

# INDUSTRIA & QUIMICA

ISSN 0368-0819 • Septiembre-Octubre 2015 • N° 367

REVISTA DE LA ASOCIACION QUIMICA ARGENTINA



*X Jornadas Nacionales y VII Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Química Universitaria, Superior, Secundaria y Técnica.*

*Los desafíos de la educación en Química para el siglo XXI*

## INDUSTRIA Y QUIMICA

### 80 años de Industria y Química



AGOSTO 1935

REVISTA DE LA ASOCIACION QUIMICA ARGENTINA



### 2015-Año Internacional de la Luz

Aprovechamiento de la energía solar. Parque solar fotovoltaico San Juan I, Argentina.

*La Industria Química Argentina  
Panorama hasta el año 2020*

*Actividades de la AQA*





Medidores de Precisión Pre-Calibrados

- ! Termómetros
- ! Termohigrómetros
- ! Termoanemómetros de paleta e hilo caliente
- ! Medidores de presión y caudal
- ! Luxómetros



Espectrofotómetros



Bombas Peristálticas  
Tuberías Masterflex



Medidores de pH / Conductividad / OD,  
Multiparamétricos



Viscosímetros Digitales  
Rotacionales

Baños Termostáticos Digitales  
Con y Sin Refrigeración



## CIENTIST S.A.

Av. Corrientes 4709 Piso 12 "107" - C1414AJA - Buenos Aires - Argentina  
Tel: (54-11) 4854-0804 | Fax: (54-11) 4856-2842  
cientist@cientist.com | www.cientist.com | www.facebook.com/CientistSA



# Editorial

## 80 AÑOS DE INDUSTRIA Y QUÍMICA

*Se cumplen 80 años del nacimiento de nuestra revista.*

*Nacida junto con el desarrollo de las actividades industriales en la Argentina, país cuya economía era entonces de base fundamentalmente agropecuaria, en 1935 el Dr. Carlos A. Abeledo con otros entusiastas socios tuvieron la iniciativa de publicar el primer número de Industria y Química, revista que se constituyó en el órgano institucional de la Asociación Química Argentina como vínculo con sus socios, la industria y la comunidad.*

*El Dr. Abeledo, primer director, estuvo acompañado en el comité de publicación por el Dr. Gastón Delpy como secretario, el Dr. Alfredo Iacobacci como administrador y los Dres. Oscar Battaglia, Héctor Bolgnini, Marcelo Dellepiane, Máximo Dunoguier Barthe, Alberto Perazzo, Hugo Puiggari, Harold Ritter, Ladislao Reti, Alberto Santini y Alberto Zanetta como redactores. Era presidente de la Asociación el Dr. Felipe A. Justo.*

*Artículos técnicos en química pura y aplicada, noticias de la Asociación, visitantes ilustres, novedades en el amplio escenario de nuestra ciencia, estadísticas e informaciones de especial interés para la industria química y sus laboratorios llenaron sus páginas a través de las ocho décadas cumplidas.*

*Ciertamente es grato reconocer el apoyo constante que siempre recibió y recibe la publicación de sus avisadores, quienes además de llegar con ella a destinatarios específicos son el soporte fundamental para su continuidad.*

*La revista ha cumplido cabalmente sus objetivos fundacionales y no faltaron los expresos reconocimientos recibidos, destacándose los premios de la Asociación de la Prensa Técnica Argentina (APTA) - Fundación Rizzuto obtenidos en dos oportunidades Industria y Química inicia con optimismo su novena década manteniendo constante su espíritu de servir a la comunidad química y su propósito de continuar recorriendo la, 1977 y 1991/92.*

*Industria y Química inicia con optimismo su novena década manteniendo constante su espíritu de servir a la comunidad química y su propósito de continuar recorriendo la senda trazada desde su primer número.*

*Dr. Carlos A. Azize*



### COMISION DIRECTIVA DE LA ASOCIACION QUÍMICA ARGENTINA

#### Presidente

Dr. Alberto A. Castro

#### Vicepresidente

Dra. Noemí Walsøe de Reca

#### Secretaria

Dra. Alicia B. Pomillo

#### Prosecretaria

Lic. María M. Rodríguez Goñi

#### Tesorero

Dr. Arturo Vitale

#### Protesorero

Tco. Qco. Claudio Salvador

#### Director de Biblioteca

Dr. Máximo Barón

#### Vicedirector de Biblioteca

Dra. Irene Dasso

#### Vocales Titulares

Dr. Héctor S. Arux

Dr. Luis Bruno Blanch

Tco. Qco. Juan C. Espector Yebra

Dra. A. Fernández Cirelli

Dra. Lydia Galagovsky

Lic. Enrique Rodger

Lic. Carlos T. Soler

#### Vocales Suplentes

Dr. Carlos A. Azize

Ing. Eduardo A. Bernatené

Dr. Alberto L. Capparelli

Dr. José A. Caram

Dra. Alicia Jubert

Dr. Alberto Viale

#### Órgano de Fiscalización/Titulares

Dr. Juan M. Castagnino

Dr. Mario R. Feliz

#### Órgano de Fiscalización/Suplentes

Dra. Susana A. Larrondo

Dr. Juan C. López Mussi



**INDUSTRIA Y QUÍMICA**  
Órgano oficial de la Asociación  
Química Argentina

**Director**

*Alberto L. Capparelli*

**Comité de Redacción**

*Mariano Fonticelli  
Lydia R. Galagovsky  
Claudio Salvador*

**Coordinador**

*Mario González Pereyra*

**Comité Científico Asesor**

*Enrique J. Baran  
Juan Miguel Castagnino  
Eduardo Charreau  
Lydia Cascarini de Torre  
Elsa Damonte  
Miguel R. Laborde  
Alicia Pomilio  
Silvia Porro  
Norma Sbarbati Nudelman  
Horacio Sancovich  
Rosario Soriano  
Noemí Walsøe de Reca*

**Suscripciones y Publicidad**

Asociación Química Argentina  
Sánchez de Bustamante 1749  
(C1425DUI) Buenos Aires  
Tel/Fax: 011 4822 4886 (línea rotativa)  
E-mail: iyq@aqa.org.ar  
www.aqa.org.ar

Impreso en **Altuna Impresores**  
Doblas 1968

Tel. 4923-0471 / 5773  
altunaimpresores@altunaimpresores.com.ar

*Las opiniones de la  
Asociación Química Argentina  
se expresan mediante los editoriales.  
Reg. de la Prop. Intelectual N° 164730.  
Prohibida su reproducción.*

Esta publicación es miembro del  
"COMITTEE ON PUBLICATION  
ETHICS" y adhiere a sus principios.

# Indicice



## Editorial

80 Años de Industria y Química – *Dr. Carlos A. Azize* ..... pág. 1

## Actividades de la Asociación Química Argentina

30° Congreso de Química – *Carlos A. Azize* ..... pág. 3  
Entrega de premios 2014 – *Mario González Pereyra* ..... pág. 4  
Premios entregados en 2012 y 2013 – *Mario González Pereyra* ..... pág. 6  
10° Jornadas de Enseñanza de la Qca. .... pág. 9

## Artículos Técnicos

El uso de la energía nuclear en aplicaciones no eléctricas – *María Cecilia Conti, Santiago Labollita* ..... pág. 12  
Edulcorantes No Calóricos – *Susana Socolovsky* ..... pág. 23  
Modelo de predicción para el estudio toxicológico de los agentes tensioactivos – *J.C. Espector Yebra* ..... pág. 26  
Tierras Raras. Usos y Aplicaciones – *Nadir Jori, Larisa Ferreyra, Alberto L. Capparelli* ..... pág. 29

## Académicas – Tecnológicas

Premios Nobel ..... pág. 36  
Año Internacional de la Luz ..... pág. 38  
La AQA y el CPQ – *Eduardo Jaruf* ..... pág. 39

## Gente y Empresas

La Industria Química Argentina - Situación actual y su potencial hacia el 2020 – *CIQyP* ..... pág. 41  
Plan estratégico industrial – *CIQyP* ..... pág. 45  
80° Aniversario del IRAM ..... pág. 49

## Educación en Ciencias Químicas

Los pecados de la Química también se pueden contar y prevenir – *Beatriz Y. Valente y Liliana Pazo* ..... pág. 50  
Materia, luz y sonido: un fenómeno del siglo XIX en el siglo XXI – *Verónica Slezak y Alejandro Peuriot* ..... pág. 57  
CARL DJERASSI el SciArtist – *Alberto Díaz* ..... pág. 64

## Tesis Premiadas

Premio "Dr. PEDRO CATTÁNEO"  
"Estudio de la calidad panadera, sensorial y nutricional de panes elaborados con harina de trigo fortificada con sales de calcio e inulina." – *María Victoria Salinas* ..... pág. 69  
Premio "DR. ENRIQUE HERRERO DUCLoux"  
"Preparación y caracterización de derivados insolubilizados de la enzima L-arabinosa isomerasa para su empleo en la bioconversión de D-galactosa en D-tagatosa" – *Ricardo M. Manzo* ..... pág. 70

## Biblioteca

### Comentario de libros

Materiales cerámicos nano-estructurados. Síntesis, caracterización y aplicaciones .... pág. 72

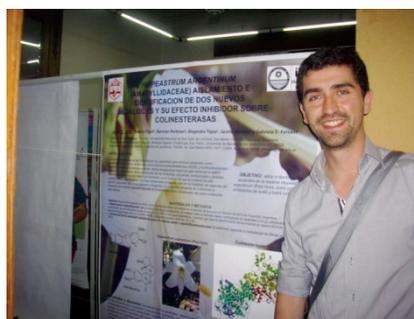
# 30° Congreso Argentino de Química

## Dr. Carlos A. Azize

Dentro de un clima entusiasta de conferencistas, ponentes, expositores comerciales y público científico, el 30° Congreso Argentino de Química se desarrolló entre los días 22 y 24 de octubre de 2014 en nuestra tradicional sede social.

Este esperado encuentro bianual de las Ciencias Químicas se realizó esta vez en la Ciudad de Buenos Aires lugar elegido tras muchas décadas de que fuera celebrado en bellas ciudades argentinas del interior.

El examen y la selección de los trabajos presentados estuvo a cargo de un prestigioso Comité Científico presidido por el Dr. Eduardo A. Castro e integrado por los doctores Cristina Añón, Mabel Tomas, Lydia Galagovsky, Enrique Baran, Rosario Soriano, Diana Bekerman, Alicia Jubert, Mariano Fonticelli, Marcos Cohen, Alicia Fernández Cirelli, Mariano J. L. Castro, Aída Ben Altabeff, Alicia Ronco, Eduardo Marchevsky, Julio Raba, Luis



Bruno-Blanch, Carlos Andreo, Alicia B. Pomilio, Juan M. Castagnino, Daniel Enriz, Alberto L. Capparelli, Carlos Cobos, Adela Croce, Pablo R. Duchowicz, María Elisa Martins, Noemi Walsøe de Reza, Lilianna Gassa y Andrew Mercader.



Diez conferencias plenarias, una mesa redonda sobre Química Ambiental y un Simposio sobre Educación en Química integraron el programa general, en tanto la sección Química Medicinal constó de nueve exposiciones especializadas. Este congreso recibió casi 300 comunicaciones científicas que fueron expuestas en pósters para su discusión con los autores.

Nuestra publicación *The Journal of the Argentine Chemical Society*, Vol. 101 (2014) disponible en <http://aqa.org.ar/pdf101/> da cuenta de los contenidos de este congreso.

# Entrega de Premios 2014 en la Asociación Química Argentina

## Mario González Pereyra

El día viernes 28 de noviembre en el Auditorio Dr. Sordelli se llevó a cabo la clásica entrega de premios “estímulo y consagración” a las mejores tesis y a profesionales destacados.

El Acto comenzó con las palabras del Dr. Eduardo Castro, presidente de la asociación, haciendo pequeño resumen de las actividades de la AQA durante el año, destacando entre otras cosas la realización del 30° Congreso Argentino de Química que se llevó a cabo su sede en el mes de octubre, resaltando y agradeciendo a todos los actores que hicieron posible la realización de este evento, evaluadores, disertantes, organizadores, empresas y personal de la AQA, todos los que mancomunadamente y desde la tarea que a cada uno le tocó desempeñar hicieron posible para que este evento se realizara con éxito, y lógicamente a los asistentes que adhirieron participando en las conferencias, mesas redondas, presentando trabajos, a todos ellos les hizo llegar sus saludos y los convocó para que esto no quede sólo en un buen recuerdo sino que toda esta colaboración se prolongue en más actividades de la AQA llamándolos a sumarse a participar en el próximo congreso a realizarse en el 2016, a las “X Jornadas Nacionales y VII Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Química Universitaria, Superior, Secundaria y Técnica” que también se desarrollarán en la

sede de la AQA en el mes de octubre de 2015. Y demás actividades que realiza nuestra centenaria entidad.

El Dr. Castro, resaltó la continuidad de la AQA en destacar el esfuerzo de los estudiantes mediante los *Premios Estímulos* para las mejores Tesis en diferentes áreas, algo que realiza desde hace muchos años y distinguiendo a los profesionales, con los Premios Consagración, a aquellos que se destacan por su labor y dejan un camino a seguir.

• **“Premio Asociación Química Argentina a la Trayectoria Profesional 2014” al Dr. Luis A. García**



Dres. Eduardo Castro y Luis García

El Dr. Luis García expresó unas sencillas palabras de agradecimiento por este reconocimiento que le hace la AQA a un socio ya vitalicio que visita esta casa desde épocas de estudiante y que siente a esta entidad como parte de su formación profesional.

• **“Premio Dr. Horacio Damianovich 2014” a la Dra. Noemí Elisabeth Walsøe de Reca** Por su destacada labor como investigadora en el área de Química Inorgánica.

La Dra. Noemí Walsøe de Reca, agradeció el premio que se le entregara como reconocimiento a su labor de investi-



Dr. E. Castro y Dra. N. Walsøe de Reca

gadora y es para ella una alegría recibir especialmente este galardón de la AQA, entidad de la cual es socia desde hace tantos años, posteriormente dio una conferencia sobre el tema de su especialidad, conferencia que fue seguida con suma atención por todo el auditorio.

Para terminar el acto, se realizó en la planta baja el brindis de honor, ocasión en la cual los premiados con sus familiares y asistentes en general compartieron un grato momento.

#### PREMIOS ESTÍMULO POR TESIS DOCTORALES:

- “Premio Dr. Pedro N. Arata 2014” en el área de Toxicología a la **Dra. Silvana Beatriz Basack**.
- “Premio Dr. Pedro Cattaneo 2014” en el área de Bromatología a la **Dra. María Victoria Salinas**.

- “Mención de Honor 2014” a la Dra. Mariela Ivana Capitani y a la **Dra. Estefanía Nancy Guiotto**.

- “Premio Dr. Enrique Herrero Ducloux 2014” en el área de Química Biológica, Microbiología y Biotecnología al **Dr. Ricardo Martín Manzo**.

- **Mención de Honor** del “Concurso Nacional de Experiencias Educativas Relacionadas a Temas de Química, Medidas por Tecnología” al video realizado por profesionales del Instituto Universitario CEMIC titulado: “**Termodinámica y vida**”.



Dr. E. Castro y Dra. M. V. Salinas



Dr. E. Castro y Dr. R. M. Manzo

## Acto del 102° Aniversario de la AQA

Viernes 22 de agosto de 2014

En el marco del programa de actividades para celebrar el 102 Aniversario de la AQA, con las palabras de apertura del Acto a cargo del Presidente de la AQA, Dr. E. A. Castro, se entregaron los premios a los mejores promedios de las escuelas técnicas y de los egresados del sistema universitario.

Premiado	Escuela	Prom
Tca. Qca. Camila Mendoza	Escuela Téc. N°8 “Paula Albarracín de Sarmiento”	8.69
Tca. Qca. Stefania Carla Napoleone	Escuela Téc. 27 “Hipólito Yrigoyen”	9.54
Tco. Qco. Alejandro Ezequiel Nesis	Escuela Técnica ORT	9.57
Tco. Qco. Nicolás Picone	Escuela Tec. N°30 “Dr. Norberto Piñero”	8.85
Tco. Qco. Tomás Rodríguez Gómez	Escuela Tec. N°33 “Fundición Maestranza del Plumerillo”	9.47

Nombre	Establecimiento	Prom	Premio
Lic. Josefina Brum	Univ. Nacional de La Pampa	9,14	AQA
Lic. Germán Carle	Universidad de Belgrano		AQA
Lic. María Laura Dittler	Fac. de Ciencias Exactas - UNLP	8.79	AQA - Dr. Emilio A. Etchegaray
Ing. Qca. Joana Natalí Femia	Fac. Ing. Química - Univ. Nac. Del Litoral	8.22	AQA - Dr. Mario Crivelli
Prof. María Gracia Ferro	Fac. Ing. Química - Univ. Nac. Del Litoral	8.57	AQA
Lic. Nicolás Oscar Foglia	Fac. de Ciencias Exactas y Naturales - UBA	9.13	AQA - Dr. Pedro A. Berdoy
Lic. María Sofía Ingnoli	Fac. Ing. Química - Univ. Nac. Del Litoral	9.04	AQA - Dr. Mario Crivelli
Lic. María José Mellado Campos	Universidad de Morón	8.09	AQA
Lic. José Feliciano Miranda	Fac. de Cs. Exactas – Univ. Nac. De Salta	9.20	AQA
Lic. Bárbara Verónica Schmidt	Universidad Nacional del Sur	8.03	AQA
Bioq. María Cecilia Gimenez Vieretti	Universidad Juan Agustín Maza	9.19	AQA
Lic. Alfonso Pepe	Fac. de Ciencias Exactas y Nat. - Univ. Nac. de Mar del Plata	9.14	Mención de Honor
Lic. Julián Del Pla	Universidad Nacional de Salta	9.08	Mención de Honor

Se entregaron de plaquetas conmemorativas a los socios que pasaron a la categoría "vitalicio".

- Dr. Jorge Benvenuto
- Dr. Guillermo Roisenzvit

- Ing. Jorge Westberg
- Dr. Enrique Vila

- La conferencia del año estuvo a cargo del Presidente del Consejo Profesional de

Química Dr. Eduardo Jaruf **"LAS ACTIVIDADES QUÍMICAS, EL INTERÉS NACIONAL Y LA DEPENDENCIA"**.

