en compuestos nafténicos, el papel de especies nitrogenadas en reacciones de hidrotratado de combustibles y la conversión de moléculas con grupos funcionales oxigenados. Todos estos estudios redundaron en aplicaciones industriales de alto impacto estratégico y económico. En última instancia, la pregunta que persiste es si el verdadero logro del trabajo desarrollado por Daniel radica solamente en su impacto científico. Además de su gran pasión por la ciencia (y el fútbol, particularmente por Boca Juniors), su otra gran pasión ha sido la docencia y la formación de recursos humanos de alto nivel académico. A lo largo de sus años, Daniel ha inculcado en sus estudiantes valores como el trabajo en equipo, el desarrollo de un pensamiento crítico y la rigurosidad científica. Todos los estudiantes y postdocs se han comprometido siempre, de alguna manera, en diversos proyectos del grupo de catálisis

más allá de sus propias líneas de investigación, desarrollando habilidades para adaptarse rápidamente a nuevos desafíos, tan necesarias en un mundo laboral muy cambiante.

Un claro ejemplo de esto es la colaboración entre OU y P66 mencionada anteriormente, en la que participaron alrededor de 30 estudiantes y postdocs a lo largo de los años, de los cuales unos 12 fueron contratados por P66 y han demostrado un desempeño excepcional en la compañía, muchos de ellos ocupando posiciones de liderazgo en la organización. Pero hay algo que considero aún más importante que define a Daniel: ese calor humano que todo estudiante necesita para superar las tormentas y desafíos personales durante la dura etapa de formación. Tanto él como Tesy (su esposa) han sido un pilar de apoyo para la contención de cada estudiante, creando un ambiente de camaradería en el grupo.

Recientemente, en el simposio anual de la *Great Plains Catalysis Society* (GPCS), una sociedad científica de la que somos cofundadores, se dedicó un día entero a homenajear a Daniel con motivo de su jubilación (aunque, conociéndolo, eso de retirarse es solo un decir). Profesores y ex-estudiantes de diversas áreas -academia, laboratorios nacionales e industria- se reunieron en este evento. Otra alegría del simposio fue ver que el nombre Resasco continúe en el mundo académico a través de Joaquín, su hijo, quien hoy es profesor en la Universidad de Texas (Austin). Un denominador común en las presentaciones y diversas charlas fue la trascendencia que Daniel ha tenido en nuestras vidas, no solo a nivel científico y profesional, sino también en el plano afectivo y personal. De igual manera, yo comparto ese sentimiento. En nombre de todos los que nos hemos formado con Daniel, simplemente quiero decir... ¡Infinitas gracias!

DE LA PAMPA VERDE ARGENTINA A LA TIERRA COLORADA DE OKLAHOMA¹

Palabras clave: catálisis heterogénea, nanotubos de carbono, conversión de biomasa, síntesis de materiales.
Key words: heterogeneous catalysis, carbon nanotubes, biomass conversion, materials synthesis.

De la pampa verde argentina a la tierra colorada de Oklahoma, el autor nos introduce en el mundo de la catálisis heterogénea, de la conjunción del trabajo creativo en la universidad con la transferencia al mundo productivo en EE.UU.

■ Daniel E. Resasco

Profesor Emérito
Gallogly Chair of Engineering #1
George Lynn Cross Professor
School of Sustainable Chemical, Biological and
Materials Engineering
University of Oklahoma
Norman, OK 73072

resasco@ou.edu

¹ Editor asignado: Miguel A. Blesa

■ DE ABUELOS INMIGRANTES A NIETOS EMIGRANTES

Argentina ha sido históricamente un país de inmigración. Entre finales del siglo XIX y la primera mitad del siglo XX, la inmigración fue particularmente de italianos y españoles, en ese orden cuantitativo. Este flujo fue fomentado por la Constitución de 1853, que promovía la llegada de extranjeros para desarrollar la tierra, mejorar las industrias e introducir conocimientos científicos y artísticos. Sin embargo, desde la década de 1980, se acentuó una corriente emigratoria, principalmente hacia Europa y Estados Unidos. Estos movimientos migratorios han sido consecuencia tanto de factores en la sociedad de origen como en el país receptor, que generalmente ofrece mejores condiciones de vida.

Mi historia personal y familiar refleja esas tendencias. Mis abue-

los inmigraron de Italia y España a Argentina a principios del siglo XX, mientras que, antes de que concluyera el siglo, mi esposa Tesy y yo –como muchos otros– emigramos hacia Estados Unidos, esa tierra que para muchos representaba una nueva promesa, como alguna vez lo había sido Argentina para nuestros abuelos.

Esa inquietud y el deseo de explorar nuevos horizontes parece estar en nuestros genes. Por años hemos viajado a distintos países, buscando nuestro lugar, nuestro destino. Mi abuelo paterno partió de Vernazza, en las *Cinque Terre* de Liguria, siendo muy joven y se casó en Argentina con mi abuela, originaria de Catania, Sicilia. Aunque comenzaron sin recursos económicos, el nuevo país les permitió formar una familia de diez hijos, que luego se establecieron exitosamente en Bahía Blanca. De la misma forma, mis

abuelos maternos, provenientes de Navarra, España, se asentaron en establecimientos rurales en Río Negro, criaron una familia numerosa y finalmente se instalaron en Bahía Blanca. La generación de mis padres y mis tíos, ya asentados económica y socialmente, nunca pensó en emigrar, pero los genes migratorios resurgieron en la generación siguiente. Así fue que, un día de enero de 1980, apenas recién casados, Tesy y yo nos encontramos con el pasaje en la mano, contemplando la pista de Ezeiza desde donde el avión nos llevaría a Nueva York y de allí a New Haven para hacer el doctorado en la Universidad de Yale. Sabíamos que, aunque íbamos a estar muy lejos, una parte nuestra siempre quedaría en esas calles de Bahía Blanca y Mar del Plata. Porque, como decía mi madre, “uno es de donde tiene el corazón”. Y el mío, aunque viajara lejos, siempre quedaría anclado en esa Argentina de inmigrantes y emi-

grantes, de sueños y nostalgias, de mates y despedidas. No fue fácil la decisión de quedarnos en Estados Unidos definitivamente, dejando lejos a nuestros queridos padres y hermanos. De hecho, fuimos y volvimos un par de veces antes de decidir quedarnos finalmente en Estados Unidos.

■ EL VIAJE ACADÉMICO: DE MAR DEL PLATA A YALE, IDA Y VUELTA.

Empecé mi primer semestre en Yale con una mezcla de entusiasmo y ansiedad. Llegamos en pleno invierno, con temperaturas bajo cero, después de haber estado un día antes en el cálido verano argentino. Este cambio de clima no fue el único shock que experimenté en mi primer mes; me preguntaba cómo me iría a adaptar al competitivo y exigente sistema universitario norteamericano, especialmente en cuanto a la dificultad de los cursos y el desarrollo de mis investigaciones, todo en un

nuevo idioma. Sin embargo, estas incertidumbres se desvanecieron en pocos meses. Pronto comprendí que la formación de pregrado que había recibido en la Universidad del Sur en Bahía Blanca me equiparaba con cualquier estudiante estadounidense de los mejores departamentos del país.

A pesar de haber cursado mis estudios entre 1970 y 1975, en años difíciles para Argentina, esos fueron también tiempos de gran entusiasmo y crecimiento para la Ingeniería Química en Bahía Blanca. Durante esos años se creó la Petroquímica Bahía Blanca mientras que el PLAPIQUI (Planta Piloto de Ingeniería Química) se consolidó como uno de los institutos de investigación más prestigiosos del país. Desde la distancia, pude apreciar que los cursos de pregrado que allí había tomado fueron impartidos por instructores de renombre internacional, como Esteban Brignole,¹ Enrique Rostein,

Hugo de Lasa y Carlos Gigola, quienes estaban al mismo nivel o incluso superaban a los instructores de mis cursos de posgrado. De hecho, muchos de los libros que utilizábamos en estos cursos de posgrado ya los habíamos estudiado en Bahía Blanca durante mi formación de pregrado, lo cual aumentó mi confianza notablemente.

Los años de mi doctorado en Yale fueron un período de crecimiento personal y profesional que considero entre los mejores de mi vida. Allí nacieron mis dos hijas mayores y nos asentamos como familia. En medio de esta aventura académica y vital, el cálido abrazo de amistades argentinas, entre las que destacan Armando Rouco y Carlos Gigola (ambos del PLAPIQUI), junto con el apoyo incondicional de mi hermana Diana, quien también emigró para hacer su PhD, nos brindó ese toque de hogar y comprensión tan necesario. Su presencia fue el bálsamo que



Figura 1. Enero 1980. Universidad de Yale. Daniel frente a la entrada del Old Campus.

transformó nuestra nueva vida en el extranjero en una experiencia llena de afecto y camaradería, creando un oasis de familiaridad en tierras lejanas.

Al mismo tiempo, mi director de tesis Prof. Gary Haller fue un mentor ejemplar que incentivó mi pasión por la investigación científica y los fundamentos fisicoquímicos de la catálisis, lo que tuvo un impacto duradero en mi trayectoria profesional y sentó las bases para mi futura carrera en este campo.

El tema de mi tesis de investigación fue sobre interacciones metal-soporte en catalizadores metálicos soportados. El resultado de mis estudios derivó en un modelo que describe el fenómeno conocido interacción fuerte metal-soporte (conocida en inglés por la sigla SMSI) que ocurre cuando catalizadores de metales nobles del Grupo VIII como Pt, Rh, Ir soportados en catalizadores de óxidos reducibles como TiO_2 , CeO_2 , V_2O_5 son reducidos a alta temperatura ($\sim 500^\circ\text{C}$). La característica de este fenómeno era la inhibición casi completa de la capacidad de estos sistemas para adsorber hidrógeno. En mi tesis doctoral concluimos que este fenómeno puede ser explicado, al menos parcialmente, por un bloqueo geométrico de los sitios por especies reducidas de TiO_2 que migran a la superficie del metal, bloqueando parcialmente sus sitios. Esta imagen encuentra un análogo en la estructura de las partículas bimetálicas observadas en los catalizadores del Grupo VIII (activos)-Grupo Ib (inactivos). En ambos casos, las reacciones más afectadas son aquellas llamadas “sensibles a la estructura” en las que la actividad cambia drásticamente con el tipo de plano expuesto de la partícula metálica o la presencia de especies inactivas sobre la superficie. Por ejemplo, la hidrogenólisis de alcanos es una de estas reaccio-

nes, mientras que solo se observan efectos modestos para las reacciones “insensibles a la estructura,” como la hidrogenación-deshidrogenación de compuestos cíclicos. Este modelo recibió rápida aceptación de la comunidad científica y aún hoy es reconocido como la explicación más aceptada del fenómeno SMSI, luego reforzado por observaciones experimentales, como estudios de microscopía electrónica de transmisión, que mostraron partículas metálicas cubiertas parcial o totalmente por filmes provenientes del soporte tras la reducción a alta temperatura (Haller y Resasco 1989).

■ CARRERA EN ARGENTINA: EL INTEMA Y LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA

Al concluir mi doctorado, regresamos a Mar del Plata, donde gracias al respaldo de los doctores Roberto Williams² y Daniel Löffler, me incorporé como investigador indepen-

diente del CONICET en el recién fundado INTEMA y como profesor en la Universidad Nacional de Mar del Plata. Durante seis años, mi trayectoria como investigador y docente fue gratificante y próspera, recibiendo un inmenso apoyo profesional y amistoso de todo el personal, tanto académico como administrativo. Allí comencé mi trayectoria como director de proyectos y mentor de estudiantes de doctorado (Cristina García, Estela Fortini, Rosita Fenoglio, Walter Álvarez) y posdoctorandos (Guillermo Núñez, Patricia Suárez). En esos años enfocamos nuestro trabajo en la oxiclорación de CH_4 sobre sales soportadas y las interacciones de pequeñas partículas metálicas en óxidos y zeolitas. Esta etapa fue crucial para iniciarme en la gestión de equipos de investigación, sentando las bases para mi futuro desarrollo como investigador y educador. A nivel nacional, tuve la oportunidad de conocer y ser conocido por los principales investiga-

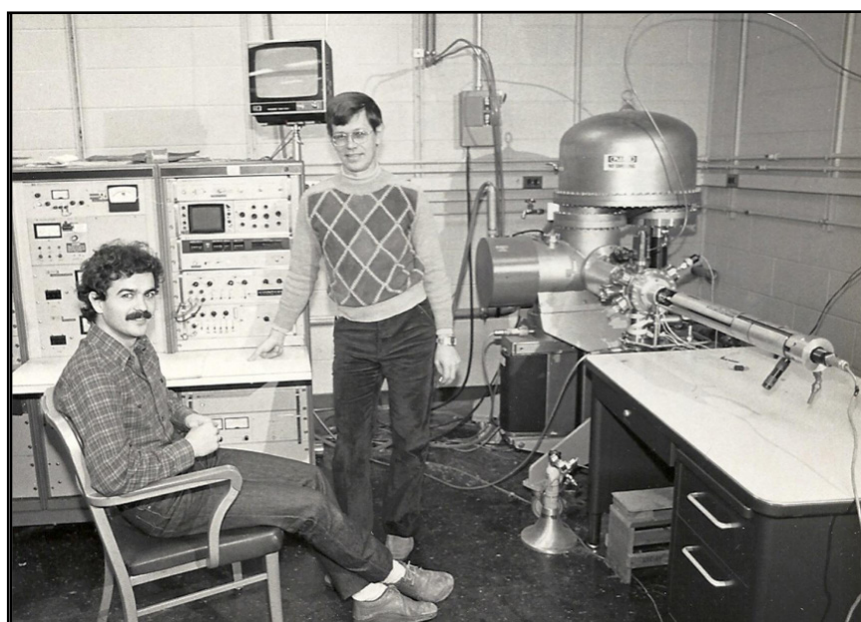


Figura 2. Daniel Resasco con el Prof. Haller, su director de tesis doctoral, frente al Perkin-Elmer XPS, que en esa época se lo llamaba ESCA y había sido desarrollado unos pocos años antes. Contar en forma exclusiva con este equipo, que era capaz de realizar reacciones in-situ, era un privilegio poco común para cualquier investigador.

dores en el campo de la ingeniería química y la catálisis en el país de importantes institutos como PLAPIQUI, INCAPE, CINDECA, INTEC. Entre las mayores satisfacciones que tuve a nivel profesional fue recibir el premio Bernardo Houssay para investigadores jóvenes, en su primera edición de 1987.

Paralelamente, nuestra vida familiar se colmó de dicha y afectos. En este período, dimos la bienvenida a nuestros otros tres hijos, completando así una hermosa familia. Todo esto fue posible gracias a la generosidad y dedicación incomparables de mi esposa Tesy, quien demostró una valentía y convicción extraordinarias en la crianza de nuestros cinco hijos. Sin embargo, a pesar de nuestros esfuerzos y logros, la coyuntura económica no favoreció nuestro asentamiento definitivo en Argentina. Con gran pesar, nos vimos obligados a despedirnos nuevamente de nuestros padres, mi hermana menor María Andrea, mi cuñado Hernán y sus respectivas familias.

Una vez más, el Prof. Haller demostró su inagotable apoyo al facilitarme una posición temporaria como instructor en Yale. Simultáneamente, me facilitó acceso a sus contactos en la industria del petróleo, y así conseguí un puesto en I&D. Tras un par de años, esta valiosa experiencia de investigación industrial me permitió competir eficazmente por una posición académica.

■ CONSOLIDACIÓN PROFESIONAL: UNIVERSIDAD DE OKLAHOMA

En 1993, tuve el privilegio de recibir una oferta para unirme a la planta docente de la Universidad de Oklahoma, una institución que desde el primer momento me recibió con calidez y me ofreció un entorno óptimo para mi desarrollo científico y profesional. Fue en este estado, fa-

moso por sus *cowboys* y su tierra roja, donde logré mis mayores éxitos y alcancé un reconocimiento internacional que superó mis expectativas. Oklahoma se ha convertido en un lugar innovador y emprendedor, lo que sorprende a algunos dada su historia. Desde los años 90, hemos visto un notable crecimiento y transformación, con nuevas atracciones, ciudades revitalizadas y un impulso significativo en ciencia y tecnología. Este progreso abarca diversas áreas, como energías tradicionales y renovables, meteorología, ingeniería aeroespacial, biociencias e investigaciones médicas.

Desde sus inicios, nuestro grupo de investigación en catálisis, al principio pequeño, exhibió una eficacia y productividad sobresalientes, lo cual se tradujo rápidamente en publicaciones en revistas de alto impacto y en la obtención de subsidios de investigación en un sistema altamente competitivo, donde la calidad de los proyectos presentados a agencias como NSF, DOE, NASA o a empresas industriales es determinante. Un factor crucial para el éxito inicial del grupo fue la incorporación de Walter Álvarez, uno de mis antiguos estudiantes doctorales de Mar del Plata, como investigador posdoctoral. Su entusiasmo contagioso y su liderazgo afable fueron fundamentales para forjar la cohesión del equipo, estableciendo una dinámica de trabajo efectiva y un ambiente de confianza que ha perdurado hasta la actualidad. Incluso después de su transición a la industria como investigador en *Phillips Petroleum* (hoy *P66*), Walter continuó siendo un pilar de apoyo, facilitando colaboraciones y respaldo financiero para nuestros proyectos, así como oportunidades laborales en I&D para los graduados de mi grupo.

Nuestros proyectos de investigación en la Universidad de Oklahoma

se centraron en estudios fundamentales, pero con relevancia industrial, tanto para el desarrollo de nuevos materiales catalíticos como en el estudio de reacciones de importancia económica y ambiental.

■ TRANSICIÓN ENERGÉTICA: DESDE COMBUSTIBLES FÓSILES A ENERGÍAS RENOVABLES

Desde un primer momento, nuestro trabajo se centró en entender los mecanismos de reacciones catalíticas para mejorar los procesos de transformación de hidrocarburos, con el objetivo de hacerlos más sostenibles y eficientes. En estos proyectos se destacaron estudiantes como Susan Stagg, Gary Jacobs, Fabio Noronha, Siriporn Jongpatiwut y Ya-Huei Chin, quienes continuaron sus carreras en la academia tanto en EE.UU. como en otros países.

Catalizadores bimetálicos: Una solución innovadora. Nuestras investigaciones sobre la deshidrogenación de alcanos (hidrocarburos simples) tenían como fuerza impulsora el desarrollo de aditivos como el MTBE (éter metil terbutílico), para mejorar el rendimiento y reducir las emisiones de los combustibles. Aunque el MTBE ya no se usa ampliamente, nuestros hallazgos siguen siendo relevantes para la conversión de alcanos a olefinas, componentes esenciales en la industria petroquímica. Descubrimos que al combinar platino (Pt) y estaño (Sn) en los catalizadores, podíamos mejorar significativamente su rendimiento en varias formas, una mayor eficiencia en la producción de olefinas, reducción en la formación de coque (depósitos de carbono que desactivan el catalizador) y mayor durabilidad del catalizador. Sin embargo, notamos que el platino no aleado con estaño tendía a formar coque rápidamente. Esto nos llevó a desarrollar métodos para maximizar la aleación

Pt-Sn y minimizar el platino libre. En la síntesis y caracterización de estos catalizadores bimetálicos, además de Walter, se destacaron otros investigadores argentinos que visitaron nuestro grupo, incluyendo Armando Borgna, Carlos Querini y Cristina Padró.

Reformado seco de metano: Aprovechando el CO₂. En estudios posteriores, exploramos el uso de catalizadores bimetálicos similares para la reacción entre CO₂ y metano para dar gas de síntesis, un proceso que en ese momento intentaba convertir gas natural a líquidos y recientemente ha vuelto a ganar interés como forma de utilizar el CO₂ capturado.

Importancia del soporte. Descubrimos que el tipo de material que soporta las partículas metálicas es crucial en esta reacción. Por ejemplo, el óxido de zirconio (ZrO₂) demostró ser superior al óxido de silicio (SiO₂) en las condiciones más desactivantes. Al mismo tiempo, la adición de cerio o lantano al soporte mejoró significativamente la estabilidad y actividad del catalizador. En estos estudios demostramos que la clave para un catalizador eficiente y duradero es un balance entre dos contribuciones, la velocidad de descomposición del metano y la velocidad de eliminación de los depósitos de carbono mediante la disociación del CO₂. Si esta última no es comparable a la primera, el catalizador se desactiva. Por el contrario, si la primera es muy lenta, la actividad global es baja. Al optimizar este balance, logramos desarrollar catalizadores activos que permanecen estables durante largos períodos, incluso en condiciones extremas. Nuestras investigaciones han contribuido a hacer más eficientes y sostenibles varios procesos industriales clave. Aunque estos avances se aplican principalmente a la industria petro-

química, las lecciones aprendidas y las técnicas desarrolladas son valiosas para la transición hacia energías renovables, como se demostró tiempo después en nuestros estudios de conversión de biomasa.

Catalizadores bifuncionales (metal/ácido) soportados en zeolitas. La combinación de funciones catalíticas es una herramienta valiosa en la optimización de procesos. En nuestro caso, combinando la función metálica de partículas soportadas con los sitios ácidos de la zeolita, exploramos diversas estrategias para maximizar la producción de compuestos no aromáticos con alto índice de octanaje a partir de moléculas nafténicas, algo altamente deseable en procesos de refinación. La investigación, financiada por la empresa ConocoPhillips y OCAST, se centró en la distribución de productos obtenidos en zeolitas ácidas conteniendo metales nobles (Pt, Ir, etc.), evaluando parámetros clave como el índice de octano (ON) y el volumen específico de las mezclas de productos (Phuong T. Do y col. 2006). En una serie de trabajos con similares características desarrollamos estrategias de reacción para la mejora del número de cetano en combustibles diésel. La saturación de aromáticos mediante hidrogenación es un paso necesario, pero quizás no suficiente en el tratamiento del diésel. En estos trabajos, exploramos posibles rutas de reacción de compuestos típicos en diésel después de diferentes niveles de hidrogenación, como decalina y tetralina, así como fenantrenos aromáticos de 1 y 2 anillos. También desarrollamos un método para estimar el número de cetano (CN) de cada compuesto involucrado en las rutas de reacción, utilizando un programa de redes neuronales entrenado con números de cetano de compuestos puros provenientes de una base de datos. Nuestros resultados demostraron el gran desafío

que representa alcanzar un alto CN. Los catalizadores ácidos por sí solos no logran obtener productos con un CN significativamente mayor que el original. De manera similar, no se puede esperar una mejora significativa en el CN con catalizadores metálicos de hidrogenólisis que operan mediante el mecanismo dicarbenio. Solo en el caso de la hidrogenólisis metálica selectiva, con escisión preferencial en enlaces C–C sustituidos, los productos predichos tienen un CN sustancialmente mayor que el de la alimentación. A partir de este análisis, demostramos que la mejora del CN en diésel requiere un consumo de hidrógeno significativo y el uso de catalizadores de hidrogenólisis metálicos, altamente selectivos que minimicen la ramificación (Santana y col. 2006).

Conversión de Biomasa. Una oportunidad significativa y exitosa para nuestro grupo surgió cuando decidimos enfocarnos en la producción de combustibles líquidos derivados de recursos naturales renovables, como la biomasa. A diferencia de los combustibles fósiles, la biomasa, cuando se trata adecuadamente, puede contribuir a la reducción de CO₂ en la atmósfera, mitigando el impacto ambiental y avanzando hacia una economía más circular y sustentable. Este enfoque nos permitió expandir y enriquecer nuestro trabajo al involucrar a otros grupos del departamento con experiencias complementarias. Esta colaboración interdisciplinaria fortaleció nuestra capacidad de investigación, permitiéndonos abordar los desafíos complejos de la producción de biocombustibles desde múltiples perspectivas. Esta nueva dirección atrajo importantes fondos federales, principalmente del Departamento de Energía (DOE) y la *National Science Foundation* (NSF). Estos fondos no solo nos permitieron agrandar nuestro grupo sino también involucrar a

otros grupos del departamento. Entre los principales participantes de este esfuerzo puedo mencionar los Profs. Crossley, Sooknoi, Lobban y Mallinson con quienes publicamos una serie de artículos que tuvo un impacto importante en el área de conversión de biomasa. El número de estudiantes graduados involucrados en este tema fue muy significativo. Aunque todos ellos fueron muy productivos y eficientes, quisiera destacar las importantes contribuciones de Surapas Sitthisa, Qiaohua Tan, Anh To, Tu Pham, y Dachuan Shi.

En comparación con otros métodos, la pirólisis emergió como uno de las formas más efectivas para convertir la biomasa en combustibles líquidos. Sin embargo, el líquido obtenido de este proceso requiere un refinamiento intensivo antes de poder ser utilizado como combustible. En este contexto, el uso de catalizadores resulta crucial para transformar compuestos indeseables en componentes de gasolina o diésel, que puedan ser utilizados como combustibles líquidos compatibles con los tradicionales.

Los componentes del aceite de pirólisis se dividen en oxigenados ligeros solubles en agua, furánicos, fenólicos, azúcares, anhidroazúcares y oligómeros pesados. Dado que cualquier enfoque de mejora individual sólo puede dirigirse a la conversión de una o dos familias de compuestos, el proceso de refinación de estos aceites requiere una combinación de separación y conversión. Para desarrollar estrategias de refinación efectivas, nuestros estudios se concentraron en reacciones de compuestos modelo. A través de estas investigaciones, desarrollamos conceptos importantes sobre los mecanismos de reacción y la naturaleza de los catalizadores activos (metales, zeolitas, óxidos, etc.). Sin los estudios modelos, la

complejidad del bio-aceite habría obstaculizado el desarrollo de estudios fundamentales y su implementación en aplicaciones prácticas. El próximo desafío fue predecir cómo se comportaría cada compuesto o familia de compuestos sobre un catalizador en presencia de otras familias, cuando se alimenta la mezcla completa. Por ejemplo, observamos que los catalizadores pueden desactivarse rápidamente si todo el bio-aceite está presente, incluso cuando fueron efectivos en presencia de una corriente más pura. Combinando todos estos aspectos, se realizaron estudios tecno-económicos y análisis de ciclo de vida para la implementación práctica, los cuales fueron presentados a DOE y a un consorcio de empresas para su implementación.

Nuestra estrategia para la conversión y utilización de biomasa no solo se enfocó en la desoxigenación sino también en el crecimiento de las cadenas carbonosas hasta llegar al rango de pesos moleculares típicos de gasolinas y diésel (Tu N Pham y col. 2013). Por ello, desarrollamos catalizadores y procesos para reacciones de formación de enlaces C-C aprovechando la actividad de las funcionalidades oxidadas (grupos carbonilos, carboxilos, etc.) como cetonzación, acilación, y condensación aldólica, un tema en el que el grupo de Apesteguía³ y DiCosimo (en Santa Fe) habían hecho importantes avances en trabajos que nos sirvieron de inspiración.

■ SÍNTESIS DE NANOMATERIALES PARA CATÁLISIS VS CATÁLISIS PARA SÍNTESIS DE NANOMATERIALES

Podemos considerar dos enfoques distintos en el área de nanomateriales. El primero, más común y bien establecido, implica crear nanomateriales que se pueden utilizar como catalizadores en reacciones químicas.

El segundo es la utilización de procesos catalíticos para sintetizar nanomateriales mediante el control a nivel nanométrico de la nucleación y crecimiento de estructuras con las características deseadas. Esta es un área emergente con un gran potencial para desarrollar nuevos materiales nanoestructurados. Un ejemplo claro de este último concepto es la síntesis de nanotubos de carbono, los que crecen mediante la combinación de nucleación y auto-ensamblado.

Nanotubos de carbono. Inmediatamente después de que en 1993 Sumio Iijima develara la estructura atómica y naturaleza helicoidal de los nanotubos de carbono de pared simple (SWNT) los investigadores reconocieron el inmenso potencial de estos materiales para revolucionar la nanotecnología. Se descubrió que la estructura única de los nanotubos de carbono de pared simple, que consiste en una sola capa de grafeno enrollada en un cilindro, les otorgaba propiedades electrónicas, mecánicas y químicas excepcionales descritas por los índices (n, m) del vector que indica cómo se enrolla una lámina de grafeno para formar el nanotubo cilíndrico. Los valores de n y m determinan propiedades importantes del nanotubo como diámetro, ángulo quiral (de enrollamiento) y si es metálico o semiconductor.

En 1998, nuestro grupo comenzó a estudiar catalizadores para sintetizar estos nanotubos aplicando conceptos convencionales en catálisis, pero nunca empleados en la síntesis de nanotubos. Por ejemplo, fuimos el primer grupo en desarrollar relaciones estructuras-propiedades combinando una detallada caracterización del catalizador antes, durante y después de la síntesis con una caracterización del producto deseado. La primera involucraba el

uso de técnicas modernas de análisis de catalizadores sólidos como XRD, XPS, EXAFS mientras que la segunda apuntaba a determinar la calidad del producto carbonoso (Raman, HRTEM, TPO, absorción óptica, etc.). En este caso, introdujimos al área de nanotubos conceptos conocidos en Ingeniería Química y catálisis como selectividad, actividad y estabilidad (Kitiyanan y col. 20089). Con este enfoque fuimos capaces de optimizar no solo la formulación del catalizador sino también el proceso de manufactura, principalmente el diseño del reactor (Resasco y col. 2002).

Con técnicas de fotoluminiscencia y absorción óptica caracterizamos la distribución poblacional (n,m) de las distintas muestras de nanotubos de carbono de pared simple obtenidas sobre catalizadores bimetálicos de CoMo soportados sobre óxidos. Nuestros estudios mostraron que la distribución (n,m) puede controlarse variando la composición de la alimentación gaseosa, la temperatura de reacción y el tipo de soporte catalítico utilizado. Por ejemplo, al usar CO como alimentación sobre catalizadores de CoMo/SiO₂, el aumento de la temperatura de síntesis resulta en un incremento del diámetro de los nanotubos, sin cambios en el ángulo quiral. En contraste, al cambiar el soporte de SiO₂ a MgO, se obtienen nanotubos con diámetro similar pero diferentes ángulos quirales. Finalmente, manteniendo las mismas condiciones de reacción pero variando la composición de la alimentación gaseosa, se obtienen diferentes distribuciones (n,m). Las distribuciones claramente diferentes obtenidas al variar el soporte catalítico y/o las condiciones de reacción demostraron que la distribución (n,m) es resultado de diferencias en la cinética de crecimiento, que a su vez depende de la interacción entre la caperuza del nanotubo y el clús-

ter metálico. Luego de cientos de estudios comparativos concluimos que el catalizador de CoMo/SiO₂ con alimentación de CO puro en reactores de lecho fluidizado, operando a bajas conversiones por paso, daba lugar a la mayor calidad de SWNT con la distribución poblacional (n,m) más estrecha que se había observado.

En un estado no restringido (por ejemplo, durante la síntesis por ablación con láser), la velocidad de crecimiento de los SWNT es de varios micrones por segundo. En contraste, cuando el crecimiento ocurre mediante descomposición catalítica de moléculas que contienen carbono en catalizadores de alta superficie específica, el proceso general de crecimiento continúa en una escala de minutos o aun horas. Es evidente que, aunque la cantidad de depósitos de carbono aumenta lentamente con el tiempo, esto no significa necesariamente que el crecimiento de un nanotubo dado sea tan lento. Es decir, la lenta velocidad observada para el depósito de carbono comprende un período de inducción seguido de un crecimiento rápido del nanotubo. En consecuencia, aparecerán nuevos sitios de nucleación en un material de alta superficie específica y cada sitio dará lugar a un nanotubo que crece relativamente rápido. Los nanotubos que crecen más tarde estarán constreñidos por la presencia de aquellos que crecieron antes. Por lo tanto, para tener una alta selectividad hacia SWNT, la nucleación del embrión del nanotubo debe ocurrir antes de que la partícula metálica se sinterice. Nuestra estrategia fue mantener las especies activas de cobalto (Co) estabilizadas en un estado no metálico, formando un molibdato de cobalto antes de que sea reducido por el compuesto que contiene carbono (CO). Cuando se expone al monóxido de carbono, el molibdato se carburiza,

produciendo carburo de molibdeno y pequeños clústeres metálicos de Co, mediante el fenómeno conocido como exsolución, que luego permanecen en un alto estado de dispersión, estabilizados por la matriz sólida, y resultan en una alta selectividad hacia SWNT de muy pequeño diámetro.

Así se desarrolló el llamado proceso CoMoCAT, que durante muchos años fue el proceso más selectivo del mundo para obtención de SWNT de una dada quiralidad (Bachilo y col. 2005). Así también nació la empresa *Southwest Nanotechnologies (SWeNT)*, cuyos primeros socios y empleados fueron los estudiantes y posdoctorandos de nuestro grupo (Walter Alvarez, Luke Kitiyanan, José Herrera, Francisco Pompeo, Leandro Balzano, Olga Matarredona, Liang Zhang, Ricardo Prada, Yongquian Tan, etc.). Con ellos construimos primero una pequeña planta y luego una planta comercial que se instaló en las afueras de Norman, Oklahoma y se hizo conocida en todo el país. El proceso CoMoCAT ofrecía varias ventajas clave sobre otros métodos para producir nanotubos de carbono de pared simple (SWNTs). Por ejemplo, es fácilmente escalable y puede mantener su alta selectividad a medida que aumenta el tamaño del reactor; esto lo convierte en uno de los enfoques más adecuados para fabricar grandes cantidades de SWNTs; proporciona un grado sustancial de selectividad hacia quiralidades específicas de SWNTs durante la síntesis, esto resulta en estructuras de nanotubos más uniformes; produce rutinariamente nanotubos que son 95% carbono en composición, con más del 90% de ese carbono en forma de SWNT, y esta alta pureza reduce la necesidad de una purificación extensiva post-producción; CoMoCAT produce SWNTs con diámetros promedio más pequeños y distribu-



Figura 3. Planta para producción industrial de nanotubos de carbono en Norman, OK. Cuatro reactores catalíticos de lecho fluidizado y planta de purificación

ciones de diámetro más estrechas que cualquier otro método; utiliza reactores de lecho fluidizado que permiten un control preciso, contribuyendo a la alta selectividad; opera a alrededor de 700°C, temperatura relativamente más baja que otros métodos, lo que ayuda a estabilizar pequeños grupos metálicos y producir nanotubos de menor diámetro y distribución más estrecha. Estas ventajas hicieron que CoMoCAT fuera particularmente valioso para aplicaciones que requieren nanotubos con propiedades electrónicas específicas y para la producción a gran escala de SWNTs de alta calidad. Luego de unos años de operación, la tecnología de la Universidad de Oklahoma fue adquirida por la firma CHASM que continúa comercializando el proceso.

