

Olimpiada Argentina de Química 1991-1999



Olimpiada Argentina de Química

Norma Sbarbati Nudelman

UN POCO DE HISTORIA.....

En 1991 comienza la OLIMPIADA ARGENTINA DE QUIMICA (OAQ) como una apuesta para incentivar el interés de los alumnos en esta disciplina y acercar al aula los avances científicos más recientes, que continuamente contribuyen a mejorar la calidad de vida y el progreso de la sociedad. Surgió de una conversación con el entonces Decano de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN) de la UBA, Dr. E. Recondo, quien me pidió que organizara la misma. Uno a uno fui seleccionando los docentes-investigadores que me ayudarían en tal empresa, busqué en ellos una sólida y fundamentada excelencia en el conocimiento, activa labor en investigación y una fuerte vocación docente. Amerita recordar a esos primeros colaboradores, Dres. C. Colombano, N. D'Accorso, L. Galagovsky, A. Ghini, N. Mazzini, R. Soriano, al año siguiente se incorporaron P. Aramendia, S. Bilmes, M. Fascio, y luego muchos otros docentes-investigadores fueron agregándose al grupo olímpico. También merecen especial recuerdo, todos los profesores de los establecimientos de enseñanza media que desde el principio se acercaron a nosotros con un entusiasta espíritu de participación

y que en muchos diálogos fecundos contribuyeron enormemente a que la OAQ se convirtiera, en muy poco tiempo, en un referente obligado de lo que puede lograrse cuando hay vocación, espíritu de superación y amor a la enseñanza y cuando hay estudiantes, profesores secundarios y profesores universitarios trabajando con objetivos comunes. Tentada estoy de escribir sus nombres, y el de sus colegios, pero son tantos que el listado se haría demasiado largo... pero a todos ellos mi profundo agradecimiento.

OBJETIVOS Y PRIMEROS RESULTADOS...

Desde su comienzo, el principal objetivo que nos propusimos fue estimular la creatividad y el interés de los alumnos, entendiendo que ello sólo puede lograrse a través de una propuesta de libre participación donde la actualización del conocimiento, la excelencia académica y el estímulo a la propia indagación estén garantizados. Dada la disparidad de programas en el nivel secundario, la OAQ elaboró un listado de contenidos mínimos, y se fueron enviando series de problemas de entrenamiento sobre los distintos temas, para luego iniciar, en la segunda mitad del

año, las Rondas eliminatorias de certámenes Colegial, Intercolegial, Zonal y Nacional. La inscripción a la 1ra. OAQ'91 fue de 1320 alumnos; a medida que transcurría el año nos llegaban comentarios de profesores de colegios secundarios sobre el excesivo nivel que habíamos marcado... no había forma de bajarlo pues ya se habían enviado todos los problemas de entrenamiento, y comenzado los certámenes. Nos preguntábamos: ¿llegará algún alumno al Certamen nacional? Para nuestra gratísima sorpresa, luego de superar las 3 Rondas eliminatorias anteriores, ¡concurrieron 83 alumnos para el Certamen Nacional! Esto nos señaló que no era necesario bajar el nivel....

Establecimos para la OAQ los siguientes principios generales: libertad de participación; intencionalidad educativa; igualdad de oportunidades; integración social y regional; participación gradual; diálogo alumno-profesor secundario-profesor universitario; relación ciencia-vida cotidiana. Sobre esta base, al año siguiente se constituyó en un Programa de la FCEN y todos los miembros del Comité Olímpico nos comprometimos a no soslayar uno sólo de nuestros compromisos como docentes de la FCEN; por lo tanto, las tareas de la OAQ se añadían a las



Examen experimental C. Nacional Nivel Superior en el laboratorio OAQ

propias obligaciones de cada miembro. Una de las primeras dificultades que debimos afrontar fue la diversidad de los distintos establecimientos educativos y la existencia de Colegios especializados en ciencias: hecho ciertamente positivo y estimulante, pero que señalaba, desde el comienzo dos poblaciones diferenciadas en cuanto a la dedicación curricular. A fin de propender a la participación de todos los colegios se establecieron tres niveles de participación, y se establecieron Centros Intercolegiales y sedes Zonales por todo el país. También advertimos rápidamente, que la mejor manera de multiplicar nuestros esfuerzos era la urgente capacitación de los profesores secundarios y desde el '92 iniciamos el dictado de **cursos intensivos** en distintos centros del interior del país con una entusiasta respuesta por parte de los profesores.

Los resultados se hicieron notar enseguida... alumnos de esos centros comenzaron a figurar entre los medallistas de los 3 niveles, lo que fue también muy estimulante para todos los alumnos de esos establecimientos. Conforme al reglamento de la OAQ, en el Certamen Nacional (CN) todos los alumnos rendían examen escrito, y para decidir las medallas en los 3 niveles se tomaba un coloquio Oral entre los mejores

de cada nivel. La Química es una ciencia experimental, y en 1993 pudimos establecer por primera vez, un examen de laboratorio para el nivel superior: esto marcó un hito muy importante por la dificultad que significaba su implementación, y se mantuvo durante todos los años siguientes... Mientras los alumnos rendían su examen escrito, miembros del Comité Olímpico nos

sino a elevar el nivel y el interés de todo el aula. El logo de la OAQ también es fruto de los estudiantes: hicimos un concurso en el que participaron más de 250 estudiantes con distintas propuestas, fue muy difícil la selección, pero todo el Jurado estuvo de acuerdo en el primer premio...que se constituyó para siempre en el logo de la OAQ, se difundió por todo el país, y fue también el



C. Figueroa (Otto Krause); S. Klinke (Hölters Schule); R. Zapata-Zorza (Inst. Don Zeno); A. Zelcer (ORT) ganadores de 4 medallas de bronce, 27ª. OIQ, Beijing (CHINA), 1995 reciben diplomas en la ASOCIACION QUIMICA ARGENTINA

reuníamos con todos los profesores que los acompañaban para intercambiar impresiones y experiencias. Esas reuniones fueron siempre muy ricas, tanto en cordialidad como en los avances que lográbamos con el fluido intercambio. Allí los profesores nos manifestaban que, gracias a la OAQ, se terminaban los programas dado que las series de problemas iban avanzando en los distintos temas. También nos decían que la existencia de la OAQ promocionaba todo el nivel del aula, no solamente el de aquellos alumnos que participaban. Estos comentarios me resultaron siempre muy gratificantes, dado que ése era el objetivo que nos habíamos propuesto, tanto esfuerzo por nuestra parte no estaba dedicado solamente a lograr algunos pocos alumnos destacados,

símbolo del equipo argentino en el exterior. Varios profesores nos decían que muchos de sus alumnos deseaban llegar al CN para lucir la camiseta con el logo (señal de que habían superado las otras instancias!)



S. Klinke (plata); A. Zelcer (oro); R. Zapata-Zorza (bronce) P.Barrios (bronce), en la 28ª OIQ, Moscú (Rusia). Mentores: Dres. A. Ghini y N. S. Nudelman

OLIMPIADAS INTERNACIONALES

Desde el '92 comenzamos a vincularnos con la **Olimpiada Internacional de Química, (OIQ)**; en el '93 y '94 Argentina fue invitada a participar como Observador Oficial: esos dos años fueron muy significativos porque pudimos apreciar las múltiples dificultades que significaban esas competencias, cómo se organizaban las olimpiadas nacionales en los diversos países, cómo realizaban el entrenamiento y muchos otros aspectos más, que fuimos valorando cuidadosamente. Esta profunda observación, que volcamos al Comité Olímpico y a los estudiantes durante el entrenamiento, posibilitó que en la primera participación del equipo argentino, en la **27ª. OIQ en Beijing (China)** en 1995 marcara un record en las OIQ: ¡un país primera vez que compite gana 4 medallas de bronce! Fue también la primera vez que un país de Latinoamérica recibiera premio, y fueron 4 medallas. Un mentor europeo nos comentó: "Esto es un verdadero récord en las OIQ!!... Además: que un estudiante gane medalla no es fácil, pero que ganen los 4 señala un muy buen entrenamiento de todo el equipo."