## Premios otorgados por la Asociación Química Argentina en el período 2012-2013

### Mario González Pereyra

En esta sección se detallan los premios otorgados por la Asociación Química Argentina en el período 2012-2013 que no fueron publicados oportunamente durante el año 2013.

En el marco del Programa de actividades del 101° aniversario de la AQA desarrollado el viernes 9 de agosto de 2013 se entregaron los reconocidos premios de la Asociación con el espíritu de promoción

de las Ciencias Químicas. La ceremonia contó con las palabras de apertura a cargo del Presidente de la Asociación Química Argentina, **Dr. Eduardo A. Castro**. En este contexto se procedió a distinguir

con el carácter de socios vitalicios y que han cumplido 40 años como miembros de la AQA.

Las Plaquetas conmemorativas a los socios de 40 años de antigüedad fueron entregadas a:

- Lic. Beatriz E. Capriata
- Dr. Juan L. Huguet
- Lic. Claudio Petriella
- Lic. Adriana Vechiolo de Grimaldi

Las Plaquetas conmemorativas a los socios que pasarán a la categoría "vitalicio" se entregaron a:

- Dr. Carlos C. Santillan
- Lic. Ana Tancioni de Walz
- Dra. Edith G. Díaz
- Lic. Elías C. Abramides
- Qco. Ind. Julio M. Aguilar
- Lic. Pascual Albrizio

Premios "Asociación Química Argentina" Dr. Roberto Recoder 2013 a los egresados con mejores promedios de Escuelas Técnicas de la Ciudad de Buenos Aires.		
Premiado	Escuela	Promedio
Tco. Qco. Sebastián Gabriel García	Inst. Industrial "Luis A. Huergo"	9,2
Tca. Qca. Paula Florencia Borovik	E.T. N° 1 "Ing. Otto Krause"	9,17
Tca. Qca. Milagros Soledad Galván	E.T. N° 33 "Fundición Maestranza del Plumerillo"	8,69
Tco. Qco. Franco Quiroz	E.T. N° 8 "Paula Albarracín de Sarmiento"	8,86
Tca. Qca. Julieta Bitler	Escuela Técnica ORT	9,53

Premios "Asociación Química Argentina 2013" a los graduados con mejor promedio en la carrera de Ciencias Químicas.			
Nombre	Establecimiento	Promedio	Premio
Lic. José Luis Mietta	Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA	9,71	AQA – Dr. Pedro A. Berdoy
Lic. Agustín Lorenzo	Facultad de Ciencias Exactas – Universidad Nacional de La Plata	8,64	AQA – Dr. Emilio Etchegaray
Lic. Alejandro Martin	Facultad de Ciencias Exactas – Universidad de Belgrano	9,00	AQA
Lic. Leonela Godoy Prieto	Universidad Nacional del Sur	8,63	AQA
Lic. Jimena Claudia López	Facultad Cs. Exactas, Físico-Químicas y Naturales - Univ. Nacional de Río Cuarto	9,04	AQA
Lic. Enzo Mariano Rivera Rodríguez	Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia – Univ. Nacional de San Luis	9,73	AQA
Lic. Diana Lis Altamiranda	Universidad Católica de Córdoba	9,6	AQA
Lic. Florencia Cora Jofre	Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Universidad Nacional de la Pampa	9,55	AQA
Lic. Roxana Noelia Villafañe	Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura – Universidad Nacional del Nordeste	8,9	AQA
Lic. Agostina Capece	Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Universidad Nacional de La Pampa	9,05	Mención de Honor
Lic. Lucrecia Daniela Barbero	Universidad Católica de Córdoba	9,37	Mención de Honor
Lic. Macarena Rodríguez Walker	Facultad de Ciencias Químicas – Universidad Nacional de Córdoba	9,73	Mención de Honor
Lic. Virginia Dal Lago	Facultad de Ciencias Químicas – Universidad Nacional de Córdoba	9,89	AQA

**7 de diciembre de 2012**

✓ Entrega de los Premios a las mejores Tesis de Doctorado realizadas en el período 2012-2013.

**Premio "Dr. Herrero Ducloux"**

**Área:** Química Biológica

**Premiada:** Dra. Silvana Laura Giudicessi

**Título de la tesis:** "Estudio de factores que afectan la ionización de los hidratos de carbono en espectrometría de masa UV-MALDI".



**Área:** Biotecnología

**Premiada:** Mariana von Staszewski

**Título de la tesis:** "Impacto de la interacción entre polifenoles del té verde y proteínas del lactosuero sobre las propiedades biológicas y funcionales de las mezclas".

**Premio "Dr. Pedro Arata"**

**Área:** Bromatología

**Premiado:** Dr. Darío M. Cabezas

**Título de la tesis:** "Modificaciones tecnológicas de lecitinas de girasol. Aplicaciones en el área alimentaria".



**Área:** Toxicología

**Premiada:** Dra. Gisela Kristoff

**Título de la tesis:** "Estudio comparativo

de biomarcadores en los invertebrados acuáticos *Biomphalaria glabrata* y *Lumbriculus variegatus* expuestos a pesticidas de relevancia ambiental".

**Premio "Investigación en Educación Química"**

**Área:** Investigación en Educación Química

**Premiada:** Dra. Celia Edilma Machado

**Título de la tesis:** "Dificultades en la enseñanza del concepto de equilibrio químico en el Profesorado en Química de la ciudad de Rosario"



**Mención de Honor 2012**

**Área:** Investigación en Educación Química

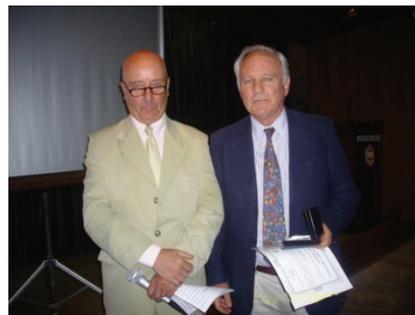
**Premiada:** Dra. Marta Liliana Matus Leites

**Título de la tesis:** "Progresiones de aprendizaje en el área del enlace químico. Análisis de coherencia entre capacidades de los estudiantes y las representaciones en los libros de texto".

**Premio Centenario 2012**

**Área:** Protección del medio ambiente por reciclado de materiales, reduciendo la cantidad y adopción de las correspondientes medidas de seguridad en los procesos, entre otras vías efectivas destinadas a la protección ambiental.

**Premiado:** *Cabelma S.A.*, una firma establecida en 1952 que fabrica contenedores y cajones a partir de plástico reciclado y con un marcado compromiso con el medio ambiente.



✓ **Homenaje a los socios fundadores de la AQA.**

Se distinguió al Ing. Saúl E. Farías Pizzurno como "Socio Decano", quien recibió y agradeció la misma muy emocionado este homenaje.



*Ing. Saúl E. Farías Pizzurno*

Homenaje al Dr. Rodolfo R. Brenner, quien realizó una presentación sobre su trayectoria y el papel de la investigación científica en la formación de los profesionales en ciencias químicas.



*Dr. Rodolfo R. Brenner durante su exposición*

Entrega del "**Premio Dr. Hans J. Schumacher**" al Dr. Alberto Luis Capparelli quien dictó una conferencia sobre su trayectoria científica-académica en el campo de la Físicoquímica.



Dr. A.L. Capparelli, durante su exposición al recibir el Premio Hans J. Schumacher

Entrega del "Premio Braun Menéndez" a la Dra. Lydia R. Galagovsky por sus con-

tribuciones al campo de la educación en ciencias químicas.



La Dra. Galagovsky recibe el Premio de manos de los Dres. E. A. Castro y M. Vernengo

#### ✓ Socio Honorario

El Presidente de la AQA, Dr. Eduardo Castro informó la incorporación del Sr. Ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Dr. Lino Barañao, como "Socio Honorario" de la AQA.

Al finalizar la ceremonia se realizó un Brindis de Honor.



# X Jornadas Nacionales y VII Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Química Universitaria, Superior, Secundaria y Técnica

Buenos Aires 6 al 10 de octubre de 2015 - En la sede de la AQA

La enseñanza de la Química en los diferentes niveles educativos está atravesada por tensiones. Muchos docentes han desarrollado estrategias educativas que pueden ser compartidas para ampliar el acervo de opciones didácticas de la comunidad de enseñantes. A su vez, la comunidad de investigadores de las diferentes áreas de la Química, de su enseñanza y de su aprendizaje, desarrollan ideas y propuestas que resultan interesantes para compartir y analizar.

Las X Jornadas serán un ámbito adecuado de intercambio de ideas, recursos y posibilidades. Invitados nacionales y extranjeros participarán como ponentes de mesas redondas, conferencias y talleres, exposición y venta de libros.

Los inscriptos a las X Jornadas podrán enviar sus trabajos para exposición de paneles relacionados con los siguientes ejes temáticos:

#### EJES TEMÁTICOS DE LAS JORNADAS

- 1- Enseñanza de Química y su articulación con el nivel medio
- 2- Enseñanza de temas de Química Inorgánica y Físico-Química
- 3- Enseñanza de temas de Química Orgánica y Química Biológica
- 4- Enseñanza de temas de Química Analítica y Química Ambiental
- 5- Enseñanza de Química como base para otras carreras (alimentos, ciencia de los

- materiales, ingeniería, agronomía, medicina, veterinaria, enfermería, etc.)
- 6- Enseñanza de temas de Química en contexto y en interdisciplina (con historia, arte, literatura, matemática, cine, teatro, economía, salud, cuestiones socio-científicas, etc.)
- 7- Historia y epistemología de la Química y de su enseñanza
- 8- Investigaciones educativas sobre enseñanza y aprendizaje de la Química
- 9- Enseñanza de Química en la escuela primaria
- 10- Nanociencia, química y sociedad, divulgación y popularización científica.

## TALLERES

✓ Resonancia magnética nuclear (RMN): Ondas de radio para estudiar átomos, moléculas, tejidos y hasta contenido de petróleo en las rocas.
✓ El color en los textiles: un enfoque desde la química.
✓ Un enfoque contextualizado e interactivo para la enseñanza del tema Petróleo.
✓ Motivación en las clases de Química.
✓ Expectativos... Experimentos activos.
✓ Enseñanza de Química con Enfoque QTS (Química, Tecnología y Sociedad). Casos sobre contaminación y energía nuclear.
✓ A 100 años del uso de las armas químicas modernas. Desafíos actuales.
✓ Generando aprendizajes más allá de la química: aportes de las relaciones entre historia de la química y comunicación en ciencias.
✓ Por qué y cómo darle sentido a la Enseñanza de la Química, en relación con Física y Biología
✓ Química en las aulas del secundario, lo deseable y lo posible.
✓ Edulcorantes no nutritivos: mitos, evaluación toxicológica, legislación y usos en el país.
✓ Criterios para el diseño de secuencias de enseñanza y aprendizaje en química con inclusión de realidad aumentada.
✓ Experimentos con magia: trucos de química
✓ Enseñanza de Gases Ideales y Gases Reales: clases universitarias con participación activa de estudiantes.
✓ Simuladores, animaciones, videos e imágenes: ¿herramientas para el aprendizaje o "dibujitos animados"?
✓ ¿Puede emitir sonido un gas iluminado en forma intermitente?
✓ La presencia de las disciplinas metacientíficas en los libros de texto y sus aportes a la enseñanza de la química.
✓ Experimentos de Química y Física del Museo Imaginario de la Universidad Nacional de General Sarmiento.
✓ Análisis Químico y Farmacológico de los Alimentos del Ejército de los Andes
✓ Enseñar ciencias en la primaria: ¡Misión Posible!
✓ William Higgins y la Teoría atómica
✓ La preservación de objetos y materiales de uso de valor patrimonial en los laboratorios de química
✓ Educar con Responsabilidad Ambiental: un programa pionero de educación ambiental desde Chiapas, México

## CONFERENCIAS

**Formación de profesores y el Desarrollo Profesional Docente** - Prof. Carlos A. Grande

**El desafío de pensar "en red" e impulsar solidariamente el fortalecimiento los profesorado en Química: antecedentes, propuestas institucionales y perspectivas** - Dr. Armando Fernández Guillermet

**Dándole vueltas al concepto de mol** - Dra. Mercè Izquierdo Aymerich (UABarcelona)

**Educación en la aplicación responsable del conocimiento referido a productos químicos de uso dual. El Caso de las armas químicas** - Mtro. Sergio Pérez Gunella (Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto)

## MESAS REDONDAS

✓ Formación docente y Postgrados en Educación química: visiones Iberoamericanas
✓ La primera materia de química en la universidad: desafíos y experiencias.
✓ Profesorados de Química: visiones actuales en Provincia y Ciudad de Buenos Aires.
✓ Profesores de Química y postgrados en Didáctica: casos de Provincias de Santa Fe, San Juan y Río Negro
✓ Cuestiones curriculares de la enseñanza de la química en la secundaria.
✓ Química en las Escuelas Técnicas: visiones actuales.
✓ Química y medioambiente: desafíos y oportunidades para la enseñanza
✓ Nanotecnología: desafíos y oportunidades para la enseñanza de química.
✓ Química y Vinculación Tecnológica: reflexiones para pensar la enseñanza.
✓ Ciencias en la escuela primaria.

## PREMIOS AQA-2015 DIVISIÓN EDUCACIÓN

**Premio "Educación en Química":** Para reconocimiento de contribuciones destacadas en la educación en química.

**Premio "Enseñanza de la Química":** Para reconocer, estimular y valorar a docentes de Química destacados en la escuela secundaria o técnica.

**Premio "Investigación en Educación Química":** a la mejor Tesis de Licenciatura, Maestría, o Doctorado en la mencionada área.

Ver condiciones en: <http://aqa.org.ar/joomla/index.php/premios-aqa>

Los Premios se entregarán durante las X Jornadas.

Sede de la Asociación Química Argentina: Sánchez de Bustamante 1749 – CABA – Tel/Fax: 011 48224886

[www.aqa.org.ar](http://www.aqa.org.ar) // [aqa@aqa.org.ar](mailto:aqa@aqa.org.ar)

Más informes e inscripción: <http://aqa-jornadas2015.org.ar>

[consulta.administrativa@aqa-jornadas2015.org.ar](mailto:consulta.administrativa@aqa-jornadas2015.org.ar)

[consulta.academica@aqa-jornadas2015.org.ar](mailto:consulta.academica@aqa-jornadas2015.org.ar)

## Auspician



# El uso de la energía nuclear en aplicaciones no eléctricas: Acople de una Planta de Desalinización de Agua al primer reactor de potencia argentino CAREM25

María Cecilia Conti <sup>1</sup> y Santiago Labollita <sup>2</sup>

## EL PROBLEMA DEL AGUA POTABLE EN LA ACTUALIDAD

El agua es un recurso esencial para la vida y para el desarrollo de una notable variedad de actividades domésticas, agrícolas, e industriales. Aún cuando en el planeta Tierra se estiman unos 1400 millones de km<sup>3</sup> de agua, aproximadamente el 97% de este total está constituido por agua salada y sólo el 3% restante corresponde a reservas de agua dulce. Pero de ese 3%, el 1,75% son fuentes de escasa accesibilidad como acuíferos, glaciares y capas de hielo. Finalmente, aproximadamente el 0,75% del agua mundial corresponde a reservas de lagos y ríos que son aptas y accesibles para el consumo humano <sup>[1]</sup>.

No sólo es la cantidad, sino la calidad y accesibilidad del agua presente en la naturaleza lo que la hace un recurso de vo-

lúmenes insuficientes para los próximos tiempos.

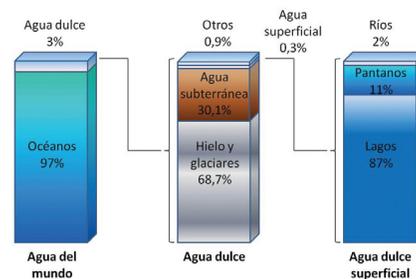


Figura 1. Reservas de agua en el mundo

En muchos casos, la contaminación resulta una amenaza para las fuentes naturales de abastecimiento de agua dulce.

A su vez, el consumo de agua *per capita* y su disponibilidad varía considerablemente según el área geográfica. Paralelamente, existe un rápido incremento en el consumo de agua como consecuencia del crecimiento demográfico de las población y sus actividades económicas, como así también de la modificación de pautas de consumo que buscan una mejor calidad de vida.

Actualmente, alrededor del 40% de la población mundial sufre de escasez de agua y se espera que para el año 2025 este porcentaje se incremente por encima del 60% <sup>[1]</sup>.

Esta situación ha obligado a muchos países (industrializados y en desarrollo) a la implementación de políticas gubernamentales tendientes a atenuar esta problemática. Como respuesta a la escasez de agua en el mundo, se han comenzado a utilizar sistemas de desalinización de agua como alternativa viable y económica para la producción de agua potable a partir del agua de mar.

Los procesos de desalinización de agua de mar son muy prometedores pues podrían ayudar a mitigar el problema de la escasez de agua pero requieren de mucha energía (en forma de calor y electricidad) para su funcionamiento.

Es aquí donde el uso de la energía nuclear, suministrando energía a los procesos de producción de agua, resulta en

Comisión Nacional de Energía Atómica.

<sup>1</sup> mconti@cnea.gov.ar

<sup>2</sup> labollita@cae.cnea.gov.ar

una alternativa confiable y segura como solución a esta problemática.

## LOS PROCESOS DE DESALINIZACIÓN DE AGUA

La desalinización o desalación de aguas comprende una serie de procesos físico-químicos mediante el cual se busca separar el agua de las sales disueltas en ella. Los principales iones presentes en el agua son  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $(\text{SO}_4)^{2-}$  y  $\text{Cl}^-$ . Otros iones que se encuentran en la naturaleza están presentes en el agua, pero en concentraciones mucho más pequeñas.

La calidad del agua a obtener mediante los procesos de desalinización es función del uso que se haga de la misma y es por ello que las tecnologías vigentes para el tratamiento de agua varían dependiendo el caso.