Catálisis en la interfaz sólido-líquido-líquido de emulsiones bifásicas. Una de las aplicaciones de

los SWNT que implementamos en nuestro grupo fue la de nanopartículas sólidas anfífilas (tipo Janus, con una cara hidrofóbica y otra hidrofílica) como estabilizantes de la interfaz líquido-líquido en emulsiones. Variando el balance hidrofóbico/hidrofílico de las partículas, así como la relación agua/aceite, las emulsiones se pueden ajustar desde agua-en-aceite hasta aceite-en-agua.

Nuestra principal contribución en este campo fue dotar a estas partículas con funciones catalíticas. Además, mediante métodos de síntesis, logramos depositar distintos tipos de sitios activos en cada cara de las nanopartículas. En este proyecto quiero destacar las extraordinarias contribuciones de Jimmy Faria, Pilar Ruiz, Lu Zhang y Gengnan Li.

Las nanopartículas sólidas que funcionan como estabilizantes/catalizadores combinan las ventajas de

los catalizadores sólidos con la catálisis de transferencia de fase. Nuestro trabajo demostró este concepto utilizando nanohíbridos sólidos formados por nanotubos de carbono (SWNT) hidrofóbicos soportados en óxidos metálicos hidrofílicos dopados con metales de transición o básicos. Este enfoque no solo mejora la transferencia de masa y aumenta el área interfacial, sino que también facilita la separación de productos durante la reacción mediante diferencias de solubilidad. Además, dependiendo del sistema, puede acelerar la cinética mediante efectos de solvatación en las especies reactivas. Publicamos este hallazgo en la revista Science (Crossley y col. 2006), lo que amplificó su impacto en el campo de la catálisis, especialmente debido a su aplicación en la conversión y refinación de biomasa, un tema de gran relevancia en ese momento. En particular, investigamos la conversión de azúcares y

aceite de pirólisis, la conversión de biogás en productos líquidos mediante síntesis Fischer–Tropsch, y la producción de biodiésel en sistemas bifásicos. Para esto diseñamos una serie de partículas Janus, comenzando con nanohíbridos de SWNT/óxidos y avanzando hacia nanopartículas funcionalizadas con grupos de hidrofobicidad variable. El desarrollo de este tema llevó a la creación de un centro de investigación (*Center for Interfacial Reaction Engineering*, CIRE) financiado por DOE, que involucraba a las tres universidades más importantes del estado y del cual fui Director durante seis años.

■ EFECTO DEL AGUA: ¿BENEFICIO O DETRIMENTO?

Luego de este importante desarrollo, exploramos otras aplicaciones de nanopartículas funcionalizadas con organosilanos de diversos grupos orgánicos, modificando la polaridad superficial y el balance hidrofóbico/hidrofílico, lo que fue crucial en aplicaciones de conversión de biomasa en fase líquida. Inspirados por las enzimas naturales, buscamos imitar sus funciones en materiales nanoestructurados. Nuestras innovaciones en nanofabricación permitieron diseñar superficies con características hidrofílicas/hidrofóbicas controlables, logrando catalizadores heterogéneos con mayor actividad, selectividad y estabilidad.

En un estudio que recibió gran atención en la literatura, funcionalizamos una zeolita HY con octadeciltriclorosilano (OTS) para el refinamiento de aceite de pirólisis de biomasa en medios acuosos calientes. La zeolita funcionalizada mostró una actividad significativamente mayor que la no tratada en la alquilación de m-cresol con 2-propanol, tanto en fase acuosa como en sistema bifásico agua/decalina. Los grupos alquilo de OTS promovieron la

adsorción de reactivos orgánicos e inhibieron la formación de películas de agua, previniendo la desactivación. En contraste, la zeolita no tratada mostró baja resistencia al agua y pérdida de cristalinidad. Concluimos que las zeolitas Y no son tolerantes al agua líquida caliente, pero la pérdida de cristalinidad solo ocurre al exponerse a agua condensada, no al vapor, lo cual fue un resultado sorprendente en el campo de catalizadores zeolíticos. Demostramos que la hidrofobización mejora la tolerancia de la zeolita al agua líquida caliente, principalmente en sistemas bifásicos.

La susceptibilidad de las zeolitas al agua líquida caliente obstaculiza su utilización en procesos en fase acuosa. Las interacciones de las zeolitas con el agua dependen de grupos hidrofílicos, incluyendo sitios ácidos de Brønsted (BAS), cationes extra-red y defectos de silanol. En un estudio comparativo sistemático, relacionamos la pérdida de cristalinidad con cinco características de la zeolita: número de BAS, enlaces Si-O-Si, tipo de estructura, defectos terminados en silanoles y aluminio extra-red. Los resultados indicaron inequívocamente que la densidad de defectos (silanol) juega el papel más crucial en la susceptibilidad de las zeolitas al agua líquida caliente. Por lo tanto, concluimos que al funcionalizar estos defectos con organosilanos, se aumenta la hidrofobicidad de la zeolita defectuosa y se mejora significativamente su tolerancia al agua líquida caliente y, lo más importante, se mantienen su actividad y estabilidad. De esta manera se abrieron nuevas posibilidades para importantes aplicaciones de zeolitas en procesos acuosos (Resasco y col. 2021; Li y col. 2020).

Como resultado de estos estudios desarrollamos la capacidad de funcionalizar óxidos de alta área

superficial de manera controlada. Por ejemplo, mediante el uso de compuestos orgánicos sulfónicos, logramos producir catalizadores con densidad de sitios ácidos (y, correspondientemente, distancia entre ellos) ajustable a voluntad. Esto nos permitió estudiar catalizadores en los que los sitios actúan de forma independiente (sitio único) o de manera cooperativa (sitio doble). Este concepto, inicialmente desarrollado en catálisis homogénea, demostró tener también un impacto significativo en catálisis heterogénea.

Es bien sabido que el agua puede actuar como inhibidor o promotor de reacciones en superficies sólidas. Aunque la inhibición por adsorción competitiva en sitios activos es el efecto más común, en varias reacciones catalíticas importantes se ha observado la promoción de velocidades de reacción por una red de moléculas de agua unidas por enlaces de hidrógeno. Por ejemplo, en el caso de la autocondensación de cetonas cíclicas sobre sílices mesoporos funcionalizadas con grupos de ácido sulfónico, el comportamiento cinético depende fuertemente de la densidad de sitios ácidos. Mientras que la velocidad de reacción siempre está limitada por el acoplamiento C-C y es, por tanto, bimolecular, a alta densidad de sitios la cinética sigue un mecanismo de doble sitio, pero a baja densidad sigue un mecanismo bimolecular de sitio único. Curiosamente, la promoción del agua es más significativa a baja densidad ácida; en este caso, cuando el agua líquida está presente, la cinética de reacción cambia de un sitio único a un sitio doble. Con simulaciones de dinámica molecular *ab initio* (AIMD) investigamos cómo la disposición de las moléculas de agua impacta la catálisis en interfaces sólido-líquido, usando estudios cinéticos con una combinación de análisis espectroscópico, cálculos

teóricos y mediciones de reacciones catalíticas. Cuantificamos precisamente hasta qué punto la polarización remota de enlaces puede ser extendida por moléculas de agua y, más generalmente, cómo el agua puede cambiar la cinética de reacción para catalizadores de baja densidad de sitios ácidos de un modo de sitio único a un modo de catálisis cooperativa de sitio doble.

El análisis de resonancia magnética nuclear de estado sólido unidimensional y bidimensional proporciona una descripción precisa de la estructura de los grupos funcionales en la superficie. El análisis espectroscópico junto con los cálculos teóricos de DFT nos ayudaron a dilucidar cómo las interacciones entre el agua y las especies superficiales conducen a diferentes rendimientos. Exploramos los posibles modos de promoción del agua cambiando la concentración de agua y el tipo de solvente, así como modificando el balance hidrofílico/hidrofóbico de la superficie. Entre adsorción competitiva, solvatación, puente de enlaces de hidrógeno entre sitios activos y polarización del electrófilo, este último es el modo de promoción de mayor importancia para estas reacciones (Li y col. 2021).

■ TRANSFORMANDO LA CIENCIA EN RESULTADOS TANGIBLES PARA LA INDUSTRIA

El objetivo de nuestros proyectos fue siempre entender los principios fundamentales que rigen los fenómenos que estudiamos, pero sin perder la relevancia práctica del problema. Esto nos permitió realizar estudios básicos y mecanístico, pero a la vez desarrollar soluciones robustas y efectivas de importancia industrial. Por lo tanto, cada vez que tuve la oportunidad de transferir conocimientos adquiridos en nuestras investigaciones al sector productivo, lo hice con energía y entusiasmo.

Esto me representó un impacto significativo de gran visibilidad para nuestro grupo y para todos nuestros proyectos.

Aunque no es fácil lograr un éxito económico en la transferencia tecnológica, siempre me ha sorprendido el apoyo que este tipo de actividad recibe en Estados Unidos. Tanto la transferencia de tecnología desde las universidades hacia grandes empresas para su posterior implementación en el sector productivo, como la creación de nuevas empresas (*start-ups*) basadas en desarrollos universitarios, son altamente favorecidas, en contraste con las dificultades que muchas veces se encuentran en otros países. Una pregunta interesante es si esta diferencia se debe más a las condiciones creadas por las instituciones, a la actitud de los investigadores o al apoyo de las empresas del sector productivo. En realidad, creo que es una combinación de estos tres factores.

En Estados Unidos, existe un ecosistema que no solo reconoce la importancia de la investigación básica por su valor científico, sino que también la considera un motor de desarrollo económico y social. Las universidades juegan un papel central en este proceso, facilitando la creación de redes que permiten a investigadores y emprendedores colaborar, experimentar y, en última instancia, transformar ideas en productos tangibles. En mi caso, la Universidad de Oklahoma cuenta con un sistema de transferencia tecnológica bien organizado que fomenta la conversión de ideas originales en beneficios concretos para la sociedad. Por ejemplo, su oficina de comercialización proporciona un alto nivel de experiencia especializada para perfeccionar, transferir y comercializar la propiedad intelectual, actuando como una fuerza impulsora para el impacto económico. En los últimos siete años, se han evaluado más de

500 innovaciones, se han solicitado 350 patentes y se han recuperado 23 millones de dólares en ingresos por regalías/licencias y reembolsos. Otras instituciones generan ingresos aún más altos. Por ejemplo, el MIT alcanza o supera esa cifra en un solo año. Esto demuestra que las universidades y las agencias gubernamentales y estatales promueven estas actividades y que, a largo plazo, esta inversión les rinde beneficios tangibles que superan ampliamente el costo inicial. Además, los investigadores tienen incentivos significativos para involucrarse en estas actividades, ya que las universidades otorgan a los inventores un generoso porcentaje de los beneficios obtenidos por la propiedad intelectual que desarrollan. En la evaluación de sus carreras, los logros en transferencia tecnológica son reconocidos no solo en términos económicos, sino también en términos de prestigio. Finalmente, las empresas también se benefician al financiar los mecanismos de transferencia tecnológica y proporcionar los fondos iniciales para estos desarrollos, ya que, a largo plazo, las ganancias pueden ser cuantiosas. Esto crea un círculo virtuoso en el que todos los actores involucrados —universidades, investigadores y empresas— obtienen beneficios significativos, lo que refuerza la importancia de fomentar un entorno favorable para la innovación y la colaboración.

Personalmente, he participado en la transferencia tecnológica tanto a través de colaboraciones con grandes empresas como mediante la creación de una *start-up* (SWeNT) que generó empleo local y beneficios tangibles para la comunidad. En ambos casos, nuestro grupo de investigación se benefició enormemente no sólo por la financiación que permitió capacitar a estudiantes en áreas de interés científico y tecnológico, sino también por la mayor visibilidad y credibilidad logradas al

aplicar nuestros estudios básicos en contextos reales.

Los llamados inversores “ángel” son personas o instituciones que generalmente tienen una conexión especial con la Universidad y solo les interesa el éxito del *start-up* a largo plazo. A diferencia del capital de riesgo, ofrecen términos más flexibles, lo que pone menos presión en los fundadores. Para *SWeNT*, la participación de los “ángeles” ofreciendo su apoyo continuo, no solo financiero sino también estratégico fue crucial. Junto a agencias gubernamentales como *NASA*, *NSF*, *DOE*, ellos nos proporcionaron el capital necesario para cubrir los costos iniciales, facilitaron conexiones con otros inversores y socios, y validaron nuestra tecnología y nuestro equipo, atrayendo así a más inversores.

■ SERVICIO Y GESTIÓN

A lo largo de mi carrera, mi verdadera pasión siempre ha sido la investigación, la enseñanza y la formación de investigadores. Sin embargo, también he tenido la oportunidad

de desempeñar roles importantes en gestión y administración. Por ejemplo, durante 15 años formé parte del Comité A de mi departamento, donde, junto al Director, evaluábamos anualmente a cada profesor en tres áreas clave: docencia, investigación y servicio. Esta experiencia no solo me permitió contribuir al desarrollo profesional de mis colegas, sino que también me brindó una perspectiva valiosa sobre los desafíos y logros que enfrentan en su labor diaria. Por supuesto, durante mis 31 años en esta Universidad, me tocó formar parte de innumerables comités y equipos de evaluación, promoción y gestión de investigación y docencia prácticamente en todas las áreas de ciencias e ingeniería. También tuve la satisfacción de fundar y dirigir dos centros financiados por DOE, uno para el estudio de interfaces en reacciones en fase líquida (CIRE), el otro para aplicaciones de nanotubos (CANTEC).

A nivel externo, mis actividades de gestión más importantes estuvieron asociadas a la *American Chemical Society* (ACS), al *American*

Institute of Chemical Engineering (AIChE) y a la *Catalysis Society* de Norte América (NACS). En ACS, fui miembro del Comité Ejecutivo de la División Catálisis y elegido *Chair* por sus miembros en 2017. En AIChE fui elegido *Fellow*. Dentro del NACS, fui co-fundador de la *Great Plains Catalysis Society* y elegido Presidente en 2019.

Una faceta importante para mi carrera fue mi rol como editor de revistas especializadas en catálisis. Tuve el privilegio de coeditar dos publicaciones de gran prestigio: el *Journal of Catalysis*, junto a Enrique Iglesia, y *Catalysis Reviews*, en colaboración con Alex Bell. Esta experiencia fue invaluable, no solo por profundizar mis conocimientos en catálisis heterogénea, sino también por permitirme aprender de primera mano sobre el arte de la gestión editorial. Trabajar con estos líderes del área me enseñó lecciones invaluableles sobre profesionalismo y equidad en la evaluación de manuscritos científicos. Ambas revistas son consideradas referentes mundiales en catálisis, lo que añadió un nivel



Figura 4. Como presidente de la *Great Plains Catalysis Society* y *Chair* de la División de Catálisis de ACS, tuve el honor de invitar y premiar a destacados investigadores en el campo de la catálisis. En las fotos, estoy acompañado por el Dr. J. Chen, presidente de la *North American Catalysis Society*; el Dr. Y. Roman, ganador del premio de ACS a jóvenes investigadores; y la Dra. F. Arnold, ganadora del Premio Nobel de Química por sus trabajos en catálisis enzimática.

extra de responsabilidad y satisfacción a mi labor. Como resultado de mi desempeño en estos roles editoriales de alto perfil, recibí invitaciones para formar parte de los comités editoriales de varias otras revistas especializadas. Estas oportunidades no solo ampliaron mi red profesional, sino que también contribuyeron significativamente al desarrollo de mi carrera, permitiéndome influir en la dirección y calidad de la investigación en catálisis a nivel global.

■ ALGUNAS DISTINCIONES RECIBIDAS

La carrera científica es un camino de constante aprendizaje, donde el verdadero premio es el conocimiento adquirido y compartido. A lo largo de este recorrido, uno ocasionalmente recibe reconocimientos que, si bien son gratificantes, son el resultado de múltiples factores, incluyendo el trabajo en equipo, el apoyo de colegas y estudiantes, y a menudo, un poco de fortuna. Con humildad y gratitud, comparto algunos de los reconocimientos que he tenido el honor de recibir a lo largo de mi carrera. Por mi tesis doctoral en Yale, recibí en 1981 el *Harding Bliss Prize for Excellence in Engineering and Applied Science*. En 1987, el CONICET me otorgó uno de los premios Bernardo Houssay para investigadores jóvenes. La Universidad de Oklahoma me concedió en 2003 el título de *George Lynn Cross Research Professor*, su mayor honor en investigaciones. En 2004, fui distinguido por la *American Chemical Society* (ACS) como el Químico del año de Oklahoma. La Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Argentina me designó en 2009 como Académico Correspondiente en el exterior, una de las distinciones que recibí con mayor orgullo. En 2014 fui incluido como miembro titular de la Academia Nacional de Inventores de EE.UU. por

mis patentes sobre nanotubos de carbono. En 2021, fui inducido al *Hall of Fame* de la Sociedad de Educación Superior en Oklahoma, año en que también recibí el premio de Excelencia en Catálisis de la Sociedad de Catálisis de New York y fui incorporado como *Fellow* al *American Institute of Chemical Engineering* (AIChE). En 2022, fui galardonado con tres importantes premios: el de la División Catálisis de la *American Chemical Society* (ACS), el de

la Sociedad de Catálisis de las Great Plains (GPCS), y el premio R.B. Anderson de la División Catálisis del Instituto Canadiense de Química.

■ REFLEXIONES SOBRE EL ROL DEL INVESTIGADOR/MENTOR

Al cabo de mis más de 40 años dedicados plenamente a la investigación científica universitaria, he llegado a comprender que la verdadera esencia de mi labor como investigador



Figura 5. Mayo 2009. Una gran satisfacción al ser designado Académico Correspondiente en el exterior por la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Argentina. Sumado a esto tuve la gran sorpresa de encontrarme, entre los asistentes al acto de mi incorporación, a Enrique Iglesia (Berkeley) y Avelino Corma (Valencia), dos de los científicos más prominentes del mundo en el área de catálisis, quienes habían sido invitados a Argentina por Carlos Apesteguía e Isabel Di Cosimo.

ha ido más allá de los descubrimientos y desarrollos tecnológicos que he realizado. Aunque en su momento estos logros me parecieron de suma importancia, y algunos realmente pueden haberlo sido, he descubierto que mi mayor contribución ha sido el impacto que he tenido en las vidas de las personas que tuve el privilegio de guiar. Pienso que mi filosofía como investigador se ha centrado en ser un ejemplo, tanto profesional como personal, para aquellos que han trabajado bajo mi dirección. He intentado inspirar, guiar y, de alguna manera, mejorar las vidas de mis estudiantes y colaboradores. Para mí, los proyectos de investigación y los avances científicos han sido vehí-

culos para proporcionar a mis estudiantes una enseñanza científica del más alto nivel que he podido, esforzándome siempre por dar lo mejor de mí.

He visto mis investigaciones no sólo como búsquedas de conocimiento, sino como oportunidades para crear un sentido de comunidad y motivación dentro del grupo de investigación. Estos estudios han servido como un objetivo común, un aglutinante que nos ha unido y nos ha impulsado a trabajar juntos hacia una meta compartida. En última instancia, he llegado a creer que mi papel más importante ha sido preparar el camino para la próxima gene-

ración de científicos. Mi esperanza ha sido que, a través de mi guía y ejemplo, mis estudiantes puedan no solo continuar, sino también multiplicar los logros que hemos alcanzado juntos. En este grupo de personas incluyo principalmente los estudiantes graduados y posdoctorandos que he dirigido directamente, pero también estudiantes de otros grupos, locales y del extranjero con los que he tenido el placer de colaborar y de alguna manera también guiar. Esta perspectiva ha dado un profundo sentido de propósito a mi carrera académica, permitiéndome ver que el verdadero valor de mi trabajo no se mide sólo en publicaciones o patentes, sino en las vidas que de algu-



Figura 6. Fiesta anual del grupo de investigación en la casa del Dr. Resasco. Cada diciembre, Daniel y Tesy invitaban al grupo (que llego a ser de 35 personas) a una cena estilo “potluck” en la que cada uno de los estudiantes y personal del grupo traía un plato especial o un elemento del menú que representa su cultura o geografía para compartir con el resto del grupo. En la foto están representados 11 países y 4 continentes, por lo que la diversidad del menú siempre estaba garantizada.

na forma he influido positivamente y las mentes que he ayudado a formar a lo largo de los años.

Entre las colaboraciones internacionales más fructíferas y enriquecedoras de mi carrera, recuerdo especialmente las realizadas con instituciones de Argentina (Universidad Nacional del Sur, Universidad Nacional del Litoral), España (Universidad de Zaragoza, Abengoa), Tailandia (*Chulalongkorn University, Petroleum & Petrochemical College*), Brasil (Universidad Federal de Rio), Chile (Universidad Católica), Dinamarca (DTU), Singapur (*Institute of Chemical and Engineering Sciences*,

ICES), Finlandia (*University of Helsinki VTT*), China (*Shanghai University of Engineering Sciences*, SUES, *Tianjin University*).

En todos los casos, estas visitas y colaboraciones se caracterizaron por una hospitalidad increíble, un trato amable y una confianza mutua que generaron amistades duraderas. El intercambio no solo fue académico, sino también cultural, lo que enriqueció enormemente mi experiencia profesional y personal. Es importante destacar que invariablemente hemos mantenido el más alto nivel de responsabilidad y rigor científico en estas visitas y co-

laboraciones. Nuestras actividades no solo incluían investigación, co-dirección de estudiantes y publicación conjunta de trabajos, sino también dictado de cursos de posgrado y entrenamiento de estudiantes. Un aspecto particularmente gratificante ha sido la oportunidad de recibir a estudiantes extranjeros por períodos prolongados en mi laboratorio en Oklahoma, donde recibieron el mismo nivel de atención y respeto que los estudiantes permanentes de mi grupo. Siempre me he esforzado por hacer que estos estudiantes visitantes se sintieran tan bienvenidos y cómodos como nos hacían sentir a nosotros cuando visitamos sus insti-



Figura 7. Tailandia se caracteriza por la calidez y hospitalidad de sus habitantes, quienes son conocidos por su amabilidad, ética laboral y profundo respeto, especialmente hacia los visitantes. Una de las tradiciones más veneradas en la cultura tailandesa es el "Wai Kru", que significa "rendir respeto al maestro". Este ritual, celebrado anualmente, refleja la gran estima que los tailandeses tienen por sus educadores. Durante la ceremonia, el estudiante expresa su gratitud y reverencia hacia su maestro presentando elaborados arreglos florales, cada uno con un significado especial. En la foto de la izquierda, la Prof. Jongpatiwut quien fue su estudiante de doctorado, agasaja a Daniel el día del "Wai Kru." En la foto de la derecha, Daniel y Tesy con dos investigadores tailandeses, haciendo ofrendas florales en un templo budista



Figura 8. Los estudiantes del grupo celebran los 70 años de Daniel compartiendo una torta luego de la reunión de grupo.

tuciones. Esta reciprocidad en el trato y la calidad de la experiencia ha sido fundamental para el éxito y la longevidad de estas colaboraciones internacionales.

■ EPILOGO

En EE.UU., la ley federal prohíbe a las universidades establecer una edad de jubilación obligatoria. No obstante, siempre pensé que 70 años era una buena edad para jubilarme, viajar con mi esposa y pasar más tiempo con nuestra familia. Fue así que a fin de 2023 me convertí en Profesor Emérito. Aunque todavía dicto un curso de posgrado (Catálisis Heterogénea), voy a las reuniones de grupo de mis colegas catalíticos y hago algo de consultoría sobre catálisis, procesos catalíticos y sustentabilidad, el resto del tiempo lo dedicamos con mi esposa a hacer gimnasia, pasear con las nietas, pintar en acuarelas y viajar (mientras el cuerpo aguante).

Quiero dedicar esta reseña a mis estudiantes graduados y posdoctor-

andos, quienes, junto a mis colegas y colaboradores, se han convertido en algunos de mis amigos más queridos. También deseo expresar mi eterno agradecimiento a mi querida y numerosa familia, que siempre ha estado presente en todos los aspectos de mi vida, brindándome apoyo incondicional, gestos de cariño y generosas ayudas.

Además, es fundamental reconocer a todas las instituciones que han hecho posible mi trayectoria científica mediante su colaboración y apoyo económico. Agradezco especialmente al CONICET, la Fundación Antorchas y la CIC en Argentina, así como a la *National Science Foundation* (NSF), el Departamento de Energía (DOE), la NASA y el estado de Oklahoma (OCAST) en Estados Unidos. También quiero mencionar a las empresas que me han respaldado desde el inicio de mi carrera hasta mi retiro, comenzando con nuestros vecinos *Phillips 66* y continuando con *Abengoa*, *Shell*, *BP*, *ConocoPhillips*, *ChevronPhillips*, *UOP* y muchas otras. Sin su apoyo,

este camino no habría sido posible.

■ REFERENCIAS

- Bachilo S.M., Balzano L., Herrera J.E., Pompeo F., Resasco D.E. y Weisman R.B. (2003). *Narrow (n, m)-distribution of single-walled carbon nanotubes grown using a solid supported catalyst*, *Journal of the American Chemical Society* **125**, 11186-11187.
- Crossley S., Faria J., Shen, M. y Resasco D. E. (2010). *Solid Nanoparticles That Catalyze Biofuel Upgrade Reactions at the Water/Oil Interface*, *Science* **327**, 68–72.
- Haller G. L. y Resasco D. E. (1989) *Metal-support interactions: Group VIII metals and reducible oxides*. *Advances in Catalysis*, **36**, 173.
- Kitiyanan B., Alvarez W.E., Harwell J.H. y Resasco D.E. (2000). *Controlled production of single-wall carbon nanotubes by catalytic*

- decomposition of CO on bimetallic Co–Mo catalysts*, Chemical Physics Letters **317**, 497-503.
- Li G., Ngo D.T., Yan Y., Tan Q., Wang B. y Resasco D.E. (2020). *Factors Determining Selectivity of Acid- and Base-Catalyzed Self- and Cross-Condensation of Acetone and Cyclopentanone*, ACS Catalysis **10**, 12790-12800.
- Li G., Wang B., Kobayashi T., Pruski M. y Resasco D.E. (2021). *Optimizing the surface distribution of acid sites for cooperative catalysis in condensation reactions promoted by water*, Chem Catalysis **1**, 1065-1087.
- Phuong T. Do, Alvarez W.E., Resasco D.E. (2006) *Ring Opening of 1,2- and 1,3-Dimethylcyclohexane on Iridium Catalysts*. Journal of Catalysis **238**, 477-488.
- Resasco D.E., Alvarez W.E., Pompeo F., Balzano L., Herrera J.F., Kitiyanan B. y Borgna A. (2002). *A scalable process for production of single-walled carbon nanotubes (SWNTs) by catalytic disproportionation of CO on a solid catalyst*, Journal of Nanoparticle Research **4**, 131-136.
- Resasco D.E., Crossley S. P., Wang B. y White J. (2021). *Interaction of Water with Zeolites: A Review*, Catalysis Reviews Sci.&Eng. **2021**, 302-362, <https://doi.org/10.1080/01614940.2021.1948301>
- Santana R.C., Phuong T. Do, Santikunaporn M., Alvarez W.E., Taylor J.D, Sughrue E.L. y, Resasco D.E. (2006) *Evaluation of different reaction strategies for the improvement of cetane number in diesel fuels*. Fuel **85**, 643–656.
- Tu N Pham, Sooknoi T., Crossley S.P. y Resasco D.E. (2013). *Ketonization of carboxylic acids: mechanisms, catalysts, and implications for biomass conversion*, ACS Catalysis, **3**, 2456-2473.

■ NOTAS

- 1 Ver Reseña de Esteban Brignole en <https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-1-no-4-2013/>. [NdE]
- 2 Ver Reseña de Roberto Williams en <https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-3-no-3-2015/>. [NdE]
- 3 Ver Reseña de Carlos Apesteguía en <https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-3-no-1-2015/>. [NdE]

EDUARDO DOMÍNGUEZ

por Hugo Rafael Fernández¹



Conocí a Eduardo hace 45 años, en el inicio de mi carrera de biólogo en la UNT. Él había ingresado un año antes, pero en una facultad “chica” -como era la recientemente creada Facultad de Ciencias Naturales a comienzos de los años setenta- por lo que había muchas chances de conocernos todos. Sobre todo, porque había una costumbre instalada para que los recién ingresados participáramos de campamentos inmersivos -diríamos hoy- para familiarizarnos con los aspectos de la vida de campo tan ligada a la carrera y a la facultad toda. Eduardo formaba parte del grupo de estudiantes mayores que organizaban estas experiencias que incluían además documentales proyectados en el anfiteatro que encarnaban una mística convocante. Desde el primer momento me impresionó su aura de joven promesa, con una energía casi eléctrica. Con una intensidad contagiosa de la que terminábamos participando casi sin darnos cuenta. Eran tiempos difíciles y asfixiantes en la que todos éramos sospechosos y en los que transcurríamos por un extraño callejón de silencios y preocupaciones.

Con el tiempo, y concluida mi formación básica, volví a encontrarme con Eduardo, quizás al regreso de alguno de sus viajes al exterior en el ámbito de un congreso de entomología finalizando el siglo XX.

Ahí decidimos encarar un proyecto de magnitud por la crisis ambiental que se percibía a mediados de los noventa y fundamentalmente preocupados por la situación de nuestro río Salí. Un subsidio de una desaparecida fundación nos alentó y consolidó un proyecto que nos llevaría a que la investigación básica se pudiera aplicar, no sin algunas pruebas y errores. El entusiasmo de Eduardo fue clave en esos primeros pasos sin mucha referencia local y por su compromiso con las causas nobles como el ambiente. Fue un líder a seguir en proyectos ambiciosos.

Como docente convencido y dedicado hizo toda la carrera mediante concursos, mientras organizaba como profesor a cargo los cursos multitudinarios de una asignatura de primer año. Siempre maravillado por la biología animal, dedicaba su empeño tanto en el armado de cada clase como en conseguir material

biológico para ilustrar los prácticos. Nunca dejó de participar en las comisiones institucionales que lo requirieran, en los que aporta su mirada crítica y sagaz.

Siempre puse atención a los consejos de Eduardo que, junto con los de mi director de tesis, me marcaron. Fue Eduardo el que insistió en que realizara una experiencia formativa en el extranjero aprovechando el evento en Tafí del Valle que conducía Eduardo y donde, a instancias suyas conocí al que sería mi director en la Estación Biológica de Montana, Estados Unidos de América. Fui afortunado en ganar una de las becas posdoctorales en el año 2000 ¡para ejecutar en el dramático año de 2001! Pude realizarlo porque Eduardo se ocupó de la cátedra a mi cargo entre 2001 y 2003. Siempre se podía contar con él, especialmente si ayudaba a la formación profesional, porque él afirmaba que cuando alguien se formaba nos beneficiábamos todos. Recuerdo esa postura y también su sentido de humor, agudo, irónico, que terminábamos no pocas veces riéndonos a carcajadas.

La creación del Instituto de Biodiversidad Neotropical (IBN) de doble dependencia UNT/CONICET fue su gran obsesión. Nunca bajó los brazos en una empresa que muchas veces tentaba al desaliento y abandono.

no. Creyó en ella y sobre todo sintió que becarios, estudiantes e investigadores, necesitábamos un espacio común y cómodo para trabajar y continuar el desarrollo “del grupo”. No fue fácil gestionar un espacio y mucho menos el financiamiento para infraestructura. Finalmente se hicieron las obras mínimas para trasladarnos, que coincidieron con la llegada de vehículos tramitados gracias a su perseverancia, equipos ópticos y mucho más. Esos primeros momentos de institucionalización y consolidación del grupo no se olvidan. Su apoyo fue determinante para que yo encarara un proyecto de

gestión en el decanato de la facultad y fue emocionante que él, como consejero en función de vicedecano subrogante, fuera quien me tomara juramento un día de mayo de 2018. Su participación fue un impulso extra para los momentos de duda en un proyecto que encarnó preocupaciones, incertidumbres, y que incluyó la pandemia de COVID 19, con cuarentena incluida. Las publicaciones de Eduardo hablan por él en su seriedad, inteligencia y minuciosidad envidiable que, acompañada de un entusiasmo a toda prueba, lo convierten en actor importante de la institución universitaria de la que

es un escudero ineludible. Pero también es crítico de la Institución a la que ama y a la que sus dirigidos continúan aportándole con una clara impronta de compromiso y capacidad. Consecuente, estricto y generoso lo resumen para mí al final de un rápido trazo sobre su trayectoria académica y científica que él desmenuza en su reseña.

