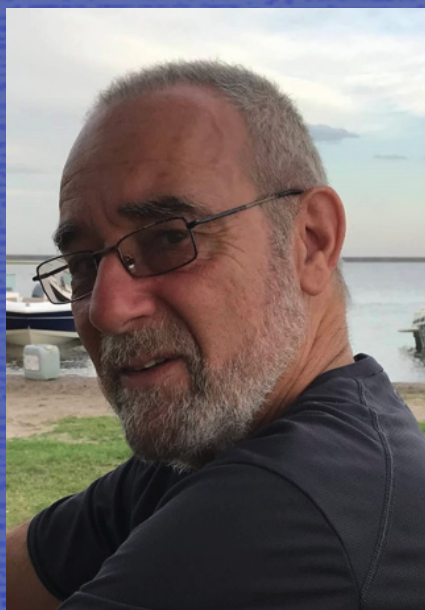


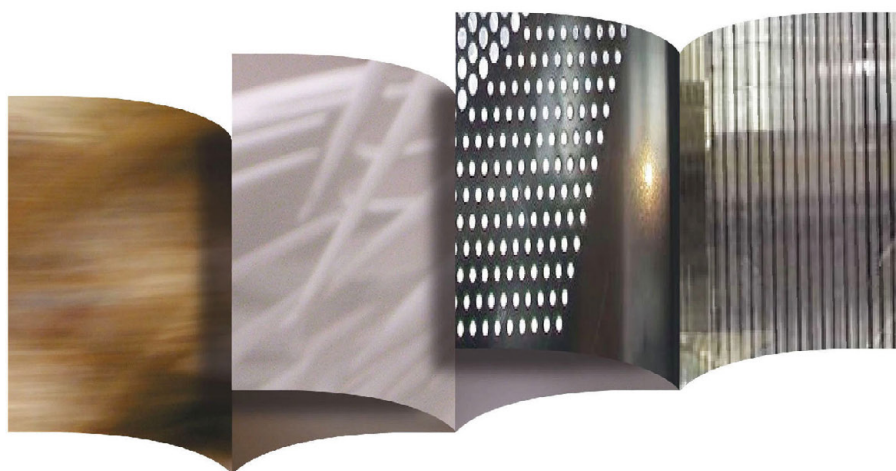
Ciencia e Investigación

Reseñas

CeI
Reseñas

Nueva serie / Autobiografías de prestigiosos investigadores argentinos





Desarrollo y gestión de proyectos científicos y tecnológicos innovadores

FUNINTEC es una organización sin fines de lucro creada por la Universidad de San Martín cuyo objetivo es promover y alentar la investigación, el desarrollo tecnológico y la transferencia de conocimientos a los sectores público y privado, sus empresas y en particular a las PyMES.

Dentro de los alcances previstos por la Ley de Innovación Tecnológica, funciona como vínculo entre el sistema científico tecnológico y el sector productivo.

CONTACTO:
www.funintec.org.ar

Fundación
Innovación
y Tecnología

FUNINTEC

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN



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);
José Carlos Chiaramonte (Historia);
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).

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

Proyectos de I+D: ¿curiosity driven, mission oriented, o una peligrosa y falsa dicotomía?3

ARTÍCULOS

Semblanza de Gustavo Argüello por **Ana Iriarte, Guido Rimondino, Walter Pelaez, Fabio Malanca y Maxi Burgos** 6

De cómo la química me llevó de mocosito impertinente a impertinente y luego a viejo, sin transiciones
Gustavo A. Argüello 8

Semblanza de Alfredo Caro por **Mario A.J. Mariscotti** 18

La vida, la profesión, y sus caminos
Alfredo Caro 21

Semblanza de Angela F. Danil de Namor por **Alfredo Pacheco Tanaka** 37

Cómo comenzó mi interés en química y sus consecuencias científicas, sociales e internacionales
Angela F. Danil de Namor 39

Semblanza de Federico Ignacio Isla por **Jorge Rabassa** 52

40 años de Geología de Costas: el Instituto de Costas de Mar del Plata
Federico Ignacio Isla 54

Semblanza de Eduardo Quel por **Verónica Slezak** 62

Los estímulos de realizar ciencia coherente e iluminada, o Mi vida con los láseres
Eduardo Quel 64

Semblanza de Noemí E. Walsøe de Reca por **Susana A. Larrondo y Horacio R. Cánepa** 76

Historias de los Nanomateriales que se transformaron en modernas aplicaciones
Noemí E. Walsøe de Reca 78

INSTRUCCIONES PARA LA PREPARACIÓN DE MANUSCRITOS96

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
Ursula María Molter

Secretaria
Alicia María Sarce

Tesorero
Alberto Antonio Pochettino

Protesorero
Graciela Noemí Balerio

Miembros Titulares
Miguel Blesa
María Cristina Cambiaggio
Alicia Fernández Cirelli
Susana María Gallardo
Lidia Herrera
Mario A.J. Mariscotti
Luis Alberto Quesada Allué
Juan Roberto de Xammar Oro

Miembros Institucionales:
Asociación Argentina de Ensayos No Destructivos y Estructurales (AAENDE):
César Belinco
Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente (ASADES):
Jaime B. A. Moragues
Asociación Argentina de Materiales (SAM):
Paula Alonso
Sociedad Argentina de Genética (SAG):
Ángela Rosaria 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

PROYECTOS DE I+D: ¿CURIOSITY DRIVEN, MISSION ORIENTED, O UNA PELIGROSA Y FALSA DICOTOMÍA?

El artículo de Alfredo Caro incluido en este número describe, entre otras cosas, su involucramiento en el diseño de la Agencia Nacional de promoción de la Ciencia y la Tecnología (ANPCyT) y en el accionar de la *National Science Foundation* (NSF). Esto nos da pie para reflexionar sobre las formas de diseñar y financiar proyectos de investigación y desarrollo.

Por un lado, el motor de la curiosidad de los investigadores individuales puede abrir puertas impensadas y conducir a hallazgos sorprendentes, a lo que en inglés se llama *breakthroughs*. Este tipo de investigación suele asentarse en las universidades.

Dice la conocida economista Mariana Mazzucato,

*Mission-oriented policies can be defined as systemic public policies that draw on frontier knowledge to attain specific goals or “big science deployed to meet big problems”*¹

Son grandes misiones la *Strategic Defense Initiative* de Ronald Reagan (conocida como “la guerra de las galaxias”) o el *Programa Apollo*; las mismas dispararon necesidades que debieron ser resueltas con muchos saberes y competencias, y dieron pie a desarrollos tecnológicos útiles para muchos otros fines. Como dice Mazzucato, este paquete incluye también los grandes proyectos astrofísicos, como LIGO, o de física de altas energía como el acelerador de hadrones (CERN). Estos emprendimientos fueron creados para responder a preguntas que se inscriben bien como *curiosity driven* -las ondas gravitacionales de Einstein o el bosón postulado por Higgs, entre otras-, pero tienen todas las características de las investigaciones guiadas por una misión.

Los organismos responsables de estas misiones son las grandes instituciones que cuentan con presupuestos que pueden superar los miles de millones de dólares.

Por su parte, la *National Science Foundation* de EE.UU. establece los dos posibles motivos por los cuales se debe financiar una investigación: su contribución a ampliar las fronteras del conocimiento o los beneficios que puede reportar a la sociedad.

Hay muchas posibles clasificaciones como *ciencia básica* y *ciencia aplicada* (con una posible etapa intermedia de *ciencia estratégica*), o incluso *near-market research*, para describir las investigaciones que en el corto plazo podrán estar en el mercado en forma de productos o servicios. Algo en común a todas estas clasificaciones es que su objetivo final es la definición de políticas públicas sobre financiamiento de la ciencia. Es así que Margaret Thatcher,

¹ *Mission-Oriented Research & Innovation in the European Union. A problem-solving approach to fuel innovation-led growth*. European Union 2018 ISBN 978-92-79-79832-0 doi:10.2777/360325. Ver: https://www.johannebergsciencepark.com/sites/default/files/mazzucato_report_2018%20-%20Mission.pdf

en consonancia con sus ideas de retiro del Estado de las actividades productivas, desalentó la financiación con fondos públicos de investigaciones *near-market*, por entender que las mismas eran responsabilidad del sector privado.

Hay aspectos de la división entre *curiosity driven* y *mission oriented* que son útiles para describir el panorama en la Argentina. En el primer caso, estamos hablando de equipos de investigación pequeños, habitualmente insertos en universidades, en el segundo, son instituciones especializadas -CNEA, INTA, CONAE y otras- las que naturalmente pueden ocuparse de estos grandes proyectos.

¿Y dónde encajan el CONICET y la ANPCyT? Originariamente el CONICET estuvo sin duda centrado en apoyar a los “investigadores sueltos” de las universidades, en su mayoría “impulsados por la curiosidad”, pero a medida que iba creciendo el CONICET fue adoptando estructuras más complejas y fue aceptando papeles en la promoción de investigaciones orientadas por misiones. El agregado de la palabra “Innovación” al nombre del Ministerio de Ciencia y Tecnología también marca una decisión política de promover la resolución de problemas a través de misiones orientadas, decisión que se instrumentaliza a través de ANPCyT y de CONICET.

Un rasgo especular de la evolución del CONICET fue la transformación que tuvo lugar en CNEA, INTA, etc., instituciones que fueron albergando investigadores de CONICET y cada vez más investigaciones básicas, muchas de ellas *curiosity driven*.

En un país pequeño y con poca actividad privada en I+D, será el Estado el que deba asumir la financiación de los diversos tipos de investigación, y será siempre motivo de debate cuál es el balance adecuado en su financiación.

Otro aspecto que presenta desafíos es el que refiere a la evaluación de los individuos, base de la Carrera del Investigador Científico del CONICET. En la medida en que la investigación se realiza en grupos pequeños no se suscitan grandes problemas, pero es complicado evaluar a los investigadores que participan en grandes grupos de investigación dedicados a resolver problemas de gran envergadura.

Volvamos al contenido de este número. Ya mencionamos en parte al artículo de Alfredo Caro, quien también nos describe sus investigaciones sobre resistencia a la radiación y fragilización de aleaciones metálicas, que llevó a cabo en tres países, Argentina, Suiza y EE.UU.

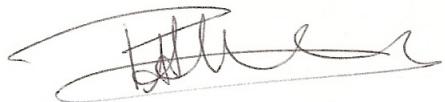
Tenemos dos artículos escritos por referentes históricos de las investigaciones que se llevaron a cabo en el tradicional Centro de investigaciones de las Fuerzas Armadas (CITEFA, hoy CITEDEF) institución que también experimentó los cambios asociados a su “conicetización”. Los láseres, en el caso de Eduardo Quel, y los sólidos inorgánicos funcionales, en el caso de Noemí “Betty” Walsøe de Reca, fueron tema de *investigación estratégica* -para usar una de las expresiones mencionadas antes-, en este caso para la Defensa. Pero esos institutos fueron también semillero de destacados investigadores que después se asentaron en otras instituciones. Betty Reca nos cuenta cómo se formó el PRISO, Programa de Investigación en Sólidos, y la variedad de estudios realizados sobre sus aplicaciones. Eduardo Quel, por su parte, nos relata la construcción del CEILAP, Centro de Investigación en Láseres y Aplicaciones de CITEDEF, donde se desarrolló fuertemente la tecnología de láseres y sus usos para estudios de Física Atmosférica y sus aspectos ambientales.

En buena coincidencia, desde Córdoba, Gustavo Argüello nos relata, *en cordobés básico*, su evolución, que es claramente *curiosity driven*, desde sus inicios en el uso de láseres para estudiar reacciones químicas en fase gaseosa, hasta constituir un importante grupo de Química Atmosférica.

Desde el Reino Unido de la Gran Bretaña, Angela Danil de Namor nos relata su emigración temprana desde bahía Blanca y su muy destacada trayectoria en la Universidad de Surrey. Allí no sólo desarrolló aspectos importantes de la Química Supramolecular, sino que impulsó la cooperación con la Argentina y con otros países de la región. Las enseñanzas de Angela ponen énfasis en la necesidad de vincular la actividad de investigación universitaria con las industrias (incluso en investigaciones *near-market*) y con proyección a temas de impacto social.

No podía faltar una reseña del área de las Ciencias de la Tierra, el Mar y la Atmósfera, en este caso, la de Federico Ignacio Isla, en un tema que combina precisamente la investigación de la tierra y del mar: la geología de costas. Discípulo del pionero Enrique Schnack, Federico ("Iñaki") desarrolló en Mar del Plata un área de investigación de crucial importancia para la zona. Y, curiosidades o casualidades, el mismo día que los diarios destacan la importancia de la península Mitre en Tierra del Fuego, leemos la descripción que hace Iñaki de la expedición que realizara en la zona, en camión, helicóptero, a pie, y por mar.

Que lo disfruten



Pablo von Stecher



Miguel Ángel Blesa

Buenos Aires, diciembre de 2022

GUSTAVO A. ARGÜELLO

por Ana Iriarte, Guido Rimondino, Walter Pelaez,
Fabio Malanca y Maxi Burgos

Gustavo Alejandro Argüello, GAAC, para algunos; Dr. Arguello, para los más formales o simplemente Gustavo, para los que lo conocemos de cerca, nació el 1° de Mayo de 1953, y para hacer honor a su fecha natal, es un trabajador incansable.

Gustavo con su elocuencia, creatividad e ingenio es una persona que contagia entusiasmo y ganas de hacer cosas. En su vida universitaria, era muy difícil encontrarlo libre, ya que siempre estaba atareado en sus actividades docentes¹, redactando publicaciones², colaborando en el laboratorio con algún tesista³, participando en gestión⁴ e incluso dándose tiempo para realizar actividades de divulgación⁵.

Sin dudas es un apasionado por la docencia. “Gustavo te explicaba la teoría de la relatividad sin ninguna ecuación” se escucha en los pasillos del Departamento de Fisicoquímica. Habría que agregar “... y te la explicaba bien”. Siempre buscando ejemplos intuitivos y visuales para enseñar conceptos abstractos y complejos, el “estilo Argüello” está marcado por el trabajo: construir a mano superficies de energía potencial con etilvinilacetato (goma eva), armar cables quilométricos para dar clases cuando no había *wi-fi*, dedicar decenas de horas



a la búsqueda de programas de visualización de partículas para ejemplificar la teoría cinética de los gases, etc. Estos son algunos ejemplos que nos muestran cómo, para ser un gran docente, además de saber y entender, hay que ser creativo y dedicado para enseñar.

Siempre le gustó la camaradería y complementar el trabajo con reuniones informales donde no faltara la buena comida, la bebida, el humor... y el esfuerzo. Su experiencia como guía de caminatas por las sierras de Córdoba y su experticia como químico para la reacción de Millard en parrillas sofisticadas y para la destilación de licores fueron y son ampliamente disfrutadas por colegas locales y de otras partes del mundo⁶. Además, como militante de esta política, siempre se preocupó y ocupó personalmente para que los

festejos de las tesis doctorales del grupo fueran alegres y originales.

Siempre activo y optimista para la implementación de nuevas ideas, logró construir y dirigir un grupo de investigación sin anteojeras y con calidez humana, donde se pudiera compartir espacio, tiempo y fortalecer los lazos de quienes lo integran. Hace pocos años nos reunió y nos dijo que ya no vendría al laboratorio porque se acogería a la jubilación y que el grupo de investigación, que dirigió por décadas, quedaba en nuestras manos. Ese día fue muy especial para nosotros y todavía nos conmueve recordarlo.

Sabemos que Gustavo deja un legado muy importante en el Departamento de Fisicoquímica, en el Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas de Córdoba y en la Facultad de Ciencias Químicas de nuestra querida Universidad Nacional de Córdoba. Con inteligencia, empeño y dedicación escribió una de las páginas más importantes de la fotoquímica de nuestro país, motivando para aprender y enseñar fisicoquímica como un gran maestro a quienes lo encuentren en su camino. Que suerte tenemos quienes lo cruzamos. Gracias... o mejor, dicho “a lo Gustavo Argüello”: ¡GRACIAS!

■ NOTAS

1 Desde Agregado *ad-honorem* (desde el 01-03-1972) hasta Prof. Emérito.

2 Ha publicado más de 120 trabajos.

3 Dirigió una docena de tesis de doctorado y maestría.

4 Por ejemplo, dirigió el Instituto Superior de Estudios Ambientales (I.S.E.A.) y fue director del Dpto. Físicoquímica varias veces.

5 Llevó sus conocimientos a numerosas escuelas primarias y secundarias.

6 Amigos como Helge Willner (Alemania), Silvia Braslavski (Argentina-Alemania), Mario Molina (Mexico-EUU), entre otros.

DE CÓMO LA QUÍMICA ME LLEVÓ DE MOCOSO IMPERTINENTE A IMPERTINENTE Y LUEGO A VIEJO, SIN TRANSICIONES¹

Palabras clave: Cinética, Fotoquímica, Compuestos Fluorados, Peroxinitratos, Química Atmosférica.
Key words: Kinetics, Photochemistry, Fluorinated Compounds, Peroxynitrates, Atmospheric Chemistry.

Desde Córdoba, y con tonada, el autor nos brinda un ameno relato en el que se mezclan los amigos, la química atmosférica y la Antártida



Gustavo A. Argüello

INFIQC-Dpto. de Físico Química
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Nacional de Córdoba

gaac.isea@gmail.com

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

Siempre que debemos escribir algo de nosotros mismos, comenzamos dudando si lo que pondremos no será demasiada pedantería, o si nos quedamos cortos, o si vamos por la senda correcta. Sin embargo, esta invitación de la AAPC se hace a los que ya no sólo peinamos canas, sino que hemos tenido de una u otra manera gran exposición, sea como profesores, conferencistas, consultores, directores o autoridades en las disciplinas en que nos hemos desarrollado; y ello nos permite sentirnos libres de expresar muchas cosas, aún algunas que puedan parecer urticantes o literalmente fuera de lugar. Pero, a fin de cuentas, es mi vida y espero que la forma y el estilo de contarla agraden. No esperen elaboradas digresiones filosóficas, ni párrafos tomados de pensadores im-

portantes, ni referencias históricas al avance de la ciencia. Siempre he sido muy limitado para reflexionar y muy pragmático para actuar.

Lo primero que voy a hacer es AGRADECER a la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias, y muy particularmente a Miguel Blesa por esta invitación. ¿Por qué? Porque nunca creí que mi carrera hubiera sido tan importante como para que quedara escrita; pero si alguien juzgó que mi contribución a la Ciencia merecía su difusión, pues aténase a las consecuencias. Lo mío no es falsa modestia; por supuesto considero que he contribuido honestamente a hacer ciencia de calidad y fundamentalmente a la formación de varios discípulos, algunos que siguen mis pasos (así como yo seguí

los de mis directores) en la carrera académica, mientras que otros han recalado en la industria privada. De todos ellos espero que se cumpla la máxima universitaria y que superen ampliamente al maestro.

Lo segundo que voy a hacer es AGRADECER a todos aquellos que confiaron en mí para dejarme hacer a voluntad en el laboratorio cuando siendo un mocoso impertinente hube de montar de cero una nueva línea, y particularmente a los que luego confiaron en mí para que los instruyera en sus carreras doctorales o post-doctorales; para que trabajara al lado de ellos y los acicateara para obtener nuevos y buenos resultados. Tan mal no nos fue. Y particularmente a mis alumnos. A los cientos de alumnos que han tenido que aguan-

tarme y que me permitieron aprender mientras daba clases.

■ MOCOSO IMPERTINENTE

Nací el 1° de mayo y de entrada no más tuve a maltraer a mis padres. No le di tiempo a mi mamá para que pudiera internarse debidamente y, si bien llegamos a la clínica (gracias a un generoso automovilista –recordemos que el 1° de mayo no había transportes–), debieron atenderla en un sofá en la sala de guardia porque yo ya quería hacer algo en este mundo. Crecí como segundo hijo de Isaac y Pura en una modesta familia que de a poco fue poblándose de hermanos. Somos cinco, Beatriz la mayor, luego sigo yo, después Gerardo, Irene y Adrián. Mi padre era escribano y desarrolló toda su carrera en el Poder Judicial de Córdoba y mi madre tuvo la profesión más abnegada y demandante de todas: fue una madre ejemplar que, sin haber alcanzado un título universitario, abogó para que sus hijos Sí lo tuvieran. Abogó ella y abogó mi padre; abogaron ambos para que estudiáramos lo que quisiéramos en ¿completa?... ¿libertad?... Pero Abogados, no. Y de alguna manera les salió bien la apuesta. Beatriz es Doctora en Química Orgánica, Gerardo es Doctor en Físico-Química (como yo), Irene es Ingeniera Agrónoma y Adrián es Ingeniero Mecánico-Electricista.

Por esas cosas de la vida y esa inquietud que siempre tuve –algunos le llaman exceso de futuro, o más directamente, ansiedad– imité los quehaceres de mi hermana y agarré un lápiz que me permitió escribir mi primera palabra: “aicamraF”, que escrita por un zurdo quiere decir “Farmacia”. Copié además los esfuerzos de mi hermana para aprender a leer y a los cuatro años ya leía de corrido. Por eso es que cuando me tocó ingresar a la Escuela Primaria duré un día en Primero Inferior y

pasé a Primero Superior. A partir de allí, mi tracto educativo transcurrió sin sobresaltos tanto en la Escuela Primaria (Escuela Nacional N° 190) como en el Colegio Secundario (Colegio Nacional de Monserrat) al que ingresé no por seguir una tradición familiar (mi padre egresó de allí) sino porque fue el único que tenía matrícula abierta para la fecha en que yo, que estuve empujado desde chiquito en ser Ingeniero o Físico nuclear, acepté las sugerencias de la Psicopedagoga de otro Colegio Industrial que prácticamente lo confirmó a mi padre a que me inscribiera allí. Y la verdad es que la formación Humanista de ese gran Colegio me cayó muy bien (además nos dejaban fumar en los recreos desde el tercer año, o sea, cuando dejamos la planta baja para ascender al primer piso) y la enseñanza del latín me despertó un inmenso interés por entender la etimología de las palabras y por hacer un uso correcto de nuestra lengua; manía que han sufrido todos mis doctorandos con mis correcciones en cada uno de sus escritos y en cada presentación oral. Sin embargo, mi declamada intención de llegar a ser un Físico Nuclear permanecía latente y muy arraigada en mi interior (es curioso que lo diga dado que terminé muy lejos de esa disciplina, ya veremos porqué). En tanto mi paso por el secundario transcurría aceitado y algo aburrido, me dejaba tiempo para ayudar a mis padres en la segunda actividad que un modesto empleado del Poder Judicial (recordemos que eran tiempos pre-Angelocistas) y padre de cinco hijos desarrolló por muchos años: la fabricación y venta de artículos regionales; especialmente crucifijos y rosarios de los más diversos tipos, lo que me permitía decir que ya teníamos ganado un lugar en el cielo. A todo esto, mi hermana, dos años mayor, estaba cursando su sexto año y declaraba que iba a estudiar Química. Yo, gracias al salto de Primero

Inferior, ya estaba en mi quinto año de Monserrat. Como quería estudiar Física Nuclear, había estado investigando y sabía que con cursar dos años en cualquier Universidad en las Carreras de Matemática, Física o Química, podía luego ingresar al famosísimo Balseiro. Y pensé: “¿qué tal si me tiro a rendir libre el sexto año y de ese modo puedo ingresar junto a Beatriz, estudio dos años de Química y luego voy a Bariloche?”. Y créase o no, esas ganas de llegar a ser un Físico Nuclear me llevaron a ingresar en la Facultad de Ciencias Químicas (en aquel entonces todavía Instituto de Ciencias Químicas) de la Universidad Nacional de Córdoba de la que *nunca me fui*. Los cuarenta y nueve años que van entre 1970 y 2019 los viví apegado a una institución que me cautivó, que hizo que mi adolescente pasión por la Física se transformara en pasión por la Química, por la docencia y por la investigación científica. ¿Qué fue? ¿Quiénes fueron los que lograron ese cambio? Yo tenía que cursar **dos años** en Córdoba para luego irme, y sucedió que Manolo y el Loro (¿saben que estoy hablando del Profesor Manuel López Teijelo y del Profesor Vicente Macagno [<https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-1-no-4-2013/>], no?) JTP y Profesor de Química General –la primera asignatura que cursé– hicieron que, al terminar el primer año, ingresara al Departamento de Físico-Química como Agregado Docente y al equipo de fútbol como arquero suplente pues el puesto titular estaba muy bien guardado por el Gringo Pilati. Lo hicieron quizás sin proponérselo directamente, uno con su esmerada dedicación docente, paciencia y profesionalismo; y el otro con magistrales teóricos y comentarios al final de cada clase acerca del equipo de fútbol de la Facu. Por supuesto no fue sólo eso el empujón inicial. Una compañera de Química Gene-

ral me pidió, al terminar el primer cuatrimestre, que la preparara para rendir en diciembre, cosa que hice y que ¡SALIÓ BIEN!, lo que evidentemente me animó a dedicarme a la Docencia. Otra gran influencia que tuve fueron las inolvidables clases de matemática con Pier Baldaccini, Agustín Arola y la Arquitecta Hairabedián, las memorables clases de Inorgánica y Analítica con Oscar Derosa y el Gordo Baroncini (que metía miedo; pero era un DOCENTE con todas las letras). Y a eso hay que agregarle la sana puja interna que teníamos entre los grupos que se habían formado en mi comisión ¡Qué NENES, por favor! Estaba el grupo de María Luisa Pignata (hoy Profesora e Investigadora en la Facultad de Ciencias Exactas, UNC), María Inés Garzón, Ana Chiaraviglio y Pilar Guidi; el grupo de Ana Baruzzi (¿hace falta nombrarla?.. Hasta Vice Decana de la Facu no paró), Dolly Ovando, Clara Monferrán (Profesora e Investigadora en el Departamento de Química Biológica) y Teresa Capellino; el grupo de Fernando Bonaterra (de la Fábrica de Pólvora y Explosivos de Villa María y Profesor en la Universidad de Villa María) y su hermana Mirta; y el que conformábamos con mi hermana (hoy Profesora Titular de Química Orgánica en la Universidad de Misiones), mi sosías R. Gustavo Argüello (también Doctor en Química Orgánica y luego CPA de CONICET en el Instituto de la Vivienda), Luis Actis (hoy Profesor Titular del Departamento de Microbiología de la Universidad de Miami) y yo. Así fue pasando el ciclo de dos años hasta que nos tocó elegir la orientación de nuestros estudios y allí se armó la diáspora. De todos los que nombré sólo Fernando y yo elegimos Físico-Química y al comenzar el tercer año completaron la cohorte (pues venían de otras comisiones) Omar Palmero y Juan Carlos D'olivo. Lógicamente, los cuatro fuimos tentados por distintos

monstruos del departamento para realizar algunas tareas de investigación? Y todos nos unimos con celeridad para ver qué podíamos hacer de nuevo, algo nunca antes hecho, que satisficiera nuestra inquietud de saber por qué las cosas suceden como suceden o sea, indagar en lo más básico de cada fenómeno y explicarlo racionalmente, es decir, hacer investigación científica.

Paralelamente, creo que en ese tercer año se definió definitivamente mi vocación por la docencia y no fue porque yo tomara alguna iniciativa particular, sino que un Profesor Titular del Departamento a quien le había tocado el dictado de Química General con una cohorte de aproximadamente 500 alumnos, no encontró mejor solución a su consuetudinaria laxitud docente que llamarnos a los cuatro de la promoción y literalmente partió el Curso en cuatro grandes comisiones de 125 alumnos cada una y nos tiró al ruedo (hago paréntesis muy especial porque en el Departamento de Físico-Química todavía tenemos la sana costumbre de que **no existen cátedras**, por lo que los profesores van rotando de asignatura a lo largo del tiempo. En particular, yo dicté 19 asignaturas que van desde la Química General a la Mecánica Cuántica). Y digo “nos tiró”, porque tuvimos que (siendo apenas Ayudantes Alumnos Rentados) hacernos cargo de **todo**. Dictar lo que se conoció como Teórico-Práctico con resolución de problemas de toda la asignatura, revisar la asistencia, preparar las “pruebitas”, tomar los parciales, evaluarlos y corregirlos, etc., etc., etc. Para él, una forma de “*laisser faire, laisser passer*”; pero para mí, la mejor oportunidad que tuve como docente (y abro otro paréntesis para contrastar lo que nosotros hacíamos y lo que hace hoy un Auxiliar que se atiene al Convenio Colectivo y ni por asomo intenta realizar una tarea

extra que no se encuadre en su competencia). No estuvo bien la actitud de aquel profesor; pero a la luz de la experiencia de muchos años de docencia, creo que debo agradecerle el haber sido tan...

Y así fue transcurriendo la licenciatura hasta que me tocó hacer la colimba justo cuando me faltaba una materia para terminar. Afortunadamente (no hubo acomodo) me tocó hacer el servicio en el Hospital Militar Córdoba que queda a 500 metros de la Ciudad Universitaria y fue nuevamente la docencia la que me sacó de las estúpidas tareas netamente militares y me permitió concluir con mi licenciatura. La anécdota fue que estando el Director del Hospital Internado me pidieron que le alcanzara un objeto a su sala. Al llegar al lugar, saludo y una persona que estaba sentada frente a él y de espaldas a mí, reconoce mi voz y dándose vuelta dice “Profe, ¿Cómo le va?”. Era la hija del Coronel que había sido alumna mía en Química Inorgánica. Vuelto a sus funciones, el Director tuvo una gran consideración conmigo y me permitió salir todos los días, a partir de las 14 horas, para que terminara mi carrera y luego se las ingenió para que mi puntuación como soldado (que evidentemente dejaba mucho que desear) fuera tal que me fui en la primera baja con el Título de Licenciado en Físico-Química. A todo esto, creo que ya tenía en claro que me iba a dedicar a la Universidad y la Física me parecía muy difícil. Creo que también tenía en claro que iba a dedicarme a trabajar de “*este lado del matafuegos*” (para los que no conocen, el Departamento de Físico-Química en el segundo piso del Pabellón Argentina Ala Oeste -con una extensión de aproximadamente 80 metros- concentraba todas las dependencias de docencia e investigación que fueron convenientemente divididas entre “los Electro” y

"los Cinéticos" por "el matafuegos" que se hallaba aproximadamente a la mitad del recorrido); o sea, tenía en claro que quería dedicarme a la fase gaseosa y había sido tentado por un par de hermanos que querían montar un laboratorio de láseres. ¿Se imaginan mi excitación?... ¡Láseres!... ¡algo casi mágico que no tenía más de una década de existencia! Me metí de lleno en una química que pronto se transformó en realidad cuando estos hermanos se fueron y el laboratorio no era más que dos mesadas grandes con unos raros tubos de vidrio de dos metros de longitud y todo (*sic* "todo") pintado de negro.

Allí fue donde comencé a conocer más profundamente a Staricco¹ (ya había sido Profesor mío en Espectroscopía y dirigió mi practicanato), que se había sentido defraudado por la actitud de esos hermanos y tuvimos largas charlas de las cuales surgió la idea de que quizás se podría hacer algo. Se ofreció para que pidiera una Beca de CONICET y así me integré a la Cinética Química. Staricco había vuelto recientemente de Berkeley donde había trabajado con George Pimentel que tuvo, gracias a su extraordinaria percepción, la idea de hacer funcionar los láseres químicos con un grupo muy especial de tesisistas (Karl Kompa, Mario Molina, Michael Berry, etc.). De modo que me dediqué a leer lo que hacían en Berkeley mientras intentaba sin éxito encargar un conjunto de espejos para armar la "cavidad resonante" de un ilusorio láser.

Y hablando de Staricco, voy a copiar su estilo y abrir un nuevo paréntesis: siempre fue para mí uno de "Los Socios Fundadores". Eduardo Humberto Staricco, pionero de los primeros tiempos cuando **fundar** era lo importante porque no había nada. La Físico-Química que hoy nos destaca en la Comunidad Científica

local, nacional y mundial provino de este socio fundador que, sin palabras grandilocuentes, sin posturas confrontativas, más bien con una posición casi a la defensiva, casi timorata, se las arregló para *hacer* y "*hacer hacer*" a todos aquellos que estuvimos de una u otra manera bajo su dirección. Y creo que parte de su grandeza fue que en ese "*hacer hacer*", "*dejó hacer*" y dejó volar la imaginación y las ganas de trabajar a un número de tesisistas que fueron conformando lo que hoy es el Departamento de Físico Química y el INFIQC. Staricco no se conformó con el "pequeño mundo" del Departamento de Físico-Química. Desde el Gobierno Provincial inició el camino del CEPROCOR, pasó por el rectorado de la Universidad donde su rebeldía marcó, como siempre, hechos fundamentales (que podemos o no compartir) como la transformación del Monserrat en Colegio Mixto; y presidió la Academia Nacional de Ciencias donde su incómoda presencia generó más de una confrontación que movilizó nuevas actitudes. No tengo grandes recuerdos de haberlo visto "en la mesada" porque recordemos que a los 29 años ya era "Profesor Titular" y yo lo conocí en tal condición. Es más, en aquella época yo pensaba que ellos trabajaban poco y nos hacían hacer el trabajo pesado a nosotros, pensamiento que fue cambiando con el correr de los años, con la experiencia y los tesisistas, hasta reconocer que fue lo **mejor que nos podría haber pasado** porque así nos formamos nosotros de la mejor manera. Pero sí recuerdo haberlo tenido a mi lado en el laboratorio festejando cada pequeño logro en la carrera por hacer andar los láseres químicos. Debo decir que me siento particularmente honrado pues siempre me "bancó", me entusiasmó y me dejó hacer cuanta locura (en el buen sentido) se me ocurriese en el laboratorio. Cierro paréntesis.

Yo trabajaba todos los días reha-ciendo el laboratorio, soldando un nuevo retículo, preparando una mesada de mármol para tener una superficie donde poner espejos y lentes sin vibraciones, etc., etc.; pero los resultados no salían. Informé al CONICET al cabo de mi primer año de beca lo realizado y al poco tiempo, hablé con Staricco y renuncié a la beca pues me daba vergüenza no poder cumplir con los objetivos propuestos. Staricco entendió (como dije antes, "me bancó") y, por suerte para mí, en ese año de 1977-78 todavía había lugar en la Universidad. Me nombraron Auxiliar de 1ª con dedicación exclusiva (hoy impensable). Casi simultáneamente, leí en el *Journal of the InterAmerican Photochemical Society* que Mario Molina (sí, el Nobel de 1995) recientemente designado Profesor en la Universidad de California en Irvine, ofrecía una posición Post-Doctoral para realizar estudios en "Resonancia de Fluorescencia en Vacío Ultravioleta". Leer el pedido, hablar con Staricco, convencerlo de que yéndome a EE.UU. aceleraría el proyecto ya que Mario había hecho láseres en su Tesis y escribir a Mario (¿qué impertinente!... pedía un Post-Doc y me ofrecía yo), creo que me llevó un par de horas. Luego de varios intercambios epistolares, hicimos un "combo"; fuimos la que fuera mi esposa (Dra. Leonor Pasteris) y yo por el precio del Post-Doc. Y así es que mi primera comunicación científica lleva de co-autor a quien fue luego Premio Nobel de Química. Trabajamos duro en Irvine (me cansé de inutilizar ventanas de Csl al exponerlas a la radiación VUV ya que desarrollan centros de color) y al mismo tiempo fui comprando todo lo necesario para poder montar a mi regreso el tan ansiado laboratorio de láseres en Córdoba. El recuerdo más dramático de esa locura fue comprar una lámpara de descarga (un tubo de SUPRASIL de un metro de

largo con dos electrodos de tungsteno soldados en ambas puntas –algo realmente exótico de pensar en Córdoba– que cargué literalmente en la mano durante un mes y que al llegar al laboratorio de la UNC estaba ¡RA-JADA!, ¡ROTA! Afortunadamente el inefable Oscar Figueroa (el maestro vidriero por excelencia) la reparó y pude con ella producir las descargas de un banco de condensadores de 10 mF cada uno cargados a 10 kV que se traducían en un estrepitoso haz de luz que fotolizaba, en algunos microsegundos, el CF_3I con el que quería ver la emisión estimulada del átomo de yodo excitado. ¿Cómo registrar esas experiencias? Con el mismísimo osciloscopio que todos los “Electro” usaban (<https://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2022/05/05-RESENA-Solis-CelResenasT10N2-2022.pdf>) y al que había que cuidar como oro pues era el único. Tektronik 555 Dual Beam... ¡Qué tiempos!... con la cámara fotográfica registrando para después de revelar el rollo, ver qué había pasado y rogar que no se hubiera perdido o sobreexpuesto ninguna señal. ¡Qué lejos estábamos de la ciencia del primer mundo! y sin embargo, hacíamos. Con ese equipo terminé mi tesis doctoral y al cabo publiqué mi primer trabajo netamente argentino. Fue en una modesta publicación alemana, el *Berichte der Bunsen Gesellschaft für Physikalische Chemie* donde contamos cómo a la emisión láser del yodo excitado la “quencheábamos” con una celda de paso variable mientras agregábamos gases inertes (Ar por ejemplo) a la mezcla laseante y de ese modo pudimos determinar las constantes de velocidad de desactivación colisional de esos gases. Recuerdo que una copia de mi tesis le regaló Staricco a Schumacher² el día que lo nombraron Honoris Causa de la UBA. A raíz del suceso de haber obtenido radiación láser, comenzó una etapa muy grati-

ficante pues ya algunos estudiantes se estaban interesando en nuestro laboratorio. Es así que yo pasé de ser un simple tesista a dirigir estudiantes de doctorado que “oficialmente” fueron dirigidos por Staricco; pero que en realidad hicieron sus trabajos doctorales enteramente dirigidos por mí. Aclaro esto porque evidentemente yo no era profesor y por tanto (al menos en aquellas épocas) no podía dirigir una tesis. Con todo, mis dos primeros tesisistas virtuales, Lorenzo Bollatti 1983-88 (luego dedicado a la actividad privada con una empresa de entretenimientos láser) y Raúl Badini 1984-89 (actual Director Científico del CEPROCOR) realizaron sus trabajos doctorales y presentados que fueron para el premio Schumacher, a Lorenzo lo destacaron con el Premio Schumacher a la mejor tesis en Físico-química del bienio 88-90. Los resultados de su tesis, que incluyó la emisión láser de HF excitado vibracionalmente, merecieron la primera publicación del Departamento de Físico-Química en el *Journal of Chemical Physics*. Dicen las malas lenguas que el tribunal del premio Schumacher no quiso otorgar dos premios a la misma institución, pero no me consta. Lo que sí sabemos es que la Tesis de Raúl estuvo muy bien conceptuada por el mismísimo Dr. Arví³ en una visita a Córdoba. Pero como ocurre a menudo, ni Raúl ni Lorenzo duraron mucho en el laboratorio. Uno porque se dedicó a la actividad privada y Raúl porque fue uno de los elegidos para hacer el Post-Doc en el área de la Química Analítica (todo el INFIQC estaba dedicando gente y esfuerzo para desarrollar el área al punto que se había decidido en reuniones de claustro que fueran un cinético y un electro a especializarse para luego retornar y montar líneas de Analítica). De modo que yo me quedé huérfano de gente y hubo que remar de nuevo. Seguimos publicando algunos trabajos más con el átomo de

iodo excitado y en un viaje en ómnibus al Congreso de Físico-Química en Mar del Plata que compartimos con la gente de Río Cuarto, entablamos una seria e interesante colaboración con Andy García que se había enterado que teníamos un láser de colorantes que habíamos heredado de un Instituto que CONICET cerró y que yo personalmente fui a buscar en mi vehículo a Buenos Aires. Ese láser estaba malherido y duró poco funcionando, pero lo suficiente para que con Andy realizáramos varios experimentos midiendo la desactivación de oxígeno singlete por derivados indólicos primero y por pequeños péptidos luego. Ese tiempo fue de un intercambio muy enriquecedor entre las dos universidades.

■ IMPERTINENTE...

Sin embargo, yo sentía que mi carrera se estaba opacando: mi producción no era lo que hoy esperaríamos de un investigador y profesor, y mis perspectivas de seguir en las líneas que manejábamos iban decayendo no sólo por falta de gente sino también por el agotamiento natural de las mismas con los pocos recursos que teníamos. Paralelamente mantenía con Staricco las charlas de café que se derivaban de nuestra relación con Mario Molina y siempre traíamos a colación lo que podría significar el flúor a nivel atmosférico (recordemos que la Tesis de Staricco fue medir la reacción flúor + ozono) dadas las ingentes cantidades de compuestos fluorocarbonados que se emitían a la atmósfera. Eran recurrentes nuestras referencias a “hay que hacer algo con eso”; pero en la práctica, no teníamos posibilidad... hasta que ocurrió algo realmente inesperado.

Corría el año 1992 y yo había sido electo Director del Departamento de Físico-Química. En tal función recibí un correo del muy

querido Dr. Pedro Aymonino⁴ donde decía que un investigador alemán lo estaba visitando y que iba a viajar a Tucumán, por lo que podía ser bueno que recalara en Córdoba para darnos una conferencia. Como buen impertinente, le escribí a Aymonino diciéndole que sin un CV a la vista ¡no era cuestión de invitar a cualquiera!... Aymonino me mandó el CV de ese profesor y de su lectura quedé estupefacto. El Dr. Helge Willner era un consumado químico inorgánico que se había especializado en la síntesis de nuevas estructuras, muchas de ellas con sustancias fluoradas y contaba con un equipo de matrices a bajas temperaturas para registrar espectros IR.

Recibirlo y establecer con él una comunicación seria y un intenso debate de ideas fue una sola cosa. Le conté de mi proyecto de estudiar compuestos fluorados para ver qué influencia podían tener en la atmósfera y de nuestra imposibilidad de llevarlo a cabo por falta de equipamiento. Discutimos acerca de algunos resultados suyos a los que no les hallaba una explicación adecuada (ver luego) y al cabo de tres intensas jornadas se materializó la propuesta de pedir una Beca Alexander von Humboldt para desarrollar estudios en su laboratorio de la Universidad de Hannover. Llegado a Alemania, al tercer día de laboratorio ya estaba sintetizando el FC(O)OOC(O)F , el peróxido de bisfluoroformilo, que había preparado nada menos que Schumacher en la Plata en los 60, para usarlo como precursor de radicales FCO_x y así sintetizar hipofluorito de fluoroformilo y difluorodioxirano, CF_2O_2 al que queríamos para producir radicales CF_2 porque esos experimentos de matrices que Helge no podía interpretar involucraban la formación de ozono cuando el radical CF_2 reaccionaba con oxígeno. Helge puso todos sus datos sobre mi escritorio y luego de un par de se-

manas aparecí con una explicación que luego dio lugar a mi primera publicación en la revista *Angewandte Chemie* y que proponía la formación de ozono estratosférico por la presencia de radicales CF_2 provenientes de la descomposición del Freón más usado (F12 , CF_2Cl_2). La febril actividad que nos permitieron los radicales FCO_x hizo que nos contactáramos con el Dr. Reinhard Zellner para realizar en su laboratorio de la Universidad de Essen medidas cinéticas de ellos con componentes gaseosos propios de la atmósfera, como NO , NO_2 , O , O_3 y CH_4 . Al mismo tiempo en Hannover nos dedicamos a conocer prácticamente cada detalle o propiedad fisicoquímica de todo lo que veníamos produciendo, sin por ello dejar de pasar muy buenos momentos de distensión, distracción e incluso algún que otro viaje con todos los integrantes del grupo. Estaban Bernd, Sonia, Marc, Mathias, Hinrich, Bianca y Jürgen y la pasábamos fenómeno en un buen ambiente de trabajo. Ese año fue hacer rendir el tiempo todo lo posible. Yo había viajado solo, dejando mi familia con dos niños y una hija por venir (a quien pude conocer a las dos semanas de haber nacido pues el parto se adelantó y yo no pude cambiar los pasajes para llegar a tiempo –cosas de los vuelos–), y quería sacar el máximo provecho de mi estancia en Alemania. Y creo que lo logré, ya que pudimos publicar más de diez artículos en ese lapso. Además, tuve la inestimable ayuda de Helge quien más allá de su calidad de anfitrión, se convirtió en un amigo-colega que me prestó toda clase de apoyo, incluso con la Fundación AvH a la que cuando escribí para solicitar la donación de un equipo (era factible en aquel tiempo que la Fundación donara algún equipo usado al becario a su regreso si el pedido lo justificaba) le pidieron a Helge su opinión y el no dudó (y recuerdo su carta en contestar usando la expresión

“ein Jahr außergewöhnlicher wissenschaftlicher Produktion, o sea, “un año de extraordinaria producción científica”. Más aún, antes de volver a Argentina sintetice buenas cantidades de compuestos gaseosos que aquí no podría haber hecho, algunos con sustituciones isotópicas, que condensamos en aire líquido y colocamos en un termo especial, y Helge se encargó de allanarme todos los caminos aduaneros para que ese termo volara a Argentina y yo pudiera coordinar con mi hermano Gerardo (que también era Profesor en el Departamento de FQ) que me esperara en Ezeiza con otro termo con aire líquido para reponer ni bien aterrizara el avión de Lufthansa Cargo que traía las muestras. Fue todo una odisea, pero valió la pena y cambió mi suerte. Vuelto a Argentina, el laboratorio retomó un ritmo febril y mucha gente se unió a mi grupo, empezando por Fabio Malanca con quien comenzamos estudiando la fotólisis del CF_3COCl , de donde luego se derivaron muchísimas otras interesantes ramificaciones. Se unió también “sulfocianuro, SCN ”, o sea, Sanramé Carlos Norberto con quien incursionamos en otra línea estudiando la formación de complejos de inclusión (derivados indólicos-ciclodextrinas) y el efecto de estos sobre la desactivación de oxígeno singlete. A ellos se unió Malisa Chiappero, que venía de recibirse en la Universidad de Río Cuarto y que para mí fue un claro indicador de que mi laboratorio se estaba conociendo más allá de la frontera del INFIQC, que se dedicó a continuar con las desactivaciones de iodo excitado por compuestos hidroxilados y halometanos; y Karina Bierbrauer que tomó un congénere similar al de Fabio, el CF_3COF , estudió su fotólisis y extendió esos estudios a compuestos de importancia atmosférica.