Por ejemplo, las características químicas del agua (en particular la salinidad) requerida para procesos industriales difieren de la exigida para consumo humano. Los sistemas de procesos en general se abastecen de agua de muy alta calidad, agua desmineralizada. Sin embargo, el agua para consumo, debe contener una concentración de sales del orden de los 150-200 ppm, según estándares permitidos. Para hacer una comparación rápida, el agua marina tiene una salinidad cercana a 36.000 ppm <sup>[2]</sup>.

Una alternativa para la producción de agua destinada a consumo industrial o potable es el tratamiento de agua de mar vía los procesos de desalinización.

Las tecnologías usuales para llevar a cabo estos procesos se pueden separar en dos grandes grupos: la *destilación* y la *ósmosis inversa*. La destilación requiere energía calórica para llevar a cabo el proceso de desalinización como fuente de ener-

gía primaria y, en menor medida, energía eléctrica para equipos auxiliares. Los sistemas de ósmosis inversa, son los que utilizan membranas para lograr la separación y requieren energía eléctrica para el bombeo característico. En muchos casos, estos últimos requieren vapor para el calentamiento del agua previo ingreso a los módulos de separación.

## PROCESOS TÉRMICOS

Actualmente, a escala industrial se utilizan generalmente dos métodos de destilación: la destilación múltiple efecto (MED - Multi Effect Distillation) y la evaporación multi-flash (MSF-Multi Stage Flash). Ambos procesos utilizan principalmente energía en forma de calor para evaporar agua y por esa razón se los clasifica como métodos térmicos.

El proceso de destilación se basa en la evaporación parcial del agua permaneciendo los iones disueltos en el líquido no evaporado. El vapor generado en la destilación es condensado obteniéndose agua de muy baja salinidad. La descarga de estos procesos es salmuera residual y producen agua industrial de alta calidad alcanzando concentraciones de iones inferiores a 10 ppm. Son tecnologías que

hacen uso del vapor de baja temperatura, como fuente principal de energía.

El objetivo de estos procesos es la máxima recuperación de energía, la cual se mide con el índice GOR (*Gain Output Ratio*) que representa la relación entre la cantidad de agua desmineralizada producida y el consumo de vapor de proceso como fuente térmica.

$$\text{GOR} = \frac{\dot{m}_{\text{demi}}}{\dot{m}_{\text{vapor}}}$$

Los procesos de destilación requieren grandes cantidades de calor y la tecnología aplicada a ellos tiene como principal objetivo optimizar su aprovechamiento.

## DESTILACIÓN MULTI-FLASH (MSF)

El método MSF consiste en la ebullición de agua salobre a través de una serie de etapas sucesivas de evaporación en las cuales la presión y la temperatura van disminuyendo progresivamente, obteniéndose agua desalinizada en cada paso. El agua de alimentación absorbe todo el calor sensible necesario para las sucesivas evaporaciones antes de ingresar a la primera cámara. En esta configuración, el agua a desalar es precalentada en la Zona de Recuperación de Calor por

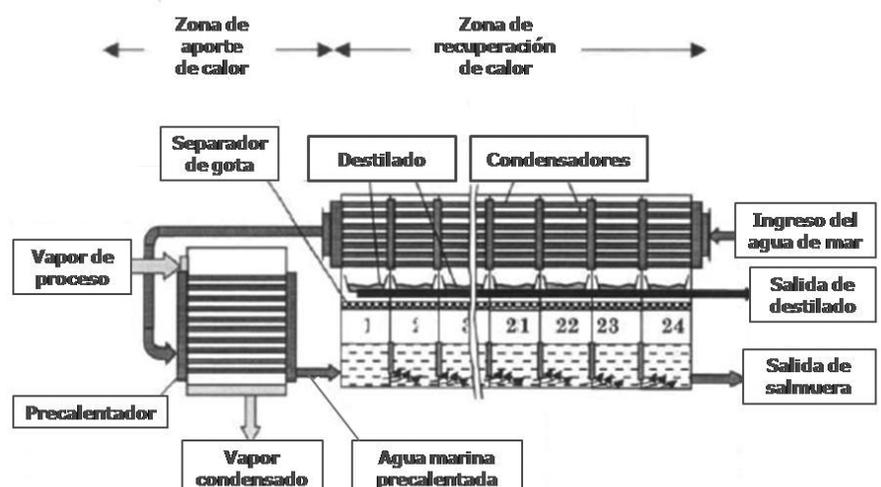


Figura 2. Destilación Multi-Flash <sup>[1]</sup>

el vapor producido en cada cámara y llega a la Zona de Aporte de Calor donde se le proporciona el calor principal para su ebullición por intercambio de calor con vapor de servicio. Al atravesar ambas secciones, el agua alcanza una temperatura de 90°-100°C (Ver Figura 2).

Atravesadas estas dos secciones, ingresa a la primera cámara de evaporación (primera etapa) la cual se encuentra operando a una presión menor a la presión de saturación correspondiente a la temperatura de ingreso.

Se produce una ebullición espontánea o "flashing" en la que una parte del agua se convierte en vapor. El vapor que se genera en cada etapa atraviesa los separadores de gotas para llevar a cabo la remoción de posibles gotas de salmuera arrastradas por el mismo vapor. Finalmente, este vapor seco condensa en los intercambiadores de calor ubicados en la parte superior de cada cámara, obteniéndose agua destilada como producto.

En la Figura 3, se muestra un esquema simplificado de una cámara típica de evaporación de una planta MSF.

Por el interior de los tubos de estos intercambiadores, circula la corriente de alimentación (agua a desalinizar) desde la

etapa  $N$  ( $N$ : número de etapas) hasta la etapa 1, es decir, en contracorriente con el producto de la destilación y va incrementando su temperatura en el recorrido. De esta forma se aprovecha el calor latente del vapor que condensa en cada etapa para precalentar el agua de alimentación.

Finalmente, la salmuera pasa a la siguiente etapa más concentrada donde se repite nuevamente el proceso de evaporación-condensación. Este proceso se repite en etapas subsiguientes las cuales operan a temperaturas y presiones progresivamente decrecientes, exponiéndose la solución a sucesivas evaporaciones.

Como se mencionó anteriormente, la eficiencia de una planta desaladora se evalúa con el índice GOR. Un aumento en este índice implica un mejor aprovechamiento del calor pero a su vez mayores superficies de intercambio. Para plantas tipo MSF, el máximo en GOR se encuentra en 12:1-14:1, con un rango de operación usual de 8:1-10:1.

La calidad del agua que se produce es 5-25 ppm SDT (Sólidos Disueltos Totales) de una concentración inicial de 35.000-45.000 ppm SDT (salinidad agua de mar).

Las plantas MSF presentan un consumo eléctrico de aprox. 3 a 5 kWh /m<sup>3</sup> de agua producida para alimentar sistemas de bombeo y eyectores de vacío. A su vez, el consumo calórico se encuentra en el rango de los 45-120 kWh/m<sup>3</sup>.

Las plantas MSF requieren de pretratamientos químicos en el agua de alimentación a fin de evitar la formación de incrustaciones en los evaporadores y el avance de procesos de corrosión sobre superficies metálicas. La presencia de iones sulfato, bicarbonato, calcio y magnesio, entre otros, da origen a la deposición de compuestos alcalinos como CaSO<sub>4</sub> y CaCO<sub>3</sub>. Esto reduce la transferencia de calor y disminuye la tasa de producción, pudiendo además dañar físicamente los materiales constitutivos del equipo. Para controlar la tendencia a la formación de compuestos alcalinos, el agua de alimentación es tratada con aditivos químicos que inhiben o retardan la precipitación de sólidos.

## DESTILACIÓN MÚLTIPLE EFECTO (MED)

En las plantas MED se utiliza una sucesión de evaporadores conectados entre sí en los cuales el vapor generado en cada uno de éstos es usado en el próximo efecto para lograr la evaporación del agua, mientras que el aporte de energía principal se hace sobre el primer evaporador.

El agua de alimentación (agua a desalinizar) es precalentada en la etapa de condensación del vapor que se genera en el último efecto e ingresa al primer efecto en donde eleva su temperatura al punto de ebullición con la ayuda de calor provisto por vapor auxiliar. A su ingreso en la primera cámara, es rociada sobre la superficie de los tubos o placas del evaporador por los cuales circula el vapor de servicio.

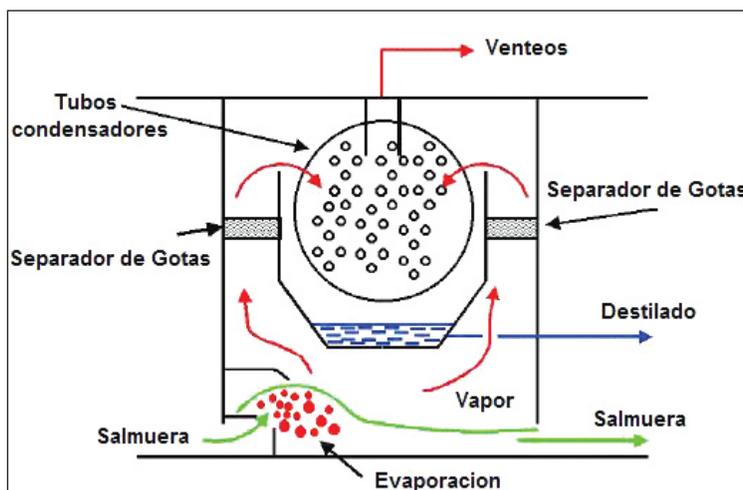


Figura 3. Cámara de evaporación MSF [3]

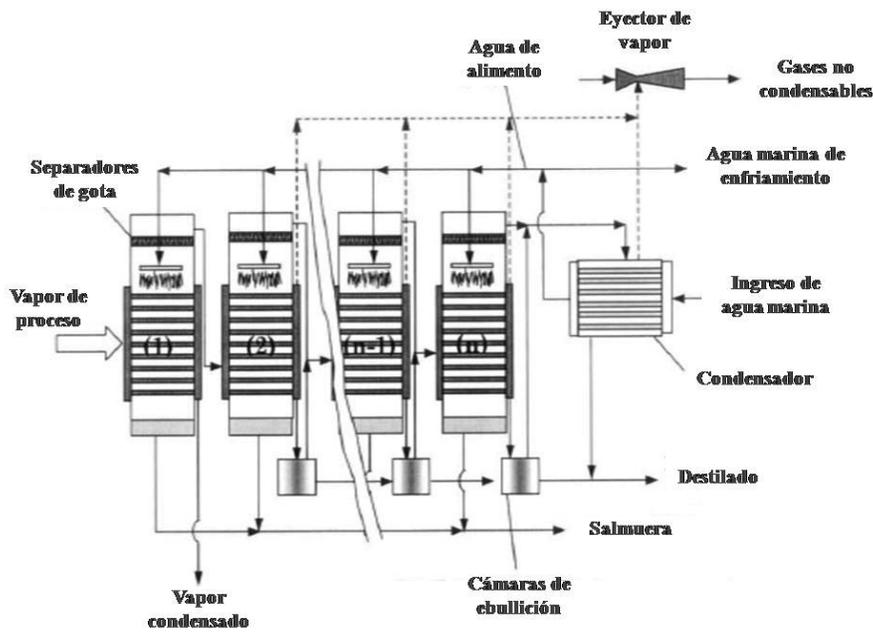


Figura 4. Destilación Múltiple Efecto <sup>(1)</sup>

Al entrar en contacto con esta superficie, el agua de alimentación se distribuye en forma de película delgada descendiente, favoreciendo así su evaporación y transformación en vapor. Este vapor es recolectado, previo paso por los separadores de gotas, y enviado al evaporador del siguiente efecto, actuando ahora como fuente de calor del lado de tubos. Este efecto opera a una menor presión y temperatura respecto al anterior por lo que el agua de alimentación correspondiente se evapora al entrar en contacto con los tubos y se repite el proceso anterior. El vapor generado en cada etapa de evaporación condensa en el interior de tubos de la etapa siguiente y se recolecta como destilado en carácter de agua desalinizada.

En cada efecto se obtiene condensado de baja salinidad por un lado, y salmuera concentrada por el otro. Los sistemas MED de alimentación en paralelo alimentan cada efecto con agua marina y extraen de cada efecto la salmuera residual. En los sistemas MED de alimentación en serie, el agua marina ingresa sólo al primer efecto pues utilizan la salmuera residual de cada etapa como agua

de alimentación de la etapa siguiente, en forma similar a los sistemas MSF.

Al igual que para las plantas MSF, la destilación MED tiene varias etapas conectadas en serie a diferentes presiones de operación, reduciendo así el punto de ebullición en cada etapa por el efecto de disminución de dicha presión. Esto permite que el agua de alimentación experimente múltiples evaporaciones, en los sucesivos efectos, utilizando como fuente de energía externa sólo el calor entregado por el vapor auxiliar en el primer efecto. A diferencia de los sistemas MSF, el agua de alimentación no acumula todo el calor necesario antes de su ingreso a las cámaras, sino que el aporte de calor para la evaporación se da en cada uno de los efectos.

El caudal de agua desalinizada para estas tecnologías se encuentran en el rango de 50-20.000 m<sup>3</sup>/día.

Los valores de GOR coinciden aproximadamente con  $N-1$  ( $N$ : número de etapas). Al aumentar el número de efectos, se incrementa este parámetro. Valores típicos se encuentran en el rango 2:1-24:1. Por

ejemplo, las plantas HTE-MED (Horizontal Tube - Multi Effect Distillation) suelen incorporar gran cantidad de efectos llegando a tener valores de GOR mayores a 20:1. Sin embargo, estas configuraciones suelen trabajar a temperaturas mayores a 130°C lo que implica el uso de materiales de alto costo para evitar la formación de incrustaciones.

Las plantas MED de mayor eficiencia utilizan sistemas de compresión de vapor como aporte de energía, donde el vapor de servicio se utiliza para impulsar un compresor térmico.

Las plantas desaladoras tipo MED presentan, además, un consumo energético en sistemas de bombeo de 0,9-4,5 kWh/m<sup>3</sup> aproximadamente y un consumo calórico de 25-160 kWh/m<sup>3</sup>.

Algunas configuraciones HTE-MED operan por debajo de los 70°C, lo que limita la velocidad de corrosión y de formación de incrustaciones y, en consecuencia, la reducción de tratamientos químicos del agua. Por esta razón se logran altos coeficientes de transferencia de calor. A su vez, se evita el uso de materiales resistentes a la corrosión de muy alto costo pudiendo hacer uso de aluminio, aleaciones de cobre para tubos de evaporadores y aceros inoxidable/al carbono para coraza.

La tecnología MED es más moderna que la ya conocida MSF y se la considera con mayor capacidad de ser desarrollada y optimizada en el futuro. Por esta razón, actualmente los esfuerzos por mejorar la eficiencia de los procesos de destilación de agua marina se basan en el concepto MED.

Generalmente, la calidad del agua producto es similar a la obtenida en procesos MSF: 5-25 ppm SDT de una concentración inicial de 35.000-45.000 ppm SDT. Esta calidad de agua permite de manera

sencilla su utilización en procesos industriales. Sin embargo, si se pretende utilizarla para abastecer a la población con agua potable, es necesaria su re-salinización para llevar el contenido de iones en solución a valores aptos para el consumo humano.



Figura 5. Equipos MED en la industria [4]

**PROCESOS MECÁNICOS**

El método utilizado para desalinizar el agua, la ósmosis inversa (RO – Reverse Osmosis), funciona por un proceso físico-químico diferente. Se bombea el agua salina a alta presión a través de una serie de membranas semipermeables. Estas membranas dejan pasar moléculas de agua e impiden el paso de los iones en solución. De esta manera, una parte del agua es filtrada y recolectada como agua de baja salinidad mientras se retienen del otro lado las sales y demás iones en una solución salina más concentrada. Este método consume energía eléctrica para el funcionamiento de las bombas pero también se puede emplear calor para precalentar el agua salina y lograr un mejor rendimiento de la planta.

A continuación se muestra un esquema típico de ósmosis inversa.

La tecnología aplicada actualmente a las membranas busca mejorar la permeabilidad del agua y reducir cada vez más la permeabilidad de los iones para obtener agua de mayor calidad.

Las membranas suelen estar constituidas

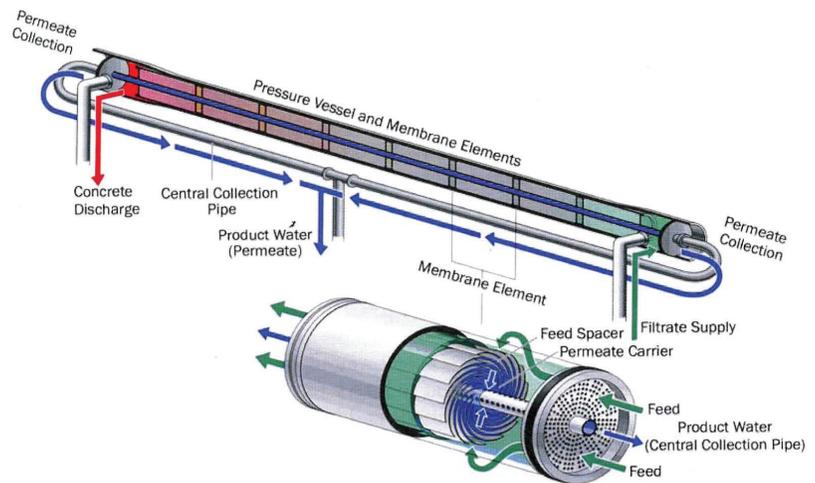


Figura 6. Esquema de un módulo de Ósmosis Inversa [5]

de polímeros naturales o sintéticos, debiendo cumplir ciertas condiciones: buena selectividad, baja resistencia al pasaje de flujo y alta estabilidad mecánica y química. Ejemplos de ellas son: acetato de celulosa, triacetato y poliamidas.

Antes de su ingreso a los módulos de RO, el agua a desalar se somete a tratamientos químicos.

Los pretratamientos del agua de alimentación se requieren para evitar el ensuciamiento y deterioro de membranas. conductividad, se desmineraliza vía intercambio iónico.

En la Figura 7 se muestra un esquema simplificado de los componentes básicos de una planta RO.