■ NOTA

1 Instituto de Biodiversidad Neotropical
www.ibn-conicet.gov.ar
hrfe@csnat.unt.edu.ar

ENTOMOLOGÍA, AGUA, SOCIEDAD, ECONOMÍA... O CÓMO TIENE QUE VER CON TODO¹

Palabras clave: Ephemeroptera, taxonomía, ecología, biogeografía, bioindicación, limnología.

Key words: Ephemeroptera, taxonomy, ecology, biogeography, bioindication, limnology.

A partir de su interés (nada efímero) por las efímeras, el autor incursionó en diversos aspectos de la biología de este insecto, en temas de ecología acuática y el impacto de la contaminación de aguas superficiales.

■ Eduardo Domínguez

Profesor Titular, Biología Animal, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán
Investigador Principal (contratado), Instituto de Biodiversidad Neotropical (IBN), U.N.T. – CONICET, CCT NOASUR

eduardodominguez@csnat.unt.edu.ar

¹ Editor asignado: **Edgardo Cutín**

“Siempre construimos nuestros hogares,
siempre hacemos nuestros nidos,
siempre los hermanos dividen su herencia,
siempre surgen disputas en la tierra.”
“Siempre el río ha crecido y nos ha traído la inundación,
la **efímera flotando en el agua**.
En el rostro del sol su semblante contempla,
¡y de repente no hay nada!”

Traducida del inglés de: *The Babylonian epic of Gilgamesh* (~ 2000 AC), Tablet X. A.R. George, 2003.

Cuando iba al secundario, un día leí en el diario que había caído un avión en la selva peruana en el que viajaban una ecóloga alemana y su hija. El artículo relataba las peripecias que había tenido que pasar la hija para llegar de vuelta a la civilización, dado que su madre había fallecido en el accidente. La descripción era muy vívida, así que me impactó y fui a buscar en el diccionario que

era ser “ecólogo”, ya que no era una palabra común en ese momento. Me pareció fascinante, porque encajaba perfectamente con lo que yo pensaba que quería hacer, y por fin pude ponerle nombre. Siempre les cuento a mis alumnos esta anécdota de ver por primera vez esta palabra en el diario, que no era común para nada, cuando hoy en día se pueden encontrar decenas de referencias a

la ecología en cualquier diario, debido a la relevancia que tiene con los problemas ambientales actuales.

■ ENTORNO FAMILIAR Y LOCAL

Nací en 1958 en una casa donde había muchos libros y donde por mucho tiempo no hubo televisión. A una ya muy variada biblioteca, mi abuelo -que había establecido la

primera imprenta de Tucumán- agregaba un ejemplar de cada libro que imprimía. Como era muy curioso y "activo", apenas aprendí a leer me "enviaron" a que buscara las respuestas a mis constantes preguntas al "Libro de los porqués", en *El tesoro de la Juventud*: una excelente enciclopedia que teníamos, pero que para muchas cosas ya estaba obsoleta. Esto en realidad estimuló más mi curiosidad, ya que comencé a notar "en vivo" cómo iba cambiando la sociedad y la tecnología con el paso del tiempo. Al final, terminé leyendo casi todos los libros que estaban a mi alcance. Por otro lado, las anécdotas de mi padre en el monte santiagueño, donde creció con su madre que era maestra rural, me hacían transportar a una especie de África argentina, primitiva y aventurera que seguramente tuvieron incidencia para que finalmente me dedicara a la biología de campo. A causa de esa influencia paterna fue que toda mi educación se desarrolló en el sistema público, y para mí fue una experiencia muy reveladora compartir largas horas en las aulas con compañeros y amigos que proveníamos de niveles económicos y culturales muy distintos y vivíamos realidades muy diferentes. En mi casa, a pesar que mi madre no fue a la universidad y mi padre no terminó su carrera de farmacia, no había ninguna opción para sus hijos más que seguir estudiando (mi hermano mayor se recibió de contador y mi hermana de bioquímica). En el año 1976 entré a la Universidad Nacional de Tucumán (UNT), justo después del golpe de Estado. Había un clima tenso, tanto dentro como fuera de la universidad, pero al que ya de alguna manera estábamos acostumbrados, porque la represión había comenzado hacía tiempo. Por ejemplo, un compañero de promoción que había ganado las elecciones para dirigir el club colegial del Colegio Nacional de Tucumán fue

asesinado por los militares durante las vacaciones, antes que pudiera hacerse cargo, al comenzar 5to año. La dictadura impactó por supuesto en muchas actividades, y una de ellas fueron las salidas de campaña, que a mí me encantaban. Para hacerlas teníamos que conseguir permiso del decano, avalado luego por el ejército, documento que a su vez teníamos que entregar en las comisarías locales. Aun así, casi todos mis compañeros fueron detenidos en alguna salida de campaña. Siempre estábamos atentos y algo preocupados porque estas situaciones eran bastante aleatorias y desagradables (incluso a veces se podían tornar peligrosas por la impunidad de la policía, fuerzas armadas y otros). Cuento esto porque, para los que no vivieron estas situaciones, el poder moverse libremente es algo natural, que no se discute. La naturalización de la represión que se está haciendo común en la actualidad y su justificación, me hacen recordar algunas situaciones de mi juventud.

■ EN LA UNT, GRADO Y POSGRADO

Como es evidente hasta aquí, la universidad pública cambió radicalmente mi vida. Siempre sentí mis estudios universitarios más como una aventura personal, que una carrera estructurada. Para aprender eso que llaman "investigación" y que me sonaba como algo distante, a partir de segundo año comencé a tratar de insertarme dentro de ese sistema todavía desconocido para mí. Para ello, empecé a trabajar con el Dr. Abraham Willink, profesor de entomología, para aprender cómo se hacía investigación, ya que yo tenía muchos intereses, leía mucho, hacía observaciones, pero no sabía cómo ni dónde canalizar eso. Esto también me sirvió para conocer investigadores jóvenes, como Patricio Fidalgo, con quién también apren-

dí muchas cosas y realicé viajes de campaña por todo el país. Además, realicé viajes a la alta montaña con varios compañeros, entre los que quiero mencionar a mis amigos, Alicia Marcus, con quién hicimos gran parte de la carrera juntos, y al botánico Juan Antonio González¹ con quién discutimos sobre muchísimos temas en esas largas jornadas. Me fascinaron los ambientes y la biología de los insectos que allí vivían. Por ejemplo, encontramos dos arroyos separados por menos de cien metros, y que aparentaban ser exactamente iguales (por lo menos en el aspecto general, y en temperatura y pH, que era lo que podía medir en ese entonces), pero uno estaba lleno de insectos y el otro prácticamente vacío. Cuando traté de comenzar a estudiarlos, me di cuenta que la mayoría de las especies que se encontraban allí eran prácticamente desconocidas. Por ello, me aconsejaron entonces dedicarme a un grupo en particular y, recién cuando conociera las especies, comenzar a trabajar en su biología. Y de esa manera comencé a trabajar con las efímeras (Orden *Ephemeroptera*), uno de los grupos de insectos que viven a mayor altura y que, por otra parte, tienen varias características particulares que estudiaría a lo largo de mi carrera: es uno de los insectos que ha conservado una serie de características ancestrales (no pliegan las alas sobre el cuerpo, como la mayoría de los insectos alados), son los únicos insectos alados que mudan una vez más luego de tener alas, y sus adultos son extremadamente especializados para la reproducción, teniendo atrofiado su tubo digestivo (Figs 1 a-c). En algunas especies, cuyos estadios inmaduros pueden extenderse hasta dos años, sus adultos viven no más de unas pocas horas, e incluso pierden las patas al emerger, así que solo vivirán mientras les dure la energía almacenada durante sus estadios inmaduros para volar.

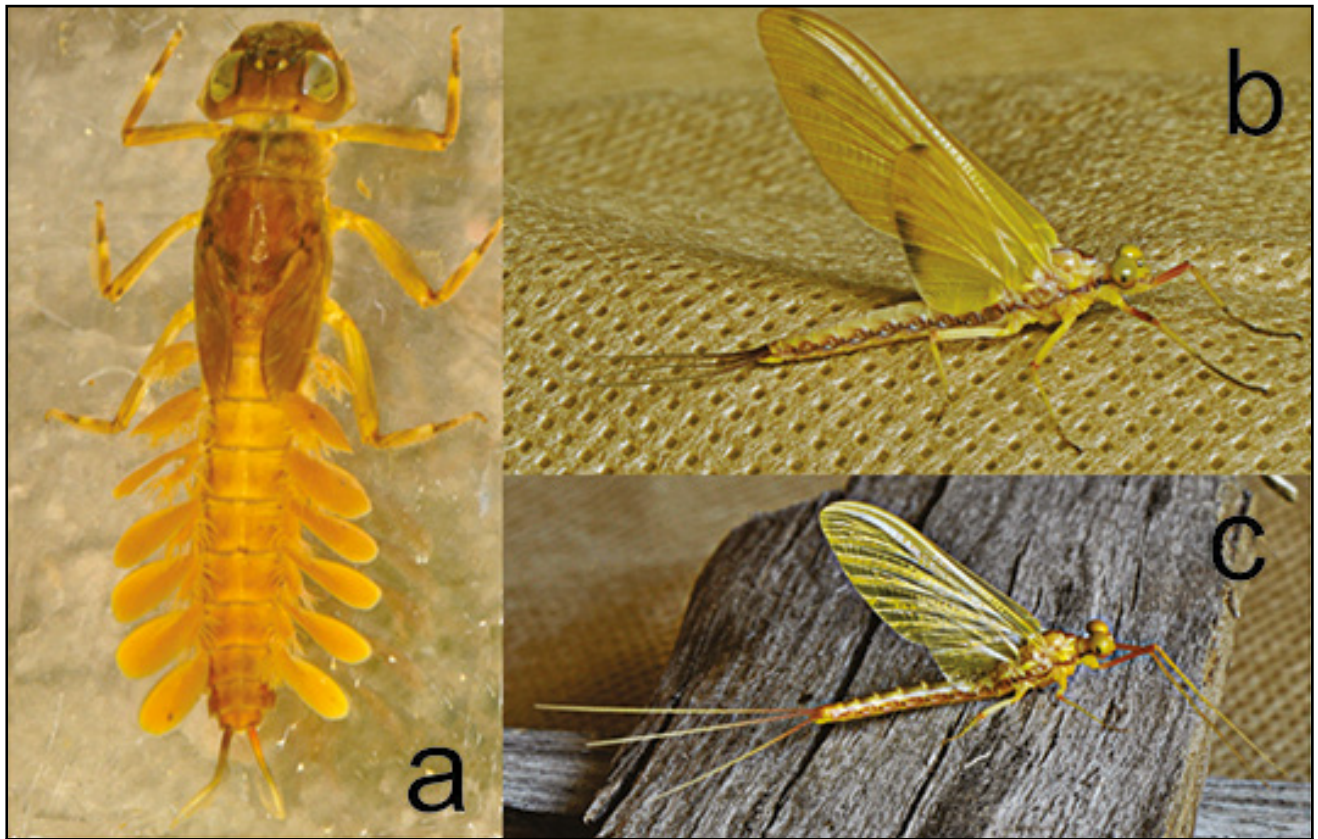


Figura 1. *Chilopter eatoni*. a, ninfa, b, subimago, c, imago. No en escala.

En algunos casos realizan gigantes- cos vuelos nupciales, compuestos por cientos de miles de ejemplares. A pesar de no ser importantes eco- nómica ni medicinalmente, han sido conocidos desde la antigüedad, ya siendo mencionados en unos ver- sos del *Poema* épico de Gilgamesh (hace más de 4000 años), como una metáfora de lo fugaz de la vida indi- vidual. Por otro lado, sus inmaduros, todos acuáticos, son un componen- te muy importante de las comunida- des de organismos dulceacuícolas y muy sensibles a la contaminación. Entonces, estudiarlos me servía tam- bién como una excusa para poder trabajar en esos lugares fascinantes. Como decía en esa época, era como trabajar en los lugares a los que me iría de vacaciones si pudiera. Así com-enzó mi “aventura” de iniciarme en un grupo de insectos en el que no había especialistas, no solo en “el

Lillo”, como se conoce a esa mezcla compleja (en varios sentidos) entre la Universidad Nacional de Tucumán, el CONICET y la Fundación Miguel Lillo (FML), sino en toda América del Sur. Cuando era todavía estudiante, me llamaron porque había llegado una carta de un pescador de Men- doza que estaba escribiendo a todas las instituciones y preguntando si había alguien que estaba trabajando con efímeras. Esto me llamó mucho la atención porque prácticamente nadie fuera del ambiente zoológico las conocía. Resulta que los señue- los basados en las efímeras son una de las “moscas” más apreciadas (en inglés “fly” se le aplica a casi todo insecto que vuela), por lo que estos pescadores le prestan mucha aten- ción a su aspecto y comportamien- to. Y así conocí a Benito Pérez, un escribano mendocino interesado en la entomología aplicada a la pes-

ca con mosca. Con él, que publi- có varios libros sobre el tema y es ahora reconocido como uno de los “maestros” de la pesca con mosca en Argentina, compartimos años de amistad y aprendizaje mutuo en esta interfase entre la ciencia y el deporte que es este tipo de pesca.

Voy a contar brevemente los ini- cios de mi carrera, porque para los que ya vivieron en la era de las com- putadoras e Internet, les parecerá surrealista. Lo primero que tuve que hacer fue conseguir la “bibliografía sobre el grupo”. Por suerte, Willink tenía algunas publicaciones, porque en los años 60 había pasado por Tucumán el Dr. W. L. Peters (Bill), una de las autoridades mundiales en Ephemeroptera, a quién le había ayudado con las colectas y por esa relación le enviaba periódicamente algunas publicaciones. A partir de

la bibliografía de esas pocas “separatas”, como se les llamaba a las copias de la publicación que enviaban los autores, comencé a juntar otros artículos de las revistas que se recibían en la biblioteca de la FML. Y con cada artículo que encontraba revisaba la bibliografía y encontraba citas de otros que aún no tenía. A todos ellos tenía que fotocopiarlos para poder tenerlos juntos y a disposición cuando los necesitara. Recuerdo que, al principio el bibliotecario estaba muy contento de mis continuas visitas a la biblioteca (generalmente no había nadie), en las cuales le pedía entre cinco y diez revistas (dependiendo del peso, para poder acarrearlas a la fotocopiadora) y las devolvía un par de días después, con una nueva lista de pedidos. Hasta que un día me pregun-

tó, bastante molesto, para qué pedía prestadas tantas revistas si no las iba a leer, ya que no podía leer tanto en un par de días. Yo muy ingenuamente le conté que no necesariamente las leía a todas, sino que las fotocopaba porque tenía que tener a mano toda esa información cuando trabajaba en el laboratorio. ¡Peor! Se escandalizó porque “sacaba las revistas fuera de la institución y eso no estaba permitido”. Finalmente llegamos al acuerdo que me iba a prestar menos, así no “arriesgaba” tantas revistas en el trayecto a la fotocopiadora. La otra opción para conseguir la bibliografía era buscar en el *Zoological Record* o en el *Current Contents*, unas colecciones de libros donde se publicaban cada año las listas de todas las especies nuevas que habían sido descritas. Y de allí,

vuelta a comenzar con la búsqueda bibliográfica. El problema era que, en general, solo había un pequeño porcentaje de esa bibliografía en el Lillo. Entonces, había que acudir al Catálogo colectivo de Publicaciones Periódicas del CONICET, donde aparecían todas las publicaciones que se encontraban en las diferentes bibliotecas públicas argentinas y, con eso, ya se podía conseguir algunas más. De todas maneras, siempre existía la posibilidad de que uno se perdiera alguna publicación sobre especies locales, porque en esa época el material de Argentina (como de todos los países no centrales) había sido estudiado por especialistas europeos o norteamericanos, y se encontraba depositado en colecciones en el exterior. En ese momento, las claves dicotómicas disponibles para



Figura 2. Viaje Patagonia 1980. De derecha a izquierda a, A. Willink, b, P. Fidalgo, c, E. Domínguez, d, G. Claps.

determinar los taxones superiores (Familias y Géneros) eran ¡una de Estados Unidos, una de China y otra de las Islas del Sonda (Borneo, Java, Sulawesi y Sumatra)! Para facilitarme el trabajo, Willink le escribió a Peters para pedirle ayuda. ¡Cual sería mi sorpresa cuando al poco tiempo recibí una colección con ejemplares de muchas familias para referencia, y una clave para los grupos sudamericanos, hecha para mí especialmente! Ese fue uno de los grandes hitos que me impulsaron a seguir estudiando este grupo. Cuando estaba terminando mi carrera en 1980, tuve una oportunidad única de realizar un viaje de campaña de dos meses a Patagonia, con un subsidio de la *National Geographic Society* que había obtenido Willink, y con el cual recorrimos más de seis mil kilómetros de ripio por toda Patagonia en un memorable camión laboratorio (Fig. 2), y que nos permitía acampar a la noche en cualquier lugar y clima, mientras separábamos y acondicionábamos cómodamente los insectos colectados durante el día, tarea imprescindible para que no se deterioraran. En ese viaje recolecté el material de efímeras con el que haría mi tesina de grado.

Durante mi licenciatura, también me interesó la docencia, habiendo sido ayudante (*ad-honorem* y rentado) en cuatro materias diferentes. Desde temprano me pareció que la docencia, especialmente en carreras de orientación científica, debía estar acompañada por la investigación, que desde la propia vivencia siempre da una perspectiva diferente de la ciencia.

Por otro lado, aún como estudiante, consideré que era imprescindible ampliar las experiencias, conocer diferentes ámbitos académicos y buscar perfeccionarme en otros lugares. Apenas me recibí y con los primeros sueldos de mi beca de Iniciación de CONICET, realicé

una visita de 3 meses al laboratorio que tenía Bill Peters en la *Florida A & M University*, en Tallahassee, Florida, Estados Unidos. Allí conocí a Janice, su esposa, y a su numeroso grupo de estudiantes, todos ellos trabajando con Ephemeroptera de distintos lugares del mundo. Esa experiencia marcó mi carrera, tanto por las interacciones con todos los miembros del laboratorio, como por la generosidad de Bill y Janice, que me recibieron en su casa y me brindaron un apoyo enorme para poder seguir trabajando a mi regreso a Argentina. Yo quería hacer mi doctorado allá, pero desafortunadamente se le había acabado la financiación a Bill y ya no podía recibir nuevos estudiantes. Recuerdo que me dijo que copie toda (¡TODA!) la bibliografía pertinente en la fotocopiadora de la universidad, y que después de doctorarme en Argentina volviera a hacer un postdoctorado allá. Siempre sentí que recibí un trato especial de parte de Bill y Janice, y tiempo después me enteré que habían hecho por mí cosas que no hicieron ni con sus propios estudiantes, desde sentarse conmigo a enseñarme a hacer disecciones, preparados e ilustraciones, a tener largas charlas sobre sistemática y biología. Janice, a pesar de no tener un título formal, cosa que Bill siempre repetía, era el alma del laboratorio, una excelente ilustradora y dueña de una memoria fotográfica para caracteres y especies que alguna vez había visto, además de haber publicado numerosos trabajos. Uno de los grandes placeres que tuve en mi carrera fue cuando el Comité Permanente de Congresos en Ephemeroptera me pidió que yo le hiciera entrega a Janice Peters del primer y muy merecido "*Lifetime Achievement Award*" que se otorgaba, en el congreso realizado en Stuttgart, en 2008.

Y así fue que, dirigido por A. Willink, hice mi tesis doctoral en la UNT, gracias a becas de Iniciación

y Perfeccionamiento de CONICET. En este periodo, alrededor de 1982, invitaron a Bill Peters a redactar el capítulo "Ephemeroptera", del libro "Ecosistemas de aguas continentales" de Lopretto y Tell, que se publicaría recién en 1995, y se transformaría en una referencia para los limnólogos que necesitaban identificar los ejemplares colectados para trabajos ecológicos. Peters me invitó a participar en ese capítulo, lo que acepté inmediatamente. Ellos aportaron el catálogo de especies, y yo me encargué de realizar la primera clave completa de América del Sur para familias y géneros. Esto me permitió, por primera vez, participar en un equipo internacional, y con su apoyo bibliográfico y experiencia pudimos terminar esta tarea que me requirió estudiar toda la bibliografía y el material biológico disponible de toda la región. Esto me sirvió de base para publicar una serie de artículos y libros, no sólo con Ephemeroptera en particular, sino también con macroinvertebrados en general. Durante este periodo me marcó fuertemente un curso que realicé, dictado por el Dr. Nelson Papavero de Brasil, sobre principios y métodos de Sistemática y Biogeografía, por lo que decidí profundizar en ese tema, lo que hice en mi posterior estadía en Estados Unidos.

A partir de aquí, ya no seguí cronológicamente, sino por lo que serían las diferentes actividades que fui desarrollando en mi vida profesional (que, por supuesto están entrelazadas entre sí, así como también lo están con mi vida personal).

■ FORMACIÓN EN EL EXTERIOR

Al terminar el doctorado en la UNT, seguía con la idea de hacer un postdoctorado en Estados Unidos. Después de aplicar a varias opciones, obtuve una beca de la OEA, para trabajar en el laboratorio de Bill Peters. Aunque el monto era bas-

tante bajo (según Bill, no me iba a alcanzar), me fui en 1987 con mi esposa, Gabriela Cuezco, recién recibida de bióloga y mi hijo de 3 años. Ese periodo, a pesar de lo ajustado económicamente (algo que seguramente les sonará familiar a muchos de mis colegas que hicieron sus experiencias en el exterior), fue muy provechoso no sólo para mí, sino también para Gabriela, que había comenzado a estudiar moluscos, y que hizo su primera especialización en gametogénesis en el laboratorio del Dr. William Heard, un destacado malacólogo de la *Florida State University* (también en Tallahassee). Durante esta beca realicé el primer trabajo sobre filogenia de efímeras, utilizando métodos computacionales de cladística, algo no muy extendido en ese momento. Inicié asimismo un proyecto que fui desarrollando durante casi todo el resto de mi carrera y que comenzó como una ampliación de la clave que habíamos realizado para el "Lopretto y Tell", pero que esta vez incluía todas las especies conocidas para la región Neotropical, y que terminó en varios capítulos de libros y libros, a los que me referiré luego. Además, tuve la oportunidad de tener la primera de varias becas en el Museo Nacional de Historia Natural (*NMNH, Smithsonian Institution*) de Washington D.C., bajo la dirección del Dr. Oliver Flint, un destacado especialista mundial en fríganeas (o cadis o tricos, como les dicen los pescadores) (orden Trichoptera).² A mi regreso, además de trabajar en taxonomía de efímeras, comencé a estudiar aspectos de su biología y ecología.

Luego de esta experiencia, seguí viajando al *Smithsonian*, donde eventualmente fui nombrado Investigador Asociado al Departamento de Entomología durante el periodo que iba relativamente seguido. Debido a lo provechoso que nos había resultado nuestra experiencia en Florida, y ya como investigador asistente de

CONICET, decidimos con Gabriela encarar una nueva experiencia en el exterior, pero en un ambiente diferente (en el sentido biológico y académico de la palabra) y en el año 1994, con una beca externa de CONICET, partimos con nuestros tres hijos (de 9, casi 3 y 1 año) al departamento de Entomología de la Universidad de Cornell, en Ithaca, Nueva York, con el Dr. Quentin Wheeler, con quien compartíamos el interés en la taxonomía teórica. Las diferencias de ambiente fueron totales, tanto climática (del calor al frío extremo) como académica, en lo que percibíamos como una ebullición intelectual, con una disponibilidad de más grupos de discusión, conferencias y visitas de eminentes científicos de todo el planeta, que los que podíamos aprovechar. Fueron dos años muy estimulantes y provechosos en los que sentimos que los límites para nuestro trabajo y desarrollo ya no nos eran impuestos por obstáculos y limitaciones locales y económicas, sino por nuestra propia capacidad de aprovechar todo lo que estaba a disposición. Cualquier tema que quisiéramos discutir, seguramente tenía un interlocutor dispuesto y capacitado. Además de esto, casi todos los días teníamos discusiones a la hora del café con Quentin y sus estudiantes (todos ellos ahora profesores de universidades de Estados Unidos y Alemania) sobre diferentes temas de biología y políticas científicas y no tan científicas. Quentin siempre me decía que de esas charlas salían las mejores ideas para publicaciones. Después de estas becas viajé a menudo por Sudamérica dando cursos a los que me referiré luego, pero creo que estos viajes -aún ahora que ya estoy jubilado de CONICET- son parte de mi formación por la experiencia enriquecedora que significa interactuar con colegas y estudiantes de otros lados. Creo que de estas posibilidades de trabajar y conocer colegas de universidades y museos

del exterior, lo que me pareció más importante es la perspectiva que me dio sobre el "provincialismo", o la visión local de excelencia. Creo que mirar afuera de nuestro ambiente local, ver otros estilos, exigencias, parámetros y capacidades, me hizo más humilde en cuanto a capacidades y logros, además de inspirarme para nuevos desafíos.

Aquí cambiaré un poco el estilo del relato, ya que necesito compartir las diferentes actividades.

■ CARRERA DEL INVESTIGADOR

Luego de mis becas doctorales, ingresé en el año 1988 a la CIC de CONICET como Investigador Asistente y me jubilé a fines del 2023 como Investigador Principal. Esto, junto con mi carrera docente, me permitió dedicarme completamente a la investigación (de la que considero que la docencia forma parte). Sufrimos altibajos tanto en sueldos, como en subsidios como en políticas científicas, pero es innegable que el CONICET es el mejor lugar para hacer ciencia en la Argentina. La interacción con los pares, la evaluación permanente, los parámetros de excelencia son muy fuertes y desafiantes. Para mí fue (todavía es) un orgullo pertenecer a esa institución.

■ DOCENCIA LOCAL E INTERNACIONAL

Al mismo tiempo que desarrollaba mi carrera científica, también me dediqué a la docencia en la Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo de la UNT, tanto como auxiliar docente estudiantil, y luego graduado, hasta llegar a Profesor Titular en el año 2012, Categorizado I por la CONEAU en 2005. Fui auxiliar en las cátedras de Entomología, Invertebrados, Ecología, Biogeografía, y finalmente profesor en Introducción a la Zoología, luego Biología Animal desde 1992, pasan-

do desde Adjunto hasta Titular en la actualidad. Siempre traté de darle a la materia una visión integral de la Biología en general y la Zoología en particular, dentro de una sociedad cada vez más necesitada de conectarse con la naturaleza. Como docente traté de formar conciencia de lo que la Biología podía aportar para mejorar la vida desde nuestras casas, a nuestras ciudades y el planeta en general, siendo seres vivos sujetos a las reglas de la biología. Esto también implica no descuidar la importancia del agua, el aire y los ambientes naturales para nuestras necesidades, materiales y espirituales, dentro del contexto de cambio climático que vivimos. En nuestra materia, siempre fueron importantes los viajes de campaña, en los que los estudiantes de primer año podían

experimentar actividades propias de nuestra profesión en ambientes naturales (Fig. 3). Por otro lado, también me dediqué a la docencia de cursos de posgrado sobre Ephemeroptera y macroinvertebrados bentónicos (animales de más de 5 mm que viven en el fondo de ríos y lagos). Estos cursos tuvieron mucha repercusión, porque terminé dando cursos sobre Ephemeroptera en casi todos los países sudamericanos y algunos centroamericanos, lo que me relacionó con investigadores de estos países, con los que terminamos desarrollando proyectos de investigación conjuntos o dirigiendo becarios y doctorandos. Vale mencionar uno de estos cursos, organizado en Cali (Colombia) en 1997, por mi colega y amiga la Dra. María del Carmen Zúñiga, que fue especialmente im-

portante, ya que participamos en un curso internacional de Ephemeroptera, con el Dr. Javier Alba Tercedor de Granada, España y el Dr. Manuel L. Pescador, de Florida, Estados Unidos y que fue luego complementado por un excelente curso sobre Biondicadores biológicos de contaminación acuática, del que participaron numerosos especialistas de América y Europa, entre ellos Gabriel Roldán de Colombia y Narcís Prat de Barcelona, España. Asimismo, coorganicé con el Dr. Hugo Fernández -con el que tuvimos proyectos conjuntos casi toda nuestra vida profesional- el primer curso sobre macroinvertebrados bentónicos sudamericanos en año 1999 (Fig. 4). Utilizando fondos de uno de los primeros proyectos otorgados por la Agencia de Promoción Científica y Tecnológica, invita-



Figura 3. *Viaje Catedra Parque Nacional El Rey 1993.*

mos a especialistas en los diferentes grupos taxonómicos dulceacuícolas más importantes, y repartimos los cupos entre estudiantes argentinos y sudamericanos, con la idea de iniciar una red de colaboración entre jóvenes especialistas. En esa oportunidad les pedimos a los docentes que elaboraran una clave para su grupo taxonómico, que sería utilizada y testeada durante el curso. Estas claves, más la información brindada en las clases por los especialistas sirvieron de base para dos libros (Fernández & Domínguez, 2001; Domínguez & Fernández, 2009), que se establecieron como referencia obligada y estimularon el trabajo con macroinvertebrados acuáticos en la región. Finalmente, se suce-

dieron varias ediciones de los cursos de macroinvertebrados, los últimos organizados por mis primeros estudiantes de doctorado, ya investigadores de CONICET.

Quizás la asistencia a ciertas reuniones científicas podría haber sido incluida dentro del ítem "Formación de Posgrado", por el impacto que tuvieron en mi formación. Uno de los consejos tempranos que me dio Bill Peters, fue de asistir a los congresos de Ephemeroptera, nominados *International Conferences on Ephemeroptera*. En la época del final de Alfonsín, con mi sueldo de becario CONICET (US\$ 200) era imposible pagar un pasaje, así que escribí a medio mundo contando lo

importante que sería para mi formación poder asistir al congreso que se realizaría en Granada, España, pidiendo apoyo para el pasaje. Entre los destinatarios estuvo el CSIC de España, que me contestó (algo impensable en la actualidad, que respondiera una carta informal como la mía), que me ofrecían un pasaje desde Quito a Madrid para asistir al congreso. ¡Quito! Yo ya había hecho el viaje de Tucumán a Quito en colectivo, ¡pero me había llevado cuatro días en ese entonces! Así que les contesté que sí, que aceptaba el pasaje (no se fueran a arrepentir), pero si no era posible que el vuelo partiera de algún lugar más cercano a Buenos Aires. Parece que había sido algún lapsus geográfico, porque me



Figura 4. Primer curso de Macroinvertebrados bentónicos sudamericano 1999.

contestaron que me daban el pasaje desde Buenos Aires. Aunque esto se solucionó, la situación se complicó nuevamente, porque la semana antes de mi partida estalló la hiperinflación y ¡mi sueldo cayó de 200

a 20 USD!, pero de todas maneras logré sobrevivir. Esos congresos, a los que siempre traté de asistir, me permitieron crear un vínculo personal con los colegas que trabajan en este grupo de insectos, y en el año

1998 tuve el gusto de organizar en conjunto en Taí del Valle, Tucumán, la *IX International Conference on Ephemeroptera* y *XIII International Symposium on Plecoptera*" (Figs. 5-6), otro orden de insectos que en



Figura 5. Congreso Ephemeroptera 1998.



Figura 6. Congreso Plecoptera 1998.

general se encuentran en los mismos hábitats, por lo que pueden ser estudiados en conjunto. En el año 2018, recibí en el congreso de Ephemeroptera, realizado en Aracruz, Brasil, el *Lifetime Achievement Award* (Fig. 7).

■ LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Sistemática y filogenia. Al principio de mi carrera decidí dedicarme a la taxonomía de Ephemeroptera, para poder saber con cuales especies estaba trabajando, pero luego me di cuenta de la importancia que tenía la taxonomía y las relaciones filogenéticas como marco conceptual para desarrollar investigaciones científicas, proponiendo hipótesis de relación entre los taxones estudiados. La Sistemática, a partir de la metodología cladística, se estableció firmemente como una ciencia predictiva, y no como muchas veces se sostenía que era una pseudociencia, o algo equivalente a coleccionar estampillas o contar pelos y escamas. Así que lo que comenzó como un medio se transformó muy rápido en un fin: establecer una base de conocimiento taxonómico de las especies sudamericanas de Ephemeroptera y sus relaciones filogenéticas. A partir de los avances en estos conocimientos, fueron surgiendo nuevas hipótesis, que debían ser analizadas con metodologías de otras ciencias, como la ecología, la biogeografía, etc. En esta línea se encuentra la mayoría de mis publicaciones, con análisis cladísticos (Flowers y Domínguez, 1991), filogenia y biogeografía (Domínguez, 1999) o taxonomía y claves y numerosos capítulos de libros, que se sintetizaron en dos libros, el último, Domínguez y col., (2006). Este trató las 470 especies que se conocían hasta ese momento en Sudamérica, con descripciones, ilustraciones de los caracteres informativos, claves de identificación taxonómica y datos biológicos de todas ellas. Este libro facilitó el tra-



Figura 7. *Lifetime Achievement award.* Con Janice G. Peters 2018.

bajo con la taxonomía de este orden de insectos, aumentando también la frecuencia de estudios ecológicos y biológicos en la región. En la actualidad, la interacción con colegas latinoamericanos como el Dr. Frederico Salles de Brasil ha crecido, resultando en publicaciones y direcciones de tesis conjuntas, con un fuerte incremento en el número de especies conocidas para la región.