Una tarde de 1994, era ya entrada el atardecer y prácticamente no quedaba gente en el Departamento sonó el teléfono (no había celulares en aquella época) y atendió un estudiante que vino y me dijo que querían hablar conmigo ¡de la Universidad de Oxford! ¿OXFORD? Presuroso atendí el teléfono y el Dr. Carlos Canosa Mas –uruguayo que trabajaba en el Grupo de Richard Wayne– me dijo que Richard había conocido mis trabajos y que le agradaría que conversáramos acerca de un convenio de colaboración entre nuestro grupos. ¿Se imaginan?... El autor de los libros con los que estudiábamos química atmosférica,⁵ el Editor en Jefe del *Journal of Photochemistry* diciendo que nuestro trabajo ¡valía la pena! Al igual que con el *affaire* Mario Molina, creo que me tomó una hora conseguir los formularios y redactar un plan de trabajo para un intercambio de dos investigadores por bando. Vendría primero Carlos, luego iría Karina, y hacia el final del año de convenio viajaríamos Richard y yo. Por supuesto, esto aceleró nuestro ritmo y Fabio (como parte de su trabajo doctoral) comenzó a medir una nueva reacción de CF_3COCl ; pero agregando CO y O_2 a la mezcla y empezamos a tener unos resultados extraños... hasta que encontramos la explicación. Cuando viajé a Oxford, llevando todos nuestros resultados, nos dedicamos primero a terminar unas mediciones y preparamos tablas y figuras para discutir las con Richard. La siguiente mañana Richard me llamó a su oficina y me dijo que nos preparáramos para escribir los resultados. Se sentó él (*sic*) frente a una Lexicon 80, me indicó que me sentara a su lado y comenzó a escribir la introducción y la parte experimental de un trabajo todavía sin título (así, en crudo, el Editor en Jefe). Cuando llegamos a los resultados empezamos a discutir (en el buen sentido) porque ante cada pregunta de Richard

yo ofrecía una respuesta de lo que era nuestra interpretación de los resultados. Cuando llegamos al meollo del trabajo, tres preguntas. A la primera le satisfizo mi respuesta, a la segunda le costó un poco más y a la tercera, se plantó y me dijo: “*Gustavo, I think you are adapting your answers to justify the existence of a species in which I do not believe*”. ¡Tragáme tierra! ¡Cómo convencer al Editor en Jefe que yo no mentía y que mis resultados indicaban para nosotros algo nuevo!, ¡que **nunca** hubiera manipulado un resultado para lograr una publicación, que nunca había tenido la oportunidad de escribir “en tiempo real” un *paper*! Con suma paciencia volví a poner blanco sobre negro nuestros resultados y si bien no se convenció del todo (enseguida explicaré la química) acordamos poner en el artículo una frase que hiciera mención a una molécula inexistente.

Ocurre que fotolizando CF_3COCl con CO y O_2 se generan radicales CF_3 que se combinan con oxígeno y forman radicales CF_3O los cuales reaccionan con CO para formar radicales CF_3OCO que nuevamente se combinan con O_2 para formar radicales CF_3OCOO que se descomponen dando radicales CF_3O y dióxido de carbono. Eso fue el “core” del artículo, la oxidación catalítica de CO a CO_2 a través de intermediarios polioxigenados, Pero... ¿y si en un sistema estático, los radicales antes de perder el CO_2 se dimerizaran?... Hubieran formado una nueva molécula que ya había estado en la mente de dos brillantes químicos argentinos muchos años antes. Me refiero a la Tesis de Miguel Blesa (<https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-1-no-4-2013/>) dirigido por Aymonino quienes por suerte para mí, no siguieron indagando en su sistema ya que de haberlo hecho mi vida sería otra.

Necesité volver al laboratorio de Helge en Alemania para poder finalmente sintetizar el $\text{CF}_3\text{OC(O)OOC(O)OCF}_3$ (¡gracias Fabio!) que finalmente publicamos y que es una molécula que nos dio grandes satisfacciones pues de ella salió la frase de “compuesto fluorocarboxigenado” que ha marcado gran parte de mi trayectoria, nos regaló una tesis “de manual” completa con un Maximiliano Burgos que no dejó determinación espectroscópica de IR por hacer, que usó todos los posibles marcadores isotópicos para demostrar que lo que le decía a Richard, era verdad. Y además, Helge le dio el nombre coloquial de “*Pergustavo*” con el que nos hemos referido siempre. Y no fue la única en recibir nombres coloquiales porque seguimos jugando con la química y como resultado de la mezcla de radicales CF_3O con radicales FC(O) , formamos la “*Interfabio*” en lógica alusión a que fue Fabio Malanca quien la preparó; hablo del peróxido $\text{CF}_3\text{OC(O)OOC(O)F}$. También sintetizamos y aislamos los trióxidos de esos peróxidos y fuimos los primeros, luego de las visitas de Holger Pernice y Plácido García (que eran tesis de Helge Willner con quien continuábamos colaborando e intercambiando estudiantes –de hecho Maxi y Karina también viajaron a Alemania a fortalecer la colaboración. El que nunca viajó fue Fabio porque no se sube a un avión; lo cual nunca le impidió ser agudo pensador, productivo, exitoso y eternamente comprometido con la educación-) en obtener el *trióxido quiral* FC(O)OOOC(O)F .

Fue una época dorada que, sin embargo, no me quitó la ansiedad por hacer cosas nuevas de la mano de gente que se avino a probar con pocos recursos. Probamos hacer fotocátalisis con la Dra. Graciela Zanini (que también vino de la Universidad de Río Cuarto) y logramos

destruir con luz visible el CF_3COCl ; usamos el *pergustavo* como iniciador de polimerizaciones y anduvo; buceamos en la química “mojada” con la tesis de Martín Sarmiento que investigó la degradación fotoquímica de la trifluoralina, un herbicida de gran utilización; me disfracé de químico de productos naturales para co-dirigir la tesis de Laura Comini en la que estudiamos antraquinonas como sensibilizadores en la producción de oxígeno singlete; insistimos con el difluorodioxirano y Karina, en colaboración con nuestros colegas de CITEFA que tenían los láseres que uno necesitara, encontró un método heterogéneo pero realmente efectivo para su síntesis.

Se incorporó Martín Manetti, quien realizó su trabajo doctoral con los fluorocarboxigenados logrando la síntesis y caracterización del primer aciltrióxido no simétrico, $\text{CF}_3\text{OC}(\text{O})\text{OOOC}(\text{O})\text{F}$; establecimos una colaboración con Timothy Wallington (quien fuera tesista de Richard Wayne y brillaba en los laboratorios de la Ford Motor Co. por su producción en Química Atmosférica) que fue muy fructífera pues no fue sólo el intercambio de personas o las publicaciones, sino que conseguimos buena financiación externa. Recuerdo que en una de sus visitas a Córdoba mientras Timothy leía y escribía los resultados de los experimentos donde fotolizamos $\text{CF}_3\text{O}_2\text{NO}_2$ con luz negra para convertirlo en CF_3ONO_2 llegó a decir “*the more I read it, the more I like the simplicity and beauty of the idea*” por la interesante conclusión a la que había llegado Malisa. Esta incursión con los nitratos dio lugar a la creación de una sub-línea (peroxinitratos) dentro del grupo que lideraron Fabio y Malisa (hasta su traslado a la Universidad de Mar del Plata donde actualmente es Profesora) y que produjo más de una tesis doctoral.

Por aquel entonces se produjo un cambio drástico en el grupo pues se fue Karina (ya como Investigadora de CONICET al CEPROCOR) y al poco tiempo se fue Malisa, pero ingresaron los ya Dres. Iriarte y Peláez. Ana Iriarte venía de hacer su tesis con Edgardo Cutín en Tucumán y se integró aportando sus conocimientos acerca de cómo las interacciones estereoelectrónicas modifican los espectros vibracionales. El caso (o caos) del Dr. Peláez es una singularidad pues provino del Departamento de Química Orgánica (yo había integrado su tribunal de Tesis) y ¡fue casi una herejía que se incorporara a Físico-Química. De hecho es el primer Dr. en Química Orgánica que tuvimos en Físico-Química. Y fue por la sencilla razón que su tesis me había impresionado por la cantidad de compuestos, que había sintetizado y descripto, por su modo de interpretar los resultados, y porque habíamos consensuado un plan de Beca Post-Doctoral. A ellos les siguió el ingreso de Matías Berasategui, cuya tesis incorporó la “novedad” de combinar los fluorocarboxigenados con CH_3OH para comenzar con la serie de los hidrofluorocarboxigenados; Julieta Pepino, cuyo trabajo (con una colaboración que tuve con Sonia Ulic del Cequinor) comenzó con el estudio de algunas propiedades espectroscópicas del 2-cloroetil-isocianato que luego se complicó (en el buen sentido) cuando pasamos de nuevos compuestos alifáticos a heterociclos aromáticos construidos a partir de 2-cloroetil-isocianato, para terminar en una tesis con el premio SAIQO a la Mejor Tesis en Química Orgánica en el bienio 2014-15; Victoria Cooke, que fue mi última tesista en el Departamento de Físico-Química, que con gran sentido de la responsabilidad de un químico hacia la mejora del ambiente, estudió la degradación térmica y fotoquímica del pesticida clorotalonil y sus deri-

vados; y finalmente Virginia Lobatto (alumna del Departamento de Química Orgánica) cuya tesis co-dirigí en lo atinente a la fotoquímica de otro pesticida como el clorpirifos. No quiero olvidarme, hablando de la integración de mi grupo, de la incorporación del Dr. Guido Rimondino (en breve me explayaré) quien también provino del Departamento de Química Orgánica.

■ VIEJO...

Hasta aquí, un sumario “*racconto*” de lo que se puede cuantificar en “*papers*”. Estuve muchos años dedicado exclusivamente a la Universidad y por supuesto al CONICET. Pero no todo fue publicar *papers* y escalar en la Carrera del Investigador. Fueron varias otras cosas.

En esta reseña traté de reflejar lo bien que nos llevamos con todos mis colaboradores y tesistas a lo largo de tantos años; pero quiero reforzar esta idea, pues es bien conocido que no se hace ciencia en soledad y reinventando cada vez la rueda. Mi gran preocupación fue siempre estudiar y conocer nuevos sistemas y hacerlo con gente dispuesta a arriesgar tiempo en un laboratorio donde se hacía todo. Y digo “todo” porque si teníamos que desarrollar (como hicimos en los 80) un sistema de adquisición de datos en tiempo real, pues nos dedicábamos a eso; o si había que diseñar una celda para trabajos a baja temperatura, nos tomábamos el tiempo para ello, aun cuando los resultados puramente químicos se demoraban un poco. Todos estos grandes discípulos que tuve se merecen mi mayor reconocimiento y espero no haberlos defraudado ya que trabajé también para que se asentaran y pudieran permanecer en el sistema luego de mi jubilación. Dicho de otro modo, no creo haber sido un “ídolo de pies de barro” que sólo se preocupó por tener

el mejor CV y el mayor número de publicaciones. Trabajé por mi gente (por ejemplo haciendo que ellos tomaran a su vez tesis, en lugar de acapararlos personalmente) y el mayor orgullo que tengo es poder decir que el día que cumplí mis 65 años y anuncié (aunque todo el mundo lo sabía) que me retiraría, dejé en lo que fue mi grupo, un conjunto de cuatro profesores establecidos, cada uno con una línea de trabajo independiente y un futuro bastante cierto de éxito y reconocimiento. Y esto no es muy común en el Departamento de Físico-Química. Es probable que alguno de ellos (o todos) inscriba en su CV la participación que ha tenido en la formación de los que fueron formalmente mis tesis, y bien merecido lo tienen pues no es sólo que me ayudaron sino que (como me pasó en mi primera gran experiencia docente) así aprendieron y se formaron para luego continuar. Fabio y su colaboración con Martín, que le permitió afianzarse y luego dirigir a mis nietos científicos Adriana Bossolasco, Diana Henao, Juana Salas; Walter colaborando con Julieta Pepino y Victoria Cooke y luego dirigiendo a Martín Faillace, Guadalupe Firpo y Nahir Ruiz Pereyra; Ana dirigiendo a Rodrigo Domínguez y Maxi colaborando en la formación de Matías Berasategui y luego dirigiendo a Lucía Lanfri, Juana Salas, Alejandro Ladino Cardona y Vanessa Quinteros.

Otros episodios que me marcaron fueron mi incorporación a la Academia Nacional de Ciencias y las Campañas Antárticas de verano. Lo de la Academia tiene un sabor especial. Es un "*número clausus*" y pertenecer a esa élite es algo que me cuesta creer. No sé por qué Staricco me propuso; pero si sé que siempre me gustó colaborar en la difusión de la ciencia y con la Presidencia de Staricco, la Academia hizo mucho por la difusión, sobre todo en escuelas y colegios de toda la República

y yo aporté mi granito de arena. El gran tema que fue dando continuidad a mis conferencias incluía una clase básica de Físico-Química para explicar el cambio climático y el calentamiento global, y reconozco que luego de haber expuesto más de cincuenta veces, aún me gusta tratar de enseñar conceptos como "el cuerpo negro". Era casi evidente además que si mi experiencia fue con la fase gaseosa y gran parte con química atmosférica, debería en algún momento dedicarme a determinar el "buen aire" de algún lugar. Pero nunca quise colisionar con otros grupos de mi propio Departamento de Físico-Química, de modo que optamos por montar un equipo para determinar contaminantes persistentes en el aire y precisamente las primeras determinaciones las hicimos con Martín Manetti y Guido Rimondino (que cursaba su practicanato profesional con nosotros) en los techos de la Academia Nacional de Ciencias. Casi al mismo tiempo en que medíamos en Córdoba, llegó a mi conocimiento que el CONICET llamaba a proyectos para llevarse a cabo a bordo del Buque Oceanográfico Puerto Deseado en la Campaña Antártica de Verano y creo que demoré exactamente lo mismo que con la propuesta a Mario Molina para escribir el proyecto de "Determinación de contaminantes persistentes en aire antártico" que fue aprobado y que tuvo continuidad durante cuatro años. Recuerdo las locuras que hicimos pues literalmente montamos un laboratorio a bordo del buque con nuestro sistema de toma de muestras (básicamente una aspiradora que aturdía a todos los de la cabina de mando del buque) que se detenía sólo unos minutos cada cuatro días para el recambio del elemento filtrante; un rack o retículo para solubilizar y extraer en forma continua los contaminantes para luego inyectarlos en el cromatógrafo que habíamos instalado en un espa-

cio de "laboratorio" y que tenía los tubos de gases comprimidos atados a un mamparo (pared de hierro) lateral, todo ello trincado (atado en el lenguaje náutico) con sogas y tensores de modo que no se movieran con el vaivén natural del buque. ¡Con el vaivén natural!... pero se nos desató una tormenta fenomenal que duró 36 horas cuando volvíamos de las Islas Orcadas con olas de 10-11 metros de altura hasta que amainó y pudimos tranquilizarnos al ver que el equipo había resistido. A pesar de que Guido era número puesto para ir conmigo, el CONICET se negó pues no era becario, de modo que su lugar lo ocupó Julieta. Recién pude devolver a Guido la promesa de ir a la Antártida al año siguiente pues ya era becario. No mío pues estaba haciendo la tesis en el Departamento de Química Orgánica; pero hablé con su directora quien se avino a que Guido usara SUS vacaciones (el mes de enero básicamente) para nuestras locuras antárticas.

En lo personal, yo había tocado el cielo con las manos. Pude concretar un sueño que tuve desde siempre y que se acrecentó cuando a los 16 años leí un libro del Dr. Torres sobre su trabajo en la Antártida. Fueron cuatro años de conocer gente hermosa, de visitar lugares a los que muy pocos pueden llegar, de reconocer el trabajo que realizan nuestras fuerzas armadas apoyando el quehacer científico sin retaceos y de experimentar los cielos más cargados de estrellas que habré de ver. Fue la frutilla de mi postre. Pero fue hacer ciencia y determinar que ya prácticamente no quedan sitios prístinos en nuestro planeta. Aún en un ambiente tan preservado como el de Antártida se detectan los contaminantes que se utilizan por ejemplo en la agricultura y es dramático ver que hemos medido la presencia de hexaclorobenceno, hexaclorociclohexanos y endosulfán en todo el

derrotero de nuestros viajes, aunque no deja de ser gratificante saber que fuimos los primeros en Argentina en hacer estas mediciones.

Por último, quisiera dejar un breve párrafo acerca de mi actuación en la Carrera de Investigador que, como muchos, comencé desde Investigador Asistente para ir escalando y llegar a Investigador Principal. No ascendí a Superior (nunca sabré si lo hubiera logrado) porque no pedí mi promoción a pesar de creer cumplir con los requisitos para ese cargo (al menos los que están escritos), por razones que muchos considerarán de un lirismo anticuado.

El punto es que he mantenido la ilusión de un CONICET que seleccionara e invitara a los candidatos en condiciones y que un tribunal o jurado evaluara la correspondencia al cargo; y no como ha prevalecido últimamente, donde el aspirante se postula en la convicción de que **debe** ser Superior, hoy, sin esperar a ser convocado por sus pares. No obstante, me siento realmente pleno de mi actuación en toda mi carrera. Soy Profesor Emérito de la Universidad Nacional de Córdoba y conservo con mi antiguo grupo una comunicación fluida de colegas que se respetan y quieren. Y tengo aún muchos sueños por cumplir.

■ NOTAS

1 Se trata de Eduardo H. Staricco. Para una breve descripción de su trayectoria, ver <https://w3.fcq.unc.edu.ar/node/1501>. [N.d.E.]

2 Se trata de Hans J. Schumacher. Para una descripción de su trayectoria ver: Arvía, A.J., *Anales de la Asociación Química Argentina* Vol. 93 - Nº 4/6, 43-79 (2005). [N.d.E.]

3 Se trata de Alejandro J. Arvía. Para una semblanza de su personalidad, ver la incluida en la página web de AAPC, <https://aargentinapciencias.org/alejandro-jorge-arvia-1928-2021/>. [N.d.E.]

4 Se trata de pedro J. Aymonino. Para una descripción de su trayectoria, ver el artículo de Enrique J. Baran, [https://www.exactas.unlp.edu.ar/uploads/docs/el legado de pedro j aymonino.%20AYMONINO.pdf](https://www.exactas.unlp.edu.ar/uploads/docs/el_legado_de_pedro_j_aymonino.%20AYMONINO.pdf). [N.d.E.]

5 Holloway A.M. y Wayne, R.P. (2015). *Atmospheric Chemistry*, Royal Society of Chemistry.[N.d.E.]

ALFREDO CARO

por Mario A.J. Mariscotti



Me complace la invitación a escribir una semblanza de Alfredo Caro porque me brinda la oportunidad de expresar dos cosas que no se dicen en el contacto diario: mi reconocimiento por una ayuda muy especial que recibí de él en un momento crítico hace ya cinco lustros y mi admiración no sólo por sus contribuciones científicas (que aprecio mejor ahora al leer su reseña) sino también por su inalterable disposición de poner su experiencia y talento al servicio del bien común. Alfredo es una persona con capacidades singulares, muy necesitadas en el país, y es desafortunado que no se hayan podido aprovechar nuevamente cuando se presentó la ocasión en años recientes.

La ayuda especial a la que me refiero y por la que le estoy más agradecido de lo que él podría suponer se dio en 1997 cuando organizamos la Agencia de Promoción de CyT y él junto con Francisco (Paco) de la Cruz asumieron la responsabilidad de diseñar y armar el sistema de evaluación y financiación de proyectos científicos del nuevo FONCYT. La presencia y acompañamiento de ellos fue más allá de lo meramente técnico. Se trataba de un gran desafío para mí. Había mucho en juego y anhelaba intensamente que esta nueva institución fuera un modelo de normas

claras y procedimientos transparentes y rigurosos en el otorgamiento de subsidios a la investigación científica. Sin la ayuda de Alfredo y Paco, que llevaron a cabo una tarea notable, ese anhelo no hubiera podido concretarse. Primero en la elaboración del sistema de evaluación por pares, inédito en la Argentina, le siguió el delicado trabajo de entrevistar científicos prestigiosos para seleccionar los coordinadores de las 14 áreas temáticas, los cuales se comprometieron a respetar severas cláusulas de confidencialidad en la elección de, y trato con, los pares evaluadores. Alfredo tuvo el mérito de impulsar el desarrollo de un sistema informático para manejar el proceso de los concursos y aplicarlo a partir del primero que se lanzaría pocos meses después, en septiembre 1997. Viajó a EEUU para tomar conocimiento de cómo lo estaban haciendo en la National Science Foundation (NSF). Asumió el compromiso y lo logró en

tiempo récord: el sistema informático se puso en marcha con el primer concurso (PICT 97), ¡y antes que la NSF finalizara el suyo! Fue una tarea intensa de la cual tengo un feliz recuerdo. Un verdadero placer trabajar en un equipo con Alfredo y Paco. En esa primera convocatoria se presentaron 2436 proyectos, se aprobaron por calidad 1844 y se financiaron 713 con un presupuesto de más de 27 millones de dólares (más de 10 veces mayor a lo destinado por el CONICET el año anterior). Los montos aprobados respondían a lo solicitado por el investigador responsable; los integrantes del grupo responsable se comprometían a no tener más de dos proyectos y el manejo del dinero se canalizó a través de unidades de vinculación que en su mayoría funcionaron muy eficientemente.

La trayectoria científica de Alfredo es de una riqueza poco común. Ha publicado más de 250 artículos, la mayoría en revistas de alto impacto como *Physical Review Letters*, *Science*, *Nature Communications*, *Nano Letters* y *Physical Review*. Sus trabajos han merecido más de 9000 citas (factor $h = 49$). Su vida universitaria comenzó en la Universidad de La Plata y se completó en el Instituto Balseiro en 1976. Allí, en el Centro Atómico Bariloche comenzó su vida profesional trabajando en un

programa de materiales irradiados (de obvia relevancia para la CNEA por su importancia en el diseño de materiales para reactores y elementos combustibles nucleares) que dirigía Manuel Mondino. En 1978 fue a trabajar a la Escuela Politécnica de Lausanne y allí se doctoró en 1980. Sus contribuciones en su trabajo de tesis estuvieron vinculadas a los defectos en metales estudiados a través de su comportamiento plástico. Su estadía en Suiza junto con Magdalena su esposa, que estaba terminando su propia tesis, se prolongó hasta 1983 año en que volvieron a Bariloche donde Alfredo comenzó a trabajar en teoría de metales en el grupo del Dr. Blas Alascio, estudiando el transporte en sistema desordenados.

La economía del país en esos años se complicó y los salarios empeoraron. Esto hizo que la familia Caro se decidiera por una segunda estadía en el exterior y fueron a trabajar al Paul Scherrer Institute. Allí comenzó la relación de Alfredo con los problemas de la ciencia de materiales vinculados a la fusión nuclear, especialmente a los daños por radiación en las paredes de un "horno" de fusión. Como sabemos la fusión nuclear controlada es una aspiración de la humanidad entera porque promete una fuente de energía prácticamente inagotable y hay unos cuantos laboratorios en el mundo trabajando en este tema. Así que las contribuciones de Alfredo en este tema, apoyado en el gran poder de computación que disponía en Suiza, tuvieron gran repercusión. En ese período, que duró 6 años, Alfredo también visitó el Laboratorio de Livermore, California para realizar un curso de especialización. Fueron años muy prolíficos de investigación de la interacción de iones con electrones en metales. Esos resultados contribuyeron, junto con el de otros autores, a lograr aumentar en 4 órdenes de magnitud (!) la vida útil de

un material sometido a radiación, lo cual, no hace falta aclararlo, tiene enorme relevancia en la industria nuclear.

En 1993, se volvió a encontrar con Mondino en Suiza. Mondino entonces era presidente de CNEA y lo convenció de que volviera para hacerse cargo del Instituto Balseiro y del Centro Atómico Bariloche. "Yo tenía 40 años y la cabeza llena de ideas sobre cómo modificar el funcionamiento del CAB en base a mi experiencia de 11 años en el exterior; era un desafío difícil de rechazar" escribe Alfredo en su Reseña. Me lo puedo imaginar porque yo tuve un sentimiento similar luego de pasar 6 años en Brookhaven. ¡Es que Argentina es un desafío, con tantas cosas que nos ofrece para ser mejoradas! Alfredo cuenta las ideas con que llegó al Centro Atómico, ahora como director: plan de becas postdoctorales para atraer talentos de afuera; administración por proyectos con evaluaciones ex ante y ex post; incorporación de investigadores extranjeros (como había sido en los orígenes del Centro Atómico en la época fundacional de Balseiro), y otras ideas muy valiosas que ojalá se hubieran podido llevar a cabo.

No fue posible. En 1994 el gobierno comenzó a pensar en privatizar las centrales nucleares (en ese momento Atucha I y Embalse y Atucha II en construcción) y reducir el presupuesto de CNEA. Mondino entró en un fuerte conflicto con el ministro Cavallo hasta que se vio obligado a renunciar. Con el decreto 1540/94 del 30 de agosto de ese año se creó Nucleoeléctrica Argentina S.A. y la CNEA perdió su actividad de mayor relevancia presupuestaria. Se la comenzó a denominar la CNEA "residual" ("un verdadero cachetazo para CNEA", tituló un diario citándome). El nuevo presidente de

CNEA pidió la renuncia de Alfredo. Fue la primera vez (no la última) que Argentina perdió la oportunidad de aprovechar su experiencia y su empuje.

Por fortuna Magdalena y Alfredo decidieron no emigrar nuevamente hasta que sus hijos terminaran el secundario. Lo digo así porque gracias a esta decisión contamos con la inestimable ayuda de Alfredo en la organización de la Agencia como ya lo mencioné. En esos años Alfredo continuó con una intensa colaboración con los suizos haciendo uso de sus supercomputadoras. Un resultado sobresaliente de esa colaboración en esos años fue descubrir que la ley Hall-Petch que dice que para granos entre 1 micrón y 1 mm la dureza del material es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de su tamaño, no se cumple para granos nanométricos.

En febrero de 2003 los Caro se fueron con un contrato a trabajar a Livermore. Allí está la *National Ignition Facility* que posee el láser más grande del mundo para explorar la fusión por confinamiento inercial. Además de altas temperaturas y altísimos niveles de radiación que afectan el material de las paredes, en esta alternativa a la fusión nuclear (distinta de los más convencionales Tokamaks) hay enormes presiones inducidas por los láseres sobre el blanco de deuterio-tritio. Alfredo estudió la modificación del efecto Hall-Petch que tiene lugar a estas presiones y que resultan en materiales de extraordinaria dureza. Como vemos hay una notable continuidad en la línea de investigación de materiales que siguió Alfredo independientemente de sus "fluctuaciones" geográficas, lo que conjeturo le ha permitido alcanzar niveles de especialización poco comunes y explican el prestigio que hoy día tiene. En mérito a ese prestigio fue más tarde

contratado por *Los Alamos National Laboratory* en New Mexico, donde continuó investigaciones similares como jefe del grupo de *Science of Nuclear Materials and Fuels*.

Su último destino, antes de su retiro, fue la *National Science Foundation* a partir de 2015. Aquí fue Director de Programa y como tal tuvo la oportunidad de visitar centros prestigiosos como Harvard y MIT y evaluar lo que estaban haciendo con los fondos de la NSF. Pero también con centros de menor nivel que recibían fondos para promover comunidades menos pudientes. Una experiencia invaluable. Otra tarea en esos años fue integrar un equipo de especialistas de la NSF que redactó el pedido a las Academias para que éstas hagan recomendaciones sobre la inversión en los siguientes 10 años en investigación de materiales. Como

jubilado ahora se desempeña como profesor ad honorem en la *George Washington University* donde colabora con una empresa interesada en desarrollar propulsión nuclear para ir a Marte y en dispositivos para blindar a la tripulación de la radiación cósmica, una extensión natural de su especialización en daños por radiación.

Desearía completar esta semblanza para referirme a la intensa interacción que hemos tenido con Alfredo en estos últimos años, interesados junto con otros colegas de Bariloche por el futuro de la actividad nuclear en el país. A esta interacción se debe mi admiración por la arraigada disposición de Alfredo por contribuir con toda su capacidad, entusiasmo y sabiduría a mejorar las cosas en Argentina a pesar de residir desde tantos años en el exte-

rior, e incluso estar dispuesto a volver si eso pudiera servir a un buen fin. Hace pocos años Alfredo fue invitado a presidir la CNEA. ¡Enorme desafío que él aceptó! Esta posibilidad por varias razones no prosperó, pero estuvo dando vueltas por un tiempo. Hubiera sido cautivante ver lo que Alfredo podría haber logrado aplicando su concepción de proyectos con metas, cronogramas y presupuestos definidos, con programas de intenso intercambio internacional, y formación de recursos humanos.

En estos años fue un privilegio para mí discutir ideas y proyectos con Alfredo. Aun cuando la veíamos difícil continuábamos reflexionando sobre planes, iniciativas y propuestas constructivas y no pierdo las esperanzas de que su potencial sea aprovechado en algún momento por el país.

LA VIDA, LA PROFESIÓN, Y SUS CAMINOS¹

Palabras clave: Materiales bajo condiciones extremas, Daño por radiación, Nanomecánica.
Key words: Materials under extreme conditions, Radiation damage. Nanomechanics.

De Bariloche a Suiza (dos veces), y de Bariloche a EE.UU. (tres destinos), el autor recorre los centros más importantes de la investigación nuclear y aún tiene tiempo para incursionar en la gestión de la investigación



Alfredo Caro

Research Professor – George Washington University

caroalfredo@yahoo.com - caro@gwu.edu

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

Para quien está habituado a escribir publicaciones científicas, desprovistas de aspectos personales, es a la vez un desafío y una oportunidad reflejar aspectos íntimos de numerosos años de trabajo profesional. Ni bien recibí la invitación me pareció adecuado responder positivamente; la lectura de numerosas “Reseñas” ya publicadas me hicieron ver el valor que tal testimonio deja para las generaciones futuras: son fragmentos de historia, escritos por sus protagonistas. Agradezco a los promotores el llevar adelante esta iniciativa, y la distinción que me hacen al pedirme la mía.

Creo que la vida de muchas personas dedicadas a la ciencia se define en la infancia y, frecuentemente, por factores externos que influyen sobre una posible vocación latente. En mi caso, yo tuve una infancia y juventud fuertemente marcadas por mis padres. Luego de recibirse de técnico agrícola en la Escuela de Agricultura de Casilda, Provincia de Santa Fe, mi padre se mudó a Córdoba para estudiar en la universidad. Allí se recibió primero de Geólogo porque, según contaba, la carrera de Biología no se abría todos los

años sino cuando había suficientes alumnos, y luego de Biólogo y Dr. en Biología con orientación botánica, que era su verdadera vocación. Conservo una carta que le envió a su madre donde decía “... mañana rindiendo mineralogía; ¡habrá dos tigres en la mesa... y conmigo seremos tres tigres!...”; y al día siguiente un telegrama anunciaba “... saqué sobresaliente...” También conservo una foto recibiendo las felicitaciones de Bernardo Houssay alrededor de 1960, a poco de devenir uno de los primeros miembros de la recientemente creada Carrera del Investigador en el también reciente Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Los subsidios de dicha institución le permitieron viajar por todo el país recolectando plantas que cuidadosamente pasaban a integrar su herbario de la flora argentina, alojado hoy en el Museo de Botánica de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires, del que fue Director por 25 años. Muchos de esos viajes los hizo conmigo, dándome así la oportunidad de conocer todas las provincias argentinas. Mi madre fue maestra, una mujer inteligente con enorme vocación; así, en casa,

mientras ella preparaba sus clases y mi padre leía en su biblioteca, mi infancia transcurrió enmarcada en un fuerte ambiente de estudio.

En uno de esos viajes de recolección de plantas, mi padre me dejó frente al Centro Atómico Bariloche para que preguntara por el Instituto Balseiro. Allí me recibió un joven egresado, Norberto ‘Chiquito’ Baieretti; yo tenía 15 años y supe que esa visita marcaría mi destino.

En 1971 ingresé a la Universidad de La Plata para estudiar física, que entonces tenía un curso de ingreso de 3 meses en el verano, en vez del curso de 1 año que ensayaba la UBA, lo que me acercaba temporalmente a Bariloche. Tuve el privilegio de ser alumno de uno de los últimos cursos que dictó Carlos Bollini en esa Casa, uno de los físicos más relevantes del país, y el sino de vivir de cerca los conflictos que marcaron la terrible década del ’70 en nuestro país. El tiempo me dio una perspectiva del significado de esos gases lacrimógenos o los avances de la policía montada en torno al comedor de la universidad, en su momento para mí era todo confusión.

El examen de ingreso al Instituto Balseiro, en el primer semestre de 1973, fue postergado un par de veces por los excepcionales momentos políticos que vivía el país, con la asunción de Cámpora en marzo y el retorno de Perón en junio. Fui seleccionado y en agosto viajé a Bariloche. Los años de estudiante en Bariloche representaron un período de crecimiento personal muy importante. El régimen de estudio, la vida en un campus, el grupo humano de profesores y estudiantes dejaron huellas indelebles y amistades de por vida. Adquirí allí no sólo los conocimientos para llevar adelante una profesión gratificante, sino también una membresía a un grupo humano extraordinario, cuyos beneficios me acompañaron toda mi vida.

Al mes de llegar se produjo el golpe de estado en Chile que derrocó a Allende; el nivel de debate político que se originó en esa pequeña comunidad era substancialmente más elevado que la violencia que caracterizaba La Plata. El año en que me gradué, 1976, no fue más fácil. Me quedó grabado, como síntesis de la violencia y prepotencia de ese período, el cartel que había en el kilómetro 8 de Bustillo, la ruta que une la ciudad con Llao-Llao, que decía: "No se detenga – El centinela hará fuego". En marzo de ese año, siendo delegado estudiantil en el Consejo Académico del Instituto, órgano colegiado de conducción, fui citado individualmente por el Director, como cada otro miembro del mismo, para comunicarme que de allí en más el Consejo sería sólo asesor.

Año y medio antes de la graduación, uno debía elegir el tema de la tesis de licenciatura, decisión que habría de influir sobre el futuro perfil de la carrera que uno seguiría. La característica de esos años es que no había becas de doctorado suficientes para los que queríamos

quedarnos en Bariloche, por lo que decidí optar por un tema que supuse sería de interés de la CNEA. Así conocí al Dr. Manuel Mondino en 1975 cuando, a poco de volver de una estadía en la Escuela Politécnica Federal de Lausanne en Suiza, y siendo jefe de la División Metales, inició en el CAB, un Programa de Materiales Irradiados, PMI, actividad ésta que resultaba de interés para CNEA, que ya contaba con recursos humanos en el tema en Buenos Aires y quería promoverlos en Bariloche. Destaco aquí que estudiar daño por radiación en una institución nuclear como CNEA es importante tanto por su efecto en materiales estructurales como en combustibles y dispositivos electrónicos.

Mondino ofreció becas de doctorado para formar estudiantes en el área y recibió una importante cantidad de equipamiento proveniente de Alemania como parte del acuerdo de transferencia de tecnología que vinculaba a CNEA con Siemens por la compra de Atucha-1, y de Francia, como parte de un amplio programa de cooperación vigente en esos tiempos. Esos equipos modernizaron significativamente la infraestructura de la División. También incorporó a un par de "cooperantes" franceses, jóvenes graduados universitarios que reemplazaban el servicio militar en Francia por 1 o 2 años de cooperación técnica en el extranjero.

Los miembros de ese incipiente Programa de Materiales Irradiados fuimos beneficiados por los 6 meses de sabático en Bariloche en 1976 del Prof. Alfred Seeger, director del Instituto Max Planck de metalurgia en Stuttgart, referencia obligada en el estudio de defectos en metales, con quien Mondino tenía estrecho contacto. El acelerador lineal de electrones del CAB sería la fuente de radiación gamma con la que se da-

ñarían los materiales que yo planeaba estudiar. También recibió de Suiza el equipo que yo habría de usar para mis experimentos: un dispositivo de medición de la disipación de energía de ondas elásticas en el rango de los kHz, con la precisión de la mecánica suiza, con criostato para nitrógeno líquido y calefactores para alta temperatura, todo instalado detrás de un blanco de plomo en el Linac de Bariloche. Invaluable para mi trabajo fue la colaboración del Ingeniero Ronald Roddick, quien diseñó la electrónica del equipo, y el personal del Linac, el Ing. Pedro Tadini y Max Schneebeli, con quienes entablé una estrecha amistad. Era la época en que se discutía la naturaleza de los defectos intersticiales en metales con estructura cúbica centrada en las caras (fcc); Seeger sostenía la hipótesis de dos tipos de intersticiales, *crowdions* y *dumbbells*, con una transición de unos a otros a cierta temperatura cercana a la del nitrógeno líquido. Aunque la idea de Seeger resultó incorrecta, la controversia de más de una década provocó un sinnúmero de publicaciones con experimentos y teoría en apoyo de ambas posturas, lo que me mantuvo ocupado por algunos años.

Así fue que mi trabajo de licenciatura consistió en montar esa facilidad de irradiación y realizar las primeras mediciones. Me presenté a becas de doctorado de CNEA y CONICET y las obtuve; acepté la segunda y en febrero de 1977 comencé entusiasmado mi trabajo de tesis. Sin embargo, los cambios ocurridos en Argentina como consecuencia del golpe de estado en 1976 indujeron a Mondino a modificar súbitamente sus planes y, a mediados de 1977, retornó con su familia a Lausanne, produciéndose una interrupción del PMI en Bariloche. Fue invitado como profesor visitante en la Escuela Politécnica, que contaba en ese entonces con un reactor de

investigación de 100 W, una poderosa fuente de cobalto de radiación gamma, y una fuente de deuterio-tritio para la producción de neutrones de 14 MeV. Así es que yo, a pocos meses de iniciar mi doctorado con una beca del CONICET, quedé sin director de tesis, en un tema que nadie más hacía en Bariloche. En Agosto de 1977 Magdalena, quien era alumna del último año del Instituto Balseiro, y yo nos casamos. En noviembre el ejército me llamó para el servicio militar obligatorio, que había prorrogado. Fue un año intenso.

■ PRIMERA PARTIDA

Días antes de la revisión médica del ejército, recibí una oferta de Mondino para continuar con el trabajo de doctorado en Lausanne, y otra oferta similar para Magdalena para trabajar en física de reactores híbridos fisión-fusión. El médico civil a cargo de la revisión comprendió la situación y, ante la sospecha de un ligero soplo al corazón, me declaró "inepto para todo servicio". Amigos que no tuvieron tanta suerte pasaron por experiencias duras en esos años terribles, que les quedaron marcadas de por vida. En febrero 1978 dejamos Argentina por primera vez, sin haberlo realmente planeado, y con la expectativa de volver a Bariloche tan pronto como fuera posible.

Los años vividos en Suiza fueron muy importantes tanto a nivel personal como profesional. País muy rico donde la ciencia se hace sin escaseces, y muy ordenado, donde todos los conflictos parecen haber sido resueltos centurias atrás, marcó nuestras vidas de manera indeleble. Recuerdo particularmente la celebración, en una estadía posterior que luego describo, de los 700 años de la creación de la Confederación Helvética, el 1 de agosto de 1991;

¡7 siglos de democracia sin conflictos internos! Con acceso a un acelerador Van de Graaf nuevo y todo el apoyo técnico para la construcción de un equipo que básicamente era un xilofón que oscilaba sometido al daño producido por el haz de electrones y cuya atenuación se medía digitalmente, rápidamente desarrollé mi trabajo de tesis que consistió en un estudio del dragado de defectos puntales por dislocaciones en movimiento. Publiqué mis primeros trabajos y visité un buen número de laboratorios europeos. La importancia del tema puede resumirse así: a diferencia de los defectos puntales en semiconductores, que pueden ser estudiados en detalle y dan lugar, entre otras cosas, a la existencia de los teléfonos celulares, los defectos puntales en metales permanecen ocultos a la mayoría de las técnicas experimentales de observación. Por ello, se los estudia indirectamente a través de los efectos que producen en otras cosas, por ejemplo, el comportamiento plástico, que está mediado por dislocaciones. Los defectos puntales afectan el movimiento de dislocaciones, en particular en lo que hace a las propiedades mecánicas como dureza, fragilidad, ductilidad, y elásticas, como la atenuación de ultrasonido.

A fines de 1980 me gradué y tuve el gusto de contar con Seeger en el jurado (¡como para mi tesis de licenciatura!) aunque mis resultados no apoyaban su hipótesis de dos tipos de defectos con "conversión". Una grave enfermedad de Úrsula, esposa de Mondino, oriunda de Bariloche y mujer extraordinariamente querida por todo el entorno de trabajo de Manolo, lo impulsó a retornar al país en esa misma época. Magdalena, que había iniciado un tema de tesis nuevo allí, en reactores híbridos de fisión - fusión, necesitaba un tiempo más para finalizarla, por lo que el director del Laboratorio de

Génie Atomique, Prof. Willy Benoit, me ofreció una posición postdoctoral. Más aun, me ofreció un viaje relativamente largo por Estados Unidos, mi primer viaje a este país donde ahora vivo, en el que visité una media docena de laboratorios y universidades donde había personas que me interesaba conocer.

Es en esta etapa que se produjo un cambio de dirección importante. Magdalena y yo queríamos volver a Bariloche tan pronto como fuera posible, pero yo pensé que, después de la experiencia de hacer física experimental en Suiza, iba a ser difícil adaptarme a hacer lo mismo en Bariloche, por lo que orienté mi postdoc hacia teoría, usando funciones de Green para dinámica de dislocaciones, tema que aprendí con un teórico norteamericano que había en el grupo y con quien publiqué un par de *papers* durante mi postdoctorado. Las razones para este cambio de tema son las mismas que me hacen tener admiración y respeto por todos los que desarrollan la infraestructura científica experimental en Argentina.

■ PRIMER REGRESO

Cuando en febrero de 1983 mi señora terminó su tesis volvimos a Bariloche, ambos con posiciones en CNEA y yo con el ingreso al CONICET algo retrasado por la guerra de Malvinas. Nuestra hija Florence tenía 2 años y medio y balbuceaba un tierno francés. El año 83 fue extraordinario en nuestro país. El regreso a la democracia, "con la que se come y se educa...", el programa de repatriación de científicos, en fin, una sensación de renacer.

En Bariloche no había estudios experimentales de daño por radiación; la iniciativa de Mondino había quedado trunca con su partida. Sí había teoría en metales, pero no

el tema que yo estaba aprendiendo, así que me incorporé a la División Teoría de Sólidos. Yo tenía mucho que aprender para estar a la par del grupo magnífico que allí había, y debo agradecer a un maestro de la talla de Blas Alascio (<https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-2-no-2-2014/>), quien me impulsó a que tomara alumnos de maestría donde él actuaba de mentor... ¡de ambos! En ese período que duró 5 años, hasta 1987, trabajé en el tema de funciones de Green de defectos, ya mencionado, en transporte en sistemas desordenados, fractales, etc., temas que estaban de moda en esos años y con los que poco a poco iba adquiriendo las herramientas de la especialidad. Era la típica ‘*curiosity driven*’ manera de trabajar. Un par de viajes al ICTP de Trieste, con asistencia a conferencias en Europa, el nombramiento como profesor adjunto del IB, y de investigador adjunto del CONICET, iban cimentando mi carrera.

Construimos una casa con un crédito del Banco Hipotecario, nació nuestro segundo hijo, Alfredo, y así nos íbamos afincando en una época prometedora de Argentina: el inicio del gobierno de Raúl Alfonsín.

■ SEGUNDA PARTIDA

Lamentablemente la alegría duró poco. Hacia 1987 un brote de hiperinflación redujo nuestros salarios a niveles que introducían serias dudas acerca del futuro nuestro y de nuestros hijos. Cuando los ahorros llegaron a un nivel crítico, mi señora partió a Europa a buscar trabajo, y volvió con una oferta del *Paul Scherrer Institute*, PSI, en la Suiza alemana. A su vuelta, partí yo a hacer lo propio. En el PSI me entrevisté con Max Victoria, y su oferta laboral definió el rumbo del resto de mi carrera profesional.

Conocí a Max alrededor de 1980, cuando visitó la EPFL donde yo terminaba mi tesis. Intercambiamos sólo unas palabras. Él estaba de gira buscando su destino. Al tiempo que escribo esto, estoy en contacto con él para impulsarlo a que escriba su “Reseña”; es una historia digna de ser contada. Aquí solo diré que Max, físico del Balseiro de la cuarta promoción, y primera tesis experimental de Bariloche, debió exilarse en 1976 y después de algunos pasos intermedios, se instaló en el PSI a cargo de un programa europeo financiado por Euratom para estudiar daño por radiación en materiales para fusión, usando el acelerador de protones del PSI. Protones de 600 MeV no son lo mismo que los neutrones de 14 MeV de fusión, pero como estos últimos son muy difíciles de conseguir, Max propuso usar los primeros para irradiar potenciales candidatos a materiales estructurales y de primera pared en reactores de fusión. Con muy buena financiación, Max desarrolló allí un grupo experimental que tuvo gran impacto en el campo porque sus resultados eran únicos. Entender las diferencias del daño de ambos tipos de partículas llevó años de trabajo de toda la comunidad interesada en ello. Tal vez ayude a entender la importancia del tema el decir que no hay fuentes intensas de neutrones de 14 MeV, porque aún no hay fusión nuclear, de modo que la única manera de investigar el efecto que esos neutrones tendrán en materiales es a través de sustitutos. Existen muy pocos reactores “rápidos” para ensayo de materiales, con espectro neutrónico intenso en el rango del MeV; uno de ellos, en Rusia, tenía una lista de espera para aceptar muestras de varios años.

Al tiempo de mi visita, Max pensaba expandir su grupo al área de ciencias de materiales computacional. Vale mencionar que, en esos

años, Suiza tenía una significativa infraestructura en supercomputadoras, la época de las Cray’s, contaba con Michele Parrinello en IBM Zurich, Alfonso Baldereschi en la EPFL en Lausanne, y contactos con Roberto Car, que había sido postdoc en la EPFL, referentes del área; es decir que la ciencia de materiales computacional estaba en auge allí.