Los rápidos resultados obtenidos en nuestras aulas en los primeros años de la OIQ, me llevó a proponer a distintos colegas latinoamericanos en 1993 la creación de una **Olimpiada Iberoamericana de Química, (OIAQ)**, invitándoles a quien pudiera, que postulara a su país como sede, ya que nosotros no disponíamos de fondos. La propuesta fue recibida con mucho entusiasmo y México se postuló como sede. En una charla en Mendoza comenté esta idea, y el entonces Sec. de Ciencia y Técnica, Ing. Favre, se paró al final de la charla diciendo: "Quiero ofrecer a Mendoza como sede de la 2ª. OIAQ, y si México no pudiera, cuenten con el apoyo de Mendoza para realizar la 1ª." Esta intervención fue providencial, pues luego vino "el efecto tequila", México no pudo hacerla y la **1ª. OIAQ**, con 10 países partici-



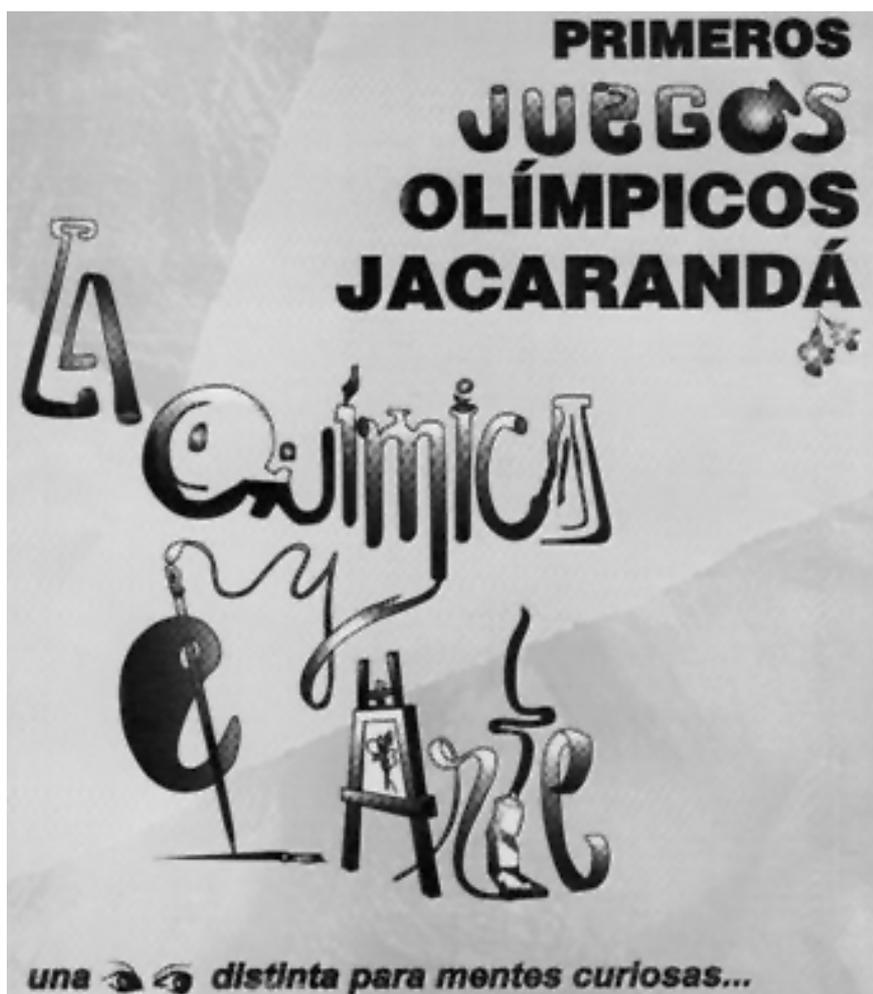
"Fuente Hidráulica" 3ros. JOQJ 1999 (Jurado artístico)

pantes, se realizó en Mendoza en 1995, donde Argentina logró una medalla de oro, dos de plata y una de bronce. Cabe señalar que, para ese entonces, ya había cambiado el Secretario. de Ciencia y Técnica, no obstante lo cual, el nuevo funcionario quiso honrar el compromiso asumido. Los resultados educativos de esta iniciativa regional se hicieron notar rápidamente: más países iberoamericanos comenzaron a participar en las OIQ (incluyendo España que antes no lo hacía), también empezaron a lograr sus primeros premios, y las OIAQ continuaron realizándose en distintos países cada año.

En 1996, en la **28ª OIQ** en Rusia, **Argentina logró el galardón de ser el primer país de habla hispana en ganar una medalla de oro.** En la 2ª OIAQ realizada en México (1996), el equipo argentino volvió con 2 medallas de oro, una de plata y una de bronce. En 1997, en la OIQ en Canadá y en la 3ª Iberoamericana en Brasil, las 2 delegaciones logran 3 medallas de oro, dos de plata y una de bronce; en 1998 en la **XXXa. OIQ** (Australia), con dos medallas de oro, una plata y un bronce: **Argentina ocupó el 3er lugar** entre los 52 países participantes, y fue el único país con dos es-



Reunión con Profesores de establecimientos de escuela media



1ros. JUEGOS OLÍMPICOS DE QUÍMICA JACARANDA 1997

tudiantes entre los 10 mejores del mundo. Finalmente, en la **31a. OIQ** celebrada en Tailandia, **Argentina ocupó el 2do. lugar** entre los 52 países participantes. Esta fue la última OIQ, en la que participó el equipo de Argentina bajo mi dirección. En virtud de los logros argentinos en las OIQ, el Jurado Internacional me designó en 1998 **representante por las Américas en el Steering Committee de las OIQ**, constituido por sólo 7 miembros de las distintas regiones del mundo. Cabe destacar estos hechos, no por lo personal sino por lo que significó Argentina en esos pocos años en los que marcó records internacionales de diversos tipos, gracias al esfuerzo mancomunado de todos los miembros del Comité Olímpico. Es de destacar también el apoyo de la ASOCIACIÓN QUÍMICA ARGEN-

TINA (AQA), que cada año convocaba a los campeones olímpicos nacionales e internacionales, y en un acto muy emotivo, en presencia de representantes de los diversos establecimientos educativos, les entrega un diploma en reconocimiento a sus méritos. Resumiendo, en el período '95-99 los equipos argentinos ganaron: 11 medallas de oro; 14 plata y 14 bronce en competencias internacionales. Sin menoscabo de lo significativo de esos premios, pensamos que el logro más importante fue la promoción, en todo el país, del nivel del aula en general, conseguida en sólo 5 años.

JUEGOS OLÍMPICOS DE QUÍMICA JACARANDA

A la vista de los excelentes resultados edu-

cativos de la OIQ, en el año 1996 comenzamos a vislumbrar el **PROYECTO JACARANDA**. Su objetivo: llevar la Química a los primeros niveles de la enseñanza; comenzamos ese año con Cursos de Capacitación para maestros y al año siguiente organizamos los **PRIMEROS JUEGOS OLÍMPICOS DE QUÍMICA JACARANDA (JOQJ)**, dedicados a todos los alumnos del 2° y 3° ciclo de la EGB o su equivalente de Capital Federal y Gran Buenos Aires. El tema convocante fue "**La Química y el Arte**". Con una mirada distinta, a partir de elementos simples y de uso cotidiano, usando procesos físicos o químicos, los chicos manifiestan su creatividad. Ese año, participaron más de 400 alumnos de Capital Federal y Gran Buenos Aires, en el certamen Final de los **1° JOQJ'97**. Durante alrededor de 3 horas, y en un clima de total entusiasmo, desarrollaron su ingenio llegando a resultados sorprendentes, que fueron evaluados por un Jurado científico y otro artístico, formado por reconocidos artistas plásticos. Los alumnos debían explicar los fundamentos físicos o químicos de los procesos involucrados en sus trabajos, y, además, la obra debía tener un valor estético. Cabe destacar que fuimos un tanto precursores en esta innovación educativa, en la presente década han aparecido, en distintas partes del mundo, diversas metodologías que involucran el arte y la ciencia; la portada abril 2006 de la revista de la IUPAC (principal Unión Internacional de Química) se titula "Art & Science" y está enfocada en esa dirección. Además del aprendizaje de las ciencias, estos Juegos tienen el privilegio de integrar los maestros de ciencias naturales con los de plástica en un diálogo muy constructivo. Al año siguiente los **2° JOQJ'98**, coordinados por la Dra. R. Goldberg, se extendieron a todo el país, y se organizaron en 3 rondas eliminatorias: intercolegial, zonal y nacional. El tema convocante fue nuevamente: "**La Química y el Arte**". Llegaron al Certamen Final escuelas de Misiones, Santa Fe, La

Rioja, Santiago del Estero, Entre Ríos y Buenos Aires, además de Capital Federal y Gran Buenos Aires, y se celebraron en la Escuela N° 4, DE 16 de esta Ciudad. Compitieron 934 chicos 3 niveles que habían sorteado las 3 rondas eliminatorias. En el año '99, más de 10.000 niños de escuelas primarias de todo el país participaron de los **3ros. JOQJ, 1999** y, al igual que en años anteriores tanto el Jurado Científico, formado por profesores e investigadores de la Facultad de Ciencias Exactas (UBA), como el Artístico, integrado por reconocidos artistas plásticos resultaron gratamente sorprendidos por la calidad de los trabajos, el nivel de las respuestas y la creatividad e ingenio de los pequeños artistas, que trabajaron en un clima festivo de auténtica alegría. También dictamos cursos y Talleres de laboratorio y se realizaron experiencias demostrativas con docentes y alumnos en la Feria del Libro Infantil, demostraciones de laboratorio en la Feria del Libro, en el Stand de la Academia Nacional de Ciencias Exactas y Naturales, en Ferias de Ciencias, etc.