Distribución y ecología. Se sabía que la fauna de efímeras de Sudamérica (como la de muchos otros grupos animales y vegetales) estaba constituida por elementos andino-patagónicos, con relaciones con las faunas de Sudáfrica, Australia y Nueva Zelanda y otra Neotropical,

de ambientes más cálidos y relacionados con el resto de Sudamérica. En Tucumán, estas faunas se encontraban en los mismos ríos, con distribuciones altitudinales diferentes pero superpuestas en parte. Cómo se reemplazaban y porqué, fue uno de los primeros estudios que realicé relacionados con ecología (Domínguez y Ballesteros Valdez, 1992), y que luego continuamos con algunos colegas, llegando a aplicar estos análisis a nivel continental, y con significancia para detectar impacto de cambio climático (Molineri y col., 2020). También comencé a estudiar desde los aspectos teóricos, pero también orientados a su aplicación en bioindicadores biológicos (que mencionaré en el siguiente

ítem), y el impacto del calentamiento global en las comunidades acuáticas. Para ello, iniciamos un proyecto de investigación con las Dras. Andrea Encalada y Blanca Rios-Touma de Ecuador, de estudios del efecto del incremento de temperaturas y nutrientes en macroinvertebrados en ríos artificiales controlados (Mesocosmos). Como parte de una tesis doctoral codirigida con Andrea, se realizaron experiencias comparativas en un mesocosmos en Ecuador y otro que construimos en el IBN en Tucumán (Fig. 8). Obtuvimos resultados interesantes referidos a la mortalidad, crecimiento y tasas de supervivencia, que son preocupantes para la dinámica de las comunidades acuáticas, con la perspectiva de aumento de temperatura (Gallegos y col. 2024).

Bioindicación. Tucumán fue la primera provincia argentina en industrializarse, debido al establecimiento de los ingenios azucareros a mediados del siglo XIX. Esto con-

dicionó no solo la estructura social y geopolítica de la provincia, sino también su historia ambiental. La contaminación, tanto de ríos como del aire, estuvo tan naturalizada que era considerada tan parte del paisaje, como los cambios de las estaciones a los que estaban ligados sus ciclos productivos. Sin embargo, debido al crecimiento poblacional y la explotación cada vez más extremas de los recursos, estos impactos fueron cada vez mayores, llegando a causar conflictos interprovinciales. Como parte de aplicación de los conocimientos de biología y ecología y dados estos problemas de contaminación históricas de ríos de Tucumán, comenzamos con Hugo Fernández a aplicar índices biológicos de calidad de agua. Esto nos permitió generar el primer mapa de calidad biológica de los ríos de Tucumán, que publicamos en 1998, uno de los primeros de Argentina. Esta metodología, además de ser muy eficiente, también es una herramienta muy potente para la comunicación con los diferentes

actores de la sociedad, y también para la divulgación en niños y jóvenes. Por ello, nos reunimos con colegas de diferentes partes del país a fin de compartir experiencias y organizamos en 2010 un curso de posgrado sobre Bioindicación y una reunión con los especialistas que estaban trabajando en el mismo tema (Fig. 9). Esta reunión fue muy provechosa, por lo que se sucedieron otras en diferentes provincias. En el año 2016 organizamos con Hugo y miembros del IBN el VII Congreso Argentino de Limnología en Tucumán, con la idea de “dejar de hablar entre nosotros”, para lo que invitamos a diferentes actores de la sociedad relacionados con el tema agua, desde organismos gubernamentales hasta gestores y administradores a participar en mesas panel. Allí se discutieron (con algunas rispideces lógicas) los temas de calidad, disponibilidad, uso y contaminación del agua, desde intereses que hasta podían ser contrapuestos. Al final, todos los participantes coincidieron



Figura 8. Mesocosmos IBN.

Taller de Postgrado
Bioindicación en Argentina: estado actual y perspectivas

Objetivos.
 Dar a los alumnos un panorama actualizado de la bioindicación en Argentina en un enfoque regional. Evaluar sus problemas y analizar con los expositores las perspectivas.

Actividades.
 Las actividades consistirán en dos módulos. El primer módulo, incluirá dos actividades complementarias, de aproximadamente 2 horas cada una:

- 1. Mesa panel.**
 Exposición de los panelistas, que presentará cada uno una sinopsis de cada región según el siguiente programa:

A) Metodologías y Objetivos
 - Metodologías utilizadas. Ventajas y desventajas observadas.
 - Antecedentes regionales, estado actual de los trabajos en realización y proyección al futuro inmediato.
 - Problemas encontrados para aplicar bioindicación. Posibles soluciones.

A los asistentes al primer módulo, se les extenderá un certificado de asistencia por cuatro horas crédito. El segundo módulo consistirá de una actividad complementaria (monografía).

Disertantes:
 Dr. Adonis Giorgi – CONICET – U. Nacional de Luján
 Dra. Mercedes Marchese – CONICET – INALI – U. Nacional del Litoral
 Dra. María Laura Mrosovsk – CONICET – LIESS – U. Nacional de la Patagonia
 Dr. Alberto Rodríguez Capitulo – CONICET – ILPLA – U. Nacional de La Plata
 Dra. Susana Tripole – U. Nacional de San Luis
 Dra. Ana Oberto – U. Nacional de Río Cuarto
 Dr. Hugo R. Fernández – CONICET – U. Nacional de Tucumán

Coordinador: Dr. Eduardo Domínguez – CONICET – U. Nacional de Tucumán

Cupo: 25 personas
Costo 1er. Módulo: \$ 100
Costo 2 Módulos: \$ 250

Residencia Universitaria "Horco Molle" – 25 de Agosto 2010

Informes e inscripción: tallerbioindicacion@gmail.com








Figura 9. Primer curso y Reunion sobre Bioindicacion, 2010, Horco Molle, Tucumán.

que había sido una experiencia enriquecedora. Dado lo interesante de los resultados, decidimos encarar la realización de un libro que pusiera al alcance de toda la sociedad el estado del conocimiento, metodologías y aplicaciones de los diferentes bioindicadores de calidad de agua. Cuando comenzábamos con el Dr. Adonis Giorgi, de la Universidad Nacional de Luján la elaboración de este libro, el CONICET y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación crearon en 2018 la REM.AQUA (Red de Evaluación y Monitoreo de Ecosistemas Acuáticos), a las que nos incorporaron como coordinadores del grupo de trabajo "Biomonitores". Esto fue una gran coincidencia, que nos per-

mitió interactuar con especialistas y gestores de todo el país, y entender sus necesidades. Uno de los resultados del grupo Biomonitores, fue la realización de tres libros (uno impreso, y dos digitales), en el primero de los cuales (Domínguez y col. 2020) se presenta una puesta al día de todas las metodologías actuales de estudio, y capítulos con los antecedentes, resultados, estado actual y usos por región de Argentina. En los dos siguientes, uno dedicado a ríos y arroyos, y el otro a lagos y lagunas, se presentan las metodologías e interpretaciones de los resultados, explicadas de manera que las puede aplicar cualquier gestor sin una especialización profunda en el tema. Para dar una idea del apoyo que re-

cibieron estos libros, el primero tiene 41 autores de diferentes grupos de investigación de Argentina y 17 revisores de la Argentina y el exterior. Estos tres libros son de acceso público y gratuito y pueden ser descargados de la página de CONICET (<https://remaqua.conicet.gov.ar>). En abril de 2023 se hizo una reunión con presidencia de CONICET y autoridades del Ministerio para hacer un balance de los logros obtenidos y desafíos (Fig. 10). También, en una tesis doctoral que dirigí se exploraron aspectos sociales del agua: la percepción social de la contaminación como una manera de entender la valoración que hace la población de los ambientes acuáticos, y así poder comunicar mejor para lograr



Figura 10. Reunión miembros REMAQUA con presidenta CONICET para balance de la Red de Evaluación y Monitoreo de Ecosistemas Acuáticos. Abril 2023.

mejores resultados en la protección del bien agua (Alberti, et al. 2024).

Biomecánica. La característica única de las efímeras, entre los insectos, de mudar después de haber llegado al estadio adulto plantea una serie de desafíos biomecánicos. Por un lado, en la muda final desde el estadio alado preliminar (o subimago) al del adulto final (o imago) debe mudar un ala ya rígida y funcional por otra, a veces incluso en vuelo. Esta línea se originó debido a las inconsistencias de tipo de vuelo con las hipótesis corrientes de mecánica de las alas, que encontramos con la Dra. V. Abdala. Se propusieron hipótesis alternativas sobre la base de estudios con diferentes técnicas, como ser filmaciones de alta velocidad, MicroCTScan, histología, etc. (Domínguez y col., 2023). Actualmente, estamos colaborando con el Dr. A. Staniczek, de Stuttgart, Alemania, para estudiar otra característica única del subimago: la de poder volar inmediatamente después de emerger del inmaduro acuático para alejarse

del agua apenas despliegan sus alas. Normalmente los insectos hemimetábolos (o sea los que no presentan pupa) deben esperar un tiempo para volar luego de la esta muda, porque necesitan que sus alas se endurezcan. Hemos encontrado estructuras únicas en Ephemeroptera que dan una rigidez inicial a estas alas suficiente para volar inmediatamente después de la muda, en las que estamos trabajando actualmente para su publicación.

Varias de estas líneas fueron continuadas y profundizadas por colegas, a algunos de los cuales dirigí en sus tesis de grado o posgrado.

Este es un buen lugar para referirme a “mis” logros, como se sugiere en las instrucciones de esta serie. Creo que las cosas que hice no son mérito exclusivo mío. O se basaron en el esfuerzo y/o logros de muchos que me precedieron y otros que me acompañaron, y seguramente mejorarán lo que hice (hicimos). En ese sentido, haría más las palabras de

mi colega Jorge Genise cuando le entregaron este año el premio “Trajectory” de la Sociedad Entomológica Argentina, que dijo que el premio era colectivo, y él un emergente de un ecosistema en el que realizó su trabajo. Esta idea está mucho mejor desarrollada en el artículo de Emilio Tenti Fanfani³<https://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2022/05/R-Tomo10-2.pdf> que encontré cuando estaba preparando esta reseña. Así que yo diría que en lo que tuve impacto fue en canalizar, con distintas personas y diferente protagonismo, el avance en las temáticas que menciono como líneas de investigación. Algunas de ellas han producido conocimientos de base como los trabajos de taxonomía y otras han desarrollado otros tipos de hipótesis como filogenias, análisis biogeográficos y/o reinterpretaciones como los temas de muda y vuelo en efímeras.

Como docente de primer año de la universidad, me parece importante destacar estas cuestiones sobre

protagonismos, para que, si algún joven que se está iniciando lee esta reseña, sepa que el mundo no se divide solo entre exitosos y “perdedores” (*losers*, como les gusta decir a los norteamericanos), sino que todo lo que se hace en ciencia es importante, aunque a veces no tenga tanto índice de impacto o carisma. Mal que le pese a los ignorantes que eventualmente llegan al poder político, y pueden destruir el trabajo de generaciones de un plumazo.

Formación de recursos humanos. Siempre pensé que la ciencia es una empresa social y compleja, por lo que es mejor encararla en equipo. Mi asociación con la UNT y el CONICET me brindó una situación ideal para combinar la docencia con la investigación. Desde que me incorporé como profesor, después de mi primera beca en el exterior, comencé a trabajar con alumnos de la facultad que estaban interesados en la entomología acuática, entre los

que mencionaré a Carlos Molineri, que fue el primer estudiante al que dirigí en su licenciatura y tesis doctoral, y es actualmente un destacado especialista en insectos acuáticos. Mis proyectos estuvieron desde muy temprano asociados con Hugo Fernández, ya que su formación de limnólogo se complementaba perfectamente con la mía de taxónomo. El CONICET y los subsidios de la Agencia nos brindaron la posibilidad de tener becarios doctorales, y también mi dictado de cursos de posgrado en el exterior atrajeron a algunos estudiantes extranjeros a hacer sus tesis en nuestros laboratorios. En total, en mi carrera dirigí o codirigí 14 tesis doctorales, incluyendo dos estudiantes de Bolivia, uno de Ecuador y uno de Brasil. Seis de ellos son investigadores de CONICET, y el resto también está trabajando en temas ligados a la biología. Todos ellos, así como los numerosos pasantes que recibí, fueron muy importantes para

mi vida académica, aprendiendo/enseñando/colaborando.

Gestión. Este punto, complementario con el anterior, se basó en mi interés en crear un ámbito de trabajo que permitiera interactuar a investigadores con intereses compartidos y también potenciar la interacción con la comunidad. Actué como vicedirector del Instituto Superior de Entomología de la Facultad de Ciencias Naturales entre los años 1998 y 2007. En el año 2010 con Hugo Fernández, Gabriela Cuezco y Virginia Abdala, y un grupo de docentes-investigadores de la U.N.T. e investigadores de CONICET creamos el Instituto de Biodiversidad Neotropical, perteneciente a la Facultad de Ciencias Naturales de la UNT. Sobre esta base, y a nuestra propuesta, el CONICET creó el instituto homónimo, de doble dependencia CONICET-UNT en Horco Molle, Reserva de San Javier (Figs 11-14), y del cual fui director



Figura 11. Autoridades CONICET y UNT en la inauguración del edificio IBN.

desde su creación hasta febrero del corriente año, en el que me acogí a la jubilación, pero sigo contratado como investigador *ad-honorem* por CONICET. En el momento de jubilarme, el IBN contaba con 25 miembros entre investigadores, becarios, y CPAs (Fig. 15). Gracias al excelente grupo de investigadores que lo componen, se ha constituido como referente en el medio con respecto a las cuestiones de organismos acuáticos, limnología, calidad de agua, biomecánica y malacología en toda la región. También tiene una activa interacción con la comunidad, a través de convenios con organismos gubernamentales y no gubernamentales y se dictan talleres de formación para maestros en escuelas rurales sobre bioindicación.



Figura 12. Lugar cedido por la UNT para establecer el IBN.



Figura 13. Laboratorio de óptica.



Figura 14. Lugar de trabajo del IBN.



Figura 15. Miembros del IBN.

■ REFLEXIONES Y PERSPECTIVAS

Creo que por el periodo que me tocó vivir, la forma de búsqueda y procesamiento de la información su-

frío una de las transformaciones más grande de la historia, con la aparición de la computación e internet entre otras cosas. Lo que para mí generación significó años de esfuerzo

conseguir (bibliografía, catálogos, etc.), ahora ya no son un problema, y mucho se encuentra en internet en poco tiempo. O sea que el esfuerzo se puede concentrar en otros aspec-



Figura 16. Con mi familia.

tos más fructíferos. Por otro lado, la taxonomía tradicional, basada en datos morfológicos, a la cual dediqué parte de mis esfuerzos y que siempre sirvió de base para mis otros estudios, después de un periodo de florecimiento, está siendo desvalorizada nuevamente, a pesar de la crisis de biodiversidad actual, para cuyo estudio esta ciencia es imprescindible. En la actualidad, si estos trabajos no son acompañados por análisis moleculares, cladísticos o biogeográficos, lo que muchas veces no es posible, muy difícilmente sean publicados en revistas de primer nivel. Esto está llevando a considerar los estudios morfológicos y la descripción de nuevas especies como algo pasado de moda, y a lo cual casi ningún joven investigador considere dedicarse, a pesar que pueden proveer los datos de base para otro tipo de hipótesis. Junto a esto, la situación política actual, que prioriza lo “aplicable” inmediatamente sobre lo demás, torna el futu-

ro de esta ciencia bastante sombrío. Quizás aún más que el de la ciencia en general en Argentina.

Mis experiencias en el exterior, siempre con el apoyo de mi familia, dispuesta a desarraigarse para acompañarme, me dieron la oportunidad de ver cómo se trabaja y estudia en diferentes lugares. Algunos son excelentes y otros no tanto, o a veces el mismo lugar puede ser mejor o peor según el aspecto que se mire. Pero creo que es siempre bueno tener experiencias que nos amplíen nuestros horizontes, por lo que se lo recomiendo a los jóvenes que lean esta reseña.

Finalmente, deseo agradecer al Dr. Edgardo Cutín, por convencerme de escribir esta reseña, que me hizo bucear en la memoria y fotos olvidadas.

■ BIBLIOGRAFÍA

- Alberti P., González J., Domínguez E. Y Anderson C.B. (2024). Social perceptions regarding rivers associated with the sugar industry in Tucumán, Argentina. *Regional Environmental Change*, Springer Heidelberg **24**(3) ISSN 1436-3798.
- Domínguez E. (1999). Systematics, cladistics and biogeography of the American Genus *Farrodes* (Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Atalophlebiinae). *Zoological Journal of the Linnean Society*, Londres: Wiley Blackwell Pub. Inc. **126**, 155-189. ISSN 0024-4082.
- Domínguez E. y Ballesteros Valdez J. (1992). Altitudinal replacement of Ephemeroptera in a Subtropical River. *Hydrobiologia*: Kluwer Academic Publishers. **246**, 83-88. ISSN 0018-8158.

- Domínguez E. y Fernández H.R.L.: (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos, Sistemática y biología*. San Miguel de Tucumán: Fundación Miguel Lillo. pag.656. ISBN 978-950-668-015-2.
- Domínguez E., Giorgi A. y Gómez N. (2020). *La bioindicación en el monitoreo y evaluación de los Sistemas Fluviales de Argentina. Bases para el análisis de la integridad ecológica*. Buenos Aires: Eudeba. pag.257. ISBN 978-950-23-3005-1.
- Domínguez E., Molineri C., Pescador M.L., Hubbard M.D. y Nieto, C. (2006). *Ephemeroptera of South America*. Sofia-Moscu: Pensoft. pag.646. ISBN 954-642-259-2.
- Domínguez E., Van der kamp, T., Mikó, L., Cuezso, G. y Staniczek, A.H. (2023). The function of wing bullae in mayflies (Insecta: Ephemeroptera) reveals new insights into the early evolution of Pterygota. *BMC Biology Biomed. Central Ltd* **21**(1). ISSN 1741-7007.
- Fernández H.R. y Domínguez E. (2001). *Guía para la determinación de los Artrópodos Bentónicos Sudamericanos*. San Miguel de Tucumán: Editorial Universitaria de Tucumán. pag.282. ISBN 950-554-247-X.
- Flowers, R. y Domínguez E. (1991). Preliminary cladistics of the Hermanella Complex (Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Atalophlebiinae). *Overview and Strategies of Ephemeroptera and Plecoptera*. Gainesville: Sandhill Crane Press. p49 - 62. ISBN 1-877743-08-9
- Gallegos, S., Encalada, A., Ríos-Touma, B. y Domínguez (2024). An experimental approach to test the effect of temperature increase and nutrient enrichment on Andean aquatic insects. *Aquatic Sciences: Birkhauser Verlag AG* **86**(2),1-17. ISSN 1015-1621.
- Molineri, C., Nieto, C., Dos santos, D.A., Emmerich, D.L., Zúñiga, M.C., Fierro, P., Pessacq, P., Gómez, D., Márquez, J.A., Príncipe, R.E., Valdovinos Zarges y Domínguez E. . (2020). Do mayflies (Ephemeroptera) support a biogeographic transition zone in South America? *Journal of Biogeography Wiley Blackwell Pub. Inc.* **47**, 1980 1993. ISSN 0305-0270.

■ NOTAS

- 1 La Reseña de Juan González aparecerá en el primer número de 2025. [NdE]
- 2 Las frigáneas son insectos emparentados con las mariposas y las polillas. [NdE]
- 3 Reseña del Dr. Tenti Fanfani, ver <https://aargentinaapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-10-no-2-2022/>.

ROBERTO D. MARTINO

por Aldo A. Bonalumi¹

Por más que haya un resumen autobiográfico del Dr. Roberto Martino, disponible en UNA VIDA DE TRABAJO Y ESTUDIO DEDICADA A LA GEOLOGÍA que acompaña esta semblanza, pocos conocen los detalles de la lucha, sacrificio, sufrimientos, dedicación, entrega y fundamentalmente el convencimiento de su parte, que el camino era precisamente el que él se marcó para su desempeño en la profesión y en la vida.

A Roberto lo conocí como mi alumno en el año 1977, en ese tiempo yo era Jefe de Trabajos Prácticos de Petrología Metamórfica en la Cátedra que conducía el Dr. Carlos Gordillo en la UNC. Desde el primer momento, Roberto mostró su curiosidad y dedicación por las rocas metamórficas, más específicamente por las rocas cataclásticas, tanto es así que ni bien aprobó la materia comenzó a acercarse a la Cátedra, hasta que finalmente logró incorporarse a la misma, estando algún tiempo con lugar de trabajo allí.

Pude conocerlo mejor aún, dado que, una vez recibido, comenzó su Tesis Doctoral y, con su desarrollo, empecé a percibir que el hombre era una "Piedra Dura", de esas a la que los escultores les escapan y los constructores la buscan. Si bien su especialidad es entre otras, los *már-*



moles, su espíritu, tenacidad, convicción y empuje tienen la textura y dureza de un verdadero *hornfels andalucítico con textura poiquilítica de las buenas*.

Hombre de clara ideología política, convencido, muy informado, en más de 40 años jamás dejó de pensar y actuar de la misma manera, tener renovados sueños y tratar de cumplirlos cueste lo que cueste. Siempre de frente, nada dicho en los pasillos, esto le costó que los cerros fueran más empinados; sin embargo, no hubo "pendiente" que no subiera y siga aún escalando como en los viejos tiempos, incansable en todos los "rubros".

Personalmente cuenta con mi admiración profesional por su dedicación, sutileza, profundidad, prolijidad y originalidad científica que supo cultivar en el país y fuera de sus fronteras, logrando a través de

los años, una formación profesional de excelencia y de orden internacional. A Roberto parecía, y a veces era así, que todo le costaba más. En mi opinión personal, esto les pasa generalmente a las personas íntegras que luchan por sus sueños.

En los largos años de estar juntos en la Universidad Nacional de Córdoba, compartimos a menudo trabajos, investigaciones, servicios importantes, clases, viajes y también hemos tenido sutiles diferencias, puedo decir sin temor a equivocarme que siempre se zanjaron con profesionalismo, diálogo, tolerancia y comprensión. De no haber sido de esa manera, Roberto no sería hoy un gran amigo, esos que se construyen a lo largo de una vida con altos, bajos, diferencias, discusiones, pero también brindando con buenos vinos los logros extraordinarios y compartiendo las cosas cálidas de la vida.

Sería extenso describir todo lo que hicimos y seguimos haciendo juntos con el hoy Profesor Emérito de la UNC, Dr. Roberto Donato Martino, sea en la profesión o fuera de ella. Esto me asiste el derecho a que si lo tengo que describir geológicamente, más exactamente en términos petrogenéticos, Roberto, sin lugar a dudas forma parte del Basamento Cristalino de Sierras Pam-

peanas Orientales, dentro de éste, sin discusión, es una roca metamórfica de alto grado ($> 12 \text{ kb}$ y 720°C), entrando frecuentemente en fusión parcial y consumiendo energía para lograr armónicamente conformar una textura granoblástica, flanqueada con pseudotaquilitas y texturas blastomiloníticas, producto de la generación de nuevas ideas, generadas por su esfuerzo permanente para conseguir lo que finalmente logró desde lo profesional y familiar.

No podría terminar esta semblanza sin destacar tres particularidades muy especiales de Roberto. En primer lugar, su calidad como docente e investigador, desarrollando y haciendo crecer la Geología Estructural en la Escuela de Geología de la UNC, y de ahí al mundo, poniendo una vara muy alta en la

transferencia de conocimientos e internacionalizándola, pues les dio calidad y precisión a sus trabajos de investigación, complementando sus conclusiones científicas con una investigadora de excepción, nuestra común amiga la Dra. Alina Guereschi. En segundo lugar, la docencia lo llevó a ser un gran consejero de estudiantes amigo y siempre acompañando al campo con voluntad de hierro y dedicación plena. En tercer lugar y a los “postres” de conversar del tema que sea, el humor de Roberto remataba en un relato tipo “*stand up*”, obviamente relacionado con el tema de la reunión. Memoria de humorista y delicadeza de científico.

Acuerdo personalmente con Aristóteles cuando dijo: “*El pensamiento conduce a la acción, la ac-*

ción determina el comportamiento, este, repetido, crea el hábito, el hábito estructura la manera de pensar y de ser y todo esto marca el destino”. Tal cual lo descripto, Roberto, fue un hombre pensante, de acción, con buenos hábitos que forjaron un profesional auténtico y luchador que marcó su destino de éxitos y grandes logros en su profesión y en su familia.

■ NOTA

1 Universidad Nacional de Córdoba
abonalumi@unc.edu.ar

UNA VIDA DE TRABAJO Y ESTUDIO DEDICADA A LA GEOLOGÍA¹

Palabras clave: Geología estructural, petrología metamórfica, cartografía terrenos polideformados, geología aplicada.

Key words: Structural geology, metamorphic petrology, mapping of strongly deformed terrains, applied geology.

En momentos actuales donde se pone en duda a la educación pública y en especial al rol de sus universidades como factores de movilidad social, la reseña del Dr. Martino es un claro y contundente ejemplo de cómo una enseñanza pública de calidad puede cambiar nuestra vida.

■ Roberto Donato Martino

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Universidad Nacional de Córdoba
CONICET

roberto.martino@unc.edu.ar

¹ Editor asignado: Víctor Ramos

■ INTRODUCCIÓN

Nací un 28 de junio de 1954, en la localidad La Carlota, Córdoba, a las seis de la mañana en un día helado. Mi mamá Berta era ama de casa y mi papá Ovide Roberto, ferroviario (Figura 1). En 1959, un 20 de diciembre, nació mi hermano Adolfo. Mi papá era Relevante General, ocupa-

ba distintos cargos en las estaciones de trenes a lo largo de los ramales de La Carlota a Villa María del Ferrocarril General Bartolomé Mitre. Viajaba mucho y se ausentaba por períodos más o menos largos. En el mes de julio de 1960, mi padre consiguió el puesto de Jefe de Estación y nos fuimos todos a vivir a Ramón J. Cárcano, un pequeño pueblo cerca

de Villa María. Este ramal del Ferrocarril unía Córdoba con Buenos Aires. Un tren famoso de la época, "El Rayo de Sol", hacía temblar mi casa (aledaña y comunicada con la oficina de la Estación) cuando pasaba, siempre tarde en la noche. A veces, me levantaba de la cama e iba a la ventana de la oficina de mi papá a verlo pasar.



Figura 1. Fotos de mi niñez (ca. 3 años) con mis padres (Berta y Roberto) en el dique San Roque (Córdoba) durante unas vacaciones.

Como muchas cosas de nuestro país, las historias de muchos de nosotros están cruzadas por los hechos políticos. Entre 1958-1962, Arturo Frondizi presidía Argentina. Tenía siete años en ese entonces y mi hermano dos años, y mi recuerdo es que hubo un paro general de ferroviarios que ya duraba muchos meses. Las cosas estaban mal. Comíamos gracias a un gallinero y a una quinta que había preparado mi papá en la parte de atrás de la estación de trenes. Un día paró un tren militar con problemas en su máquina locomotora y había que hacer maniobras para cambiar la máquina que fue enviada desde Villa María. Como mi padre se negó a hacerlo, fue golpeado salvajemente y amenazaron con fusilarlo. Me acuerdo de los gritos, las amenazas. En el andén de la estación, mi mamá, llorando, me tenía agarrado de la mano fuertemente, con mi hermano en brazos. Recuerdo a mi padre sangrando en el rostro y su cabeza, casi arrastrándose, yendo al cabén de las señales para habilitar las vías de maniobras. Esta terrible experiencia con los militares fue un quiebre en mi familia; mi papá se avino a retirarse voluntariamente del Ferrocarril y, con el dinero del retiro y un préstamo, se compró un camión jaula para transporte de vacas. Nos volvimos a La Carlota, a un cuarto de hotel. Había poco trabajo. Mi papá era un hábil telegrafista así que hacía guardias en la Policía de La Carlota y hacía viajes a distintos lugares transportando vacas. Los fines de semana, cuando había un viaje corto, me llevaba con él.

El destino trágico nuevamente se cruzó en el camino de mi familia. Un día acompañé a mi papá a un campo cerca de la localidad de Alejo Ledesma. Salimos tarde del campo y nos fuimos con otros compañeros de trabajo de mi papá a cenar. Luego de cenar, mi papá me dejó en nuestro camión y se fue al

de un compañero que tenía cabina dormitorio. Este camión chocó de frente con otro en el cruce de San Severo y mi papá perdió la vida. Muchos años después, repasando la historia de aquellos años, se explica en parte el infortunio de nuestra familia. Escribe Alicia Rojo (2021): *“En su discurso del 1° de mayo de 1961 el presidente Frondizi decía: “...la solución del (...) enorme déficit fiscal radica en gran parte en la solución (...) de los transportes. Porque es cierto que debemos levantar la mitad de las vías ferroviarias. Con ello y con la eliminación del personal superfluo nos acercaríamos rápidamente al equilibrio procurado”*. Muy moderno el discurso... se dice lo mismo en 2024, cuando se escriben estos hechos biográficos, ¡63 años después!

Luego de la muerte de mi padre, que tenía 37 años en ese momento, en mi familia quedamos en una situación económica muy adversa y, con tan solo nueve años, tuve que salir a trabajar para ayudar en casa. En ese momento, mi abuela paterna Inés vino a vivir con nosotros para ayudarnos. Fue crucial su ayuda. Le debo mucho. Me ayudó a mitigar el dolor y, cuando hacía alguna macana, ella me hablaba y aconsejaba. Marcaba mis debilidades y fortalezas.

Pasé por distintos oficios, desde peón de campo en un tambo con un tío (Hugo Calvo, aprendí muchas cosas con él), ayudante de camionero con mi abuelo materno Ludovico (Kiko) hasta empleado gastronómico. Fue un período duro de mi vida, entre los 10 y los 16 años (1965-1970), pero aprendí a ordeñar vacas, andar a caballo, arrear animales, a pialar en las yerras, vacunar y bañar animales, manejar tractores, hacer silos, manejar vehículos varios (sulky, jardinera; ¡aprendí a manejar con una camioneta Chevrolet

27!), lavacopas, ayudante de cocina, gambucero, mozo de bar, mozo de comedor y mozo de confitería bailable. En ese período, aprendí a manejar máquinas herramientas (tornos, fresadoras y limadoras) y nació mi amor por la ciencia, en el colegio industrial. Mi abuela Inés falleció y mi mamá y mi hermano se fueron a vivir a la estancia La Magdalena (sita en Barreto, sobre la ruta provincial N° 4, Córdoba), donde mi mamá consiguió trabajo en tareas de limpieza y como cocinera en la casa del mayordomo.

Durante 1971 viví en la ciudad de Río Cuarto, me fui de casa a los 16 años buscando continuar mis estudios secundarios. La vocación por el estudio y la superación fueron inculcadas por mi mamá. Ella tenía sólo un tercer grado de educación primaria, era muy joven con sus 23 años cuando falleció mi papá y también había tenido que trabajar duramente en su adolescencia, abandonando sus estudios. Su lema era: *“Se lucha siempre en la vida, hijo, pero con estudio se lucha de otra manera”*. Mi mamá Berta nos dejó hace dos años, en 2022.

■ EDUCACIÓN PRIMARIA, SECUNDARIA Y UNIVERSITARIA

La etapa de la educación primaria fue muy agitada. Las mudanzas y la situación económica hicieron que fuera a cuatro colegios primarios distintos: el Domingo F. Sarmiento y el Central Argentino en La Carlota, el Ana Zumarán de Cárcano en Ramón J. Cárcano y la Escuela Industrial de Educación Técnica N° 1 de La Carlota (hoy IPET N° 255, Figura 2). En esta última, terminé en 1966 el primario, haciendo 5° y 6° grado en lo que se llamaba Curso Preparatorio. En el mismo colegio, seguí hasta 4° año del secundario. Corría el año 1970. El último año era de especialización y daban un título interme-

dio según la especialidad elegida, el mío fue Auxiliar Técnico Mecánico - Tornero (Figura 3). No había Ciclo Superior, así que ese fue el motivo por el que me fui a vivir a Río Cuarto y me inscribí en la Escuela Industrial de Educación Técnica N° 1 - Ambrosio Olmos (hoy IPEM N° 259).

Como no podía mantenerme sin trabajar, en 1972 recalé en la ciudad de Córdoba y continué mis estudios hasta recibirme de Electrotécnico en 1974, en la Escuela Industrial de Educación Técnica N° 4 - Nicolás Copérnico (hoy IPET N° 249), donde cursé 5°, 6° y 7° años (uno más debido al régimen nocturno). De día trabajaba, pasé de tornero de producción manejando un torno revólver haciendo tuercas y tornillos, a bobinador de pequeños y medianos transformadores eléctricos, hasta tornero en una fábrica de equipos oleohidráulicos. Me debo detener un poco aquí para narrar cómo se me despertó la vocación por la ciencia: cómo alguien nacido en una llanura y con una formación mecánico-técnica terminó amando

profundamente las montañas y la ciencia que las explica: la Geología.

Con motivo de mantener la tasa de inscripción del colegio industrial de la Carlota y por la inauguración de un internado para atraer estudiantes de pueblos vecinos, un grupo de maestros del colegio visitaba a los alumnos de 4° grado de los otros colegios, animándolos a inscribirse en el Curso Preparatorio (5° y 6° grado). El colegio prometía una formación humana y técnica, con la realización del secundario y el aprendizaje de un oficio para "ganarse la vida" (Figura 3). A los fines de ese reclutamiento nos llevaban en grupo al colegio y ahí me pasó algo extraordinario en el Gabinete de Física, que tenía instrumental de experimentación. El maestro (así le decíamos a nuestros profesores) Leonel Corti hizo dos experimentos. Uno de dilatación cúbica de sólidos, utilizando el anillo de Gravesande, y el otro un experimento hidrostático mediante el ludión o "diablito" de Descartes (cf. Fernández y Galloni 1976). Estas dos experiencias me

fascinaron y, en el esfuerzo por entender estos fenómenos, comencé a amar profundamente la ciencia. Por supuesto que le rogué a mi mamá que me inscribiera en ese colegio.