Esta ciencia de materiales computacional moderna tuvo una fecha de nacimiento con la publicación de *Unified approach for molecular dynamics and density-functional theory* de R Car y M Parrinello en 1985 y de *Embedded-atom method: Derivation and application to impurities, surfaces, and other defects in metals* de MS Daw, MI Baskes en 1984. Juntos, esos trabajos suman aproximadamente 25 mil citas, es decir, son seminales. El primero marcó el inicio de lo que es hoy una herramienta ineludible en ciencia de materiales, la dinámica molecular *ab-initio*, basada en estructura electrónica a nivel de la teoría de funcional densidad. El segundo trabajo venció la barrera que tenían los potenciales clásicos para dinámica molecular, que no podían capturar la esencia del enlace metálico.

Max vio la oportunidad que ofrecía Suiza en interés en el tema, infraestructura informática, y presencia de Parrinello como referente. Yo aportaba un cierto bagaje teórico y experiencia en daño por radiación. Para mí fue una oportunidad excelente, mi primera actividad allí fue ir a *Sandia National Laboratory* en Livermore California a tomar un curso sobre *Embeded-Atom Method* dictado por Daw y Baskes.

Los seis años que pasé en el PSI entre 1988 y 1993 fueron de los más prolíficos de mi carrera. Entre mis trabajos más citados, está *Ion-electron interaction in molecular-dy-*

namics cascades, con Max, de 1989 (Caro y Victoria 1989). La razón es que el estudio del daño por radiación, sinónimo de estudio de defectos, requiere el tratamiento de muchos grados de libertad en dinámica molecular. Eso excluye la opción *ab-initio* por el costo computacional, y deja a la aproximación clásica como única alternativa para la descripción de colisiones entre átomos y el poder de frenamiento electrónico. Indagar en esa frontera entre la descripción clásica y cuántica ha sido uno de mis temas de trabajo desde entonces.

En ese trabajo propusimos una manera empírica de incorporar los grados de libertad electrónicos en la descripción de la interacción de iones con sólidos, tema que hoy ha hecho un tremendo progreso con las computadoras y modelos actuales, tanto en el campo cuántico con la *time-dependent density functional theory*, como en el clásico, con versiones mucho más sofisticadas que la propuesta en aquel trabajo. Cuando un neutrón de MeVs de energía penetra un sólido y deposita sobre un núcleo, llamado ‘*primary knock-on-atom*’ o PKA, una cantidad de energía en el rango de los keV, se genera una cascada de colisiones cuya energía se disipa en algunos picosegundos. Una representación puramente clásica de la dinámica molecular capturaría el transporte de energía en términos sólo de fonones, mientras que, en un metal real, los electrones son más eficientes en esa tarea. De allí la necesidad de incorporar estos últimos de alguna manera, porque el tiempo que tarda esa energía en disiparse determina el tipo de daño que queda en el material. Una manera cualitativa de mostrar la complejidad se expone en la Figura 1.

La descripción cuantitativa del daño por radiación mediante técni-

cas computacionales es hoy rutinaria y precisa; como ejemplo, el final de vida del acero del recipiente de presión de Atucha 1, evaluada en el momento de su diseño y con un material de los años 60, se da cuando el daño llega a 0.01 dpa (dpa es una unidad de daño), mientras que hoy hay materiales que soportan 200 dpa. Esos cuatro órdenes de magnitud de diferencia son el resultado de la comprensión microscópica del daño adquirida en los últimos 50 años, en gran medida gracias a modelado computacional, y a un cúmulo enorme de resultados experimentales. Similarmente, la relevancia que

la comprensión de los mecanismos de daño tiene para la tecnología de fusión no puede ser ignorada. Aun cuando se pueda mantener estable por largo tiempo el plasma en tecnología de confinamiento magnético, o se logre el “encendido” del blanco de fusión en confinamiento inercial, cosas que todavía no se han logrado, quedará el problema de cómo extraer esa energía para darle un uso práctico. La “primera pared”, como se llama genéricamente al material que enfrenta al deuterio-tritio que se fusiona, deberá ser capaz de disipar una densidad de potencia de varios MW/ m² depositados en forma de

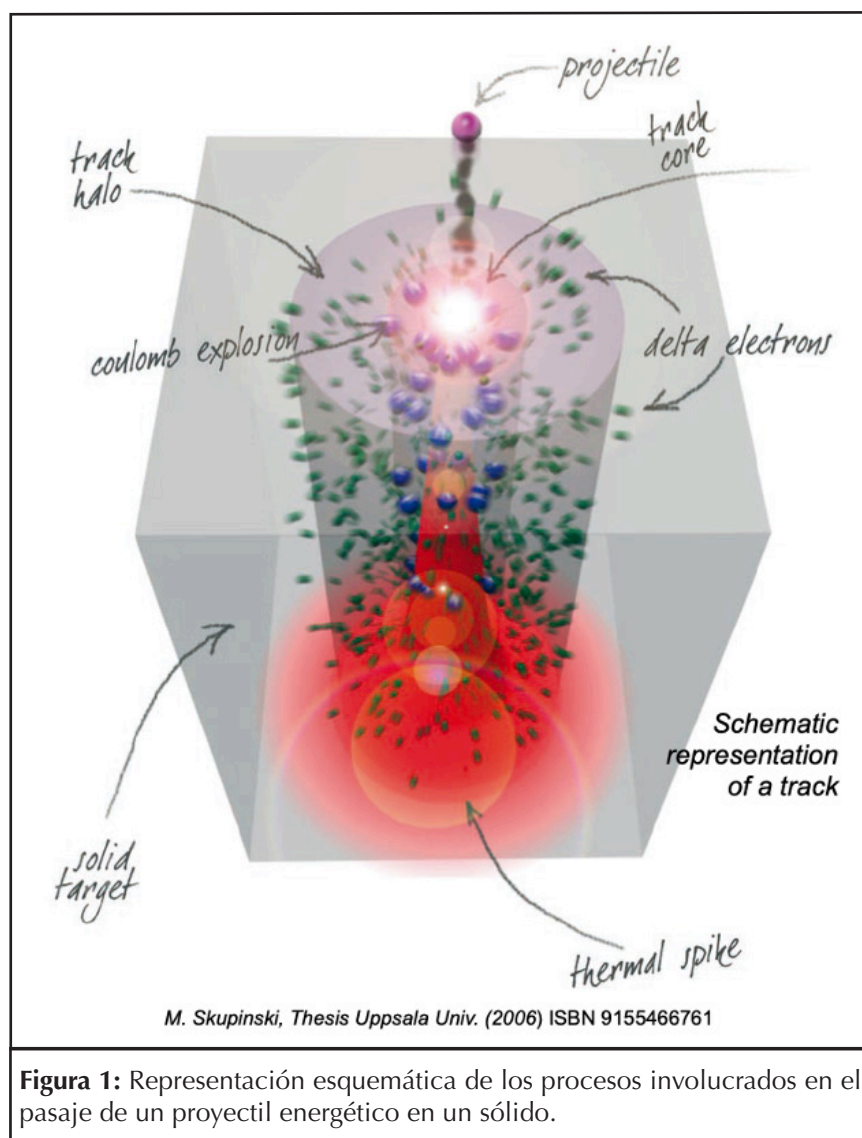


Figura 1: Representación esquemática de los procesos involucrados en el pasaje de un proyectil energético en un sólido.

rayos X, neutrones de 14 MeV, helio de 4 MeV, y átomos pesados del blanco en el caso de confinamiento inercial, tecnología esta última que, al ser pulsada, agrega además fatiga producto de los varios cientos de grados de amplitud térmica en la superficie. No hay material hoy que soporte esas exigencias por un tiempo tal que haga viable económicamente dicha tecnología, aunque el progreso es prometedor.

El plan de ir a Suiza por un año para recomponer la economía familiar y volver a Bariloche se vio perturbado no sólo por el entusiasmo con que trabajaba allí en estos temas, sino también porque Argentina entró en la hiperinflación del 89. Así fue que nos quedamos en Suiza por 6 años. Conferencias e intercambios me dieron la oportunidad de conocer numerosos colegas que fueron construyendo la red de relaciones en las que desarrollé esta profesión.

■ SEGUNDO REGRESO

El gobierno de Menem nombró como presidente de CNEA en 1989 a Manuel Mondino, mi director de tesis, con quien yo mantenía un contacto regular. Su gestión al frente de CNEA se inició en épocas de fuertes desafíos. Al inicio de la misma, la institución se abocaba a uno de los retos tecnológicos más importantes de su historia, como fue la reparación de Atucha I luego del incidente de 1988 en el que se rompió un canal refrigerante. La parada de la central en época de fuerte crisis energética en el país, con cortes y racionamientos, puso el tema en la primera plana de los diarios, alimentando la discusión a favor y en contra de la energía nuclear. La gestión de la anterior presidente de CNEA, Dra. Emma Pérez Ferreira, y su cercanía al presidente Raúl Alfonsín, fue determinante en la decisión de reparar la central aún con escaso

compromiso de su constructor, Siemens. Mondino continuó apoyando el proyecto y tuvo el placer de materializar la re-conexión de la CNA-I a la red en 1989.

También le cupo el rol de inaugurar en 1993, después de muchos años de construcción, la segunda planta industrial de agua pesada más grande del mundo, en Arroyito, Neuquén, destinada a proveer las necesidades de Atucha II y a la de las futuras centrales planeadas. Durante su gestión logró revertir la decisión del gobierno anterior de paralizar las obras de Atucha II, relanzando la construcción iniciada en 1981, con importante asignación de recursos humanos y materiales, situación que habría de cambiar drásticamente al año siguiente, provocando que finalmente la puesta en servicio se retrasara otros 20 años.

Es en ese período, en el que Mondino viajaba frecuentemente a Viena, que nos encontramos y surgió la posibilidad de volver a Argentina para ocupar la Dirección del Centro Atómico Bariloche y del Instituto Balseiro, cargos que desde su creación eran ejercidos por una misma persona y que lamentablemente fue cambiado poco después de mi gestión, dañando la unidad CAB-IB. Yo tenía 40 años y la cabeza llena de ideas sobre cómo modificar el funcionamiento del CAB en base a mi experiencia de once años en el exterior; era un desafío difícil de rechazar. La decisión familiar no fue fácil, mi señora y yo teníamos posiciones muy buenas en el PSI, mis hijos de 8 y 13 años estaban muy bien integrados en un sistema educativo excepcional. Prevaleció el desafío y en octubre de 1993 volvimos a Argentina por segunda vez; tomé el cargo de las manos de mi predecesor, Arturo López Dávalos ([https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-](https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-2-no-2-2014/)

[2-no-2-2014/](https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-2-no-2-2014/)), a quien no sólo yo le tengo un gran respeto como persona y colega, sino toda la comunidad del CAB-IB, que lo despidió con ovaciones, redoblando el reto al que me enfrentaba.

Cuando miraba el funcionamiento de las instituciones de CyT en Argentina y las comparaba con el de instituciones similares que había conocido en otros países, me surgían ideas que pensaba se podrían implementar. Para mencionar sólo algunos de mis objetivos para aquella gestión nombraré la creación de la figura de postdoc para atraer talentos de afuera, por aquello de que la diversidad enriquece, figura que algunos años después creó el CONICET; la administración del presupuesto del CAB por proyectos, con evaluaciones *ex-ante* y *ex-post*, algo difícil dentro de la administración pública porque requiere presupuesto en el inciso "transferencias", modalidad que pocos años después estableció la ANPCyT; la realización de concursos internacionales para incorporar investigadores extranjeros formados, a un plantel que los supo tener en el pasado, pero que no tenía muchos en esa entonces, a fin de incorporar nuevas temáticas de investigación; y el inicio de contactos con el PNUD buscando apoyo para la creación de una carrera en tecnología de la información.

Nada de esto fue posible. Serías dificultades surgieron inmediatamente después de mi llegada al confrontar la conducción de CNEA la decisión del gobierno de privatizar las centrales nucleares y buscar financiación externa para la terminación de Atucha II. Una parte de quienes teníamos responsabilidades de conducción lo percibíamos como una amenaza a la continuidad de lo que habría de quedar de CNEA. Oponerse a esas modificaciones era mantener el rol rector de la CNEA

sobre las empresas, así como la interrelación de las mismas en torno al ciclo de combustible y las centrales nucleares. Parte de la conducción de CNEA veía que la desarticulación del sector implicaba el riesgo de dejar sin financiación las actividades de I&D de la "CNEA Residual", como se daba en llamar a lo que quedaba de los entes públicos privatizados, ya que, hasta entonces, la I&D en CNEA se financiaba en parte con la venta de la electricidad producida.

Los proyectos para el sector nuclear del ministro de economía Domingo Cavallo con su secretario de energía Carlos Bastos, y de Mondino eran contrapuestos, lo que dio lugar a una intensa discusión que tuvo amplia repercusión en la prensa y generó profundas divisiones en CNEA; Argentina tenía en esa época casi un 20% de electricidad de origen nuclear. El triunfo del primero dio lugar al Decreto 1540 de 1994 que condujo a la intervención del organismo, a la remoción del directorio, a la separación de las centrales nucleares en la empresa Nucleoeléctrica Argentina Sociedad Anónima, NA-SA, y a la creación de lo que es hoy la Autoridad Regulatoria Nuclear, ARN. El tiempo mostró que, como CNEA decía, las centrales nucleares no pudieron ser privatizadas, y la CNEA sufrió por más de una década su peor período de desfinanciamiento, hasta el relanzamiento del Plan Nuclear en 2006. El interventor Ing. Guillermo Padín estuvo en funciones 6 meses, en los cuales se implementó un duro programa de retiros voluntarios. Al normalizarse lo que quedaba de la institución con el nombramiento del Lic. Eduardo Santos en la presidencia a principios de 1995, concluyó abruptamente mi función en Bariloche, menos de dos años después de haber vuelto al país, dejándome en

una situación por demás incómoda dentro de CNEA.

La frustración, sumada al esfuerzo de desarraigo que había hecho la familia para dejar Suiza, invitaba a un momento de reflexión sobre el futuro. Con hijos de 10 y 15 años, decidimos quedarnos en Bariloche hasta que terminaran la escuela secundaria. Aproveché esos años en varias actividades que me dejaron muchas satisfacciones. La primera fue relanzar la colaboración con colegas en Suiza y Estados Unidos, con acceso a supercomputadoras, para investigar propiedades mecánicas de materiales nano-fásicos, tema que nacía en esos tiempos y es hoy ampliamente estudiado. Conocimientos milenarios de metalurgia indican que las propiedades mecánicas de los metales mejoran si son sometidos a deformación plástica y tratamientos térmicos en cuidadas secuencias. Imágenes de películas de herreros golpeando espadas calientes y luego sumergiéndolas en agua nos son familiares; las recetas intuitivas para las secuencias de calentar, golpear, enfriar... determinaban la dureza de las espadas y la suerte de los ejércitos. En los '50 se estableció la ley empírica de Hall-Petch que indica que la dureza de un metal es inversamente proporcional a la raíz cuadrada del tamaño de grano, válida para granos en el rango de 1 micrón a 1 milímetro (granos son los pequeños cristales que componen una pieza macroscópica de un metal policristalino). El interés por la escala nanométrica y la posibilidad de explorarla en el laboratorio dio origen a la pregunta de qué pasa si el tamaño de grano se vuelve nanométrico; ¿hay un límite superior a la dureza?

La capacidad de las supercomputadoras para ese entonces ya permitía simular con dinámica molecular clásica muestras de cientos

de millones de átomos, suficientes para describir un material nanofásico (material policristalino donde el tamaño de los granos está en la escala del nanómetro) representativo del comportamiento en volumen. Con colegas de Suiza y de Estados Unidos publicamos el primer trabajo que reportaba el límite de validez de la ley de Hall-Petch al entrar en el rango de nanoscala: descubrimos que el deslizamiento de bordes de grano venía en auxilio de la plasticidad cuando las dislocaciones no tenían ya espacio dentro de los granos, limitando de esa manera la dureza predicha por Hall-Petch; el paper *Competing plastic deformation mechanisms in nanophase metals* de 1999 (van Swygenhoven y col. 1999) recibe aún muchas citas. Remarco aquí que fue una predicción hecha con modelos computacionales, que posteriormente fue verificada experimentalmente. Destaco también a uno de los autores, Diana Farkas, egresada en 1975 del IB y profesora en Virginia Tech, donde se acababa de instalar una de las primeras CAVE, "virtual environment" creado por computadoras donde uno se sumergía en un espacio 3-D en el que las dislocaciones volaban a través de la habitación. Viajamos todos los autores a trabajar con ella y nos divertimos con una de las primeras manifestaciones de realidad virtual. Como suele suceder, nuestro paper tiene muchas citas, pero no es considerado el primero en reportar el "Inverse Hall-Petch behavior", privilegio concedido a otro grupo que poco después que nosotros publicó un paper más extenso y que bautizó el efecto con el nombre mencionado. Durante varios años publicamos un buen número de trabajos ahondando en estos temas que la supercomputación permitía abordar y que el desarrollo de las técnicas de *nanoindentación*, *nanopillar compression* y otras, permitían explorar experimentalmente. Hoy la

nanomecánica tiene un desarrollo extraordinario.

La segunda de las actividades que me brindó satisfacción en esa época fue responder a una invitación para colaborar con Juan Carlos Del Bello (<https://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2021/03/02-RESENA-Del-Bello-CelResenasT9N1-2021.pdf>), Mario Mariscotti (<https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-3-no-2-2015/>), y Francisco Paco de la Cruz (<https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-1-no-1-2013/>), en la creación de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, ANPCyT, en 1997. Mi contribución fue en implementar el sistema de evaluación que De la Cruz proponía, basado en la consulta a pares en lugar de comisiones asesoras. Viajé a Washington por una semana para estudiar de cerca los procesos que utilizaba la *National Science Foundation*, la agencia más grande de EE.UU. para financiar las ciencias no-médicas. Relato esto por lo que va a suceder, 20 años después... Al volver, creo que fui yo, y espero que Mario o Paco no me desmientan, que propuse que todo sería *paperless* desde la primera convocatoria. NSF en ese entonces tenía una pequeña fracción de las propuestas tratada por medios electrónicos, el grueso era en papel. Desde Bariloche un grupo de ingenieros liderado por el Ing. Oscar Fernandez diseñó el *software* e instaló el *hardware* para tratar las aproximadamente 2500 presentaciones que se enviaron para la primera convocatoria. Elegimos los primeros coordinadores de las áreas temáticas, distribuidos por todo el país, y los guiamos hasta la realización de las reuniones de las comisiones con los pares evaluadores. Se seleccionaron los proyectos ganadores y por primera vez

en el sistema científico argentino, creo, se entregaron los fondos a los investigadores, a ser administrados por las Unidades de Vinculación que habían sido creadas poco antes en el marco de la Ley de Innovación Tecnológica. Creo que la Agencia marcó un antes y un después en la mecánica de la financiación de la investigación científica y tecnológica argentina.

La tercera actividad de relevancia para mi historia en ese período fue el trabajo de tesis del Ing. E. Lopasso. Con él desarrollamos métodos numéricos precisos para calcular energías libres a partir de potenciales clásicos del tipo de *Embedded Atom* que mencioné antes. Este trabajo se multiplicó en diversas aplicaciones en lo que sería mi próxima etapa. La relevancia del tema proviene del hecho que la dinámica molecular se utiliza para estudiar problemas de no-equilibrio; la evolución de un sistema en tales condiciones está determinada por los gradientes de un adecuado potencial químico, que son las fuerzas, y por las movilizaciones. Si los potenciales químicos no capturan la termodinámica del sistema con cierta precisión, el resultado es incierto. Calcular con precisión y rápidamente energías libres permite incorporarlas en el proceso de creación del potencial, junto con otra serie de propiedades, resultando así modelos mucho más robustos.

Gratificante también, claro está, fue mi experiencia como profesor del IB, tanto por la calidad e interés de los alumnos, como por la de los colegas profesores. Por último, menciono también otras experiencias interesantes. A través de contactos con Carlos Abeledo, realicé evaluaciones en Colombia y Venezuela de préstamos del BID, similares a los que tenía la ANPCyT para financiar parte de su actividad; y a través de Arturo López Dávalos, miembro de

la recientemente creada CONEAU, Comisión de evaluación y acreditación universitaria, participé de una de las primeras acreditaciones universitarias, en la Universidad Nacional de Salta. Realicé una consultoría para el ICTP sobre su compromiso con temas de tecnología nuclear y una para la UBA sobre su Secretaría de Ciencia y Técnica.

■ TERCERA PARTIDA

PRIMERA ETAPA

En 2001 Argentina tuvo una crisis que de nuevo echó por tierra las perspectivas individuales de estabilidad económica y progreso profesional, reafirmando nuestra decisión de partir. En diciembre de 2002, mi hijo terminó la secundaria y en febrero de 2003 emigramos a Estados Unidos. Esta vez, la tercera partida, sería la última; llevamos casi veinte años en este país y recientemente nos hemos jubilado. Pero estos últimos veinte años han sido fantásticos, plenos de experiencias nuevas y desafíos. Vamos por partes.

Buscar trabajo teniendo 50 años y en un país donde no tenía antecedentes laborales previos se presentaba como un desafío. Pero esta profesión funciona apoyada por la red de relaciones que uno forma durante su carrera. De hecho, durante mi segunda estadía en Suiza yo había tenido la oportunidad de invitar a pasar un mes a un joven postdoc de origen español, Tomás Díaz de la Rubia, con quien escribimos un par de trabajos sobre cómo describir con dinámica molecular colisiones atómicas en el rango de los keV que reprodujeran un *stopping power* nuclear compatible con el cúmulo de conocimiento que había en el tema. Tomás era un joven brillante que luego hizo una carrera estelar en *Lawrence Livermore National*

Laboratory, LLNL, en California. Lo contacté preguntándole si escribiría una carta de recomendación para mi búsqueda laboral en ese país. Me contestó que no era necesario, que me ofrecía un contrato por demás de generoso para ir a trabajar allí. También nos puso en contacto con el grupo que contrató a Magdalena. Fue la búsqueda laboral más corta de nuestras vidas.

Trabajar en un laboratorio nacional de Estados Unidos es una experiencia formidable. La “signature facility” de LLNL es NIF, la *National Ignition Facility*, el láser más grande del mundo para explorar fusión por confinamiento inercial. NIF estaba en construcción y tenía grupos de I&D en una amplia serie de temas. Yo tuve el gusto de trabajar en problemas de la primera pared del reactor, la que recibe radiación en diversas formas, y en el material del blanco que tiene por misión comprimir el combustible de fusión inercial hasta que se produzca el “encendido”. En el tema del blanco, tuve el placer de trabajar con un joven brillante egresado del IB en 1994, cuando yo era el director, quien estaba haciendo una carrera meteórica en LLNL y hoy es, desde Mendoza, un referente en ciencia de materiales computacional en Argentina, Eduardo Bringa. Él ya era un experto en la propagación de ondas de choque en materiales y entonces hicimos la simulación de dinámica molecular más grande de la que participé, con 100.000 procesadores y varias decenas de horas de cálculo. Era un “experimento” inaccesible para quienes no tuvieran tal potencia de cálculo. El resultado, que publicamos en una revista de alto impacto junto con experimentos realizados con un gas-gun, *Ultra-high strength in nanocrystalline materials under shock loading*, de 2005 (Bringa y col. 2005), tuvo y tiene muchas citas pues mostró que el deslizamiento de bordes de gra-

no que da lugar al ablandamiento descrito por la “*inverse Hall-Petch relation*”, que mencioné antes, era suprimido por la presión de la onda de choque, dando lugar así a un material de una extraordinaria e inesperada dureza. Esto es relevante pues influye en la manera en que la energía depositada por el láser es focalizada sobre el combustible de fusión, el centro del problema de “*ignition*” que mencioné antes.

La otra actividad en Livermore que fue muy satisfactoria fue la expansión de lo iniciado por Lopasso en Bariloche. Como ya mencioné, incorporar la termodinámica que predice un potencial clásico para dinámica molecular en el desarrollo del mismo, aumentaba significativamente la precisión de este tipo de aproximaciones. El material de interés eran las aleaciones de hierro-cromo, o acero inoxidable ferrítico, consideradas para aplicaciones estructurales tanto en fisión como en fusión nuclear. Yo tenía un subsidio de la *Office of Science, Fusion Energy Science* del Departamento de Energía, que financiaba este trabajo.

Cabe aquí una digresión: las explosiones en 2011 de tres de los edificios que albergaban los reactores de Fukushima fueron producidas por hidrógeno en contacto con el aire. El hidrógeno provino de la descomposición del vapor de agua que, en contacto con el circonio de las vainas combustibles, en un núcleo que se había fundido por falta de energía en las bombas de refrigeración, produce óxido de circonio más hidrógeno, en una reacción fuertemente exotérmica. El hidrógeno así liberado produce una reacción también fuertemente exotérmica con el oxígeno del aire, que se traduce en una explosión. Todos los metales se oxidan, pero el circonio lo hace con una avidez singular; en particular, la circonia, ZrO_2 , es tan estable que se

usa como símil del diamante en joyería. El circonio se usa en las vainas de los elementos combustibles de casi todos los reactores comerciales. La razón es una muy baja sección eficaz de captura neutrónica, lo que los hace perturbar poco el balance de neutrones del núcleo. Eso es importante en reactores de uranio enriquecido, pero más aún en los de uranio natural como los de Argentina. El accidente de Fukushima reavivó el interés por desarrollar “*accident tolerant fuels*” basados en otro metal para las vainas. Las aleaciones de FeCr son las candidatas y de ahí el interés en entender su comportamiento bajo irradiación. Vale mencionar aquí que hace pocos meses (en 2021) se introdujo por primera vez vainas de FeCr en un reactor comercial en EE.UU., y también que el acero austenítico (Fe-Ni) no es una opción porque el Ni produce helio bajo irradiación neutrónica.

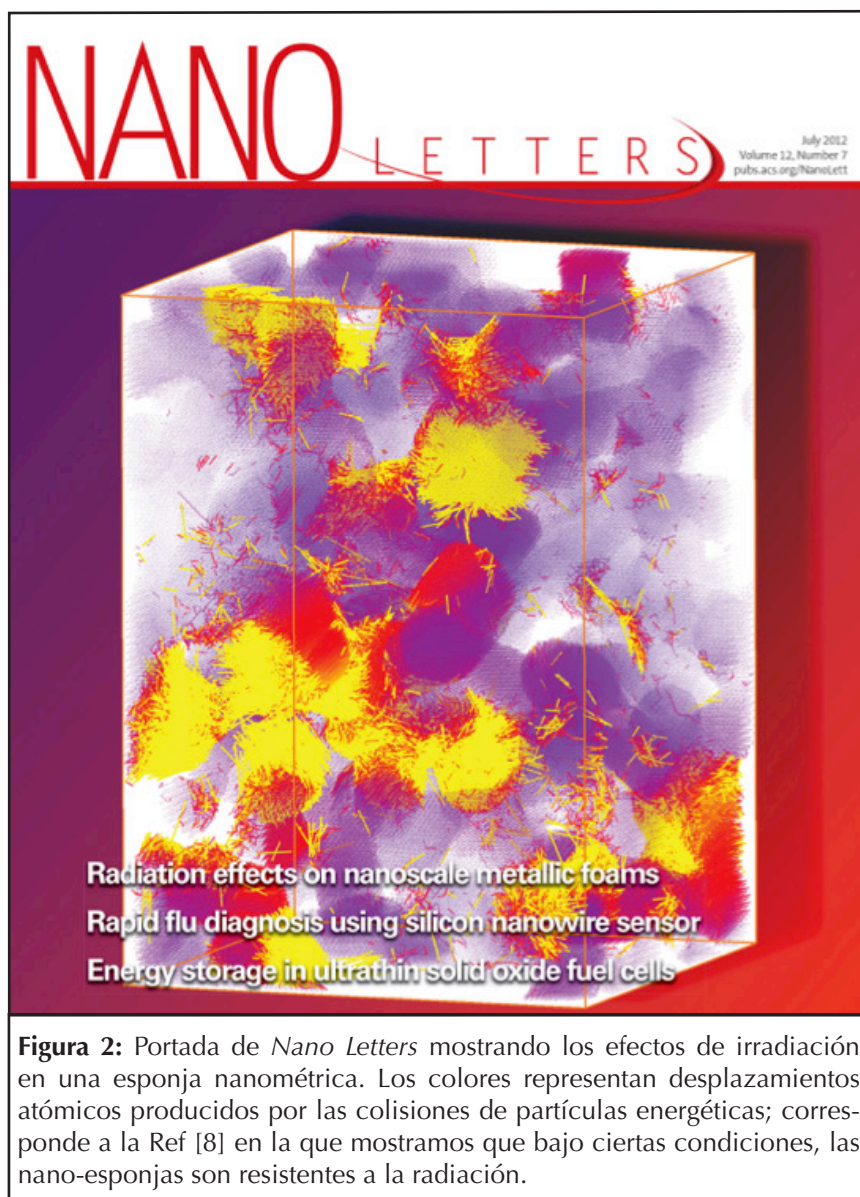
En FeCr se presentan sutilezas en la competencia del orden ferromagnético del Fe y el anti-ferromagnético del Cr, dando lugar a un cambio de signo en el calor de solución en función de la concentración de Cr, junto con un cambio en el orden de corto alcance, algo lejos de poder ser captado con las aproximaciones clásicas de entonces. Como hay una fase rica en Cr que precipita bajo irradiación, alterando las propiedades mecánicas, en particular, fragilizando el material, el tema era de importancia. La primera publicación, *Classical many-body potential for concentrated alloys and the inversion of order in iron-chromium alloys*, en 2005 (Caro y col. 2005), fue seguida por varias otras, expandiendo la idea de un “*Composition-Dependent Embedded Atom Method*”, CD-EAM, modelo similar al EAM, pero capaz de capturar esa sutileza. Este modelo fue bien recibido, y con sus predicciones propusimos un cambio en el diagrama

de fases del FeCr tal como aparece en el famoso libro de Massalski de diagramas de fases binarias: a bajas concentraciones de Cr, este sistema tiene fases ordenadas no descritas anteriormente. Esa publicación también marca un cambio de estrategia familiar, pues Magdalena y yo empezamos a trabajar juntos en más temas.

Siempre me impresionó la habilidad de los científicos en Estados Unidos para formar equipos destinados a abordar problemas de gran escala, sea para ir a la luna, con decenas de miles de colaboradores, o en menor escala para captar financiación de los programas de investigación del DOE, como el de *Energy Frontier Research Centers*, donde una importante suma de dinero, del orden de 20 MUSD por proyecto, se destina a grupos de 10-20 investigadores para tratar un tema complejo durante un período limitado de tiempo, usualmente 5 años. Me invitaron a participar de una propuesta para un *Center for Materials at Irradiation and Mechanical Extremes*, CMIME, cuya institución líder sería *Los Alamos National Laboratory*, y que involucraba otros laboratorios y varias universidades. Ganamos el subsidio y recibí un importante subcontrato en LLNL. Empecé a viajar regularmente a Los Alamos, en *New Mexico*. El tema era el estudio del rol de interfaces en el daño por radiación. De ese Centro salieron resultados muy interesantes, en particular el material nanoestructurado que resiste 200 dpa que mencioné más arriba. Hice varios trabajos relacionados a nano-burbujas de helio atrapadas en materiales de uso en fusión nuclear, siendo el de mayor impacto el *Radiation damage tolerant nanomaterials*, de 2013 (Beyerlein y col. 2013). El interés de este tema radica en que el He, subproducto de la fusión, es implantado en el material de la primera pared y allí precipita en

forma de burbujas, porque al ser químicamente inerte es insoluble. Para crear su espacio, las burbujas emiten lazos de dislocaciones hechos de intersticiales, que van a sumarse a la red de dislocaciones existente y contribuyen así a alterar las propiedades mecánicas del material original, en particular, lo fragilizan. Estas burbujas son nanoscópicas y no es fácil experimentalmente determinar cuánto He contienen. Nosotros desarrollamos una ecuación de estado válida a la escala nanoscópica, que tiene en cuenta el efecto de la inter-

face con el metal, que es dominante en esa escala, y así permite predecir la cantidad de helio que contiene. También, estudiamos el diseño cuidadoso de interfaces entre granos, como las llamadas “*twist boundaries*”, que permiten utilizar la red de dislocaciones que las caracterizan para brindar caminos por los cuales el He puede ser expulsado del material. Entre las publicaciones, destaco *The role of interface structure in controlling high helium concentrations* del 2012 (Demkowics y col 2012).



Por último, trabajé en el estudio de la respuesta de *nanofoams* a radiación. El punto de interés aquí es que al tener estas espumas en escala nanométrica una superficie por unidad de volumen extraordinaria, y al ser las superficies sumideros de defectos puntuales, postulamos la hipótesis de que el daño por radiación se recuperaría al recombinar intersticiales y vacancias en las superficies. Hicimos experimentos, simulaciones y modelos, y encontramos una región en el espacio de parámetros donde las espumas son notablemente tolerantes a la radiación. Publicaciones en este tema que recibieron buena acogida son: *Are nanoporous materials radiation resistant?* del 2012, que fue destacada en la tapa de la edición de *Nano Letters* de ese mes (Bringa y col. 2012), ver Figura 2, y *Mechanical response of nanoporous gold* del 2013 (Farkas y col. 2013), en el cual predijimos la existencia de una asimetría entre la respuesta a tracción y compresión de las nano-esponjas, observada luego experimentalmente.

SEGUNDA ETAPA

Lugar singular si los hay, Los Alamos es el laboratorio más grande del Departamento de Energía, con 4000 Ph Ds y 700 postdocs; tal concentración de conocimiento sobre un mismo techo constituye una formidable máquina de innovación científica y tecnológica. No tardé mucho en querer ir allí; me presenté a un concurso para una posición que representaba un avance respecto de la que tenía en LLNL y la obtuve. Lo propio hecho por Magdalena derivó en nuestra mudanza a las montañas de New Mexico en 2010, y por primera vez allí trabajamos en la misma División, con mayor superposición en los proyectos que emprendíamos.

Los Alamos es el mejor lugar donde he trabajado en mi vida. La

creación de Oppenheimer para el Proyecto Manhattan en 1942 sirvió de ejemplo no sólo para los otros 17 laboratorios del DOE en la actualidad, sino para muchos otros en el mundo. Se caracteriza por esa hábil combinación de investigación básica y aplicada, esa superposición de investigación “*curiosity driven*” y “*mission oriented*”, replicada en cierto modo por J. A. Balseiro en los orígenes del Centro Atómico Bariloche. Estimulantes discusiones, intensa –pero sana– competencia, significativa financiación, contacto con el mundo, son algunas de las características del lugar. Tal vez por eso, la comunidad de excelentes científicos argentinos que trabaja en el laboratorio es permanente y numerosa. La estructura más chica de la organización allí es el “*Team*”, y yo fui *Team Leader* del grupo “*Science of nuclear materials and fuels*”, un conjunto de una docena de colegas bien financiados, con numerosos postdocs.

Hacia el final de los 5 años del proyecto CMIME fui invitado a participar de otro EFRC, esta vez liderado por Oak Ridge National Laboratory en Tennessee, llamado *Energy Dissipation to Defect Evolution*, EDDE. Ganamos el subsidio, fui su *Deputy Director*, y recibí un significativo sub-contrato para LANL. La contribución de este Centro fue importante, porque marcó la mayor inversión del DOE en ese momento en el incipiente nuevo campo de *High Entropy Alloys*. La principal publicación que surgió de ese Centro recibe aun ahora un número importante de citas: *Influence of chemical disorder on energy dissipation and defect evolution in concentrated solid solution alloys*, de 2015 (Zhang y col. 2015).

La idea de ese EFRC puede resumirse así: la mayor parte de las aleaciones metálicas tienen muchas componentes, pero en general

un elemento es mayoritario; así, se habla de aleaciones de hierro, de níquel, de aluminio... En las HEA, la concentración es la misma para todos los elementos que la componen. En una solución sólida, la entropía configuracional S es máxima cuando las concentraciones de sus componentes son iguales y entonces, a temperatura T ambiente y superiores, el término de entropía en la energía libre $G = H - TS$ domina al término de entalpía de mezcla H si éste es pequeño, estabilizando así la fase desordenada frente a fases ordenadas o precipitación de segundas fases. Ahora bien, la radiación tiende a desordenar fases ordenadas, a precipitar nuevas fases o disolver precipitados en materiales con segundas fases, etc. Si la fase de equilibrio es ya una solución sólida desordenada, el desorden adicional introducido por la radiación no la afectará. Esta hipótesis tuvo un tremendo impacto en metalurgia moderna, de modo que el número de publicaciones en HEA en la actualidad es muy significativo y no deja de aumentar. Combinación de 5 o 6 metales de transición con bajas entalpías de mezcla en sus binarios, dan lugar a un enorme número de posibilidades, resultando fases bcc¹ (ej.: NbTaTiVW), fcc (ej.: CoCrCuFeNi), y hcp (ej.: CoFeReRu), con propiedades mecánica, de corrosión, de dureza, de radiación, etc., notables. La búsqueda experimental de nuevos materiales en un espacio de parámetros tan amplio es costosa y lenta, y es allí donde la ciencia de materiales computacional aporta su importante contribución.

Una de mis contribuciones en ese Centro fue en el área de la interacción de iones con los electrones de ese tipo de materiales, retomando el tema que había estudiado en Suiza más de veinte años atrás, pero con técnicas modernas y materiales nuevos. El desorden químico en una

red cristalina afecta el camino libre medio de los portadores de energía, los fonones y los electrones. Las HEA tienen el mayor grado de desorden posible preservando la estructura cristalina de equilibrio. Cómo afecta eso al transporte de energía en los procesos de colisiones inducidas por radiación era un tema de estudio en este Centro. Si el transporte se ve afectado significativamente, el tiempo de vida de la perturbación inducida por la radiación dura mucho, dando lugar así a un largo tiempo de recocido o “*annealing*”, que ayuda a que cada átomo desplazado encuentre su lugar en la red cristalina, haciendo al material resistente a la radiación.

Yo había sido educado en la técnica de *Time-Dependent Density-Functional Theory*, TD-DFT, por un experto colega argentino de la UBA radicado en Belfast, Jorge Kohanoff, a quien invité a pasar un verano cuando yo estaba todavía en Livermore. Con la incorporación de un joven talentoso que estaba haciendo una carrera brillante en LLNL, Alfredo Correa, egresado del IB en 2001, las supercomputadoras de Livermore, y la interacción con uno de los creadores de SIESTA (código de estructura electrónica basado en DFT y orbitales localizados), Emilio Artacho, de Cambridge, publicamos una serie de *papers* en un tema que progresó enormemente desde aquella época, en que SIESTA era el primer código en incorporar TD-DFT, hasta estar hoy disponible en muchos de los códigos de cálculo electrónico *ab initio*, uno de los cuales fue desarrollado por Correa. De nuevo, mi trabajo fue explorar la frontera entre la descripción cuántica y clásica de la interacción de proyectiles energéticos con blancos sólidos de estructura más compleja, llegando a modelos mucho más precisos que aquel de 1989 con Max Victoria, en particular, aquel modelo conside-

raba la interacción electrón-fonón como constante, sin ninguna dependencia ni del vector de onda del fonón, $\mathbf{q}$, ni de su polarización $\mathbf{s}$; el modelo actual, que desarrolló mayoritariamente Correa, contempla una dependencia en $\mathbf{q}$ y $\mathbf{s}$ que describe con gran exactitud el resultado del acoplamiento calculado usando mecánica cuántica, permitiendo así explorar modernos experimentos de interacción de pulsos de laser ultracortos con sólidos. Fue una época muy estimulante, colaborando con

colegas brillantes de quienes aprendí mucho. Un trabajo destacado de esa época es *Nonadiabatic forces in ion-solid interactions: the initial stages of radiation damage*, de 2012 cuya descripción gráfica obtuvo la portada de la edición de esa semana del Physical Review Letters (Correa y col. 2012); ver Figura 3.

Otro tema en el que trabajé en ese Centro EDDE fue el desarrollo de potenciales clásicos para esos materiales. Describir la termodinámica

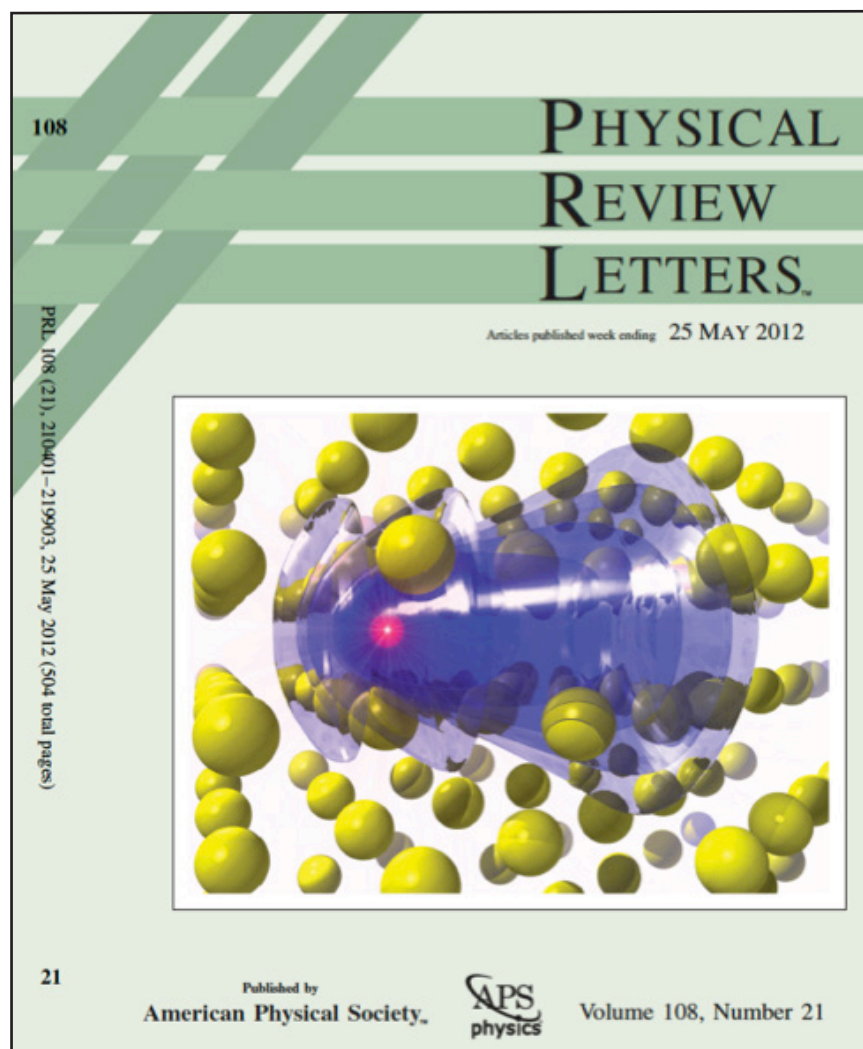


Figura 3: Portada del *Physical Review Letters* mostrando una rendición artística de un proyectil y su nube electrónica viajando en el interior de un sólido; corresponde a la Ref [10] donde estudiamos el proceso de frenado, ionización y daño producido por una partícula energética penetrando un sólido.

de HEAs con cierto poder predictivo está en el límite de lo que se puede esperar de aproximaciones clásicas para las interacciones. Con Diana Farkas publicamos dos “toy models” que capturan algunas propiedades de aleaciones de 5 componentes, en particular para la aleación fcc de FeNiCrCoCu en ‘*Model interatomic potentials and lattice strain in a high-entropy alloy*’ en 2018 (Farkas y Caro 2018), y otro para (FeNiCrCo)_xAl_{1-x}, que al introducir Al agrega nuevas fases al sistema. Estas publicaciones están siendo bien acogidas por la comunidad de practicantes del modelado computacional.

TERCERA ETAPA

Pero como todo, llega una época en que uno busca nuevos horizontes y esta vez, pensando ya en un camino hacia la jubilación y en acercarnos geográficamente a nuestros dos hijos, ambos instalados en la costa este de Estados Unidos, con sendos doctorados en ciencias y familia, ahora con hijos, decidimos buscar una ocupación en la zona. La *National Science Foundation* tiene periódicamente concursos para *Program Directors*. Me presenté y lo obtuve. A fines de 2015 nos mudamos a Arlington, Virginia, en las afueras de Washington DC, donde NSF tenía sus oficinas centrales. Durante 40 años yo había estado del lado del que pide dinero a las agencias de financiación; ahora estaba del otro lado del mostrador, el que da el dinero. ¡Una experiencia interesantísima!

Hay mucho que aprender de la agencia de financiación más grande de Estados Unidos, y probablemente del mundo. Su sistema de evaluación, que yo había venido a estudiar veinte años atrás para la ANPCyT, me fue enseñado en numerosos cursos de “training”; el detalle con que son manejados los conflictos de in-

tereses, las reglas de ética, los procesos de evaluación, son notables. De hecho, al tomar el cargo uno jura que va a proteger la integridad de la institución, porque ella es “depositaria de la confianza pública”.

Una vez entrenado fui puesto a cargo, junto con un colega experimentado, del programa más grande de la *Division of Materials Research*, los *Materials Research Science and Engineering Centers*, MRSECs, programa de unos 60 millones de dólares al año. Similares a los EFRC del DOE ya descriptos, estos Centros son otorgados a las universidades más fuertes del país en materiales. Cada subsidio dura 6 años y hay unos 20 Centros en el país, que son evaluados cada dos años: al otorgar el subsidio, a los dos años con una visita al sitio del *Program Director* y un equipo de evaluadores, a los cuatro años con un “reverse site visit” en la sede de NSF, y otra vez al final. Así, dirigí las evaluaciones de los centros en Harvard, MIT, y otras universidades similares, visitando unas 15, distribuidas por todo el país, encabezando comisiones de evaluación de proyectos donde, en muchos casos, conocía a mis colegas evaluados; ¡toda una experiencia! También participé de la definición del llamado a concurso para un nuevo ciclo de Centros, que se realiza cada tres años. Simultáneamente estuve a cargo de un Programa más chico, llamado *Partnership for Research and Education in Materials*, PREM, que da subsidios a universidades de menor estatura en investigación, para que hagan una asociación con aquellas que son sedes de MRSECs, a fin de elevar el nivel de la investigación de las primeras. Así tuve la oportunidad de visitar y evaluar proyectos en universidades dedicadas a “Native Americans”, a las *Historic Black Colleges Universities*, HBCUs, creadas después de la guerra civil para brindar educación

superior a afroamericanos, hoy son racialmente mixtas, claro, y a aquellas dedicadas a brindar educación superior en comunidades hispánicas del sur del país y de Puerto Rico. En mi charla cuando dejé NSF dije que sentía que había hecho un “*Master en Minorities*”, tal fue el impacto que esa experiencia tuvo en mí.