Desde 1994, la OAQ constituyó un Programa del Ministerio de Educación, y se expandieron sus actividades agrupándolas en cinco proyectos. Además de las Olimpiadas Nacionales, coordinadas por el Dr. Ghini, y las Intenacionales coordinadas por quien suscribe, los **Cursos intensivos de capacitación** para docentes de la escuela media, coordinados por la Dra. D'Accorso, se ampliaron al dictado anual de más de 50 cursos en diversos puntos del interior del país, además de las ofertas de una decena de cursos en Capital Federal durante las vacaciones de febrero y de julio. En 1995 construimos el **Laboratorio de la OAQ**, en un espacio en la FCEyN otorgado por el Sr. Decano, y en la supervisión de la primera fase colaboró la Dra. L. Galagovsky. Dicho laboratorio es único en su género pues se organizó con una distribución muy funcional de servicios y mesadas y conforme a las

más estrictas normas internacionales de seguridad. En ese ámbito se dieron talleres de laboratorio para los profesores, se entrenaron los alumnos para las competencias internacionales y también los profesores podían observar, a través de un panel vidriado, el desempeño de los alumnos durante el Certamen experimental. En el rubro **Publicaciones y Difusión**, coordinado por la Dra. R. Soriano, se editaron múltiples manuales sobre temas puntuales: e.g. Forma Molecular; Unión Química; Estructura y Propiedades Periódicas; Equilibrio Química; Estereoquímica; Espectroscopia; Polímeros, etc. y un libro con 399 Problemas de Química con sus soluciones. Esta obra fue una recopilación de las series de Problemas de la OAQ de los años 1991-1997, al hacerla, nosotros mismos nos asombramos de qué manera había ido subiendo el nivel de dificultad año a año, y eso que habíamos partido de una plataforma de lanzamiento bastante elevada.... Para los profesores de los colegios, y para nosotros mismos, fue una gratísima evaluación muy objetiva de la muy valiosa contribución de la OAQ a promocionar el nivel del aula en general. Fundamos una revista "*Enlaces*" con la cual establecimos un fluido canal de comunicación de las distintas experiencias didácticas, en cada número aprovechábamos también a incluir un artículo de fondo sobre temas de frontera. Otro tema al que dedicamos intensos esfuerzos fue el procurar a las escuelas algunos elementos mínimos de laboratorio y capacitar a los docentes para que puedan desarrollar experiencias sencillas en el aula. Denominamos al proyecto "**El Laboratorio va a la escuela**", coordinado por la Dra. E. Andrade, se diseñaron y probaron prácticas diversas, con las que luego se dictaron talleres de laboratorio. Simultáneamente, se comenzó a trabajar en las "valijas de laboratorio" y en diciembre del '97 se entregan 50 valijas a distintos colegios del interior del país, la selección de los primeros colegios que serían favorecidos por este proyecto se realizó en base a una en-

cuesta de la que recibimos más de 150 solicitudes. Poco antes de terminar el '97 las nuevas autoridades del Ministerio de Educación, resuelven discontinuar el apoyo a todas las Olimpiadas Argentinas de Ciencia.

Las **OAQ** y los **JOQJ** se siguieron desarrollando con idéntico entusiasmo durante los años 98 y 99, gracias al desinteresado equipo docente y a la colaboración de nuestros valiosos "ex olímpicos" que nos ayudaron en las tareas de entrenamiento y otras actividades. Los equipos de estudiantes y sus dos mentores, pudieron participar de las **OIQ** y de las **OIAQ** de esos dos años, gracias al pago de los pasajes por parte de la ASOCIACIÓN QUÍMICA ARGENTINA y de la Fundación "ANTORCHAS" a quienes expresamos, una vez más, nuestro profundo agradecimiento. Más de 6000 estudiantes pertenecientes a unas 1000 escuelas de todo el país participaron de la **OAQ'99** y unos 10.000 niños en los **3ros. JOQJ**; los otros proyectos no pudieron seguir desarrollándose. Todo el Comité Olímpico que se había desempeñado en los años 91-99, fue reemplazado por resolución del CD de la FCEyN, del 6/3/2000... y ésa es ya otra historia.

A toda la "familia olímpica" de esos primeros años, constituida por estudiantes, profesores secundarios y docentes-investigadores universitarios nos queda la gran satisfacción de haber colaborado muy activamente en estimular el interés de los jóvenes por las ciencias, la promoción del conocimiento y la indagación en el aula y la garantía de que con el esfuerzo personal nuestros jóvenes estudiantes pudieron lograr marcas muy altas en los más competitivos niveles internacionales. Antes de concluir, quiero agradecer, una vez más a la AQA por el premio EDUCACIÓN EN QUÍMICA, que me otorgara en el 2005, primer año de la institución de este importante premio con que se distingue a la trayectoria de un educador.

VII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Química. Comodoro Rivadavia, 9-12 de Abril de 2006

Vilma Balzaretto*

Las VII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Química fueron un acto académico sumamente importante para nuestra Universidad de la Patagonia San Juan Bosco, y en especial para nuestra Facultad de Ciencias Naturales, ya que docentes y alumnos pudieron asistir, participar e intercambiar conocimientos y metodologías con los más destacados investigadores de nuestro país y el extranjero en lo que respecta a la educación en la Química.

Participaron también del evento la comunidad educativa del nivel medio de la Patagonia Sur, ya que asistieron a conferencias, talleres y cursos docentes de diferentes poblaciones de la provincia de Chubut y Santa Cruz.

Se realizaron 9 conferencias plenarias y una semi plenaria a cargo de docentes e investigadores de las universidades nacionales y de la empresa Degussa, Estados Unidos. Se dictaron 3 Cursos y 13 Talleres, algunos con

* La Dra. Vilma Balzaretto es Dra. en Química Orgánica de la Universidad Nacional de Córdoba. Profesora Titular de Química Orgánica I y II de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco desde 1980. Presidenta de la Comisión Organizadora de las VII Jornadas. Su área de investigación es en Productos Naturales de la zona patagónica.

asistencia multitudinaria. Uno de los Talleres estuvo a cargo de la destacada investigadora Zafra Margolin-Lerman del Science Institute, Columbia College Chicago.

El número de inscriptos entre docentes y alumnos fue de 205 y 30 participantes más que asistieron sólo a los talleres.

Se presentaron 121 trabajos en 12 categorías que van desde experiencias metodológicas y didácticas en la enseñanza de la química; el desarrollo curricular en química; hasta el análisis de la inserción de la química en la sociedad a través del medio ambiente en cuanto a la conservación de alimentos y la salud., 101 en forma de afiche y 20 en forma oral.

Docentes y alumnos de la UN de la Patagonia San Juan Bosco estuvieron presentes como autores de 16 trabajos. Hubo también ponencias de Colombia y trabajos en colaboración con docentes de Cuba y de España.

La modalidad de presentación admitía resúmenes o trabajos completos. De los 46 trabajos completos presentados, 7 fueron seleccionados para la Revista Latinoameri-

cana de Educación en la Química, editada por la Universidad de San Luis, y 4 trabajos fueron enviados para ser publicados en la revista Educación en Química, de la Asociación de Educadores en Química de la República Argentina (ADEQRA)

Los 35 trabajos restantes fueron publicados en las actas de las Jornadas, en soporte electrónico y presenta en su diseño las características de un libro, con su N° de ISBN y código de barras correspondiente.

El Consejo Deliberante de la Ciudad de Comodoro Rivadavia entregó cuatro menciones a los mejores afiches.

El acto de inauguración contó la presencia de autoridades de la Ciudad, de la Asociación Química Argentina y de la Universidad. Reproducimos, a continuación las magníficas palabras del Rector de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Dr. Jorge Manuel Gil¹, alusivas a la necesi-

¹ El Dr. Jorge Manuel Gil es contador público, Profesor Titular en las Facultades de Ciencias Económicas y de Ingeniería de la Universidad Nacional de la Patagonia desde 1975. Tiene amplia y reconocida trayectoria como investigador y autor de trabajos y es profesor de postgrado en universidades argentinas, latinoamericanas y españolas.

dad de reflexionar sobre las ciencias y su enseñanza.

“Para un rector que está más acostumbrado a transitar los pasillos policiales para denunciar robos o los estrados judiciales para plantear cuestiones referidas a la corrupción, estos momentos son un soplo de aire fresco en la verdadera actividad universitaria. Desde esta mirada egoísta y personal, quiero agradecer a los organizadores la invitación.

También quiero agradecerles que han puesto en marcha mis neuroconductores cerebrales para rescatar de mi mente dos imágenes propias: una referida a una materia del ya antiguo colegio secundario denominada Merceología.

Y otra referida a la sensación de curiosidad que despertó en mí el advertir que en la carrera de economía del ITM aparecía un curso obligatorio de Microbiología.

Quiero formular una breve referencia sobre estas relaciones que pueden aparecer como lejanas en las epistemologías regionales, pero que, al menos en mi caso, son referencias sentidas que vinculan las relaciones entre la Química y la Economía. La primera referencia sobre la Merceología (literalmente la ciencia de las mercancías) una asignatura del plan de los peritos mercantiles que, recuerdo, posibilitaba un aprendizaje primario respecto de la propiedades y las constituciones químicas de mercaderías determinantes del sistema de precios de la economía (recuerdo en particular el caso de las naftas). Por supuesto, y como corresponde, formaba parte de nuestras torturas cotidianas como estudiantes secundarios, aunque no más que el Derecho civil o la Geografía. Tengo entendido que esa asignatura fue excluida desde fines de los años 60 de la currícula mercantil. Pienso que tal decisión ha deteriorado la alfabetización científica de los graduados de las



De izquierda a derecha: Dra. Vilma Balzaretti, Presidenta de la Comisión Organizadora; Lic. Adolfo Genini, Decano de Facultad de Ciencias Naturales; Dr. Jorge Manuel Gil, Rector de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco; Dra. Lydia Galagovsky, División Educación de la AQA

escuelas medias. También pienso en los gases tóxicos del desastre de Cromagnon y creo que esa alfabetización, tanto en los administradores públicos y privados como en los chicos inmolados y sus padres, hubiera podido ayudar a impedir o al menos prevenir el impacto.