Los requerimientos energéticos dependen de las condiciones del agua de alimentación, como la concentración de sales y temperatura, y de la zona en donde se instale la planta desalinizadora.

Los valores usuales son 5-8 kWh/m<sup>3</sup> de agua producto, siendo el 85% el correspondiente al consumo de bombas.

Comparado con los procesos térmicos, la ósmosis inversa presenta menor consumo energético, simplicidad en la operación, bajo costo de mantenimiento y reducción de los fenómenos de corrosión por operar a temperatura ambiente.

Las plantas de RO trabajan con capacidades que van desde unos pocos metros cúbicos hasta 50.000 m<sup>3</sup>/día y con menor calidad de agua respecto a los métodos térmicos: 410-500 ppm de SDT.

**EL USO DE LA ENERGÍA NUCLEAR PARA LA DESALINIZACIÓN DE AGUAS Y OTROS USOS DE INTERÉS**

Gracias al desarrollo tecnológico alcanzado en los últimos tiempos, las centrales nucleares de potencia han adquirido

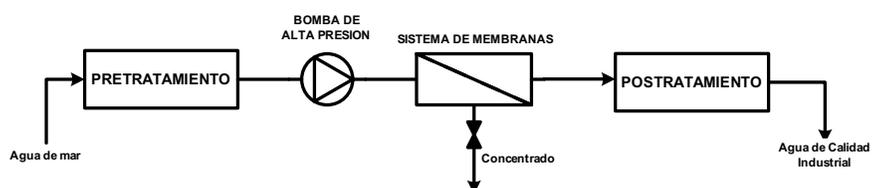


Figura 7. Sistemas de membranas con pre y postratamiento químico

potencial para incorporarse a algunas actividades industriales y domiciliarias, no sólo como generadoras de energía eléctrica, sino también como abastecedoras de vapor de agua como fuente de calor. Estas actividades, que se conocen como *aplicaciones no eléctricas de la energía nuclear*, permiten diversificar ampliamente los campos de aplicación de las centrales nucleares.



Figura 8. Sistemas modulares de osmosis inversa en la industria <sup>[5]</sup>

Los procesos industriales que requieren vapor son diversos y abarcan un amplio espectro de temperaturas.

A su vez, dependiendo de las condiciones requeridas de vapor existen diferentes tipos de reactores nucleares capaces de abastecerlo. Los siguientes esquemas muestran algunos de los procesos indus-

triales mencionados junto con la temperatura de vapor requerido y los tipos de centrales nucleares de potencia que son capaces de abastecerlo

Dentro de los procesos de alta temperatura (superiores a los 200°C) se encuentran la producción de hidrógeno, gasificación de carbón, refinamiento de petróleo, reformado de gas natural, entre otros. En un rango de menores temperaturas (70-200°C), se ubican la desalinización de agua de mar, la industria química y del papel y la calefacción como servicio domiciliario.

A nivel internacional, el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) promueve el uso de la energía nuclear en aplicaciones no eléctricas y mantiene diversos foros y congresos internacionales apuntados a su fortalecimiento: *Coordinated researched programe on advanced methods for nuclear desalination, Non-electric applications of nuclear power: seawater desalination, hydrogen production and other industrial applications*, entre otros <sup>[7,8]</sup>.

El empleo de dichas aplicaciones en cogeneración con la producción de nucleoelectricidad ha generado resultados satisfactorios en varios países del mundo. Las

de mayor avance en materia tecnológica son la desalinización de agua de mar, la producción de hidrógeno, la calefacción domiciliar y el aprovechamiento del calor para procesos industriales.

### LA CENTRAL NUCLEAR CAREM Y SUS APLICACIONES NO ELÉCTRICAS

Actualmente, la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) lleva en curso el diseño y construcción de la primera central nuclear argentina de potencia desarrollada íntegramente en nuestro país: la central CAREM (Central Argentina de Elementos Modulares).

La central nuclear CAREM-25 tiene un reactor de agua liviana que utiliza como combustible uranio enriquecido. Esta central generará 25 MW de potencia eléctrica y estará ubicada en la ciudad de Lima, provincia de Buenos Aires, a orillas del río Paraná y próximo a las instalaciones de las Centrales de Atucha I y II.

El reactor de la central CAREM-25 presenta características innovadoras y avanzadas que le otorgan simplicidad y mayor seguridad en el funcionamiento y operación del circuito primario.

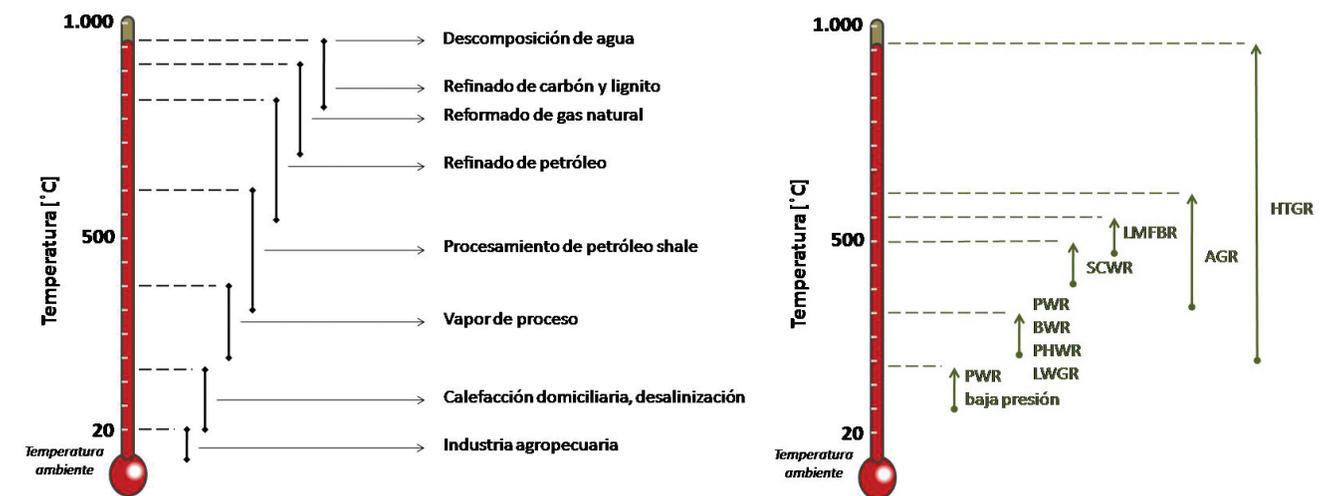


Figura 9. Aplicaciones no eléctricas de la energía nuclear <sup>[6]</sup>

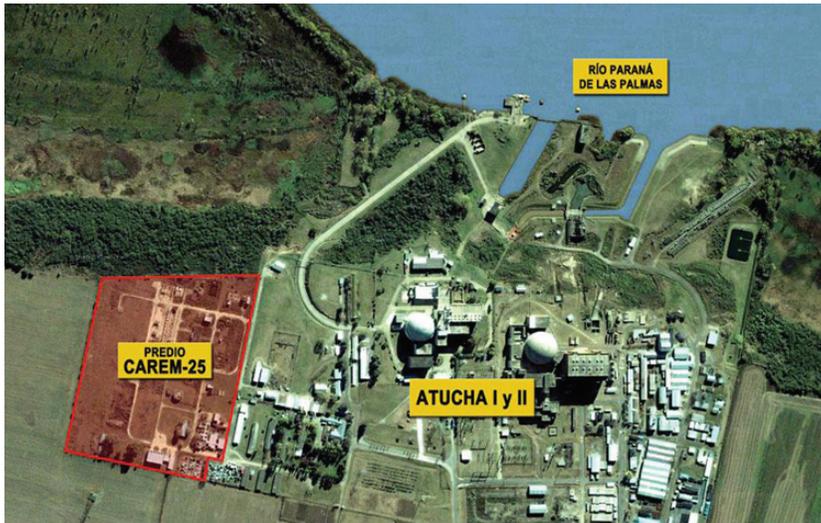


Figura 10. Sitio disponible para la central CAREM-25 en la localidad de Lima, Pcia de Bs. As. [9]

Uno de los aspectos relevantes en el diseño del reactor es el concepto de integración. El refrigerante, los mecanismos de control de potencia y los generadores de vapor se encuentran ubicados dentro del recipiente de presión del reactor, todos ellos sometidos a alta presión y temperatura.

Otra característica de este reactor es la auto-presurización del refrigerante primario y la refrigeración del núcleo, que se da por circulación natural. Esto último elimina la utilización de bombas y otros dispositivos externos para impulsión del refrigerante.

Las funciones de la Central CAREM son diversas y comprende la producción nucleoelectrica en conjunto con diversas aplicaciones industriales de baja temperatura.

Este reactor, por su naturaleza modular y de baja potencia, tiene un gran potencial para ser utilizado como fuente de energía eléctrica y calor para la provisión de vapor a industrias papeleras y químicas, producción de agua por desalinización de agua de mar, entre otros.

Dentro de esta temática, la Comisión Na-

cional de Energía Atómica lleva en curso el estudio técnico-económico y ambiental de las aplicaciones no eléctricas de la central nuclear CAREM. Este proyecto se

enmarca dentro del Plan de Reactivación Nuclear Argentino y responde a la necesidad de suplir las demandas de agua y electricidad en zonas aisladas de nuestro país.

A su vez, habilita la promoción y el crecimiento de actividades agrícolas e industriales en las cercanías de la Central, que pueden abastecerse de agua y vapor generados con el reactor. De esta manera, la Central funciona como motor de un polo industrial donde se produce agua, electricidad y vapor para procesos industriales, todo en cogeneración.

Históricamente, la Argentina ha participado de foros y congresos del OIEA con importantes contribuciones en el tema [11,12,13,14,15,16,17] junto a países como Pakistán, India, China, Corea, Japón, entre otros.

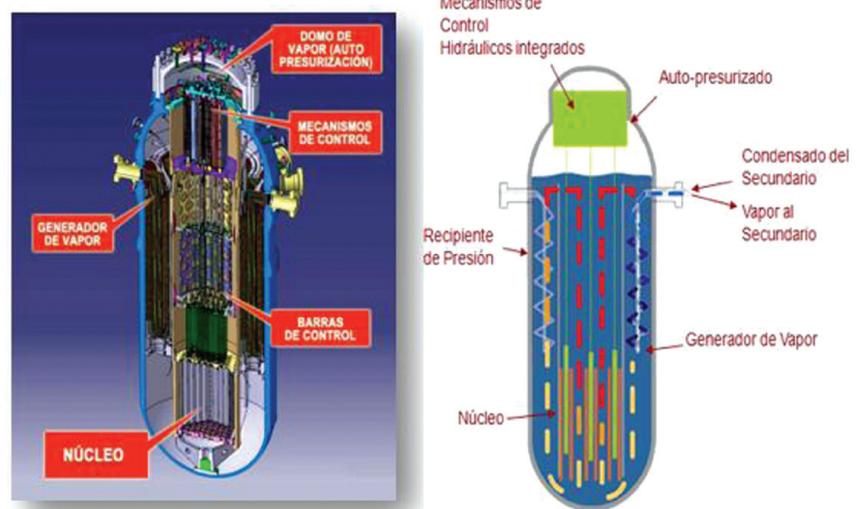


Figura 11. Reactor prototipo CAREM-25 [10]

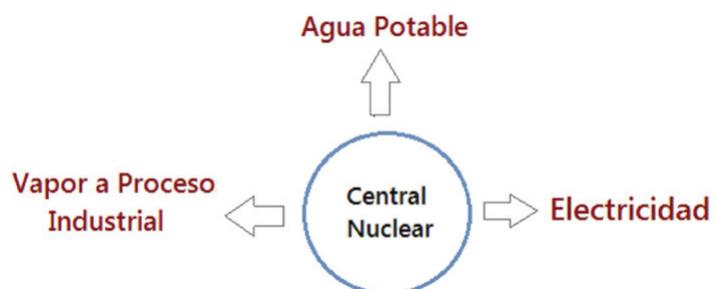


Figura 12. Central nuclear CAREM como motor de un polo industrial

Actualmente la CNEA lleva en curso el estudio técnico-económico y ambiental para acoplar una planta MED, RO y combinación de ambas a la central nuclear tipo CAREM-25.

#### LA CENTRAL NUCLEAR CAREM Y LA PRODUCCIÓN DE AGUA:

*Estudio del acople de una planta MED y RO a la central CAREM-25*

En primer lugar, se estudió el acople de la central nuclear a una planta desaladora tipo MED para la producción de agua. Dicho acople se realiza a través del circuito secundario de la central y su objetivo es utilizar parte del calor generado en el núcleo del reactor para alimentar el proceso de destilación.

El circuito secundario en estado vapor alimenta a la turbina que mueve el generador eléctrico. Este vapor, que no entra en contacto con el agua del reactor, se encuentra a alta presión y temperatura. El acople de la planta MED al secundario se realiza mediante la extracción de

una fracción de la corriente del vapor que circula por la turbina, aprovechando las extracciones de vapor existentes para precalentamiento. La extracción se realiza en zonas cercanas a la descarga de turbina, donde la presión y la temperatura son menores y el vapor posee menos capacidad de producir energía mecánica.

Esta corriente de vapor es enviada a un intercambiador que actúa como condensador para aprovechar su calor latente como fuente de calor.

El calor obtenido en este condensador se transmite a un circuito de acople por donde circula agua presurizada en estado líquido. La presión del agua en este circuito es mayor a la presión del vapor extraído de manera de generar una barrera contra la circulación de agua hacia la planta desaladora en caso de una rotura.

El agua de este circuito aumenta su temperatura por intercambio de calor con el vapor que se condensa y a su vez transfiere su calor a la planta MED a través de un segundo intercambiador que actúa

como generador de vapor. Dicho vapor se utiliza como fuente térmica de la planta desaladora.

De esta forma, el vapor del circuito secundario no está en contacto directo con el agua salina que se pretende tratar, sino que existen tres barreras físicas que lo separan además del gradiente de presión inverso mencionado en el primer intercambiador.

En la Figura 13 se muestra un esquema del acople estudiado.

La extracción de vapor de la turbina del circuito secundario incide en el rendimiento del ciclo disminuyendo la producción de electricidad. El porcentaje de disminución de esta potencia, es decir la incidencia del acople de la planta MED, varía según las condiciones termodinámicas del acople y los diferentes esquemas de conexión.

La extracción de vapor de la turbina del circuito secundario incide en el rendimiento del ciclo disminuyendo la pro-

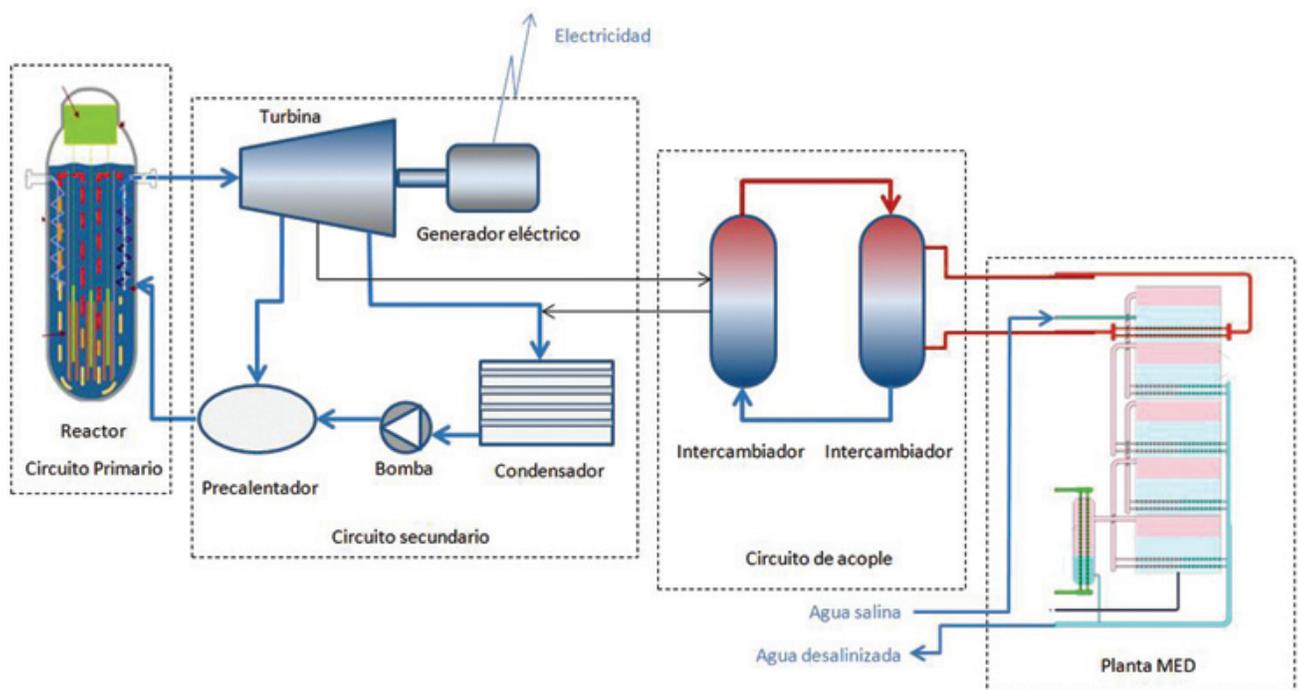


Figura 13. Central nuclear tipo CAREM-25 acoplada a una planta MED <sup>[18]</sup>

ducción de electricidad. El porcentaje de disminución de esta potencia, es decir la incidencia del acople de la planta MED, varía según las condiciones termodinámicas del acople y los diferentes esquemas de conexión.

El estudio llevado a cabo por CNEA analiza los diversos esquemas de acople técnicamente factibles y su incidencia en el desempeño de la central en cogeneración. Esto implica que se estudia la capacidad de generación eléctrica y de producción de agua en conjunto, teniendo en cuenta el rendimiento del ciclo térmico, la eficiencia de la planta desaladora y el circuito de acople.

Para este estudio se desarrolló el concepto de *Consumo Energético Específico*, definido como la *disminución de energía eléctrica entregada a la red por unidad de producción de agua desmineralizada*. Dicho parámetro, más favorable cuanto menor sea, contiene los dos aspectos más importantes que se deben optimizar: la incidencia del acople térmico y la eficiencia de la planta desaladora (GOR).