En este país hay aún muchos problemas raciales, pero el esfuerzo que hacen las agencias gubernamentales para achicar la brecha despierta mi admiración. Finalmente participé de la preparación del llamado a las Academias de Ciencias para el trabajo llamado “*Frontiers of materials research: a decadal survey*”, en el que cada 10 años NSF pide asesoramiento a las Academias sobre cómo orientar la inversión en la próxima década. Formidable ejercicio de prospectiva del que se podría aprender tanto en Argentina. Considero que fue un privilegio cumplir el rol de *Program Director* que, dentro del mundo académico/científico en este país, es considerado un servicio a la comunidad y como tal, muy respetado.

■ EPÍLOGO

Llegando a los 65 años de edad, Magdalena y yo decidimos que era tiempo de retirarnos. Este es el país de las oportunidades y había sido generoso con nosotros, pero a un precio. Aquí el ritmo de trabajo es muy intenso, la dedicación es total, la competencia es permanente. Es difícil explorar otros intereses de la vida bajo ese régimen. Es común aquí cuando un investigador deja un empleo de tiempo completo, asociarse a una universidad en calidad de *Research o Adjunct Professor*. Estos cargos no tienen remuneración, pero permiten invocar la afiliación para participar de subsidios que, llegado el caso, administra la universidad con un *overhead*. Así es que

desde hace unos años soy *Research Professor* en *George Washington University*, e invoco esta afiliación en seminarios y conferencias, y en proyectos y publicaciones que aún hago con antiguos colaboradores. Completan mis ocupaciones tareas de consultoría en el área de evaluación de proyectos donde doy opinión en base a mi experiencia en NSF. Últimamente colaboro con una "start-up" que se interesa en desarrollar la propulsión nuclear para ir a Marte y, como no podía dejar el tema, ¡en dispositivos para blindar

de la radiación solar y cósmica a la tripulación en el viaje hasta allá!

El proceso de innovación tecnológica funciona a un ritmo vertiginoso nunca visto antes; el mundo es en un hervidero de ideas. En el ámbito privado, no es más la época de las grandes corporaciones como Lucent o IBM con sus centros de I&D, ahora son las formidables riquezas generadas por las empresas que se vuelcan como fondos de inversión para apoyar un sinnúmero de pequeñas compañías que exploran ideas arriesga-

das que, si resultan exitosas, suelen luego vendidas a las grandes. En el ámbito público, los organismos de financiación desarrollan métodos de gestión cada vez más competitivos para fomentar la capacidad creadora del recurso humano con el que trabajan y mejorar así la eficiencia de la inversión. Los campos que revolucionan la vida en la actualidad pertenecen a la bio- y nano-tecnologías, las ciencias de la información y la cognitiva; junto con las exigencias de la preservación del medio ambiente y la transición ener-

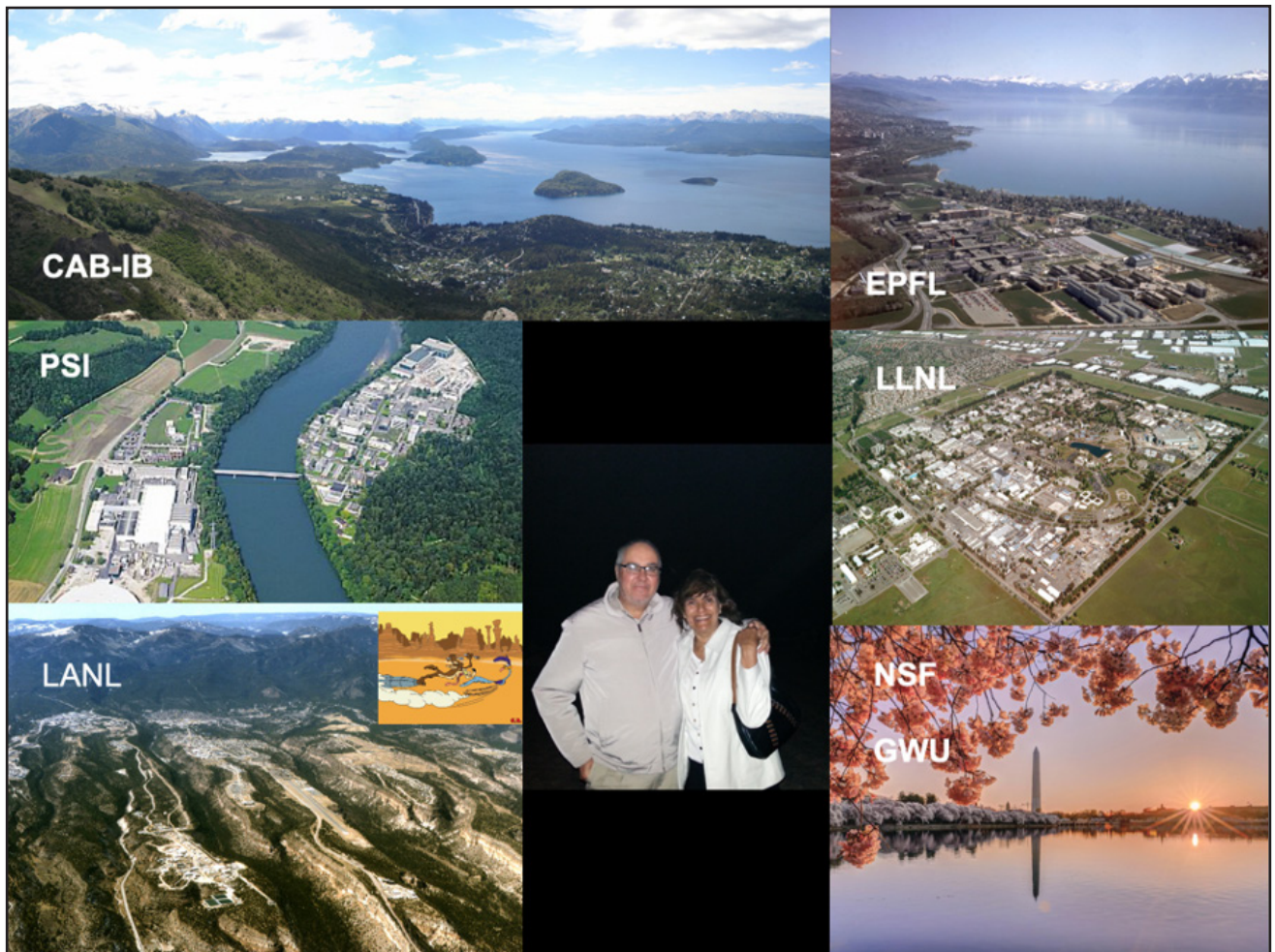


Figura 4: Vistas de los lugares donde hemos trabajado. Comenzando por el ángulo superior izquierdo: El Centro Atómico Bariloche e Instituto Balseiro; la *École Polytechnique Federale* de Lausanne, en Suiza; el *Paul Scherrer Institute* en Villigen, Suiza; el *Lawrence Livermore National Laboratory*, en Livermore California, EE.UU.; Los Alamos *National Laboratory*, en Los Alamos, New Mexico, EE.UU.; la *National Science foundation* y la *George Washington University* en Washington, DC, EE.UU.

gética definen hoy el futuro. Esos temas atraen a la juventud capturando su imaginación. ¡Quién tuviera 50 años menos para empezar de nuevo!

Y así llego al final de este relato. Elegí mezclar los viajes, sus razones, y el trabajo hecho en cada destino, para dar una descripción viva de 45 años de vida profesional en el campo de materiales en condiciones extremas, como se lo llama hoy. Viví el auge de la fisión nuclear de los 70, el freno de los 80 y 90, el renacer de los 2000, y el nuevo freno de los 2010s. Me queda la impresión que la tecnología nuclear de fisión está madura, pero que por segura se hizo cara, que puede tener otra oportunidad en la transición energética, principalmente con los reactores pequeños o SMR, y que Argentina podría jugar un rol en ello, si se lo propusiera como meta. En cuanto a la fusión, creo que aún le falta tiempo, y que corre el riesgo de llegar tarde frente a otras tecnologías energéticas.

Elegí mencionar mis colaboradores argentinos entre los muchos con quienes tuve el gusto de trabajar, para resaltar esa formidable red de talentos desparramados por el mundo. Me considero un hombre de suerte; me eduqué en ciencias en Bariloche con un grupo de gente que aprendí a admirar y respetar. Con esas herramientas viví y trabajé en tres continentes, aprendí tres idiomas, me fui tres veces de mi país, y volví en dos oportunidades, todo ello acompañado de una mujer extraordinaria con quien he compartido la vida e intereses similares. Nuestras partidas de Argentina no estuvieron vinculadas a la violencia política que sacudió a mi generación y afectó a tantos compatriotas, sino más bien al deseo de explorar nuevas oportunidades, y a otros factores que ya describí. En los puntos críticos de mi trayectoria tuve la

suerte de contar con la confianza de personas que me brindaron oportunidades, como Willy Benoit, Manuel Mondino, Máximo Victoria y Tomás Díaz de la Rubia; este relato es mi manera de dejarles testimonio de mi agradecimiento.

Es común hacer mención a la educación pública, un valor fundamental de la organización social argentina. Mi educación secundaria fue en la Escuela Normal Antonio Mentrut de Lomas de Zamora; guardo un recuerdo agradecido a sus profesores y mantengo amistades de por vida. Más tarde, tuve el privilegio de estudiar en el Instituto Balseiro, como estudiante becado, luego tuve el placer de ser profesor allí, y por último tuve el honor de dirigir el Centro Atómico Bariloche y el propio Instituto Balseiro; en Argentina completé un ciclo. En los últimos 20 años, aunque lejos, no dejé de interesarme por el destino de esa institución y el de la actividad nuclear del país, buscando interactuar con quienes quisieron escuchar las reflexiones que son fruto de las experiencias profesionales que he vivido.

A veces mis hijos me preguntan si valió la pena tanto movimiento; no lo sé, sólo puedo contarles mi experiencia; la vida se vive una sola vez.

■ REFERENCIAS

Para un listado completo ver Google Scholar aquí <https://scholar.google.com/citations?user=qDYJB-YAAAAJ&hl=en&oi=ao>.

Beyerlein I. J., Caro A., Demkowicz M. J., Mara N. M., Misra A., Uberuaga B. P. (2013) [Radiation damage tolerant nanomaterials](#) Materials today 16 (11), 443-449

Bringa E. M., Caro A., Wang Y., Victoria M., McNaney J. M., Remington B. A. (2005) [Ultrahigh strength in nanocrystalline materials under shock loading](#) Science 309 (5742), 1838-1841

Bringa E. M., Monk J. D., Caro A., Misra A., Zepeda-Ruiz Z., Duchaineau M. (2012) [Are nanoporous materials radiation resistant?](#) Nano letters 12 (7), 3351-3355

Caro A., Victoria M. (1989) [Ion-electron interaction in molecular-dynamics cascades](#). Physical Review A 40 (5), 2287

Zhang Y., Stocks G. M., Jin K., Lu C., Bei H., Sales B. C., Wang L., Béland L. K., Stoller R. E., Samolyuk G. D., Caro M., Caro A., Weber W. J. (2015) [Influence of chemical disorder on energy dissipation and defect evolution in concentrated solid solution alloys](#) Nature communications 6 (1), 1-9

van Swygenhoven H., Spaczer M., Caro A., Farkas D. (1999) [Competing plastic deformation mechanisms in nanophase metals](#) Phys Rev. Lett. 60, 22

Caro A., Crowson D. A., Caro M. (2005) [Classical many-body potential for concentrated alloys and the inversion of order in iron-chromium alloys](#) Physical review letters 95 (7), 075702

Correa A. A., Kohanoff J., Artacho E., Sánchez-Portal D., Caro A. (2012) [Nonadiabatic forces in ion-solid interactions: the initial stages of radiation damage](#) Physical Review Letters 108 (21), 213201

Farkas D., Caro A. (2018) [Model interatomic potentials and lattice strain in a high-entropy alloy](#)

- Journal of Materials Research 33 (19), 3218-3225
- Demkowicz M. J., Misra A., Caro A. (2012) [The role of interface structure in controlling high helium concentrations](#) Current opinion in solid state and materials science 16 (3), 101-108
- Farkas D., Caro A., Bringa E., Crowson D. (2013) [Mechanical response of nanoporous gold..](#) Acta Materialia 61 (9), 3249-3256

■ NOTAS

1 Bcc: *body centered cubic*; fcc: *face centered cubic*; hcp: *hexagonal close packing*

ANGELA F. DANIL DE NAMOR

por Alfredo Pacheco Tanaka¹

Recibí con mucho honor la tarea de escribir una semblanza de la Prof. Dra. Angela Danil de Namor, una científica muy especial, que al mirarla se distingue de los demás y al tratarla sobresale su conocimiento y las ganas que tiene por ayudar a la ciencia en Latinoamérica y la admirable pasión con lo que lo hace. Muchos hubiéramos querido hacer lo que hizo, pero, lamentablemente, no somos “Angela Namor”.

Conocí a la Dra. Angela hace más de 35 años, allá cuando terminé mis estudios de Farmacia y Bioquímica en la Universidad Católica de Santa María en Arequipa-Perú. Se alinearon los astros para que, por casualidad, ingresara a la secretaría de la facultad y leyera un letrero pequeño que anunciaba la apertura de inscripción para el examen de admisión para una Maestría en Química en la Universidad San Agustín de Arequipa, organizada por la Doctora Namor, miembro del cuerpo académico del Departamento de Química de la Universidad de Surrey (Inglaterra). Logré ingresar a la maestría, junto con varios compañeros que estudiaron conmigo en Farmacia. Esta maestría era muy especial, única en el Perú, los profesores eran europeos y venían a enseñar en sus vacaciones y, como todo buen científico, lo hacían gratis. Los pasajes y estadía fueron sustentados



por el Gobierno Británico y administrados por el Consejo Británico. En esos tiempos había muy pocos cursos de maestría en Perú, la investigación en las universidades era casi inexistente y casi nadie sabía el significado de PhD. Me imaginaba a la Dra. Namor como una típica inglesa, de pocas palabras y de vestir al estilo de la Reina. Fue una gran sorpresa comprobar que era todo lo contrario, hablaba castellano, era de Argentina, muy locuaz, muy guapa y de una manera muy exquisita y sofisticada de vestir. Me di cuenta de que la otra pasión que tiene aparte de Investigar eran los “trapos”, tenía en Perú modistas que conocían su gusto y confeccionaban para ella.

En esos tiempos (y también en estos), los trámites burocráticos en Perú eran muy engorrosos, demoraban mucho, no eran claros, las autoridades muy “autoridades” y especialmente en la nueva aventu-

ra de “La Maestría”. La Dra. Namor tuvo que bregar contra la corriente para que la maestría llegara a buen puerto. Más aun considerando que en esos tiempos Perú vivía una crisis económica con hiperinflación y terrorismo, había coches bomba, muertos, muchos cortes de luz, cortes de agua etc. Gracias a su personalidad, trabajo y la gran ayuda de su esposo, el Dr. Melhem Namor (argentino), logró llevar una maestría excelente. Gracias a él, la Dra. Angela vino a Perú; lamentablemente, hace muy poco él nos dejó para siempre. Los cursos dictados eran de muy buen nivel. Al acabar los cursos, el nivel de la mayoría de los estudiantes era igual o mejor que sus contrapartes en Europa. Entre los cursos que nos dictó estaban fisicoquímica y termoquímica; nuestras tesis estaban relacionadas con la termodinámica en química supramolecular, la determinación de los parámetros termodinámicos de solución y complejación utilizando corona-éteres, ciclodextrinas. Nunca habíamos escuchado sobre estos compuestos, ya que en ese tiempo eran muy nuevos (como grafeno hace 15 años), y los datos termodinámicos de reacción y complejación de estos compuestos no habían sido reportados aún.

Varios de sus estudiantes fueron a hacer el doctorado en la Universi-

dad de Surrey, para esto ella trabajó intensamente en la preparación de muchos proyectos con el propósito de financiar sus estudios en Inglaterra; fui yo uno de los afortunados. Viajé a Inglaterra en enero de 1991, tiempos de la invasión de EE.UU. a Irak. La Dra. y su esposo me recogieron del aeropuerto, en el camino, hablamos sobre la investigación que realizaría, intercambiamos ideas, dado que la maestría dio buenos estudiantes. A veces pensábamos que teníamos el nivel de postdoctorales gracias a la maestría organizada por la Dra. Namor. Ella era muy exigente con sus estudiantes, como tenía que ser, si se quiere tener muy buenos investigadores. Cuando salíamos del laboratorio para cualquier otra actividad, teníamos que pasar por un corredor donde la Dra. tenía su oficina con la puerta siempre abierta, lo tenía todo bajo control. Fue tan exigente con sus estudiantes como lo fue y es con ella misma. Otra de las habilidades que me impresionó de la Dra. era la forma de escribir los artículos científicos, a pesar de no ser inglés su idioma madre, lo hace excepcionalmente bien, el estilo en que los redacta hace que el artículo producido sea muy bueno científicamente y muy elegante en su presentación. Son publicados en revistas de muy alto impacto.

Por su personalidad y conocimiento científico, es muy conocida mundialmente en el área de la Química Supramolecular y es *Fellow de la IUPAC* debido a sus actividades en la Comisión de Solubilidad. Fue artífice del establecimiento del premio Franzosini de la Comisión de Solubilidad de la IUPAC (1988), organizó la Asamblea General de la IUPAC en Guildford (RUGB), en el que se reunieron cientos de delegados de todo el mundo. Fiel a su temperamento de ayuda a Argentina, en 1995 organizó en Buenos Aires la reunión de la Comisión de Solubilidad de la IUPAC, seguido de un congreso en Química Supramolecular en el que participaron eminencias en ese campo. La organización fue llevada casi enteramente por ella y su esposo; fue un gran esfuerzo de parte de ellos. Después de terminar el PhD (1996), fui a realizar una investigación postdoctoral en varios países hasta establecerme en España. Siempre estuve en contacto con su familia y sus actividades académicas y de investigación, sigue organizando cursos, presenta proyectos de investigación especialmente para Latinoamérica. La investigación de la Dra. Namor se expandió a numerosos macrociclos con estructuras más complejas para varias aplicaciones como la remoción de compuestos

tóxicos del agua, el diseño de electrodos selectivos de iones, nuevos materiales. Asimismo, en la utilización de compuestos naturales como las diatomeas para la extracción de metales pesados del agua. Siempre trabajó infatigablemente luchando contra las adversidades y lo seguirá haciendo para el beneficio de todos.

La Dra. Namor tuvo muchas condecoraciones tales como Profesora Honoraria y Dra. Honoris Causa de muchas universidades principalmente en Latinoamérica. Fue la primera mujer Profesora de Química en la historia de la Universidad de Surrey. En 2014, ganó la *"Emeritus Fellowship from The Leverhulme Trust"*. En 2021, obtuvo el título de *"Doctor of Science"* (D.Sc.) de la Universidad de Surrey, que es otorgado en reconocimiento a su contribución sustancial y sostenida al conocimiento científico en el área de la Química Supramolecular con comprobado impacto internacional.

■ NOTA

1. Investigador Principal, TECNALIA, Basque Research and Technology Alliance (BRTA) San Sebastián, España.

CÓMO COMENZÓ MI INTERÉS EN QUÍMICA Y SUS CONSECUENCIAS CIENTÍFICAS, SOCIALES E INTERNACIONALES ¹

Palabras clave: Química Supramolecular, Termodinámica, Colaboración Internacional, Aspectos Sociales.
Key words: Supramolecular Chemistry, Thermodynamics, International Collaboration, Social Aspects.

De Bahía Blanca a Surrey, la autora describe su trayectoria y sus esfuerzos y logros en Química supramolecular, sin descuidar la cooperación con Argentina y otros países de la región



Angela F. Danil de Namor

School of Chemistry & Chemical Engineering,
University of Surrey
Guildford, Surrey, GU2 7XH, Reino Unido de
Gran Bretaña

a.danil-de-namor@surrey.ac.uk

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

Nací en Bahía Blanca y tuve el privilegio de tener un padre libanés que creía apasionadamente que una mujer debía tener una carrera como un medio de defensa frente a circunstancias adversas en su trayectoria de vida. Desde muy pequeña me hablaba con ejemplos de la importancia del desarrollo cultural de la mujer y sus implicaciones en las distintas esferas de la sociedad. Esto despertó en mí, desde la escuela primaria, el interés en seguir una carrera, entonces indefinida pero más inclinada a las ciencias sociales que a las ciencias exactas, físicas o naturales. Esto ocurrió hasta finalizar la escuela primaria. Al comenzar la educación secundaria en el Colegio Nacional de Bahía Blanca y al tener un panorama más claro de las distintas opciones, mi interés comenzó

a inclinarse por las ciencias duras, pero sin una definición clara como para identificar una carrera dentro de las mismas.

Durante este período de educación secundaria tuve la fortuna de conocer a mi esposo, entonces estudiante de Ingeniería Química en la Universidad Nacional de Sur, quien fue sin lugar a dudas la persona que motivó mi interés en la química en un momento en que yo sentía una gran apatía por esta materia debido al poco estímulo que recibía en su enseñanza a nivel secundario. Además, el entorno social que frecuentábamos fue también un estímulo para decidir mi carrera, particularmente la frustración que sentía cuando mi conocimiento sobre esta materia era muy escaso como para

poder participar activamente cuando se hablaba de temas relacionados a la química. Fue así como dos años después de contraer matrimonio, al finalizar la escuela secundaria y ser madre de un niño, me enrolé en la UNS en la carrera de Bioquímica con la idea de cursar dos o tres materias para lograr un grado de conocimiento que me permitiera tener los conceptos básicos en química. Cumplido este período el interés en química fue tal que decidí continuar con la licenciatura hasta mi graduación. Por supuesto el tener sueños y alcanzarlos fueron cosas distintas. En el segundo año de mi carrera ya era madre de dos hijos que demandaban mi atención, particularmente en una época que no era común y en cierto modo criticable que una mujer en mi situación se

embarcara en una carrera que demandaba muchas horas en el laboratorio. Pero mi entusiasmo fue tal que me llevó a un ritmo de actividad lo suficientemente acelerado como para culminarla con el apoyo invaluable de mi esposo y de mi padre. Indudablemente sin este apoyo no hubiera sido posible este logro. En los últimos años de mi carrera fui Ayudante de Trabajos Prácticos en Química Analítica General en la UNS y, una vez graduada, Jefe de Trabajos Prácticos en la misma cátedra. Al mismo tiempo comencé un doctorado en el campo de intercambio iónico con el Dr. Alberto Casal como director de tesis. Fue ahí donde di los primeros pasos en la investigación. Mis años en la UNS representaron no solamente el aprendizaje en sus aulas, sino que también me permitieron apreciar la calidad humana de aquellos que fueron mis profesores y hoy son grandes amigos. En 1970, debido a una beca otorgada por el Consejo Británico a mi esposo para realizar un Máster en Ingeniería de los Ali-

mentos en la Universidad de Reading (Inglaterra) y al apoyo de la UNS a ambos, emigramos a este país con nuestros dos hijos. Consecuentemente mis estudios de doctorado en Argentina fueron interrumpidos. Es así como me incorporé al Departamento de Química de la Universidad de Surrey como visitante por un período de un año para continuar mi investigación en el tema de intercambio iónico bajo la dirección de su jefe, Profesor John E. Salmon, internacionalmente reconocido en ese campo. Encontré un laboratorio muy bien equipado y con un ambiente sumamente internacional dado que el número de estudiantes extranjeros superaba al de los británicos. Mi sorpresa fue la desigualdad de género, dado que éramos solamente dos mujeres en el laboratorio. Lo mismo ocurría con el plantel docente. Naturalmente esto fue lentamente cambiando a través de los años. En cuanto a la investigación, el cambio fue notable en dos aspectos, si bien la tarea de investigación estaba dentro del campo de

intercambio iónico, el enfoque era distinto, yo venía con un buen entrenamiento en Química Analítica y el tema de trabajo en Surrey era netamente físico-químico dado que se trataba de investigar los aspectos termodinámicos del proceso de intercambio iónico para evaluar los factores que determinan la selectividad del material por un ion relativo a otro usando diversas teorías. El otro aspecto fue el distinto criterio del director de tesis en la supervisión de estudiantes y visitantes, ya que daba el tema de trabajo y dejaba al estudiante solo para evaluar su iniciativa frente al desarrollo del tema. Superada esta etapa la Universidad de Surrey me ofreció una beca para enrolarme como estudiante de postgrado. Siguiendo las regulaciones de las Universidades inglesas, me registré para el grado académico de *MPhil (Master of Philosophy)* en la disciplina química con posibilidad de transferir la registración a *PhD* al cabo de un año, previa evaluación mediante un examen a cargo de expertos en el tema sobre el progreso



Figura 1: DESPEDIDA A ANGELA (centro) y MELHEM NAMOR (de pie a su izquierda) POR EL GRUPO DE QUIMICA ANALITICA, UNS CON MOTIVO DEL VIAJE A INGLATERRA

realizado en la investigación durante ese período. Habiendo cumplido esta etapa continué con la investigación hasta presentar la tesis doctoral en el período mínimo de 33 meses de acuerdo a las regulaciones de la Universidad. La misma fue evaluada externamente y la defensa consistió en un examen oral a cargo de los examinadores externo e interno aprobados por la Universidad. Este período de intensa actividad fue crucial para el futuro de mi carrera no solamente por los conocimientos nuevos sino también por el hecho de adquirir experiencia en el diseño de planteamientos estratégicos que son esenciales en la investigación y en el logro de objetivos a largo o corto plazo. Esto me permitió visualizar que llegaría el momento en que la investigación financiada por la institución no sería sostenible a largo plazo y por lo tanto la actividad académica no solamente estaría limitada a docencia e investigación, sino que obligaría al investigador a generar financiamiento para sus propósitos. Durante el período postdoctoral financiado por los Laboratorios de Unilever (Isleworth, Londres), pero llevado a cabo en los laboratorios del Departamento de Química de la Universidad de Surrey, pude apreciar la importancia de la interacción Universidad-Industria, muy activa en el Reino Unido, particularmente en Surrey que fue pionera en establecerla con la introducción del año industrial en el currículo de estudiantes de pregrado, pero poco interactiva en América Latina. Esto me llevó más tarde a seleccionar una línea de trabajo para el futuro de mi carrera basada en ciencia fundamental y sus posibles aplicaciones industriales. El proyecto financiado por Unilever fue sobre la hidroxipatita, el componente dental y su interacción con aquellos aditivos presentes en la pasta dentífrica. A pesar de mi interés en esta temática, al ver que no se permitía la publica-

ción de resultados que eran relevantes para el desarrollo industrial de Unilever y no siendo esto saludable para el progreso de mi carrera académica, decidí trabajar horas extras en colaboración con el Dr. Michael Abraham sobre la termodinámica de electrólitos en solución. Este período fue muy productivo y dio lugar a un número significativo de publicaciones científicas como también a decidir la línea de trabajo para el futuro de mi carrera. Habiendo finalizado mi período postdoctoral con Unilever, me integré al cuerpo académico de la Universidad de Surrey como *Research Fellow* con un contrato permanente que incluyó el dictado de cursos y la dirección de tesis de postgrado a nivel de Máster y *PhD*. Fue entonces cuando decidí concentrar esfuerzos en la estrategia de la investigación a realizar en mi carrera. Motivada por el descubrimiento de los éteres corona por Pedersen en 1967 y los criptandos por Lehn in 1969, y considerando los estudios cualitativos previamente reportados sobre la afinidad de estos receptores por cationes, vi la necesidad de proceder con una investigación cuantitativa basada en estudios termodinámicos. Interesaba no solamente del proceso de formación del complejo en distintos solventes sino también determinar cuantitativamente los cambios de solvatación de reactantes y producto que ocurren en el proceso de transferencia de un medio a otro, y de esta manera definir los factores que determinan la selectividad del receptor por un ion con respecto a otro. Estos estudios (Danil de Namor y Ghousseini) fueron realizados antes de la introducción del término "Química Supramolecular" por J. M. Lehn. Los resultados de esta investigación nos permitieron establecer que, en el caso de los criptandos, el catión pierde enteramente su esfera de solvatación al entrar a la cavidad del receptor, lo que dio lugar a resolver

la controversia existente con la formulación de una convención extra-termodinámica basada en los criptandos para el cálculo de parámetros para la transferencia de iones univalentes desde un solvente no acuoso a otro. Este trabajo fue incluido en la tesis doctoral de mi primera estudiante de postgrado, Lily Ghousseini, y me llevó a adoptar definitivamente "Química Supramolecular y sus Aplicaciones" como la línea de investigación para el futuro de mi carrera.

Esta selección estuvo basada en que las características más importantes de la Química Supramolecular son *reconocimiento* (selectividad del receptor (macrociclo) por una especie relativa a otra), *transporte* (actuar como transportador de iones de un medio a otro) y *transformación* (conversión de iones simples en iones complejos que conjuntamente con el contraión dan lugar a la formación de nuevas sales con propiedades distintas a las sales comunes). Además, el tema ofrece la posibilidad de enriquecer materiales que se encuentran en abundancia en la naturaleza mediante la introducción por anclado de estos macrociclos selectivos, o simplemente por polimerización o formación de ensamblajes. Todas estas características me permitieron visualizar el potencial que la Química Supramolecular ofrecía para un vasto número de aplicaciones en distintas ramas de la ciencia y en innumerables procesos industriales, y el modo en que daban lugar a un enfoque multidisciplinario del tema tal como lo requieren las organizaciones nacionales e internacionales que ofrecen financiamiento para la investigación. Las numerosas publicaciones con: i) los criptandos sobre aspectos fundamentales relacionados a la termodinámica con cationes y aminoácidos en las cuales se realizaron estudios rigurosos, enfatizando la importancia de con-

siderar la solvatación de reactantes y producto en la interpretación del proceso de formación de complejos en diferentes solventes: ii) los éteres corona, particularmente los estudios termodinámicos sobre la posibilidad de usar electrolitos de litio-coronando en la tecnología de baterías de litio debido al impacto producido por estos en términos del aumento de solubilidad y conductividad relativo a las sales de litio comúnmente usadas, contribuyeron a ampliar mi interés hacia otros macrociclos, particularmente aquellos que ofrecían un mayor potencial de aplicaciones en diferentes procesos. Es así como consideré los calixarenos y calixpírroles entre los sintéticos y las ciclodextrinas entre los naturales, ya que estas son derivadas de la degradación enzimática del almidón. La introducción de los receptores sintéticos nos llevó a ampliar la metodología empleada con los criptandos y éteres corona, dado que en muchos casos se requirió el diseño, la síntesis y la caracterización estructural y termodinámica de macrociclos modificados vía la introducción en los compuestos madres de grupos funcionales adecuados para atrapar selectivamente el ion o molécula de interés. Para ello se usaron una gran variedad de técnicas espectroscópicas (^1H y ^{13}C RMN, Espectroscopía de Masa, UV-Visible IR), electroquímicas (conductimetría, potenciometría, voltametría), térmicas (macro y micro calorimetría, termogravimetría) y sobre las bases de esta investigación se produjeron nuevos materiales que se caracterizaron (SEM-EDX, XPS) y luego se exploraron sus aplicaciones. Si bien los calixarenos tienen sus raíces en el siglo XIX estos fueron identificados estructuralmente como tetrámeros cíclicos en 1944. Sin embargo, el gran interés en estos macrociclos se debe a las contribuciones de Gutsche y colaboradores que lograron

sintetizarlas en un procedimiento de un solo paso que consistió en una reacción de condensación entre fenol *p*-sustituido y formaldehído en medio básico. Esto de por sí es una ventaja. Otra característica importante es que el compuesto madre, tetrámero tiene una cavidad hidrofóbica situada entre los grupos fenilo, y una región hidrofílica provista por los OH de los grupos fenólicos que pueden ser fácilmente funcionalizados, lo que se conoce como "funcionalización del borde estrecho".

También pueden ser modificados a través del borde ancho, previa remoción del sustituyente en posición "*para*". Estas ventajas de los calixarenos con respecto a los éteres corona y criptandos tuvo un gran impacto en la comunidad científica que aún persiste al punto que si bien dieron lugar a excelentes desarrollos sintéticos y estructurales como también interesantes aplicaciones de las mismas, también se publicaron bajo el tema de termodinámica trabajos de relativamente bajo nivel científico ya sea porque en muchos casos no se consideraron las propiedades del solvente o las limitaciones de las técnicas usadas para derivar los parámetros termodinámicos, principalmente las constantes de estabilidad de complejos con iones que esencialmente determinan cuantitativamente la selectividad del receptor por un ion relativo a otro. Esto motivó la publicación por parte nuestra de una revisión crítica bajo el título de "*Thermodynamics of Calixarene Chemistry*" (Danil de Namor *et.al*, 1998) ampliamente citada.

A diferencia de los éteres corona y criptandos, los calixarenos presentan sorpresas particularmente por el efecto del medio. Anthony Mc Kervy, un excelente químico orgánico, contribuyó significativamente a los desarrollos sintéticos y estructurales

como también a la aplicación analítica de los calixarenos. Establecimos contacto con él a través de Marie-Jose Schwing-Weill con quien habíamos colaborado en el tema de los criptandos. Mc Kervy despertó mi interés en los calixarenos cuando nos encontramos para hablar de una posible colaboración debido a nuestras distintas especialidades en Química Supramolecular. En esta oportunidad me mencionó el comportamiento distinto de los mismos en acetonitrilo con respecto a otros solventes y la presencia del catión en la cavidad hidrofílica de estos receptores, pero nada acerca de la cavidad hidrofóbica. Nació nuestra colaboración al mencionarle que esa cavidad hidrofóbica no era necesariamente inerte y que podía ser receptora del solvente. Me sorprendió que, a pesar que existía la estructura de un compuesto análogo con acetonitrilo en la cavidad hidrofóbica del receptor, no se habían realizado estudios para investigar si esto también era el caso en solución hasta 1991 en que publicamos una comunicación respecto al tema (Danil de Namor *et.al.*) en la cual demostramos que la presencia del solvente en la cavidad hidrofóbica del receptor produce un efecto alostérico reorganizando la contraparte hidrofílica para interaccionar con el catión. Este comportamiento versátil de los calixarenos en acetonitrilo llevó a nuestro grupo de trabajo a investigar las implicaciones de este solvente en otros procesos tales como la extracción de cationes de metales alcalinos por los esteres del Calix[4]areno en el sistema agua-cloroformo en la presencia y ausencia de acetonitrilo (Danil de Namor, 2021) demostrando que la presencia del solvente en la cavidad hidrofóbica del receptor aumentó sustancialmente, el porcentaje de extracción de los iones alcalinos con respecto a los datos de extrac-

ción en su ausencia. Otro aspecto versátil de estos receptores fue el estudio realizado sobre la extracción de Ag(I) por Calix[4]amino derivados, en los que cambios en la estequiometría del complejo fueron observados como resultado del efecto del solvente. Estas investigaciones nos llevaron a extender nuestro estudio a iones bivalentes de relevancia ambiental tales como Cd (II) y Pb (II) usando como receptores los ésteres y cetonas derivados del Calix[4]areno. Los resultados obtenidos fueron sorprendentes dado que la interacción de estos receptores con cationes bivalentes en solventes dipolares apróticos solo tiene lugar en acetonitrilo llegando a la conclusión que es el aducto Calix[4]-acetonitrilo y no el receptor solo el factor que interviene en la interacción de cationes bivalentes en este medio. Otro importante aspecto de este trabajo que resultó de la larga y productiva colaboración con dos excelentes cristalógrafos, Oscar E Piro (Universidad Nacional de La Plata) (<https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-4-no-2-2016/>) y Eduardo E Castellano (Universidad de Sao Paulo) (<https://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2022/09/02-RESENA-Castellano-CeIResenasT10N3-2022.pdf>) fue la determinación estructural por rayos X de los complejos de Cd(II) y Pb(II), particularmente la evidencia que a diferencia del complejo con Pb(II) y de cualquier otro complejo previamente reportado, en el caso del Cd(II) la orientación del solvente es opuesta a lo observado con otros complejos al punto que el solvente acetonitrilo a través del átomo de nitrógeno participa en el proceso de formación del complejo con la provisión de un sitio de coordinación para el catión. Adicionalmente, se demostró por primera vez desde datos termodinámicos un “pico de selectividad” como resultado del efec-

to predominante del proceso de complejación sobre el de solvatación del catión (aumento de la estabilidad del complejo) o viceversa (disminución de la estabilidad del complejo). Estos estudios termodinámicos fueron de importancia fundamental en la variedad de aplicaciones de estos y otros receptores basados en los calixarenos. Tal fue el caso en el diseño de electrodos selectivos para iones donde demostramos la posibilidad de predecir cuantitativamente desde la termodinámica de formación de complejos de calixarenos recristalizados con acetonitrilo y iones tales como mercurio (II) y plata (I), los coeficientes de selectividad de los mismos relativo a otros cationes sin necesidad de construir el electrodo (Danil de Namor, 2021) Otras aplicaciones reportadas por nuestro grupo son el diseño de nuevos materiales basados en estos receptores para la remediación de herbicidas, mercurio (II), productos farmacéuticos, retención de aditivos en combustibles, desalinización como asimismo la bioactividad de los calixarenos en cáncer colorrectal (Danil de Namor 2021) y la registración de dos patentes basadas en derivados de los calixarenos, una de ellas consiste en la producción de un detector eléctrico de gases con un nano-cable conteniendo el receptor, la otra consiste en el uso de azo-calixarenos para la detección de dióxido de carbono. Nuestro interés en los macrociclos basados en los Calix nos estimuló a considerar los calixpirroles obtenidos por la condensación de pirrol y cetonas en medio ácido. Información detallada de los eventos que condujeron a la síntesis de estos macrociclos ha sido publicada por Gale *et.al.*, quien juntamente con Sessler han sido pioneros en la síntesis y aplicaciones de estos receptores. Nuestro comienzo en la investigación de los calixpirroles fue proceder con un detallado estudio termo-

dinámico para determinar los factores responsables de la selectividad del calix[4]pirrol por los aniones haluro. Es así que se concluyó que: i) el comportamiento de este receptor en medio dipolar aprótico era típico de estructuras flexibles por lo cual el receptor compite favorablemente con el solvente por el anión al punto que se definió cuantitativamente el comportamiento selectivo de este receptor por el anión fluoruro (el anión más pequeño con más alta densidad de carga); ii) sobre las bases de la amplia información dada se dio fin a la controversia existente respecto a la selectividad de este receptor por los aniones haluro. Otro tema de interés particularmente para los países en desarrollo es la contaminación de agua por arsénico que ha sido y aún es un problema que afecta a numerosas regiones del Planeta debido a su alta toxicidad para los seres humanos. Esto llevó a numerosas organizaciones internacionales tales como la Organización Mundial de la Salud, la Unión Europea y otras a establecer un límite en el contenido de arsénico en el agua potable. Debido al simple procedimiento sintético requerido para la obtención del Calix[4]pirrol decidimos utilizar este receptor para la extracción de las diferentes especies de arsénico en agua previa investigación sobre las características del material antes y después de la extracción, los sitios de interacción del receptor con las diferentes especies que resultan de un cambio de pH, las óptimas condiciones para su extracción del agua teniendo en cuenta aspectos importantes para un desarrollo tecnológico, tales como la capacidad del material para su remoción, la cinética del proceso como asimismo la regeneración del receptor. Este material fue usado con resultados positivos para la remoción de especies de arsénico de aguas contaminadas por estas especies en varios sitios de las

Provincias de Santa Fe y San Juan (Argentina). Como en el caso de los calixarenos, la investigación con los calixpirroles incluye distintas aplicaciones de estos receptores que van desde el reconocimiento selectivo de aniones de importancia biológica, la producción de receptores con dos cavidades con el objetivo de aumentar la capacidad del receptor como para capturar iones fluoruro en un sitio y retener iones fosfatos en otro sitio (el reconocimiento del receptor por estos dos aniones es importante debido al rol que tienen en diferentes procesos), la producción de isómeros de estos receptores, como también oligómeros, modificación de sus estructuras para interaccionar no solo con aniones pero también con cationes hasta la producción de electrodos selectivos para iones y nuevos materiales para procesos de extracción. Otros macrociclos considerados fueron las ciclodextrinas que son esencialmente polímeros de glucosa y se caracterizan por la presencia de una cavidad hidrofóbica y un exterior hidrofílico. Han sido extensivamente usadas debido a que no son tóxicas y han encontrado muchas aplicaciones, particularmente en la industria farmacéutica interesada en aumentar la solubilidad de drogas poco solubles en agua mediante la adición de ciclodextrinas. Hay abundante información en la literatura corroborando estas afirmaciones. Nuestro interés fue investigar si el complejo droga-ciclodextrina podía atravesar o ser transferido a través de un medio de baja permitividad como es la membrana. Para ello, usando cloroformo como medio comúnmente recomendado como representativo de la membrana, determinamos la termodinámica de solución de las drogas como también la de formación de complejos con ciclodextrinas, llegamos a la conclusión que, desde el punto de vista termodinámico, la transfe-

ncia del complejo de agua a cloroformo no es favorable. Naturalmente este estudio necesita ser complementado con la cinética del proceso para concluir si el proceso es o no es cinéticamente controlado.

Las investigaciones anteriores, tales como la interacción de éteres corona y criptandos con aminoácidos, nos motivaron a investigar reacciones de interés biológico tal como la interacción antígeno-anticuerpo dado que en estudios previos se usaron las ciclodextrinas como modelo representativo de anticuerpos. Se seleccionaron haptenos que contenían azobenzoato y se procedió a la obtención de los parámetros termodinámicos de complejación de estos con ciclodextrinas. Este trabajo fue el primero en el campo de las ciclodextrinas, e involucró un detallado estudio sobre la solvatación de las especies que participan en el proceso de complejación y demostró la presencia de complejos axiales pero también ecuatoriales en el caso de la N,N-dimetilformamida que al ocupar la cavidad hidrofóbica del receptor no deja al anión otra opción que interaccionar con la región exterior del receptor formando complejos ecuatoriales.

Habiendo hecho una descripción de los aspectos más relevantes de la investigación que contribuyeron en parte a ascender en la escala académica, es importante mencionar que la variedad de técnicas usadas por nuestro grupo en la investigación mencionada dio la oportunidad al grupo numeroso de estudiantes de posgrado, postdoctorales y visitantes en mi laboratorio de adquirir experiencia no solo en el uso sino también en el alcance y las limitaciones de estas técnicas. Considero éste un aspecto muy importante en la formación integral de estudiantes de posgrado.

Con respecto a esto debo aclarar que el criterio adoptado para la supervisión de los mismos fue distinto al que experimenté yo como estudiante en Surrey porque si bien dio resultados positivos en mi caso, este método llevó a algunos estudiantes, particularmente a aquéllos que no tenían entrenamiento previo en la investigación, a no culminar sus doctorados y finalizar con un Máster o directamente a abandonar sus estudios de posgrado. Siendo la supervisión de estudiantes de posgrado la tarea que más disfruté y aún disfruto en mi carrera académica, la interacción estudiante-supervisor fue y es muy frecuente al punto que en ningún momento delegué o delego esta función a terceros. En mi opinión, es valioso compartir conocimientos con los estudiantes porque si bien ellos aprenden mucho del supervisor, éste tiene también la recompensa de aprender mucho del estudiante. Además, cada dos semanas se organizaban reuniones de grupo durante las cuales cada investigador presentaba el progreso realizado durante ese período. Esto dio la oportunidad de fortalecer la interacción de los miembros del grupo, así como también preparar al estudiante para el examen final del doctorado por examinadores externos, dado que a diferencia de la mayoría de otros países los cuales requieren una exposición oral pública por parte del estudiante con algunas preguntas por parte del jurado y el público, en RUGB el examen no es público. El mismo consiste en un examen oral exhaustivo por los examinadores externo e interno sobre la tesis y temas relacionados a la misma. La regulación actual de la mayoría de las universidades británicas no permite la presencia del director de tesis en el examen final ni en la transferencia de registración del estudiante de *M Phil* a *PhD*.