El caso de la Microbiología, un escalón más a partir de la Química, la relación se genera al considerar los sistemas económicos como una especie taxonómica de los sistemas ecológicos. En ambos casos, se pueden en evidencia la necesidad de la interdisciplinariedad y sus efectos de aumentar la comprensión humana de la realidad, a partir de solapar conocimientos.

En segundo lugar, quisiera hacer una provocación intelectual a partir de una breve referencia al trípode ciencia, sociedad y educación.

El desafío, al menos parte de nuestro desafío, es educar en ciencia en un contexto global en el que sentimos que la ciencia está cuestionada. Está siendo vista como la antítesis de la cultura, la enemiga de lo bello

y lo poético, como la adversaria de la justicia social, como el conocimiento controlado por la burocracia tecnológica de los capitalistas a quienes no preocupa otra cosa que el beneficio. La leyenda negra de la ciencia.

Del otro lado, la ciencia se nos aparece como un cruzado idealista que nos llevará al mejor de los mundos posibles. Como el triunfo de la clarividencia de la razón, de la rigurosidad del método y de la revelada burbuja de la única verdad. La leyenda blanca de la ciencia.

Ni tanto ni tan poco.

Con Collins¹, adherimos a la metáfora de la ciencia como golem, un humanoide legendario hecho por el hombre con arcilla y agua utilizando ensalmos y conjuros, con la inscripción Emeth en su frente que significa “verdad”. El golem es movido por la verdad, pero eso no quiere decir que la entienda. El golem es poderoso, obediente, hará su trabajo y nos protegerá del enemigo.

¹ H. Collins y T. Pinch, “El golem”, Drakontos, Edit. Crítica, 1996, Barcelona.

go, pero es algo miope, lerdo, falible y peligroso. Es un gigante torpón que desconoce su propia fuerza, tanto como la magnitud de su ignorancia.

La química, permítaseme decirlo, ha sido y es parte de ese golem. Desde la búsqueda del alquimista medieval hasta el genoma humano de hoy, desde la pólvora hasta el ántrax. Las lecturas químicas de la realidad, ora terroríficas, ora beneficiosas.

No se trata de negar la existencia de la ciencia, ni de aceptar que su más grande fraude es afirmar que existen verdades por descubrir, se trata de problematizar su ubicación en el contexto social en la cual es aceptada, reconocida y su aplicación tecnológica revierte en mejoras de la calidad de vida entre los hombres y de convivencia con la Naturaleza. Autorícenme la osadía de aceptar que no estamos seguros de que exista la Verdad, sí estamos convencidos de que la realidad es el contexto vivencial. Y que tenemos que comprender, analizar y predecir esa realidad, para hacer más existencial la condición humana.

¿Porqué se enseña la Química?

Podríamos responder que es necesaria para describir, analizar y entender la realidad de la materia, sus propiedades y el funcionamiento de la naturaleza y poder predecir su comportamiento, pero también se enseña química porque es útil y porque estará presente en la base de ciertas tecnologías. Detrás que cada cosa que vemos en este salón hay procesos químicos naturales o diseñados por el hombre a partir de su dominio sobre la naturaleza: la pintura, los vidrios, los marcos de plástico, detrás de esas cosas (mercancías) está la química como conocimiento humano.

Los científicos que trabajan con esos conocimientos no son dioses, ni tampoco charlatanes, son una suerte de intelectuales con

experiencia en el campo del pensamiento y con las características de cualquier otro experto, que se validan por sus resultados: los economistas, los que elaboran políticas sanitarias o los meteorólogos.

Y el tipo de conocimiento experto que necesitamos, y que es pertinente al desarrollo universitario, es el que funciona socialmente, es sustentable ecológicamente, es productivo en términos económicos y es de apropiación pública. Los conocimientos no sólo son en sí mismos, sino son también su entorno natural y su contexto social de descubrimiento y de justificación y desarrollo que mantiene un capital intelectual basado en los acervos cognoscitivos de la comunidad.

Por ello hemos de reconocer que la ciencia no produce certeza, sino que funciona mediante acuerdos entre científicos. Un proceso más cercano a la ingeniería social que a la investigación pura. Aún a pesar que el modelo prevalente en Occidente es un modelo de la ciencia y de la técnica que supone que ofrece certeza completa.

Uds. saben que en una ciencia factual, de base experimental, sería más simple enseñar resultados.

Pero están aquí porque reconocen que la enseñanza de los resultados de una ciencia, nunca es una enseñanza científica.

Es necesario que el proceso y el objeto del conocimiento sean asidos y comprendidos, no sólo para que pueda retenerse e internalizarse, sino para luego ser sujetos nuevamente a prueba en un proceso dialéctico, de duda y pregunta permanente.

Por eso, la enseñanza es inescindible de la praxis y de la investigación. Se enseña investigando y se investiga enseñando. No es una cuestión de protocolos ni cánones in-

ternacionales de investigación, es una cuestión existencial: pasar de la pedagogía de la respuesta a la pedagogía de la pregunta.

Pero enseñar es también contribuir a que el espíritu científico se forme en contra de la Naturaleza² y se formule y se reformule, en contra de la opinión, del sentido común y de los conocimientos anteriores. Y este es un proceso político que involucra a la ciencia con el comportamiento humano.

Los ciudadanos que quieran participar en el proceso democrático de una sociedad tecnológica tienen que saber que toda la ciencia está sujeta a controversia y, por tanto, cae en el círculo vicioso del experimentador (criterio de competencia del experimento).

Las cuestiones científicas y técnicas desempeñan un papel cada vez mayor en el proceso político. Es necesario que los ciudadanos (el pueblo) conozcan más ciencia y más acerca de la ciencia, para poder tomar decisiones más sensatas sobre temas cotidianos como el aprovechamiento hidráulico de la cuenca del Senguer, la explotación del oro a cielo abierto en Esquel, la remediación ambiental de las petroleras, los efectos naturales a largo plazo de la actividad lanera, el uso del agua como bien social, la agricultura orgánica en la cordillera y en los valles chubutanos, por citar ejemplos de nuestra realidad regional.

También es cierto que el desacuerdo es parte de la naturaleza humana. A los científicos les resulta casi imposible, en su frente de investigación, zanjarlos mediante mejores experimentos, más conocimientos o teorías más avanzadas. Es ridículo esperar que el público en general lo haga mejor.

Por ello se necesita información tanto acer-

² Estoy muy influenciado por G. Bachelard, de quién tomo, en "Le Matérialisme rationnel", PUF, París, 1953, pp. 20, la idea de la química como "ciencia del futuro".

ca del contenido de la ciencia, como de la relación de los académicos con los políticos (que suelen ver la ciencia como una simple referencia intelectual), con los comunicadores sociales (que apenas se ocupan del tema) y con nosotros, el público lego en general (que no entiende demasiado de que se ocupan y para qué sirven los científicos).

Dado que no es posible separar la ciencia de la sociedad, hay que poner el esfuerzo en construir un puente entre la ciencia y la democracia. Democratizar la ciencia implica métodos más abiertos, posibilidad de acceso a perfeccionamiento permanente, velocidad en la transferencia de resultados provisionarios, evaluación crítica constante. Propender a una democracia con métodos cada vez más científicos, equivale a la aceptación política de la contrastabilidad, de la provisionalidad, aceptar resultados más temporarios, más dialógicos, más corregibles. Esto no garantiza por sí sólo la eficiencia social, pero es una condición necesaria para integrar ambos componentes: sacar a la Universidad del temor reverencial y ponerla en el marco de la consideración

pública como una organización útil y pertinente; sacar a la política de la facilista diatriba cotidiana y colocarla en el estadio institucional de la sociedad del conocimiento.

Como enseña Bachelard³, hay que considerar al hombre total, con su carga de ancestralidad y de inconciencia, con toda su juventud confusa y contingente, si se quisiera apreciar los obstáculos que se oponen al conocimiento objetivo, al conocimiento tranquilo. Por eso la enseñanza debe formar, más que juzgar; invitar a corregir nuestro propio pensamiento para evitar que se transformen en dogma; escapar de la obviedad para avanzar sobre la esencialidad, derribar los obstáculos amontonados por la vida cotidiana

Llevar Uds. la sacrificada y pesada mochila del conocimiento universitario, un conocimiento del que se exige aplicación a la solución de problemas sociales. Ese conocimiento universal debe transitar al cono-

³ En "La formación del espíritu científico", Siglo XXI, 12ª. Edición, Bs. As., 1984, pp. 247.

cimiento público de la ciencia, el proceso de alfabetización científica que abarca todos los saberes. Del éxito o del fracaso, de la eficiencia o el retardo de vuestra acción dependerá el alcance oportuno de tales soluciones y los cambios sociales inmanentes.

Hacer de la ciencia una parte de los recursos educativos de cualquier persona es un requisito mínimo, no porque la ciencia sea más importante que otros campos, sino porque es parte integral de una correcta visión del mundo contemporáneo.