Uno de los resultados más sobresalientes del estudio realizado es la posibilidad de acoplar a una central nuclear tipo CAREM-25 una planta desalinizadora tipo MED, generando en forma conjunta electricidad y agua potable. Los esquemas de acople estudiados muestran que es posible alcanzar una producción de agua desmineralizada de 4.000-4.300 m<sup>3</sup>/día y en simultáneo se podrá abastecer de energía eléctrica a una población de 88.000 habitantes.

El estudio llevado a cabo en la CNEA optimizó las condiciones del acople con el objetivo de disminuir su incidencia en el funcionamiento de la central. La seguridad y la estabilidad de los diferentes esquemas de acople son otras temáticas que están siendo evaluadas dentro de este estudio, como así también el estudio

dinámico de acople entre la central y la planta desalinizadora.

El otro aspecto a considerar es el máximo aprovechamiento del calor extraído del circuito secundario por parte de la planta desalinizadora, lo que está relacionado con el diseño y el rendimiento del sistema de destilación. En esta línea, se está trabajando en el diseño de un dispositivo modular de desalinización implementando el concepto MED en un intercambiador de calor compacto, integrado e innovador.

Su funcionamiento se basa en el fenómeno de evaporación y condensación de película delgada, con sistemas pasivos de control entre etapas. La forma de construcción se apoya en el concepto de modularización y producción seriada, abaratando costos y simplificando el montaje y la operación. Se espera que con este diseño se alcancen niveles de eficiencia similares a los de sistemas MED con compresión de vapor, manteniendo la simplicidad constructiva y de operación de los sistemas MED tradicionales.

El diseño propio de un sistema MED contribuye a la generación de conocimiento y experiencia en el manejo de esta tecnología a nivel nacional. Esto proporciona todas las herramientas necesarias para construir y operar estos sistemas de forma independiente, sin estar condicionados por el mercado internacional y su disponibilidad.

A la fecha, se está realizando una simulación computacional del prototipo MED modular en estado estacionario, abarcando en forma sucesiva todos los fenómenos físicos que intervienen en su funcionamiento. El proyecto comprende además la simulación dinámica del diseño para evaluar la estabilidad del sistema y su controlabilidad. El objetivo de estas simulaciones es la optimización del diseño para la futura construcción, montaje

y puesta en marcha del dispositivo a escala laboratorio.

En paralelo al sistema MED, se realiza el estudio técnico del acople de sistemas modulares RO a una central tipo CAREM-25. Dicho acople es principalmente eléctrico y, en menor medida, térmico. Con respecto a estos métodos, se han tomado como antecedentes los trabajos realizados en el tema por grupos de investigación de la CNEA e INVAP <sup>[11,12,13,14,15]</sup>.

Como se mencionó anteriormente, el uso de estos dispositivos exige un pretratamiento físico-químico del agua a desalar a efectos de evitar el deterioro y ensuciamiento de las membranas y la degradación de materiales constitutivos, en general. Por otro lado, se requiere del uso de bombas de muy alta presión para elevar la presión del agua de alimentación por encima de su presión osmótica natural.

Para suplir las demandas energéticas de las bombas éstas se alimentan con energía eléctrica generada en el circuito secundario del reactor. El acople de equipos RO a la central nuclear es del tipo térmico mediante el precalentamiento del agua a tratar, a los efectos de aumentar el rendimiento de los sistemas de membranas mediante la disminución de la viscosidad del agua con el aumento de temperatura.

Para dicho acople, se propuso un circuito similar al descrito en la planta MED con el objetivo de garantizar el flujo de calor deseado para el aumento de temperatura del agua de alimentación.

Actualmente, se encuentra en curso la evaluación del tipo de acondicionamiento químico a implementar en el agua de alimentación, ya sea para agua de mar o acuíferos (menor salinidad), junto con la selección de membranas mediante software específico y avalado por el OIEA.

En la Figura 14 se muestra un esquema sencillo del acople de la central tipo CAREM-25 a los módulos RO según lo descrito anteriormente.

Una ventaja de la aplicación de estas tecnologías es la optimización de los usos del agua debido a la posibilidad de producir agua, no sólo para consumo humano, sino también para abastecer las demandas de inventarios y consumos propios de la central nuclear.

**DESARROLLOS EXPERIMENTALES**

Para validar el diseño del circuito en estudio y del prototipo MED, se diseñó un dispositivo experimental, a escala piloto, para la utilización combinada de las plantas MED y RO anteriormente descritas. El sistema, actualmente en construcción, es un híbrido de ambas tecnologías las cuales son alimentadas por una fuente de calor y electricidad externa que simula

el calor y la energía eléctrica que el reactor entrega a estos dispositivos. Con este esquema experimental se busca adquirir conocimiento y experiencia en la operación y funcionamiento de los sistemas MED y RO, por separado y en conjunto.

En la Figura 15 se muestra un esquema del circuito experimental en desarrollo.

La implementación de sistemas híbridos de producción de agua provee mayor versatilidad en la operación de la planta, mejora las condiciones del acople a la central nuclear y permite incrementar el rango de calidades de agua que se produce.

Por esta razón, desde la etapa de diseño y los primeros desarrollos experimentales, se aborda el estudio de una planta de desalinización híbrida. Con una capacidad térmica de 30kW, el circuito experimental en construcción fue diseñado a una escala aproximada de 1:300 respecto de la producción de agua estimada para el estudio sobre la central CAREM.

**CONCLUSIONES**

El uso de la energía nuclear para la generación de electricidad en simultáneo con la producción de agua es una alternativa posible para el futuro próximo y ya ha sido probado en varios países del mundo.

Particularmente para la Argentina, la aplicación de este conjunto al reactor CAREM contribuye con la diversificación del suministro energético actual y garantiza el abastecimiento y la distribución de agua para distintos sectores (industrial, consumo humano, servicios) en sitios aislados de nuestro país. En simultáneo, genera competitividad económica en zonas que carecen de recursos combustibles. Por otro lado, enriquece fuertemente la veta comercial del reactor para su inserción en el mercado nacional e internacional.

El desafío en materia tecnológica es

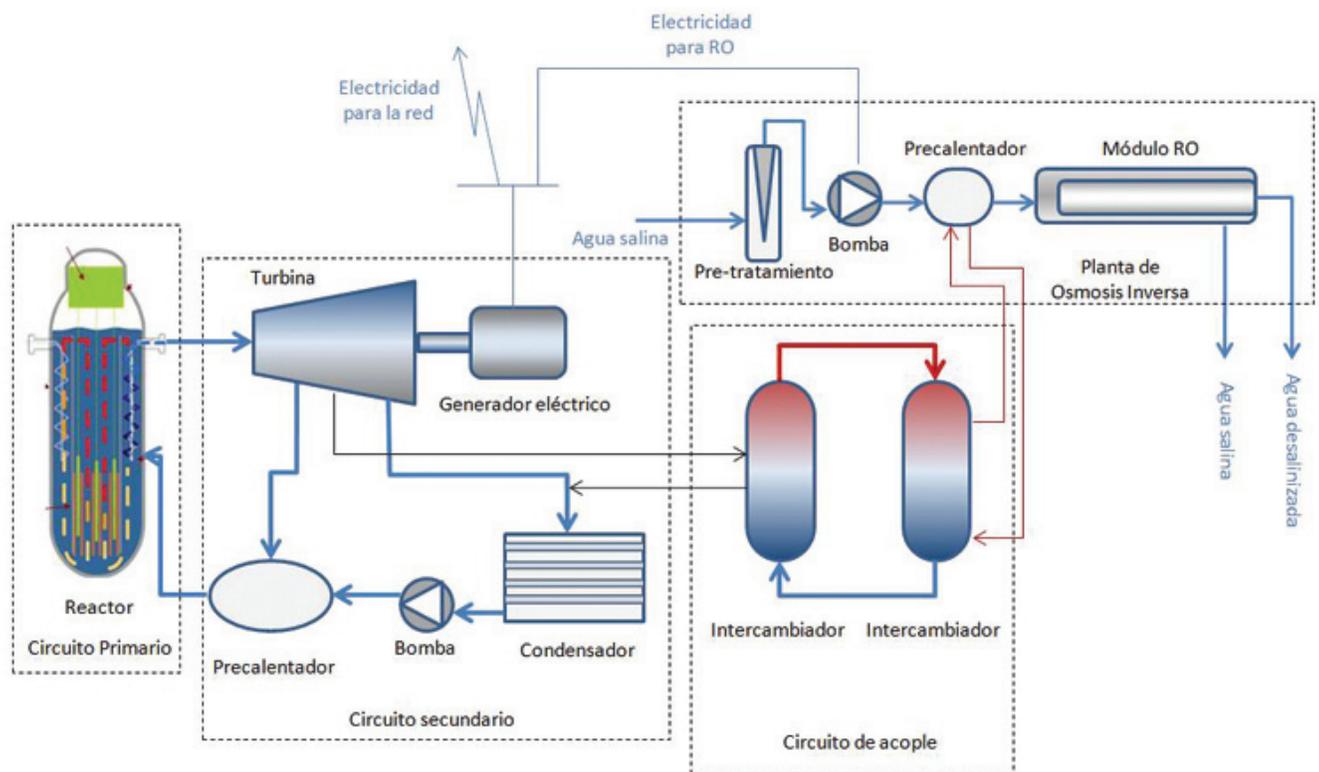


Figura 14. Central nuclear tipo CAREM-25 acoplada a una planta RO [19]

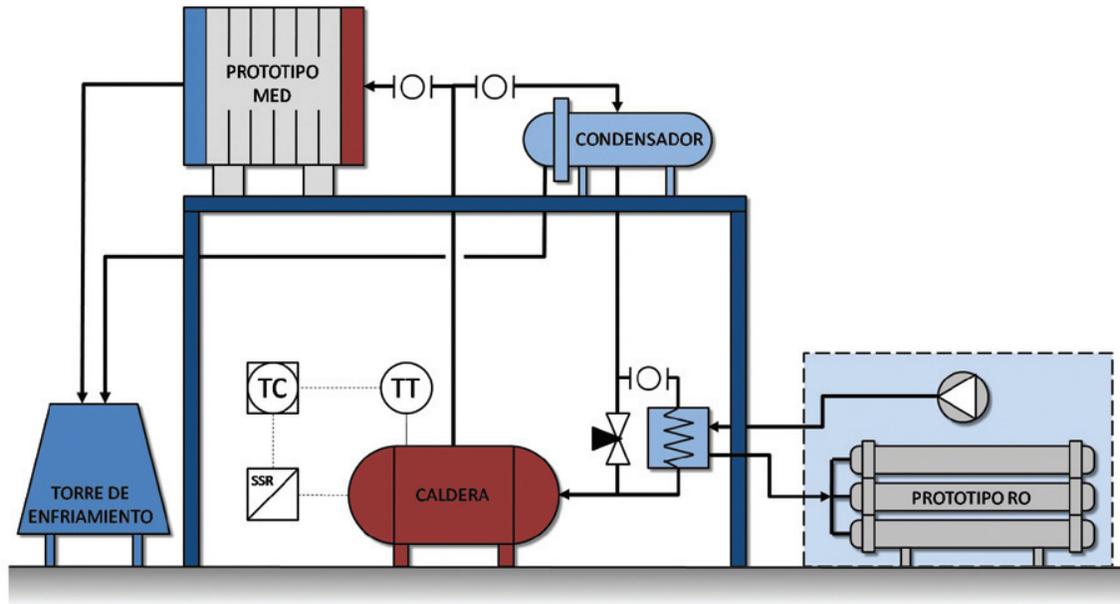


Figura 15. Circuito experimental en desarrollo para tecnologías MED y RO [20]

grande. CNEA aporta a la independencia en materia energética y acuífera, y apuesta al desarrollo de esta tecnología en pos del crecimiento de nuestro potencial científico-técnico.

REFERENCIAS

[1] Hisham T. El-Dessouky, Hisham M. Ettouney, *Fundamentals of Salt Water Desalination*, Elsevier, 2002.

[2] IAEA Tecdoc 1524, *Techno-economic feasibility studies in member states*, 2007.

[3] Neil M. Wad, *Distillation plant development and cost update*, Desalination 136, 2001.

[4] Sitio web: <http://www.ide-tech.com/case-study/reliance-project-2/>

[5] AWWA Manual M46, *Reverse Osmosis and Nanofiltration*, Second edition, 2007.

[6] IAEA Tecdoc 1584, *Advanced Applications of Water Cooled Nuclear Power Plants*, 2007.

[7] IAEA-CN-152, *Non-Electric Applications of Nuclear Power: Seawater Desalination, Hydrogen Production and other Industrial Applications*, 2007.

[8] IAEA 1561, *Economics of Nuclear Desalination: New Developments and Site Specific Studies*, 2007.

[9] Sitio web Proyecto CAREM-25: <http://www.cnea.gov.ar/proyectos/carem>.

[10] H.Boado Magan, D. F. Delmastro, M. Markiewicz, E. Lopasso, F. Diez, M. Giménez, A. Rauschert, S. Halpert, M. Chocrón, J. C. Dezzutti, H. Pirani, C. Balbi, A. Fittipaldi, M. Schlamp, G. Murmis, H. Lis, *Project Report. CAREM Project Status*, Hindawi Publishing Corporation Science and Technology of Nuclear Installations, 2010.

[11] Ramilo, Gómez de Soler, Coppari, *Tecnologías de proceso para desalinización de aguas*, Revista C.N.E.A., 2003.

[12] Gómez de Soler, Ramilo, Castellano, Coppari, Cabrera, IAEA Tecdoc 1561, *Assessment of nuclear desalination projects in Argentina and Latin America*, Atomic Energy National Commission, pp 89-104, 2007.

[13] Masriera N.A., Doval A.S., IAEA Tecdoc 1444, *Evaluation of nuclear desalination coupled systems*, Nuclear Engineering Department, INVAP S.E Argentina, pp 183-200, 2005.

[14] Masriera N.A, Participation in the Coordinated Research Project (CRP), IAEA, June 2005.

[15] S.M. Gómez de Soler, Participation in the First Technical Meeting of the Technical Working Group on Nuclear Desalination (TWG-ND), IAEA, Vienna, May 2009.

[16] M. Chocrón, Participation in the Second Technical Meeting of the Technical Working Group on Nuclear Desalination (TWG-ND), IAEA, Vienna, April 2011.

[17] M. C. Conti, S. Labollita, S. Halpert, M. Chocrón, Participation in Meetings of the Technical Working Group on Nuclear Desalination (TWG-ND), IAEA, Vienna, January 2013.

[18] M. C. Conti, S. Labollita, M. Chocrón, S. Halpert, *Acople de una planta de desalinización térmica al reactor CAREM-25*, Informe técnico, Departamento de Química y Procesos en Instalaciones Nucleares, Gerencia Química, C.N.E.A.

[19] M. C. Conti, S. Labollita, M. Chocrón, S. Halpert, *Acople de una planta de desalinización térmica al reactor CAREM-25*, Informe técnico, Departamento de Química y Procesos en Instalaciones Nucleares, Gerencia Química, C.N.E.A.

[20] M. C. Conti, S. Labollita, M. Chocrón, *Circuito Experimental*, Informe técnico, Departamento de Química y Procesos en Instalaciones Nucleares, Gerencia Química, C.N.E.A.

# EDULCORANTES NO CALORICOS: la seguridad de aditivos esenciales a la hora de endulzar sin agregar calorías

Susana Socolovsky, PhD., CFS \*

Los edulcorantes intensivos, no nutritivos, o no calóricos, según se prefiera denominarlos, sean éstos sintetizados por el hombre o naturales, se utilizan en una gran variedad de alimentos y bebidas por distintos motivos, incluido el interés de los consumidores por controlar el peso corporal ingiriendo un menor número de calorías, ingerir alimentos dulces evitando los azúcares como en el caso de individuos diabéticos, y además por los esfuerzos de los elaboradores por ofrecer variadas opciones de sus productos con bajo nivel calórico.

Aunque estos edulcorantes suelen percibirse como ingredientes modernos, llevan utilizándose más de un siglo. En Europa y en todo el mundo, los edulcorantes bajos en calorías, al igual que otros aditivos alimentarios, se someten a un riguroso proceso de evaluación. La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA por

su siglas en inglés) así con la FDA de los EE.UU y otras agencias regulatorias en el mundo definen los niveles de ingesta diarios aceptables y revisan exhaustivamente la nueva información sobre su seguridad. Estas medidas garantizan a la población que los edulcorantes intensivos aprobados son seguros.

## ¿QUÉ SON LOS EDULCORANTES INTENSIVOS?

Los edulcorantes no calóricos o intensivos son aditivos alimentarios mucho más dulces que el azúcar de mesa (sacarosa). Entre ellos se incluyen el acesulfamo K, el aspartamo, la sacarina, los glicósidos de esteviol y la sucralosa, que son entre 150 y 600 veces más dulces que la sacarosa, y el neotame, que es entre 7.000 y 13.000 veces más dulce (Tabla 1). La intensidad del dulzor de estos edulcorantes depende de su poder edulcorante intrínseco y obviamente de la concentración en la que se utilicen.

Su contenido calórico oscila entre 0 y 4

kilocalorías por gramo, pero todos ellos aportan muy pocas calorías en la práctica, porque se adicionan a los alimentos y bebidas en cantidades muy pequeñas. Los edulcorantes no calóricos son muy utilizados en bebidas, yogures y otros productos lácteos, golosinas, chicles y numerosos y variados productos sin azúcar. La mayoría están también disponibles como edulcorantes de mesa y se usan para edulcorar infusiones o se añaden a otros alimentos, como ensaladas de fruta, cereales de desayuno, etc.

