

HISTORIAS DE LOS NANOMATERIALES QUE SE TRANSFORMARON EN MODERNAS APLICACIONES ¹

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

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

■ **Noemí Elisabeth Walsöe de Reca**

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

bettywalsoe@gmail.com

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Cuadro 1

Crecimiento epitaxial

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

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

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

Cuadro 2

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

El proyecto empleó, materiales monocristalinos:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ayuda inestimable en su desarrollo científico-tecnológico.

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

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

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

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

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

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

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

Cuadro 3

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

En la década del 2000, se continuó con trabajos en un tema iniciado en la década anterior sobre: *Sensores de Gases debido a varias solicitudes de la industria y de otras instituciones: CNEA (CAC y CAB) e INTI, entre otras. Se construyeron sensores electroquímicos: sensores protónicos de contacto para trazas de H₂ en chapas metálicas para el Instituto Balseiro-CNEA, donde se desarrollaban estudios de fragilización de acero y de aleaciones de circonio. Luego, las investigaciones permitieron obtener sensores de tipo resistivo construidos con óxidos metálicos semiconductores (SnO₂ y*



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

Cuadro 4

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

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

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

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

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



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

Cuadro 5

Otros proyectos importantes

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

■ EL FUTURO...

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

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

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

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

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

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

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

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

■ BIBLIOGRAFIA ELEGIDA

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

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

■ NOTAS:

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

1 Ver su Reseña en este mismo número.