Restaurar la ciencia en el contacto recíproco con los intereses de la mayoría de las personas, poner la ciencia en órbita alrededor de nosotros, en lugar de dejarla escapar de nuestra tradición intelectual, es vuestro desafío.

Y es también la convicción universitaria básica: poner la cultura científica en estado de movilización permanente, reemplazar el saber cerrado y estático por un conocimiento abierto y dinámico, incluir la dialéctica en todas las variables experimentales, dar a la razón motivos para avanzar."

QuímicaViva es una revista electrónica editada por el Departamento de Química Biológica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires.

Creada en el año 2002, está destinada no sólo a especialistas de la disciplina química, sino también a estudiantes y docentes de los ciclos secundario, terciario y universitario. Cuenta con **revisiones** y trabajos de **investigación** sobre diversos temas científicos vinculados a la química biológica, la biología molecular y celular, inmunología básica, microbiología, cáncer y biotecnología; **artículos de opinión** sobre temas de actualidad dentro del campo de la ciencia y la bioética; **puntos de inflexión**, comentarios sobre nuevos hallazgos científicos que marcan un cambio de dirección en el área de las ciencias naturales; así como **entrevistas** a investigadores y personas de la cultura en general.

Se puede acceder libremente a en: <http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/>

La espectroscopía de resonancia nuclear magnética

Eduardo A. Castro*

INTRODUCCIÓN

En el año 1937, el físico Isidor Isaac Rabi encontró una forma para medir la magnitud del momento magnético de los núcleos. Él hizo pasar un haz de moléculas de cloruro de litio a través de un campo magnético y bombardeó ese haz con ondas de radiofrecuencia. En la frecuencia correspondiente a una adecuada relación, Rabi pudo hacer que los momentos magnéticos de los núcleos se reorienten en relación al campo magnético aplicado y además pudo detectar esa transición. El experimento de Rabi sentó las bases de una de las herramientas analíticas más versátil en la ciencia: la espectroscopía de resonancia nuclear magnética (NMR). En la actualidad, los químicos usan la NMR para determinar las estructuras de moléculas pequeñas y el diseño de mejores drogas. Los biólogos estructuralistas emplean la NMR para estudiar moléculas más grandes, tales como las proteínas y ácidos nucleicos. Los médicos apelan a la imagen por NMR, también conocida con la denominación de imagen de resonancia magnética (MRI) para revelar tumores ocultos y asignar la intensidad de un golpe. Y los ingenieros han aprovecha-

do la NMR para hacer que las moléculas realicen cálculos sencillos que en el futuro puedan impulsar una nueva era de la computación cuántica.

En tanto algunos investigadores continúan desarrollando nuevas aplicaciones de la NMR, otros están tratando de mejorar la velocidad y la sensibilidad de esta espectroscopia. Y otros están buscando modos de diseñar y producir nuevos instrumentos más pequeños y más eficientes. Todos estos esfuerzos colectivos están impulsando a la NMR hacia un nuevo nivel de sofisticación y versatilidad. El propósito de este artículo de actualización es describir la génesis de esta espectroscopia y mostrar algunos detalles de sus distintos ámbitos de aplicación así como algunos desarrollos futuros.

UN COMIENZO RESONANTE

Hacia el fin de la Segunda Guerra Mundial, dos equipos de investigación independientes, detectaron por primera vez la resonancia magnética en la materia masiva. Estos dos grupos eran el dirigido por Edward Purcell en la Universidad de Harvard, y el otro estaba encabezado por Félix Bloch en la Universidad de Standford. Estos hallazgos facilitaron el establecimiento de la NMR tanto en la química como en la medicina. En el año 1952, Bloch y Purcell compartie-

ron el Premio Nóbel en Física. Sin embargo, no fue hasta mediados de 1950 que los químicos comenzaron a reconocer el potencial de la NMR para obtener información acerca de la estructura y la dinámica molecular. Hasta esa época, los químicos habían estado resolviendo las estructuras moleculares empleando la cristalografía de rayos X, una herramienta poderosa pero limitada, ya que sólo podía visualizar moléculas en estado cristalino.

En el año 1955, la compañía Varian Associates de Palo Alto, California, lanzó al mercado el primer espectrómetro NMR comercial, poniendo así a disposición de la comunidad científica esta poderosa herramienta analítica. Cuando la NMR entró en escena, los químicos estaban ansiosos de probar esta nueva metodología para el estudio de las moléculas en solución. La gente se encontraba bastante excitada cuando ellos pudieron constatar que la NMR podía hacerlo.

Sin embargo, los primeros equipos de NMR eran voluminosos y difíciles de usar. En el año 1961, Varian Associates introduce el modelo Q-60, el primer espectrómetro NMR con capacidad de masa. Y esto se constituyó en un avance sensacional. Los espectrómetros A-60 eran más pequeños que la versión original el equipo y además mucho más amigables para usar. En los años

INIFTA, División Química Teórica, Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas, Suc.4, C.C. 16, La Plata 1900, Buenos Aires, Argentina
e-mail: castro@quimica.unlp.edu.ar / jubert@arnet.com.ar

siguientes, las mejoras en el instrumental de NMR alimentó su popularidad. Uno de los desarrollos más importantes fue quizás la inserción de la computadora. Esto le permitió a los científicos trabajar más efectivamente con las masivas cantidades de datos obtenidos a partir del espectro NMR, respecto de lo que podían hacer anteriormente.

Además de los desarrollos instrumentales, deben destacarse los avances en las técnicas de NMR. Hacia mediados de 1960, Richard Ernst y Weston Anderson, trabajando en la compañía Varian Associates encontraron que ellos podían medir todas las frecuencias de resonancia de los núcleos magnéticos en forma simultánea. Esta técnica es conocida con el nombre de NMR por transformada de Fourier (FT-NMR). Antes de este desarrollo, el espectrómetro tenía que ser barrido en el rango completo de frecuencias. Por ello, cuanto mayor era el rango de diferencias químicas de los átomos en las moléculas, más grande era el escaneado que debía hacerse. La FT-NMR hizo posible obtener datos de NMR a velocidades cientos de veces más rápidas que antes. La técnica también mejoró la relación señal/ruido para la obtención de los datos obtenidos en el mismo lapso.

Ernst introdujo la 2-D NMR en 1975. Esta técnica permitió a los investigadores proyectar la información espectral en dos coordenadas espaciales, estableciendo así las bases para el estudio de las macromoléculas. Este desarrollo fue absolutamente vital para facilitar la determinación de la estructura de las proteínas. Las proteínas están constituidas por miles de átomos y por ello intentar interpretar el complicado espectro de NMR puede ser francamente intimidante y aún imposible. Sin embargo, la aparición de la 2-D NMR permitió a los investigadores determinar rápidamente la conectividad de los átomos, o sea como un átomo dado está conectado a otros. En la actualidad, la 3-D y 4-D NMR optimizan aún más las labores

propias de los estudios estructurales de las moléculas complejas.

Otro desarrollo instrumental que hizo posible el estudio moléculas grandes fueron los magnetos de campos intensos. Una de las limitaciones que encontraron a menudo los investigadores era la dimensión de las moléculas que podía manejar la NMR. Típicamente, la NMR sólo podía estudiar moléculas muy pequeñas que tuvieran pesos moleculares de hasta 5.000 – 15.000. Los magnetos de campos más intensos les permitió ir más allá de los límites antes indicados. Al mismo tiempo, esos magnetos de campos intensos le permitieron a los investigadores hacer las corridas experimentales con menos cantidad de material. Hacia fines de los años 70, se empezaron a utilizar los magnetos superconductores, lo cual permitió intensidades de campos magnéticos que exceden los 100 megahertz, que es el límite de los electromagnetos tradicionales. En esta misma época, los investigadores empezaron a desarrollar y aplicar la NMR en el estudio de los sólidos. En el pasado, había sido utilizada principalmente con los líquidos. Técnicas tales como desacople de pulso múltiple, polarización cruzada, rotación del ángulo mágico y la espectroscopia del cuanto múltiple, han sido de inestimable ayuda para que la NMR de sólidos emergiera en la última década como una herramienta analítica y estructural de vital importancia en la química. La sofisticación de la NMR del estado sólido ha hecho posible a los investigadores estudiar muestras tales como catalizadores, zeolitas, semiconductores, vidrios, polímeros y grandes macromoléculas, las cuales a menudo no se pueden disolver para la NMR del estado líquido o ser cristalizadas para estudios de cristalografía de rayos X.

También acaecieron varios mayores avances en las aplicaciones médicas de la NMR, denominada MRI. En el año 1973, Paul Lauterbur y col., de la State University o

New York at Stony Brook, publicaron la primer imagen por NMR de dos tubos de agua. Al año siguiente, Peter Mansfield y col. en Nottingham University, publicaron la primera imagen de un dedo humano. Y en 1977, Raymond V. Damadian y col., de la State University of New York at Brooklin, tuvieron éxito al producir la primera imagen de un tórax humano.