Mi secundario fue maravilloso. El colegio industrial de la Carlota me ayudó brindándome los libros y el mameluco para el taller durante los seis años que asistí, entre 1965 y 1970. Además de las aulas de clases teóricas, había una donde se enseñaba ajedrez y el mismo maestro Leonel Corti nos enseñó a jugar. También estaban los talleres de carpintería, motores, mecanizado (tornos, fresadoras, limadoras), electricidad, hojalatería y herrería entre los que rotábamos por bimestre - cuatrimestre. Otro maestro, Miguel Campodónico (Figura 2), director del colegio, me enseñó a amar la Matemática y el mismo Leonel Corti, la Física. El maestro Campodónico también me enseñó dos cosas que siempre me ayudaron: "... no es necesario saber todo, sino saber dónde ir a buscarlo cuando hace falta", esto me transformó en un "ra-



Figura 2. Antigua Escuela Nacional de Educación Técnica N°1 - La Carlota, ubicada en la esquina de las calles Nicanor López y Sarmiento de La Carlota (Córdoba). A la izquierda (techo a dos aguas) estaba el Taller de Carpintería. El Maestro Miguel Campodónico, Director del Colegio en los años '60-'70.

tón de biblioteca". Esta premisa me ayudó toda mi vida: el amor por los libros, las bibliotecas y la búsqueda de cualquier cosa que nos interese. ¡Hoy se logra apretando una tecla de nuestra computadora! La otra cosa que me dijo, al momento de irme a Córdoba, fue: *"Martino (me decía así) tenés tres cosas importantes: el estudio, el trabajo y la diversión ("la joda", me dijo). Sólo podés hacer dos cosas bien. ¡Cuidate!"*. Él sabía que me iba solo a una gran ciudad con 16 años.

En la Escuela Nacional de Educación Técnica - Ambrosio Olmos de Río Cuarto, otro profesor me hizo amar la Química: Edgar E. Neumann, un personaje. Desgranaba las fórmulas químicas de los procesos industriales con una facilidad pasmosa. Fumaba en pipa mientras escribía en el pizarrón, se daba vuelta y espetaba jocosamente cosas como *"¿qué pesa más?: un kilo de plumas o un kilo de plomo?"*. Todo su mundo giraba alrededor de la Química. Escribió un librito en el año 2006

con anécdotas sobre minería en el sur de Córdoba y San Luis (Neumann 2006). En este colegio hice un montón de amigos, hasta el día de hoy nos juntamos varias veces al año. Juan Giacobone y su familia fueron un apoyo y contención muy importantes en ese año. No puedo dejar de nombrar a los más cercanos: Claudio Di Cola, Jorge Pécora y Guillermo García.

Continué mis estudios en Córdoba mientras vivía en la pensión de Doña Petra Ortíz (una madraza protectora de sus inquilinos) y, cercano a recibirme de Electrotécnico, en 1974, la gran pregunta era: ¿qué voy a seguir estudiando en la Universidad?... una de las ramas de la Ingeniería era una respuesta obvia por mi formación técnica. Tenía que ver cómo acomodar el trabajo para poder cursar una carrera y además elegir cuál seguir. Un compañero del colegio vendía libros para ganarse la vida y ahí comencé a armar mi biblioteca personal. Compré dos volúmenes de extensión de la enci-

clopedia sueca Focus (cf. cita) y me encontré con las Ciencias de la Tierra en el tomo II. En la página 440 estaban los capítulos y temas de "La Tierra, nuestro Planeta", 111 páginas que cambiarían mi vida para siempre. Con cierta inocencia, me preguntaba: *"¿dónde se puede estudiar esto?"*. Pregunté a mis compañeros de pensión, que eran estudiantes de abogacía, ingeniería, medicina, filosofía y letras, pero nadie sabía nada. Me fui a Bienestar Estudiantil de la Universidad Nacional de Córdoba, donde me facilitaron un manual con las carreras que se dictaban y ahí estaban: Ingeniería Geológica y Geología.

En ese momento, trabajaba en una fábrica de equipos oleohidráulicos. José Luis Martín (el "Gallego") era compañero mío en el colegio y trabajábamos en el mismo lugar, él en una fresadora y yo en un torno. De 6 a 14 hs. en horario normal y hasta las 16 hs. haciendo dos horas extras. Los viernes volvíamos a las 20 hs. y trabajábamos hasta las 6 hs. del sábado, cubriendo además las horas extras. Luego nos quedaba gran parte del sábado y domingo para departir con amigos y salir a bailar. Era muy duro el trabajo. Tanto mi amigo el "Gallego" como yo queríamos otra cosa. Un sábado, tomando un café en una confitería, le conté de mi "descubrimiento" de la Geología. Lo discutimos. Ese día decidimos estudiar Geología. Él trabajó muchos años como geólogo en la Compañía Minera Aguilar e hizo su tesis doctoral en yacimientos minerales exhalativos con el Dr. Ricardo Sureda, de la Universidad Nacional de Salta. Hoy continúa trabajando como consultor minero. Seguimos siendo amigos y nos juntamos de vez en cuando.

Al comienzo del año 1975, fuimos con el "Gallego" a inscribirnos a la Universidad. A último momen-



Figura 3. Trabajando (ca. 1967) en el torno en el Taller de Mecanizado en la Escuela Nacional de Educación Técnica N°1 - La Carlota.

to, yo opté por Ingeniería Geológica y él por Geología. La carrera de Ingeniería Geológica estaba cerrada. Dado mis conocimientos, me inscribí en Ingeniería Mecánica Eléctrica. En la vorágine del trámite me dijeron "Haga dos años y luego se cambia a Ingeniería Geológica". Luego de dos años ese cambio ya no era posible, así que tomé la decisión de pasarme a Geología. Corría el año 1977. El "Gallego" estaba dos años adelantado y yo arranqué desde casi cero, con algunas materias rendidas como equivalentes. Avancé en la carrera y, ya en tercer año, el "Gallego" estaba casi en quinto año y era ayudante del Dr. Carlos E. Gordillo en la Cátedra de Petrología Ígnea y Metamórfica. Salíamos al campo, a veces solos y a veces con el Dr. Gordillo, ¡siempre a buscar rocas cordieríticas! (Figura 4).

Conocí a Margarita Liliana Herrera en la pensión de Doña Petra en el año 1974 y nos pusimos de novios, ella era de la ciudad de Catamarca y estudiaba Ciencias de la Informática en la escuela del mismo nombre en la Universidad Nacional de Córdoba. Nos casamos en enero de 1980; en ese momento, yo estaba en cuarto año de la carrera y ella trabajaba en una agencia de publicidad. Para poder estudiar, hice de todo por aquellos tiempos, principalmente en trabajos donde podía acomodar mis horarios. Así, entre los dos pudimos alquilar un departamento pequeño, a dos cuadras de la Facultad.

Entre julio de 1979 y julio de 1980, aprobé con notas máximas las materias Geología Tectónica (dictada por Marcelo V. Pensa), Paleontología (por Mario A. Hünicken),

Petrología Ígnea y Metamórfica (por Carlos E. Gordillo) y Yacimientos Minerales (por Néstor Hillar). Hasta ese julio de 1979 estudiaba con una compañera con la que hicimos casi toda la carrera juntos: Susana M. Bruno (esposa de Fernando "Nando" Fantín; gran amigo, compañero de la Facultad, geólogo, fallecido en 2011). Justo entre esos meses nació Julián, su segundo hijo. Así que retomamos para estudiar nuevamente juntos Geofísica a fines de 1980. En los años previos, estudiábamos con su primer hijo, Manuel. Actualmente Manuel y Julián Fantín son geólogos, recibidos en la Universidad de Buenos Aires y trabajan en el mundo del petróleo. Hasta el día de hoy nos juntamos a compartir familia, alegrías y penas en La Bolsa, una localidad cercana a Alta Gracia en la provincia de Córdoba.



Figura 4. Con mis compañeros de promoción ('77) en un viaje de Petrología en el año 1979. De camperas verdes, a izquierda (mirando la fotografía) el Dr. Aldo A. Bonalumi y a la derecha José Luis Martín (el "Gallego").

En julio de 1979, el Dr. Hünicken me ofreció una beca por seis meses para que trabajara en la Cátedra de Paleontología. Luego de eso, en 1980, conseguí un cargo técnico en el Conicet, bajo su dirección, que me permitió finalizar mi carrera de grado a fines de 1982. Una de mis misiones fue acondicionar el Laboratorio de Micropaleontología. Empezamos desde cero hasta que lo pusimos en marcha. Comencé a extraer conodontos de calizas de la Formación San Juan. Al mismo tiempo, hacíamos viajes a la Precordillera argentina con el Dr. Marcelo Pensa para muestrear distintas secciones. Acompañábamos a Gladys Ortega, que estaba haciendo su beca y doctorado con los graptolites de la Formación Los Azules, cerca de la Ciénaga de Huaco, y a Graciela Sarmiento que estudiaba trilobites de las calizas de la quebrada de La Aguadita, cerca de San José de Jáchal. El año 1980 fue muy prolífico: empecé a trabajar en proyectos relacionados con la geología, adquirí una experiencia de campo muy grande en áreas sedimentarias complementando con rocas ígneas y metamórficas en las sierras de Córdoba colaborando con la Cátedra de Petrología Ígnea y Metamórfica.

En el transcurso de mis estudios en la carrera de Geología, me encontré con esos momentos especiales que fascinan y producen cambios profundos en las concepciones de las cosas: la Figura 5.22 del libro de Mattauer (1976) donde se muestran varios tipos de micropliegues, la vista panorámica del anticlinal de Huaco en la Precordillera argentina (Figura 5) y la placa pulida de la kinzigita de Santa Rosa, una de las rocas más profundas de la corteza más antigua de las sierras de Córdoba. Esta última me la enseñó el Dr. Gordillo un día que fui a llevarle unos papeles para que firmara. Me sorprendió con un comentario “...la herramienta más importante para un petrólogo es la lupa binocular, ¡mire esto, Martino!”. Observar la textura en tres dimensiones, en este caso la fábrica, en la que se distinguían el granate, la cordierita, el cuarzo, la biotita, la magnetita y la turbidez de la plagioclasa, es una visión espacial de una roca que nunca olvidaré. Había nacido así un amor incondicional hacia la Geología Estructural y la Petrología.

El año 1980 fue también especial en cuanto a la teoría de la Tectónica de Placas y la Geología Estructural.

En esos años, la Tectónica de Placas no se enseñaba con énfasis. Cuando cursé Geología Tectónica, en 1978, el Dr. Marcelo V. Pensa casi no la mencionó. De todos modos, los libros de Mattauer (1976) y de Hallam (1976), que usé en la preparación de la materia que rendiría un año después de cursarla, me ayudaron a comprender la teoría y su utilidad hasta nuestros días. Durante el cursado de Geofísica, el profesor de la materia Tomás O'Connor nos desafió a comparar las dos teorías: una que él apoyaba, denominada “Impulso y Creación” (Mullin Moenckeborg 1977), y la teoría de Tectónica de Placas que estaba vertida en los libros de la época (Hallam 1976; Varios Autores 1976). Con un grupo de mis compañeros de curso, hicimos una monografía y explicamos ahí que la segunda daba cuenta más claramente de los fenómenos geológicos que conocíamos. Fue altamente positivo para nuestra formación hacer ese contraste de ideas. Eso no terminó allí, sino que continuó en 1984 (me permito un salto temporal aquí), año en que volví a la Facultad, desde la Patagonia donde estaba trabajando, para comenzar la Beca de Iniciación del Conicet. En ese momento, armamos entre la gen-



Figura 5. Izquierda: micropliegues de la Fig. 5.22 del libro de Mattauer (véase cita). Los pliegues son las estructuras más elegantes de la Geología Estructural. Derecha: anticlinal de Huaco en las calizas de la Formación San Juan, vista hacia el norte. Esta fue una de las estructuras cuya fascinación me hicieron abrazar la Geología Estructural como disciplina a cultivar.

te joven una serie de charlas sobre Geotectónica a los fines de difundir la teoría ya que no se enseñaba en el grado. Hubo resistencia de nuestros colegas y uno de gran prestigio nacional e internacional, que daba clases de Geología Regional, llegó a decir *"¡estos pendejos que no se saben limpiar el c... ya pretenden mover placas!"*. Fue muy frustrante, ya que lo hacíamos por una sed de saber y por necesidad de tener una teoría unificadora de conceptos; sin embargo, seguimos adelante a pesar de las críticas.

En cuanto a la Geología Estructural, en el año 1980 hicimos con "Nando" Fantín (ambos estudiantes en ese momento) el curso "Microtectónica Aplicada" con los Dres. Hubert Miller y Ricardo Mon (<https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-10-no-1-2022/>). Era el Tercer Curso de Actualización auspiciado por la Asociación Geológica Argentina, dictado en el mes de setiembre en Buenos Aires. Había un gran interés por el tema. Cursamos 55 personas, la mayoría profesionales. Este curso fue fundamental para afirmar mi vocación por la Geología Estructural. Otro hecho importante ocurrió en 1981. El Dr. Víctor Ramos (<https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-3-no-4-2015/>) dio un curso denominado "Fundamentos de Geotectónica", auspiciado por la Asociación Geológica de Córdoba. No pude asistir al curso completo, pero escuché varias de sus charlas y me fascinó. Me acuerdo hasta hoy de la relación de las tasas de expansión de los fondos oceánicos con las transgresiones y regresiones marinas. No había entre mis compañeros mucho entusiasmo con "la Estructural". Por esa época, nos conocimos con Pablo Kraemer, nos hicimos amigos y compartíamos una pasión común; a él le gustaban las fajas corridas y

plegadas y a mí las deformaciones de los niveles estructurales bajos: foliaciones, lineaciones y pliegues en metamorfitas. ¡Siempre teníamos charlas muy jugosas! Fuimos los primeros en apartarnos de las fallas de alto ángulo para proponer verdaderos corrimientos de basamento en las Sierras Pampeanas de Córdoba (Kraemer y col. 1988).

Me recibí de geólogo en 1982, junto a un gran amigo de siempre: Marcelo Fagiano. Marcelo es hoy profesor de Petrología en la Universidad Nacional de Río Cuarto y un gran escritor de cuentos y obras de teatro. Hicimos juntos el Trabajo Final en los plutones de Calmayo y El Hongo, en la Sierra Chica, dirigido por el Dr. Carlos E. Gordillo. Luego de recibido, renuncié al cargo que tenía como técnico del Conicet en la cátedra de Paleontología. No había mucho trabajo en Córdoba y me fui al Sur, a Neuquén, a trabajar en Geotecnia, principalmente en la presa de Michihuau sobre el río Limay. La ayuda del Dr. Aldo A. Bonalumi y de mi amigo y compañero de promoción Jorge A. Sfragulla fueron fundamentales para que consiguiera ese trabajo. En 1981, ya había nacido mi hija Julieta, tenía un régimen de 27 x 7 días en la obra y extrañaba mucho a mi familia. Luego me fui a Paso de Indios, en Chubut, a un proyecto de perforaciones en Los Adobes para exploración de uranio para la Comisión Nacional de Energía Atómica.

Mientras trabajaba en el Sur, había solicitado una beca de Conicet para estudiar la petrología y estructura de los mármoles de las sierras de Córdoba bajo la dirección del Dr. Carlos E. Gordillo. A comienzos del año 1984, empecé con la beca y vivía con mi familia en Córdoba. Estaba feliz, podía hacer Petrología y además el Dr. Gordillo había hablado con el Dr. Luis Dalla Salda de

la Universidad Nacional de La Plata (de quien había leído alguno de sus trabajos y me encantaba lo que hacía) para que nos ayudara con la estructura del basamento metamórfico *"...así Ud. hace lo que le gusta"* me dijo Gordillo. El conocía mi afición por la Geología Estructural; además del curso de Miller y Mon, cuando era estudiante me había conseguido en la Academia Nacional de Ciencias (no hacían préstamos a alumnos) el libro de Knopf e Ingerson (1938) y el de Turner y Weiss (1963). Ya me había comprado el libro de Ramsay (1977), el de Ragan (1980) y el de Hobbs y col. (1981). Nombro muchos libros porque ellos fueron los maestros adonde recurrí siempre. No me olvido del librito de Wilson (1978), publicado originalmente en 1961, donde leí una cita de Charles Lapworth, quien definió las milonitas en el corrimiento de Moine, en los Highlands de Escocia. Ante el requerimiento de un alumno que tenía dificultades en el campo, Lapworth le dijo: *"...cartografía, muchacho y todo saldrá"*. ¡Esto es lo que hice en mi Tesis Doctoral para resolver los problemas estructurales! Años después, cuando pude apreciar el trabajo cartográfico llevado a cabo en los Highlands (en las décadas de 1880-1890) por Charles Lapworth, Ben Peach y John Horne entre otros, pude comprender profundamente las palabras de Lapworth.

■ LA TESIS DOCTORAL

En marzo de 1984, comencé mi trabajo de Beca de Iniciación a la Investigación en el Conicet; fui el primer becario del Dr. Gordillo. En su momento, cuando le fui a hablar sobre la posibilidad de pedir una beca, me comentó que él había gastado su auto Fiat 600 recorriendo las sierras de Córdoba. Yo sabía que él ponía a veces dinero de su bolsillo para mantener el laboratorio de la cátedra de Petrología Ígnea y Me-

tamórfica. Me preguntó: “¿y usted, que tiene para dar?”. Le dije: “no mucho, pero tengo buenas piernas, buen estómago y muchas ganas de hacer Petrología con usted”. “Está bien, ¡llene los papeles!”, dijo sonriendo.

En octubre del año 1984, nació mi hijo Santiago, mi alegría era extrema. Estaba feliz, cerca de mi familia y trabajando en mis dos pasiones: la Geología Estructural y la Petrología. Cartografié con fotografías aéreas dos zonas prioritarias de mi tesis y comencé a ir a la primera que quedaba al norte de Cuchilla Nevada en la Pampa del Agua Fría, en la Sierra Grande de Córdoba. Los yacimientos pertenecían a la empresa Iggam y estaban a cargo del Dr. Antonio Di Fini, quien había sido Jefe de Trabajos Prácticos de Petrología Sedimentaria. Había cierto apoyo de los laboratorios de la empresa para hacer la química global de los distintos tipos de mármol de la región. Hice varias secciones muestreando diferentes tipos litológicos mientras repasaba Mineralogía, empezaba a dominar las técnicas de grano suelto y a adentrarme en las texturas metamórficas y sus reacciones minerales.

En julio de 1984, el Dr. Gordillo viajó a Buenos Aires a una reunión en las Comisiones Asesoras del Conicet y volvió con la mala noticia de un grave problema de salud, un tumor de pulmón, que lo alejaría para siempre de su Cátedra. Falleció ese mismo año en el mes de diciembre. En lo personal fue una gran pérdida. Desde mi actividad en el grado, las charlas que tuve con él para armar el plan de beca, los consejos secos y escuetos que me daba; era un padre intelectual para mí. El vacío y la tristeza eran enormes. Ahí apareció la Dra. Hebe D. Gay. Había sido mi profesora de Mineralogía y tenía una relación cordial con ella, que con los años se transformó

en admiración y cariño mutuo. Me apoyó incondicionalmente y no hubiera podido terminar mi trabajo de tesis doctoral de no ser por ella. En el año 1985, el Conicet envió al Dr. Luis Dalla Salda para ver mi situación. Paró en mi casa, conoció a mi familia, cenó con nosotros y, al otro día, salimos al campo. Le mostré lo que había hecho hasta ese momento y el “Gordo”, como cariñosamente lo llamaba, también me dio una ayuda fundamental: reformulamos el plan de trabajo, me convenció de hacer una tesis doctoral en el lugar y me dijo: “¡Metetele!”. Volvimos del campo, hablamos con la Dra. Gay, convinimos la inscripción al Doctorado y llenamos todos los papeles formales: ella sería mi directora de Tesis y él mi Director en el Conicet de mi tarea como becario.

Más arriba hablé del librito de Wilson (1978), ahí encontré en la parte estructural de detalle una guía y el consejo de Lapworth que mencioné. Era muy compleja la deformación en la zona; además, el bajo relieve y la cubierta vegetal de altura dificultaba aún más su estudio. La descripción y toma de datos para estadística no solucionaba los problemas... ¿había que cartografiar al detalle! ¿Cómo hacerlo? Mario Valdez, hoy un geólogo de exploración de nivel internacional, en una de las campañas que me acompañó, me dijo “¡Esto es un plato de fideos!”. Tal cual. El plegamiento era muy complejo, pero tenía buenos niveles guía: mármoles, gneises calcosilicados y anfíbolitas. Tuve un profesor de Geología Minera, el Dr. Horacio Magliola Mundet, que me enseñó dos cosas fundamentales en el grado: la documentación de un yacimiento mineral, extensible a otros estudios geológicos, y la importancia de la cartografía geológica. Otra cosa que me enseñó fue el método de la Escuela Nacional Superior de Minas (cf. Magliola Mundet en bibliografía)

en la que se podía cartografiar solo, sin ayudantes, empleando el método de intersección inversa y utilizando instrumental sencillo (brújula, clinómetro, jalones, un tablero pequeño y calculadora). Cabe agregar que el Dr. Magliola Mundet tenía una gran experiencia en la exploración minera. Había trabajado en los Montes Atlas, con el *Bureau de Recherches Géologiques et Minières* (BRGM) y seguía muy de cerca la escuela metalogenética francesa.

Dada la complejidad estructural y litológica del área que estaba estudiando, en algún momento decidí cartografiar con taquimetría gráfica y puse a punto el método ‘Cerro de Pasco’: triangulación con teodolito y relleno con plancheta (MacKinstry 1977). Como no tenía teodolito, lo hice todo con una plancheta auto-reductora Kern. Ambos métodos me aseguraban resolver toda la estructura a escalas mayores a 1:5.000 y las fotografías aéreas a escala 1:20.000. Algunos de mis mapas a escala 1:1.000 tienen hasta 3.000 puntos levantados en el campo (Figura 6). Apliqué estos métodos topográficos para “cartografiar la forma de las superficies estructurales”, método explicitado en el soberbio libro de Hobbs y col. (1981).

Mis amigos de aquella época y hoy colegas se “pegaron a la plancheta” por períodos de 5 a 7 días que era el tiempo que llevaba hacer un mapa. Fue un arduo y largo trabajo. Edgardo Baldo y Ricardo Astini me ayudaron con dos de los mapas principales (Figura 7). Con Edgardo Baldo nos ayudábamos mutuamente en esa época; él trabajó con los hornfelses de la zona de Characato, alledaña a mi área de estudio, hacia el noreste. Mis evaluadores de la tesis fueron los Dres. Roberto Caminos (que había trabajado en la zona, más al norte), Ricardo Mon y Jorge Blanco Johannessen (quien

había sido mi profesor de Geología Minera II). Me gradué de Doctor en Ciencias Geológicas con la máxima calificación y laureles, *Magna cum Laude*. Fue muy significativo para mí tener ese tribunal: un regionalista, un estructuralista y un minero, todos expertos en sus campos de estudio. Me sentí orgulloso de que ellos hubieran certificado mi trabajo. Fue un verdadero mojón en mi vida profesional.

■ LA EXPERIENCIA POSTDOCTORAL

Al mismo tiempo que en mi tesis doctoral resolví algunas cuestiones, la investigación hizo que aparecieran otras. Hacia 1988 (año de defensa de mi tesis) - 1989, a través del contacto que tenía el Dr. Horacio Magliola Mundet con Hubert Péllissonnier (1926-1997) de la escuela metalogenética francesa, en ese momento en la Escuela Nacional Superior de Minas de París, vino a nuestro Departamento de Geología Básica el Dr. Michel Demange (1944-2012). Era un Ingeniero de Minas con mucha experiencia, que había hecho su tesis doctoral en los Pirineos. Dio conferencias sobre geoquímica de granitos, yacimientos minerales orientados a manifestaciones de wolframio y análisis estructural aplicado a éstos. En ese momento, junto con Edgardo Baldo, que estaba haciendo su tesis doctoral, y con Jorge Sfragulla, que trabajaba en la Dirección de Minería de Córdoba, salimos varias veces al campo con Michel y solos a muestrear (Figura 8).

El Dr. Michel Demange era un geólogo avezado en las cuestiones que abordábamos del basamento ígneo-metamórfico, pero recuerdo haber tenido discusiones arduas acerca de su tendencia a deslindar los análisis geométricos de las estructuras en múltiples fases de de-



Figura 6. Plegamiento superpuesto, figura de interferencia de tipo 1 en transición a tipo 2, con morfología de domos y cuencas (D y C), cartografiada con plancheta autoreductora Kern mediante curvas de forma y aislamiento de afloramientos (ancho de la figura C $\approx$ 50 metros). Recorte del Mapa 7, Escala 1:1.000, de mi tesis doctoral (Martino 1988).

formación, mientras que yo era más afecto a entender las complejidades geométricas en términos reológicos y en deformaciones progresivas, si bien no dejaba de lado el concepto de fases tectónicas en mis análisis. Fui becado por el *Centre National de la Recherche Scientifique* (CNRS) a hacer una pasantía de tres meses

en la Escuela Superior de Minas de París. Fue una experiencia muy gratificante; aparte de la historia y bellezas de la "Ciudad Luz" que aprovechaba los fines de semana, durante los otros días utilizaba la microsonda electrónica de la Delegación Fontainebleau para hacer química mineral de mis muestras

y tomé cursos de DEA - Petrología Endógena (módulos Procesos Hidrotermales y Metamorfismo) que se dictaban en la Escuela Superior de Minas, en el Instituto Geofísico de París y en la Universidad Pierre y Marie Curie (París VI - Place Jussieu). DEA significa “*Diplôme d’Études Approfondies*”, es un título equivalente a un “*Master of Sciences*” y servía de puente entre la graduación y la tesis doctoral, que se discontinuó en 2005. Dos de los profesores que tuve ahí (Figura 9), Jacques Tourret (1936-2024) en inclusiones fluidas y granulitas, y Gerard Guitard en metamorfismo de rocas pelíticas, fueron claves en la comprensión que obtuve del metamorfismo y los fluidos asociados. Cuando fui a París VI a tomar el curso de metamorfismo, Michel Demange (Figura 9) me presentó ante el profesor Guitard



Figura 7. Con Edgardo Baldo, en un “alto en el camino” cartografiando la zona de canteras Banús al norte de Cuchilla Nevada, Sierra Grande de Córdoba para mi tesis doctoral (Martino 1988). ¡“La Kern” en descanso también! Notar que es mediodía, el sol está vertical y es el peor momento para cartografiar debido al bajo resalto de las estructuras por la luz incidente.

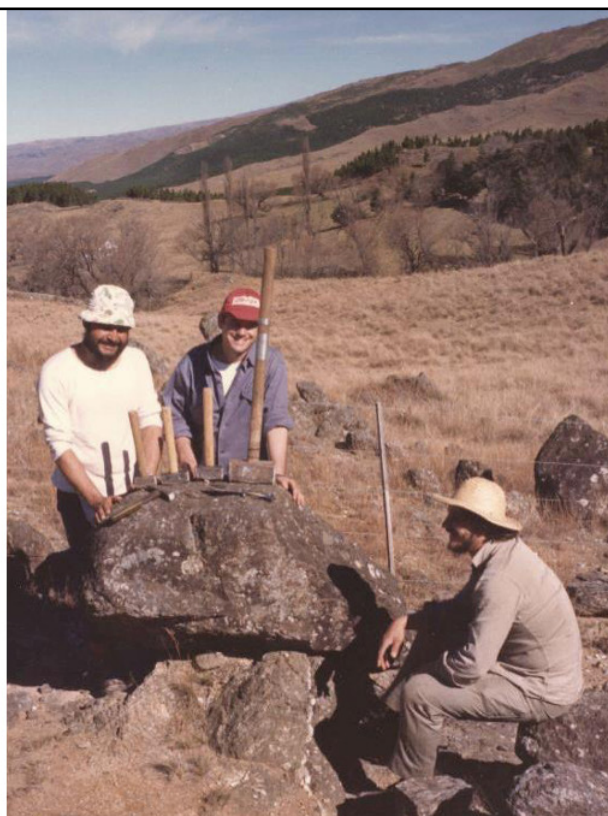


Figura 8. Con Jorge A. Sfragulla, en la Cuesta de Altautina, en la sierra homónima y con Jorge y Edgardo Baldo en mi zona de tesis doctoral, muestreando para hacer geoquímica de roca total, para determinar los protolitos de las metamorfitas (mostrando los martillos y cinceles).

(1925-2009), quien hablaba castellano. Conocía un trabajo suyo muy importante sobre los mármoles y su tesis doctoral en el Macizo del Canigou en los Pirineos Orientales (Guitard 1970), así que hablamos sobre ellos y le comenté que ese tipo de rocas habían sido mi tema de tesis doctoral. En la charla que tuvimos, entre otras cosas, me dijo que era uno de los últimos cursos que dictaba porque estaba cerca de la jubilación y me preguntó si había algún tema especial del metamorfismo que fuera de mi interés primario. Le comenté que el metamorfismo de las pelitas, su secuencia de minerales índices y la complejidad gráfica que los acompañaba era un tema general, difícil y algo que me interesaba vivamente (¡y que interesaría a todos en un curso sobre metamorfismo!). Él tuvo la deferencia de implementar el curso en esos temas, dando un panorama completo sobre el metamorfismo de las pelitas: desde el sistema geoquímico, la reducción de éste a los componentes AFM (Thompson 1957) y el análisis gráfico del metamorfismo progresivo. Una frase que vertió en una de sus clases, con motivo de cómo aplicar los conceptos del curso a los problemas que abordábamos, fue: “*Ils doivent apprendre à faire leur propre salade!*” (¡Tie-

nen que aprender a hacer su propia ensalada!). Lamentablemente no me pude quedar en Francia a hacer un posdoctorado más largo. Podía pedir una beca externa al Conicet pero, en ese momento, desde el lado francés, no podían hacerse cargo de los costos analíticos y París era una ciudad muy cara para vivir con la familia. La beca externa del Conicet, en esos momentos, no alcanzaba para cubrir esos costos. Tampoco tenía fortuna personal para complementarlos.

En mi tesis doctoral había definido la faja de deformación dúctil Guamanes (Martino 1988, 1993), información que publiqué en 1993 en la *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, la primera faja de cizalla cartografiada e interpretada por mecanismos cristaloplásticos en las sierras de Córdoba y me atrevo a decir de Argentina. Fue un verdadero desafío, en lo personal, para los conceptos que se manejaban en ese momento en nuestro medio. Se usaba mucho la monografía de Higgins (1971) que atribuía a deformaciones frágiles este tipo de deformaciones localizadas. El propio término “milonita”, acuñado por Lapworth (1885), sugería molienda de minerales, a pesar de que desde el trabajo de Carter y col. (1964) se sabía que

las microestructuras encontradas en las milonitas eran debidas a procesos cristaloplásticos. Bell y Etheridge (1973) propusieron una definición nueva del término “milonita” enfatizando que la terminología con connotaciones frágiles debía ser abandonada y adoptando un enfoque de procesos dúctiles para explicar las zonas de deformación. Al mismo tiempo, en las décadas de 1970-1980, los indicadores cinemáticos comenzaban a ser ya un criterio válido para determinar la cinemática de las deformaciones localizadas discutidos rigurosamente por Simpson y Schmid (1983). Luego de volver de Francia, con un sabor amargo de no haber podido conseguir una estadía más prolongada y ante las dificultades analíticas, que eran (¡y siguen siendo!) un cuello de botella casi insalvable en la investigación petrológica en nuestro país, comencé a ver en el metamorfismo dinámico un problema para abordar con metodologías más sencillas y menos costosas. Así comencé a estudiar otras zonas de intensa deformación localizada en las sierras de Córdoba con la experiencia lograda en la definición y estudio de la faja de deformación ‘Guamanes’. En 1991, le escribí una carta a la Dra. Carol Simpson, a quien seguía a través de



Figura 9. Mis referentes en la Escuela de Minas de París: Michel Demange (1944-2012), Jacques Touret (1936-2024) y Gerard Guitard (1925-2009).

sus publicaciones, solicitándole la posibilidad de que me recibiera en la Universidad de Maryland y fuera mi directora de beca externa. Mientras esperaba mi incorporación a la Carrera del Investigador Científico, inicié los trámites para una beca externa del Conicet. La experiencia en Francia me había traído a la memoria una charla con el Dr. Gordillo. Él solía tomar el té a una hora regular, a la tarde, en el laboratorio de cortes delgados de la cátedra de Petrología Ígnea y Metamórfica. Eran momentos relajados, para charlar de muchas cosas, por lo que yo siempre esperaba ansioso esos momentos. En una oportunidad, le manifesté que *“...me gustaría tener una experiencia en el exterior en alguna Universidad, para profundizar estudios, en un futuro...”*. De esa charla recuerdo que me dijo *“Si se va afuera, asegúrese de que cuando vuelva pueda continuar haciendo lo que aprendió”*. ¡Sabias palabras!

Tenía bastante claras las deformaciones mega- y mesoscópicas, pero me faltaba integrar los mecanismos microscópicos de la deformación. Profundizar en el estudio de las zonas de cizalla, sus texturas y trabajar con la deformación del cuarzo me parecieron un buen tópico, aborda-

ble y algo que cuando volviera iba a poder desarrollar aquí, pensé en aquel momento. Al mismo tiempo, fui compilando un mapa de todas las fajas de deformación dúctil que reconocía hasta ese momento en las sierras de Córdoba, sus productos y la cinemática, en un trabajo señero que publiqué en 2003 (cf. bibliografía).