Estos temas de investigación no hubieran podido realizarse sin la financiación externa y fueron el resultado de una intensa labor en la formulación y presentación de proyectos a organizaciones nacionales e internacionales que describiré oportunamente. Mi interés en América Latina y particularmente en Argentina me llevó en la etapa inicial de mi carrera académica en el Reino Unido a iniciar colaboración con estos países, inicialmente en Argentina con el apoyo financiero del Consejo Británico y que resultó en la beca otorgada a Elizabeth Sigstad para proceder con estudios de doctorado en mi laboratorio. Estos estudios culminaron en 1985 con la presentación de una tesis relacionada a la extracción de electrolitos 1:1 y moléculas orgánicas por resinas conteniendo dibenzo-18-corona-6 como grupo anclado y su regreso posterior a Argentina ingresando al cuerpo académico de la Universidad Nacional de Tucumán. Este proyecto tuvo como objetivo la formación de gente joven en un área relativamente nueva en el país, pero tuvo poca duración motivada por el conflicto de las Malvinas que obligó al Consejo Británico a suspender la financiación para otros becarios, pero le permitió a Sigstad finalizar su tesis. En vista de la imposibilidad entonces de desarrollar actividades con mi país y dado que mi esposo estaba trabajando temporalmente en Perú, iniciamos contacto con instituciones académicas en ese país, seleccionando para su desarrollo una universidad fuera de la Capital, la Universidad Nacional de San Agustín (UNSA), situada en Arequipa, al sur del Perú. Mi idea fue establecer una larga colaboración que sea beneficiosa para el país en desarrollo. La decisión tanto del lugar seleccionado como el largo período de duración de la colaboración tuvo sus raíces en mi experiencia como estudiante y luego como docente en

la UNS que fue también observada en otros países de América Latina. Estas estaban relacionadas con: i) el mayor apoyo que recibían las Universidades en las ciudades capitales relativas a aquéllas del interior, ii) el costo que implicaba la visita de científicos extranjeros por períodos cortos de tiempo sin dejar un aporte significativo para las instituciones de los países en desarrollo. Es así que luego de la visita inicial al Departamento de Química de la UNSA en 1983 financiada por el Consejo Británico en Perú y en vista que los docentes encargados de dictar los distintos cursos en química tenían muy escasa o ninguna experiencia en la investigación, consideré entonces que la forma más eficiente e inclusiva para familiarizarlos con los últimos avances en química e introducirlos en la investigación era la implementación de una Maestría en Química en la UNSA. Sobre estas bases presenté al Gobierno Británico (ODA, Administración de Desarrollo en el Extranjero) a través del Consejo Británico un proyecto para la implementación y desarrollo de dicho Programa de postgrado en la UNSA. Aprobado el proyecto, se procedió a la iniciación de esta Maestría en 1984 que fue inaugurada por el Embajador de Gran Bretaña en Perú y fui nombrada por ambas instituciones Directora Académica de este programa de Maestría. Los cursos teóricos de postgrado estuvieron a cargo de académicos de la Universidad de Surrey como así también de otras universidades e industrias británicas y de otros países europeos. Los trabajos de laboratorio estuvieron a cargo de personal de la UNSA con material provisto por nosotros. Este programa de postgrado fue reconocido por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de Perú (CONCYTEC) en 1985 quien otorgó becas a la mayoría de los estudiantes para la ejecución de los proyectos de investigación que fueron parte de

los requerimientos de ambas instituciones (Surrey-UNSA) para la obtención de este grado. Este fue el primer programa a nivel de Máster en el Sur del Perú ya que entonces no había cursos de postgrado en ninguna disciplina en esta región y el número de cursos de postgrado en Lima era escaso. Otro aspecto atractivo, desde el punto de vista de los aplicantes peruanos, era la participación de académicos europeos en el dictado de estos cursos con una larga experiencia en la investigación que entonces era prácticamente inexistente en Perú. También era inexistente en este país la interacción Universidad – Industria y aún no está muy desarrollada. Es por ello por lo que en la selección de los proyectos de investigación de la Maestría se motivó a los estudiantes a familiarizarse con los problemas existentes en la industria peruana e incorporarlos como tema de tesis. Fueron muy pocos los que adoptaron esta ruta por la simple razón que para llevar esto adelante debe existir interés de ambas partes. Todos los proyectos del programa de Máster fueron evaluados por los académicos europeos e incluían un examen oral con un activo interrogatorio por parte de los examinadores. Este Programa de Maestría en la UNSA tuvo dos años de duración y hubo dos promociones, quedando luego a cargo del plantel de docentes peruanos como fue la idea inicial dado que nuestra intención era tener una permanencia temporaria hasta que la institución peruana contara con su propio plantel de profesores para el seguimiento de este Programa como fue el caso. También participaron de este Programa el personal docente de otras universidades del sur de Perú y un número reducido de profesionales de la industria. Es así que en el período 1984-89, cuarenta y tres profesionales peruanos lograron el grado de Máster en Química. Fue un período de intenso trabajo dado que la contribución lo-

cal fue mínima porque el personal docente a nivel local no tenía experiencia en investigación. Tampoco las autoridades estaban familiarizadas con la implementación y desarrollo de convenios internacionales lo que tuvo en varias ocasiones un impacto negativo sobre el desarrollo de la Maestría. En aquellos tiempos los medios de comunicación no eran los de la actualidad. Por lo tanto, los exámenes escritos debían enviarse por correo, lo que obligaba a los docentes europeos a prepararlos con mucha anticipación en períodos de intensa actividad académica en Europa. De todas maneras, fue una experiencia valiosa para los colegas europeos ya que tuvieron la oportunidad de valorar las ventajas que tienen las universidades en los países desarrollados con respecto al mundo en desarrollo y disfrutaron mucho de la hospitalidad peruana y los aspectos culturales del país. Sin ninguna duda apreciamos también que la falta de recursos da como resultado recursos humanos con un alto grado de creatividad.

Con el objetivo de conseguir financiación para dar oportunidad, a los mejores egresados de la Maestría en la UNSA, de continuar estudios de doctorado en RUGB durante el último período de este Programa, coordiné un proyecto sobre la extracción de cobre por nuevos agentes complejantes, un tema relevante para Perú que fue presentado para su financiación a la Dirección General de Ciencia, Investigación y Desarrollo de la Unión Europea. Con la participación de la Universidad Católica Santa María (UCSM) en Arequipa y dos instituciones europeas, el *Royal College of Surgeons of Ireland* a través de su Departamento de Farmacia y Química Médica y la industria ICI (RUGB). Aprobado este proyecto en 1990 se procedió a la financiación de dos profesionales peruanos que finalizaron sus doc-

torados in 1993. Dado el interés de la UCSM para la creación de una Maestría en Química Ambiental con la colaboración de Surrey y contando ya con doctorandos en Perú, la implementación de esta Maestría se simplificó con respecto a la de la UNSA. Es así que se implementó este programa en 1993 como así también los laboratorios de investigación de la UCSM. La misma procedió sin problemas con un resultado de trece graduados. El impacto de estos programas de postgrado fue tal que despertó el interés de otras instituciones académicas en el Sur del Perú. Tal fue el caso que docentes de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA) -situada en Puno-, egresados de la Segunda Promoción de Maestría de la UNAS, expresaron su interés en continuar sus doctorados en RUGB. Con financiación de la Unión Europea luego de la presentación y coordinación de un proyecto sobre extracción de oro en 1993 en el cual se incluyó como colaboradores, la UNA y el *Royal College of Surgeons* en Irlanda, se otorgaron becas a dos docentes de UNA que obtuvieron sus doctorados en Surrey. Subsecuentemente se implementó el Programa de Maestría en Extracción de Metales Estratégicos en UNA en 1994 del cual egresaron 15 graduados. Las bondades de esta colaboración con Perú dieron como resultado final 70 graduados a nivel de Máster y 13 a nivel de doctorado. Los doctorandos peruanos fueron financiados mayormente por la Unión Europea pero también en menor escala por otros organismos internacionales. Si bien estos programas fueron el resultado de mi propia iniciativa, ningún hombre, ninguna mujer es una isla y esto no hubiera sido posible sin la colaboración de mis colegas en el dictado de los cursos, cuyos nombres e instituciones menciono a continuación: Dres. R. Hayward, R. E. Marks, J. Lamb, Profs. R. Tailby y R. Walker (Surrey),

Dres. E. Bishop y G. Pratt (*University of Sussex*), Dr. B. G. Cox (*University of Stirling, RUGB*), Prof. K. B. Nolan (*Royal College of Surgeons, Irlanda*), Dr. M. Saxby (*BFMIRA, RUGB*), Prof. I Wadsö (*University of Lund, Suecia*), Prof. B. Kowalski, (*Warsaw University of Life Sciences, Polonia*), Prof. J Casabó (Universidad Autónoma de Barcelona, España) y de mi familia, particularmente mi esposo, Dr. M. S. S. Namor por el gran apoyo y estímulo dado para llevar a cabo esta iniciativa. Mi agradecimiento hacia ellos.

Colaborar con mi país e indudablemente con la UNS donde floreció mi interés en química y donde di mis primeros pasos en la investigación, pero también con otras instituciones del país, estuvo siempre en mis planes de trabajo. Es por ello por lo que Argentina participó juntamente con otros países de América Latina. Tres fueron financiadas por la Unión Europea y en estas tuve el rol de Coordinadora (Universidad de Surrey) con colaboradores de Argentina: Prof. M. C. Cabaleiro (UNS), Prof. P. Aymonino (UNLP), Prof. A. R. Casal (UNS), Prof. O. E. Piro (UNLP); de Brasil, Prof. E. E. Castellano (USP); de Perú, Prof. J. Cárdenas García (UCSM), Ing. R Zegarra (UNA); de Chile, Prof. J. Costamagna (USACH) (<https://argentinapciencias.org/wp-content/uploads/2021/06/05-RESENA-Costamagna-CelResenasT9N2-2021.pdf>), con participación también de científicos de instituciones europeas: de Dinamarca, Prof. B. Jensen (*Technical University of Denmark*); de España, Prof. J. L. Briansó (UAB); de Reino Unido, Prof. H. D. B. Jenkins (*University of Warwick*); de Suecia, Prof. I Wadsö (*University of Lund*); de Irlanda, Prof. K B Nolan (RCSI). Estos contratos indudablemente permitieron la formación de numerosos estudiantes de América Latina a realizar sus doctorados y

trabajos postdoctorales en Europa o pasantías en Europa a aquéllos que realizaron sus doctorados en América Latina, visitas de académicos y personal técnico de Europa a América Latina y viceversa; la participación de académicos y estudiantes a conferencias internacionales como también la organización de conferencias internacionales en Argentina y el equipamiento para instituciones de América Latina, entre ellos la construcción de dos calorímetros por los Prof. Ingemar y Lars Wadsö, uno para Argentina y otro para Perú. La autora ha tenido la oportunidad de apreciar las necesidades de los países en desarrollo a través de su carrera y los valiosos recursos humanos existentes en las áreas menos privilegiadas de sus poblaciones. No hay duda de que hay un potencial humano sin acceso a desarrollar

se por falta de oportunidades. Por esta razón uno de los puntos que deseo destacar es la importancia de incorporar el aspecto social en los pedidos de financiación a organizaciones internacionales. Es así que en uno de los proyectos financiados por la Unión Europea relacionado con las tecnologías / metodologías para la remediación/ detección de especies de mercurio en agua se incorporó a la ONG ADECS presidida por la Sra. Nélide Rajneri, entonces directora del diario Río Negro en la ciudad de General Roca. El objetivo fue dirigir el financiamiento a las áreas menos privilegiadas de la zona que en este caso fue el Barrio Norte de General Roca donde se organizó un programa educacional para niños que involucró charlas referentes a los problemas ambientales del país y particularmente a aquellos

relacionados con la contaminación de las aguas potables de la zona por mercurio, como es el caso de Cinco Saltos donde se produjo uno de los más serios problemas de contaminación provocado por el uso del cátodo de mercurio en el proceso de electrólisis de cloruro de sodio en medio acuoso para la obtención de los gases hidrógeno y cloro como asimismo hidróxido de sodio. En este programa se incluyeron visitas a las áreas contaminadas, tomas de muestras y análisis elementales para estimular el interés de los niños.

No solo se pudo evidenciar en este programa el interés y entusiasmo de los niños sino también la creatividad demostrada durante la parte experimental. A las madres se las entrenó como “costureras industriales” que luego de lograr su diplo-



Figura 2: ANGELA DANIL DE NAMOR CON GRADUADOS DE LA MAESTRIA EN QUIMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DURANTE LA CEREMONIA DE GRADO.



Figura 3: NIÑOS DEL BARRIO NUEVO DE GENERALROCA QUE PARTICIPARON EN EL MUESTREO DE AGUAS CONTAMINADAS EN RÍO NEGRO COMO PARTE DE UN PROYECTO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA

ma como tal, algunas participaron en el entrenamiento de otras madres y otras instalaron sus propios talleres con ayuda financiera del proyecto. Esta iniciativa permitió mejorar substancialmente el estándar de vida del grupo de mujeres y niños que participaron en esta aventura. Si bien la parte científica del proyecto fue muy exitosa en todo aspecto, la inclusión de la ONG en las propuestas a organizaciones internacionales con el objetivo de diseñar programas educativos en las zonas menos privilegiadas del país, aunque sea en pequeña escala, es una iniciativa que merece ser incluida para el desarrollo de recursos humanos y

contribuir a combatir la pobreza en esas áreas.

El programa desarrollado en Perú y en América Latina tuvo impacto internacional como lo evidencian los artículos publicados en *Chemistry International*, la revista oficial de IUPAC (Danil de Namor, 1991) y en *International Newsletter on Chemical Education* (IUPAC) (Danil de Namor, 1995)

La misma estrategia usada para América Latina en la parte de investigación se extendió a otras regiones del globo con la colaboración de colegas e instituciones de Marruecos,

Líbano, Palestina y Túnez y también colegas de instituciones de países de la ex-Union Soviética tales como Rusia, Ucrania, Armenia y Latvia. La contraparte europea que participó estuvo integrada por científicos de instituciones de la Unión Europea, RUGB (Universidad de Surrey y una industria), España, Irlanda y Alemania (dos Universidades). Esta colaboración pudo materializarse gracias al financiamiento dado por la Unión Europea mediante la aprobación de tres proyectos en temas relacionados a tecnologías para la remediación de contaminantes de agua en los países de la ex-Unión Soviética y la desalinización de agua de mar para



■ CONCLUSIONES

los países del Mediterráneo donde el problema mayor es la escasez de agua. Además de la formación de recursos humanos a nivel de doctorado en los países de la Unión Europea, el intercambio de científicos en ambas direcciones, organización de Congresos internacionales, reuniones del Consorcio, se originaron patentes y en este momento la industria participante del proyecto de desalinización de agua de mar está en conversación con inversores debido a su interés en llevar la tecnología originada de este proyecto a comercialización.

Debo destacar que mi interés en estudiar y luego entrar al mundo de la Química se debe a: i) la motivación que recibí en el seno familiar durante mi infancia acerca de la importancia del conocimiento que se adquiere con el estudio y el rol de la mujer en la sociedad dejándome completamente libre para decidir la carrera a seguir. La mejor experiencia que tuve durante ese período fue a los once años, cuando con motivo de la visita de un destacado político a nuestra ciudad, mi padre me dio la responsabilidad de escribir y dar el discurso de bienvenida al distinguido visitante en el Teatro Municipal

de Bahía Blanca. La presentación fue exitosa y totalmente inesperada por la audiencia. Fue toda una novedad para el auditorio y, para mí, una experiencia inolvidable que realmente afianzó la confianza en mí misma, y de ahí mi gran interés por escribir poemas que aún conservo; ii) las frecuentes conversaciones que escuchaba sobre la química cuando siendo muy joven tuve la fortuna de conocer a mi esposo y frecuentar su entorno lo que hizo decidir mi carrera. Pero decidir sobre una carrera y llevarla a cabo fueron cosas distintas particularmente cuando ya éramos padres de dos hijos. Es así que mientras avanzaba en mi carre-

ra, mis ambiciones de progresar en la misma aumentaban, pero siempre tuve el incondicional apoyo de mi esposo. Las implicaciones de esto también están reflejadas en nuestros hijos que al haber crecido en un ambiente académico también son profesionales y lo mismo se cumplió con nuestros nietos. Esto me lleva a considerar la importancia del entorno familiar o educacional en el futuro de los jóvenes particularmente cuando éste se inicia a temprana edad. Aun cuando se han visto avances en el número de mujeres que optan por carreras en Ciencia y Tecnología todavía hay mucho para hacer y es de fundamental importancia despertar este interés a temprana edad en los programas de educación.

Finalmente deseo destacar algunos aspectos que en mi opinión son fundamentales para el éxito profesional. En primer lugar, es prioritario tener una idea clara de lo que se quiere lograr a través de los años y una vez definida esta etapa, estudiar la estrategia óptima para lograrlo como lo recalqué en esta autobiografía siempre teniendo en cuenta que cualquiera sea la esfera de trabajo, los resultados deben superar las expectativas. Para ello hay que sentir pasión por lo que se hace. Pasión y convicción nos lleva a afrontar situaciones adversas, obstrucciones y desafíos con una determinación firme. Tener una actitud positiva es fundamental aun cuando se confrontan situaciones adversas u obstáculos. Estas son experiencias que fortalecen y hacen desarrollar resiliencia. El conocimiento es muy importante pero el conocimiento por sí solo no ayuda a nadie si no se comparte con los demás. Fue la intensa colaboración con colegas nacionales e internacionales una fuente de enriquecimiento no solamente científico sino también cultural. Para una carrera académica es importante enfatizar

la importancia de la calidad sobre la cantidad de publicaciones. Esto fue siempre importante pero no siempre practicado. Es la calidad de las publicaciones el pasaporte de entrada para conseguir financiación de los organismos internacionales. Actualmente este es un requerimiento esencial para realizar investigación, particularmente en los países desarrollados. Hay una tendencia de buscar el tema de investigación propio en los llamados para la presentación de propuestas. Estos generalmente no se encuentran. De ahí la importancia en la selección de temas de investigación multidisciplinarios que permiten adaptar la especialidad del investigador a los aspectos prioritarios del llamado. Y es justamente el aspecto multidisciplinario de la Química Supramolecular el que me permitió obtener amplia financiación para la investigación. Los organismos internacionales en la actualidad requieren la participación de la industria y le están dando tanta importancia al punto que en muchos casos requieren que sea la industria la coordinadora del proyecto porque buscan "innovación", una expresión que generalmente se confunde con "novel". Un proyecto es innovador cuando el producto está en el mercado que difiere de un proyecto *novel*. Por supuesto un proyecto puede reunir las dos condiciones.

No podría finalizar esta reseña sin enfatizar la necesidad de desarrollar en Argentina tecnologías propias basadas en los productos naturales del país para aliviar los enormes problemas de contaminación existentes en nuestras aguas debido a la presencia de especies tóxicas como el arsénico, mercurio, pesticidas etc. que tienen un impacto negativo sobre la salud de la población. A tal efecto durante mi estadía en INTI publicamos en un prestigioso *Journal* una revisión crítica frecuentemente cita-

da en la literatura sobre el uso de la diatomea, un material abundante en nuestro país, para la extracción de metales pesados del agua. En una revisión que estoy realizando sobre el problema del mercurio en Argentina se refleja que la investigación sobre análisis de mercurio ha dado lugar a excelentes trabajos científicos sin embargo la investigación sobre desarrollos tecnológicos para la remediación de mercurio en el agua permanece en su infancia. Progreso en esta área requiere colaboración con la industria.

En definitiva, hay una necesidad urgente en la mayoría de los países latinoamericanos de fortalecer la colaboración Universidad-Industria como la hay en los países desarrollados de incrementar esfuerzos para incorporar el aspecto social en las propuestas presentadas a organismos internacionales.

■ BIBLIOGRAFÍA

- Danil de Namor, A.F.; Ghouseini, L. (1985) 'Enthalpies and Entropies of Complexation of Cryptand 222 and Metal Ions in Propylene Carbonate and Acetonitrile'. Derived Thermodynamic Parameters for the Transfer of Metal-ion Cryptates, *J.Chem.Soc.Faraday Trans.1*,81,781-791.
- Danil de Namor, A F; Apaza de Sueros,N; Mc Kervey,M A; Barrett, G; Arnaud-Neu, F; Schwing-Weill.(1991) The Solution Thermodynamics of Ethyl *p*-tert-Butyl Calix[4]arene Tetracetate and Its Alkali Metal Complexes in Acetonitrile and Methanol. *J. Chem. Soc.; Chem. Comm.* 1546-47, 13.
- Danil de Namor, A F(1991) Contributions to the Development of Chemistry in Perú,*Chemistry International*, 13,6,219.

- Danil de Namor, A F (1995) Teaching and Research Activities in Latin América. *International Newsletter on Chemical Education*, IU-PAC, 44, 16. ISSN 0306 7696.
- Danil de Namor, A F. (2021) Supramolecular Chemistry: Personal Contributions to the Discipline, *Doctor of Science Thesis*, University of Surrey
- Gale, P; Anzenbacher, P; Sessler, J. (2001) Calixpyrroles II, *Coord, Chem. Rev.*; 222, 57-102
- Lehn, J M. (1988) 'Supramolecular Chemistry-Scope and Perspectives Molecules, Supramolecules and Molecular Devices' (Nobel Lecture). *Angew. Chem. Intern.* 27 (1), 89-112.
- Pederson, C J (1967). Cyclic Polyethers and Their Complexes with Metal Salts. *J Amer. Chem. Soc.*; 89, 7017-7036.

FEDERICO IGNACIO ISLA

por Jorge Rabassa



La República Argentina es uno de los países del mundo con una de las regiones costeras más extensas del planeta. Desde el estuario del Río de la Plata en la provincia de Buenos Aires, hasta el Canal Beagle en la Tierra del Fuego, miles de kilómetros de sus costas son bañados por las aguas del Océano Atlántico o bien sus aguas se extienden sobre inmensas planicies costeras, desde la línea de costa hasta profundidades cercanas a los 200 metros. Estos ambientes marinos costeros ocupan casi un millón de kilómetros cuadrados, conformando notables paisajes submarinos, caracterizados por riquísimos recursos ícticos que definen una amplia riqueza natural de excepcionales dimensiones, con algunos de los pesqueros más productivos del mundo.

Estas planicies costeras se encuentran hoy total o parcialmente sumergidas, pero a lo largo de las numerosas glaciaciones globales que tuvieron lugar durante el Pleistoceno, estas superficies estuvieron ocasionalmente expuestas a los procesos atmosféricos, dado que la conformación de los inmensos mantos de hielo continentales provocó la retención de enormes volúmenes de agua en forma de hielo sobre los continentes y el consiguiente descenso del nivel del mar global, durante el desarrollo de las glaciacio-

nes, con depresiones de hasta 100 y 120 metros por debajo del nivel del mar actual. Esto determinó la existencia de planicies costeras, hoy de naturaleza submarina, en escala continental. Por lo menos, éste ha sido el caso del litoral atlántico de la Patagonia argentina.

Estos amplísimos ambientes sumergidos han sido el hábitat de extraordinarios ecosistemas marinos, portadores de recursos ícticos de riqueza inigualada.

A esta riqueza ecológica se le sumaron luego la explotación de extensas cuencas sedimentarias atlánticas, donde los recursos de hidrocarburos fósiles fueron las principales fuentes de energía de nuestro país durante décadas.

Sin embargo, a pesar de las riquezas observadas, así como tantos otros recursos identificados, no

fueron analizados y estudiados sistemáticamente en nuestro país, sino hasta tiempos recientes, cuando su estudio debería haberse consolidado muchas décadas atrás.

En el proceso de estudio e investigación de los recursos marinos de nuestro litoral atlántico, la Ciudad de Mar del Plata, ciudad ubicada de cara al mar, tuvo un rol preponderante en las investigaciones marinas, particularmente por el rol que desempeñó el Dr. Enrique Schnack (geólogo y oceanógrafo) en la pionera organización de las instituciones asociadas a los ambientes marinos, y en la conformación de recursos humanos capacitados, grupos de trabajo integrados por profesionales, investigadores y colaboradores. A lo largo de este período fundacional, que condujo a la creación del Centro de Geología de Costas y del Cuaternario, el Dr. Federico Ignacio Isla se constituyó en uno de los discípulos más destacados del Dr. Schnack y fiel continuador de su obra científica. El Dr. Isla aportó su formación y conocimiento a través de la realización de su tesis doctoral, su capacitación en centros científicos de prestigio mundial, la participación en múltiples proyectos de investigación científica y de destacadas contribuciones que fueron publicadas en las revistas de estas disciplinas más importantes del

mundo. La notable labor del Dr. Isla, a lo largo de varias décadas, contribuyó decisivamente al crecimiento y desarrollo del Centro de Geología de Costas y del Cuaternario, a la constante expansión de esta institución y a la formación de sólidos grupos de trabajo. Estos grupos humanos fueron liderados y consolidados por el permanente impulso y dedicación que el Dr. Isla trasladó a sus colegas del Centro de Geología de Costas y del Cuaternario, hasta hacer de él en la actualidad un ámbito científico de primera magnitud, reconocido en todo el continente sudamericano como un referente es esta temática.

Los esfuerzos realizados por el Dr. Isla, y sus colaboradores, con el aporte permanente de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires y la Universidad Nacional de Mar del Plata facilitaron, desde sus orígenes, el desarrollo de la Geología de Costas en Argentina. Posteriormente, las investigaciones desarrolladas por el Dr. Isla y este instituto se extendieron a los estudios del Cuaternario y a los ambientes costeros, a todo lo largo de la costa atlántica argentina. Numerosos congresos y reuniones científicas organizadas en la ciudad de Mar del Plata otorgaron a este instituto un fuerte perfil internacional, superando con esfuerzo, creatividad y dedicación las omnipresentes limitaciones materiales.

Pero las investigaciones del Centro de Geología de Costas y del Cuaternario, y los estudios del Dr. Isla en particular, no se limitaron en forma alguna a solamente estudios científicos en Sedimentología, Estratigrafía y Paleontología. La problemática

de la Geomorfología Aplicada a la Ingeniería en los ámbitos costeros fue uno de los diversos campos del conocimiento que el Dr. Isla abarcó con suma idoneidad a lo largo de su notable carrera académica y profesional. El relleno artificial de playas, la construcción del emisario submarino, la búsqueda de arenas de fracturas y el dragado del puerto fueron algunos temas de índole aplicada e ingenieril, que fueron desarrollados por el Centro de Geología de Costas y del Cuaternario. La protección de las playas, y la recuperación de volúmenes de arena se vinculan con el ámbito natural en el cual se desarrollan las actividades turísticas a lo largo de las playas, de enorme importancia económica en la región, han sido motivo de permanente interés y atención científica del Dr. Isla, y del importante grupo de trabajo por él creado y consolidado.

Las vacaciones familiares en Mar del Plata definieron muy pronto el interés de Federico Isla por el mar, lo cual se tradujo en el desarrollo de sus estudios universitarios en Geología, luego de su paso por el tradicional Colegio Nacional de la Universidad Nacional de La Plata. Esta es la época en la cual Federico Isla compartió sus horas de estudiante con sus dos grandes amores: el Club Estudiantes de La Plata, habiendo sido uno de sus abuelos integrante del grupo fundador de este club en 1905, y el rugby, con su extensa participación en los equipos del La Plata Rugby Club. Luego de su graduación como geólogo, Federico se sumó al grupo del Dr. Enrique Schnack y se trasladó a la ciudad de Mar del Plata, donde reside desde entonces. Sus trabajos científicos y

técnicos se desarrollaron en la Laguna Mar Chiquita, y distintos ámbitos de las costas patagónicas y de Tierra del Fuego. El notable grupo de jóvenes geólogos que rodeaba al Dr. Schnack, en el cual la figura del Dr. Isla se destacaba, tuvo importante participación en varios simposios internacionales, que puso a los paisajes costeros de Argentina en el escenario internacional, particularmente los prácticamente desconocidos ámbitos de Tierra del Fuego. Simultáneamente, los problemas de erosión de playas en las costas bonaerenses demandaron del Dr. Isla y su grupo intensa y fundamentada atención, lo cual permitió la recuperación de playas que estaban en franco declive erosivo.

La labor del Dr. Isla no se restringió a la investigación científica, ya que desarrolló una prolongada gestión universitaria que abrió el camino a la consolidación de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Mar del Plata y la creación de diversos institutos y grupos de trabajo, labor que continúa activamente hasta el presente.

Sus tareas de gestión universitaria, tanto como su formación de recursos humanos han convertido al Centro de Geología de Costas y del Cuaternario en una de las instituciones pioneras en la temática donde se forman los futuros especialistas que el país necesita. Sus trabajos académicos como los de geología aplicada a problemas específicos lo consagran como un referente indiscutible a nivel continental de esa joven disciplina que es la Geología de Costas y de los procesos cuaternarios que llevaron a su formación.

40 AÑOS DE GEOLOGÍA DE COSTAS: EL INSTITUTO DE COSTAS DE MAR DEL PLATA ¹

Palabras clave: Geología de costas, playas, erosión, Mar del Plata, teledetección.
Key words: Coastal Geology, beaches, erosion, Mar del Plata, remote sensing.

De la cancha de Estudiantes de La Plata a las extensas costas atlánticas argentinas, el autor nos relata su accionar en temas candentes como el nivel del mar y la construcción del emisario cloacal en Mar del Plata

■ **Federico Ignacio Isla**

Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario
Mar del Plata

fisla@mdp.edu.ar

¹ Editor asignado: **Víctor A. Ramos**

La excelente formación proporcionada por la Universidad Nacional de La Plata a través del Colegio Nacional y la Facultad de Ciencias Naturales en el mítico Museo, en los años 60 y 70 dio las bases para una completa formación en Geología. Posteriormente, el convenio entre la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC) y la Universidad Nacional de Mar del Plata facilitaron los orígenes de la Geología de Costas en Argentina. Después, el instituto comprendió estudios del Cuaternario y del ambiente costero. El ingreso al CONICET facilitó las actividades en diferentes regiones del país. Los cursos en el extranjero dieron una formación en técnicas de teledetección subacuática y subaérea. A pesar del postergado desarrollo de las ciencias del mar, se pudieron ejecutar trabajos de Geología Marina poco profunda. Los congresos y reuniones científicas organizadas en Mar del Plata permitieron un cierto nivel in-

ternacional no obstante bastantes limitaciones materiales. El relleno artificial de playas, la construcción del emisario submarino, la búsqueda de arenas de fracturas y el dragado del puerto fueron algunos temas aplicados por el instituto de Geología de Costas.

Vine a este mundo en la Nochebuena de 1955. Como la mayoría de los 24 primos Mendy, si bien nací en Berisso, fui inscripto en la ciudad de La Plata. Mi padre era Juez Civil y tuve tres hermanos menores. Todos tuvimos una carrera universitaria: Diego es ingeniero; Martín, arquitecto y Beltrán, veterinario.

■ LA PLAYA DE LOS 60

Enero significaba las vacaciones con la familia en Mar del Plata en coincidencia con las vacaciones de los cuatro hermanos y la feria judicial. La playa Alfar era una excursión diaria atravesando la ciudad, cruzando

la pasarela por sobre el médano litoral y las expediciones en el bosque plantado por Asuntos Agrarios. Febrero eran días en el Balneario de Punta Lara: natación, trampolines y partidos de fútbol si el río había bajado. Marzo era iniciar la rutina del colegio primario, y al finalizarlo había que dar examen para ingresar al tradicional Colegio Nacional dependiente de la Universidad Nacional. Aquel examen, sin saberlo, significó el ingreso a la universidad. El entrenamiento de rugby entretenía la semana. Los fines de semana había partido y sólo jugaban los que cumplían con el entrenamiento. La filosofía del *rugbier* (diferente a la del jugador) proponía disciplina, obediencia, espíritu de equipo. Fin de semana por medio había que jugar contra equipos de Buenos Aires y eso significaba el viaje en el ferrocarril Roca, subte de Constitución a Retiro y luego tren hacia el norte para llegar a las canchas de Olivos, San Isidro, Bella Vista, Carupá.



Figura 1: División Sexta de La Plata Rugby Club en instalaciones del Bosque en 1971.

Para fines de los 60, el equipo del abuelo, el de los estudiantes universitarios había ganado tres veces la Copa Libertadores. Aquella epopeya había sido parte de la rutina de los domingos: por la mañana era ver la Tercera que Mata, y si el partido de la primera no era contra un club grande se podía volver a la cancha a la tarde. Y en 1968 el equipo de los estudiantes universitarios de la joven ciudad destinada a capital de Buenos Aires salió campeón del mundo.

■ LA PLAYA DE LOS 70

En la temporada de 1971 no se pudo volver al Alfar. Las tormentas habían destruido el balneario del Automóvil Club. Se iniciaba así un largo proceso de deterioro de las playas del sur de Mar del Plata impactando indirectamente en los loteos del sur de General Pueyrredón. Los balnearios de Punta Mogotes significaron más diversión y competencias en vóley.



Figura 2: El equipo del club de los estudiantes universitarios campeón del mundo en 1968.

Los 70 fueron muy conflictivos en la ciudad de La Plata. La vuelta a la democracia inauguró los conflic-

tos políticos entre la patria peronista y la patria socialista. Ni el colegio ni el club fueron ajenos a estas antino-

mias. El asesinato de Hernán Rocca fue el preludio de lo que ocurrió en La Plata en los 70. El rugby había inculcado a no tener miedo a nada, pero era muy contraproducente en los tiempos que corrían.

El ingreso al Museo fue un cambio en la rutina platense. Los compañeros del interior y los viajes de estudio fueron una buena distracción en aquella época nefasta de bombas, balaceras y secuestros. Por otro lado, a pesar de un secundario excelente, la Geología era un mundo de minerales y montañas totalmente novedoso. Los viajes de estudio se dirigieron a las provincias de La Rioja y Mendoza. Durante el verano se aprovechaban las becas del Plan Patagonia-Comahue del Servicio Geológico.

■ EL CGC DE LA CIC

En 1979 El Dr. Schnack fue invitado a fundar el Centro de Geología de Costas (CGC) con el auspicio económico de la CIC. La Universidad Nacional de Mar del Plata era la contraparte y debía hacerse cargo del CGC a los tres años. Enrique J. Schnack era hijo dilecto de la CIC fundada entre otros científicos por su padre Benno. Se había doctorado en el Museo de La Plata y se había perfeccionado en Inglaterra en la *University of Reading* y en la *Stanford University* de California.

La beca de la CIC terminó en 1982 y una beca de la Organización de Estados Americanos al *Marine Geology Branch* del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) en Palo Alto (California), abrió la posibilidad de aprender el uso del sonar de barrido lateral, una técnica geofísica para hacer estudios del fondo marino poco profundo. Además, fue la posibilidad de asistir a los cursos de la Universidad de Stanford. Los años en el Instituto Británi-



Figura 3: Últimos momentos de las instalaciones del Balneario del Automóvil Club en la Playa Alfar en 1971.



Figura 4: 1984 Gran Bajo del Gualicho. De izquierda a derecha: Federico Isla, Ubaldo Colado, Marcelo Zárate, Mauricio Walter, Enrique Schnack, Mariano Schnack y Jorge Fasano.

co de la calle 12 facilitaron aquella estadía de pocos meses.

■ EL NIVEL DEL MAR EN ARGENTINA

Los primeros becarios de la CIC fueron geólogos recién recibidos de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo, que trabajaron en la laguna

Mar Chiquita. Los primeros trabajos de nivel internacional fueron con relación a las fluctuaciones del nivel del mar en Argentina. Así en 1980 se celebró el primer simposio sobre problemas geológicos del litoral de Buenos Aires. En 1984 tuvo lugar el simposio internacional sobre oscilaciones del nivel del mar financiado por el Proyecto Internacional de Co-



Figura 5: Participantes del field meeting de correlación geológica del nivel del mar en el Bajo del Gualicho. Extranjeros: Dave Scott (Canadá), John Sutter (EE.UU.), Arthur Bloom, (EE-UU-), Paolo Pirazzoli (Francia), Luc Ortlieb (Francia), Douglas Grant (Canadá), Cari Zazo (España), Antonio Ulzega (Italia), Kenitiro Suguio (Brasil), y Paul Kaplin (URSS).

relación Geológica IGCP 2000 y la *International Quaternary* (INQUA).

Científicos de más de 20 países pudieron constatar las evidencias encontradas en Mar Chiquita y a través de un *field meeting* al norte de Patagonia se pudieron examinar terrenos que estaban elevados sobre el actual nivel del mar hace 6.000 años y del anterior interglacial de hace 120.000 años antes del presente. Si el nivel del mar estuvo subiendo en el Hemisferio Norte, los extranjeros querían ver las evidencias del máximo nivel del mar alcanzado hace 6.000 años en el Hemisferio Sur. En Patagonia pudieron acceder al Gran Bajo del Gualicho y sacarse una extraordinaria foto grupal a 72 metros por debajo del nivel del mar.

En 1990 se organizó otro simposio internacional de este grupo de correlación geológica en Puerto Madryn con una excursión a Península Valdés, y otra en Tierra del Fuego. Estas actividades internacionales significaron una gran aceptación de los modelos de evolución del nivel del mar que habíamos establecido, ciertamente diferentes a los del He-

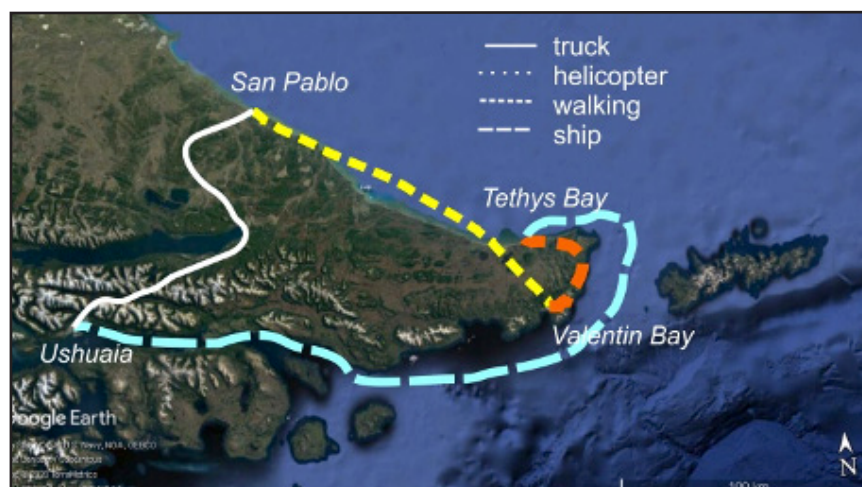


Figura 6: Itinerario de la IX Expedición Científica a Península Mitre.

misferio Norte. Al mismo tiempo, el CGC adquirió renombre a través de publicaciones internacionales.

■ TIERRA DEL FUEGO

Desde 1985, se tenían actividades en Tierra del Fuego a través de un proyecto *Subantartis* entre el CONICET y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España (CSIC). Previamente, la IX Expedi-

ción Científica a Península Mitre fue coordinada por el Museo del Fin del Mundo y contó con seis geólogos. De Ushuaia hubo que atravesar la cordillera fueguina en camioneta para llegar al Cabo San Pablo. De allí un helicóptero trasladó a los participantes hacia la Bahía Valentín. A partir de allí hubo que volver a cruzar la cordillera caminando hacia sitios de aprovisionamiento en Bahía Buen Suceso y Bahía Tethys. Final-

mente, un aviso de la marina trasladó al grupo de vuelta a Ushuaia.

Con posterioridad a esta expedición dos becarios fueron incorporados al Centro Austral de Investigaciones Científicas de Ushuaia para trabajar en temas de Geología de la Bahía San Sebastián: Gustavo Bujalesky y Marcelo Ferrero, con la participación de los españoles Federico Vilas, Alfredo Arche y José Mora. Terminado este proyecto, las actividades en el norte de Tierra del Fuego continuaron hasta el año 2000 a través de diferentes proyectos del CONICET. El transporte de gravas y el origen de las formas litorales significaron estudios muy originales de las formas litorales características de la Tierra del Fuego.

■ NUEVOS TEMAS, NUEVO CHALET

Mientras tanto el CGC había incorporado nuevos temas con la incor-

poración de nuevos becarios. Se iniciaron actividades con suelos y paleosuelos costeros, minerales pesados, diatomeas y foraminíferos. Había vencido el convenio con la CIC, se habían incorporado los temas de Cuaternario y el CGCC había dejado el chalet Bronzini de la calle Tucumán para ocupar las caballerizas del chalet Zubiaurre. El Cuaternario significó además la coordinación del Capítulo del Comité Argentino de Correlación Geológica, y una participación exitosa en sucesivos proyectos internacionales de correlación geológica (IGCP 61, 200, 274, 437).

Por otro lado, los municipios costeros comenzaban a requerir asesoramiento con relación a la erosión de playas: Partido de la Costa (1981), Pinamar (1982), General Pueyrredón (1983), Necochea (1993), Villa Gesell (2004-2005, 2022), San Cayetano (2007, 2018-2019), Tres Arroyos (2009, 2018-2022). La CIC

acompañó organizando talleres sobre este tema en Santa Clara y Cloromecó.

■ DAKOTA DEL SUR Y GALICIA

1991 fue la oportunidad de aprender otra técnica novedosa. El USGS junto con NASA y NOAA ofrecieron un curso de Teledetección y principios de GIS para representantes de países en vías de desarrollo. El curso se dictó en el instituto en que se habían desarrollado los sistemas *Landsat*: el *EROS Data Center* de Sioux Falls, Dakota del Sur. Al año siguiente, la asignatura teledetección se iniciaba en la Universidad Nacional de Mar del Plata con el programa *Idrisi* que funcionaba en computadoras personales con sistema DOS.

En 1992 el CONICET envió a algunos investigadores asistentes a estadías de posgrado en Europa. La Universidad de Vigo y la Xunta de Galicia proveyeron entonces los me-



Figura 7: Participantes del curso internacional de Teledetección dictado en Dakota del Sur en 1991.

dios para estudios de la costa gallega.

■ PROBLEMAS AMBIENTALES

Los estudios sedimentológicos de los años 80 sirvieron para proponer el repoblamiento de playas que finalmente se aplicó en 1998 en las playas céntricas de Mar del Plata. En 1997 se estudiaron las condiciones en que podría operar un emisario cloacal que evitara la contaminación en la costa norte de Mar del Plata (Camet). Este estudio requirió coordinar complejas actividades con la Prefectura Naval Argentina, Aeroclub Batán, Servicio de Hidrografía Naval, Instituto Argentino de Oceanografía y Facultad de Ciencias Agrarias de Balcarce. Las mediciones requerían compilar datos del sector donde iban a operar los difusores y simular el transporte dispersivo en ese sector de la plataforma poco profunda. Luego de contratiempos en la licitación y construcción el emisario se terminó en 2016, y a través de diferentes técnicas de Teledetección hoy se puede evaluar el comportamiento de la pluma cloacal que no afecta zonas de baño.

Las imágenes del radar argentino Sao COM fueron utilizadas con

diferentes propósitos en los tres anuncios de oportunidad que ofreció la CONAE. Posteriormente, se realizaron STANs con el consorcio portuario orientados a minimizar los históricos problemas de dragado del acceso al puerto y mejorar su desarrollo. También han sido importantes los estudios realizados en las municipalidades de Tres Arroyos y San Cayetano para prever los problemas ambientales vinculados principalmente con la erosión costera.

■ POLÍTICA, DIRECCIÓN Y EVALUACIÓN ACADÉMICA

La administración de unidades académicas requiere vocación exenta de lucro personal. Durante mi decanato de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (2002-2006) se destinó dinero previsto para sueldo de autoridades a la compra de vehículos y equipos para cada departamento. He dirigido y codirigido ocho tesis doctorales de estudiantes que actualmente son investigadores independientes o adjuntos en el CONICET, tanto en temas de Geología y Biología. La investigación científica requiere tiempo dedicado a la formación de recursos humanos y a la evaluación de trabajos para revistas y para organizaciones de promoción

científica. Esta última actividad no sólo comprendió instituciones nacionales (CONICET, CIC, MINCYT) sino también en otros países (España, Panamá, Chile, Brasil).

■ EL RETORNO A LA DOBLE Y TRIPLE DEPENDENCIA

La nueva política de institutos del CONICET hizo que el CGCC y otros grupos de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNMDP se propusieran como un instituto de doble dependencia. Pero había que cambiarle el nombre a "Instituto". Mientras este cambio de nombre se tramitaba en el Consejo Superior, otros grupos de biólogos se propusieron como instituto de doble dependencia, el de Investigaciones Marinas y Costeras. La UNMDP se encontró con dos propuestas para estudios de costas, y el CONICET quería reunir investigadores y becarios de costas en un único instituto. De este modo, el IIMYC reunió a todos los CONICET mientras el IGCC mantenía a los CONICET y no-CONICET dedicados a la Geología. Más adelante, la nueva política de la CIC PBA aceptó volver a incorporar a aquel instituto de Geología de Costas que había fundado en 1979. Hoy se pertenece a institutos con diferen-

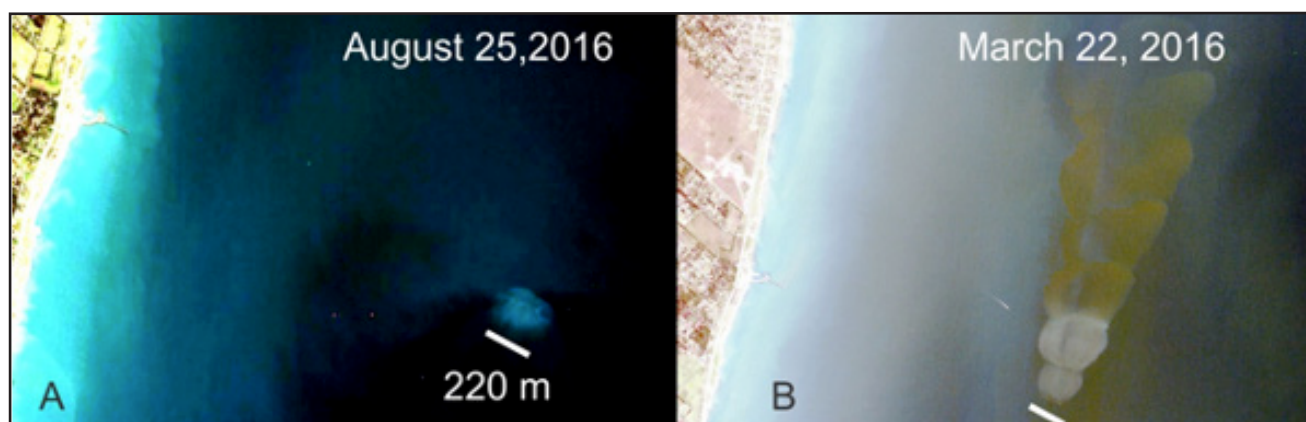


Figura 8: A. Pluma de desechos cloacales frente a Camet con marea estable. B. Idem con flujo de marea hacia el norte. Imágenes del satélite francés SPOT5.

tes dobles dependencias (UNMDP-CIC y UNMDP-CONICET).

■ LAS CIENCIAS DEL MAR

Mar del Plata siempre fue destino de congresos en ciencias del mar. En 2003 se organizaron las V° Jornadas Nacionales en Ciencias del Mar, y en 1995 y 2019 se organizaron el VI° y XVIII° Congreso Latinoamericano en Ciencias del Mar. Las Ciencias del Mar habían sido revalorizadas desde 2012 a través de la

Iniciativa Pampa Azul. Durante el bienio 2017-2019 se participó del informe especial sobre el océano y la criósfera del IPCC con reuniones en Fiji, Quito y Lanzhou.

■ LA VUELTA AL CENTRO, AL INTERINSTITUCIONAL

Aproximadamente en 2019, el CONICET se propuso una nueva política de centros inter-institucionales. Esgrimiendo la iniciativa nacional Pampa Azul se propuso un Centro

Inter-Institucional de Investigaciones Marinas Mar del Plata (CIIMAR). Originalmente se intentó incorporar a esa iniciativa al Servicio de Hidrografía Naval y al Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesqueros (INIDEP). Finalmente quedaron como partícipes cuatro institutos de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales: el Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario (IGCC), el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMYC), el Instituto de Investigaciones Biológicas (IIB),



Figura 9: Tercera reunión de autores principales para el IPCC. Informe Especial sobre el Océano y la Criósfera en un Clima Cambiante @ Lanzhou, China.