LA RESOLUCIÓN DE ESTRUCTURAS

Tanto la espectroscopia de NMR y la imagen de NMR capitalizan las propiedades magnéticas de ciertos núcleos, tales como el ^1H y el ^{13}C . Cuando estos núcleos están colocados en un campo magnético, ellos se alinean en el mismo sentido o en sentido contrario del campo. Cuando los pulsos de las ondas de radio-frecuencia son aplicados, cada núcleo absorbe una cierta cantidad de energía, dependiente de la naturaleza de su entorno químico. Distintos grupos de átomos en una molécula genera a conjunto de picos distintos en un espectro NMR. Tomados en conjunto, estos picos ayudan a los científicos a reconstruir el esqueleto atómico de una dada molécula. La NMR produce los datos más significativos cuando se combina con otra herramientas analíticas, tal como la espectroscopia de masas, la cual suministra información referida a la dimensión de la molécula y su fórmula química, y la espectroscopia infrarroja, la cual ayuda a identificar a los grupos funcionales componentes de una molécula.

Los químicos orgánicos han empleado a la NMR por más de 45 años para elucidar las estructuras de nuevos compuestos sintetizados. Una de tales aplicaciones es la síntesis de nuevas drogas. En el campo del diseño tradicional de las drogas, los químicos primero deben identificar a los líderes que poseen el potencial de constituirse en drogas. Luego, los químicos deben sintetizar a los análogos, que son moléculas que difie-

ren levemente del compuesto líder. La espectroscopia de NMR ayuda a confirmar la identidad de los compuestos sintetizados y con ello delimitar con mayor precisión las posibilidades de elección. Pero esta aproximación lleva mucho tiempo de ejecución y no ofrece garantías suficientes.

Para acelerar el descubrimiento de drogas, los químicos ahora apelan a una aproximación menos precisa pero mucho más rápida, denominada *química combinatorial*. Empleando esta aproximación, los investigadores pueden sintetizar bibliotecas de compuestos químicos y al mismo tiempo proceder a determinar la correspondiente actividad biológica. Como la NMR requiere tiempo y experiencia para indagar los datos, por lo cual no es de real ayuda en esa tarea. Para identificar a las muestras exitosas en las bibliotecas químicas, los investigadores usan un reconocimiento de alta resolución. Esta técnica le permite a un químico indagar rápidamente a miles de potenciales líderes al mismo tiempo. En una técnica denominada *rotulado fluorescente*, sólo los candidatos que muestran actividad biológica respecto de una proteína de prueba serán escogidos. La NMR podría ser incorporada en este proceso como una herramienta complementaria para ayudar a delimitar a los posibles candidatos. Con la NMR se puede empezar incorporando esta técnica en algunos de los detalles que la fluorescencia no puede actuar.

Para delimitar a los líderes, los químicos corrientemente apelan a las cromatografía líquida combinada con la espectrometría de masas (LCMS). Pero la LCMS no puede brindar algunos elementos informativos importantes a los fines de proveer la información estructural de una molécula. Por ejemplo, la LCMS no puede indicar la estereoquímica molecular, la cual podría ser importante para el diseño de una droga más efectiva. En algunos casos un químico puede tener dos isómeros con pesos moleculares idénticos.

En esta clase de situaciones, la NMR puede ser capaz de decidir cual isómero es el mejor candidato como droga buscada. La NMR también puede ser usada para asignar cuan bien una droga potencial se liga a una proteína testigo. Lo que se quiere es poder determinar si una molécula pequeña tiene unión con una proteína testigo y con que intensidades liga a ella. Si se puede saber su ligazón y el grado de afinidad, esto constituiría una enorme cantidad de información.

EL ABORDAJE DE LAS MACROMOLÉCULAS

Los investigadores emplean la espectroscopia NMR para analizar las estructuras de grandes moléculas tales como las proteínas. A partir del conocimiento de cómo se enrollan en sus estructuras 3-D, los científicos pueden comprender cómo se comporta una proteína en el cuerpo. Como estas moléculas a menudo son muy complejas, ellos necesitan apelar a magnetos colosalmente intensos. A su vez, debido a que las proteínas están compuestas por tan gran cantidad de átomos, sus espectros NMR pueden tener picos densamente agrupados que son difíciles de interpretar. En tal caso, los magnetos de campos ultra-intensos son de inestimable ayuda para extraer la información estructural necesaria.

Los magnetos de enormes y altos campos también sirven para mejorar la sensibilidad de los espectrómetros NMR. Esto constituye una real ventaja para los biólogos estructurales, quienes deben trabajar con pequeñas cantidades de muestras. Enormes números de proteínas se agregan a altas concentraciones, de manera que se tiene que trabajar con bajas concentraciones. Estas concentraciones con tan bajas como 50 micromolar. Hace unos cinco años, la concentración que era necesaria para trabajar era del orden de 1 milimolar, pero ahora se ha podido disminuir tal requerimiento, aun-

que este punto todavía resulta algo problemático. En estas condiciones, a veces se suele agregar algo apropiado a la solución para evitar el desagregado proteínico.

Las membranas proteicas presentan otro problema a los biólogos estructuralistas. Ancladas en bicapas membranosas oleosas, estas proteínas son difíciles de purificar y demandan el uso de delicados detergentes para poder llegar a suspenderlas en solución. La mitad de las proteínas que son de interés biológico y farmacéutico son del tipo membrana. Las estructuras de algunas de estas proteínas con disposición de membranas se pueden resolver empleando cristalografía de rayos X, pero muchas de ellas no se pueden cristalizar. Entonces, las estructuras de esta clase de proteínas deben ser resueltas por NMR en solución, o, si ellas no se pueden solubilizar, se debe apelar a la NMR del estado sólido. Ejemplos de esta última clase son las placas de *telltale* formadas en la enfermedad de Alzheimer y los manojos de proteínas encontrados en las enfermedades del prion.

La NMR a menudo puede complementar la información obtenida a partir de la aplicación de la cristalografía de rayos X. A veces, una proteína en su forma cristalina puede no representar exactamente la manera de actuar cuando ella se encuentra en solución en una célula. Así, por ejemplo, la proteína calmodulina, presenta una estructura distinta en su estado sólido respecto de su estado en solución. En el estado cristalino, la estructura de rayos X muestra dos dominios separados en esta proteína que están unidos por un eslabón rígido de forma helicoidal. Pero en solución, la NMR revela que ese eslabón es completamente flexible, lo cual resulta crítico para la unión del blanco. Evidentemente, ambas herramientas analíticas se complementan una con la otra. Si uno dispusiera de sólo una de ellas, entonces se exploraría un solo aspecto, pero si se cuenta con varios recursos que se complementan entre ellos,

entonces se puede arribar a un conocimiento estructural y funcional más completo. Una vez que los investigadores arriban a la información estructural derivada de la NMR y la espectroscopia de rayos X, se pueden depositar esos datos en el Banco de Datos de Proteínas (www.rcsb.org/pdb), que es un repositorio mundial de estructuras 3-D para más de 20.000 biomoléculas. El software de visualización incorporado a este banco de datos le permite a los investigadores de todas partes del mundo compartir sus datos NMR con sus colegas.

IMÁGENES DESDE EL INTERIOR

La MRI está basada en los principios de la NMR. Pero en vez de revelar las estructuras de las moléculas, la MRI muestra a los órganos internos de un ser humano. En una MRI, una persona yace a lo largo de un receptáculo que lo aloja y que es un magneto. Por medio de una combinación de campos magnéticos y ondas de radio, se producen una serie de señales. Una computadora convierte esta señales en una serie de imágenes 2-D. Las imágenes pueden ser combinadas para generar figuras 3-D de alta resolución.

Una MRI no sólo muestra la morfología de los tejidos, sino que también brinda información acerca de su salud. En efecto, ella puede revelar lesiones cerebrales producidas por un golpe, hemorragias, tumores o infecciones. Asimismo, una MRI puede ayudar a diagnosticar y evaluar enfermedades que afectan el cerebro, tal como la esclerosis múltiple y el mal de Alzheimer. Por otra parte, una clase particular de esta espectroscopía, denominada MRI funcional puede rastrear sistemas dinámicos en el cuerpo, tal como el flujo sanguíneo en el cerebro, lo cual le permite al médico evaluar el funcionamiento del cerebro. La técnica es similar a la obtención de una película que registre paso a paso la actividad cerebral. La MRI funcional puede ser útil para

obtener información valiosa sobre enfermedades mentales, tal como la esquizofrenia. A diferencia de otras herramientas que producen imágenes, tal como los rayos X y el escaneado por medio de la tomografía computarizada axial (CAT), la MRI evita que el paciente esté expuesto a una radiación potencialmente dañina. Como la MRI está basada en la NMR, ella emplea campos magnéticos y ondas de radio inocuas. Otra ventaja de la MRI es que distintas densidad en el tejido aparecen con un contraste mucho mayor, permitiendo así a los médicos identificar rápidamente anomalías, tales como la existencia de tumores.