Recibí una carta de aceptación de la Dra. Simpson de recibirme en Estados Unidos y dirigir mis estudios, así que envié los papeles al Conicet. También se ofreció a dar un curso sobre *“Deformation and Kinematics of High Strain Zones”* junto a su esposo, el Dr. Declan De Paor, curso que el año anterior habían dictado en San Diego (California) en el encuentro anual de la *Geological Society of America*. Vinieron juntos a Salta (Figura 10). Ahí conseguí el apoyo del Dr. José Viramonte (<https://aargentinapciencias.org/publicaciones/resenas-resenas-tomo-5-no-2-2017/>) que gestionó aulas, vehículos y aportó experiencia de campo para hacer el curso que se desarrolló en mayo de 1992. En agosto de ese año viajé junto a mi familia a Estados Unidos, becado por dos años, con lugar de trabajo en el *Virginia Polytechnic*

Institute and State University (“*Virginia Tech*”) sito en Blacksburg, Estado de Virginia. Allí me recibió como director de mi beca externa el Dr. Richard D. Law (Figura 10), geólogo estructural, experto en zonas de cizalla y fábricas del cuarzo, quien había convenido con la Dra. Simpson mi atención, ya que ella, en ese momento en la *John Hopkins University*, se estaba cambiando de universidad y tenía obligaciones en la *National Science Foundation* (NSF) en Washington. Carol, Declan y Richard tenían una formación muy avanzada en la Geología Estructural abarcando distintas escalas y temas. Aprendí mucho de ellos.

■ MI EXPERIENCIA EN EL VIRGINIA TECH

Apenas llegado a Blacksburg, en el mes de agosto del año 1992, nos establecimos en un condominio con mi familia. Mis dos hijos comenzaron el colegio. Julieta en esos dos años que duró nuestra estadía, pasó del colegio primario al secundario y Santiago hizo los primeros años del colegio primario. Ambos dominaron el inglés muy rápidamente haciendo muchos amigos. Liliana aprovechó para integrarse al *Cranwell International Center* del *Virginia Tech*, don-



Figura 10. Mis referentes en Geología Estructural: Carol Simpson y Declan De Paor en la Abra de Muñano en Salta (1992). Richard Law en Cascade Falls, cerca de Roanoke, Virginia, Estados Unidos (1993).



Figura 11. Con Lynn Glover III en el Virginia Welcome Center, Estados Unidos. Con sus alumnos recorrimos gran parte de los Apalaches del sur yendo a las distintas provincias geológicas que los integran.



Figura 12. Foto de portada del periódico local del Condado de Montgomery "The News Messenger" del día viernes 11 de diciembre de 1992 con el subtítulo que decía: "Los profesores del Departamento de Geología de Virginia Tech disfrutaron de su salida temprana del trabajo el día jueves, yendo a la colina del campo de golf del Tech para hacer un poco de tubing ('tubing' es una actividad recreativa donde un individuo se coloca en la parte superior de una cámara neumática, ya sea en el agua o nieve)". David Valentino (izquierda), Sam Peavy (centro), William Orndorf (derecha), Roberto Martino (arriba). El miércoles 9 y jueves 10 hubo nevadas intensísimas. Dave trajo una cámara de tractor inflada y... ¡allá fuimos a divertirnos un poco!

de las esposas de los estudiantes, profesores e investigadores extranjeros tenían actividades culturales de todo tipo. Me dieron lugar de trabajo en el *Orogenic Studies Laboratory*, que estaba dirigido por el Dr. Lynn Glover III [un gran maestro (Figura 11), con él cerré en los Apalaches muchas ideas de la Tectónica de Placas, "...the most elegant mountain range on Earth", según apreciación de Philip B. King (Rodgers 1983)]. Compartía el lugar con David Valentino, William Orndorff, Sam Peavy y Gregory Kaselas (Figura 12).

En el Virginia Tech todos eran doctorandos avanzados, así que el ambiente de discusión era muy estimulante, incentivados por las excelentes clases de Lynn. Tomé cursos de Geología Estructural Avanzada y de Petrología Estructural con Richard Law, de Tectónica con Lynn Glover y John K. Costain (John daba la parte de Geofísica de los Apalaches) y de Petrología Metamórfica con Robert Tracy. Con los distintos cursos salíamos todos al campo asiduamente. Al mismo tiempo, me familiaricé con el uso de la platina universal para medir ejes *c* del cuarzo y usaba la microsonda de electrones del Instituto, ya que había llevado muestras para analizar la química mineral para hacer termobarometría en rocas migmatíticas. Parte de esos datos eran para Alina B. Guerreschi, que estaba haciendo su Tesis Doctoral en Argentina, dirigida por Luis Dalla Salda y por mí.

Entre los trabajos que hice en el *Virginia Tech*, estaba una transecta geológico-estructural en las Sierras de Córdoba, a los 32° de latitud sur, la segunda sección regional luego de la clásica a los 31° de latitud sur hecha por Gordillo y Lencinas en el año 1979 ('El perfil ruta 20' como lo conocemos todos los geólogos cordobeses). Trabajamos en grupo, junto con Mónica Escayola, Pablo

Kraemer, Marcelo Arnosio y Mauricio Giambastiani. Estos trabajos terminaron con el primer modelo tectónico, de tipo colisional, para las Sierras de Córdoba que hicimos con Pablo Kraemer y Mónica Escayola (Kraemer y col. 1995; Martino y col. 1995). Con Bárbara Munn, tesista de Robert Tracy, calculamos las condiciones de presión y temperatura de las rocas de la transecta (Martino y col. 1994a). Esto permitió postular, tomando los datos del trabajo de Gordillo (1984, que él mismo llamaba "*el best-seller*"), que el orógeno Pampeano estaba basculado hacia el noroeste (Macizo Migmatítico de San Carlos) con las rocas más profundas hacia el sudeste (Grupo Yacanto, que incluye la kinzigita de Santa Rosa). Otros trabajos que considero importantes de ese periodo fueron la publicación sobre la faja de deformación dúctil Guamanes (ya mencionada más arriba) y la definición, cartografía y muestreo de las 16 fajas de deformación reconocidas hasta ese momento en las Sierras de Córdoba (Martino 2003). Además, avancé mucho en el tratamiento y publicación acerca de las estructuras megascópicas de los mármoles de Corral del Carnero e Iguazú al norte de mi zona de tesis original y determinamos la estructura de la kinzigita de Santa Rosa (Martino 1992, Martino y Kraemer 1992a y 1992b).

■ VUELTA AL PAGO

La vuelta a Argentina en el año 1995 fue muy dura. Con mis ahorros, había comprado en Estados Unidos un equipo de computación avanzado, libros y una colección muy importante de trabajos relacionados con la Petrología Estructural. En la Cátedra de Petrología Ígnea y Metamórfica, había una platina universal y un microscopio binocular Leitz en el que podía montarse. El apoyo brindado por el Dr. Aldo A.

Bonalumi, en ese momento Profesor Titular de la cátedra mencionada, fue crucial en mi reinstalación en el Departamento de Geología Básica brindándome lugar de trabajo en su cátedra. Pedí un "*Reentry Grant*" a la Fundación Antorchas que no me fue otorgado. Las cosas no estaban bien económicamente. Por ser Jefe de Trabajos Prácticos de la materia Geología Tectónica, a pesar de haber ingresado a la Carrera del Investigador Científico del Conicet, no se me permitía solicitar un subsidio en la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Córdoba. En ese momento, había dos grupos de investigación poderosos trabajando en el área de las Sierras Pampeanas, con muchos medios económicos y analíticos: uno conformado por argentinos y europeos y otro por australianos que estaban implementando métodos cartográficos modernos, aplicados a rocas del basamento ígneo-metamórfico, para el Segemar. Este fue un momento muy crítico de mi carrera. De vuelta al pago y con muy escasos recursos, sobre todo sin un vehículo para salir al campo y con disponibilidades analíticas casi nulas.

Acá me detengo un poco y cuento la historia de Alina B. Guerreschi mencionada más arriba, en ese momento tesista y luego una colega con la que trabajo codo con codo hasta hoy (Figura 13). Ella había cursado conmigo los Trabajos Prácticos de Geología Tectónica y se había interesado mucho en el metamorfismo y la deformación, por lo que al final de su carrera me habló para que la dirigiera. Fue así como en el año 1992, estaba empezando una Beca de Iniciación a la Investigación de Conicet, justo el mismo año en que yo partía a Estados Unidos para mi Beca Externa. Cuando volví, en el año 1994, ella había desarrollado una excelente cartografía de su zona de trabajo en la Sierra de Comechín-

gonas, una mejor petrografía que terminó con el aporte de los datos de química mineral que le había conseguido en el *Virginia Tech*, con los cuales hizo la termobarometría de la zona. No teníamos edades geocronológicas pero la tesis cerró con éxito en el año 2000. Durante mi estadía en *Virginia Tech*, nos comunicábamos por carta y fax. Alina hizo la mayor parte de su trabajo de campo con su vehículo particular.

Con motivo de la fuerte competencia de los grupos de investigación que mencioné, nos refugiamos a trabajar en la zona de estudio de Alina (margen oriental de la Sierra de Comechingones) mientras avanzaba con su tesis doctoral y encaramos un trabajo más sistemático en el Macizo Migmatítico de San Carlos, que continuamos hasta hoy

junto con otros temas y regiones. Tuvimos el apoyo de la Dirección de Minería de la Provincia de Córdoba, gestionado por medio del Dr. Aldo A. Bonalumi y, con la ayuda de mis amigos y colegas Jorge A. Sfragulla y Mauricio Giambastiani, pudimos encarar y concretar toda una serie de trabajos sobre la estructura megascópica de los mármoles de Sierra Blanca (Martino y col. 1997a) y las migmatitas estromatíticas de Huerta Vieja (Guereschi y Martino 1998). Esto merece un breve comentario. Hasta ese momento, el énfasis en el estudio de las migmatitas de las Sierras de Córdoba se había puesto en la diatexitas y con Alina comenzamos a estudiar las metatexitas de manera más sistemática. Diez años después, en el año 2008, pudimos establecer dos eventos migmatíticos en la Sierra de Comechingones

(Guereschi y Martino 2008), luego extendidos regionalmente a todas las Sierras de Córdoba. Cuando se realizó la primera geocronología sobre metamorfitas, que hicimos con un grupo de trabajo de alemanes el *Institut für Geologie und Dynamik der Lithosphäre de la Georg-August Universität Göttingen*, pudimos co-tejar que los eventos migmatíticos eran de edades contrastadas. Estos estudios permitieron definir un evento proterozoico casi totalmente obliterado durante el evento cámbrico temprano en nuestras sierras. Notablemente, ya Gordillo lo había mencionado como posibilidad en uno de sus trabajos (!). Estos resultados geocronológicos, concretados y publicados en 2010, fueron posibles debido a años de observación, cartografía y determinación de estructuras y condiciones metamórficas



Figura 13. Junto con la Dra. Alina B. Guereschi durante el congreso y cuando presentamos, ya editado, el libro “Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba”, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino (2014), Asociación Geológica Argentina, 1350 páginas en 2 tomos y con 48 capítulos temáticos escritos por diversos autores. Se reunió por primera vez toda la información geológica de las Sierras de Córdoba de los últimos 140 años (1864-2014).

precisas que hicimos con Alina B. Guerreschi, que permitieron hacer una selección de muestras muy críticas para estos estudios (Siegesmund y col. 2010; Steenken y col. 2010).

■ OTROS LOGROS Y DESAFÍOS

La confección de las Hojas Geológicas 'Villa Dolores' y 'Villa María' a escala 1:250.000, entre los años 1996-2000, en las que colaboramos con Jorge A. Sfragulla y Aldo A. Bonalumi en la petrología, la estructura y las tareas de campo, ayudó mucho en la revisión y definición de unidades litológicas e identificar problemas a solucionar (Bonalumi y col. 2008, 2005).

Durante los años 1999-2004, con los estudios en el Grupo Yacanto de la Sierra de Comechingones y en el Macizo Migmático de San Carlos, con Alina B. Guerreschi concretamos algunos trabajos fundamentales en el área. En esta última, hicimos la petrología y estructura de los mármoles de alto grado (Guerreschi y Martino 1999) y el hallazgo de granulitas calcosilicáticas (Martino y Guerreschi 2000) que condujeron a establecer una deformación no coaxial penetrativa, materializada en plegamientos no cilíndricos y oblicuos, en estas litologías y las migmatitas asociadas (Martino y col. 1999). Estas estructuras de pliegues en vaina las hallamos y las describimos también en varios cuerpos ultramáficos de la Sierra Chica, lo que permitió su generalización para todas las Sierras de Córdoba (Martino y Zapata 2001, Martino y col. 2010). En la Sierra de Comechingones, definimos la geometría y postulamos el emplazamiento alóctono del gabro del Cerro San Lorenzo (Chincarini y col. 1999).

Un hito importante en 1999-2000 fue la obtención de un subsidio de FONCyT con el Dr. Raúl Lira,

con un proyecto sobre la Sierra Norte de Córdoba, con el cual pudimos adquirir una camioneta para los trabajos de campo, dos microscopios de polarización binoculares y una cámara para fotomicrofotografía. Esto resultó en un gran alivio para nuestros trabajos de campo y laboratorio. Aquí describimos por primera vez la faja de deformación dúctil Sauce Punco (Panceyra y Martino 2001), las corneanas de la Clemira (Martino y Guerreschi 2005) e identifiqué los pliegues sismogénicos de Formación El Escondido como pliegues en vaina (Martino 2004). En la Sierra de Comechingones determinamos la trayectoria textural y la geotermobarometría en gneises de alto grado (Guerreschi y Martino 2002, 2003). Precisamos una importante inversión metamórfica: rocas de bajo grado cabalgadas por rocas migmatíticas a lo largo de la faja de deformación Los Túneles (Martino y col. 2003). Sinteticé el trabajo realizado durante mi estancia en el *Virginia Tech* y en los años posteriores, e hice una reseña sobre las 16 fajas de deformación dúctil que afectaron al basamento metamórfico de las Sierras de Córdoba. Fue publicado en 2003 en la *Revista de la Asociación Geológica Argentina* con motivo de sus 50 años de existencia y aún hoy sigue siendo uno de mis trabajos más citados (Martino 2003).

Con Patricia Anzil, hoy en la Comisión Nacional de Energía Atómica, empezamos a estudiar con su Tesis Doctoral, defendida en el año 2009, los cuerpos ultramáficos de la Sierra Chica. Era un verdadero desafío cartografiarlos, determinar su mineralogía (estaban fuertemente serpentinizados) y su estructura general. Hicimos la geoquímica de las anfibolitas que los acompañan y Alina nos ayudó con la geotermobarometría de los gneises asociados. Pusimos a punto metodologías de estudio con microsonda de minera-

les primarios relícticos. Nos alejamos de la interpretación clásica en fajas o suturas y determinamos que son escamas del manto terrestre, intensamente deformadas, probablemente en un prisma de acreción, conformado inmensos pliegues en vaina (p.ej. La Cocha y Sintonsacate). Cerramos toda esta etapa haciendo la tercera sección regional en la Sierra Chica a los 31° 36' LS, descubriendo que la inversión de la falla de la Sierra Chica no había logrado revertir la extensión cretácica a esta latitud de las sierras utilizando métodos geotermobarométricos (Anzil y Martino, 2009a, 2009b, 2012; Martino y col. 2010).

Otros trabajos significativos en la misma época abarcan el estudio de los esquistos bandeados de Tuclame, la determinación del origen tectónico de su bandeo y su correlación con litologías análogas del Noroeste argentino (Martino y Sfragulla 2004; Martino y col. 2009 a y b). Determinamos la transición de la Formación Puncoviscana a los esquistos bandeados en la Quebrada de Cafayate (Salta), comprobamos el paso metamorfismo - anatexis en la zona de El Pílon (Córdoba) y encontré, hasta ahora, la única evidencia del sentido y ascenso de los fundidos migmatíticos (*way-up structures*) en estromatitas de las Sierras de Córdoba (Martino 2005).

Otros trabajos importantes en esa época fue una síntesis sobre el terreno Pampia que hicimos con Víctor A. Ramos, Graciela Vujovich y Juan Otamendi (Ramos y col. 2010). Posteriormente a este trabajo, hicimos una síntesis de las ideas geotectónicas de las Sierras Pampeanas Orientales (Ramos y col. 2014). También con el grupo de investigadores alemanes Dres. Siegfried Siegesmund, Klaus Wemmer, André Steenken y las Dras. Mónica López de Lucchi y Alina B. Guerreschi publicamos en

dos trabajos la evolución, el alzamiento y el enfriamiento del orógeno Pampeano a la latitud de las Sierras de Córdoba (Siegesmund y col. 2010; Steenken y col. 2010). Fue un trabajo largo y arduo. Primera vez que la geocronología no se hacía sobre granitoides sino en metamorfitas de distinto grado metamórfico (!). Fueron dos grandes contribuciones sobre el orógeno Pampeano en las Sierras de Córdoba. Viajé a Göttingen (Alemania) en el año 2005, estuve tres meses describiendo y preparando muestras, trabajando con la microsonda de electrones, armando distintas publicaciones y estudiando. Durante mi estadía, junto a estudiantes y profesores (Siggi, Klaus y André de Göttingen y Pedro Oyantçabal de la Universidad de la República de Uruguay; Figura 14), hice una campaña a los Alpes Occidentales, al norte de Italia, a la zona de Ivrea - Verbano donde aflora una

sección cortical volcada hacia el sur representativa de la corteza inferior.

Esta sección fue emplazada por la orogenia Alpina en su posición actual. En lo personal, visitar esa región de Italia fue muy emotivo ya que fue el lugar donde había nacido mi bisabuelo paterno en Virle, cerca de Turín, que llegó a Argentina en 1874. Previamente a esa campaña, en 1999, había visitado los Alpes Orientales. El Dr. Kurt Stüwe de la Universidad Karl Franzens, sita en Graz (Austria), me invitó a ver las canteras del *Plattengneis*. Estas rocas pertenecen a una zona de cizalla dúctil subhorizontal relacionada con el complejo de Mantos Austroalpinos. Se presentan con un plegamiento abierto a suave, formados por milonitas en facies de eclogitas (!), de edad cretácica, ubicada en el Koralpe (p.ej. Putz y col. 2006). Estas dos campañas ampliaron mi visión sobre las deformaciones loca-

lizadas en la corteza terrestre (línea Insúbrica, Plattengneiss) y tuve una visión desde el manto superior a las rocas superficiales en la sección cortical visitada.

Juan Otamendi nos invitó en el año 2004 a Graciela Vujovich, a Carlos Chernicoff y a mí a participar en el estudio de la Sierra Valle Fértil. Colaboré con la parte estructural y codirigí la Tesis Doctoral de Eber Cristofolini. Fuimos varias veces de campaña a la Sierra de Valle Fértil y con Graciela, que tenía una amplia experiencia en la región, encaramos trabajos en la Sierra de las Chacras y en las anortositas milonitizadas de la Sierra de Maz. Con estos trabajos pude completar la noción de un arco magmático seccionado a distintos niveles estructurales y los efectos de las orogenias paleozoicas en las Sierras Pampeanas.



Figura 14. Izquierda, con Klaus Wemmer (izq.) y 'Siggi' Siegesmund (der.) en la Quebrada de la Mermela, en el año 2019, parados en la Faja de Deformación Los Túneles (Sierra de Pocho, Córdoba). Derecha, con Pedro Oyantçabal de la Universidad de la República (Uruguay) en un descanso sobre una charnela de pliegue cerrado (en una escombrera) en la zona de Ivrea-Verbanò (Italia) en el año 2005.

Al principio de este apartado resalté el trabajo realizado para la confección las Hojas Geológicas ‘Villa Dolores’ y ‘Villa María’ a escala 1:250.000. Complementaria a ese trabajo fue la realización del Mapa Geológico de la Provincia de Córdoba a escala 1:750.000 (Martino y col. 2020), del cual fui el

coordinador, que incluye las distintas litologías y estructuras, así como un cuadro estratigráfico integrado y secciones geológicas transversales (Figura 15). Este mapa es complementario de la edición del libro “Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba”, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino hecho en Córdoba en el año 2014, auspiciado por la Asociación Geológica Argentina. Junto con la Dra. Alina B. Guerreschi editamos 1.350 páginas en 2 tomos, con 48 capítulos temáticos escritos por diversos autores (Figura 13). Se reunió así por primera vez toda la información geológica de los últimos 140 años (1864-2014). Cabe agregar que la Memoria del Mapa de Córdoba es una síntesis apretada de los capítulos del Relatorio (Martino y Guerres-

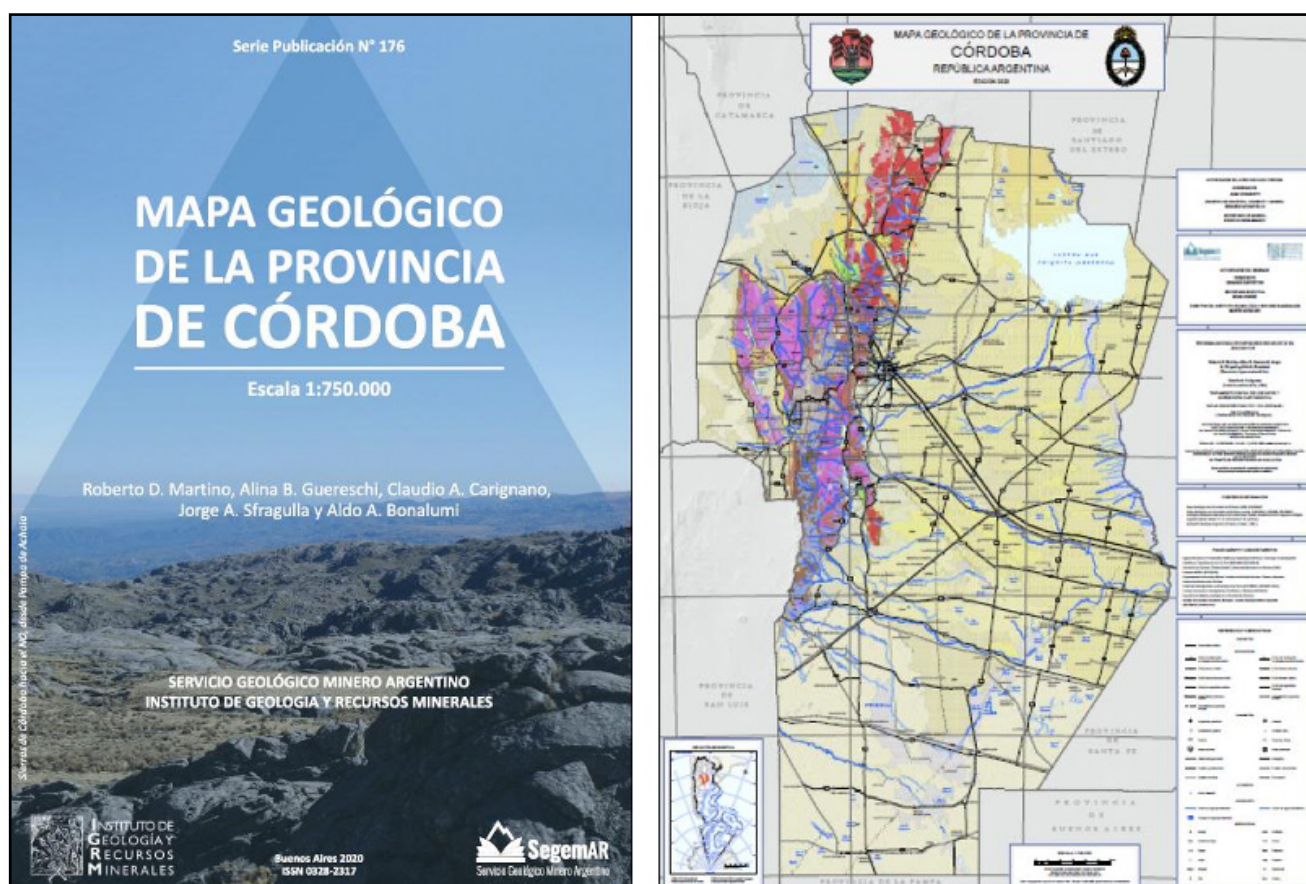


Figura 15. *Compilación y confección en una versión moderna y actualizada del Mapa Geológico de la Provincia de Córdoba, a escala 1:750.000 (2020, SEGEMAR).*

chi 2014a). Fueron varios años de trabajo intenso siendo fundamental el trabajo de gestión que realizó el Dr. Aldo A. Bonalumi.

■ LA DOCENCIA

Entre 1986-1997, me desempeñé como Jefe de Trabajos Prácticos de Geología Tectónica en la Cátedra del mismo nombre, siendo *ad honorem* entre 1986-1991. Entre 1998-2005, fui Profesor Titular interino y, en 2005, gané por concurso de antecedentes y oposición la titularidad de la Cátedra de Geología Tectónica y, simultáneamente, como carga anexa, me desempeñé como Profesor Titular en la Cátedra de Geofísica General (Figura 16). Luego de 36 años de docencia, me jubilé en el año 2020. En el año 2021 fui nombrado Profesor Emérito de la Universidad Nacional de Córdoba. Enseñé a nivel universitario Geología Estructural, Geología Tectónica (materia optativa), Microtectónica y Petrología Estructural, esta última como materia de posgrado junto a Análisis Estructural de Terrenos Polideformados. En la Cátedra de Geofísica, enseñé Geofísica General. Otro curso que todavía repito cada dos años es

“Aplicación de las Geociencias a las Ciencias Forenses” en la Carrera de Posgrado: “Especialización en Criminalística y Actividades Periciales” de la Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación de la Universidad Nacional de Córdoba. A nivel terciario, enseñé Recursos Energéticos y Mineros a docentes secundarios. Ya jubilado, di dos cursos de posgrado en la Universidad Nacional de Tucumán: “*Shear Zones*” (2022) y “Frente de Deformación Andino: Deformación Frágil Paleozoica-Actual de las Sierras de Córdoba” (2024). Dirigí casi 50 trabajos finales y seis tesis doctorales, como director o codirector; además, estuve en las Comisiones de Seguimiento y en el Tribunal de Evaluación de otras seis tesis.

Alina B. Guerreschi, Patricia A. Anzil, Jorge A. Sfragulla, Eber A. Cristofolini y Ana Caro Montero fueron mis discípulos más directos, con los que comparto no sólo una pasión por la geología, sino que cultivamos una amistad a lo largo de los años. ¡Ellos han sido y son también mis maestros!

■ LA GESTIÓN Y EXTENSIÓN UNIVERSITARIAS

Tuve una participación activa en la organización del XIX Congreso Geológico Argentino, uno de los más grandes e importantes de los últimos años, realizado en la ciudad de Córdoba en 2014. Fui Presidente del Comité Científico y Editorial. Esta tarea fue compartida con la Dra. Alina B. Guerreschi. También con ella, durante mucho tiempo, trabajamos en pos de la creación del Laboratorio de Microscopía Electrónica y Análisis por Rayos X (LAMARX, 2013) a cargo del Dr. Alberto Riveros de la Vega. Fui uno de los principales ideólogos e impulsores de la compra de equipos analíticos, participé en la gestión de los proyectos de compra y me desempeñé como Tribunal de Concursos para cargos técnicos y también en el entrenamiento en la preparación de muestras. Otros hitos en gestión fueron la creación y organización del Laboratorio de Tectónica Experimental “Anselmo Windhausen” (LABTEX-AW) dependiente de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y la creación y organización del Centro de Estudios Geológicos Aplicados (CIGEA) por



Figura 16. Izquierda: con alumnos de geología de la Promoción 2013 explicando la petrología y la estructura frágil y dúctil a lo largo sección a los 31° 00' LS de las Sierras de Córdoba (“...ruta 20”, en nuestra jerga). Derecha: en la Cátedra de Geología Tectónica con el microscopio petrográfico de luz polarizada (refracción-reflexión) Nikon Eclipse E 400 Pol con cámara para microfotografías Nikon H-III en el año 2000.

Convenio entre la Facultad mencionada y la Comisión Nacional de Energía Atómica.

Entre 2006 y 2015, hice muchos servicios de asistencia técnica, colaborando en varios proyectos destinados a resolver problemas geológicos concretos, relacionados con obras civiles. Estos trabajos los hice a través del Centro de Vinculación de Ensayos No Destructivos y de Evaluación de Obras de Infraestructura Civil, de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, de la Universidad Nacional de Córdoba. En caminos de montaña, túneles en roca y estabilidad de taludes: contrataludes de la ruta nacional N° 150 (San Juan); túneles sobre la ruta nacional N° 150 (Aceituno y col. 2014); túnel internacional de Agua Negra (Martino y col. 2015); estructura frágil a lo largo de la Quebrada de los Sosa, ruta nacional N° 307, Tucumán-Taí del Valle. En fallamiento activo y sismicidad: evaluación sísmica de la Central Nuclear Embalse de Río Tercero, Córdoba. En apoyo al proyecto hidroeléctrico sobre el río Santa Cruz: Presas Presidente Néstor Kirchner y Gobernador Jorge Cepernic. Estudios tectónicos, estructurales, neotectónicos y sismotectónicos. Para YPF y a través de la Cátedra de Geología Tectónica: transectas geológicas-estructurales en las Sierras de Córdoba en áreas de basamento ígneo-metamórfico y cuencas adyacentes con especial énfasis en las cuencas cretácicas (secciones Copacabana y Embalse de Río Tercero; Martino 2012, 2014b). También incursioné en la deformación de las pelitas de Formación Vaca Muerta que estudiamos en testigos de pozos (Martino y col. 2016). Cada uno de estos trabajos significaron pequeños y grandes desafíos y la posibilidad de trabajar en equipo con ingenieros civiles.

■ OTROS INTERESES, ACTIVIDADES Y PASATIEMPOS

Aparte de la Geología me interesan mucho otras ciencias como la Astronomía (en mis clases de Geofísica General, la primera unidad que incorporé al programa de estudios cuando me hice cargo de la materia, trataba ampliamente sobre este tema que no se da en toda la carrera), la Física (cuando era estudiante daba clases particulares, fue parte de mis ingresos) y las Matemáticas en un sentido amplio. Soy muy curioso, siempre lo he sido. No lo conté más arriba, en mis memorias de la niñez, y ha quedado un poco para el último.

Yo iba todo el día al colegio, a la mañana clases y a la tarde taller. En los períodos de clases a tiempo parcial trabajaba en el campo con mi tío; en vacaciones era a tiempo completo. Estudiaba tarde a la noche y me levantaba de madrugada. El compromiso con el colegio era que fuera buen alumno. Fui escolta de la bandera siempre y abanderado varias veces. Dije que mis primeros libros los compré allá lejos cuando terminaba el secundario. Previamente a eso, durante mi paso del primario al secundario, en La Carlota, accedía a revistas y libros prestados. Mi amigo Enrique García, en tercero y cuarto grado, tenía los libros de la Colección Iridium de Editorial Kapelusz y me los prestaba de a uno. Después me cambié al Curso Preparatorio de la ENET N°1 - La Carlota y no nos vimos más con él. En esa época, me devoré los libros de Julio Verne; el Capitán Nemo y su 'Nautilus' están entre mis más gratos recuerdos. Ivanhoe, Robin Hood, Moby Dick, Ben Hur, El Lago Ontario, El Cid Campeador... se agolpan en estos momentos de recuerdos. Amaba las historietas. Don Figueroa, no me acuerdo de su nombre de pila, era vecino y tenía un quiosco de revistas en La Carlota.

El me prestaba El Tony, D'Artagnan y el Intervalo. También leía Hora Cero y Misterix, prestadas de un primo. Por esas piruetas de la vida, varias historietas eran de Hector Oesterheld (*Ernie Pike*, *Sargento Kirk*, ¡*El Eternauta*!... ¡tengo atesorado en mi biblioteca la historia completa!). Ya geólogo me enteré de su triste historia y de que era colega (Fracchia 2018). Todas estas lecturas desarrollaron mi imaginación, me hicieron pensar en muchas cosas y fueron muy gratificantes. Ya de grande, me hice fanático de la ciencia ficción y de los cuentos (¡escribo algunos de vez en cuando!). Sería innumerable citar autores, pero Isaac Asimov, Ray Bradbury, Roberto Arlt, Ernest Hemingway, Jorge Luis Borges, Howard P. Lovecraft, Edgar Allan Poe, Ricardo Piglia, Clarice Lispector me transportan a esos mundos imaginarios... En fin, leo todo lo que puedo. Alguien que influyó mucho en mis lecturas juveniles fue Ernesto Sábato.

Me gusta mucho la música: el tango, la música clásica, el rock. También el cine, sobre todo el cine italiano. Además de la lectura, la música y el cine, uno de mis pasatiempos preferidos es caminar por las sierras, ir de campaña. Es uno de mis grandes disfrutes. También, los fines de semana, reunirme con amigos, comernos un buen asado, contar chistes, hablar de política... ¡arreglar el mundo! En particular, tengo un gran amigo, ingeniero, de la época que hice esos dos años de ingeniería (1975-1976), Eugenio Méndez; por esas vueltas de la vida es sobrino del colega Dr. Vicente Méndez. Estudiamos juntos Álgebra Lineal y las Físicas. Nos juntamos a charlar, almuerzo o café de por medio, y hablamos de muchos temas, pero principalmente de los temas relacionados a la Física (él ha enseñado como profesor en varias instituciones), de cómo enseñarla, de cómo algunos conceptos son muy

complejos y poco intuitivos. Nuestra última charla y, en eso andamos, son los conceptos de inercia, el principio de Mach y la masa. Generalmente leemos sobre un tema en particular y luego lo discutimos. ¡Nos divertimos bastante!