Figura 10: Centro Inter-Institucional de Investigaciones Marinas Mar del Plata (CIIMAR).

y el Instituto de Física Mar del Plata (IFIMAR). A esta iniciativa interinstitucional le han asignado los terrenos y edificios de la vieja escuela Gurruchaga inaugurada en 1960, en las vecindades del Faro de Punta Mogotes.

■ CONSIDERACIONES FINALES

Los estudios de Geología de Costas que hemos realizado ampliaron significativamente el conocimiento de Buenos Aires, Patagonia, Tierra del Fuego y Antártida en cuanto a sus particularidades con relación a las

variaciones del nivel del mar y al Cuaternario costero. Los trabajos en Tierra del Fuego nos indicaron que esas playas de grava han tenido una evolución diferente a las que se han descripto en playas similares en el Hemisferio Norte. La participación en talleres internacionales (IGCP, IGBP e IPCC) nos permitió consolidar y difundir nuestras investigaciones. El repoblamiento artificial de playas, las propuestas de dragado y el emisario cloacal son aportes fundamentales que hemos realizado para minimizar los impactos originados por el desarrollo de la costa argentina.

Cuando reflexiono cómo han evolucionado las ciencias del mar y en especial la Geología de Costas en la Argentina y el rol protagónico que hemos tenido en su desarrollo, me inunda cierto orgullo por el trabajo realizado. Sin embargo, son muchos aún los desafíos que nos esperan en un área tan dinámica y tan importante para la calidad de vida de los pueblos y ciudades costeras. Hay mucho para hacer todavía con relación al cambio climático y al aumento previsto del nivel del mar.

EDUARDO QUEL

por Verónica Slezak



Eduardo Quel, nacido en Mar del Plata en 1940, es licenciado en Física de la Universidad de La Plata (1962), Dr. en Física de la Université de Louvain, Bélgica (1970) y de la Universidad de La Plata (1973). Investigador de la máxima categoría del Régimen de Personal Científico del Ministerio de Defensa es especialista en láser, tanto en construcción de varios tipos como en aplicaciones civiles y militares, y en LIDAR (Light Detection and Ranging), sea en teoría como en aplicaciones a mediciones de parámetros atmosféricos, ozono y partículas.

Recién doctorado, a su regreso a la Argentina Eduardo, asume como jefe del Grupo Láser del Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF) en 1972, con siete personas, técnicos y profesionales, a su cargo. Su inquietud por la investigación y la docencia y su iniciativa, que encuentra apoyo en colegas que lo acompañan en esos años, hace que se incorporen al Grupo jóvenes estudiantes para realizar sus tesis de licenciatura en Física y tesis de grado en Ingeniería. Los mismos, luego, son estimulados por Eduardo, mediante becas o contratos, a desarrollar sus investigaciones en desarrollos de láseres y sus aplicaciones, dando lugar a tesis doctorales. De esta forma el Grupo va creciendo en tamaño a más de 40 personas, así como también su

nivel académico, hasta convertirse en Centro del CONICET (CEILAP) en 1980, con EQ como director. A partir de 2011 y hasta 2017 ejerce la dirección de la UNIDEF, unidad ejecutora que nuclea al CEILAP y otros tres grupos de investigación del CONICET, todos pertenecientes a CITEDEF, y es gerente de Ciencias de CITEDEF.

Eduardo muestra, desde la época de alumno de la universidad, un gran interés por la enseñanza de la física, en especial electromagnetismo, óptica, láser y optoelectrónica. Ejerce siempre la docencia en distintos niveles a lo largo de su larga carrera científica en la Universidad de La Plata, UTN, Instituto Superior del Profesorado e Instituto Tecnológico de Buenos Aires y dirige tanto tesis de licenciatura como de doctorado en Ingeniería y en Física. Dirige a lo largo de su carrera profesional 14 tesis doctorales. Eduardo siempre bregó por la formación de doctores

para avanzar con éxito en los desarrollos e investigaciones del CEILAP y, más allá del Centro que dirigía, instaló esa idea en la UTN, siendo activo participante en la creación de la carrera de doctorado en la Facultad Regional Buenos Aires de la UTN y actualmente Integrante de la Comisión de Doctorado de la misma. Su carrera docente ininterrumpida culmina con el nombramiento de Profesor emérito en "Optoelectrónica" de la FRBA de la UTN, así como también en el ITBA.

Fue director de varios proyectos del Ministerio de Defensa, de la Agencia de Promoción de la Ciencia del Ministerio de Ciencia y Técnica y participó de varios proyectos internacionales, entre ellos los principales con OEA, Francia y Japón. En el área de LIDAR fue promotor de la instalación de una estación LIDAR en la Patagonia, en Río Gallegos, provincia de Santa Cruz.

Integró varias Comisiones de Calificaciones de personal científico, en CONICET y Ministerio de Defensa (MD), actuó de evaluador de artículos en revistas nacionales e internacionales y de proyectos de CONICET, de la ANPCyT y del MD. Es autor de más de 300 publicaciones y presentaciones a congresos nacionales e internacionales y coautor de 4 libros.

Desde 2010 hasta la actualidad es co-editor de la revista de la Asociación Física Argentina, Anales

AFA, sigue colaborando en la formación de profesionales en tecnología interviniendo activamente en la ca-

rrera de doctorado de la FRBA de la UTN y escribe libros y artículos de su especialidad.

LOS ESTÍMULOS DE REALIZAR CIENCIA COHERENTE E ILUMINADA, O MI VIDA CON LOS LÁSERES ¹

Palabras clave: láser, CITEDEF, CEILAP, lidar.
Key words: laser, CITEDEF, CEILAP, lidar.

Seis años después del descubrimiento del láser (1960) comienza la prologada aventura del autor con los láseres, primero en Bélgica y luego en el grupo que había creado Juan T. D'Alessio en CITEFA (ahora CITEDEF)



Eduardo J. Quel

Profesor Emérito UTN BA. Investigador del CEILAP, UNIDEF (CITEDEF-CONICET) (retirado)

eduardojquel@gmail.com

¹ Editora asignada: **E. Susana Hernández**

Nací en Mar del Plata, el 12 de enero de 1940. Mis padres eran hijos de inmigrantes, que llegaron a nuestras tierras, a principios del siglo XX, provenientes de España (familia paterna) y de Italia (familia materna). Mis abuelos paternos, Carmelo Quel-Victoria Garde, eran oriundos de Peralta, Navarra, y llegaron en 1908, con seis hijos españoles. Se radicaron directamente en Mar del Plata, donde nacieron cuatro hijos más. El más pequeño fue mi padre Jaime (1906). Mis abuelos maternos, Giovanni Domenico Colledani-Maria Zanier, provenían de Pradis de Soto, Clausetto, Friule y también llegaron con dos hijos mayores italianos, directamente a Mar del Plata en 1910, donde nacieron cinco hijos más. Mi

madre, Clotilde, la quinta de los siete hermanos, nació en 1914.

Mis estudios primarios y secundarios los hice en el Instituto Peralta Ramos de los Hermanos Maristas en Mar del Plata, en ese entonces colegio solo de varones, entre los años 1946 y 1957, donde me gradué como Perito Mercantil. Fui abandonado durante quinto año de la secundaria, (1957), que de acuerdo a la tradición del Colegio debía ser el alumno con mejores notas y comportamiento.

Decidí realizar estudios universitarios en Física, en la entonces llamada Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas de la Universidad Na-

cional de La Plata (UNLP). Comencé así en abril 1958 luego de aprobar el curso de ingreso. En Mar del Plata no había en ese entonces ninguna Universidad. Solo había ocho Universidades Nacionales, todas en otras ciudades del país. La posibilidad de la creación de Universidades Privadas se aprobó por ley precisamente en ese año, luego de grandes discusión esa nivel social, y también en las universidades nacionales, donde había una gran oposición. En la UNLP se declaró una huelga universitaria que duró desde el 26 de julio de 1958 hasta el 11 de noviembre de ese mismo año. El año de cursada de materias terminó un día antes de la Navidad. Se pudieron dar muy pocos exámenes en diciem-

bre y la mayoría pasaron a febrero y marzo de 1959.

La falta de Universidades en el interior de la Argentina, fue la causa de que muchos jóvenes emigraran de sus ciudades natales donde no había casas de altos estudios. En muchos casos ya no volverían más. Mar del Plata no escapó a ese problema, hasta que comenzaron a funcionar bajo el régimen de Universidades Privadas, la Universidad Provincial, la Universidad Católica y finalmente, al cabo de un tiempo, la Universidad Nacional, como una transformación de la Provincial.

La UNLP era la elegida entonces por muchos marplatenses, dado que el costo de vida de estudiante era sumamente económico. El famoso comedor universitario era sin duda una gran ayuda para ello. Además existían los Colegios Universitarios Católicos, donde el alojamiento era también económico. Mi familia no contaba con recursos para sostener la vida universitaria fuera de Mar del Plata. Pero durante cinco temporadas de verano (tres de los últimos años del Colegio Secundario y dos antes del ingreso al primer y segundo año de la UNLP), trabajé en la administración de un hotel importante de Mar del Plata. Eso me facilitó disponer de fondos, que sumados a la ayuda familiar, me permitían vivir en La Plata, para cursar los estudios universitarios. Era una solución que usaron muchos jóvenes en aquellos tiempos.

A mediados del segundo año de cursada, logré la beca de estudiante universitario que otorgaba la UNLP por concurso, y que me obligaba a no tener empleo. Al mismo tiempo, inicié actividades docentes, de acuerdo con el reglamento de la beca, como Ayudante Alumno becario. La materia era Física I de Ingeniería, (ya había aprobado Física I

del doctorado en marzo de 1959), el 1 de septiembre de 1959, a solicitud del Profesor de Física I, Dr. Marco A. Poggio, por ser alumno del doctorado en Física. Es importante destacar la necesidad en ese entonces, de docentes auxiliares en las cátedras de Física General en las carreras de Ingeniería donde el número de alumnos aumentaba anualmente. En efecto, entre los años 1946 y 1955, y posteriores, hubo una gran crisis universitaria generada por la situación de la Argentina. Ello trajo como consecuencia que en 1959, aún no se había resuelto completamente la situación de la docencia universitaria. Ello hizo que alumnos de segundo año pudiéramos ser ayudantes de primer año.

A partir de septiembre de 1961 renuncié a la beca y pasé a ser Ayudante Alumno interino, y posteriormente Ayudante Diplomado en abril de 1962, siempre en la misma materia, dado que había concluido la Licenciatura en Física el 29 de marzo de 1962. La tesis de Licenciatura fue realizada en trabajos vinculados con Física Nuclear, dirigida por el Dr. Horacio Bosch, profesor de dicha materia. Posteriormente, también en un tema también vinculado con Física Nuclear, y con el mismo director, realicé la primera tesis posterior a la Licenciatura, exigida en ese entonces en la Facultad, antes de realizar la tesis doctoral, para aspirar al doctorado en Física. En ese mismo año concursé el cargo de ayudante diplomado de Física I. Entre fines de 1963 y marzo de 1964, aprobé todas las materias doctorales. Integré el Consejo Académico de la Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas de la UNLP en el año 1962, en representación de los graduados.

Hacia fines de ese año, y dado que solo me faltaba realizar la tesis doctoral, la comencé bajo la dirección del Dr. Rodolfo Slobodrian,

en ese entonces profesor Titular de Mecánica Analítica y de Física Atómica en la misma Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas de la UNLP. La tesis se basaba en el estudio de la reacción nuclear inducida del Bi irradiado por deuterones de 28 MeV emitidos por el sincrociclotrón de Buenos Aires (SC-BA), equipo instalado en la sede central de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) en Buenos Aires, adquirido en 1951 a Philips de Holanda. El haz externo fue logrado por los físicos argentinos unos años después, con el cual se realizaron varios importantes trabajos. Allí obtuve la primera beca interna que se otorgaba para trabajar en investigación y realizar la tesis doctoral, a partir de mayo de 1964, siendo mi director el mismo Dr. R. Slobodrian.

Ello significó mi traslado a la ciudad de Buenos Aires para realizar todas las tareas vinculadas a la tesis doctoral en el mismo Laboratorio, con dedicación de tiempo completo.

El 12 de diciembre de 1964 contraje matrimonio en la ciudad de Lincoln, Provincia de Buenos Aires, con María Silvia Giacosa, fonodóloga egresada el año anterior de la Universidad del Salvador, mi actual esposa. Su familia era también proveniente de inmigrantes italianos de Neive, Italia. Tuvimos tres hijos: Eduardo Javier (1965), María Gabriela (1967) y Juan Pablo (1972), nacidos en Buenos Aires, y hoy profesionales, que nos dieron siete nietos. A fines de 1964, el Prof. Dr. Slobodrian fue invitado como investigador a la Universidad de California en Berkeley, EE.UU., hacia donde partió con su familia. Ello se debió a sus importantes logros en el estudio de Reacciones Nucleares inducidas, y en particular por la verificación del estado diprotón, para lo cual utilizó el haz pulsado del SC. El

Prof. Dr. R. Slobodrian, fue uno de los más brillantes físicos argentinos. Realizó una destacada carrera en EE.UU y en Canadá, donde falleció en 2017, a los 87 años, siendo Profesor Emérito de la Universidad de Laval, Quebec.

En marzo de 1966 debí dejar la docencia en la Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas, atento a que ya vivía en Buenos Aires y los viajes a La Plata se volvieron muy complicados por las incesantes huelgas ferroviarias, los retrasos en los viajes y el tiempo total que tomaba cada viaje.

Luego de la partida del Dr. Slobodrian, la nueva dirección de mi tesis quedó en manos del Dr. Santos Mayo, quien era a su vez jefe del Laboratorio del SC-BA. Al mismo tiempo se puso en marcha un plan para realizar una importante reforma al acelerador. La misma consistía en lograr la emisión continua del haz de deuterones, para lo cual hubo que desmontar la máquina casi por completo. Volver a ponerlo en marcha con la reforma en óptimas condiciones iba a tomar un tiempo muy largo, atento a lo complejo de la misma. Esto motivó la interrupción de la tesis doctoral, dada la total imposibilidad de irradiar las muestras de Bi ya listas, con los pulsos de deuterones que emitía el SC. La tesis se hacía prácticamente imposible de realizar.

Atento a esa situación, luego de tres años de permanencia, y a pesar de que había sido nombrado en la planta permanente de investigadores de la CNEA, a principios de 1966, tomé la decisión de realizar otra tesis doctoral, aunque tuviera que cambiar de Instituto.

Ello me llevó a presentarme en un concurso realizado en la entonces CITEFA, dependiente del Ministerio de Defensa. Habiendo sido

seleccionado, ingresé al laboratorio de Óptica de dicho Instituto, a cargo del Capitán de Corbeta Ing. Óptico Néstor Silva, el 19 de agosto de 1966, con la idea de concretar la tesis, aún en el exterior, cosa que fue aceptada por las autoridades. El Ing. Silva había obtenido su diploma de Ing. Óptico en Francia. Me propuso comenzar a estudiar el tema láser, atento a que ya se estaba trabajando en CITEFA. Luego de analizar las posibilidades de realización de la tesis doctoral a través de las becas ofrecidas por diversos países, en temas vinculados al láser, opté por presentarme al concurso de becas internacionales de Bélgica, y como resultado, obtuve la beca, que constituía una excelente oportunidad para trabajar en temas vinculados con láser.

La beca ofrecida por la Universidad Católica de Lovaina, Bélgica, era una posibilidad estructurada, con el objetivo establecido de la tesis doctoral, y en un laboratorio de una Institución muy tradicional situada además en una pequeña ciudad, Lovaina. La propuesta a desarrollar era en temas vinculados con la interacción de la radiación láser infrarrojo sobre moléculas con bandas de absorción en la zona de emisión de un láser que emitía en el IR, a utilizarse, con todas sus posibilidades futuras de aplicaciones, constituyendo un tema de gran interés y no desarrollado en nuestro país.

El tema láser se había instalado en CITEFA por iniciativa del Dr. Juan T. D'Alessio. El proyecto de tesis doctoral fue aceptado por las autoridades del Instituto, lo que me llevó a suscribir un compromiso de tres años de permanencia en el mismo a mi vuelta, por cada año en el exterior, de acuerdo a la reglamentación existente en nuestro país. Además la beca obtenida en Bélgica fue declarada de interés nacional por el CONICET. El financiamiento estaba

basado en la licencia con goce de haberes por parte de CITEFA, y la beca del Reino de Bélgica. Partí entonces con mi familia hacia ese país el 31 de agosto de 1967.

En el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad Católica de Lovaina, sección francesa, pude realizar la tesis doctoral bajo la dirección del Prof. Dr. Marc de Hemptinne, un gran experto en física molecular. Es interesante señalar que la UCL había sido fundada en la ciudad de Lovaina, (Leuven, Louvain), en 1425, siendo una de las más antiguas del mundo. En 1967 todavía estaba formada por dos secciones, la de habla francesa y la de habla neerlandesa. Esta situación concluyó finalmente en 1970 al dividirse en dos Universidades. Por un lado la de expresión flamenca se mantuvo en la antigua ciudad de Leuven, dentro de la zona de Flandes, y la de expresión francesa, situada en la zona Valona, en una ciudad muy próxima a la anterior (10 km), denominada actualmente Louvain-la-Neuve. La razón de esta división fue consecuencia de los problemas entre las comunidades flamenca y valona que integran la mayor parte de Bélgica, a las cuales se suma una pequeña comunidad germánica. Esta situación no influyó en el desarrollo de mi trabajo en la UCL o KUL.

La propuesta de tesis a llevar a cabo, era estudiar la acción de un láser de CO_2 que emite principalmente en $10,6 \mu\text{m}$ y de invención en 1963 en EE.UU, sobre moléculas que absorben dicha radiación. Era la propuesta mencionada del concurso, pero ya más específica. Mediante la utilización de un láser de ese tipo, encontré así la descomposición de varias de ellas, y los nuevos productos obtenidos, en casi todos los casos por primera vez. Las materias doctorales y la tesis previa, realiza-

das en la UNLP, fueron aceptadas por la UCL. El trabajo de esta tesis fue finalizado en 1970. También la tesis anexa que se solicitaba entonces. Luego de la defensa, el 16 de junio, obtuve el diploma de *Docteur en Sciences Physiques*, con la más alta calificación. La misma tesis fue presentada en la Facultad de Fisicomatemáticas de la UNLP, donde obtuve el título de Doctor en Física en 1973.

Ya de vuelta en la Argentina, en septiembre de 1970, me reintegré directamente al laboratorio del Grupo Láser, que como mencioné, había sido creado en 1965, y siendo el mismo Dr. Juan T. D'Alessio, quien lo dirigió hasta principios de 1970, cuando decidió retirarse. Comenzó con trabajos en temas vinculados al láser, y logró equiparlo con instrumental moderno y costoso, en forma muy completa a través de una parte que le fue asignada, de un importante préstamo del BID obtenido años antes para todo CITEFA. Además lograron incorporar a unos diez ingenieros y técnicos. Entre los varios trabajos realizados, construyeron un láser de rubí y desarrollaron un sistema de comunicaciones por láser.

El Sr. Capitán Silva, a los pocos meses de mi llegada, dio su conformidad de mi pase al laboratorio del Grupo Láser, y el 2 de febrero de 1971, ingresé al mismo. El jefe del Grupo Láser era el Ing. A. Petasne. La dotación en ese tiempo era de cinco personas, a los cuales me sumé, y continuamos con algunos trabajos y se iniciaron otros. El personal que había llegado a ser de unas quince personas, se había reducido sustantivamente, atento a que el gobierno nacional había apoyado fuertemente los salarios y trabajos en las Universidades Nacionales, y buena parte emigró en particular a la UBA. Entre los que habían quedado, y con quienes formamos un grupo muy sólido y compacto, se encontraban Ricardo

Banilis y Héctor Mancini, ambos estudiantes de Ingeniería Electrónica en la FIUBA, el técnico óptico Osvaldo Vilar y el Dr. Alfredo Burgos, miembro de la carrera del CONICET, quien había obtenido en 1969 su doctorado en la Universidad de Vanderbilt, EE.UU, en temas de espectroscopia. Eligió incorporarse al Grupo Láser, todavía dirigido por el Dr. T. D'Alessio. Osvaldo Vilar permaneció en el Grupo Láser hasta su jubilación en 2018, y fue un destacadísimo y muy querido colaborador óptico, de una gran habilidad experimental, sumamente consultado por los investigadores y desarrollistas del Grupo. Ricardo Banilis se graduó de Ingeniero Electrónico en la UBA, y fue un excepcional realizador de complejas experiencias, dotado también de una sorprendente habilidad experimental. Falleció muy joven, víctima de un accidente, cuando ya no era personal de CITEFA. Alfredo Burgos, prosiguió su carrera de investigador realizando trabajos de gran importancia en CITEFA, hasta que en 1981 también falleció en plena juventud, muy enfermo, lo que constituyó una pérdida irreparable para todos nosotros. Héctor

Mancini se graduó al poco tiempo de Ingeniero Electrónico en UBA, y posteriormente luego de algunos años de investigación en CITEFA, en 1981 emigró a la Universidad de Navarra, España, donde se doctoró y llegó a desarrollar una amplia e importantísima carrera científica y docente. Actualmente es Profesor Emérito de dicha Universidad.

En febrero del año 1971 fue destinado a CITEFA el Mayor de Aeronáutica y a su vez Dr. en Física, egresado del Instituto Balseiro, J. Salvatelli, quien se hizo cargo de la Jefatura del Grupo Láser, ante la renuncia del Ing. Petasne. Se obtuvieron fondos para trabajar en el desarrollo de láseres de He-Ne y de CO_2 , y para continuar los trabajos de comunicaciones por láser. El Mayor Dr. Salvatelli, partió el 1 de febrero de 1972 pues había sido asignado a otro destino militar, y dejó a mi cargo el Grupo Láser, por la simple razón de que era en ese entonces, el único doctorado del Grupo que pertenecía a la planta permanente de CITEFA.



Figura 1: Con el Prof. Alfred Kastler en el CEILAP, en 1972, Premio Nobel de Física en 1966 «por el descubrimiento y desarrollo de métodos ópticos para el estudio de las resonancias hertzianas en los átomos», tema de gran interés para los láseres. La visita fue organizada por una Fundación privada e incluyó, entre otras actividades la visita al CEILAP.

Dado el enorme potencial en instrumental que teníamos, acordamos con los miembros del Grupo incorporar nuevos becarios bajo nuestra dirección, con el fin de formarlos en investigación científica o aplicada. Comenzaron así a integrarse estudiantes de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (FCEN UBA). La idea era que realizaran sus respectivas tesis de Licenciatura con trabajos experimentales adecuados y del mejor nivel posible. Y eventualmente sus tesis doctorales, objetivo que aún veía lejano, atento a que debíamos primero formarlos en el grado de Licenciatura. Con los jóvenes que se fueron integrando a los trabajos de desarrollo e investigación se potenció en forma muy importante las posibilidades de alcanzar objetivos de interés en mucho menor tiempo, y concluir proyectos ya comenzados anteriormente. Ingresaron varios que realizaron brillantes carreras en nuestro país y en el exterior: los Dres. Verónica Slezak, Jorge Roca, Laura Azcárate, Francisco Manzano y varios otros. Algunos de ellos ya están retirados.

Es así que logramos disponer de láseres de He-Ne, de los cuales construimos varios, que fueron entregados a Universidades e Institutos del país, a modo de colaboraciones. También láseres otros tipos, entre ellos los de CO_2 continuos de potencias del orden de centenares de watts. Anteriormente, en la época del Dr. D'Alessio, como ya se mencionó, se habían construido láseres de rubí. Posteriormente comenzamos, a solicitud de nuestro Instituto, con el desarrollo de láseres de Nd en vidrio y en YAG, disponiéndose así de equipos que tenían importantes aplicaciones en mediciones de distancias y en sistemas de guiado. La variedad de láseres desarrollados fue en permanente aumento. Varios de esos trabajos constituyeron tesis

de la Licenciatura en Física de la UBA, defendidas exitosamente en la FI y en la FCEN de la UBA. Al poco tiempo, se nos hizo indispensable desarrollar las técnicas de conformación de pulsos láser.

La incorporación de estudiantes avanzados de la Licenciatura en Física de la FCEN continuó, y entre ellos se destaca al Dr. Jorge Tredicce, quien luego de su graduación realizó una brillante carrera en Italia, EE.UU. y Francia, con amplias colaboraciones con nuestro Grupo. También Emilio Petriella, quien al poco tiempo de graduarse en Física, fundó una exitosa empresa de óptica y láser. Falleció muy joven, a los 52 años. Fue para nosotros una tristísima pérdida de un colaborador muy valioso, así como una persona excelente y muy correcta.

Posteriormente, con algunos estudiantes avanzados de ingeniería, comenzamos un proyecto de desarrollo de telemetría láser en base a los láseres de Nd:YAG, que quedó a cargo del Dr. F. P. Diodati, quien lo llevó a cabo con todo éxito. Se realizaron varias versiones, cada vez más pequeñas, y se adquirió una gran experiencia en dicho tipo de desarrollo. El manejo de la misma permitió realizar el mantenimiento y reparaciones de los telémetros existentes en el país, en general en manos de la Fuerzas Armadas. El Dr. Diodati también dirigió la tesis doctoral del Dr. Oscar Martínez, brillante investigador que también se había licenciado bajo su dirección. Fue la primera tesis doctoral realizada en el Grupo Láser de CITEFA en 1981 en el programa doctoral de la FCEN, UBA.

En el año 1986 comencé a dar cursos semestrales en la recientemente creada Universidad Nacional de San Martín, situada muy cerca de nuestro Instituto, donde dicté algu-

nos cursos especiales de láser, y llegué a ser Profesor Titular Ordinario por concurso en 1995, retirándome en 2010.

Una actividad que desarrollé a lo largo de todo el periodo que estuve en CITEFA, a partir de la realización de mi tesis doctoral, luego de mi vuelta a la Argentina, y a pedido de Universidades del país y del extranjero, fue el dictado de cursos de posgrado y otros de diferentes niveles adaptados a los auditorios, sobre la teoría de Láser y sus variadas aplicaciones.

Con la colaboración de jóvenes becarios, logramos realizar interesantes trabajos sobre el estudio de la radiación lateral de los láseres de CO_2 que a su vez habíamos construido en el laboratorio y que dieron lugar a la tesis de Licenciatura en Física de Verónica Slezak, destacadísima investigadora de nuestro Grupo, hoy ya retirada. Sus contribuciones fueron decisivas en muchos aspectos, lo cual a su vez permitió formar y doctorar a varios jóvenes investigadores.

También le propuse estudiar el comportamiento de sustancias colocadas en las cavidades resonantes de láseres de He-Ne, para realizar la tesis de Licenciatura de José Eduardo Wesfreid (<https://aargentinapcias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-9-no-4-2021/>), quien luego de concretarla en la FCEN exitosamente, continuó con ese tema en Francia, donde realizó una notable tesis doctoral. El trabajo dio lugar a muy buenas publicaciones, continuando una exitosa carrera internacional.

Tiempo después se comenzó un proyecto sobre la construcción de láseres TEA de CO_2 . Este tipo de láseres había sido la base de la tesis doctoral en la Universidad de Essex,

Inglaterra, de uno de nuestros investigadores más destacados, el Dr. Ing. Carlos Rosito, en el año 1976, bajo la dirección del Prof. Alan Gibson. La estadía fue financiada por una licencia con goce de sueldo por parte de CITEFA, concluyendo con todo éxito, una tesis doctoral realizada en este caso el extranjero, a partir de 1970. El Dr. Ing. Carlos Rosito, había realizado una primera estadía de dos años en Essex cuando era miembro del laboratorio de láser de la FIUBA. Posteriormente ingresó en CITEFA, y en una segunda estadía en la Universidad de Essex, pudo concluir la tesis doctoral arriba mencionada.

A su vuelta, acordamos que comenzaría el proyecto de desarrollar nuestros propios láseres de ese tipo. Luego de conseguir el financiamiento para el proyecto, logró comenzar el desarrollo de esos equipos, y hacia 1978 se disponían ya del primer láser TEA de CO_2 totalmente construido en el Grupo Láser con pulsos de 1 J y 100 ns.

Al poco tiempo se concretó una de las experiencias más exitosas realizadas. En efecto, la decisión de desarrollar este tipo de láser se basó en el simple hecho de que siendo un láser pulsado de gran potencia por pulso, era posible encarar el proyecto de enriquecimiento isotópico, que había comenzado a nivel mundial, con una gran actividad. Al disponer de ese tipo de láser, logramos concretar en nuestro laboratorio, la primera experiencia de separación de isótopos con láser, en este caso en el SF_6 , en particular los del ^{32}S y ^{34}S con todo éxito. Poco tiempo antes se había realizado en EE.UU. una experiencia similar.

A solicitud de las autoridades de entonces no dimos a conocer el trabajo, ante la presunción del gobierno de ese entonces, de que po-

dría interpretarse como un plan con objetivos de otra índole. Se temía en esos años una reacción negativa por las implicancias que podrían tener respecto de otras sustancias más comprometedoras. Las experiencias de enriquecimiento isotópico continuaron, pero con otras moléculas. Sin ninguna duda, de haberla hecho conocer hubiéramos tenido una importante resonancia, no solo nacional sino también internacional.

En 1978 visité la *Université Pierre et Marie Curie*, en particular al Prof. Dr. Maurice Francon, destacadísimo experto en Óptica, autor de 21 libros sobre el tema, y lo invité a visitar nuestro país. Dicha visita se concretó en 1980 y fue todo un éxito. Dio cursos en CITEFA y en la Facultad Regional Buenos Aires (FRBA) de la UTN, en ambos casos con una nutrida concurrencia de docentes e investigadores de diferentes lugares del país. El Prof. Francon me indicó qué investigadores franceses podrían colaborar con los proyectos de nuestro laboratorio a futuro.

Fue así como de acuerdo a su recomendación, invitamos al Dr. Lucien Doyennette, investigador muy destacado en la acción del láser sobre moléculas, perteneciente a la *Université Pierre et Marie Curie*. Con él logramos un subsidio del CONICET para una colaboración que fue renovado una vez. Luego obtuvimos un subsidio de la Comunidad Europea por dos años. Es así como la colaboración se extendió por un intervalo de unos ocho años. Ello nos permitió avanzar notoriamente en el tema. Una decisión que fue fundamental para el progreso de la investigación y desarrollo en el Grupo Láser, consensuada con el Grupo, consistió en comenzar a enviar al exterior a jóvenes investigadores ya fueran Licenciados en Física o Ingenieros, para realizar sus tesis doctorales en las Universidades con

las que teníamos temas comunes de interés.

Dicha colaboración se formalizó entre el CNRS y el CONICET. Logramos de esa forma comenzar a enviar a algunos de nuestros investigadores para realizar sus tesis doctorales, que al cabo de sendos periodos razonables las concluyeron exitosamente. Fueron los dos primeros el Dr. Francisco Manzano que realizó su tesis en Física en 1981, y posteriormente el Dr. Ing. Mario Lavorato, que realizó su tesis en 1984. Ambas fueron realizadas en la *Université Paris XIII*, bajo la dirección del Prof. Michel Dumont, con quien el laboratorio contó con un gran colaborador y una excelente persona, en todo sentido. Los temas estaban vinculados al estudio de la espectroscopia de saturación láser. El financiamiento de ambos doctorandos se logró a través de la licencia con goce de sueldo y una beca del CNRS de Francia.

Estas tesis reforzaron la colaboración franco-argentina en el tema láser, que estaba por entonces tomando un gran impulso. También previamente se había logrado la estadía de dos años de uno de nuestros investigadores, el Lic. Alejandro Peuriot, con similar financiación. La estadía prolongada finalizó en 1979.

También, y siempre de acuerdo al plan establecido de lograr la mejor formación profesional de nuestros investigadores, se envió mediante una licencia con goce de haberes y una beca de la OEA, a realizar un doctorado en Química en la *University of Southern California*, con el Prof. Curt Wittig, al Lic. Julio Caballero, quien se doctoró en Física con su tesis en dicha Universidad, sobre disociación de moléculas poliatómicas mediante láser, en 1983.

Entre tanto, hacia fines de 1978, los cinco jefes de Grupo de la Ge-

rencia de Investigaciones, logramos el total apoyo de las autoridades de CITEFA para llevar adelante una iniciativa en la cual tuve activa participación. Fue el comienzo de gestiones con el CONICET, a los efectos de lograr que nuestros laboratorios dedicados a la investigación y desarrollo en CITEFA, pasaran a ser Centros dependientes de ambas Instituciones. Entre ellos obviamente nuestro Grupo Láser, aún bajo mi responsabilidad, y que en ese entonces ya contaba con 25 personas entre investigadores, becarios y técnicos. Es decir que de las 5 personas iniciales en 1972, logramos incorporar a unas 20 más, entre ellos 5 doctorados.

En 1979, los cinco laboratorios que integrábamos la Gerencia de Investigaciones de CITEFA, logramos constituirnos como Programas del CONICET, paso previo a la formación de Centros, y finalmente el 8 de noviembre de 1980, pasamos a tener oficialmente carácter de Centros de Investigaciones. El Grupo Láser pasó así a llamarse Centro de investigaciones en láseres y aplicaciones, CEILAP (CITEFA-CONICET) para todas las actividades que se realizaran. Y desde el punto de vista del organigrama y funcionamiento interno de CITEFA, se constituyó en Departamento de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones, DEILAP. Lo mismo sucedió con los otros cuatro Departamentos, que también fueron Centros de CONICET: CIPEIN, CEITOX, CINSO y CEICOR. Los cinco Departamentos integraron en CITEFA la Gerencia de Investigaciones, o también llamada tiempo después, Gerencia de Ciencias. Pasé así a ser Jefe del Departamento de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones, dependiente de CITEFA y de CONICET. Este acuerdo fue sin duda un logro importantísimo.

En efecto, atento a la reglamentación del CONICET para sus Centros, se recibían fondos adicionales a los de CITEFA para funcionamiento, y becas para investigación otorgadas por concurso por el CONICET para la realización de doctorados. También permitía el nombramiento de investigadores dentro de la Carrera del Investigador, y personal de apoyo dentro de la Carrera del Técnico.

Esta asociación entre CITEFA y CONICET fue por demás exitosa para nuestros laboratorios. Los cinco Centros asociados fueron enormemente beneficiados con esta nueva relación, que se ha prolongado hasta nuestros días. Las evaluaciones del CONICET y de CITEFA fueron siempre de enorme importancia para generar una impronta de funcionamiento que impusiera la formación de los investigadores en el más alto nivel, con tesis de Licenciaturas para los estudiantes seleccionados, y con tesis doctorales tanto en Física, Química, Matemáticas e Ingeniería. A lo largo de los años de funcionamiento logramos hacer un importante número de tesis de Licenciatura en Física o trabajo final de Ingeniería, y tesis doctorales en láser, en las especialidades mencionadas, la gran mayoría dirigidas por nuestros propios investigadores y algunas otras en el exterior. Si se suman las tesis de todos los Departamentos, son unas 115 tesis doctorales en total hasta la actualidad.

La obligación que asumimos como Grupo, al pasar a ser Centro de CONICET, era llevar adelante investigaciones que promovieran la realización de doctorados, ya sean en ciencias puras y/o aplicada. Es decir, formar a nuestro personal en el más alto nivel posible en investigación aplicada. Al crearse en la Facultad de Ingeniería de la UBA el doctorado en Ingeniería en 1986, en

uno de nuestros Centros se doctoró el primer ingeniero de la FIUBA. Posteriormente, una buena proporción de nuestros doctorados fue en Ingeniería. Es posible ver los datos de todas ellas pues existe una lista detallada con sus directores, fechas y lugares de las defensas realizadas. La gran mayoría obtuvo la más alta calificación.

Después de la tesis del Dr. Martínez en 1981, el Dr. Mario Marconi logró defender en forma brillante, también en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA, en 1985, la segunda tesis doctoral realizada en el CEILAP, sobre la tecnología de pulsos emitidos por láseres sólidos, también dirigida por el Dr. F. Diodati. Hacia fines del mismo año, bajo mi dirección, el Dr. Alejandro Hnilo y en la misma Facultad, defendió su tesis doctoral obteniendo la más alta calificación, donde realizó un estudio sobre el comportamiento de las etapas amplificadoras de láseres de colorantes pulsados.

Es de interés remarcar que estos doctorandos también habían realizado sus respectivas tesis de licenciatura en el CEILAP para la opción al grado de Licenciados en Física. Es decir que ingresaron como estudiantes y concluyeron sus carreras doctorales. Todos ellos integraron luego el cuerpo de investigadores del CEILAP con doble dependencia de CITEFA y CONICET. Solo actualmente permanece el Dr. Alejandro Hnilo, en tanto que los Dres. Martínez y Marconi se desempeñan actualmente en otros laboratorios, realizando importantes tareas de investigación.

Es dable mencionar que las tesis mencionadas fueron tesis experimentales. Ello implicó ciertamente disponer de fondos que permitieran adquirir los elementos vitales para el logro de los objetivos de cada una

de ellas, con el fin de que fueran tesis que dieran lugar a publicaciones internacionales. Es así como a lo largo de las décadas de los años 70 y 80, fui solicitando subsidios, al igual que mis colegas doctorados, que se otorgaron siempre por concursos por diversas organizaciones dedicadas al fomento de las investigaciones científicas y técnicas. Entre los numerosos subsidios recibidos, podemos citar los otorgados por la SECYT, la CIC de la Provincia de Buenos Aires, el CONICET en programas de subsidios y en subsidios de tipo internacional con España a través de la Universidad de Barcelona y la *National Science Foundation* de EE.UU. También se recibieron importantes subsidios directos de la Secretaría de Ciencia y Técnica del Ministerio de Defensa. Es decir que se trataba de lograr financiamiento de la mayor cantidad de instituciones otorgantes. Se cumplieron así los objetivos planteados en ellos.

En la Escuela Superior Técnica del Ejército, actualmente Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de la Defensa, comencé a dictar cursos para profesionales de un semestre, en temas vinculados al láser y aplicaciones desde 1974 y hasta 1982. En 1980 me hice cargo de la cátedra de Física II hasta 1986, como Profesor Titular. Ese año, y debido a una propuesta que realicé a las autoridades, dejé de dictar dicho curso, y comencé uno nuevo semestral, denominado Optoelectrónica, de la carrera de Electrónica, la cual dicté hasta mi retiro en 2017. El mismo tenía como temario, láser, aplicaciones, fibras ópticas y comunicaciones. Fui designado en 2011 profesor consulto de la FIE, UNDEF. Actualmente y desde 2019, integro la Comisión de Doctorado en Ingeniería.

En 1986 ingresé como profesor titular con dedicación simple, de

un curso semestral de Física II, por invitación de las autoridades de entonces, en el Instituto Tecnológico Buenos Aires (ITBA), donde ejercí la docencia por 25 años. Durante ese periodo se creó la Comisión del Doctorado en Ingeniería que integré durante 8 años. Fui subjefe del Departamento de Física y Matemática, siendo Jefe el Ing. R. Scarfiello, desde el año 1990 hasta el año 2000. Al concretar en 2011 mi retiro por edad, fui designado Profesor Emérito.

A finales de la década de los 80, se realizaron bajo mi dirección tres tesis doctorales vinculadas con procesos multifotónicos inducidos por láseres de CO₂ en tres moléculas diferentes: cloroformo, freón 12 y fluoroformo. En la primera de ellas, un trabajo muy completo le permitió obtener su doctorado a la Dra. María Laura Azcárate en 1986, con la más alta calificación en la FCEN de la UBA. Posteriormente, mediante el estudio del Freón 12, la Dra. Verónica Slezak se graduó en 1989. En 1990, la Dra. Marcela Alonso, estudiando el fluoroformo también logró su doctorado. Ambas obtuvieron la máxima calificación también en la FCEN de la UBA.

A fines de la década de los 80, en el año 1989 se produjo una grave crisis en nuestro país, que por supuesto también influyó negativamente en los trabajos experimentales en el CEILAP, y en particular en las tesis doctorales. Fue luego de un largo periodo de cierta inactividad, en particular debido a la falta de fondos, que se retomaron a principios de los 90 esos trabajos. Es de destacar que también emigraron algunos de los integrantes del CEILAP en particular a Canadá. Fue un tiempo en el que decidí dedicarme a reflexionar junto con mis colegas investigadores, con el fin de encontrar líneas de trabajo futuras que fueran

de importancia para nuestro país, y que dieran lugar a una buena producción científico-tecnológica. La decisión de qué hacer en el futuro no fue simple. Tal vez resultó más difícil saber qué hacer, que cómo lograr los objetivos propuestos.

Esta crisis tuvo como consecuencia que los que quedamos, luego de esas reflexiones y muchas discusiones sanas y profundas, a lo que sumo análisis de todo tipo, vimos una gran alternativa en dedicarnos a temas relacionados con el medio ambiente, en particular con los sistemas lidar para el estudio de la atmósfera. Este tema además tenía una gran vinculación con los trabajos de investigación que se venían realizando. Luego de analizarlo exhaustivamente se constató que no había sido estudiado aún en nuestro país por ningún otro laboratorio. Era una interesante aplicación de los láseres. Ello fue una razón más para tomar la decisión de comenzar a trabajar en esa línea. Personalmente fui un defensor de la misma y tomé bajo mi cargo la dirección de un importante subsidio que pedimos al CONICET en 1992, luego de pasada la crisis, y que finalmente ganamos por concurso.

Con este motivo, también extendimos la colaboración a Italia, en particular con el *Istituto di Fisica dell'Atmosfera* (IFA), de Roma, con los cuales comenzamos en 1991 los primeros trabajos para la construcción de un sistema lidar para medir aerosoles y temperatura en la atmósfera. Este trabajo estaba financiado también por el CONICET, con un subsidio que solicitamos con el Dr. Carlos Rosito y que obtuvimos por concurso para dos años, y renovado posteriormente por otros dos. Hacia fines del año 1993 teníamos construida ya la versión inicial, que nos permitió realizar las primeras mediciones en Villa Martelli. Participaron

además otros investigadores y técnicos del CEILAP.

En efecto, se pudo determinar contaminaciones aerosólicas y lograr mediciones de perfiles de temperatura. La colaboración con Italia se realizó a través del CONICET, con su financiación. El investigador principal de IFA de Roma era el Dr. F. Congedutti, con una importante experiencia en el desarrollo de sistemas lidar.

Además en los grupos franceses con los cuales habíamos trabajado encontramos un nuevo motivo para ampliar la colaboración. En particular comenzamos a trabajar con el Prof. Pierre Flamant de Paris VI, a quien invitamos especialmente a visitar nuestro laboratorio, iniciando así una importante y prolongada tarea conjunta. El Ing J. Fochesatto fue enviado a Francia, a través de una colaboración ECOS que obtuvimos por concurso en Francia y Argentina, que solicitamos en conjunto con el Prof. Dr. Gerard Megie, en ese entonces Presidente de la Comisión Internacional del Ozono y profesor en la *Université Pierre et Marie Curie*. El objetivo fundamental era la realización de su tesis doctoral, lo cual fue logrado en el año 2000 bajo la dirección del Prof. Dr. Pierre Flamant en la *Université Pierre et Marie Curie*, Paris VI.

Otra de las motivaciones más importantes en el tema era el estudio de la capa de ozono mediante la utilización de sistemas lidar de absorción diferencial, DIAL por su acrónimo en inglés. Con el Prof. Gerard Megie se entabló una relación de gran importancia, con el objetivo de construir un sistema lidar de este tipo, para ser colocado en el sur argentino, y medir los perfiles de ozono estratosférico, por primera vez en estas latitudes.

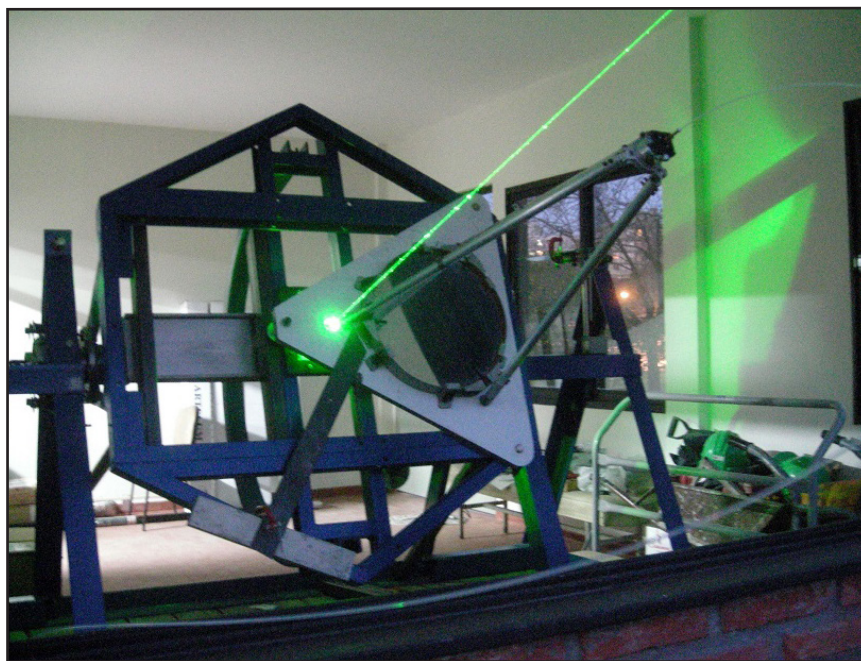


Figura 2: Telescopio y láser de un sistema lidar para mediciones en la atmósfera.

La colaboración con Francia prosiguió con varias publicaciones realizadas en conjunto. En los años 2002 a 2005 el Dr. Alejandro Hnilo dirigió tres tesis doctorales con las que obtuvieron el grado de Doctor en Física los Licenciados Miguel Larotonda, Laura Sánchez y Marcelo Kovalsky. Al respecto cabe señalar que estaban dedicadas al estudio de las características de la emisión de láseres sólidos y de Ti:Zafiro. Todas ellas fueron defendidas en la FCEN de la UBA, y obtuvieron la máxima calificación. Esos investigadores continúan sus trabajos en CITEFA.