Pero, junto con estas ventajas, la MRI tiene algunas limitaciones. Como la MRI debe sintonizar sus señales con las de los átomos de hidrógeno, ella trabaja mejor en los tejidos que contienen una gran cantidad de agua. Esto deja de lado otros tejidos importantes, tal como los pulmones, donde el agua es relativamente escasa. Una MRI de los pulmones puede ser de gran ayuda crítica para el diagnóstico de enfermedades pulmonares. Durante los últimos años, los investigadores han estado abocados a encontrar formas de superar este problema empleando láseres polarizados de gases nobles. Las señales normalmente débiles en los pulmones y tejidos con bajo contenido acuoso se pueden amplificar hasta un millón de veces inyectando gases polarizados, tales como el helio y el xenón, en un paciente antes de aplicar la MRI. La técnica también podría permitirle a los médicos emplear la MRI usando campos magnéticos menos intensos y con ello se podrían reducir los costos. El confort del paciente también es otra área de aplicación de la MRI que se está mejorando. En la MRI convencional, los pacientes yacen a lo largo de un magneto en forma de tubo, dentro del cual están alojados en un espacio cerrado. Para los pacientes que padecen claustrofobia, esta puede ser una experiencia muy ingrata. Los registradores de MRI abiertos permiten que los pa-

cientes puedan ser analizados sin tener que estar constreñidos por las paredes aprisionantes de los magnetos. Esta clase de MRI también le permite a los cirujanos realizar operaciones al momento de estar tomándose el espectro respectivo. En esta clase de equipos se ha avanzado bastante para optimizarlos, introduciendo ciertas mejoras de importancia que apuntan al mejoramiento del confort del paciente. Otro cambio significativo es el de poder obtener señales de resonancia magnética de muestras colocadas en un campo magnético no-uniforme. Este logro abre la posibilidad de rastreadores portátiles que pueden obtener la imagen de un objeto colocado próximo a un magneto en vez de tener que ser localizado dentro del mismo.

CONCLUSIONES

De la química a la biología, de la medicina a la física, la NMR ha logrado insertarse en casi todas las disciplinas científicas. La NMR está siendo de enorme ayuda para que los investigadores analicen desde polímeros a semiconductores y rocas antiguas. En algunos casos esta técnica se emplea para testear el estado de los productos fabricados con goma, incluyendo neumáticos. En otros casos, la NMR se aplica para identificar a los pacientes que se pueden beneficiar más con medicamentos que ayudan a disminuir el contenido en colesterol. El uso potencial de la NMR también se está investigando en el área de la computación cuántica. Así, se está empleando la NMR para manipular a las moléculas que transportan bits de información. Este procedimiento, junto a trabajos similares está abriendo nuevos horizontes para alcanzar el diseño de computadoras más poderosas que las ahora existentes. Las posibilidades de la NMR parecen ser muchísimas y aún queda mucho camino para recorrer, por lo cual es esperable que lleguen a producirse descubrimientos y aplicaciones que ahora son impensables.

Cromatografía aplicada a la determinación de residuos de plaguicidas en manzana

Loewy Ruth Miriam*

INTRODUCCIÓN

En la región del Alto Valle de Río Negro y Neuquén, la actividad agroindustrial es una de las de mayor relevancia económica y comprende la producción frutícola y la elaboración industrial correspondiente, a través de galpones de empaque y fabricas de jugo. A lo largo de los procesos de producción y elaboración distintos agroquímicos se emplean para el control de plagas. Pueden mencionarse, entre otros, los conocidos comercialmente como Gusathion, Sevin, Imidan, Dursban, Difenilamina, Rovral, Cercovin. Parte de la fruta cosechada se exporta a diferentes países mientras que otra proporción es consumida por el mercado interno. La fruta de exportación es rigurosamente controlada respecto de su contenido en residuos de plaguicidas a los efectos de evitar el rechazo de partidas por parte de los importadores. El control de calidad es, en consecuencia, una operación analítica de relevancia regional.

Por otra parte el conjunto de los consumidores, en general, manifiesta un interés creciente por conocer el nivel de residuos que contienen los alimentos que ingiere. Un es-

tudio realizado sobre 27000 muestras entre 1994 y 1997 por la U.S. Department of Agriculture's Pesticide Data Program (PDP) mostró que hasta 37 plaguicidas diferentes fueron detectados en manzana. Entre las recomendaciones del trabajo figura en primer lugar el lavado y pelado de las frutas frescas y vegetales como forma de reducir drásticamente la exposición a residuos [1]. En Dinamarca se evaluó el efecto que varios tratamientos domésticos, como lavado, pelado, cocción, almacenamiento, producían sobre el nivel de residuos de plaguicida en manzana. El proceso de transformación en jugo y el pelado de la manzana redujeron significativamente todos los residuos de plaguicidas. Ningún efecto de reducción se observó con el simple lavado, mientras que el almacenamiento redujo significativamente algunos de los plaguicidas estudiados [2]. Es una práctica común en el mundo dar intervención a los alumnos universitarios en proyectos de investigación con un perfil de aplicación industrial lo que les permite valerse de los conocimientos teóricos en situaciones reales. En este trabajo práctico se pretende, bajo condiciones acotadas, introducir esta modalidad como herramienta para el desarrollo de un Laboratorio en el marco del tema Cromatografía [3], de la materia Química Analítica II de la carrera Profesorado en Química. Se propone el análisis de

residuos de plaguicidas organofosforados, carbaryl y difenilamina ya que constituyen un grupo de uso frecuente en la región y pueden ser determinados en una sola corrida cromatográfica.

HIPÓTESIS

Teniendo en cuenta que durante la producción de manzana se realizan sucesivas aplicaciones de plaguicidas con el fin de controlar plagas y que los plaguicidas aplicados son de variadas familias y características fisicoquímicas, es esperable, aún respetándose el intervalo de seguridad, que algún residuo remanente pueda encontrarse en la manzana recién cosechada.

OBJETIVOS

El objetivo general del trabajo práctico es analizar el contenido de residuos de plaguicida en manzana, introduciendo a los alumnos en una metodología analítica instrumental. Como objetivos específicos se pretende averiguar si la manzana con cáscara reúne una mayor proporción de residuos de plaguicidas que la pulpa propiamente dicha y se propone que los alumnos se familiaricen con diversos procedimientos

* Laboratorio de Cromatografía, Departamento de Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue, (8300) Neuquén, Argentina, mloewy@uncoma.edu.ar

inherentes a la determinación de residuos tales como la extracción con solvente orgánico, concentración bajo corriente de nitrógeno, cromatografía de exclusión molecular, cromatografía gaseosa e interpretación de los resultados obtenidos.

DISEÑO DE LA EXPERIENCIA

Dado que se pretende comparar los niveles de residuos de plaguicidas entre manzanas con y sin cáscara y a su vez debe tenerse un control analítico constituido por la muestra fortificada y un valor testigo constituido por el blanco, se plantea el esquema de la tabla 1.

Cada grupo se hace cargo de un tipo de muestra y dentro de cada grupo cada alumno representa una repetición. Los grupos 1 y 2 trabajan con manzana recientemente cosechada, los grupos 3 y 4 con manzana que ha sido almacenada en frigorífico.

Preparación de la Muestra

Las muestras de manzana, luego de quitarles el pedúnculo, se cortan en trozos y se procesan hasta obtener una pasta homogénea. Se pesan 20 gramos en un vaso de precipitado de 250 mL.

Extracción

Se agregan 3,3 g de hidrógeno carbonato (IV) de sodio, 40 mL de acetato de etilo y 20 g de sulfato (VI) de sodio. Se agita inmediatamente en Ultraturrax durante 2 minutos. Se tapa con papel de aluminio y se deja decantar 30 minutos. Se miden 20 mL del sobrenadante en un tubo cónico y se concentra, bajo corriente de nitrógeno hasta casi sequedad retomándose con 1 mL de Acetato de etilo-ciclohexano 1:1.

Preparación de la Muestra Fortificada

Para constatar la eficiencia del método de extracción se prepara una mezcla de standards y se la agrega a la manzana pre-

CROMATOGRAFÍA DE PERMEACIÓN EN GELES (CROMATOGRAFÍA DE EXCLUSIÓN MOLECULAR)

500 µL de la muestra se siembran en la columna de GPC y se eluyen con la mezcla acetato de etilo – ciclohexano (1:1). Se descartan los primeros 9 mL y se recogen los 20 mL subsiguientes. Se espera eliminar en el primer volumen, moléculas de peso molecular mayor que las de los plaguicidas. En este sentido debe calibrarse el sistema para asegurar que no haya pérdidas de los analitos de interés. El extracto obtenido se concentra, bajo corriente de nitrógeno, hasta casi sequedad retomándose con 1 mL de isooctano.

CROMATOGRAFÍA GASEOSA

Se elabora una secuencia de inyección en la que se incluyen los standards de plaguicidas y las muestras detalladas en la tabla 1. Los standards deben elegirse de manera de abarcar las concentraciones esperadas en la muestra y como mínimo debe obtenerse una curva de cuatro puntos. Se inyecta 1 µL de muestra en cada caso. Se analiza los cromatogramas obtenidos, elaborándose las correspondientes curvas de calibración para cada uno de los compuestos detectados. Las condiciones cromatográficas sugeridas para compuestos conteniendo fósforo y/o nitrógeno son: detector NPD (350 °C), columna capilar no polar (tipo HP-1 o HP-5), gas portador N₂ (flujo: 1 mL/min) modo splitless, temperatura de horno programada entre 70 y 240 °C. Tiempo total de corrida: aproximadamente 30 minutos.