Siempre me ha interesado la Historia. Conocer el devenir de las cosas. En cualquier tema de estudio, nada mejor que buscar los orígenes, a quién y cómo se le ocurrió la idea, y su devenir a lo largo del tiempo. Con el Dr. Víctor A. Ramos, editamos en el año 2018 un número especial en la Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba sobre "El Nacimiento de la Geología en la Enseñanza Universitaria", con la historia de cómo se

desarrolló nuestra disciplina en las distintas universidades y departamentos de nuestro país.

Con la Dra. Alina B. Guerreschi y el Dr. Víctor A. Ramos hicimos una publicación especial en la Asociación Geológica Argentina rescatando el papel de la mujer en la geología en el año 2021. Aquí debo hacer una reflexión y reconocimiento personal. Si bien en estos últimos años la política de género ocupa un lugar muy importante, en mi historia personal el rol de la mujer fue siempre de respeto, de igualdad y de liderazgo. Mi mamá Berta, mi abuela Inés; Liliana, mi esposa, Julieta mi hija; Susana, mi compañera de estudios; Gisela Pettinari colega, amiga mía y de mi familia; Alina con quien trabajamos codo con codo hace mu-

chos años. No sería quien soy sin el amor, la presencia, la ayuda, la comprensión, el incentivo a luchar y el compañerismo de todas ellas. No me puedo olvidar de mi abuela materna Luisa, esposa de mi abuelo Ludovico. Si bien de una relación más lejana, era muy reservada, arreglaba mi ropa, hacía unas empanadas sanjuaninas espectaculares y pan dulce para Navidad. Yo era el encargado de conseguir las latas para el horneado y de la compra de los piñones y el agua de azahar para esos panes dulces.

■ FAMILIA Y UNA VIDA DEDICADA A LA DOCENCIA Y A LA CIENCIA... ¡EN SENTIDO AMPLIO!

Mi familia fue una parte muy positiva de mi vida. Mi esposa Liliana



Figura 16. Entrega del diploma cuando me otorgaron la titularidad por concurso de la Cátedra de Geología Tectónica con Julieta, Liliana y Santiago (Rectorado Viejo, UNC, Córdoba, Diciembre de 2005).

siempre me apoyó en todo. Cria-mos conjuntamente a nuestros hijos. Nuestra vida no estuvo exenta de dificultades económicas, ya que venimos de familias de clase media trabajadora. Sin embargo, con amor y mucho trabajo fuimos resolviendo todo tipo de dificultades. Mi familia fue siempre un soporte de mis actividades académicas (Figura 17).

Mis dos hijos, Julieta y Santiago, siempre se acercaban a mi mesa de trabajo en casa, les brindaba papeles, lápices de color y otros utensilios. Les llamaba mucho la atención lo que hacía. A su nivel, siempre les explicaba mi trabajo. Les traía fotos, minerales y rocas de mis viajes. Les contaba cuentos de la 'Vizcachacha Chacha', personaje que inventé en ese tiempo, que habitaba en mi zona de trabajo. Siempre incentivé el estudio y el conocimiento como una forma de dignificarse a sí mismos y de respetar y comprender a los demás. También como una herramienta de lucha en esta vida como me había enseñado Berta, mi madre. Siempre nos animó a mí y a mi hermano a que estudiáramos. Mi hermano Adolfo es también docente, científico, biólogo, herpetólogo, amante de sapos y ranas y de sus cantos. Trabaja en la Universidad Nacional de Río Cuarto.

Mis hijos siguieron carreras universitarias. Julieta la mayor estudió Biología en la Universidad Nacional de Córdoba y luego partió a hacer un posgrado en la Universidad de Maine, sita en Portland (Estados Unidos), en donde recibió un Ph.D. en Biología Molecular. Tuvo una Beca Fullbright, trabajó dos años en el Instituto Leloir en Buenos Aires devolviendo el compromiso con la beca mencionada y luego regresó a Portland para casarse con Aaron C. Brown. Ambos investigan y trabajan en Biología Molecular en distintas especialidades. Julieta actualmente

lo hace en una compañía de servicios de genética clínica. Mi hijo Santiago, el menor, tiene un grado en Ciencias Políticas y Relaciones Internacionales de la Universidad Católica de Córdoba y actualmente está terminando la carrera de Psicología en la Universidad de Belgrano en Buenos Aires. Trabaja en Comercio Internacional. Vive con su pareja María Agustina Bianco, Licenciada en Administración de Empresas, 'Agus' para todos nosotros. Santiago fue influido más por mi esposa. Ella es Licenciada en Ciencias de la Información y trabaja en una compañía de desarrollos inmobiliarios a nivel nacional e internacional. Siempre bromeamos diciendo que, como familia, estamos "divididos" entre "ciencias duras y blandas". Son interesantes los enfoques cuando discutimos la realidad que nos rodea.

■ REFLEXIÓN FINAL Y METAS FUTURAS

Mis trabajos científicos son leídos y citados por las generaciones jóvenes. Recibo comentarios y preguntas de estos jóvenes, a veces personales o por email. Cuando me encuentro y hablo con algún exestudiante se acuerdan, risueñamente, de algunas licencias didácticas con materiales cotidianos de distinta reología y asociación para explicar deformaciones: latas de cerveza, botellas de plástico, distintos tipos de quesos, dulce de membrillo, dulce de leche, maicena, huevos duros y otras sustancias. En la docencia, tarea fundamental en la formación de las generaciones futuras, me preocupé siempre de enseñar un poco más allá del grado utilizando un esquema epistemológico que extraje de mis maestros, a través de sus escritos o personalmente: observar, describir e interpretar. No solamente enseñando lo básico, sino dejando preguntas, marcando algún hecho inexplicado todavía. Un científico

se debe a los hechos. Siempre hice hincapié en el campo: ahí están los hechos, el laboratorio natural donde la Naturaleza hizo su experimento. Una carta geológica es un registro objetivo de esos hechos, de ahí su importancia liminar. Nuestra misión es saber cómo fue realizado ese experimento, que es un hecho físico-químico y a la vez es único, un hecho histórico de algún momento de la "vida" del planeta. El estudio y la práctica de la Geología significaron y significan para mí "...unos ojos nuevos para ver el mundo" (Rovelli 2016).

Las palabras del petrólogo estadounidense Wallace G. Ernst (1931, St. Louis, Missouri, Estados Unidos) a quien admiro profundamente, ilustran adecuadamente nuestra misión: *"La Geología es el estudio combinado, matemático, físico, químico y biológico de la Tierra tal como hoy se nos presenta, y de los procesos y etapas a través de los cuales ha evolucionado nuestro planeta. La Geología es una ciencia derivada por cuanto depende de las ciencias físicas y biológicas y aplica sus principios al estudio de la Tierra. No obstante, se diferencia de estas ciencias de un modo fundamental. Virtualmente todos los procesos y acontecimientos terrestres deben ser inferidos de las pruebas disponibles en el presente y, por su misma naturaleza y magnitud, la mayoría de ellos no pueden ser reproducidos o verificados en el laboratorio; la observación directa está severamente restringida porque casi todos los procesos y acontecimientos principales tuvieron lugar a gran profundidad o en el pasado prehistórico. Por consiguiente, el estudio de la Tierra es un desafío y una frustración al mismo tiempo -un desafío por cuanto esta disciplina requiere de una base integral en las ciencias primarias, y una frustración porque las soluciones definitivas de los problemas geológicos*

son alcanzadas pocas veces-. Pese a estos imponderables, el estudio de la Tierra nos recompensa con largueza porque nos proporciona una apreciación y un conocimiento de todo nuestro ambiente físico, presente y pasado, en una extensión no obtenible por medio de otra ciencia.” (En: Ernst, W.G. 1974. Los materiales de la Tierra. Ediciones Omega. Barcelona. 150 p. Su capítulo 2, Petroquímica, es una de las más bellas introducciones a la Termodinámica de los Geomateriales).

Acabo de cumplir 70 años y, si bien estoy jubilado como docente, todavía trabajo activamente. Soy Investigador Principal contratado por el Conicet, estoy codirigiendo dos tesis doctorales y dos trabajos finales. Como desafío por delante quiero escribir un libro en castellano de Geología Estructural y poner los archivos de mis clases de grado en internet. Estas clases son la base del libro. También estoy desarrollando una serie de trabajos regionales de síntesis sobre la relación de las zonas de cizalla con el emplazamiento de magmas graníticos. Quiero también dar un impulso final al Laboratorio de Tectónica Experimental. Son cosas “que quedaron en el tintero”. Para cerrar el círculo, quiero publicar la parte estructural mi Tesis Doctoral, donde comenzó todo, cerrando el círculo. Me acompañan siempre unos versos de Atahualpa Yupanqui, regalo de Héctor “Cacho” Luque “¡Tomá Cabeza (él me decía así), esto es para vos!”, escrito en un papelito con letra apretada, allá por el año 1979], amigo del alma, guitarrero y geólogo que nos dejó hace un tiempo atrás y al que no le pude decir adiós:

Tanto vivir entre piedras
Yo creí que conversaban
Voces no he sentido nunca
Pero el alma no me engaña.

Algún algo han de tener
Aunque parezcan calladas
No de balde ha llenau Dios
De secretos la montaña.

Algo se dicen las piedras
A mí no me engaña el alma
Temblor, sombra o que sé que yo
Igual que si conversaran.

Malaya pudiera un día
Vivir así: sin palabras.

■ REFERENCIAS

- Aceituno, P.C., Giambastiani, M., Rocca, R.J. y Martino, R.D. 2014. Geotechnical Characteristics in Road Tunnels of Sierra Valle Fértil. San Juan. Argentina. Proceedings of the World Tunnel Congress 2014. “Tunnels for a better life”. Foz du Iguaçu, Brasil. 7 pgs..
- Anzil P.A. y Martino, R.D. 2009a. Aspectos geoquímicos relacionados a la serpentización y anfibolitización del cuerpo ultramáfico de La Cocha, Sierra Chica, Córdoba. Revista de la Asociación Geológica Argentina 65(3): 468-478.
- Anzil, P. y Martino, R.D. 2009b. The megascopic and mesoscopic structure of La Cocha ultramafic body, Sierra Chica of Córdoba, Argentina. Journal of South America Earth Sciences 28: 398-406.
- Anzil P.A. y Martino R.D. 2012. Petrografía y geoquímica de las anfibolitas de La Cocha, Sierra Chica, Córdoba. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 69: (2) 261-272.
- Bell, T.H. y Etheridge, M.A. 1973. Microstructure of mylonites and their descriptive terminology. Lithos 6: 337-348.
- Bonalumi, A., Martino, R., Sfragulla, J., Baldo, E., Zarco, J., Carignano, C., Tauber, A., Kraemer, P., Escayola, M., Cabanillas, A., Juri, E. y Torres, B. 1998. Hoja Geológica 3166-IV. Villa Dolores. Provincia de Córdoba. SEGEMAR. Instituto de Geología y Recursos Minerales. (Memoria y Mapa Geológico). Boletín 250. Buenos Aires. Argentina.
- Bonalumi, A.; Martino, R.; Sfragulla, J.A.; Carignano, C. y Tauber, A. 2005. Hoja Geológica 3363-I. Villa María, Provincia de Córdoba. SEGEMAR. Instituto de Geología y Recursos Minerales. (Memoria y Mapa Geológico). Boletín 347. Buenos Aires. Argentina.
- Caro Montero, A., Martino, R.D. y Guerreschi, A.B. 2018. Anomalous deep earthquakes related to the Ojo de Agua lineament and its tectonic significance. Sierras Pampeanas of Córdoba, Central Argentina. Geodesy and Geodynamics 9: 77-92.
- Caro Montero, A. 2019. Estructura, cinemática y evolución del fallamiento terciario de la Sierras Pampeanas de Córdoba, Argentina Central. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Tesis Doctoral. Inédita. 231 p + Anexos
- Enciclopedia Internacional Focus, 1968. Volúmenes de Extensión II: La Técnica (781 p.) y III: La Materia (739 p.). Librería Editorial Argos S.A., Barcelona.
- Chincarini, A., Martino, R. y Guerreschi, A. 1998: Yacencia del gabro

- del Cerro San Lorenzo, Sierra de Comechingones, Córdoba, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 53(4): 435-444.
- Fernández, J.S y Galloni, E.E. 1975. Física Elemental. Tomo I. Librería y Editorial Nigar. Buenos Aires, 502 p.
- Fracchia, D. 2018. En busca del geólogo olvidado. Edición del autor. <https://www.researchgate.net/publication/312165356>. 171 p.
- Guereschi, A. y Martino, R. 1999. Los mármoles de alto grado del macizo de San Carlos (Río Hondo, Cuchi Yaco y Sagrada Familia), Sierras de Córdoba; Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 54 (1): 36-46.
- Guereschi, A. y Martino, R. 1998. Las Migmatitas Estromatíticas de Huerta Vieja, Sierra de Comechingones; Córdoba; Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 53 (1): 101-116.
- Guereschi, A. y Martino, R. 2002. Geotermobarometría de migmatitas y gneises del sector centro-oriental de la Sierra de Comechingones, Córdoba. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 57 (4): 365-375.
- Guereschi, A. y Martino, R. 2003. Trayectoria textural de las metamorfitas del sector centro-oriental de la Sierra de Comechingones, Córdoba. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 58 (1): 61-77.
- Guereschi, A.B., Martino, R.D. y Ramos, V.A. 2021. La Mujer en la Geología. Publicación Especial 37. Asociación Geológica Argentina. 153 pgs. ISSN 0328-2767.
- Guitard, G. 1970 (1965). Le métamorphisme hercynien mésozonal et les gneiss œillés du massif du Canigou (Pyrénées orientales). *Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières* 63, 353 p.
- Hallam, A. 1976. De la Deriva de los Continentes a la Tectónica de Placas. Colección Labor N° 208. Editorial Labor S.A., Barcelona. 173 p.
- Higgins, M.W. 1971. Cataclastic Rocks. Geological Survey Professional Paper 687. Washington. 97 p.
- Hobbs, B.E., Means, W.D. y Williams, P.F. 1981. Geología Estructural. Ediciones Omega, Barcelona. 518 p.
- Kraemer, P., Martino, R., Giambastiani, M. y Sfragulla, J. 1988. Análisis dinámico-cinemático preliminar de la Falla de Santa Rosa, Dpto. de Calamuchita, Prov. de Córdoba. *Actas V Reunión s/Microtectónica*, pgs. 107-120, Córdoba.
- Kraemer, P., Escayola, M. y Martino, R. 1995. Hipótesis sobre la evolución tectónica Neoproterozoica de las Sierras Pampeanas de Córdoba 30°00'-32°00' LS, Provincia de Córdoba. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 50 (1-4): 47-59.
- Knopf, E.B. e Ingerson, E. 1938. Structural Petrology. Geological Society of America. Memoir 6. Washington D.C.. 270 p.
- Lapworth, C. 1885. The Highland controversy in British geology; its causes, course and consequences. *Nature* 32: 558-559.
- MacKinstry, H.E. 1977. Geología de Minas. Editorial Omega. Barcelona. 672 p.
- Magliola Mundet, H. Memento sur la methode de leve topographique á employer en Geologie Minière. 5 p. + Annexe: Planchette Topochaix. (Fotocopia del autor, sin fecha).
- Martino, R.D. 1988. '*Geología y Petrología del Basamento Metamórfico de la Región situada al Norte de Cuchilla Nevada. Sierra Grande de Córdoba*'. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Tesis Doctoral (Inédita). 154 p + 4 Anexos (DRX, Química Mármoles, Cuadros Interpretativos, Fotografías y Microfotografías, 29 Figuras, Mapas, Secciones, Esquemas Interpretativos).
- Martino, R.D., 1992. Estructura de los mármoles de Corral del Carrero, Pampa de San Luis; Sierra Grande de Córdoba. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 47(4): 417-424.
- Martino, R.D. y Kraemer, P.E. 1992a. Estructura de los mármoles y rocas asociadas de Iguazú, Sierra Grande; Provincia de Córdoba. VI Reunión s/Microtectónica. *Monogr. Acad. Nac. de Cs. Ex. Fís. y Nat.* N° 8, pgs. 35-39. Buenos Aires.
- Martino, R.D. y Kraemer, P.E. 1992b. Consideraciones sobre la fábrica milonítica y foliaciones de los mármoles y rocas asociadas de Iguazú, Sierra Grande; Provincia de Córdoba. VI Reunión s/Microtectónica. *Monogr. Academia Nacional de Ciencias Exactas Físicas y Naturales* N° 8, pgs. 143-147. Buenos Aires.

- Martino, R.D. 1993. La Faja de Deformación 'Guamanes': Petrografía, Estructura Interna y Significado Tectónico, Sierra Grande de Córdoba; Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 48(1): 21-32.
- Martino, R., Munn, B., Kraemer, P., Escayola, M. y Guereschi, A. 1994a. Thermobarometry at 32° 00' S in the Pampean Ranges near Córdoba, Argentina. *Geological Society of America, Abstracts with Program*, p. A-226, Seattle (EE.UU.).
- Martino, R.D., Escayola, M.P. y Saal, A. 1994b. Estructura interna de la "kinzigita" del Río Santa Rosa, Departamento Calamuchita, Provincia de Córdoba. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 49 (1-2): 3-10.
- Martino, R., Kraemer, P., Escayola, M., Giambastiani, M. y Arnosio, M. 1995. Transecta de las Sierras Pampeanas de Córdoba a los 32°00' LS. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 50 (1-4): 60-77.
- Martino, R., Guereschi, A. y Giambastiani, M. 1997a. El sinformal de la Sierra Blanca: petrología y evolución estructural, Sierra de Comechingones; Córdoba; Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 52 (2): 41-46.
- Martino, R., Guereschi, A. y Sfragulla, J. 1997b. Las Anatexitas y la Venas Auríferas de Río Hondo, Extremo Sudoriental del Macizo de San Carlos, Córdoba, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 52 (4): 433-450.
- Martino, R., Guereschi, A. y Sfragulla, J. 1999: Los pliegues no cilíndricos de Sagrada Familia y su significado en la evolución deformacional del Macizo de San Carlos, Córdoba; Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 54 (2):139-151.
- Martino, R. y Guereschi, A. 2000. Las Granulitas Calcosilicáticas con Wollastonita y Escapolita del Macizo de San Carlos, Sierra de Córdoba, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 55(1-2): 100-110.
- Martino, R.D. y Zapata, R.I. 2001. Plegamiento en vaina de tipo 'a' de Los cuerpos ultramáficos y estructura general de la región de Sintonsacate, Sierra Chica de Córdoba, República Argentina. *Avances en Microtectónica (X Reunión). Asociación Geológica Argentina, Serie D: Publicación Especial N° 5: 139-142.*
- Martino, R.D. 2003. Las fajas de deformación dúctil de las Sierras Pampeanas de Córdoba: una reseña general. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 58 (4): 549-571. Número especial dedicado a Félix González Bonorino: *Geología de las Sierras Pampeanas.*
- Martino, R.D., Guereschi, A. B. y Sfragulla, J.A. 2003. Petrografía, estructura y significado tectónico de la Faja de Deformación Los Túneles en las Sierras de Pocho y Guasapampa, Córdoba. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 58 (2): 223-247.
- Martino, R. D. 2004. Análisis Estructural de Deformaciones Sinsedimentarias: los pliegues de la Formación El Escondido, Sierra de Ambargasta, Santiago del Estero. *Avances en Microtectónica y Geología Estructural. Asociación Geológica Argentina. Serie D: Publicación Especial N°7: 20-26.*
- Martino, R. D. y Guereschi, A. B. 2005. Estructuras primarias, secundarias y evolución estructural de las corneanas de La Clemira, Sierra de Ambargasta, Santiago del Estero. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 60 (2): 327-335.
- Martino, R.D. 2005. Segregación y sentido de ascenso de fundidos graníticos en las migmatitas estromatíticas encajonantes del Plutón El Pilón, Sierras Pampeanas de Córdoba. Tomo I: 897-902. XVI Congreso Geológico Argentino. La Plata.
- Guereschi, A.B. y Martino, R.D. 2008. Field and Textural Evidence of Two Migmatization Events in the Sierras de Córdoba, Argentina. *Gondwana Research* 13 (2): 176-188 (doi:10.1016/j.gr.2007.07.005).
- Martino, R.D. y Sfragulla, J. A. 2004. Los esquistos bandeados a 120 años de su definicion: una propuesta de su significado tectónico y paleogeografico actual. *Resúmenes de la XII Reunión sobre Microtectónica y Geología Estructural*, p.23. Cafayate. Provincia de Salta.
- Martino, R.D., Guereschi, A.B. y Sfragulla, J.A. 2009. Los esquistos bandeados de Tuclame en las Sierras Pampeanas de Córdoba y su relación con el basamento metamórfico del noroeste argentino. XIV Reunión de Tectónica. *Resúmenes*, p. 60. ISBN 978-950-665-533-4. 21-24 Abril 2009. Río Cuarto.
- Martino, R.D., Guereschi, A.B. y Sfragulla, J.A. 2009. Petrology, structure and tectonic significance of the Tuclame banded schists in the Sierras Pampeanas of Córdoba and its relationship with the metamorphic basement of

- Northwestern Argentina. *Journal of South America Earth Sciences* 27: 280-298. DOI: 10.1016/j.jsames.2009.01.003
- Martino, R. D., Guerreschi, A. B., Carignano, C. C., Calegari, R. J., Manoni, R. 2012. Diques clásticos y ejes XYZ de la deformación finita en la cuenca cretácica de Copacabana, Pajarillo y Masa, Sierra Chica de Córdoba. *Actas de la XIII Reunión Argentina de Sedimentología*, pgs. 134-135. Salta.
- Martino, R. D. y Guerreschi, A. B. (eds.), 2014a. *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba*. Relatorio del 19º Congreso Geológico Argentino. Asociación Geológica Argentina, Córdoba, 1350 p. ISBN 978-987-22403-8-7.
- Martino, R. D., Guerreschi, A. B., Carignano, C.C., Calegari, R. y Manoni, R. 2014b. La estructura de las cuencas extensionales cretácicas de las Sierras de Córdoba. En: Martino, R.D. y Guerreschi, A.B. (eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba, Relatorio del 19º Congreso Geológico Argentino*, I-A-2: 513-538, Asociación Geológica Argentina, Córdoba. ISBN 978-987-22403-8-7.
- Martino, R. D., Giambastiani, M., Rocca, R. J., Guerreschi, A. B., Huerta Soaje, P. J. y Marcet, J. E. 2015. Determination of the stress state in the Andean Cordillera Frontal near the border between Argentina and Chile. En: *Integrating Innovations of Rock Mechanics* (Rocca, R. J., Flores, R. M. y Sfriso, A. O. Eds.), *Proceedings of the 8th South American Congress on Rock Mechanics*: pp. 245-252, IOS Press. Buenos Aires, 15-18/11/2015. ISBN: 978-1-61499-604-0 (print), 978-1-61499-605-7 (online).
- Martino, R.D., Guerreschi, A.B., Palacio, J.P. 2016a. Estructura y cinemática de venas sintaxiales en testigos de pozos, Formación Vaca Muerta, Cuenca Neuquina. 1ª Reunión sobre Fluidos y Deformación (F&D2016), Resúmenes: p. 5-6. Buenos Aires, 1-5 de agosto de 2016.
- Martino, R.D.; Guerreschi, A.B. y Caro Montero, A. 2016b. Re-activation, inversion and basement faulting and thrusting in the Sierras Pampeanas of Córdoba (Argentina) during Andean flat-slab deformation in 'Tectonic evolution and mechanics of basement-involved fold-thrust belts' (Thematic Issue, Ed. Olivier Lacombe). *Geological Magazine*, pgs. 1-30, doi:10.1017/S0016756816000339. (Publicado Online).
- Martino, R.D., Guerreschi, A.B., Carignano, C.A., Sfragulla, J.A., Bonalumi, A.A. 2020. Mapa Geológico de la Provincia de Córdoba (con Memoria). Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Serie Publicaciones No 172, 82 pp. Buenos Aires. <https://repositorio.segemar.gov.ar/handle/308849217/4117>
- Mattauer, M. 1976. Las deformaciones de los materiales de la corteza terrestre. Ediciones Omega, Barcelona. 524 p.
- Mullin Moenckeborg, E.A. 1977. Impulso y Creación. Universidad Nacional de Córdoba. Dirección General de Publicaciones. 94 p.
- Neumann, E.E. 2006. Subiendo y bajando cerros. Anécdotas de 20 años de minería en el Sud de Córdoba y San Luis. Editorial de la Fundación Universidad Nacional de Río Cuarto (EFUNARC). Serie "Aportes a la Educación". 119 p.
- Painceyra, R.A. y Martino, R.D. 2001. Primeros resultados del análisis dinámico y cinemático del Cerro Sauce Punco, Sierra Norte de Córdoba. *Avances en Microtectónica* (X Reunión). Asociación Geológica Argentina, Serie D: Publicación Especial N° 5: 69-73.
- Passchier, C.W. y Trouw, R.A.J. 2005. *Microtectonics*. Springer Verlag, 2nd edition, 366 p.
- Putz, M., Stüwe, K., Jessell, M. y Calcagno, P. 2006. Three-dimensional model and late stage warping of the Plattengneis Shear Zone in the Eastern Alps. *Tectonophysics* 412: 87-103.
- Ramsay, J.G. 1977. Plegamiento y fracturación de rocas. Ediciones H. Blume. Madrid. 590 p.
- Ramos, V. A., Martino, R. D., Otamendi, J. E. y Escayola, M. P. 2014. Evolución geotectónica de las Sierras Pampeanas Orientales. En: Martino, R.D. y Guerreschi, A.B. (eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba, Relatorio del 19º Congreso Geológico Argentino*, I-B-1: 965-977, Asociación Geológica Argentina, Córdoba. ISBN 978-987-22403-8-7.
- Ramos, V.A., Vujovich, G., Martino, R., Otamendi, J. 2010. Pampia: a large cratonic block missing in the Rodinia supercontinent. *Journal of Geodynamics* 50: 243-255. doi: 10.106/j.org.2010.01.019.
- Ramos, V.A. y Martino, R. 2018. Editores Invitados. El Nacimiento

- de la Geología en la Enseñanza Universitaria. *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba*, vol. 5, Suplemento 1, 163 p.
- Rodgers, J. 1983 The Life History of a Mountain Range - The Appalachians. Chapter 2-8. En: *Mountain Building Processes* (Ed. Kenneth J. Hsü). Academic Press, London. 263 p.
- Rujo, A. 2021. <https://www.laizquierdadiario.com/La-huelga-ferroviaria-contra-del-gobierno-de-Frondizi>. (Nota del 10 de diciembre de 2021).
- Rovelli, C. 2016. *Siete breves lecciones de Física*. Anagrama. Barcelona. 99 p.
- Siegesmund, S., Steenken, A., Martino, R., Wemmer, K., López de Luchi, M. Frei, R., Presnyakov, S. y Guereschi, A. 2010. Time Constraints on the Tectonic Evolution of Eastern Sierras Pampeanas (Central Argentina). *International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau)* 99:1199-1226. DOI 10.1007/s00531-009-0471-z.
- Steenken, A., Wemmer, K., Martino, R. D., López de Luchi, M. G., Guereschi, A. B., Siegesmund, S. 2010. Post-Pampean cooling and the uplift of the Sierras Pampeanas in the west of Córdoba (Central Argentina). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie – Abhandlungen*, 256/2: 235-255. E. Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart, Germany. DOI: 10.1127/0077-7749/2010/0094.
- Simpson, C. y Schmid, S.M. 1983. An evaluation of criteria to deduce the sense of movement in sheared rocks. *Geological Society of America Bulletin* 94: 1281-1288.
- Thompson, J. B. 1957. The graphical analysis of mineral assemblages in pelitic schists. *American Mineralogist* 42: 842-858.
- Turner, F.J y Weiss, L.E. 1963. *Structural Analysis of Metamorphic Tectonites*. McGraw-Hill Book Company. New York. 545 p.
- Varios Autores. 1976. *Deriva Continental y Tectónica de Placas. Seleccion de Scientific American con Introducciones de J. Tuzo Wilson*. H. Blume Ediciones. 2a. Edición. Madrid. 271 p.
- Wilson, G. 1978. Significado tectónico de las estructuras menores y su importancia para el geólogo en el campo. *Fundamentos de las Ciencias de la Tierra*. Editorial Omega. Barcelona. 107 p.

LOS RECIENTES DIEZ AÑOS

por Pablo Miguel Jacovkis

pablo.jacovkis@gmail.com



La Reseña original de Pablo Jacovkis puede consultarse en <https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-2-no-4-2014/>. [NdE]

Han pasado diez años desde que escribí una especie de “reseña autobiográfica” en esta revista. Muy amablemente, Miguel Blesa me pide ahora una actualización. Como no me retiré y sigo activo (“todavía cuento”, diría Miguel), puedo comentar algunas actividades de estos últimos diez años.

Por un lado, me dediqué muy entusiastamente a la gestión universitaria, en la Universidad Nacional de Tres de Febrero (UNTREF), con dos sombreros: el de Secretario de Investigación y Desarrollo y el de director del Centro Interdisciplinario de Estudios Avanzados (CIEA); ambos los desempeñé desde 2012. Aparte, debo mencionar mis actividades de investigación, que detallaré en seguida, y algunas actividades adicionales en la Universidad de

Buenos Aires –de la que soy profesor emérito-, tanto en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales como en la de Ingeniería.

El entonces Rector y actual Rector Emérito de UNTREF, Aníbal Jozami, me invitó a dirigir la flamante Secretaría de Investigación y Desarrollo de la UNTREF, que empezó a funcionar a mi cargo el 1º de marzo de 2012, y desde entonces la dirijo. Es muy desafiante y agradable un cargo de gestión en una universidad nueva –fue creada en 1995- en la cual existe un proyecto común en el que todos participan con entusiasmo, y he tenido siempre el apoyo tanto de Jozami como del actual rector (y entonces Vicerrector) Martín Kaufmann y de la actual Vicerrectora, Diana Wechsler. El proyecto –que creo que está siendo exi-

toso- era seguir fortificando las áreas en las que UNTREF ya se destacaba (artes, historia, y algunas otras áreas de ciencias sociales y humanidades: todo lo que funciona bien debe ser protegido y reforzado, sin desmedro del apoyo a otros sectores) y avanzar con el desarrollo de la investigación –y de la investigación aplicada- en las áreas en la cual era necesario una mayor solidez (salud, ingeniería); el apoyo de mis colaboradores, y en particular de los dos principales, Diego Federico y Beatriz González Selmi, ha sido fundamental.

Y además de eso, como actividad adicional de gestión –como ya indiqué-, también desde esa fecha dirijo el Centro Interdisciplinario de Estudios Avanzados de la UNTREF, una especie de *think tank* que plantea problemas actuales y escenarios

futuros de nuestro país, teniendo en cuenta políticas alternativas que puedan llevar a esos escenarios futuros.¹ Nos ocupamos de diversos temas y, aparte de ejercer la dirección del CIEA, me involucro personalmente en los temas de informalidad estructural, energía y transporte, que considero claves para el futuro del país. En ese sentido, respecto de la energía, en el CIEA dirigí un estudio sobre la percepción de actores sociales y políticos sobre las ventajas e inconvenientes de la explotación de los recursos hidrocarburíferos no convencionales en la Provincia de Neuquén, para la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) de la Nación, además de organizar reuniones sobre la importancia del hidrógeno, del litio y de la energía nuclear (con nuevos reactores pequeños, más baratos, más seguros y que demandan significativamente menos tiempo para su puesta a punto). Respecto del transporte, también para la SPU dirigí un estudio de perspectiva multidisciplinaria para la planificación estratégica del transporte ferroviario en el país, lo cual me llevó a analizar el transporte ferroviario en la Argentina con contribución de dos artículos que intentan mostrar la decadencia de este poderosísimo medio de transporte (que, dicho sea de paso, sirvió para consolidar la unión nacional en la última mitad del siglo XIX), lo cual en un país de la extensión y densidad de población de la Argentina me parece directamente suicida (en mis trabajo comparé la diferencia de enfoque entre Argentina y otros países de tamaño similar o mayor o distinto grado de desarrollo, como China, India, Rusia, Australia, Sudáfrica y Canadá). Aprovechando mi pertenencia a la Academia Nacional de Geografía (soy académico desde 2022), con mi colega académico Martín Orduna preparamos un análisis con visión global del transporte y propuestas para su mejoramiento, que dicha Academia hizo

suyo, y que podría servir de insumo para una política nacional, aunque en estas épocas la idea de planificación está un poco abandonada, por decirlo suavemente. Y con respecto a la informalidad estructural, y con el extraordinario empuje de mi colaborador en el CIEA Diego Masello, y nuestra fructífera asociación con la Fundación UOCRA creamos el ITRAS (Instituto de Ciencias Sociales del Trabajo y Acción Sindical), que dirige Diego, y realizamos estudios, documentos, boletines y publicaciones que considero que poseen un enfoque original y muestran detalladamente lo que uno se puede imaginar: la constancia (en forma de meseta) de la informalidad estructural durante los años de las vacas gordas (o semigordas) de la primera década de este siglo, en la que parecía que el país se iba recuperando, y el aumento sistemático de la misma a partir del 2011. Nuestros análisis detallan la desesperante necesidad de mejora y actualización de la educación formal, y la necesidad de un proyecto a largo plazo que sea compartido por las principales fuerzas políticas del país (lo cual, desgraciadamente, no parece que se produzca en forma inmediata), pues todo lo que tenga que ver con educación es a largo plazo.