A su vez, el Dr. C. Rosito dirigió la tesis doctoral del Dr. Ing. Guillermo Santiago, sobre el estudio del comportamiento de las cavidades inestables en láseres de CO_2 , graduándose de Dr. en Ingeniería con la más alta calificación. Estábamos así logrando uno de los principales objetivos propuestos al hacerme cargo de la dirección del CEILAP, es decir lograr que los investigadores jó-

venes alcancen el doctorado, como vía para formarlos como tales en el más alto nivel posible. Es decir que se daba a la formación de los investigadores en ciencia pura, y sobre todo aplicada, una gran importancia a través de promover la realización de tesis doctorales. Ese era en realidad uno de los principalísimos objetivos compartidos con todo el Departamento: formar investigadores con publicaciones que avalen sus resultados, y colaboraciones internacionales que permitan observar la competitividad de los mismos.

Los trabajos alrededor de la tecnología lidar iban tomando cada vez mayor envergadura. Y es así como dentro de la colaboración con Francia en este tema, la Ing. Electrónica Andrea Pazmiño, egresada de la FIUBA, logró bajo el régimen de cotutela entre la FIUBA y la *Faculté de Sciences* de la *Université Pierre et Marie Curie*, Paris VI, realizar su tesis doctoral en Ingeniería, que defendió en París, en septiembre de 2005. En

1998 realizó las primeras mediciones de perfiles de ozono estratosférico con el sistema DIAL que utilizaba dos láseres de gran potencia, uno de excímero, ClXe, y otro sólido de Nd:YAG, que emitía en 266 nm. Al ser ambas líneas absorbidas en forma diferente por el ozono, y mediante el uso de la ecuación del lidar, se podían medir concentraciones de ozono en espesores del orden de los 15 m, lo cual a su vez permitiría disponer del perfil de la capa de ozono en el lugar de la medición, en este caso en Villa Martelli, localidad vecina a la ciudad de Buenos Aires, donde estaban ubicados los laboratorios del CEILAP, en CITEFA. El sistema de colección de la radiación láser, constaba de un solo espejo de 50 cm de diámetro. Este sistema fue totalmente financiado y construido en el CEILAP.

Un año después, en octubre de 2006, luego de realizar mejoras en el sistema de detección del DIAL llevando el área de colección de un espejo de 50 cm de diámetro a 4 espejos del mismo diámetro, actualizando la electrónica de detección, y ampliando las mediciones al vapor de agua, el Lic. Elian Wolfram defendió su tesis doctoral en la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Plata. En ambos casos los doctorandos Pazmiño y Wolfram, obtuvieron las máximas calificaciones.

En el año 2007, la Ing. Lidia A. Otero defendió su tesis doctoral en Ingeniería, en la FIUBA, siendo en este caso el tema vinculado a un sistema lidar de retrodifusión Rayleigh y Raman para el estudio de aerosoles sobre Villa Martelli, agregando técnicas de sensado pasivo. Obtuvo la más alta calificación, y siendo la primera doctorando en ingeniería, en ganar la mención *Suma cum laude*. El proyecto fue financiado por un PICT obtenido por concurso, para tal fin.

La Dra. María Laura Azcárate por su parte dirigió dos tesis doctorales que fueron defendidas en la FCEN de la UBA, por los Licenciados Verónica Freytes (2006) y Jorge Codnia (2007). En la primera, el tema estaba vinculado a la disociación multifotónica infrarroja de isótopos de interés tecnológico, usando láseres de CO₂ TEA desarrollado en el CEILAP, que emitía pulsos de 5 J de energía en 10,6 μ m. En el segundo caso, con otro láser del mismo tipo, se estudió la fotólisis láser para estudios de oxidación de la molécula de Freón 12. En el año 2011, dirigió también una tercera tesis por la cual se doctoró en la FIUBA la Lic. Alicia Alcaraz. El tema fue sobre el enriquecimiento isotópico en el silicio, por medio de la técnica de disociación multifotónica infrarroja. En 2018 se doctoró el Lic. Nicolás Gómez, dirigido también por la Dra. Azcárate, sobre "Estudio de fluorescencia inducida por láser de la cinética de reacción de moléculas de interés en procesos de separación isotópica por láser". Obtuvo en la FCEN, UBA la más alta calificación.

Y en el año 2008, el Dr. Ing. Guillermo Santiago, dirigió la tesis doctoral en Ingeniería del Ing Martín González, sobre temas de detección optoacústica, mediante el uso de láser obteniendo la más alta calificación. El Dr. Juan Pablo Paz de la FCEN, UBA, junto con el Dr. Miguel Larotonda del CEILAP, dirigieron la tesis doctoral del Lic. T. Schmiegelow sobre "Experimentos fotónicos de tomografía selectiva y eficiente de procesos cuánticos", defendida en la FCEN, UBA en 2011, obteniendo la más alta calificación con una mención especial del jurado. También el Dr. Larotonda dirigió la tesis de la Lic. Laura Knoll, sobre "Experimentos con fotones entrelazados para el estudio de la interacción entre un sistema cuántico y su entorno", en 2018, que mereció la calificación más alta.

El Dr. Alejandro Hnilo dirigió la tesis doctoral de la Lic. Mónica Agüero, en 2013, sobre "Fotones en estados entrelazados: mediciones con resolución temporal", en la FCEN, UBA, y mereció la más alta calificación. Y posteriormente en 2018 la tesis del Lic. C. Bonazzola sobre el tema "Dinámica no lineal en láseres sólidos con absorbente saturable. Eventos extremos (roguewaves)".

El Dr. Pablo Canziani de la FRBA, UTN, fue director de la tesis doctoral de la Lic. Susana Lakkis, siendo el Dr. Mario Lavorato su co-director, titulada "Intercambio troposfera – estratosfera sobre Buenos Aires". Fue defendida en la FCEN, UBA, en el año 2009, y mereció la máxima calificación.

En el caso de los sistemas lidar, en el año 2005, más precisamente en junio, inauguramos dentro de la Base Aérea Militar de Río Gallegos, luego de las gestiones correspondientes ante las autoridades de CITEFA, del Ministerio de Defensa y de la Fuerza Aérea Argentina, un Observatorio Atmosférico, que al tiempo se denominó Observatorio Atmosférico de la Patagonia Austral (OAPA), y quedando el mismo bajo mi responsabilidad.

Inicialmente se instaló en Villa Martelli, dentro de un contenedor donado por la colaboración con Francia el lidar DIAL, y durante dos años, a modo de prueba general, se midieron los perfiles de ozono por primera vez en Villa Martelli. Para dicha instalación contamos también con el apoyo de la Embajada de Japón a través de un subsidio especial que solicité y que fue otorgado con el fin de financiar dicha instalación, denominado SOLAR, acrónimo de "*Stratospheric Ozone Lidar in Argentina*". Este proyecto fue así financiado íntegramente por la JICA, *Japan International Coope-*

ration Agency entre los años 2004 a 2007. Posteriormente, renovamos dicho subsidio entre los años 2007 a 2012, y nuevamente entre 2013 y 2018. Los montos involucrados fueron creciendo de manera que nos permitieron mantener el OAPA convenientemente. En el año 2011 fue inaugurado oficialmente con la presencia de la Sra. Presidente de la Nación.

El OAPA estaba a mi cargo, y para su funcionamiento en Río Gallegos, con el acuerdo de las autoridades correspondientes, las operaciones y los instrumentos allí instalados, quedaron en manos del Ing. Jacobo Salvador, integrante del CEILAP, que había decidido domiciliarse en la ciudad de Río Gallegos, resolviendo de esa forma el tema del personal especializado capaz de lograr las operaciones y mantenimiento de los instrumentos allí instalados. Hasta entonces el Ing. Salvador se había desempeñado como estudiante de ingeniería en el CEILAP, y fue su decisión acompañar esta misión, lo que motivó su traslado definitivo.

Dado el valioso instrumental disponible, y el enorme interés que había sobre las mediciones de los perfiles de ozono, teniendo en cuenta que el agujero de ozono pasaba algunas veces sobre la ciudad de Río Gallegos, pudo realizar bajo mi responsabilidad, una tesis doctoral de gran interés. Ello le permitió ser así el primer Ingeniero Electrónico en lograr el Doctorado en Ingeniería en junio de 2011 en la Facultad Regional Buenos Aires de la UTN, que había comenzado en el año 2005, y donde a su vez había sido alumno regular.

Dentro del marco de la colaboración con Japón, también se doctoró el Lic. Facundo Orte. Su tesis abarcó resultados obtenidos mediante las mediciones con el radiómetro de



Figura 3: Instalaciones del OAPA, Observatorio Atmosférico de la Patagonia Austral, instalado en la Base Aérea Militar de Río Gallegos, por el CEILAP, para mediciones de la capa de ozono, en 2011.

ondas milimétricas para la medición de perfiles de ozono, y mediciones complementarias de la radiación solar en superficie. Dicho radiómetro fue instalado a través de la colaboración con Japón por el Dr. Akira Mizuno, junto al DIAL del CEILAP, y otros instrumentos de tipo pasivo.

El OAPA se enriqueció de instrumental muy valioso, gracias a las colaboraciones con Francia (*Université Pierre et Marie Curie*, Paris VI), Japón (JICA), EE.UU. (NASA) y Polonia (*Jagiellonian University*, Cracovia). Estos dos últimos países también instalaron instrumentos de la red AERONET, para mediciones atmosféricas (EE.UU.) y de campos eléctricos (Polonia).

La tesis doctoral en Ingeniería, del Bioing. Marcelo Raponi fue sobre el tema DOAS, acrónimo de *Differential Optical Absorption Spectroscopy*, y su título era: "Medición y procesamiento de señales espectrales provenientes del Sol, mediante Espectroscopía de Absorción Óp-

tica Diferencial. Determinación de la abundancia de ozono y dióxido de nitrógeno atmosférico". Fue defendida en la FRBA, UTN en 2013, y obtuvo la más alta calificación. El director fue el Dr. Jorge O. Tocho, y fui Co-Director con el Dr. Elian Wolfram.

En el año 2014 la Geofísica María Gabriela Nicora luego de algunos años de trabajo en un nuevo tema dentro del CEILAP, logró defender su tesis doctoral titulada "Actividad Eléctrica Atmosférica en Sudamérica", en la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, de la Universidad Nacional de La Plata, mereciendo la calificación máxima.

En el año 2016 se doctoró el Ing. Juan V. Pallotta en la FRBA de la UTN quien trabajó en el tema titulado: "Diseño, Construcción y Análisis de datos para un Lidar Raman Multiángulo", mereciendo la más alta calificación.

En el año 2010, el entonces editor de la revista ANALES de la AFA, el Dr. Roberto Grattón, nos pasó la gestión de las ediciones, y junto con los Dres. Verónica Slezak del CEILAP y Ricardo Romero de la Universidad de Tandil, hemos continuado desde entonces con dichas ediciones en forma completamente regular. Además desde ese año, pasó a ser una edición digital con la idea de acceso abierto. Se han continuado publicando en forma ininterrumpida 4 ejemplares por año, con artículos en forma permanente, y figurando en las bases y catálogos más importantes, integrando el elenco de revistas internacionales de evaluación por pares.

También en el año 2010 por decisión de las autoridades del Ministerio de Defensa, dejé de ser Director del CEILAP, y pasé a ocupar el cargo de Gerente de Ciencias de CITEDEF, con la integración de 5 Departamentos, el CEITOX, CINSO, CEICOR, CEIPI, CEILAP. La producción científica tanto del CEILAP, como de los otros integrantes de la Gerencia, continuó siendo muy alta y en particular las tesis doctorales y de licenciatura. Al cabo de cinco años, en octubre de 2015, y ya con

el retiro aproximándose, dejé dicho cargo. En el CEILAP se realizaron hasta el presente, 39 tesis doctorales y 56 tesis de licenciatura en física. Como ya se dijo, entre todos los Departamentos de la Gerencia de Ciencias se alcanzaron a realizar unas 115 tesis doctorales y un número estimado en unas 150 tesis de licenciatura. O sea que la capacidad de formación de personal del mejor nivel para la investigación y desarrollo había alcanzado valores de alta productividad.

Es de destacar que en 2010, el CONICET Y CITEDEF, acordaron reunificar los laboratorios en una sola entidad que se denominó UNIDEF, Unidad de Investigación y Desarrollo para la Defensa. Fui designado director del mismo, a partir del 1 de julio de 2010, cargo que ejercí durante 6 años desde su creación y hasta fines de 2016, debido a la concreción de mi retiro, que se produjo en ese entonces, a partir del 1 de enero de 2017.

Desde el 1 de julio de 1964 me desempeñé en la Facultad Regional Buenos Aires de la UTN, hasta el 30 de septiembre de 2016, en que me retiré oficialmente. Había comen-

zado como Jefe de Laboratorio, y en 1965 fui designado Profesor Adjunto Interino de Física I. Con los años pasé a ser Adjunto Ordinario, Asociado interino y ordinario y finalmente Profesor Titular. Los cursos dictados eran los de Física General, Medios de Enlace (Electromagnetismo) y Optoelectrónica, en el Dto. de Electrónica de la FRBA, hasta 2017, cuando me retiré. Atento a que los cursos eran semestrales, pude coordinar y darlos en cada semestre en las dos Facultades. Integré en mi carácter de Profesor Titular, el Consejo Académico de la Facultad Regional Buenos Aires de UTN, desde el año 1977 hasta el año 1982.

La permanencia en la Facultad Regional Buenos Aires continúa actualmente. Fui designado Profesor Emérito en el año 2019, y soy miembro de la Comisión del Doctorado en Ingeniería de dicha Facultad desde su creación en 2005.

A partir de la realización de mi tesis doctoral, y a la vuelta a la Argentina, a pedido de Universidades del país y del extranjero, di numerosos cursos de posgrado y otros de divulgación científica, sobre la teoría de Láser y sus variadas aplicaciones.

NOEMÍ E. WALSÖE DE RECA

por Susana A. Larrondo y Horacio R. Cánepa

Nuestra relación con “Betty” Reca, tal como es conocida por la mayoría, se inicia con nuestra llegada a su grupo de investigación en CITEFA en los 80 y se mantiene hasta la actualidad, tanto en el plano científico como en la amistad que se forjó en todos estos años. Una característica de su personalidad fue siempre la cálida recepción de los nuevos incorporados y la rápida integración al conjunto de colaboradores. En 1980 genera el PRINSO (Programa de Investigaciones en Sólidos del CONICET), siendo su Directora, mientras se desempeña dentro del grupo Caracterización de Materiales de CITEFA. Posteriormente el CONICET crea el Centro de Investigaciones en Sólidos (CINSO) reconocido como dependencia conjunta CITEFA-CONICET. El grupo realizó desde su origen investigación y desarrollo en el área de las ciencias de los materiales. Su enorme capacidad para impulsar estos temas la llevó a realizar numerosos contactos y colaboraciones con otros institutos y universidades no solo nacionales sino también del exterior. La formación de recursos humanos fue uno de sus objetivos fundamentales tanto con el personal que integraba su departamento (DEINSO), becarios, técnicos, tesistas de grado y doctorandos, sino también con la organización de cursos y seminarios, patentes y



la asistencia a numerosos congresos nacionales e internacionales que generaron colaboraciones que permitieron convenios de cooperación y la visita de profesores extranjeros de renombre, lo que hizo posible que hoy numerosos investigadores que pasaron por el grupo se encuentren en institutos nacionales de jerarquía en cargos directivos generando nuevos proyectos nacionales, en tanto que otros se radicaron en países del exterior gracias a sus excelentes antecedentes y buena formación. Betty siempre nos alentaba a buscar el contacto interinstitucional y lo sigue haciendo todavía pese a estar retirada de la actividad.

Siempre nos alentaba a buscar la excelencia, lo que es de rigor para grupos de investigación, pero es remarcable su fuerza y su energía para mantener los objetivos aún en momentos de grandes crisis econó-

micas, especialmente en el área de la investigación, y a estar atentos a mantenernos actualizados en la búsqueda de nuevos temas. Fue su costumbre abrir puertas para que los investigadores y técnicos de su grupo pudieran perfeccionarse a través de los contactos que realizaba y que compartía generosamente. Solía decirnos en tiempos de dificultades o cuando había desánimo por la falta de recursos que en esos momentos nos refugiáramos en el trabajo, que no nos quedáramos inactivos en nuestros puestos, siendo ella el mejor ejemplo en no bajar los brazos a pesar de las circunstancias.

El ambiente de trabajo en los laboratorios del grupo fue siempre de gran camaradería. El trabajo se acompañaba también con festejos familiares, cenas o almuerzos de fin de año y a veces sin otro motivo que disfrutar de asados en el quincho del instituto. No faltaban las anécdotas de sus viajes en nuestros encuentros, como así tampoco las bromas de nuestra parte.

Betty fue distinguida con numerosos premios nacionales e internacionales a cuyas entregas nos invitaba siempre dado que los consideraba como resultado un esfuerzo colectivo. Su participación en su juventud en la escuela del Prof.

Jorge Sabato creemos que dejó en ella una impronta muy fuerte sobre la capacitación de las nuevas generaciones y la preocupación por el desarrollo y mejoramiento de todas las instituciones para beneficio de nuestro país, tratando de colocarlo en un óptimo nivel internacional.

HISTORIAS DE LOS NANOMATERIALES QUE SE TRANSFORMARON EN MODERNAS APLICACIONES ¹

Palabras clave: Nanomateriales, Síntesis de Nanomateriales, Aplicaciones de Nanomateriales.
Key words: Nanomaterials, Nanomaterials Synthesis, Nanomaterials Applications.

La autora nos provee, sobre el DEINSO-CITEDEF, UNIDEF (Convenio MINDEF-CONICET): *“Un poco de su historia, acciones, resultados, recuerdos y reflexiones”* y desfilan las historias de desarrollos de materiales inorgánicos para diversos usos

■ **Noemí Elisabeth Walsöe de Reca**

Investigadora jubilada de DEINSO-CITEDEF, UNIDEF (Convenio MINDEF-CONICET)

bettywalsoe@gmail.com

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

Soy una ancianita de casi 86 años; me llamo Noemí Elisabeth Walsöe de Reca, todos me conocen por mi sobrenombre: Betty. Nací en Buenos Aires el 7 de febrero de 1937. Mis padres fueron Teresina Francioli, sexta hija de una familia italiana y Nicolai Walsöe, hijo de una familia noruega de seis hermanos (originarios de Lofodden) y hoy con algunas ramas residentes en Oslo y Trondheim. El abuelo Francioli se instaló en Buenos Aires con su familia y una pequeña bodega después de la Primera Guerra Mundial. El abuelo Sigurd Walsöe y su hermano Harald eran ingenieros (especialistas en dársenas) y fueron contratados por el gobierno argentino para la construcción del puerto de Buenos Aires. Harald murió muy joven, apenas arribado a Buenos Aires. Sigurd,

enamorado de la Argentina, de su gente, de su clima y de su sol, al terminar su contrato, trajo a su familia y se instaló en Campana (Prov. Bs. As.) donde fundó una empresa de barcos de excursión con recorrido entre el Tigre y Zárate, los barcos llevaban nombres femeninos de óperas: Aida, Norma e Isolda. Los recuerdos de los primeros años de mi vida son muchos y felices. Compartí con mi único hermano, Robin, dos años menor que yo, las clases de música y los coros infantiles de Kurt Pahlen (tuvimos la suerte de que el maestro Pahlen residiera en Buenos Aires y que llegara a dirigir el teatro Colón). También recuerdo de esa época, los programas de cine por la tarde con tres películas, las visitas a la editorial Atlántida para elegir libros, el teatro infantil de Hedy Cri-

lla; los deportes: natación (Robin y yo llegamos a nadadores federados) y remo en el Club Náutico San Fernando. Ingresé al Colegio Normal de Maestras “D. F. Sarmiento” en el jardín de infantes (cuando el sistema Montessori comenzaba a aplicarse en nuestro país), allí cursé también las escuelas primaria y secundaria con profesores que recuerdo con admiración y cariño y con amigas muy queridas. Estudié inglés y a los 16 años, me recibí de profesora en el Colegio Horacio Watson. Al terminar el colegio sentí que abandonaba mi mundo, las charlas, los sueños. A pesar de que papá (bioquímico, Departamento de Investigaciones-Merck) y mamá (ama de casa y luego bibliotecaria en CNEA) estaban ansiosos por mi futuro terciario. Yo pensaba ser maestra (y más aún

maestra rural), además seguir cantando y “mamarracheando” literatura (para esa época había ganado ya dos concursos: uno con un cuento para niños y el otro con “Peer Gynt, resultado de un paisaje” (publicado en una conocida revista). Pero, en el último año empecé a visitar el “laboratorio de papá” y a entusiasmarme con sus experiencias y, después de un tiempo bastante corto, decidí estudiar química. Allá fui a la Manzana de las Luces donde entonces funcionaba la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales-FCEN. No pude, sin embargo, olvidar mi vocación de maestra y acepté muy contenta un puesto para enseñar en el sexto grado del Colegio Parroquial-Villa Urquiza que me ofreció una señora protectora del colegio. Estaba convencida que podía enfrentar bien ambas tareas. Lo intenté, al principio confieso que con temor por la poca diferencia de edad que tenía con mis alumnas pero, después, el temor fue reemplazado por alegría y aplomo en la tarea. Con respecto al ingreso a la UBA, me costó bastante, fue un mundo nuevo y yo, quizás, demasiado joven y no demasiado preparada para estudiar allí. Siempre voy a recordar el susto que sufrí cuando, en la clase de matemáticas, se anunció que en la semana siguiente repasaríamos trigonometría, materia no incluida en mis estudios secundarios. Yo era tan ignorante que no podía comprender cómo iba a “repasar” si no conocía la materia ni por el nombre. Se llenó mi tiempo de angustia, con tangentes, senos y cosenos y aplicaciones trigonométricas y... con la ayuda de mi padre pude superarlo. Como esa experiencia hubo varias más y comprendí que el colegio Normal formaba buenas maestras, no aspirantes a químicas.

Cuando las acciones se ordenan se aclaran los objetivos y con voluntad, esfuerzo y mucho estudio salí

adelante, hice buenos compañeros que recuerdo con cariño, encabezaron la lista: Elma Tenreiro, José Pepe Galvele y Alicia Batana (todos después doctorados en FCEN). Elma y Pepe ya han partido para siempre, con Alicia, quien vive en Comodoro Rivadavia, aún “recordamos” por e-mail. Para la época en que inicié los estudios en FCEN, conocí a Raúl Martín Reca (Nacho), estudiante de medicina, una persona maravillosa con quien más tarde formamos una linda familia y tuvimos tres hijos: Gustavo, Guillermo y Federico. Con Nacho compartíamos problemas y alegrías de nuestros estudios y de todo lo que emprendíamos juntos, desde el cine y los conciertos en el Colón hasta las regatas de remo (para parejas del club Náutico San Fernando). El recuerdo de su amor, paz y optimismo me sostienen aún hoy después de más de 22 años de su muerte temprana. Durante los cinco años de la Universidad me dediqué a la escuela por la mañana y a la química por la tarde. Los años se deslizaron muy rápidamente, a los cinco años de iniciada la carrera terminé con las tres especialidades elegidas Físico-química, Química Orgánica y Química Nuclear y con muy buenas calificaciones. Renuncié al magisterio y obtuve una beca en el Instituto de Ciencia de los Materiales-CNEA dirigido por el Prof. Jorge Sabato quien eligió a alumnos de FACEN-UBA con buenas calificaciones, entre los elegidos estábamos Pepe Galvele y yo. Nuestro compromiso era hacer estudios específicos sobre materiales, colaborar en temas de investigación que nos propusieran y, si la situación lo permitía, hacer la tesis de doctorado. Jorge Sabato tenía reservado para mí un tema más que interesante: la aplicación de radioisótopos en problemas metalúrgicos. Trabajé dirigida por el Dr. César Libanati, hacía autoradiografías para detectar la segregación del níquel marcado (Ni^{63})

en los bordes de grano del aluminio de base y compararlas con las imágenes de las micrografías. El estudio con esta técnica novedosa fue mi primera publicación concretada en Francia: “*Etude autoradiographique de la Ségregation du Nickel dans l'Aluminium*”, C. Libanati y N. E. Walsøe de Reca, *Memoires Scientifiques de la Revue de Metallurgie LIX, 3 (1962) 169*. El uso de radioisótopos en metalurgia fue también útil en la industria argentina y brasilera, para controlar el desgaste de refractarios silico-aluminosos de alta densidad en la primera y el desgaste de las bolas de molino de hierro fundido (Ni-Hard) en la segunda. Estos dos trabajos, también fueron publicados y compartidos con los industriales que necesitaban medir el desgaste: Ing. Zelik Zaretski e Ing. B. Rapaport, aunque la idea de usar los radioisótopos en la metalurgia fue de Jorge Sabato. Sentí alegría de aplicar mi trabajo de investigación para mejorar la tarea en empresas. En adelante, apliqué muchos trabajos de investigación en la industria, como nos había vaticinado Sabato que ocurriría.

Hubo entonces, un hecho muy feliz: Nacho y yo, nos casamos en la Iglesia de San Benito, de Belgrano en la mañana lluviosa del 24 de septiembre de 1960.

Y continuaron nuestros trabajos... Comencé a aplicar el radioisótopo de Ti^{44} para estudiar la autodifusión del Titanio en Fase Beta y, ese tema se convirtió en el de mi tesis doctoral bajo la dirección del Dr. César Libanati y la Dra. Sonia Nasif (CNEA). En 1961 me doctoré en FCEN-UBA. Nacho también había finalizado: su carrera de medicina y su tesis. Los dos teníamos muy buenas calificaciones en los estudios, habíamos terminado los cursos de alemán con el título de maestros del idioma porque nos habían pro-

puesto nuestros directores que hi-ciésemos un postgrado en Alemania. Ganamos las becas para trabajar en Múnich: Nacho en la *Augenklinik der Universität* (Beca DAAD-Deutscher Akademischer Austauschdienst) y yo en el *Technische Hochschule der Universität* (Beca IAEA-International Atomic Energy Agency-Wien). Estábamos orgullosos de haber ganado las becas pero, también, muy ansiosos ya que esperábamos a nuestro primer hijo. Gustavo nació el 23 de diciembre de 1961. El 15 de enero de 1962, partimos para Génova en un barco de excursión lleno de turistas bulliciosos y despreocupados. Nosotros aparentábamos fortaleza aunque sabíamos que dejábamos desoladas a las dos parejas de abuelos llevándonos al primer nieto de ambas familias con sólo 20 días de vida. Nacho y yo charlábamos mucho para cambiar nuestra angustia por acción y para enfrentar todo lo que se esperaba de nosotros. El viaje fue agradable, Gustavito comía y dormía, recuerdo que en la fiesta del cruce del Ecuador le dieron un pergamino de reconocimiento por ser *il piú piccolo membro dell' equipaggio*. De Génova, partimos por tren a Múnich, que, para esa época del año, era una ciudad decorada por la nieve: con monumentos cubiertos en los parques, con montañas de nieve y sal en las esquinas, con fuentes congeladas en los parques... Nos costó mucho conseguir un lugar para alquilar... era bastante lógico no hallar una vivienda pequeña en el casco de Múnich aún bastante destruido por la guerra. Conseguimos alojamiento en una pequeña parte de un caserón hermoso, muy antiguo con una escalera interminable. Por otra parte, una monjita (la *Schwester Monika*) quien dirigía el área de internación de niños de la *Augenklinik der Universität* nos recibió con alegría y nos aseguró que, por orden del director-médico, se ocuparía personalmente de Gusta-

vito. Me incorporé a la cátedra de *Metallurgie und Metalkunde del TH-Technische Hochschule*, para trabajar bajo la dirección del Prof. Dr. Heinz Borchers en segregaciones en Circonio de Pureza Nuclear. En el TH veía muy pocas mujeres y advertí que eran secretarías y empleadas administrativas, pregunté por mis probables compañeras dedicadas a la investigación, alguien me respondió que sería la única mujer becaria en esa cátedra.

Los almuerzos de todo el grupo (conmigo en la cabecera de la mesa) también me inquietaron, temía no comprender algo del idioma o no poder responderles las numerosas preguntas sobre nuestro país. Esos temores no se cumplieron, había llevado fotos de la Argentina (cuya descripción ensayaba en casa). Estudié y trabajé muy intensamente y aprobé todos los cursos: metalografía, teoría de defectos, difusión, recristalización, difracción con rayos X, microscopía electrónica de transmisión. Los resultados de mi trabajo condujeron a dos publicaciones. Nacho también había aprobado los cursos propuestos y había adquirido nuevas técnicas quirúrgicas pero, estábamos felizmente preocupados: a mediados de 1962 nuestro segundo hijo estaba en camino y nacería en la época de renovación de nuestras becas. Nuestros directores enviaron sus cartas de concepto a la *Augenklinik* de Múnich y a la IAEA en Viena y la renovación de las becas fue aprobada. Nuestro segundo hijo Guillermo nació en la *Frauen Klinik der Universität* el 29 de diciembre de 1962. Nos mudamos, entonces, a Fürstenfelbrück en las afueras de Múnich, a un departamento de la casa luminosa de una pareja joven con dos niños. Había una excelente guardería cercana para nuestros hijos pero, a menudo, visitar con Gustavito a la hermana Monika era un deber y una fiesta para todos.

¿Cómo eran nuestros días en Múnich? Partíamos muy temprano en el auto VW que habíamos comprado a estudiantes húngaros que se volvían a Budapest. Con temperaturas bajo cero en otoño e invierno marchábamos por un camino entre dos cordilleras de hielo y sal y en los fines de semana imposible salir, jugábamos en casa. Entrada la primavera o ya en el verano, llevábamos con nosotros a los niños para jugar en parques y bosques cercanos. Habíamos conseguido unas sillitas mullidas que amarrábamos al pecho o la espalda que les encantaban a los chiquitos y que les permitían dormir profundamente o retozar con "nosotros convertidos en briosos caballos" pero, que nos permitieron conocer a Nacho y a mí: Múnich y sus alrededores, lugares históricos, iglesias y galerías de arte. Terminábamos los paseos cansados pero felices. También tuvimos una excelente experiencia cuando nos invitaron a conocer el Laboratorio de Materiales y la Clínica de Ojos de la Universidad de Tübingen para "contar" nuestros trabajos. Había argentinos conocidos trabajando allí. El profesor Wolfgang Göpel, a quien ya conocíamos por sus libros, fue muy amable y nos invitó a volver... y volvimos varios años después, también algunos miembros de su laboratorio nos visitaron en Buenos Aires, e intercambiamos estudiantes. En Tübingen, conocí una microsonda electrónica, sabía que, en nuestro país (en la CNEA) estaban por recibir este maravilloso equipo. A fin de año finalizaban nuestras becas y, muy orgullosos, recibimos la aprobación de los estudios de especialización (Nacho en glaucoma y su técnica quirúrgica y yo en la segregación de hidrógeno en el circonio de pureza nuclear, con técnicas de microscopía electrónica TEM y SEM). Nuestros directores de la Argentina, habían comenzado a hablar de la posibilidad de presentarnos a una beca en Francia antes de volver

a Buenos Aires pero, no sabíamos francés, podíamos quizás leer y traducir (con el diccionario cerca) pero hablar: nada. Entonces...estudiamos francés en Alemania. Estábamos en ese trámite cuando nos visitó en Múnich el titular de la cátedra de oftalmología del Hospital de Clínicas en Buenos Aires y convenció a Nacho de aprender la nueva técnica quirúrgica para las cataratas en el *Ospedale Oftalmico Provinciale* de Roma y, entre las dos largas estadías de Alemania y Francia, estuvimos en Roma por dos meses y medio, mi marido alojado en el *Ospedale* y los niños y yo en un convento de monjas enfrente del *Ospedale* donde nos recibieron con los brazos abiertos. Conocimos Roma. Pude asistir a un curso de arte en el museo del Vaticano, visitamos el Coliseo, las catacumbas y aún la playa de Ostia. Mi marido y yo fuimos invitados a cenar todos los días con los médicos residentes en el *Ospedale* y también tuvimos alguna invitación para conocer la *dolce vita* romana en la *Via Appia*. Nos costó dejar Italia... la gente era muy cordial. Con las becas del gobierno francés ya obtenidas por nuestros currículos (calificados como muy buenos) partimos a Francia pero, se nos informó, que debíamos rendir examen del idioma antes de iniciar el trabajo. Solicitamos turnos separados para asistir al examen de francés así, cada uno de nosotros, podría cuidar a los dos chiquitos mientras el otro rendía examen. Aprobamos y, enseguida, pudimos instalarnos en un departamentito de dos ambientes, con los muebles necesarios para que viviese muy cómoda una familia con dos pequeños, en la Residencia (para franceses de ultramar) de la Croix de Berny, muy cerca de Paris. La Residencia tenía guardería para los niños con padres estudiantes. La línea de tren que pasaba muy cerca de nuestra casa nos permitía llegar rápidamente a nuestros lugares de trabajo: Nacho al *Hôpital*

Cauchien de París donde era médico residente en el área de glaucoma; mi trabajo era en el *Centre d'Etudes Nucleaires-Service de Recherche Scientifique Physique et Chimique* de Saclay. Sobre la misma línea de tren estaba la *Université d'Orsay* donde se realizaban los cursos de perfeccionamiento. Cuando comparábamos este tiempo inicial de instalación con el vivido en Múnich, sentíamos que "tocábamos el cielo con las manos". Trabajé en "Difusión en Metales" en el *Laboratoire Saclay*, dirigida por el Dr. Yves Adda (en Buenos Aires ya había estudiado por su libro *L'diffusion des Matériaux*) y los estudios de post-gradó se realizaron en la *Université d'Orsay* y en el *Laboratoire de Saclay* dirigidos por los Prof. Jean Philibert y Jean Friedel. En Saclay, debía aprender el manejo de la Microsonda Electrónica, el formidable equipo de análisis químico creado por el Prof. M. Castaing. Transcurrieron dos años y aprendimos mucho... Los profesores y, en consecuencia, los cursos en Orsay y en el *Hôpital* fueron excelentes... hicimos buenos amigos (que conservamos aún hoy), nuestros hijos se veían contentos tanto en casa como en la *crèche*, el clima nos trató bastante mejor que en Alemania, los paseos de fin de semana nos permitieron conocer tantos lugares científicos, históricos y artísticos. París nos deslumbró... A pesar de tanto bienestar, cuando terminamos con éxito nuestros trabajos y alcanzamos post-doc comprendimos que, si queríamos regresar a nuestro país, el momento adecuado estaba cerca. Ya no éramos alumnos sino profesionales suficientemente serios como para devolver a nuestro país conocimientos y experiencia. Estábamos, además, esperando a nuestro tercer hijo. Llegamos a la Argentina en un barco de la Marina Mercante Argentina que había partido de *L'Havre*. Arribamos a Buenos Aires luego de un viaje plagado de tormentas pero

que tuvo como premio la alegría de la recepción familiar y de los amigos. Pronto conseguimos un préstamo del Banco Hipotecario Nacional para pagar en cuotas, "especial para becarios que regresaban al país" (sí, sí, sí, esto era cierto en esa época) y compramos un lindo departamento con jardín en Palermo que hoy, 56 años más tarde, sigue siendo la sede familiar. El 23 de octubre de 1966 nació un gordito encantador: Federico nuestro tercer hijo.

Nacho comenzó como médico oftalmólogo del Hospital de Clínicas y yo continué en la CNEA. Sabato siempre luchando con la economía del instituto, nos pagaba con fondos que se recibían por las tareas para la industria porque no había nombramientos en la CNEA (¡esto también era ciertoooo!) aunque, con todo su empeño, nos iba "manteniendo" o ubicando pero, siempre enseñando y alentándonos. Mi turno fue en noviembre de 1966 en CITEFA (Centro de Investigaciones Científicas y Técnicas de las FF.AA., hoy CITEDEF) durante la Presidencia del Contralmirante Fernando Milia, se creó el Laboratorio de Investigaciones en Materiales dirigido por el Cap. Navío Harry Leibovich, (quien había realizado estudios de la Maestría en Materiales de la Universidad de Monterrey-California-USA) para brindar apoyo con su trabajo, principalmente, a Fabricaciones Militares (F.M.). El tema elegido para iniciar las tareas fue: Materiales Magnéticos propuesto por Sabato. El Cte. Fernando Milia y el Prof. Jorge Sabato soñaban lograr una Argentina pujante, con investigaciones en Materiales y sus Aplicaciones, de muy buen nivel, con conocimientos transferibles a los centros productivos y a una industria fuerte, útil e innovadora y así producir materiales para la defensa del país y para la modernización de la comunidad toda. Y, allí estuve formando ese grupo inicial

que se completó con las Licenciadas en Física (FCEN-UBA) Estela Manghi y Cecilia Caroni del Laboratorio de Cristalografía-DRX-CNEA. Unos meses más tarde, se incorporaron: la Lic. Física Cristina Oviedo de González (IMAF-Córdoba y CAC-CNEA) y la Lic. Química Rosa Schapsis de Zimmerman (FCEN-UBA y FI-UBA, renunciante de FCEN después de los tristes hechos de 1966 y dos excelentes técnicos que CITEFA trasladaba de otra área a la nuestra: Cosme Frezzotti y Amado Nordin. En 1966, me presenté al CONICET para ingresar en la carrera científica y fui muy feliz cuando recibí la carta de ingreso del Dr. Houssay, Presidente del CONICET en ese momento. En 1967, el Cte. Milia después de revisar mis antecedentes me presentó a la Cámara Junior de Buenos Aires donde se estaba organizando por tercer año consecutivo el Programa “Diez Jóvenes Sobresalientes”, para premiar a profesionales jóvenes destacados en diferentes especialidades y, obtuve ese premio científico tan valioso con el CV de lo realizado en Europa y ¡con el Dr. Luis Leloir presidiendo el jurado científico! El tema de Materiales Magnéticos, programa solicitado a CITEFA por el Prof. Jorge Sabato (CAC-CNEA) para conocer el Fe-Si y la factibilidad de su fabricación en el país (en un laboratorio militar) terminó con la redacción del informe solicitado pero, ya el Cte. Milia había sido trasladado y el interés por el tema no prosperó.

A comienzos de los 70 se formó en CITEFA una Planta de Microelectrónica para construir circuitos híbridos e integrados, dirigida por el Cap. Leibovich, a la cual incorporó su grupo primitivo para especializarse en temas de Microelectrónica. Por otra parte, el grupo inicial a mi cargo (Materiales Magnéticos) se transformó en el de Caracterización de Materiales, bajo mi dirección para brindar apoyo al estudio

de los Materiales Semiconductores de la Planta de Microelectrónica y su Caracterización, sin desmedro de continuar con las investigaciones en Materiales de Conducción Iónica para Pilas de Estado Sólido que ya se habíamos iniciado con la dirección del Dr. Juan Isidro Franco (FCEN-UBA) quien pronto ingresó a CITEFA.

También en 1970, obtuve por Concurso de Antecedentes y Oposición la Cátedra de “Física de los Metales”, Carrera de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires. Fui Profesora Titular Ordinaria entre 1970 y 1988. En el Departamento de Metales de la UTN formé un laboratorio de Metalografía y modifiqué los planes de las prácticas de los alumnos. A menudo, para ayudar a los alumnos se los invitaba a visitar nuestros laboratorios en CITEFA o a las conferencias de profesores argentinos o a mis conferencias en CITEFA y o en laboratorios de otras instituciones: FI-UBA, CNEA, INTI. No sabían idiomas y los profesores extranjeros los “asustaban”. Estos problemas de idioma me hicieron comprender que había que eliminar esas barreras. En CITEFA se enseñaba inglés tradicionalmente y además de lograr aumentar el número de asistentes a este idioma, organizamos en nuestro centro y centros vecinos cursos de francés y de alemán para los más preparados.

Sobre la base de los antecedentes del grupo de Caracterización de Materiales, el 5 de junio de 1980, el CONICET decidió formar el PRINSO-Programa de Investigaciones en Sólidos en CITEFA; **más tarde**, en 2002, el CONICET por Resolución No. 1053/02, 20 de julio de 2002 elevó al PRINSO a *Centro de Investigaciones en Sólidos-CINSO-CONICET-CITEFA*, constituyendo

dentro de CITEFA el DEINSO (Departamento. Investigaciones en Sólidos). Otros tres grupos de CITEFA fueron también elevados a la categoría de Centros: CEILAP (Centro de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones) dirigido por el Dr. Eduardo Quel;¹ CEITOX (Centro de Investigaciones en Toxicología) dirigido por el Dr. Alberto Castro (<https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-2-no-1-2014/>) y CIPEIN (Centro de Investigaciones en Plagas e Insectos) dirigido por el Dr. Eduardo Zerba (<https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-3-no-3-2015/>). Los centros mencionados habían alcanzado prestigio por el intenso trabajo de investigación y desarrollo tecnológico realizado, la formación de recursos humanos especializados y los numerosos resultados obtenidos. Esto motivó que el 18 de abril de 2011 se firmara un Convenio entre el CONICET y el Ministerio de Defensa (Exped. N° 762/11) para acordar las condiciones generales de la colaboración institucional y económico-financiera para el funcionamiento y desarrollo de una Unidad Ejecutora de Investigaciones Científicas y Desarrollo Tecnológico. Las partes involucradas en este Convenio fueron la Subsecretaría de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico del MINDEF a cargo de la Dra. Mirta Iriondo y el CONICET, presidido por la Dra. Marta G. Roviara. Como las partes poseían una experiencia fructífera de Cooperación Científica y Técnica en Programas de Investigación y Desarrollo Tecnológico se convino en crear una unidad ejecutora en CITEFA (que ya había cambiado su nombre por el de CITEDEF) llamada *Unidad de Investigación y Desarrollo Estratégicos para la Defensa-UNIDEF* y con personal conformado por profesionales y técnicos pertenecientes a los centros de CITEDEF y del CONICET. La Unidad

Ejecutora antes mencionada, no sólo incorporó a los cuatro centros instalados en CITEDEF (CINSO, CIPEIN, CEILAP y CEITOX) sino también a dos grupos con excelentes antecedentes científicos que ya tenían una colaboración estrecha con el CINSO: el Laboratorio de Acústica Submarina de la Armada Argentina, Vicente López. Provincia de Buenos Aires dirigido por la Lic. Silvia Blanc y el IUA-Instituto Universitario de la Aeronáutica, radicado en Córdoba y dirigido por Dr. Carlos Kozameh y elevó a Centros (CITEDEF-CONICET) al Laboratorio de Microelectrónica, dirigido por el Cap. Leibovich

y al Laboratorio de Corrosión, dirigido por Dra. Blanca Rosales.

La necesidad de ordenar las tareas y la descripción de las múltiples áreas asignadas al CINSO me llevaron a ir construyendo un informe completo de los logros y dificultades del DEINSO-CITEDEF-MINDEF (Convenio MINDEF-CONICET) fundado en 1966 hasta la fecha de mi jubilación (y aún más) es decir: “de los 56 años de mi trabajo en CITEFA” y que llamé pomposamente: *Historia del DEINSO-CITEDEF-UNIDEF Convenio MINDEF-CONICET*, en el que se cuenta: “Un poco de histo-

ria, acciones, resultados, recuerdos y reflexiones”- 1966-2022 citado en [1] de la Bibliografía Elegida. En este Libro-Informe se consideran los siguientes temas: a) Proyectos de Investigación y Desarrollo; b) Trabajos Científicos y Técnicos publicados; c) Tesis de Grado, del Profesorado y de Doctorado; d) Subsidios recibidos; e) Desarrollos y Asesoramientos, f) Formación de Recursos Humanos; g) Premios y Distinciones y h) Congresos y Reuniones Científicas. Mi jubilación recién llegó en marzo del 2020 cuando debimos encerrarnos en casa a causa de la pandemia (COVID 19). Aunque seguí escribiendo



Figura 1: Personal del CINSO (CONICET-CITEDEF) que formaba parte de la UNIDEF (MINDEF-CONICET) Convenio firmado en 2011, de izq. a der. fila superior: Tco. Nicolás Gómez, Dr. Ricardo Aragón (†), Lic. Eduardo Heredia, Dr. Leandro Acuña, Tco. Raúl D'Elía, Dr. Eugenio Otaí, Dr. Ismael Fábregas, Lic. Alejandro Fernández, An. Sist. Mario Bianchetti, Dr. Fernando Muñoz, Dra. Susana Larrondo, Dr. Horacio Cánepa, Dr. Diego Lamas, Tco. Fernando Vázquez Rovere, Lic. Rosa Baby, Dra. Genoveva Zimicz, Tco. Marcelo Cabezas. fila del medio: Sra. Mirta Rinaldi, Dra. Rina Lombardi, Dra. Paula Abdala, Dra. Laura Sánchez, Ing. Ma. Emilia F. de Rapp, Dr. Rodolfo Fuentes, Sra. Gabriela Numma, Dra. Ana María Martínez, Dra. Valeria Messina, Lic. Física y Mag. Ciencia de los Materiales Claudia Bojorge. sentados: Ctan. Navío Jorge Chichizola (†) (Gerente de Ciencia-CITEDEF) (†), Dra. N. E. Walsöe de Reca, Dra. Alicia Trigubó y Dr. Jorge Casanova. El Dr. Juan I. Franco, no aparece por estar trabajando en Francia en esta fecha.

y perfeccionando la recopilación, dado que soy "persona de riesgo por la edad" no pude volver a CITEDEF. El material de la memoria o libro-catálogo es muy amplio, pleno de minuciosos detalles técnicos, fechas e información legal; quizás no es lo que se esperaba en esta *Reseña* que incluye mis vivencias y emociones además de una descripción parcial del intenso y amplio trabajo realizado. En consecuencia, en el informe [1] los datos sobre el grupo figuran completos y hoy me proveen información ordenada para esta *Reseña*.