Los edulcorantes bajos en calorías están disponibles desde hace más de un siglo. La sacarina fue descubierta en 1879 por Constantin Fahlberg, un químico que trabajaba en la Universidad Johns Hopkins, en los Estados Unidos de Norteamérica, y fue utilizada vastamente durante las épocas de escasez de azúcar, como en la Primera Guerra Mundial. Aunque, en algunos países, ya en 1945 las bebidas se edulcoraban con combinaciones de sacarosa y sacarina, las bebidas dietéticas y *light* se hicieron famosas recién a principios de los 80, con la introducción

\* Consultora en Asuntos Regulatorios y Científicos, Vicepresidente de la Asociación Argentina de Tecnólogos Alimentarios (AATA) [tecnólogos@alimentos.org.ar](mailto:tecnólogos@alimentos.org.ar)

del aspartamo. En los últimos 35 años, las ventas de bebidas bajas en calorías ha aumentado en forma exponencial y, en algunos países, los bebidas sin azúcar son la opción más elegida por los consumidores.

## SEGURIDAD

### *Ingesta Diaria Admisible (IDA), regulación y aprobación*

Todos los edulcorantes no calóricos que se utilizan en la producción de alimentos se han sometido a rigurosas pruebas de seguridad. La autorización y utilización de edulcorantes intensivos todos ellos considerados aditivos alimentarios está armonizada en Mercosur y para su autorización en las distintas categorías de alimentos cada país establece sus propios niveles de uso, basándose en la información provista por el Codex Alimentarius.

La Ingesta Diaria Aceptable (IDA) para cada edulcorante intensivo indica la cantidad de edulcorante que se puede consumir a diario con seguridad durante toda la vida de una persona. Se calcula como fracción (normalmente, una centésima parte) de la cantidad que ha demostrado ser segura en modelos animales. Los estudios confirman que la cantidad de edulcorantes bajos en calo-

rias que se consume realmente está por debajo de la IDA.<sup>[1]</sup>

Los valores de las IDA adoptadas por Mercosur proviene de las evaluaciones toxicológicas llevadas por JECFA y de las adoptadas por EFSA. Los aditivos edulcorantes, al igual que los demás aditivos alimentarios se clasifican mediante un INS, y este número indica que el aditivo alimentario ha sido aprobado y es seguro para el consumo humano. Todos los edulcorantes bajos en calorías aprobados tienen su propio número INS, dentro del rango INS900 a INS999.

### **Afirmaciones de la Seguridad de los Edulcorantes**

Durante las últimas décadas, ha habido ciertas afirmaciones esporádicas de que los edulcorantes intensivos están asociados a distintos efectos adversos sobre la salud. Los medios de comunicación en ocasiones diseminan informes sin fundamento, lo que genera incertidumbre en cuanto a la seguridad de los edulcorantes intensivos. La responsabilidad de examinar la nuevas investigaciones concernientes a la seguridad de los ingredientes alimentarios es competencia de la EFSA, FDA y otras agencias regulatorias, y cuando se cree necesario

se preparan revisiones exhaustivas. La recomendación científica de la EFSA no ha cambiado: el uso de edulcorantes no calóricos en alimentos y bebidas, consumidos dentro del nivel de ingesta diaria admisible, no supone ninguna amenaza para la salud humana.

Una de las acusaciones sobre los edulcorantes bajos en calorías se refiere a una posible relación con el cáncer en los seres humanos. Estas inquietudes, sin embargo, no están sustentadas mediante estudios bien controlados. Por ejemplo, un equipo de investigadores italianos evaluó las ingestas de edulcorantes no calóricos entre pacientes con distintos tipos de cáncer.<sup>[2]</sup> Se recopiló datos durante un periodo de 13 años sobre casi 9.000 casos y la información obtenida se recopiló con datos procedentes de controles. Tras tener en cuenta otros factores, como el tabaquismo, el riesgo de desarrollar cáncer no se asoció al consumo de los edulcorantes intensivos.

La seguridad de la sacarina se puso en duda después de que ciertos estudios con animales realizados a principios de los 70 parecieran demostrar que aumentaba la incidencia de cáncer de vesícula. En posteriores estudios en laboratorio, se demostró que este efecto era exclusivo entre ratas macho y que no tenían ninguna relevancia para el ser humano. En consecuencia, los estudios epidemiológicos no demostraron ninguna asociación significativa entre el consumo de sacarina y el cáncer de vejiga, incluso entre personas con ingestas elevadas. Las investigaciones realizadas durante los últimos 30 años no sustentan la hipótesis de que la sacarina provoque cáncer en el hombre.<sup>[3]</sup>

El aspartamo también ha sido cuestionado, sobre todo en Europa, después de que varios estudios con animales realizados en Italia afirmaran una cierta

**TABLA 1.** Ejemplos de edulcorantes bajos en calorías

Nombre	Poder edulcorante en comparación con la sacarosa	Fecha de Descubrimiento
Acesulfamo-K (INS 950)	150-200	1966
Aspartamo (INS 951)	150-200	1965
Ciclamato (INS 952)	30-50	1937
Neotame (INS 961)	7 000-13 000	1990
Sacarina (INS 954)	300-400	1879
Glicósidos de esteviol (INS 960)	200-300	1901*
Sucralosa (INS 955)	400-600	1976

\*Los glicósidos de esteviol son los componentes dulces naturales que se encuentran en las hojas de la planta de stevia

relación entre el aspartamo y el cáncer linfático en ratas.

La última evaluación del aspartamo realizada por EFSA se publicó el 10 de diciembre de 2013. Forma parte de la reevaluación de todos los aditivos alimentarios autorizados en la Unión Europea antes del 20 de enero de 2009.

La EFSA concluyó que el aspartamo y sus productos de descomposición en el organismo (fenilalanina, ácido aspártico y metanol) son seguros para el consumo humano en los niveles de consumo actuales, y que el nivel actual de ingesta diaria admisible de 40 miligramos por kilogramo de peso corporal por día es adecuado para la población en general. Sin embargo, en pacientes que sufren la enfermedad fenilcetonuria, esta IDA no es aplicable, puesto que deben seguir de forma estricta una dieta baja en fenilalanina. Con respecto al embarazo, la EFSA señaló que no había ningún riesgo para el feto en desarrollo por exposición a la fenilalanina derivada de aspartamo con la IDA actual<sup>[4,5]</sup> (a excepción de las mujeres que padecen fenilcetonuria). La EFSA también deja claro que los productos de descomposición del aspartamo están presentes de forma natural en otros alimentos; por ejemplo, el metanol se encuentra en frutas y verduras. La contribución de los productos de descomposición del aspartamo a la dieta general es baja.

Las personas que padecen una extraña enfermedad genética conocida como fenilcetonuria, que afecta a alrededor de 1 de cada 10.000 personas, deben evitar el consumo de aspartamo. El aspartamo contiene dos aminoácidos, uno de los cuales es la fenilalanina. La fenilalanina es un aminoácido esencial, lo que signifi-

ca que tenemos que obtenerlo por medio de la dieta para mantener el estado de salud. Quienes padecen fenilcetonuria no pueden metabolizar completamente la fenilalanina y deben seguir una dieta especial para crecer y desarrollarse con normalidad. La fenilalanina está presente en la mayoría de las proteínas y el aspartamo representa una fuente de escasa importancia. Sin embargo, los productos edulcorados con aspartamo están marcados como fuente de fenilalanina. Para las personas que no padecen PKU, la fenilalanina es una parte normal y esencial de la dieta.

Todos los edulcorantes intensivos, al igual que el resto de los aditivos alimentarios aprobados en la UE, se someten a un riguroso proceso de evaluación por parte de la EFSA. Estas evaluaciones exploran meticulosamente las pruebas halladas en todos los estudios científicos y se actualizan siempre que se publican estudios nuevos pertinentes. De esta forma, la seguridad de los edulcorantes no nutritivos aprobados queda garantizada por autoridades independientes y, en el caso del aspartamo, se basa en más de 200 estudios.

#### EL FUTURO

Se siguen desarrollando nuevos edulcorantes. Un edulcorante intensivo recientemente lanzado al mercado en algunos países es el Advantamo, elaborado a partir de una combinación de aspartamo y vainillina, un componente de la vainilla. El uso del advantamo como aditivo alimentario (de acuerdo con las buenas prácticas de fabricación) está aprobado en Australia y Nueva Zelanda<sup>[6]</sup> y en EE.UU. La EFSA<sup>[7]</sup> también está estudiando su uso como aditivo alimentario.

En conclusión, queda claro que la población puede estar segura de que, gracias al riguroso marco normativo para su evaluación y aprobación, los edulcorantes intensivos son componentes seguros de nuestra dieta.

#### REFERENCIAS

- [1] Institut Scientifique de Santé Publique, Studie van de tafelzoetstoffen en de schatting van de totale inname van geselecteerde zoetstoffen door de volwassen Belgische bevolking. Available here (Accessed 1<sup>st</sup> August, 2012).
- [2] Gallus S, Scotti L, Negri E, Talamini R, Franceschi S, Montella M, Giacosa A, Dal Maso L & La Vecchia C (2007). Artificial sweeteners and cancer risk in a network of case-control studies. *Annals of Oncology* 18:40-44.
- [3] Bosetti C, Gallus S, Talamini R, Montella M, Franceschi S, Negri E & La Vecchia C (2009). Artificial sweeteners and the risk of gastric, pancreatic, and endometrial cancers in Italy. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention* 18:2235-2238.
- [4] European Food Safety Authority. (2013). Scientific Opinion on the re-evaluation of aspartame (E 951) as a food additive. *EFSA Journal* 11(12):3496.
- [5] European Food Safety Authority. (2013). Output of the public consultation on the draft EFSA scientific opinion on the re-evaluation of aspartame (E951) as a food additive. EFSA supporting publication: EN-523. 124 pp.
- [6] Food Standards Australia New Zealand (2011). Application A1034 - Advantame as a high intensity sweetener. Approval Report.
- [7] European Food Safety Authority. Register of questions. (Mandate number: M-2010-0265; Question number: EFSA-Q-2010-00943).

# Modelo de predicción para el estudio toxicológico de los agentes tensioactivos

Juan Carlos Espector Yebra (TQN)\*

## I.- INTRODUCCIÓN

Hace muchos años, siendo mi especialidad química el estudio de las propiedades de los tensioactivos, presenté un trabajo sobre biodegradabilidad de los detergentes, en el cual mencioné la posible contaminación del agua por estos mejor llamados agentes tensioactivos, y con una amplia bibliografía<sup>[1]</sup>. Sin embargo, en aquel entonces, no se había contemplado, como debió haber sido, la posible toxicidad de los mismos. La biodegradabilidad se consideraba en base a la degradación por las bacterias presentes en el agua, pero a nadie se le había ocurrido ni estudiar la posible formación de metabolitos químicos, de toxicidad superior al tensioactivo. En un congreso de la FLAQT (Federación Latinoamericana de Químicos Textiles), tuve que oportunidad<sup>[2]</sup> de aclararle a los representantes de diversas empresas extranjeras, especialmente alemanas, que

eran las que comercializaban no-iónicos derivados de alquil fenoles oxietilenados, el peligro de la formación de metabolitos tóxicos al biodegradarse. Además, en el año 1960, ya se había prohibido su uso en algunos lugares de EEUU (estado de Florida) y Alemania.

En estos últimos años, ha sido prohibido su uso en Canadá e Inglaterra, al comprobarse la formación, de metabolitos cancerígenos, y modificadores del sexo resultantes de procesos de biodegradación de los agentes tensioactivos.

En la Argentina y en base a informaciones enviadas por el autor a la empresa estatal SENASA, se prohibió su uso para todos los productos que necesitan previamente a su comercialización, la aprobación de SENASA. No se entiende por que la Aduana sigue permitiendo su importación. Ya en aquel entonces informaba esto pero, "las cosas siguen igual". Hace algunos pocos años intervine en una subcomisión del INTI para un completo y exhaustivo trabajo, sobre biodegradabilidad de tensioactivos textiles<sup>[3]</sup>. En aquellos años, ya comenzaba a hablarse sobre los ensayos de toxicidad, que se efectuaban "in vitro" con camarones y truchas de río. A posteriori esto pasó a ser un tema

de gran importancia, siendo efectuados otros ensayos similares con pulgas de agua (*Daphnia magna*), fibroblastos de ratón, anticuerpos, bioluminiscencia, pez dorada de la bahía de Cádiz, etc.

En los ensayos con seres vivos, estos se sometían al producto a ensayar trabajando con diferentes concentraciones, hasta determinar la dosis letal.

Hoy en día, se continua utilizando cobayos (roedores americanos). La toxicología ha alcanzado una gran evolución, y dispone de métodos de alcance científico al respecto. Este tema no se amplía al no ser el objetivo de esta comunicación. Mayor información sobre este tema encarado por el autor se describe en la referencia 4.

Sin embargo, en la búsqueda de un producto para la conservación del agua utilizada para las flores de uso doméstico decorativo, este autor, en 1998, ensayó varios bactericidas ecológicos, que desarrollara en el marco de sus investigaciones en el laboratorio de su empresa Prosintex Química SRL. Es estos estudios encontró que algunos bactericidas ensayados poseían efecto tóxico sobre las flores, mientras que uno de ellos, el deriva-

Prosintex Química S.R.L.  
juancarlos@prosintex.com.ar

\* **Nota del Comité Editorial:** La AQA, sobre las bases de sus aportes al desarrollo de la industria química en el país le otorgó el Premio "Dr. Ladislao Reti 2015". La ceremonia se desarrolló en el Acto del 103° Aniversario de la AQA el día 14 de agosto de 2015.

do dimetilado de una alquilolamida, era totalmente inocuo, y permitía prolongar la vida de las flores. Entre todo lo que la naturaleza regala al hombre, existen las plantas y sus flores.

En el año 1929, José Ingenieros, filósofo y médico, en una conferencia sobre psicofilosofía, preguntó a los presentes, si había alguien que pudiera probar que las plantas no tenían alma, pero no obtuvo respuesta alguna. La clorofila contiene porfirina en su molécula, la hemoglobina de la sangre humana también contiene una porfirina!!! . La única diferencia es que en la sangre el grupo hemo contiene un átomo de hierro, mientras que la porfirina de la clorofila contiene un átomo de magnesio. También se encuentra clorofila en animales que contienen dentro de sus células o entre ellas algas celulares, como ejemplo los corales y otros animales marinos. La clorofila se encuentra en todos aquellos organismos que contienen plastos en sus células, tales como las plantas y las algas. Su función es la absorción de energía luminosa para la fotosíntesis oxigénica, durante la cual se convierte una pequeña cantidad de energía luminosa en energía química. ¿Esto no podría compararse a respirar para vivir? Existen plantas carnívoras, que comen insectos, y también hay plantas que se alimentan al adherirse o pinchar la piel humana..... En cuanto a la flor, que es el órgano reproductor de ciertas plantas, y que produce los frutos, los cuales a su vez encierran las semillas (angiospermas). La flor está compuesta por un verticilo externo o cáliz, y la corola compuesta de varios pétalos, que en muchos casos lleva además glándulas productoras de néctar para atraer a los polinizadores (órganos de reproducción masculinos).

Así, el fruto se forma por fecundación. Sin entrar en más detalles, las plantas no respiran, fecundan, tienen sexo (algunas bisexuales), y tienen hijos que son sus

frutos. Mueren cuando algún factor les quita la vida: falta de agua o tierra, de la cual extraen su alimento, condiciones ambientales, enfermedades por ataque de parásitos u hongos, envenenamiento por productos químicos, etc. ¿Puede decirse que esto no es vida? Por su metabolismo fabrica y combina colores, aceites esenciales, a veces de olor agradable, y otras veces pútridos para atraer moscas e insectos, que colaboran a su polinización. Debo aclarar, que todo esto fue lo que dio motivo a mi idea para utilizar las flores como una alternativa para la evaluación de la toxicidad de los agentes tensioactivos, investigación que condujo a resultados realmente espectaculares y satisfactorios, concordantes con conocimientos anteriores.

Por supuesto, creo que laboratorios especializados bioquímicos, podrían utilizar esta investigación para la evaluación de otros productos químicos. En razón de esto, y como lo comentara anteriormente, efectué ensayos con bactericidas que me permitieron descubrir uno de ellos, no solamente inocuo, sino preservador de la putrefacción del agua utilizada para mantener las flores con efecto decorativo. Pude lograr mantener así flores en agua con efecto decorativo hasta 15 días sin cambiar el agua diariamente, o cada dos días, como es necesario debido a la contaminación por el tallo y hojas, de bacterias, hongos, parásitos, etc. Los olores producidos por ésta contaminación, no son agradables ni aceptables. Generalmente se reducen los sulfatos del agua por unas enzimas llamadas sulfatasas, produciéndose ácido sulfhídrico, que además de su desagradable olor, es contaminante del ambiente. También a este respecto, se menciona de interés para este tema, que es costumbre en muchos laboratorios o fábricas de productos químicos tóxicos o radioactivos, que el personal coloque macetas con plantas que florecen, para controlar que el ambiente no esté contaminado.

Esta comunicación resume brevemente la experiencia del autor resultantes de su fructífera actividad en la empresa Pro-intex Química en la que se desempeña como su Socio Gerente

## II) TÉCNICA DE TRABAJO, MATERIALES Y CANTIDADES

**Materiales:** Se toman dos vasos de precipitado graduados de 200 cm<sup>3</sup>. Luego se toman 400 cm<sup>3</sup> agua corriente de la Ciudad de Buenos Aires. Se eligen dos tallos con flor cuyo tallo sea de 10 cm de largo. Se toman 2 hojas de 3 a 4 cm de largo. Se trabaja a una temperatura entre 20 y 25 °C. El pH de las soluciones se controla en todas las determinaciones. Para mantener la concentración del tensioactivo se mantiene el volumen de la solución agregando agua periódicamente a fin de compensar la evaporación del solvente.

**Procedimiento:** Se sumerge la flor, apoyando el tallo en el fondo del vaso, y descansando el mismo sobre el borde del vaso. Se observa el comportamiento de la flor después de haber sido sumergida y de haberse agregado el producto en ensayo, a partir de las 12 hs., y luego cada 24 hs. Por supuesto también se efectúa un ensayo en blanco en agua solamente. La flor fresca así sumergida, se puede hacer girar manualmente, moviendo sus pétalos suavemente sobre el borde del vaso. Al modificarse el estado de la flor, especialmente al marchitarse, a consecuencia de la toxicidad del producto ensayado, se observa que el tallo se ablanda y su pétalos entre otros cambios con lo que se pierde la condición de movimiento giratorio. Además, las hojas también se deforman y ablandan. Si bien lo más lógico sería utilizar flores recién cortadas de la planta, en todos estos ensayos se utilizaron flores frescas, es decir con alrededor de una semana de tiempo en su comercialización. Se eligió como

flor la *Echinacea Angustifolia* (Foto 1), flor decorativa muy común, y que se confunde vulgarmente con la margarita. Es una flor de mucha importancia en la tradición popular, en la que se le atribuye una serie de aplicaciones de uso medicinal.