Últimamente me estoy dedicando bastante a temas en los cuales ya me había involucrado desde hacía un tiempo: historia y política de la ciencia y de la tecnología en el país; al respecto, contribuí con los capítulos sobre matemáticas y computación al libro preparado por la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires en conmemoración del sesquicentenario de la creación del Departamento de Ciencias Exactas, origen de la Facultad, y también sobre la historia de la computación en la Facultad de Ingeniería; eso sin dejar de analizar las relaciones de los universitarios y

los científicos argentinos con los militares (que desde 1930 hasta 1983 -y un poco de tiempo más- fueron el "partido político" más influyente del país). Además, por un lado preparé biografías de algunos participantes de ella; en primer lugar, Manuel Sadosky, que puede ser considerado el "padre" de la investigación en informática en el país, y de Rebeca Chereb de Guber, "la madre", e incluso de un personaje muy interesante y poco estudiado, Juan Carlos Escudé, algunos de cuyos proyectos de desarrollo en computadoras fracasaron por el poco interés de la Armada en ellos: lo que me resultó particularmente significativo al respecto es que, a diferencia de, por ejemplo, Sadosky, Escudé no era -ni podía ser- sospechado de tener "ideas subversivas": el poco interés en sus proyectos, en la época de la dictadura militar 1976-83, y la preferencia por comprar en el exterior tiene más causas culturales que ideológicas.²

Me interesé también en el impacto en matemáticas de la situación en Europa en la década de 1930 (década siniestra, superada, desgraciadamente, por la década siguiente), y estudié dos casos arquetípicos, sobre los cuales también publiqué: los judíos italianos Beppo Levi y Alessandro Terracini, exiliados en nuestro país debido a las leyes raciales de 1938 de Mussolini. Levi permaneció en Rosario hasta su fallecimiento en 1961, y Terracini regresó a Italia desde Tucumán poco después de terminada la guerra.

Esto conduce irremediablemente, por extensión, a una visión global de la estructura socioeconómica de Argentina, entre otras cosas por hacerme las preguntas que muchos se hacen (y tratar de contestarlas): ¿Qué pasó con nuestro país? ¿A qué se debe su decadencia, que lo convierte en un país "en vías de subdesarrollo"? ¿Cómo podemos revertir

ese proceso? Algo sobre eso escribí también en *Archivos del Presente*, con ideas que sigo elaborando, discutiendo con colegas y modificando y corrigiendo. Pero no soy muy optimista respecto de que mis ideas (o las de cualquier intelectual que se plantee estos problemas, y son muchos y muy prestigiosos quienes lo han hecho, no sólo economistas) lleguen a influir en la clase política argentina, ocupada en otros menesteres.

Un aporte al respecto es un proyecto lanzado hace algún tiempo por varias universidades del conurbano bonaerense, cuyos gestores fueron los doctores Miguel Blesa³ y Jorge Fernández Niello,⁴ de la Universidad Nacional de San Martín: ¿En qué conurbano queremos vivir?. Originariamente, aparte de ellos dos como miembros de dicha universidad, de mí por parte de UNTREF, y de autoridades del área de ciencia y tecnología de las Universidades Nacionales de Quilmes y de La Matanza, en 2022 se publicó un libro con capítulos escritos por diversos investigadores de las universidades del conurbano, y el éxito obtenido nos llevó, el año pasado, a proponer un segundo tomo, que se publicó este año (electrónicamente, al igual que el primero, ambos a cargo de la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias, cuya ayuda en ese sentido fue inestimable), con más capítulos y la incorporación de otra universidad nacional del conurbano: Avellaneda.⁵ Ya estamos preparando el tercer tomo, al cual se sumará la Universidad Nacional de Hurlingham.

A todo eso se agrega una tesis de doctorado relacionada, la de Hernán Bressi, defendida en 2022, que dirigí sobre la historia de la Universidad Tecnológica Nacional, desde sus orígenes durante el primer peronismo como Universidad Obrera

Nacional hasta su transformación (con peligro de desaparición, afortunadamente superado, a la caída de Perón) con su nombre actual tras su derrocamiento (el adjetivo “obrero”, posiblemente, resultaba irritativo a las autoridades nacionales que reemplazaron a Perón); es muy curioso que una iniciativa tan importante no sea indicada normalmente por los partidarios del general Perón como uno de las ideas importantes de sus primeras dos presidencias: lograr que los obreros experimentados tuvieran un título universitario adquiriendo en dicha institución los conocimientos teóricos que les faltaban; actualmente ese sesgo se ha perdido: es una universidad nacional (en algunas regionales, muy prestigiosa), similar a las demás universidades nacionales, con diferencias debidas exclusivamente a su estructura institucional federal distribuida en regionales en todo el país.

Pero también mantuve mi investigación “tradicional” en mis áreas de modelización matemática interdisciplinaria: con Andrés Porta y mi antigua tesista de doctorado Yanina Sánchez seguimos trabajando en los problemas numéricos de contaminación aérea debida a un accidente natural o antropogénico, y dirigí la tesis de doctorado en química en la Universidad Nacional de La Plata (con Yanina como codirectora) de Daniela Mellado, defendida en 2020. La tesis de Daniela consistió en estimar los patrones temporales de las concentraciones de contaminantes de interés para una escala espacial representativa, las relaciones entre las concentraciones de los contaminantes de interés con respecto a los parámetros meteorológicos para una región representativa y, sobre todo, las regiones de origen de las emisiones, las cuales permiten identificar geográficamente las fuentes potenciales de los contaminantes bajo estudio. Y también

dirigí la tesis de doctorado de Ana Curcio sobre modelización en ingeniería de petróleo, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, defendida en 2021: la tesis consistió en simular y estudiar la respuesta electromagnética generada al realizar operaciones de fractura hidráulica en un reservorio no convencional, lo cual requiere por un lado estudiar su evolución dinámica y por otro lado estudiar el efecto de la anisotropía eléctrica en diferentes escenarios geológicamente plausibles antes, durante y después de la operación de fractura.

Mi amistad con Mario Bunge, que había sido muy amigo de mi padre durante sus respectivas adolescencias, me llevó colaborar con él en el seminario (¡que organizó anualmente desde 2010 a 2015, cuando ya tenía 91 años en el primero!) sobre filosofía científica, de un mes de duración, en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, cuyo principal y más entusiasta propulsor fue el Dr. Javier López de Casenave, y luego a ser uno de los organizadores (con Gustavo Romero y Javier López de Casenave) del Primer Encuentro Latinoamericano de Filosofía Científica – en homenaje a Mario Bunge, en 2015. Dado que fui organizador, no tuve más remedio que ser también expositor, y entonces aproveché para desarrollar un tema de matemáticas que siempre me interesó, aunque no es particularmente aplicado: si una teoría matemática es consistente, los teoremas se descubren (a veces con análisis no necesariamente diferentes de los aplicados en ciencias naturales) y las demostraciones se inventan. Sobre la base de esa charla, que me provocó divertidas discusiones con Mario,⁶ escribí luego un artículo en una revista de filosofía (mi única incursión, un tanto furtiva, en esa área). En realidad, mi posición está

probablemente muy influida por el hecho de que soy un matemático aplicado que usa como herramienta la computación; más aún: considero que en cierto sentido la matemática aplicada es una ciencia experimental y su laboratorio es la computadora, como escribí en algún lado.⁷

El Dr. Antonio Martino se encargó de editar un libro sobre Mario Bunge, como homenaje para cuando cumpliera cien años, y yo escribí un capítulo sobre su "patriada" de editar *Minerva*, una revista de filosofía de la ciencia jentre 1944 y 1945, cuando era apenas un estudiante de física en la Universidad Nacional de La Plata! Los seis números están en el CEDINCI (Centro de Documentación e Investigación de la Cultura de Izquierdas) gracias al extraordinario esfuerzo personal del Dr. Horacio Tarcus, y allí me instalé varios días para no sólo escribir el capítulo pedido sino para solazarme con los notables artículos publicados. Afortunadamente el libro se llegó a publicar antes del fallecimiento de Mario en febrero de 2020, o sea Mario llegó a conocer su existencia.

Mi incorporación como miembro de número de la Academia Nacional de Geografía (de la cual me siento muy honrado y orgulloso) fundamentada especialmente en mi modelización matemática en recursos hídricos en el país, dio origen a una extensa descripción de la relación histórica entre matemáticas y geografía con la que ofrecí mi conferencia de incorporación, y que luego dio origen a cuatro publicaciones en la revista *Ciencia Hoy*, magnífica revista de divulgación muy seria de la ciencia, que a partir de 2025, mediante mi intermediación, pasa a publicarse bajo la responsabilidad de la Universidad Nacional de Tres de Febrero.⁸

En resumen, sigo activo, con una visión por un lado entusiasta de lo que se puede hacer para revertir nuestra decadencia y por otro lado pesimista respecto de su materialización. Pues vivimos tiempos interesantes, y a veces recuerdo esa maldición, creo que china, deseándote vivir en tiempos interesantes. Ojalá esa maldición se convierta pronto en un chiste de mal gusto.

■ REFERENCIAS

Jacovkis, P. M. (2014), Manuel Sadosky y su impacto en la ciencia y en la política argentina, en: Raúl Carnota y Carlos Borches (compiladores), *Manuel Sadosky. El sabio de la tribu*, Libros del Zorzal, Buenos Aires, 17-83.

Castro, R. y Jacovkis, P. M. (2015), Computer-based global models: from early experiences to complex systems, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* **18** (1) 13. <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/18/1/13.html>

Jacovkis, P. M. (2015), Science, military dictatorships and constitutional governments in Argentina, en: Amparo López, Antonio F. Canales y Brian Balmer, *Science policies and twentieth-century dictatorships. Spain, Italy and Argentina*. Ashgate, Farnham, Surrey, UK, 179-197.

Jacovkis, P. M. (2016), La matemática en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, en: Víctor A. Ramos (comp.), *150 años de Exactas*, EUDEBA, Buenos Aires, 291-315.

Jacovkis, P. M. (2016), La computación en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, en: Víctor A. Ramos (comp.), *150 años de Exactas*, EUDEBA, Buenos Aires, 383-405.

Jacovkis, P. M. (2016), Juan Carlos Escudé y la computadora Argentina, en: *Memorias del IV Simposio de Historia de la Informática de América Latina y el Caribe*, Valparaíso, Chile, 90-96 (CD).

Jacovkis, P. M. (2017), The concept of existence in mathematics, *Metatheoria* **7** (2): 17-23.

Jacovkis, P. M. (2017), La complejidad del transporte ferroviario en Argentina. Desafíos de una política pública de recuperación y expansión, en Actas II Congreso Argentino de Transporte, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, 103-110. https://rutarg.com.ar/?page_id=1133

Jacovkis, P. M. (2018), La red ferroviaria argentina: comparaciones internacionales y política pública de desarrollo, *INNOVA UNTREF - Revista Argentina de Ciencia y Tecnología* **2**. <<http://www.untref.edu.ar/innova/opinion.php>>

Jacovkis, P. M. (2018), Prospective studies and computer modelling, Web post en: The future we want: Global Sociology and the Struggle for a better World. <<https://futureswewant.net/pablo-jacovkis-computer-modelling>>

Jacovkis, P. M. (2018), Rebe Guber y su aporte a la informática y a la gestión científica en Argentina, en: *Memorias del V SHIACL- Simposio de Historia de la Informática en América Latina y el Caribe*, Río de Janeiro, 132-147. https://www.cos.ufrj.br/shialc/content/docs/books/Memorias_VS-SHIALC_2018.pdf

Jacovkis, P. M. (2019), Bunge, el científico humanista joven, en: Antonio A. Martino (comp.), *El último ilustrado. Homenaje al centenario del nacimiento de*

- Mario A. Bunge, Editorial Universitaria de Buenos Aires, Buenos Aires, 27-38.
- Mellado, Daniela, Gutiérrez, María A., Colman Lerner, Jorge E., Demetrio, Pablo M., Porta, Andrés A., Jacovkis, Pablo M., Sánchez, Erica Y. (2020), Location of areas of emission of pollutants when poor urban air quality is detected, *International Journal of Environment and Health* **10** (2): 93-106.
- Jacovkis, P. M. (2020), Modelización y prospectiva, *Poliedro* **1** (2): 21-29. <https://usi.edu.ar/publicacion-archivos/numero-2-completo/>
- Jacovkis, P. M. (2021), Un futuro mejor para la Argentina, *Archivos del Presente* Año 22 Nro. 70: 89-96.
- Jacovkis, P. M., Masello, D., Granovsky, P. y Oliva, M. (2021), La pandemia desnuda nuestros problemas más estructurales: un análisis de los impactos del COVID-19 en el mercado de trabajo argentino, en: Agustín Salvia y Carlos Virgilio Zurita (comps.), *La pandemia y el mercado de trabajo en Argentina*, Santiago del Estero: Subsecretaría de Cultura de la Provincia de Santiago del Estero, 25-64. Publicado originalmente como Jacovkis, P. M., Masello, D., Granovsky, P. y Oliva, M. (2021), La pandemia desnuda nuestros problemas más estructurales: un análisis de los impactos del COVID-19 en el mercado de trabajo argentino, *Trabajo y Sociedad* **22** N°36: 9-28.
- Jacovkis, P. M. (2021), Clementina: la primera computadora científica en la Argentina (entrevista de Juan Carlos del Bello), en: Juan Carlos del Bello y Osvaldo Barsky, *Historia del sistema universitario argentino*, Editorial UNRN, Viedma, 323-328.
- Jacovkis, P. M. y Wachenchauser, R. (2021), Evolución de la computación en FIUBA, en: Karina Bianculli, Raúl Carnota, Gustavo del Lago y Ariel Verceli, *Anales de SAHTI 2020 -Simposio Argentino de Historia, Tecnologías e Informática (JAIIO)*, Buenos Aires, 197-210. <https://49jaiio.sadio.org.ar/Anales/SAHITI/Contribuciones>
- Jacovkis, P. M. (2022), Los comienzos de la informática en Argentina y su falta de relación con proyectos de planificación, *Pasado abierto* **16**: 67-90. <https://fh.mdp.edu.ar/revistas/index.php/pasadoabierto/article/view/6125/6663>
- Jacovkis, P. M. (2022), El reformismo universitario y las fuerzas armadas en Argentina (1930-1946), en: Francisco José Miguel Talento Cutrin (comp.), *100 años de Reforma Universitaria: principales apelaciones a la universidad argentina*, Tomo 2, Buenos Aires: CONEAU-Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria, pp. 37-46. <https://www.coneau.gob.ar/archivos/publicaciones/100Anios-Tomo2.pdf>
- Jacovkis, P. M. (2022), Luces y sombras en la ciencia argentina, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS* **17** Nro. 50: 225-230.
- Jacovkis, P. M. (2022), Matemática y geografía: una historia compartida. Parte 1: un poco de historia, *Ciencia Hoy* **31** N° 182: 46-48.
- Jacovkis, P. M. (2023), Matemática y geografía: una historia compartida. Parte 2: la geografía inspira a la matemática, *Ciencia Hoy* **31** N° 183: 51-53.
- Jacovkis, P. M. (2023), Matemática y geografía: una historia compartida. Parte 3: la matemática aplicada a problemas de geografía, *Ciencia Hoy* **31** N° 184: 59-61.
- Jacovkis, P. M. (2023), Matemática y geografía: una historia compartida. Parte 4: la geografía inspira a la matemática, *Ciencia Hoy* **31** N° 185: 58-61.
- Orduna, M. B. y Jacovkis, P. M. (2023), Lineamientos para un plan nacional de logística. Movilidad urbana-regional, *Anales de la Academia Nacional de Geografía* **44**: 70-84.
- Jacovkis, P. M. (2024), El exilio en Argentina de matemáticos judíos italianos: Beppo Levi y Alessandro Terracini, *Ciencia Hoy* **32** N° 190: 23-29.

■ NOTAS

1 Trato de trabajar todo lo posible en problemas de prospectiva, y en particular respecto de nuestro país, siempre pensando en las alternativas factibles (convenientes o no, según por supuesto mi criterio personal) para Argentina, teniendo en cuenta la situación actual, y eventuales factores externos e internos (usando terminología de mi profesión, la situación actual serían las condiciones iniciales, y los factores externos e internos las condiciones de contorno).

2 Aprovecho para mencionar la Semblanza homenaje que escribí en ocasión del fallecimiento de su hijo Carlos Escudé en <https://aargentinapciencias.org/carlos-escu->

[de-1948-2021/](#). Gracias a mi amistad con Carlos me conecté (incluso personalmente) con su padre, poco antes de su fallecimiento.

3 Ver Reseña de Miguel A. Blesa en <https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-1-no-4-2013/> y ver su “Todavía contamos” en https://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2024/07/05-Todavia_Contamos_CelResenasT12N2-2024.pdf. [NdE]

4 Ver Reseña de Jorge Fernández Niello en <https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-6-no-4-2018/>. [NdE]

5 Los dos tomos de la obra colectiva ¿En qué conurbano queremos vivir? Se pueden consultar en <https://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2023/09/%C2%BFEn-que-conurbano-queremos-vivir.pdf> y en <https://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2024/08/%C2%BFEn-que-conurbano-queremos-vivir-Vol2.pdf>. [NdE]

6 Mario me acusaba de ser platónico, acusación que acepto con gusto, y yo le contestaba que él también lo era. Al final aceptó que los matemáticos son platónicos los lunes, miércoles y viernes y no lo son los martes, jueves y sábado (el domingo descansan). Yo creo que consciente o inconscientemente, lo son todos los días de la semana.

7 En muchos casos sucede que se puede demostrar que un método numérico es consistente, estable y convergente en el caso lineal, y no se puede demostrarlo para el caso (mucho más usual, desgraciadamente) no lineal. Y sin embargo el método funciona. La única posibilidad de aceptar eso es considerando que el “experimento” computacional da ese resultado...

8 Una descripción de la historia de *Ciencia Hoy* puede encontrarse en la Reseña de Aníbal Gattone, <https://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2024/04/04-RESENA-Gattone-CelResenasT12N1-2024.pdf>. [NdE]

INSTRUCCIONES PARA LA PREPARACIÓN DE MANUSCRITOS

Ciencia e Investigación Reseñas es una revista digital de la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias (AAPC) que publica reseñas escritas en primera persona por investigadores e investigadoras que desarrollaron su labor en la Argentina o, que habiendo nacido en el país emigraron para después establecer fuertes lazos con grupos locales; las reseñas describen su trayectoria y sus logros científicos. Los **objetivos** de la revista son: crear un registro de testimonios de las personas que han moldeado la ciencia contemporánea en la Argentina, y reflexionar sobre las circunstancias que definieron sus trayectorias. Este registro testimonial no es, por tanto, una mera descripción del currículo científico, sino la mirada crítica sobre las circunstancias que lo han determinado en su tarea.

Los manuscritos describirán aquellos aspectos de la producción científica que quienes los escriben consideren más relevantes, incluyendo reflexiones sobre las razones que impulsaron a elegir su área de investigación o a seguir una determinada línea de razonamiento, así como consideraciones sobre el marco institucional y la época en que se desarrollaron las tareas. Los textos se complementarán con una semblanza que sirva como presentación, escrita idealmente por alguien que colaboró con el autor o la autora, o que se formó bajo su supervisión.

El lenguaje debe ser preciso pero accesible dado que la revista apunta tanto a una audiencia que incluye colegas, estudiantes o público interesado que no necesariamente esté familiarizado con los temas tratados. En este sentido, se sugiere buscar un texto fluido de lectura directa, reduciendo el uso de términos técnicos a aquellos que sean imprescindibles. La descripción de hallazgos científicos relevantes, que normalmente requiere del uso de vocablos técnicos, puede realizarse en cuadros independientes que acompañen pero no interrumpan al texto principal.

Las reseñas se publicarán por invitación, tras el análisis por parte del Cuerpo Editorial constituido por personas representativas de las distintas disciplinas. La AAPC recibe con agrado sugerencias sobre personas a invitar, con una adecuada justificación de sus méritos.

Con miras a la creación de este archivo de la ciencia contemporánea en la Argentina, se publicarán también reseñas de personalidades de la gestión de la educación y la investigación, así como referentes del desarrollo tecnológico. Dado que se busca reseñar trayectorias prolongadas, se ha establecido la edad de **65 años** como mínimo para cursar las invitaciones.

Las instrucciones para autores y autoras se dan a continuación.

Presentación del manuscrito

El manuscrito se presentará vía correo electrónico, como documento adjunto, escrito con procesador de texto *Word* (extensión .doc o .docx) o en sus variantes de acceso libre, en castellano, en hoja tamaño A4, a doble espacio, con márgenes de 2,5 cm. en cada lado y con letra *Times New Roman* tamaño 12. No se dejará espaciado posterior adicional después de cada párrafo así como tampoco se dejará sangría al comienzo de los párrafos. Las páginas deben numerarse (arriba a la derecha) en forma corrida.

La **primera página** deberá contener: título del trabajo (no mayor de 70 caracteres), nombre del autor o de la autora, institución a la que pertenece o última que perteneció y correo electrónico. Es conveniente incluir en esta primera página, al menos, tres palabras clave en castellano y su correspondiente traducción en inglés para facilitar su obtención a través de los buscadores de internet.

La **segunda página** quedará en blanco. Allí el Cuerpo Editorial incluirá una **bajada** o copete que resuma, en cuatro o cinco líneas, alguna idea fuerza referida al artículo.

A partir de la **tercera página** se desarrollará la reseña, cuya extensión total rondará entre las **6.000 y 8.000 palabras**, ya que longitudes mayores dificultan su lectura. Idealmente debe concluir con algunas reflexiones finales que contengan la mirada personal sobre la situación actual, el futuro de la disciplina y las lecciones a transmitir a las generaciones más jóvenes.

De querer agregarse algunas citas de trabajos especialmente importantes publicados a lo largo de su trayectoria, las mismas se colocarán al final del texto siguiendo las instrucciones que se dan más abajo y bajo el título Bibliografía (Times New Roman 12, negrita alineado a la izquierda). En esta sección se debe incluir sólo la bibliografía más relevante, y no el listado completo de publicaciones del autor o de la autora. Típicamente, un listado menor a las diez referencias es adecuado.

1. Semblanza

Cada reseña irá precedida por una semblanza, es decir, una presentación breve (de una página) escrita por alguien que colaboró con el autor o la autora, o que se formó bajo su supervisión, a su sugerencia. La semblanza sirve como presentación del autor o de la autora de la reseña. La invitación a escribir la semblanza podrá ser emitida por el Cuerpo Editorial o, con conocimiento del mismo, por el autor o la autora de la reseña. Si bien esta sección contiene habitualmente información sobre la trayectoria del investigador o de la investigadora, debe evitarse la rígida formalidad de un currículum.

2. Título, subtítulos e inicio

El título, además de conciso, debe ser atractivo con el fin captar el interés de los lectores. Así pues, un título adecuado sería: *“Cómo hacer realidad los sueños”* y otro menos apropiado, sería: *“Descripción de una trayectoria en las Ciencias Fisicoquímicas a lo largo de 50 años”*. Se utilizará solo mayúscula inicial.

Los subtítulos, sin numerar, estarán escritos en letra normal (mayúscula inicial y luego minúscula) y se espera que sean informativos y motivadores al mismo tiempo. Se sugiere evitar el uso de títulos como “Presentación”, pues evoca a la sección “Introducción” de un artículo científico. Del mismo modo, se recomienda evitar subtítulos que indiquen denominaciones institucionales y, en cambio, se propone utilizar expresiones que den cuenta o expresen algún aspecto personal del paso por esa institución.

En lo que refiere al primer párrafo del manuscrito, se sugiere evitar su inicio a través de definiciones o explicaciones y, en cambio, se propone introducir el manuscrito mediante la narración de experiencias o anécdotas significativas. Un ejemplo de este recurso puede leerse a través de un artículo de Kary Mullis, creador de la técnica PCR, publicado en la revista *Scientific American*

A veces, las buenas ideas surgen por casualidad. En mi caso ocurrió así: gracias a una rara combinación de coincidencias, ingenuidad y felices errores, me vino la inspiración un viernes de abril de 1983 mientras, al volante del coche, serpenteaba a la luz de la luna por una carretera de montaña del norte de California que atraviesa un bosque de secuoyas. Me di de bruces con un proceso que permite fabricar un número ilimitado de copias de cualquier gen: la reacción en cadena de la polimerasa (PCR).

3. Contenidos

Las reseñas de *Ciencia e Investigación* son textos fuertemente personales y reflexivos por lo que no se espera una uniformidad rígida de estructura o contenidos, ni tampoco la descripción de un currículum. Sin embargo, esperamos que los textos refieran información fehaciente sobre la labor y la vida científica del autor o de la autora. Las siguientes preguntas (adecuadas para un perfil asociado a la investigación científica, pero no para perfiles tecnológicos o de gestión de la ciencia y la educación) pueden guiar el desarrollo del manuscrito:

1. ¿Por qué se dedicó a la investigación? Se propone incorporar alguna anécdota
2. ¿Cuáles fueron sus primeras investigaciones y aportes? ¿En qué grupo los desarrolló? ¿Qué papel jugó su Director o Directora de Tesis? ¿Quién financió sus estudios doctorales?

3. ¿Realizó estudios posdoctorales? ¿Dónde, y sobre qué tema? ¿Quién financió sus estudios posdoctorales? Mencione alguna publicación vinculada a sus estudios posdoctorales, y los principales resultados. En caso de haber efectuado estudios en el extranjero, comente cómo fue la experiencia de ese viaje.
4. De nuevo en la Argentina: ¿Volvió al mismo lugar de trabajo? ¿Cómo financió su nueva etapa? ¿Qué cargo o beca tenía?
5. ¿En qué momento adquirió el perfil de trabajo independiente? ¿Qué tema encaró, y qué resultados tuvo? ¿Cuál fue su primera publicación como en la que jugó el papel principal? ¿Quién subsidió esos estudios?
6. ¿Cuáles fueron los principales obstáculos que encontró a lo largo de su carrera y cuáles sus principales aportes? En su trayectoria ¿encaró diversas líneas de investigación? ¿Qué razones motivaron esos cambios? ¿Cuál fue la evolución de su línea de investigación? ¿Qué nuevos hallazgos científicos destaca a lo largo de su trayectoria? ¿Cuáles cree que fueron sus publicaciones más importantes (cite unas pocas)?
7. ¿Quién fue su primer discípulo o discípula? ¿Qué tema encararon?
8. A lo largo de su trayectoria, ¿cambió de lugar de trabajo? ¿Qué razones motivaron esos cambios? ¿Cómo impactaron los drásticos acontecimientos políticos del país?
9. A lo largo de su trayectoria, ¿qué cooperaciones científicas estableció con grupos del exterior y del país? ¿Qué importancia tuvo la docencia universitaria? ¿Qué peso tuvieron los temas de gestión de las instituciones? ¿Qué papel jugó el desarrollo tecnológico, y la vinculación con el sector productivo? ¿Cómo evalúa la disponibilidad de equipamiento e infraestructura?
10. ¿Hay aspectos familiares que desee destacar como importantes para usted y, con ello, para su evolución científica?
11. ¿Qué cambios vivió en su disciplina desde los comienzos hasta el presente? ¿Cómo ve el futuro de la disciplina? ¿Cuáles cree que son los futuros temas importantes y los aspectos que quedaron todavía por aclarar en el área de sus investigaciones?

Se puede consultar, como posibles ejemplos, las Reseñas publicadas que se encuentran en www.aargentinapcias.org.

4. Fotografías y figuras

Es muy recomendable ilustrar los hechos salientes de la trayectoria con documentación gráfica, especialmente en forma de fotografías. Asimismo, se solicita proveer una fotografía personal actual y de alta resolución. Del mismo modo, se propone el envío complementario de otras fotografías de cualquier época que resulten, a su modo de ver, representativas de su personalidad.

Menos frecuentemente, puede ser necesario incluir ilustraciones referidas al trabajo científico. En caso de incorporarlas, se deben proveer las figuras en documentos independientes e indicar en el texto el lugar de inserción, con la leyenda en letra negrita, con color rojo y con un tamaño de letra 14: **INSERTAR FIGURA XX AQUÍ**. Si la figura no es original deberá citarse su procedencia en la leyenda correspondiente. Es responsabilidad del autor o autora asegurarse de contar con los permisos necesarios para su reproducción. Es importante que las ilustraciones sean de buena calidad.

Para facilitar la identificación de las figuras en el proceso editorial, el autor deberá numerarlas secuencialmente. Sin embargo, en el texto final se prescindirá de los números y cada figura tendrá simplemente la leyenda provista por el autor o la autora.

5. Cuadros de texto

Se pueden incluir cuadros de texto con información que se desea separar del texto principal.

Los contenidos usuales de los cuadros de textos son la descripción de algún aspecto técnico específico o de alguna anécdota personal que se separa para no interrumpir la ilación del texto principal. Los cuadros de texto se escribirán en Times New Roman 12 con espaciado simple, y contendrán un borde sencillo en todo su perímetro; alternatively pueden armarse usando la facilidad *cuadro de texto* de *Word*. Se puede agregar un título a cada cuadro de texto, en negrita, Times New Roman 12, alineado a la izquierda. Se deben proveer los cuadros de texto en documentos independientes, e indicar en el texto el lugar de inserción, con la leyenda en rojo y en negrita y tamaño de letra 14: **INSERTAR CUADRO DE TEXTO XX AQUÍ.**

Por la naturaleza de las reseñas, dirigidas a un público más amplio que el especializado, se evitará la utilización de tablas, viñetas o enumeraciones.

6. Bibliografía

La lista total de trabajos citados en el texto se colocará al final y deberá ordenarse alfabéticamente de acuerdo con el apellido del primer autor o de la primera autora, seguido por las iniciales de los nombres, año de publicación entre paréntesis, título completo del artículo (entre comillas), título completo de la revista o libro donde fue publicado (en letra cursiva o bastardilla), volumen y páginas.

Ejemplo: Benin, L.W.; Hurste, J.A.; Eigenel, P. (2008) "The non Lineal Hypercycle", *Nature* 277, 108-115.

Recordamos que no se debe listar el total de las publicaciones del autor, sino incluir un **muy breve listado de textos propios o ajenos (no más de diez o doce)** de interés para profundizar aspectos mencionados en el texto.

La reseña debe enviarse como documento *Word* adjunto por correo electrónico a la Secretaría de la revista, resenas@aargentinapciencias.org con copia al Editor o a la Editora responsable, y que actuará en la etapa de adecuación del manuscrito para asegurar que el mismo cumpla con todas las pautas editoriales. El material adicional (fotos, figuras, etc.) se enviará también como adjuntos en el mismo mensaje.

Precisiones formales complementarias

1. El título del trabajo, en la primera página, irá en letra negrita, con mayúscula inicial, tamaño 14; seguido y a doble espacio irá el nombre del autor o de la autora en letra negrita, tamaño 12; seguido y a doble espacio irá la institución o instituciones a las cuales quiere asociar su nombre, en letra negrita, tamaño 12; seguido y a doble espacio irá la dirección de correo electrónico, tamaño 12. Toda esta información irá centrada. A continuación se dejarán tres renglones y se colocarán en renglones seguidos, con espaciado sencillo y con espaciado posterior de 6 puntos, *Palabras clave* y *Keywords* en renglones separados.

Ejemplo:

Palabras clave: Física nuclear; problemas de muchos cuerpos; coordenadas colectivas; teoría de campos nucleares; cuantización BRST.

Keywords: Nuclear physics; many-body problems; collective coordinates; nuclear field theory; BRSTquantization

2. En caso que el manuscrito presente secciones y subsecciones, los subtítulos correspondientes irán sin numeración. Cada subtítulo irá en negrita, con mayúscula inicial, tamaño 12. No se recomienda dividir las secciones en subsecciones, pero si ello fuera necesario, los títulos de las subsecciones irán en bastardilla con mayúscula inicial, tamaño 12.

3. El manuscrito se redactará con a doble espacio.
4. En el cuerpo del texto, las referencias a la bibliografía se indicarán entre paréntesis, con el apellido del autor o de la autora y el año de publicación. Si hay más de un autor o autora, con el primer apellido seguido por “y col.” y el año de publicación.
5. Las palabras en idioma extranjero (incluyendo el nombre de instituciones en su idioma original extranjero) se escribirán en *bastardilla*.
6. Las citas textuales se escribirán entrecomilladas y se indicará con precisión la fuente de la misma.
7. Las figuras deberán contar con una leyenda. La leyenda se escribirá en *Times New Roman*, tamaño 10, siguiendo el formato del ejemplo siguiente:

Leyenda de la Figura 1. Fotografía tomada en ocasión del X Congreso Argentino de Fisicoquímica, San Miguel de Tucumán, abril de 1997. De izquierda a derecha: Albert Haim, Néstor Katz y José A. Olabe.

Para el procesamiento del manuscrito, el autor o la autora identificará las figuras con números correlativos. Esos números no se incluirán en la versión final.

8. El listado de referencias en la bibliografía se escribirá con espaciado sencillo y espaciado posterior de 6 puntos.
9. Las notas al final se escribirán en espaciado sencillo, tamaño 10. Las notas al final se indicarán en el texto correlativamente, numerándolas 1, 2, 3, ... Si se usa Microsoft Word 2010, la inserción de notas al final se logra pulsando *Referencias, Insertar nota al final*, cuidando que el formato sea 1, 2, 3, ... El formato se puede establecer pulsando *Notas al pie* (dentro de *Referencias*). Versiones anteriores de Word poseen opciones equivalentes.