Se puede comprender que, en sus comienzos, construir un grupo "desde cero" con personal muy joven y, todavía con pocos antecedentes técnico-científicos, con fondos escasos, con pocos laboratorios y equipos propios, demandó una tarea enorme. Retomemos la historia casi desde su inicio y veamos los cambios interesantes alcanzados. El Cte. Milia había logrado un Subsidio del Gobierno Alemán y compró bastante material de laboratorio y algunos equipos importantes: Microscopio Electrónico de Transmisión Hitachi (200KV de potencial acelerador), Equipo de Difracción de Rayos X, Hornos Chevenard-Joumier, Equipos de Vacío, Pulidoras de Precisión, un Durómetro, una Laminadora, a los que hubo que agregar un hermoso Microscopio Metalográfico (aún hoy en uso), donado por una firma tabacalera a la cual le habíamos hecho algunos análisis químicos. La instalación de los equipos y su puesta a punto se hicieron con éxito dentro del grupo y pudimos armar un *Laboratorio de Metalografía* con el cual hicimos frente a la mayoría de los trabajos de rutina: análisis metalográficos, mediciones de dureza, micrografías, problemas de corrosión, análisis químicos, etc. que nos pedían en otros grupos de CITEFA, en Fabricaciones Militares y en otros laboratorios militares o en la Planta

de Microelectrónica pero, como se había corrido la noticia en el barrio de CITEFA, también venían pedidos de algunas Pymes e industrias cercanas. El laboratorio de Metalografía se "inspiró" en el que habían construido Sabato y colaboradores para la CNEA. Se organizaron los servicios, con la anuencia de CITEFA y CONICET se cobraban los trabajos (no a las instituciones militares por supuesto) y se hacían los aportes correspondientes al grupo. También se hacían trueques de trabajo, de materiales y conocimientos, ideas o equipos entre los grupos o empresas de manera que todos se beneficiaban.

La necesidad de conocer los materiales empleados en la Planta de Microelectrónica, de realizar su caracterización y aplicaciones condujo a investigar en Semiconductores (SC). En el Proyecto de Semiconductores se estudiaron los métodos de crecimiento del SC monocristalino (lingotes monocristalinos de hasta (5-6) cm de longitud y con aproximadamente 1cm de diámetro, sus defectos cristalográficos, los procesos de oxidación y de dopado, los procesos difusionales, el efecto de las impurezas sobre las propiedades eléctricas, etc. Se comenzó investigando SC conocidos que dejaron su aporte, por ejemplo: el estudio de la difusión de impurezas metálicas en Si demandó la construcción de un *Microscopio de Infrarrojos (IR)* para detectarlas y fue construido con éxito, en el grupo. Se estudió para la Planta de Microelectrónica: la difusión en la interfaz Si/SiO₂ [1] la electromigración en soldaduras de circuitos integrados, "mojabilidad" del Au sobre el Si y el SiO₂ en soldaduras por termocompresión, difusión de tintas conductoras en sustratos de Al₂O₃ para circuitos híbridos, entre otros. En esta época, se intensificó la formación de recursos humanos especializados, principalmente, a través de cursos dictados

por profesores prestigiosos de centros europeos y de la CNEA (Centros Atómicos: Constituyentes-CAC y Bariloche-CAB). El Proyecto de SC generó numerosas publicaciones y patentes [1] y contribuyó también a la formación de recursos humanos especializados. Se dirigieron varias Tesis de Grado en Física y de Doctorado en Física y en Química (FACEN-UBA). El Lic. Guillermo Mahr von Staszewski defendió la primera Tesis de Doctorado en Física (FCEN-UBA) sobre: "*Estudio de la Electromigración en Conductores Metálicos de los Circuitos Integrados*". A esta Tesis, le siguieron otras de doctorado en Física y Química (FCEN-UBA), trabajos finales de Ingeniería (FI-UBA) y del Profesorado de Física "Joaquín V. González".

El grupo de Caracterización de Materiales se centró en la obtención de SC II-IV policristalinos, para la detección de la radiación infrarroja (IR) a pedido de la Fuerza Aérea. Estos materiales se emplearon en detectores fotoconductores de IR (sensibles entre 1 y 3 mm y 1 y 4,8 mm) operables a temperatura ambiente y útiles para usos industriales y de seguridad: detección de bloqueos en cañerías; equipos para la medición de humedad de granos, textiles y papel; sistemas de alarma para detectar incendios incipientes en bosques y silos; construcción de espoletas de proximidad; equipos para el control de la polución ambiental; pirómetros ópticos; equipos para medir CO₂(g) por absorción del IR en empresas embotelladoras de gaseosas, muchas de estas aplicaciones reemplazaron a elementos importados. Varias aplicaciones fueron transferidas a la industria local, a otros grupos de CITEFA y a otras instituciones. Pero, en el proyecto de detección de IR el objetivo final del proyecto fue el más ambicioso: sintetizar, caracterizar y aplicar los compuestos ternarios II-VI: ZnCdTe

y $\text{TeCd}_x\text{Hg}_{1-x}$ (MCT). Este último, el MCT, a más de 50 años de su descubrimiento, continuaba considerado como el detector de la radiación IR por excelencia, aunque presentaba dificultades en algunos métodos de su síntesis, en el control de los defectos y en la influencia de éstos sobre la detección de IR. Se intensificaron los estudios del $\text{TeCd}_x\text{Hg}_{1-x}$ (MCT) monocristalino, solicitados por la Fuerza Aérea Argentina (FAA) y la CONAE para detectores de la radiación IR. El MCT posee alto valor estratégico: por sus numerosas y valiosas aplicaciones y un alto costo debido al “*know-how*” asociado con su obtención, es sensible a la radiación IR con posibilidad de variar la longitud de onda de corte en función de la concentración (x). En el programa propuesto a la FAA se eligió sintetizar el MCT con $x = 0.2$ y rango de detección en IR: 8-14 mm (segunda ventana de transmisión atmosférica). Se sintetizaron lingotes monocristalinos (3D) por el método de Bridgman-Stockbarger y películas epitaxiales (2D) por el método de VPE (*Vapor Phase Epitaxy*) [1]. Los equipos necesarios para ambos trabajos se construyeron en el PRIN-

SO (por dos técnicos pertenecientes a CONICET-CITEFA: Raúl D’Elía y José Luis Guerra).

En esa etapa, se incorporaron al grupo la Lic. Ida Nöllmann (CONAE-en comisión en CITEFA), la Lic. Física (FCEN-UBA) y *Master in Materials Science (Southern California University, EE.UU.)* Alicia B. Trigubó quien, luego, realizó su tesis de doctorado (FCEN-UBA) bajo mi dirección y el Dr. Horacio Cánepa a su regreso de Francia donde realizó su tesis de doctorado en la *Université de Rennes I*, dirigido por el Prof. Dr. François Benière. La caracterización de los monocristales requirió de un equipo para medición de Efecto Hall que fue construido por el Licenciado Eduardo Heredia (CITEDEF) y el Técnico Mario Bianchetti (CONICET). Se realizaron estudios de defectos en “*wafers*” de MCT (cortados sin daño cristalino con sierra de hilo: también construida en el grupo) para determinar: densidad y naturaleza de los defectos y problemas de segregación y, en el caso de las películas epitaxiales, se pusieron a punto técnicas para caracterizar los sustratos monocristalinos, gene-

ración y propagación de defectos, efecto de la orientación cristalina, problemas difusionales en la interfaz sustrato/película, entre otros, los que permitieron fabricar detectores fotovoltaicos de IR de excelente calidad. Las junturas p/n se fabricaron por implantación iónica, trabajo conjunto con el Dr. Moni Bear (Universidad de Bello Horizonte, Brasil). Los logros del Proyecto se publicaron en [2], donde se detallan las tesis realizadas sobre el tema, entre ellas las Tesis Doctorales de Myriam H. Aguirre (2001) (FACEN-UBA) y de Ulises Gilabert (2007) CITEDEF-UTN (FRBS:AS) [1][2] y [3].

La Fuerza Aérea nos solicitó sintetizar el MCT con $x = 0.2$, detección en IR: 8-14mm (segunda ventana de transmisión atmosférica) y pudimos entregarlos exitosamente a pesar de las dificultades encontradas en los crecimientos de lingotes monocristalinos (3D) obtenidos por el método de Bridgman-Stockbarger. También se obtuvieron las películas epitaxiales (2D) crecidas por el método de VPE (*Vapor Phase Epitaxy*) y fueron entregadas a la Fuerza Aérea. Los equipos necesarios para ambos

Cuadro 1

Crecimiento epitaxial

La epitaxia o crecimiento epitaxial es uno de los procesos en la fabricación de circuitos integrados. La epitaxia se refiere al depósito de una sobrecapa cristalina sobre un sustrato cristalino, donde hay registro entre la sobrecapa y el sustrato.

A partir de una cara de un cristal de material semiconductor, o sustrato, se hace crecer una capa uniforme y de poco espesor con la misma estructura cristalina que este. Mediante esta técnica se puede controlar de forma muy precisa el nivel de impurezas en el semiconductor, que son los que definen su carácter (N o P). Para hacer esto se calienta el semiconductor hasta casi su punto de fusión y se pone en contacto con el material de base para que, al enfriarse, recristalice con la estructura adecuada.

(Tomado de Wikipedia, <https://es.wikipedia.org/wiki/Epitaxia>)

Cuadro 2

El proyecto de “Semiconductores II-VI para Detectores de Radiaciones Infrarroja, X y g (Síntesis, Caracterización y Aplicaciones)”

El proyecto empleó, materiales monocristalinos:

Síntesis de Monocristales de MCT ($Hg_{1-x}Cd_xTe$) con $x=0.2$, para Detectores de Infrarrojos sensibles en la segunda ventana de transmisión atmosférica (8-14mm). La síntesis se efectuó por el método ISOVPE (Isothermal Vapor Phase Epitaxy). Las epitaxias de MCT fueron depositadas sobre sustratos de CdTe (puro o dopado con 0.04% Se o Zn) con diferentes orientaciones cristalográficas,

Se estudió también el efecto del dopado sobre los sustratos y en relación con la calidad del crecimiento epitaxial y las características de la interfaz de interdifusión [película crecida/sustrato]

Estudio de la Influencia de la Orientación cristalina del CdTe monocristalino, puro y dopado sobre la calidad del crecimiento epitaxial y sobre las características de la interfaz de interdifusión [película crecida/sustrato].

La Caracterización estructural de los Sustratos y de las Epitaxias de MCT fue realizada por difracción de rayos X, MEB, MO, ataque químico y análisis químico con microsonda electrónica y la caracterización eléctrica por medidas de efecto Hall, técnica de van der Pauw, medidas de resistividad, densidad y movilidad de portadores,

La Implantación iónica se emplea para obtener Junturas n/p en $Hg_{1-x}Cd_xTe$ (MCT) con $x=0.2$ para detectores de infrarrojos fotovoltaicos.

Detectores de Infrarrojos fotovoltaicos que emplean $Hg_{1-x}Cd_xTe$ (MCT) con $x=0.2$, sensibles en la segunda ventana de transmisión atmosférica (8-14mm) enfriados a 77K (incluye el diseño y construcción de criostatos). Evaluación de las figuras de mérito de los detectores de infrarrojos. Optimización de los dispositivos.

Crecimiento de Monocristales de Semiconductores II-VI ($CdTe$ y de $CdZnTe$) modelado del crecimiento de los semiconductores II-VI monocristalinos (binarios y ternarios) por el método de Bridgman. Aplicación en detectores de las radiaciones X y g (gama).

Síntesis (por diferentes técnicas) y Caracterización de Semiconductores II-VI nanocristalinos (ZnO). En el caso de los sensores de gases de tipo resistivo (con ZnO , SnO_2) obtenidos con materiales nanocristalinos, se los optimiza empleando nanotubos de ambos semiconductores para aumentar la superficie de reacción con estructuras nanotubulares o “nanorods”. Este trabajo se realizó dentro de la colaboración argentino/eslovena [Argentina: Dra. N. E. Walsöe de Reca-CITEFA-CONICET / Slovenia: Dr. Danilo Suvorov-Instituto Jozef Stefan- Ljubljana.

trabajos fueron contruidos en el PRINSO por los Técnicos CONICET-CITEFA: Raúl D'Elía y José Luis Guerra. En las décadas de los '80 y '90, trabajó en el grupo en varios periodos, en el área de los Semiconductores II-VI el Prof. Witold Girit (†) (Univ. de Varsovia-Polonia, exiliado en Venezuela-Universidad de Caracas) de quien el grupo recibió una

ayuda inestimable en su desarrollo científico-tecnológico.

En 1986 organicé con la Dra. Ida Nöllmann la *Primera Escuela Científica de Semiconductores: SEMICON-86*, realizada en Buenos Aires con comité científico de profesores de Universidades y Centros de Francia, Alemania, Austria, Japón y

Argentina (CITEDEF y CAB-CNEA) y presidida por Dr. Leo Esaki, Premio Nobel de Física (1973) USA [1].

Con el Dr. Juan Franco (†) y nuestros colaboradores (PRINSO) llevamos adelante, simultáneamente, además de las tareas de apoyo a la Planta de Microelectrónica y los Proyectos el área de Semiconductores,

detallados más arriba, el *Proyecto sobre Materiales de Conducción Iónica para estudiar electrolitos sólidos y complejos de transferencia de carga orgánico-yodados para electrodos de Pilas de Estado Sólido*. Se obtuvo para el primer proyecto un subsidio de SECyT y luego, en el intercambio con laboratorios franceses: *Laboratoire des Matériaux-Université de la Sorbona* y del LIESG (*Laboratoire d'Ioniques et d'Electrochimie des Solides*) CNRS-Grenoble, se realizó un Proyecto de Cooperación con sub-

sidios de ambos países. Las investigaciones en materiales para pilas de estado sólido permitieron arribar a dispositivos originales, patentables y la tecnología de varios de ellos ha sido transferida (a industrias locales, Gobierno de Mendoza, CAC-CNEA y Ministerio de Salud Pública, entre otros) [1].

Las investigaciones relacionadas se conocieron en numerosas presentaciones a congresos científicos en el país y en el exterior y en publicacio-

nes nacionales e internacionales sobre: nuevos electrolitos, problemas difusionales y de recristalización en la interfaz electrolito-electrodo, propiedades estructurales y eléctricas; defectos cristalográficos y su efecto sobre las mediciones de energía [1]. *Se formaron recursos humanos especializados en estos temas*, los cuales recibieron cursos dictados por profesores de universidades y centros prestigiosos extranjeros: el Director del *Laboratoire d'Electrochimie des Solides-ENSEEG-CNRS-Francia*,

Cuadro 3

Algunos desarrollos originales y patentados del Proyecto de Pilas de Estado Sólido [1][4]:

Pilas para marcapasos de implantación cardíaca y para audífonos: Ag/IAg β /2I₂.Py (vida media λ =10 años) desarrolladas dentro del Proyecto: Primer Marcapasos Argentino del Ministerio de Salud Pública de la Nación. Ambos desarrollos merecieron los Premios y Subsidios: 1978 y 1979 de la Fundación Roemmers y fueron patentados.

Pilas de Li/LiI/CTC también para marcapasos cardíacos y equipos de bajo consumo (memorias, LCC, relojes de cristal líquido, calculadoras, etc.),

Pilas térmicas para misiles antigranizo: Ag/IAg/3I₂.2Fen (λ =2 min.) desarrolladas para el Gobierno de Mendoza.

Baterías Ag/IAg β /CTC de larga duración: (λ =4 años) para alarmas antirrobo en zonas con temperaturas extremas (-40°C / +60°C).

Las pilas de muy bajas temperaturas (antes citadas) fueron también empleadas, durante la Guerra de Malvinas, para alimentar las balizas del aeródromo de Puerto Argentino (hoy RAF Stanley). En 1982, durante la guerra de Malvinas, el grupo colaboró solucionando problemas que no formaban parte de sus tareas habituales, tales como: desempañantes para los vidrios de cabina de aviones Pucará que efectuaban vuelos rasantes sobre el mar pero, también se solicitaron pilas de estado sólido con muy baja Top: 0°C y (-20/-30) °C como las desarrolladas para vidrieras de locales en la zona patagónica. Las pilas con baja Toper se emplearon también durante la guerra en las miras de armas. Terminada la guerra, la Fuerza Aérea Argentina solicitó la provisión de baterías para intercomunicadores de emergencia para sustituir la importación proveniente de Gran Bretaña. La fabricación fue realizada totalmente en el PRISO y su producción se entregó cada tres meses durante dos años. El Ing. Gustavo Steenackers (t) dirigió la producción en este proyecto.

Pilas evaporadas de 10 μ m de espesor, Ag/IAg- β /Me, integrables a los circuitos que alimentan para equipos de bajo consumo.

Pilas poliméricas desarrolladas por los Dres. Juan I. Franco y François Bénére en el Laboratoire d'Electrochimie de la Université de Rennes I, Francia en un programa conjunto. Las Pilas fueron patentadas en Francia.

Todos estos desarrollos generaron también transferencia tecnológica a la industria local.

Prof. Michel Kleitz [1] dictó dos cursos sobre Electrolitos Sólidos, los Doctores Jacques y Mireille Fouletier del *Laboratoire d'Énergetique* dictaron cursos de *Electrochimie des Solides* [1] y el Prof. Takeiko Takahashi de la Universidad de Nagoya-Japón dictó el curso "*Solid Electrolytes*" [1]. El Dr. Juan Franco y yo conocíamos a estos investigadores por haber realizado estadias de estudio y exposiciones en congresos con presentación de nuestras investigaciones [1] y nos abrieron las puertas para las tareas efectuadas. También se envió a jóvenes investigadores argentinos del PRINSO becados para

estudiar en centros de excelencia de Europa [1]. Todas estas actividades se prolongaron en la década del 90. Numerosos investigadores del grupo participaron con ponencias en congresos nacionales e internacionales: "Sólidos Iónicos", en reuniones realizadas en Francia, EE.UU. y Japón, Escuelas de la *NATO-North Atlantic Treaty Organization*, realizadas en Francia, Portugal e Irlanda. En la misma época, se incorporó al grupo el Dr. Química Ricardo Aragón (†) (CAC-CONICET) proveniente de la *Delaware University*, EE.UU., donde había trabajado por diez años en temas afines con los nuestros se incor-

poró al grupo y se dedicó a "Dispositivos de Efecto de Campo sensibles al CO a temperatura ambiente".

Otra Cooperación Científica muy enriquecedora fue el *Proyecto Inorgmats-Programa ALFA* para Formación de Recursos Humanos compartido con: Universidad de Sheffield-UK (Prof. Anthony West), con la UNS-Bahía Blanca (Dr. Julio C. Bazán), con la Universidad de Aveiro-Portugal (Prof. Fernando Marques) y con la Universidad Autónoma de Madrid, España (Prof. Miguel Alario Franco). Dada la intensa actividad científica (en cooperación)



Figura 2: Distinción otorgada por el Gobierno de Francia a la Dra. Noémí Elisabeth Walsöe de Reca a quien confirió la Condecoración des Palmes Academiques du Gouvernement Française dans la Ordre de Chevallier, por decreto del Primer Ministro de la República Francesa y a proposición del Ministerio de Educación Francés (1987). En la foto: el Sr. Embajador de Francia en la Argentina Dr. Blanca entrega la Condecoración a la Dra. N. E. Walsöe de Reca en la Embajada de Francia.

y la formación de recursos humanos argentinos especializados en Francia y de estudiantes franceses en la Argentina, el *Gobierno Francés concedió a la Dra. N. E. W. de Reca la Condecoración de las Palmas Académicas en la Orden de Caballero-Ministerio de Educación de Francia* (1987).

En noviembre de 2001, la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales me confirió el Premio “Simón del Pech en Ciencia de los Materiales” por los trabajos arriba mencionados.

En el 2001, comenzamos a trabajar en los Materiales Nanocristalinos dada la necesidad de emplearlos en sensores de gases y en celdas de

combustible de óxido sólido. Debíamos conocer profundamente los nanocristales (síntesis, caracterización, propiedades, aplicaciones), en consecuencia, se abrió en el DEIN-SO el Programa de “Materiales Nanocristalinos”, el primero en el país dedicado a la Nanotecnología. También, se inició en 2004 el Trabajo de Cooperación con Brasil: “Materiales nanoestructurados: Síntesis, Estudios con Luz Síncrotrón, Propiedades y Aplicaciones”. Algunos temas encarrados se muestran en el Cuadro 4.

El 30 de noviembre del 2007, tuve el asombro y la alegría de ser incorporada a la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ANCEFyN) como Académico Correspondiente. Mi exposición se

basó en “Materiales Nanoestructurados: Síntesis, Caracterización y Aplicaciones”

En la década del 2000, se continuó con trabajos en un tema iniciado en la década anterior sobre: *Sensores de Gases debido a varias solicitudes de la industria y de otras instituciones: CNEA (CAC y CAB) e INTI, entre otras*. Se construyeron sensores electroquímicos: sensores protónicos de contacto para trazas de H_2 en chapas metálicas para el Instituto Balseiro-CNEA, donde se desarrollaban estudios de fragilización de acero y de aleaciones de circonio. Luego, las investigaciones permitieron obtener *sensores de tipo resistivo construidos con óxidos metálicos semiconductores (SnO_2 y*



Figura 3: La Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales – ANCEFyN, confirió el Premio “Simón Delpech en Ciencia de los Materiales” a la Dra. Noemí E. Walsöe de Reca, 16 de noviembre de 2001. El Presidente de la ANCEFyN entrega el Premio a la Dra. Walsöe de Reca (CITEDEF-CONICET) en la sede de la ANCEFyN.

Cuadro 4

“Materiales nanoestructurados: Síntesis, Estudios con Luz Sincrotrón, Propiedades y Aplicaciones” (cooperación con Brasil)

Rutas de Síntesis de Óxidos nanoestructurados: se sintetizaron materiales basados en el óxido de cerio, titanatos de estroncio y “perovskitas” de tierras raras para su aplicación en celdas de combustible de óxido sólido de temperatura intermedia (IT-SOFCs) empleando modernos métodos de síntesis: gelificación-combustión, complejación de cationes, síntesis hidrotérmica y urea-hidrólisis.

Retención de Fases Metaestables en Óxidos Nanoestructurados basados en CeO_2 y ZrO_2 : y se sintetizaron soluciones sólidas de los sistemas: $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$, $\text{ZrO}_2\text{-CaO}$, $\text{ZrO}_2\text{-CeO}_2$, $\text{ZrO}_2\text{-CeO}_2\text{-Sc}_2\text{O}_3$ y $\text{ZrO}_2\text{-CeO}_2\text{-Sm}_2\text{O}_3$, $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-CeO}_2$ en un amplio rango de composiciones y se determinaron los límites de existencia de las soluciones sólidas, los cambios de estructura y la dependencia de éstos con el tamaño de cristalita.

Sensores de Gases resistivos basados en Óxidos Semiconductores Nanoestructurados. Se sintetizaron polvos de óxidos metálicos SC (ZnO , SnO_2) para preparar pastas conductoras (con formulaciones propias) depositadas sobre sustratos de Al_2O_3 , Si o cuarzo, formando películas gruesas nanoestructuradas útiles para el sensado de gases (VOCs, CO, CH_4 , H_2 , etc.). Se desarrolló, un sistema de calefacción novedoso para alcanzar la Toper de los sensores (la cual desciende considerablemente al emplear materiales nanocristalinos en su fabricación).

Estudio de las Propiedades de Electrolitos sólidos obtenidos por Ion Óxido nanoestructurados, para la preparación de cerámicos densos nanoestructurados basados en ZrO_2 o en CeO_2 de los sistemas antes citados se emplea el “sinterizado rápido” para evitar el crecimiento del tamaño de grano.



Figura 4: Incorporación a la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales – ANCEFYN de la Dra. Noemi Elisabeth Walsøe de Reca como Académico Correspondiente, 30 de noviembre de 2007. En la foto, el Dr. Alejandro J. Arvía, Presidente de la ANCEFYN entrega el nombramiento a la Dra. N. E. Walsøe de Reca en la sede de la ANCEFYN en el acto organizado en la ANCEFYN donde, la Dra. Reca expuso sobre “Materiales Nanoestructurados: Síntesis, Caracterización y Aplicaciones e Investigaciones en el CINSO-CITEFA-CONICET”.

Cuadro 5

Otros proyectos importantes

Obtención de Celdas de Combustible de Óxido Sólido para la Generación de Energía eléctrica operables en Mezclas Metano-Aire publicado en Alemania existe también una versión en castellano “Materiales cerámicos nanoestructurados (Síntesis, Caracterización, Propiedades y Aplicaciones” [4].

Obtención de nuevos Materiales para Electrodo de Celdas de Combustible de Óxido sólido de temperatura intermedia basados en Conductores Mixtos nanoestructurados de alta área específica (tema dirigido, inicialmente, por la Dra. Reca y desde 2018, por la Dra. Larrondo). Se estudian “perovskitas” de (La; Sr) CoO_3 y (Sm; Sr) CoO_3 para el cátodo y soluciones sólidas homogéneas en composición de óxido de Ni, Cu-Ni, Ni-Fe con fases basadas en el CeO_2 para el ánodo.

Celdas de Combustible de tipo SOFCs (tema dirigido, inicialmente, por la Dra. Reca en colaboración con el Dr. Lamas (CNEA) y desde 2018 dirigido por la Dra. Larrondo). Las SOFCs (Solid Oxide Fuel Cells) contribuyen a obtener energía limpia y renovable. Una vez sintetizados y caracterizados los óxidos cerámicos nanocrystalinos para electrolitos sólidos y electrodos se obtuvieron las primeras pilas SOFC, empleando como combustibles: hidrocarburos, gas natural, biogás y, eventualmente, $\text{H}_2(\text{g})$. Se aprovecha el O_2 del ambiente para producir la oxidación parcial del hidrocarburo y una vez producida, los iones O^{2-} provenientes del electrolito reaccionan con el $\text{H}_2(\text{g})$ y el $\text{CO}(\text{g})$ para dar H_2O y CO_2 , respectivamente. La generación de $\text{H}_2(\text{g})$ a partir de hidrocarburos se produce en la pila por reformado interno. El uso del biogás (de la basura) para alimentar las pilas es un tema también tratado en el proyecto en colaboración con el CEAMSE de Villa Domínico, Bs. As.

Preparación de las Celdas de Combustible (tema iniciado por los Dres. Reca y Lamas (CNEA) a cargo, desde 2018, de la Dra. Larrondo). Se probaron dos diseños: celdas convencionales de dos cámaras y celdas de una cámara (con alto impacto tecnológico). En este último tipo de celdas, se aprovecha la selectividad de los electrodos para producir la oxidación parcial del metano.

Materiales catalíticos para combustión de metano: Se probaron fases MnO_x , FeO_x , óxidos mixtos de Ce-Zr, Ce-Mn y Ce-Fe.

ZnO). Para los primeros sensores de este tipo se usaron los óxidos metálicos microcristalinos, obtenidos por calcinación. Posteriormente, en el marco del *Estudio de los Materiales Nanocrystalinos y sus Aplicaciones se desarrollaron materiales nanoestructurados*, se sintetizaron los mismos óxidos aunque, nanocrystalinos lo que permitió obtener sensores con mayor sensibilidad (30% - 37%) y con (T_{oper}) que descendieron de (350-450)°C a ~(180-220)°C. [1]

Estos temas ampliados se detallan en el libro “Energía para o Mercosul” [5] Edición 2004 en el que se presentó el trabajo: “Celdas de Com-

bustible de Óxido sólido para la Generación de Energía eléctrica, operables en Mezclas de Metano y Aire” de Noemí E. Walsöe de Reca, que recibió el Premio de la UNESCO en Ciencia y Tecnología y en el libro “Prêmio Mercosul de Ciência e Tecnologia [6] Edición 2010, con autores: Dr. Aldo Felix Craievich (Brasil, nacido en Argentina) (<https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-1-no-3-2013/>), Dra. Noemí E. Walsöe de Reca (Argentina), Dr. Diego Germán Lamas (Argentina) y Dra. Marcia Carvalho de Abreu Fantini (Brasil) que recibieron el Premio de la UNESCO de la Categoría Integra-

ción con el tema: “Materiais nanoestructurados: Síntesis con Radiación Sincrotron, Propiedades y Aplicaciones”.

Para cerrar este párrafo citaremos la tesis doctoral de Mariana Poiasina CAI-CONICET y CITEDEF defendida hace muy poco tiempo (08/09/22) “Sensores de Gases construidos con Materiales funcionales, cerámicos nanocrystalinos” (7), tesis doctoral en Ciencia y Tecnología de Materiales, UNSAM-Instituto “Jorge Sabato-CNEA, Dirección: Dra. Noemí E. Walsöe de Reca, Co-director: Dr. Horacio Canepa. En esta tesis se desarrolló el material nanocrystalino

que se usó en la producción de Sensores de Gases de Alta Sensibilidad para detectar (10-15) ppm de gas $\text{SH}_2(\text{g})$ en aire. Esta cantidad del gas sulfhídrico en aire se produce en la Planta de “cracking” de petróleo de YTEC (Institución que solicitó) y es responsable de producir cáncer en un año de trabajo de 8 horas diarias de los trabajadores.

Vamos a hacer un intervalo en este relato para contar un cambio político muy importante que ocurrió en 2007: CITEDEF dejó de ser dirigida por militares, aunque permaneció dependiente del Ministerio de Defensa. La medida inquietó a

los grupos de investigación ya que los últimos presidentes de CITEDEF eran doctores en Física, Química o Ingenieros (generalmente, con la especialidad Nuclear) por provenir del Instituto Balseiro-Bariloche. Teníamos una excelente relación con ellos (excelentes personas) quizás debida a una mayor comprensión de lo que hacíamos además de cumplir con nuestras promesas de trabajo. Pero, nuestras inquietudes se disiparon ya que, si bien tuvimos por un tiempo corto algún nuevo presidente de tipo “administrador”, el Dr. Pablo Bolcatto, Investigador de la Carrera del CONICET, quien trabajara en la Universidad en Santa Fe

fue nombrado y nos propuso seguir adelante con los proyectos en marcha que se prolongan actualmente lo que fue un alivio para todos. Yo ya no pertenecía a CITEDEF pero no puedo desprenderme de un centro y su personal después de 56 años de trabajo.

Y ahora, terminado el intervalo, continuemos con los proyectos en marcha.

Existe una buena cantidad de trabajos realizados y publicados por la que suscribe sobre el tema pero, en los que hoy sólo intervengo, para escuchar y aprender temas tales como:



Figura 5: Primer “Premio MERCOSUR 2010”, Categoría Integración de UNESCO, otorgado al Proyecto: “Materiales Nanoestructurados: Síntesis con Radiación Síncrotron: Propiedades y Aplicaciones”, por Brasil Dr. Aldo Craievich (Departamento de Física, USP, Brasil) y Dra. Marcia Fantini (LNLS-Laboratorio Nacional de Luz Síncrotron Campinas, Brasil) y por Argentina: Dra. Noemí E. Walsöe de Reca y Dr. Diego G. Lamas (ambos del CINSO-CITEDEF-CONICET). En la foto aparecen de izquierda a derecha: Dr. Diego G. Lamas, Dra. N. E. Walsöe de Reca, Dr. Lino Barañao (Ministro de Ciencia y Técnica e Innovación Tecnológica de la Argentina), Dra. Marcia Fantini y Dr. Aldo Craievich. El Dr. Lino Barañao entregó el Premio en el acto realizado en Buenos Aires.

- *Alimentación Segura (Aplicaciones de la Nanotecnología en Alimentos y sus Riesgos. Caracterización de las Propiedades de los Alimentos con Nariz Electrónica)*. En este último tema, se realizaron avances considerables en el campo científico e industrial, análisis sensorial de los Alimentos [8] y en la formación de recursos humanos especializados, directora: Dra. Valeria Messina (CITEDEF-CONICET) con la colaboración de: Facundo Pieniazek CONICET) y la Téc. Sra. Norma Ortiz (CITEDEF).
- *Raciones de Alimentos para cubrir las Necesidades nutricionales de Soldados en Operaciones militares y para emergencias masivas*: trabajo dirigido por la Dra. Valeria Messina (CITEDEF-CONICET) y Nariz electrónica. **Área de Alimentos** (degradación de aceites de oliva por la luz, el aire y la temperatura, calidad de ajos naturales, disecados y liofilizados, contaminación de oréganos, calidad de jugos de naranja, etc.), en las áreas de cosméticos, envases, productos farmacéuticos, entre otros y para control del medio ambiente (calidad de suelos, procesamiento de biosólidos productos de desechos cloacales, contaminación de efluentes y de suelos, etc.).
- *“Materiales con Memoria de Forma de CuAlNi para aplicaciones tipo actuador a temperaturas superiores a ambiente”*. Esta línea es dirigida por la Dra. Rosana Gastien (CITEDEF) y se estudian las propiedades termo-mecánicas de aleaciones con memoria de forma en CuAlNi. Estas investigaciones tienen como objetivo la optimización de la respuesta térmica y mecánica de este material para su utilización como actuador en dispositivos que se

emplean a temperaturas mayores que la ambiente. Este grupo trabaja en colaboración con Grupo Física de Metales del Instituto Balseiro-Bariloche-CAB-CNEA.

- *“Corrosión de Materiales” El grupo se ocupa de la Corrosión de Aleaciones Ferrosas y no Ferrosas de Aplicación Aeroespacial con la dirección de la Dra. Gabriela Cicileo (CITEDEF)*. Se estudia el comportamiento de la corrosión de aleaciones de aplicación aeroespacial para sondas científicas. Se analizan aleaciones de aluminio de la serie 6000 que forman parte de las estructuras en contacto con la atmósfera debido, fundamentalmente, a su buena relación entre el peso y la resistencia del material.
- *Síntesis y Caracterización Estructural de “Perovskitas” basadas en Titanato de Estroncio Dopado con Metales de Transición con Propiedades Fotocatalíticas*, Lic. Alejandro Fernández (CITEDEF).

■ EL FUTURO...

Durante todo el desarrollo hablamos con alegría de logros, pero también surgieron algunas frustraciones. Recogeremos sólo dos ejemplos para ilustrar el tema que tanto nos aflige.

En el grupo se obtuvieron y patentaron (1972) las pilas de estado sólido: $\text{Ag/IAg}\beta/2\text{I}_2\cdot\text{Pi}$ empleables en marcapasos de implantación cardíaca y se transfirió la tecnología al Ministerio de Salud Pública y Acción Social. El proyecto del Primer Marcapasos Cardíaco Argentino había sido realizado en forma conjunta por el Depto. de Electrónica de la UNT-Universidad Nacional de Tucumán (dirigido por el Ing. A. Valentinuzzi, <https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-1-no-2-2013/>) y en

el PRINSO-CITEFA la obtención de las pilas de estado sólido fue dirigida por el Dr. Juan I. Franco y yo misma. En este proyecto, contamos con la ayuda del Ministro de Salud y Acción Social Francisco Manrique no sólo en los trámites sino también para lograr que los médicos cardiólogos hicieran un estudio minucioso de la respuesta del primer marcapasos, asegurando la confiabilidad y duración del dispositivo. El Ing. Valentinuzzi como responsable del marcapasos y nosotros (en CITEFA) como responsables de alimentar el dispositivo con las micropilas de estado sólido, no estábamos autorizados para probar los marcapasos en animales ni, por supuesto, en seres humanos. El Ministro Manrique nos apoyó en todos los trámites y los médicos realizaron las pruebas de confiabilidad necesarias. El proyecto se comentó en muchos medios y en periódicos importantes: *Clarín*, por ejemplo, publicó en la doble página central la noticia del marcapasos obtenido. La historia posterior es corta y decepcionante: el Ministro Manrique renunció a su cargo al que, sin embargo, volvió después de un corto tiempo. Para esa época, el proyecto del marcapasos de implantación cardíaca se fue desdibujando, no se contestaba la correspondencia y, pronto, cuando el Ministro Manrique volvió a renunciar (y, la segunda vez, definitivamente) se volvieron a comprar en el exterior cantidades considerables de marcapasos destinados a los jubilados como se solía hacer habitualmente. Esa frustración nos marcó mucho. Comprendimos que transferir tecnología no era sólo estudiar y trabajar intensamente y patentar un desarrollo de calidad sino transitar caminos políticos que no conocíamos y que creo nunca estuvieron a nuestro alcance. La empresa “Alberto J. Roemmers” que había subsidiado el trabajo antes descripto y también había premiado los logros en el tema de las pilas

de estado sólido especiales, continuó ayudándonos y así, pudimos desarrollar el marcapasos auditivo, pero la transferencia de tecnología para la fabricación del Marcapasos Cardíaco Argentino nunca se logró. Varios años después el Dr. Renée Favalaro (de quien recibimos también apoyo, amistad y lecciones de optimismo quiso remozar el proyecto pero la patente inicial de las pilas de marcapasos estaban a punto de vencer (tanto las pilas de Ag/IAg β /212.Pi como las de Li/Li/CTC desarrolladas conjuntamente) y, fuimos nosotros mismos, ya dedicados a otros proyectos que también “salimos a vender”, quienes bajamos los brazos y no nos animamos a comenzar de nuevo en este tema.

Otro ejemplo, la *Planta de Microelectrónica*, dirigida por el Cap. Navío Harry A. Leibovich. en 1977, se transformó en el Centro Nacional de Desarrollos de Componentes Electrónicos CENICE (SECyT – CITEFA-CONICET). En el CENICE se homologaron circuitos híbridos activos y pasivos en los laboratorios de las empresas: Siemens, GTE Internacional, IBM y Thompson, se firmó un contrato de transferencia de tecnología de película gruesa a la firma Hibricom S. A. (grupo Tevycom) y se homologaron los transistores bipolares de uso general para la firma Texas Instruments. También en el CENICE existía, como en nuestro grupo, la esperanza de una transferencia de tecnología duradera aunque las acciones para lograrla se basaban en caminos diferentes. Discutimos mucho el tema con el Cap. Leibovich ya que el CENICE basaba el éxito de su trabajo en conseguir un gran laboratorio muy bien equipado para ayudar a copiar una tecnología exitosa y en un gran apoyo político. En nuestro grupo, en cambio, queríamos formar recursos humanos especializados para alcanzar resultados originales y, en consecuencia,

patentables (a menudo, bromeaban diciendo que nosotros “criábamos” tesis de doctorado y que éramos “fabricantes de papers”). Dado que el Cap. Leibovich y la que suscribe éramos ambos muy tercos, continuamos trabajando fuerte sobre dos principios diferentes. Los vaivenes del país hicieron que los apoyos políticos del CENICE se discontinuaran, que el sueño de la transferencia de tecnología se diluyera y que el grupo se disolviera, sumándose una parte de su personal técnico al Departamento de Microelectrónica-CITEFA.

Basten estos dos ejemplos (hay varios) para demostrar que, cuando los resultados trascienden las instituciones y/o los grupos se convierten en herramientas políticas. Comprendimos que no estamos capacitados para defender nuestros logros en el área político-económica, así que seguimos trabajando aumentando el nivel científico de nuestras investigaciones (CITEDEF y el CONICET así lo acreditan) y alimentando con modestia proyectos que les solucionarían sus problemas. En cuanto a la situación actual, confiamos en la capacidad científica y tecnológica de la gente del grupo de CITEDEF-CONICET y de nuestro mundo científico-tecnológico pero, no se puede ignorar que estamos en un momento muy difícil del país. Al hacer un relevamiento encontramos que numerosas empresas se han cerrado o que están trabajando a “media marcha” y, otras, que no quieren pensar en mejoras de su trabajo o en nuevos proyectos. También, la emigración de científicos o de familias enteras al exterior nos preocupa: se pierden muchas ilusiones y esfuerzos puestos en su formación. La falta de fondos para seguir formando gente y manteniendo los laboratorios en marcha, la falta de interés en nuevos proyectos y la caída del nivel educacional también me asustan. Tengo

en mis manos un folleto que informa sobre el Premio “Líder Tecnológico 2014” que me confirió FUNPRECIT-Fundación para la Integración de los Sistemas: Productivo, Educativo, Científico y Tecnológico y recuerdo una época todavía con organización con nuevos proyectos, no se me ocurre nada positivo, no sé si por los muchos años que tengo o porque estamos en un “impasse” demasiado duro. Nuestro lema: “adelante, siempre adelante” parece sonar muy “naïf” (aún para los optimistas como nosotros) pero, que suene y no bajemos la guardia: ¡“adelante, siempre adelante”!

■ BIBLIOGRAFIA ELEGIDA

- [1] DEINSO-CITEDEF, UNIDEF (Convenio MINDEF-CONICET). “Historia DEINSO 1966-2022 “Un poco de Historia, Acciones, Resultados, Recuerdos y Reflexiones”, Dra. Noemí Elisabeth Walsøe de Reca. Este libro está en proceso de Impresión. Si al lector le interesa conocerlo o necesita alguna información puede solicitarlo a bettywalsøe@gmail.com. Se le puede también enviar el texto (sin fotos).
- [2] Capítulo IV del LIBRO: “Recent Research Developments in Crystal Growth”, Transworld Research Network, Kerala-India y London-UK (2004).
- [3] Premio: “Microsensores de Estado sólido para Monitoreo del Medio ambiente”-Trabajo presentado: “Sensor de SnO₂ de Película gruesa para Monitoreo de Gases”- LIBRO-Proyecto IX.2. Editado por CYTED (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo) Autores: L. B. Fraigi (INTI) D. G. Lamas y N. E. Walsøe de Reca: PRINSO- CITEFA-CONICET (1999).

- [4] LIBRO *“Energía para o Mercosul”* Edición 2004 con el trabajo: *“Celdas de Combustible de Óxido sólido para la Generación de Energía eléctrica, operables en Mezclas de Metano y Aire”* de Noemí E. Walsöe de Reca, que recibió el Premio de la UNESCO en Ciencia y Tecnología.
- [5] LIBRO *“Prêmio Mercosul de Ciência e Tecnologia, Edición 2010*, autores: Dr. Aldo F. Craievich (Brasil), Dra. Noemí E. Walsöe de Reca (Argentina), Dr. Diego Germán Lamas (Argentina) y Dra. Marcia Carvalho de Abreu Fantini (Brasil) que recibieron el Premio de la UNESCO de la Categoría Integración con el tema: *“Materiais nanoestructurados: Síntesis con Radiación Sincrotron, Propiedades y Aplicaciones”*.
- [6] *“Nanotecnología para o Mercosul”*. Edición 2010. LIBRO del Premio Mercosul de Ciência e Tecnologia. *“Materiais Nanoestructurados, Síntesis, Estudos com Luz Síncrotron, Propriedades e Aplicações”*- Categoría Integración. Autores Premiados: Dr. Aldo F. Craievich (Brasilero); Dra. Noemí E. Walsöe de Reca (Argentina); Dr. Diego F. Lamas (Argentino) y Dra. Márcia Carvalho de Abreu Fantini (Brasilera).
- [7] *“Sensores de Gases construidos con Materiales funcionales, cerámicos nanocrystalinos”*. Tesis Doctoral en Ciencia y Tecnología de Materiales, UNSAM-Instituto “Jorge Sabato-CNEA, Dirección: Dra. Noemí E. Walsöe de Reca, Co-director: Dr. Horacio Canepa (2022). Paper en publicación.
- [8] *“Recent Contributions to Sensory Analysis of Foods”*, trabajo presentado: *“Comparative and Complementary use of sensory Panel and electronic Nose. Extra Virgin Olive as a Study Case”*, de: V. Messina (CINSO-CITEDEF-CONICET); A. Biolatto (EEA-INTA-Concepción del Uruguay-Ruta Provincial 39); A. Descalzo (ITA Tecnología de Alimentos CC77-Morón y Facultad de Agronomía y de Ciencias Agroalimentarias); A. Sancho (I.T.A.CC77-Morón y Fac.Agronomía y Ciencias Agroalimentarias); A. Calviño (Facultad de Farmacia y Bioquímica-Cátedra: Fisiología- CONICET), G. Grigioni (ITA., Facultad de Agronomía y de Ciencias Agroalimentarias, CONICET) Noemí E. Walsöe de Reca (CINSO-CITEDEF-CONICET).
- [9] *“Conductivity Behavior of RbAg₄I₅”*. C. García, J. I. Franco, J. I. López Tonnazzi y N. E. Walsöe de Reca, Solid State Ionics, 9/10 (de) 1233-1235, Ed. Elsevier, The Netherlands.
- [10] *“Características y Aplicaciones de los Electrolitos Sólidos”*. N. E. Walsöe de Reca. Argentina, Monografía Nro. 2 de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales-ANCEFyN, (1983) 165-184. Trabajo presentado por invitación en las Jornadas “Dr. Abel Sánchez Díaz”, sobre “Electroquímica Básica y Aplicada”.

■ NOTAS:

De los 565 “papers” producidos en el grupo sobre los temas tratados en esta Reseña solamente se han elegido estos 10 trabajos que están directamente relacionados con la producción de dispositivos a partir de los estudios realizados.

1 Ver su Reseña en este mismo número.

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 Físicoquímicas 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

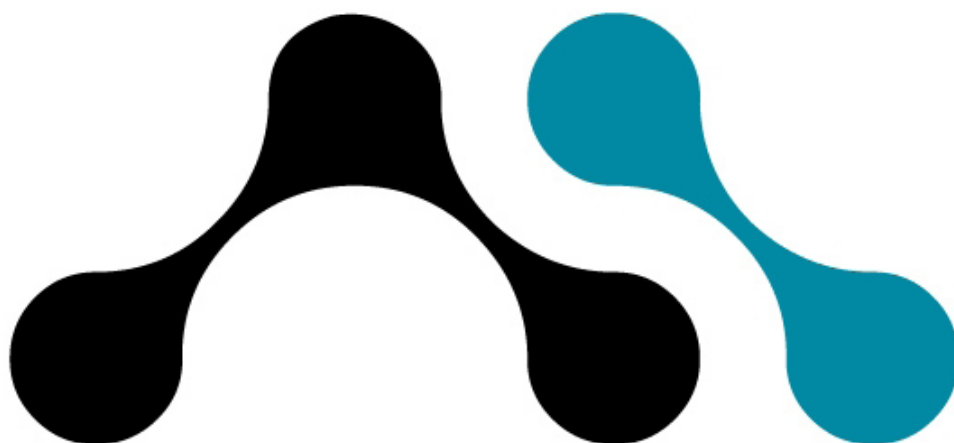
2. En caso que el manuscrito presente secciones y subsecciones, los subtítulos correspondientes irán sin numeración. Cada subtítulo irá en negrita, con mayúscula inicial, tamaño 12. No se recomienda dividir las secciones en subsecciones, pero si ello fuera necesario, los títulos de las subsecciones irán 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.



FUNDACION ARGENTINA DE
NANOTECNOLOGIA

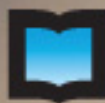
(5411) 4518-1715/4518-1716 - 25 de Mayo 1021. C.P. 1650.
San Martín. Provincia de Buenos Aires. Argentina - www.fan.org.ar - info@fan.org.ar

El artículo 41 de la Constitución Nacional expresa:

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

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

3iA



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
SAN MARTÍN



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