Foto 1

### III) TENSIOACTIVOS UTILIZADOS

Si bien existe una enorme cantidad de agentes tensioactivos desarrollados y comercializados, se han elegido para este trabajo los de mayor uso en la industria, y especialmente en la industria textil. Se

clasificaron como es común en la literatura especializada en, aniónicos, no iónicos, catiónicos, y anfóteros, y eligiéndose en cada caso los productos de mayor uso comercial [5].

### IV) CONCLUSIONES

Los resultados de estos estudios muestran que la mayor toxicidad se observa en los productos noiónico oxitelinados y a los de amonio cuaternario (catiónicos). Las flores se marchitan entre las 35 y las 70 hs. Se considera que el proceso de marchitado se inicia cuando los pétalos pierden su forma natural y se deforman, dependiendo este proceso de la naturaleza del producto ensayado.

### IV) BIBLIOGRAFÍA

- [1] Espector Yebra, Juan Carlos – Biodegradabilidad y Detergentes. - IV Seminario Nacional de lanas. Revista de la A.A.Q.C.T. Vol. 11 N° 3 Pag. 92 – 108 Año 1970
- [2] Espector Yebra, Juan Carlos – Tensioactivos no iónicos – VI Congreso Latinoamericano de Química Textil (FLAQT) Caracas – Venezuela – 1976
- [3] Tecnologías limpias y su aplicación en auxiliares textiles. Seminario de la subcomisión de auxiliares textiles. Centro de investigación y desarrollo CIT (INTI). Noviembre de 1998
- [4] Espector Yebra, Juan Carlos, Modelo de predicción para el estudio toxicológico de los agentes tensioactivos, *Galaxia* (www.aaqct.org.ar), **210**(3) (2009) 57-60. *ibid* *Galaxia*, **211**(4) (2009), 33-39; *ibid*, *Galaxia*, **210**(1) (2009) 37-41.
- [5] Espector Yebra, Juan Carlos – Química de los auxiliares textiles. Primera parte, agentes tensioactivos. Curso dictado por primera vez en 1976 en la A.A.Q.C.T. posteriormente actualizado para el curso de auxiliares textiles dictado en la A.A.Q.C.T., para el título de Técnico en ennoblecimiento Textil. Dictado posteriormente, y actualizado hasta hace algunos años, en la Universidad Tecnológica Nacional, en la materia Tintorería Industrial, y a pedido del Ing. José Savignano.

*El autor, se hace responsable de todas las consideraciones científicas acerca del tema de este trabajo, y aclara que mediante una intensa búsqueda bibliográfica, ya sea por Internet, o por los índices del Chemical Abstract consultados en la biblioteca de la Asociación Química Argentina, no encontró ninguna referencia a la idea de este tema.*

# Tierras raras. Usos y aplicaciones

Nadir Jori<sup>(1)</sup>, Larisa Ferreyra<sup>(1)</sup>, Alberto L. Capparelli<sup>(1)(2)\*</sup>

## 1.- INTRODUCCIÓN

Estos grupos de elementos constituyen un conjunto de sustancias de interés básico y aplicado. La química de las tierras raras (que incluye a los lantánidos) y la de los actínidos es un tema no desarrollado detalladamente en la formación universitaria y en los ciclos secundarios, a lo que se suma el desconocimiento de sus aplicaciones y la importancia socio-económica en la vida moderna.

¿Por qué, entonces, es importante que hablemos de estos elementos?

Por un lado, se trata de poner en relevancia el papel que juegan las tierras raras y los actínidos en la sociedad y en la tecnología moderna y, por otro lado, atraer la atención de una audiencia más amplia sobre las propiedades de estos elementos y sus usos.

Hoy en día se conocen múltiples usos de los elementos pertenecientes a este

conjunto, que son fundamentales para el desarrollo tecnológico, importantes en la producción de energía, la química nuclear y en el diagnóstico médico, entre otros.

Esta contribución tiene por finalidad aportar información general que pueda ser de utilidad tanto para el profesional químico como para docentes activos en la enseñanza en niveles de educación menos especializados.

En la Figura 1 se muestra la Tabla Periódica publicada por la IUPAC en 2013. En ella se pueden ubicar los lantánidos y los actínidos. Las propiedades químicas de los lantánidos y actínidos están estrechamente vinculadas con los electrones del tipo 5f y 6f respectivamente.

La abundancia de las tierras raras es mayor que la de elementos más conocidos, como por ejemplo, el plomo. Algo similar se puede observar en los dos actínidos presentes en la naturaleza.

En este trabajo se considerarán los elementos agrupados como tierras raras y sus aplicaciones en distintos campos de interés para la sociedad moderna. Se deja para la § 9 una descripción resumida de

algunas de las características químicas de estos elementos y sus compuestos.

## 4.- Descubrimiento

El nombre de "tierras raras" se atribuye al químico finlandés J. Gadolin (1760-1852), quien observó que los compuestos de estos elementos mostraban comportamientos diferentes de los conocidos para los alcalinos y alcalino térreos, pero que eran muy similares entre sí. Con posterioridad y en reconocimiento a sus trabajos en este campo, el elemento gadolinio (Gd) fue nombrado en honor a este químico [1].

En 1794 Gadolín descubre el itrio (Y). Hacia 1803 había dos elementos de tierras raras conocidas, itrio y cerio (Ce), este último descubierto por J. Berzelius y sus colaboradores, aunque tomó otros 30 años para que los investigadores descubrieran que en los minerales de óxido de cerio y óxido de itrio estaban presentes otras elementos de la familia de los actínidos.

En el campo de los descubrimientos de los elementos es muy ilustrativa la contribución del químico sueco Carl Gustav Mosander (1757-1858) [2].

<sup>(1)</sup> Facultad de Ciencias Exactas. 47 y 115, (1900) La Plata.

<sup>(2)</sup> INIFTA-CONICET La Plata-UNLP, Casilla de Correo 16, Sucursal 4, (1900) La Plata.  
E-mail: alcappa2000@yahoo.com.ar

Mosander se formó con Berzelius. En 1839, Mosander descubre el lantano, en 1842 contribuyó a aumentar el número de elementos, al aislar al erbio y al terbio. Su vida personal estuvo signada por el desarrollo de cataratas a partir de los 40 años y de una creciente ceguera hasta su fallecimiento en 1858.

Estas discapacidades no fueron impedimentos para que Mosander continuara con sus investigaciones [3].

Así, en 1842 el número de elementos de tierras raras había alcanzado seis: itrio (Y), cerio (Ce), lantano (La), erbio (Er) y terbio (Tb). En el caso del disprosio (Dy), se tiene conocimiento de su existencia desde 1869, debido al trabajo de P. Lecoq de Boisbaudran, pero como sustancia pura debió esperarse casi un siglo para su purificación (década de 1950).

El procedimiento químico desarrollado por Mosander fue aplicado por otros investigadores, conduciendo al descubrimiento de otros elementos de esta familia.

A Mosander se debe el aislamiento de una mezcla de óxidos que identificó erróneamente como un elemento químico nuevo y al que denominó *diodimio*. Este compuesto estaba constituido principalmente por una mezcla de óxidos de neodimio y de praseodimio. En 1885, estos elementos fueron aislados por el químico austríaco Carl A. von Welsbach (1858-1929).

El desarrollo creciente de la espectroscopía durante el siglo XIX permitió avanzar en la identificación de los lantánidos.

La enfermedad que aquejó a Mosander hasta su muerte, curiosamente ahora es tratada con el uso médico del láser a base de itrio.

**2.- Abundancia de las tierras raras y actínidos en la naturaleza**

Las tierras raras se presentan en la naturaleza en proporciones mayores que otros elementos más conocidos, tales como el rutenio, wolframio, platino, oro, etc.

En la Figura 2 se muestra un diagrama de la abundancia de los lantánidos con otros elementos empleados con mayor frecuencia en la industria.

**6.- Producción e importancia geoestratégica de las tierras raras**

A mediados del siglo XX, la obtención de tierras raras estaba centrada en dos países: India y Brasil. A partir de 1950, se vuelve significativa la participación de EE.UU y Sudáfrica en el mercado. El volumen de esta producción es en la actualidad una fracción relativamente pequeña en comparación con la originada en China.

Desde 2009, China ha implementado planes para regular y reducir las exportaciones de tierras raras, con el impacto internacional de esta política, debido a uso extensivo de estos compuestos en distintos sectores de la producción industrial en los países industrializados.

China posee los yacimientos más importantes de tierras raras del mundo (del orden del 50% de las reservas mundiales).

**IUPAC Periodic Table of the Elements**

1 H hydrogen (1.007, 1.009)																	2 He helium 4.003
3 Li lithium (6.938, 6.997)	4 Be beryllium 9.012											5 B boron (10.80, 10.83)	6 C carbon (12.00, 12.02)	7 N nitrogen (14.00, 14.01)	8 O oxygen (15.99, 16.00)	9 F fluorine 19.00	10 Ne neon 20.18
11 Na sodium 22.99	12 Mg magnesium (24.30, 24.31)											13 Al aluminum 26.98	14 Si silicon (28.08, 28.09)	15 P phosphorus 30.97	16 S sulfur (32.05, 32.08)	17 Cl chlorine (35.44, 35.46)	18 Ar argon 39.95
19 K potassium 39.10	20 Ca calcium 40.08	21 Sc scandium 44.96	22 Ti titanium 47.87	23 V vanadium 50.94	24 Cr chromium 52.00	25 Mn manganese 54.94	26 Fe iron 55.85	27 Co cobalt 58.93	28 Ni nickel 58.69	29 Cu copper 63.55	30 Zn zinc (65.382)	31 Ga gallium 69.72	32 Ge germanium 72.63	33 As arsenic 74.92	34 Se selenium 78.96(3)	35 Br bromine (79.90, 79.91)	36 Kr krypton 83.80
37 Rb rubidium 85.47	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.91	40 Zr zirconium 91.22	41 Nb niobium 92.91	42 Mo molybdenum 95.96(2)	43 Tc technetium	44 Ru ruthenium 101.1	45 Rh rhodium 102.9	46 Pd palladium 106.4	47 Ag silver 107.9	48 Cd cadmium 112.4	49 In indium 114.8	50 Sn tin 118.7	51 Sb antimony 121.8	52 Te tellurium 127.6	53 I iodine 126.9	54 Xe xenon 131.3
55 Cs caesium 132.9	56 Ba barium 137.3	57-71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178.5	73 Ta tantalum 180.9	74 W tungsten 183.8	75 Re rhenium 186.2	76 Os osmium 190.2	77 Ir iridium 192.2	78 Pt platinum 195.1	79 Au gold 197.0	80 Hg mercury 200.6	81 Tl thallium (204.3, 204.4)	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 209.0	84 Po polonium	85 At astatine	86 Rn radon
87 Fr francium	88 Ra radium	89-103 actinoids	104 Rf rutherfordium	105 Db dubnium	106 Sg seaborgium	107 Bh bohrium	108 Hs hassium	109 Mt meitnerium	110 Ds darmstadtium	111 Rg roentgenium	112 Cn copernicium			114 Fl fermium	116 Lv livermorium		
57 La lanthanum 138.9	58 Ce cerium 140.1	59 Pr praseodymium 140.9	60 Nd neodymium 144.2	61 Pm promethium	62 Sm samarium 150.4	63 Eu europium 152.0	64 Gd gadolinium 157.3	65 Tb terbium 158.9	66 Dy dysprosium 162.5	67 Ho holmium 164.9	68 Er erbium 167.3	69 Tm thulium 168.9	70 Yb ytterbium 173.1	71 Lu lutetium 175.0			
89 Ac actinium	90 Th thorium 232.0	91 Pa protactinium 231.0	92 U uranium 238.0	93 Np neptunium	94 Pu plutonium	95 Am americium	96 Cm curium	97 Bk berkelium	98 Cf californium	99 Es einsteinium	100 Fm fermium	101 Md mendelevium	102 No nobelium	103 Lr lawrencium			

Figura 1. Tabla periódica de los elementos

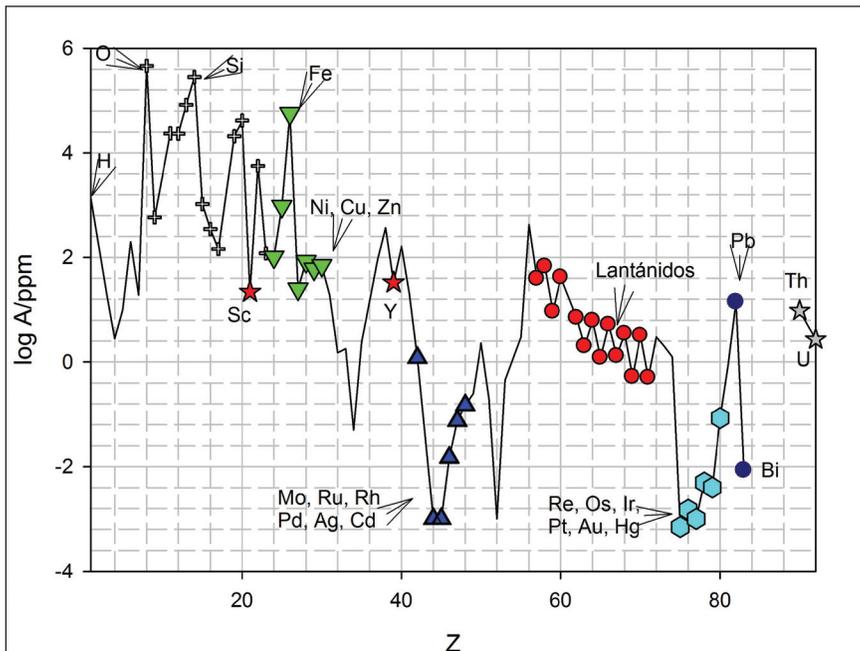


Figura 2. Abundancia relativa de los elementos de la corteza terrestre (A/ppm) en función del número atómico (Z). No se indican los gases nobles, tecnecio, promecio y los elementos posteriores al bismuto, excepto torio y uranio. David R. Lide, ed., CRC Handbook of Chemistry and Physics, 89th Edition (Internet Version 2009, CRC Press/Taylor and Francis, Boca Raton, FL. §14-17, (Gordon B. Haxel, Sara Boore, and Susan Mayfield, (2003) Relative abundance of elements in the Earth's upper crust. ([http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare\\_earths](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earths))

En la actualidad lidera mercado mundial con más del 95% de la producción de mercado. Esta situación está obligando a muchas empresas a desarrollar tecnologías de reciclado para recuperar los elementos con alta pureza. Asimismo, China está interesada en llevar adelante procesos de extracción de tierras raras en Groenlandia, cuyas autoridades autorizaron esta actividad a pesar de la oposición de la Unión Europea.

El impacto comercial llevado a cabo por China desde la década de 1990, forzó al cierre de algunas empresas dedicadas a este rubro en países como Australia, Brasil, algunos países africanos, incluyendo a los EE.UU. Sin embargo, en algunos de ellos se ha impulsado la política de reanudar la explotación de sus recursos en tierras raras con el fin de disminuir su dependencia de China como principal proveedor.

Japón importa del orden del 60% de la producción china. Como consecuencia de esta dependencia en la adquisición de esta materia prima fundamental, este país está promoviendo activamente políticas de reducción en el uso de las tierras raras en los productos industriales. Así, empresas como Honda, han reducido en un 40% el empleo de disprosio en el diseño de vehículos eléctricos[4]. Un proceso similar ha encarado la empresa Ford desde 2012.

Países que poseen yacimientos de tierras raras han comenzado su explotación para disminuir su dependencia de China.

En marzo de 2013, Katsuhiko Suzuki y Yasuhiro Kato, investigadores de la Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC) y de la Universidad de Tokyo reportaron yacimientos de tierras raras e itrio en el área del

atalón Minami-Torishima (isla Marcus) que podrían proveer del orden de 7 millones de toneladas en estos elementos por un período potencial de más de 200 años, con la ventaja de no poseer torio. Esto implicará desarrollos tecnológicos y de innovación para la extracción de estos elementos de los barros marinos [5]. En los últimos años, la exploración de yacimientos de estos elementos en Argentina ha registrado un crecimiento importante. Así, el yacimiento descubierto en 2005 en la sierra de Sumampa, Santiago del Estero, se lo considera como uno de los de mayor potencial para la extracción de La, Ce, Y y Nd. En la región, este yacimiento es el segundo después de Brasil. Empresas extranjeras han mostrado interés por realizar exploraciones tendientes a la posterior explotación de este tipo de yacimiento, entre las que se encuentra, por ejemplo, la empresa Wealth Mineral Ltd. que adquirió 6000 hectáreas de terreno en la zona de Rodeo de los Molles, San Luis, para este fin.

## 5.- Usos y aplicaciones de las tierras raras

Su aprovechamiento va desde su uso más conocido en reactores y centrales nucleares, pasando por la fabricación de imanes, materiales superconductores, la TV en color e inclusive baterías de dimensiones cada vez más pequeñas, que permitieron la expansión acelerada de la tecnología celular y otros dispositivos electrónicos de uso cotidiano (Figura 3).

### 1. Electrónica:

Pantallas, computadoras, celulares, chips, baterías recargables de larga vida, lentes de cámaras, LEDs, sistemas de propulsión marinos, escáneres de equipaje, fibra óptica.

### 2. Usos en medicina:

Tratamiento de cáncer y tumores, tubos y máquinas portátiles de rayos X, diagnóstico por imágenes (RMN), marcas de antígenos y anticuerpos en análisis

fluoro inmunológicos, determinación de hormonas y antígenos virales en seres humanos, entre otros.

