

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 educacionales 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.