En la Figura 1A se observa un cromatograma típico de un standard de plaguicidas y en 1B una muestra de manzana analizada según el método descrito. El standard (1A) contiene algunos de los agroquímicos más usados: difenilamina (antiescaldante), dimetoato, carbaril, clorpirifos, metidation, fosmet y metil azinfos (insecticidas). Los insecticidas mencionados son organofosfora-

Tabla 1: Distribución de las muestras en los grupos o comisiones de trabajo

Alumno	GRUPO 1 Manzana con cáscara	GRUPO 2 Manzana pelada	GRUPO 3 Manzana fortificada	GRUPO 4 Manzana Blanco
1	MC11	MP21	MF31	MB41
2	MC12	MP22	MF32	MB42
3	MC13	MP23	MF33	MB43

Observación: Podría analizarse la cáscara sola, en comparación con la pulpa. Sin embargo en virtud de la forma en que la manzana es generalmente consumida, con o sin cáscara, y de que en el caso de analizar solo la cáscara cabría la imprecisión de cuan gruesa debe ser la misma, se elige la opción "manzana completa / manzana sin cáscara".

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Se utiliza una adaptación del método recomendado por FAO/IAEA [4].

viamente al procedimiento de extracción. Se utiliza para ello standards de plaguicidas preparados en acetona. El nivel de concentración utilizado se elige en función de la sensibilidad que permite el sistema cromatográfico que se dispone.

Nota 1

Los alumnos deben ser advertidos acerca de las precauciones que deben tener en el uso de reactivos y solventes y ser provistos de los elementos de seguridad. Así también debe señalarse la modalidad recomendada para descartar los residuos obtenidos.

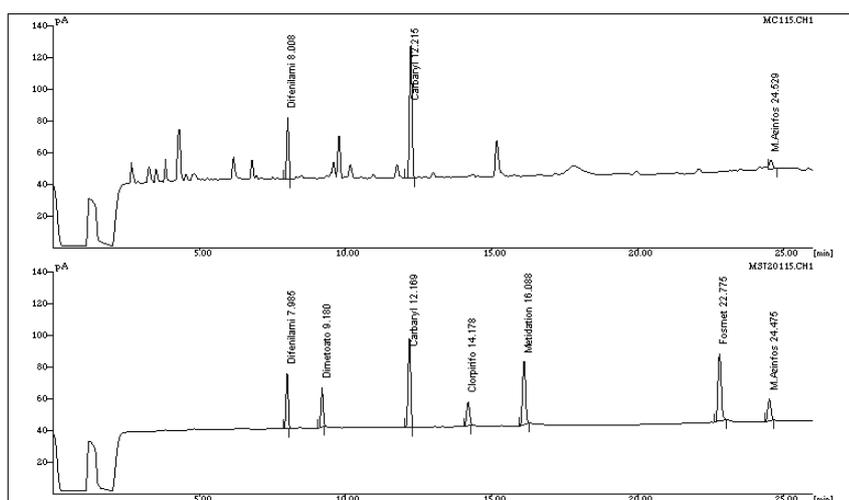


Figura 1: Cromatogramas correspondientes a standard de plaguicidas (A) y muestra de manzana (B)

dos, con excepción del carbaril que es de la familia de los carbamatos. La muestra (1B) evidencia presencia de difenilamina, carbaril y metil azinfos.

EVALUACIÓN

- 1) **Ensayo en Blanco (Grupo 4):** Debe constatarse a través de estos resultados que las muestras de manzana almacenada en frigorífico no contienen residuos de plaguicidas y que ningún paso del análisis introduce una contaminación que pueda, cromatográficamente, confundirse con alguno de los analitos de interés.
- 2) **Ensayo de Recuperación (Grupo 3):** Se calcula para cada analito sembrado el % de recuperación según la siguiente expresión: $\% \text{ Recuperación} = (C \text{ calculada} / C \text{ agregada}) \times 100$. Se calcula la media de recuperación y el desvío standard en cada caso
- 3) **Resultados de la manzana con cáscara (Grupo 1) y manzana pelada (Grupo 2):** A través de los tiempos de retención se

Nota 2

Los resultados de los grupos 3 y 4 constituyen un control básico de calidad analítica. En la medida que los blancos no evidencien detección y la recuperación se halle comprendida entre el 10 y 120%, los datos obtenidos por los grupos 1 y 2 cobran mayor validez.

- identifican los picos detectados asignándolos, por comparación con los tiempos de retención de los standards, a alguno de los plaguicidas esperados. La cuantificación se lleva a cabo por el método de standard externo o standard interno, con la respectiva curva de calibración. Se calcula para cada analito la media de las concentraciones obtenidas y el desvío standard correspondiente.
- 4) Se elabora una tabla mostrando los resultados obtenidos.
 - 5) Se aplica el Test de comparación de medias de Student para comprobar si los resultados obtenidos en los grupos 1 y 2 son significativamente diferentes entre si. Si apareciera alguna señal en el blanco (grupo 4), se recomienda aplicar el test de significación para los grupos 1 y 2 con respecto al blanco [5, 6].
 - 6) Se induce a los alumnos a investigar si los plaguicidas hallados son de uso permitido/recomendado y si los valores encontrados se encuentran dentro de los límites permitidos.

CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos permiten evaluar si la manzana con cáscara conlleva una mayor carga contaminante que aquella en la que se ha eliminado previamente la cáscara. Asimismo

no puede compararse la carga contaminante de la manzana recién cosechada con respecto a aquella que ha sido almacenada en frigorífico. Se aplican para ello herramientas estadísticas. Los datos producidos se cotejan con las prácticas agrícolas recomendadas y con los límites permitidos para residuos de plaguicidas en manzana por la legislación nacional e internacional.

Los alumnos proceden a través de todas las etapas del análisis incorporando los detalles de una técnica laboriosa y con alto nivel de rigurosidad analítica. Abordan la etapa de extracción con solvente orgánico, incorporan el concepto de concentración del extracto, observan dos tipos de fenómenos cromatográficos: exclusión molecular y reparto, e interpretan los cromatogramas identificando y cuantificando los residuos detectados.

Finalmente debe destacarse la oportunidad que este trabajo brinda de vincular la tarea analítica con un objetivo productivo de importancia regional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. Groth III, C. Benbrook, K. Lutz, *Do You Know What You're Eating? An Analysis Of U.S. Government Data On Pesticide Residues In Foods*, Consumers Union of United States, Inc. Public Service Projects Department, Technical Division, 1999.
- [2] R.R. Rasmussen, M.E. Poulsen, H.C. Hansen, *Distribution of multiple pesticide residues in apple segments after home processing*, *Food Aditt. Contam.* **2003**, 20(11):1044-63.
- [3] Skoog, Holler, Nieman, *Principios de Análisis Instrumental*, Mc Graw Hill / Interamericana de España, 2001.
- [4] FAO/IAEA, Training and Reference Centre for Food and Pesticide Control, Training Workshop on Quality Assurance/Quality Control in Pesticide Analytical Laboratories, 2002.
- [5] Miller y Miller, *Estadística para Química Analítica*, Addison-Wesley Iberoamericana, España 1992.
- [6] A. Fajgelg and A. Ambrus, *Principles and Practices of Method Validation*. MPG Books, United Kingdom, 2000.

XXVI Congreso Argentino de Química

Dr. Angel del C. Devia*

Cada dos años la Asociación Química Argentina a través de las UUNN organiza en diferentes lugares del país el Congreso Argentino de Química, los cuales convocan a todo el espectro de disciplinas de la Química y de la Educación de la Química.

Entre los objetivos que alienta esta reunión Científica está:

- ✓ Generar un espacio amplio de difusión del avance de las distintas áreas de la química.
- ✓ Promover las relaciones entre investigadores y centros de desarrollo de la ciencia.
- ✓ Promover la discusión sobre temáticas específicas a través de la organización de Mesas redondas y Talleres de discusión de Posters.
- ✓ Brindar a los investigadores y docentes de Química de todos los niveles la posibilidad de actualizar y profundizar su formación profesional.

✓ Brindar la posibilidad a los estudiantes de carreras afines de contactarse con referentes de las distintas Áreas temáticas.

✓ Reflexionar acerca del rumbo de la investigación así como de los niveles de la enseñanza en Química.

En esta oportunidad, y auspiciado por la Asociación Química Argentina (www.aqa.org.ar), la Universidad Nacional de San Luis (www.unsl.edu.ar) y la Municipalidad de la Ciudad de San Luis (www.ciudaddesanluis.gov.ar), el XXVI Congreso Argentino de Química se realizará en la sede de la Denominación de la sede: Universidad Nacional de San Luis, Ejército de los Andes 950, San Luis, Capital, San Luis. Fecha de realización: 13, 14 y 15 de septiembre de 2006

La información referente a la organización del XXVI Congreso Argentino de Química se encuentra en la página Web www.unsl.edu.ar/congresos/quimica

Este Congreso cuenta como actividad satélite el 2do. Workshop Nacional de Química Medicinal, Dr. Esteban A. Jáuregui, que desarrollará el 11 y 12 de septiembre en el mismo lugar.

Las actividades programadas para el Congreso incluyen:

- 5 Conferencias Plenarias
- 6 Conferencias Semiplenarias
- 1 Mesa redonda sobre políticas de Educación Superior integrada por: el Rector de la UNSL, el Rector de la Universidad de Valencia (España), el Presidente de AQA, un representante de la SPU, la Dra. Lidia Galagowsky (UBA) y la Senadora que preside la comisión de Educación del Senado de la Nación.
- 532 presentaciones de trabajos (32 orales y 500 posters), los que serán editados en CD con ISBN: 987-1031-45-9.

* www.unsl.edu.ar/congresos/quimica