### 3. Desarrollo tecnológico

Fabricación y mejora de láseres, dispositivos de detección por radar, fuentes de combustible nuclear, lámparas fluorescentes y de bajo consumo, memorias de computadora, baterías nucleares, superconductores a altas temperaturas, vidrios altamente reflectores, fuentes de calor termoeléctrico para sondas espaciales

### 4. Energías Renovables:

Automóviles híbridos, turbinas eólicas, baterías recargables, catalizadores de biocombustibles.

### 5. Reacciones químicas:

Catalizadores de reacciones orgánicas y generación de compuestos organometálicos.

### 6. Otros usos y aplicaciones:

Refinamiento de petróleo, fabricación de vidrios coloreados, detección de herbicidas en agua, trampas para insectos

Las tierras raras se han empleado en el desarrollo de motores eléctricos y baterías de Níquel-hidruros destinados a vehículos híbridos, pero la tendencia actual es reducir la cantidad de estas sustancias o desarrollar procedimientos para su recuperación (Honda).

Un motor eléctrico de un vehículo como el *Toyota Prius* puede contener más de 10 kg de lantano y una cantidad similar de neodimio (Nd) en sus partes metálicas. En particular, el Nd se emplea en la construcción de magnetos. El La es un componente importante en las baterías de níquel-hidruro metálicos.

En el campo de la microelectrónica moderna, la miniaturización de circuitos es un área de investigación y desarrollo constante en el campo de los semicon-

ductores, donde es importante la búsqueda y diseño de materiales de alto-que permitan reemplazar al SiO<sub>2</sub>. Por sus propiedades dieléctricas, las tierras raras son importante en este campo, donde se aplican en el diseño de compuertas de óxidos (*oxide gates*) o compuertas dieléctricas (*dielectric gates*) en transistores [6].

En la década de 1970 se desarrollaron los imanes a base de tierras raras (normalmente de neodimio o aleaciones de cobalto-samarío). Estos imanes se caracterizan por su mayor intensidad de campo magnético (1-1,5 Teslas) cuando se los compara con la magnetita (0,5-1 Tesla).

La fabricación de imanes permanentes a base Nd se hizo popular en los últimos años, particularmente en el diseño de juegos para niños. Las dimensiones de estos imanes o de esferitas son del orden de un 1 cm de diámetro.

La ingesta accidental de estos imanes por parte de los niños ha ocasionado accidentes fatales, razón por la cual y basándose en informes técnicos de la U.S. Consumer Product Safety Commission (CPSC), se ha prohibido su uso comercial en juguetes en los EE.UU (2010), Australia (2011) y algunos países como Nueva Zelanda (2012) prohibieron la importación de este tipo de material.

Los usos de los imanes permanentes a base de Nd, sin embargo, se mantienen con fines industriales, en particular en la industria automotriz.

El Nd y el Y se emplean en la construcción de láseres de Nd-YAG (*neodymium-doped yttrium aluminium garnet, con 1% de Nd(III), que presenta una emisión a 1,06 m*), que es un dispositivo muy versátil de uso frecuente en la vida diaria por su uso en medicina, en la industria y en el campo científico. Posee una emisión bien definida a 1064 nm.

En el campo de la medicina, se emplea de manera extensiva en oftalmología para el tratamiento de cataratas. Se le emplea con mayor frecuencia en modo pulsante, y se ha empleado para destruir tumores cancerígenos, en tratamiento de cálculos renales y vesiculares.

Otros lantánidos pueden contribuir a generar radiación láser en la región NIR e IR, los que se aplican en telecomunicaciones y en determinaciones ópticas, entre las que se incluyen la detección de contaminantes en la atmósfera, telemetría, cirugía, etc. [7].

Otros aspectos relacionados con las aplicaciones de las tierras raras se vinculan a sistemas fotovoltaicos, en particular en conversión de energía solar. Investigaciones en este campo realizadas hace más de una década muestran, por ejemplo, que el CeO<sub>2</sub> presenta propiedades similares a las del TiO<sub>2</sub> semiconductor que ha sido propuesto para la construcción de celdas fotovoltaicas [8]. Sin embargo, las propiedades fotoluminiscentes de estos elementos y sus compuestos son relevantes para sus aplicaciones en este campo. Son compuestos con una gran fotoestabilidad pero su bajo coeficiente de absorción es una de las limitaciones más significativas por lo que se necesitan fotosensibilizadores. El interés sobre el potencial de estos elementos en el desarrollo de sistemas fotovoltaicos. Este es un campo abierto a la investigación y el desarrollo, particularmente los que implican el uso de lantánidos en celdas solares sensibilizadas con pigmentos [9].

Distintos compuestos de lantánidos son de interés en la química farmacológica. Las propiedades farmacológicas cubren desde el uso en antieméticos, como agentes anticancerígenos, tanto como el uso de nanopartículas de complejos ternarios de estos elementos, etc.



Figura 3: Ejemplos de uso estándar de las tierras raras

Las aplicaciones de estos elementos con fines bioquímicos y farmacológicos están descritas en la literatura [10,11].

El desarrollo en el campo de la nanotecnología registrado en los últimos años ha permitido formular agentes antibacterianos que emplean especies inorgánicas, mostrando éstas una mayor estabilidad con la temperatura y la presión en comparación con los compuestos orgánicos tradicionales. Algunos resultados prometedores más recientes se describen a continuación.

Estudios básicos sobre el efecto de nanopartículas de  $\text{La}_2\text{O}_3$  sobre cultivos de *S. aureus* han mostrado que la población bacteriana se reduce en un factor del orden del 25% después de 24 horas de tratamiento, mientras que en los ex-

perimentos sin estas partículas la población creció muy por encima del conteo estándar de unidades de formadoras de colonias ( $\text{ufc.mL}^{-1}$ ) [12] expresadas por unidad de volumen. La interpretación de los comportamientos observados está sujeto a discusión en la literatura.

Algunos autores sugieren que dada la similitud entre los iones  $\text{La}^{+3}$  y  $\text{Ca}^{+2}$  se puede interpretar por la sustitución de iones calcio (II) en las nucleasas del estafilococo, aunque no es la única explicación plausible. También se ha sugerido que la actividad bactericida se origina en la formación de radicales hidroxilos y superóxidos, los que pueden afectar moléculas biológicas presentes en las células. Se conoce que la capacidad de generar este tipo de radicales por acción de los óxidos de los lantánidos sigue el

orden  $\text{La}_2\text{O}_3 > \text{Nd}_2\text{O}_3 > \text{Sm}_2\text{O}_3 > \text{Yb}_2\text{O}_3 >> \text{CeO}_2$  [13].

Por otro lado, la acción bactericida puede también interpretarse sobre la interacción de nanopartículas cargadas positivamente con las paredes celulares cargadas negativamente. Sin embargo, estos efectos no son iguales para *E. coli* o *P. aeruginosa*, siendo materia de discusión el efecto de las nanopartículas de óxidos de tierras raras sobre estos organismos [14].

También se ha estudiado el efecto de las propiedades bactericidas de los complejos ternarios de  $\text{Ce}^{+3}$ ,  $\text{Pr}^{+3}$ ,  $\text{Nd}^{+3}$ ,  $\text{Sm}^{+3}$  y  $\text{Er}^{+3}$  con ácido *L*-aspartico y *o*-fenantrolina [14]. Este tipo de sistema ha mostrado propiedades bacteriológicas sobre *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Candida albicans*. Estos complejos son más eficientes sobre estas bacterias que los ligandos por separado.

Estos estudios recientes muestran el potencial de los complejos y nanopartículas de tierras raras en el desarrollo de agentes antibacterianos más eficientes.

## 7.- Reciclaje

La basura electrónica es una fuente importante de tierras raras. En Japón operan plantas de reciclado con valores de recuperación del orden de 300000 toneladas anuales. Otros países han promovido la creación de fábricas para recuperar tierras raras de lámparas fluorescentes, imanes y baterías. Los análisis de factibilidad en Francia por ejemplo indican que podrían recuperarse del orden de 200 toneladas anuales.

En el caso de las baterías usadas, es posible tratar óxidos de tierras raras mediante electrólisis de sales fundidas permitiendo obtener los metales con niveles de pureza del orden del 99 % y este material se vuelve a emplear en la construcción de nuevas baterías. Este tipo de procesos es encarado por empresas automotrices

japonesas como en el caso de Honda. La recuperación de tierras raras para su reciclado puede llegar hasta el 80% con los niveles de pureza indicados previamente.

### 8.- Aspectos ambientales

La extracción de los yacimientos, los procesos de refinación y el reciclado de estos elementos tiene consecuencias ambientales, lo que ha obligado a promover legislaciones de gestión de los mismos.

Estos minerales suelen venir asociados con actínidos radioactivos como el Th y el U que, después del tratamiento relativamente agresivo con ácidos relativamente poco amigables con el medio ambiente pueden volcarse en el ambiente y en aguas naturales con consecuencias no deseadas.

Algunos lantánidos presentan una baja a moderada toxicidad aguda mientras que en otros no se posee suficiente información sobre su impacto toxicológico, razón por la cual se recomienda que estos elementos y sus compuestos deban manejarse con cuidado.

La incorporación por vía intravenosa de lantánidos en seres humanos conduce a cuadros de toxicidad graves, particularmente por la interacción de los iones de  $\text{Ln}^{+3}$  con células que expresen canales del ión  $\text{Ca}^{+2}$ , pudiéndose observar cuadros de intoxicación aguda y crónica. En el último caso, los lantánidos pueden acumularse en el hígado y también en los huesos, con tiempos de permanencia variables en función del tipo de ión  $\text{Ln}^{+3}$ . El estudio de estos efectos y la manera de reducirlos es un campo abierto a la investigación [11].

### 9.- Características generales de las tierras raras y los lantánidos (Ln)

Los lantánidos integran el grupo de las *tierras raras* y en la tabla periódica se

ubican después del Ba en el sexto período (Ver Figura 1).

Sin embargo, los elementos escandio e itrio se agrupan entre las tierras raras. El itrio es el más abundante de este grupo de elementos. Esto se debe a que estos elementos están presentes en los depósitos minerales que contienen los lantánidos y por poseer propiedades químicas similares a aquellos.

El primer elemento del grupo es el lantano (La) con un número atómico  $Z=57$ . Su configuración electrónica puede escribirse como  $[\text{Xe}]5d^16s^2$ , expresando con el símbolo  $[\text{Xe}]$  a la configuración electrónica del gas noble precedente ( $1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^24p^65s^25p^6$ ). Como puede apreciarse, los estados 4f y 5d no están ocupados. En el lantano se ocupa un estado 5d, pero en el siguiente elemento, la estabilidad electrónica favorece que comiencen a completarse los estados 4f, lo que da lugar a 14 elementos entre el cerio (Ce,  $Z=58$ ) y el lutecio (Lu,  $Z=71$ ).

Estos elementos son relativamente abundantes en la naturaleza, siendo el mineral monacita una de las fuentes más importantes de obtención de algunos de ellos. La monacita es un fosfato mineral, particularmente  $\text{LaPO}_4$ ,  $\text{CePO}_4$ ,  $\text{NdPO}_4$ , entre otros. La valencia +3 es la adoptada frecuentemente por los iones de lantanos en soluciones acuosas.

Algunos aspectos químicos generales de los lantánidos se describen a continuación. En la formación de enlaces los orbitales 4f no tienen una participación efectiva. Por otro lado, en la formación de iones complejos, son más frecuentes los ligandos aniónicos que posean, por ejemplo, oxígeno y flúor, por sus mayores electronegatividades. Los complejos iónicos son lábiles, mostrando una alta tendencia al intercambio de ligandos de la esfera de coordinación. Los números de coordinación de entre 8 y 10 son fre-

cuentes en sus complejos. En sus soluciones acuosas, el estado de oxidación +3 es el más frecuente. Sus iones, forman fácilmente hidratos del tipo  $[\text{Ln}(\text{H}_2\text{O})_n]^{+3}$ , con n9 en los iones de La, ..., Eu y n8 en los iones de Dy...Lu. La energía de hidratación en valor absoluto es alta en comparación con otras especies trivalentes a consecuencias de su menor radio cristalino.

En sus complejos, los efectos de campo cristalino son débiles. No se observa la formación de enlaces múltiples entre los iones y sus ligandos, siendo poco frecuente la formación de compuestos organometálicos en estados de oxidación menores que +3. En soluciones acuosas, los iones divalentes  $\text{Ln}^{+2}$ , tienden a reducir al agua, mientras que los iones del tipo  $\text{Ln}^{+4}$  a oxidarla según los procesos  $\text{Ln}^{+2}(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Ln}^{+3}(\text{aq}) + \frac{1}{2} \text{H}_2(\text{g})$   
 $2\text{Ln}^{+4}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Ln}^{+3}(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g})$

De esta serie, el cerio, en el estado de oxidación IV ( $\text{Ce}^{+4}$ ) es la única especie estable en soluciones acuosas y es frecuentemente empleada en cursos básicos de química analítica. Este estado de oxidación es también observado en estado sólido.

Los complejos de los lantánidos presentan propiedades fluorescentes [15] y luminiscentes importantes que resultan de tránsitos entre estados f. Se tratan de transiciones bien definidas, las que se realzan cuando los ligandos son -dicetonas ésteres coronados, fenantrolina, etc. Estas propiedades constituyen la base de su empleo en la vida moderna.

Los lantánidos son ferromagnéticos, aunque poseen una temperatura de Curie (temperatura a la cual pierde sus propiedades magnéticas) menor que la que presentan otros materiales a base de óxido de hierro. Sin embargo, sus propiedades ferromagnéticas se basan en su

facilidad para formar aleaciones con metales como cobalto, hierro y níquel que presentan temperaturas de Curie más elevadas. Asimismo están caracterizados por una alta constante de anisotropía magnética, facilitando su magnetización en una dirección del espacio pero no en las otras direcciones. Las aleaciones de samario con Co o con Fe presentan temperaturas de Curie superiores a los 700-800 C.

Estas aleaciones son del tipo TR-Co<sub>5</sub>, (donde TR indica tierras raras, siendo Sm y Pr los más empleados), Sm<sub>2</sub>M<sub>17</sub>, (con M = Fe, Cu, Co, Zr, Hf,), o aleaciones que incluyen boro, cuya fórmula es del tipo TR<sub>2</sub>M<sub>14</sub>B (con TR = Nd, Pr, Dy ; M = Fe,Co). La intensidad del campo magnético asociado es elevada y puede ocasionar accidentes en los seres vivos, incluyendo quebradura de huesos, cuando partes de un individuo quedan atrapadas entre dos imanes o entre un imán y una placa de metal.

Estos materiales por sus propiedades ferromagnéticas son empleados en la fabricación de discos duros de computadoras y laptops, entre otros ejemplos [16].

## CONCLUSIÓN

La química de las tierras raras está en constante expansión debido a que sus compuestos presentan aplicaciones en campos que abarcan desde la microelectrónica hasta la biofarmacia. La literatura científica es muy abundante, incluyendo

la existencia de ámbitos específicos para la difusión de nuevos estudios, como lo es el Journal of Rare Earths de la editorial Elsevier y la serie Handbook of Physical and Chemistry of the Rare Earths editada en forma periódica desde 1980, entre otros.

En esta presentación se ha tratado de describir el papel relevante que poseen estos elementos en la sociedad moderna, tanto en la vida cotidiana como en los desarrollos tecnológicos experimentados en los últimos años.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] David R. Lide, ed., *CRC Handbook of Chemistry and Physics, 89th Edition (Internet Version 2009)*, CRC Press/Taylor and Francis, Boca Raton, FL. §14-17.
- [2] J. Erik Jorpe, *Acta Chemica Scandinavica*, Carl Gustav Mosander, **14** (1960) 1681-1683.
- [3] C.H. Evans, *Episodes from the history of the rare earth elements*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1996. Ver también, R. E. Krebs, *The history and use of our earth's chemical elements*, Greenwood Press Westport, Connecticut, London, 2006.
- [4] <http://www.motorpasionfuturo.com/mecanica-eficiente/el-motor-del-nissan-leaf-2013-reduce-en-un-40-el-uso-de-tierras-raras>.
- [5] Y. Kato *et al.*, *Nature Geoscience*, **4** (2011) 535-539.
- [6] Markku Leskelä, Kaupo Kukli & Mikko Ritala "Rare-earth oxide thin films for gate dielectrics in microelectronics", *Journal of Alloys and Compounds* **418** (2006) 27-34.
- [7] S. V. Eliseeva and J.-C. G. Bünzli. Rare earths: jewels for functional materials of the future, in *New Journal of Chemistry*, **35** (2011) 1165-1176.
- [8] A. Turkovi, Z. Cmjak Orel, *Journal: Solar Energy Materials and Solar Cells - Solar Energy Mater Solar Cells*, **45** (1997), 275-281.
- [9] S. V. Eliseeva and J.-C. G. Bünzli. Rare earths: jewels for functional materials of the future, in *New Journal of Chemistry*, **35** (2011) 1165-1176.
- [10] C. H. Evans, *Biochemistry of the Lanthanides*, Springer Science+Business Media New York, 1990.
- [11] E.J. Baran, *La Nueva Farmacoterapia Inorgánica. XVIII. Compuestos de Lantánidos. Latin American Journal of Pharmacy (formerly Acta Farmacéutica Bonaerense)* **26** (2007) 626-34.
- [12] B. Balusamy *et al.*, Characterization and bacterial toxicity of lanthanum oxide bulk and nanoparticles, *Journal of Rare Earths*, **30**, (2012), 1298-1302.
- [13] K. B. Hewett *et al.* Effect of CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> on the catalytic formation of OH radicals over La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *Catalysis Letters*, **45** (1997) 125-128.
- [14] Y. Hui, *et al.* Synthesis, Characterization and Antibacterial Properties of Rare Earth (Ce<sup>+3</sup>, Pr<sup>3+</sup>, Nd<sup>+3</sup>, Sm<sup>3+</sup>, Er<sup>3+</sup>) Complexes with L-Aspartic Acid and o-Phenanthroline, *Journal of Rare Earths*, **2** (2006).
- [15] L. Villata, E. Wolcan, M. Feliz, A.L. Capparelli, Solvent quenching of the <sup>5</sup>D<sub>0</sub><sup>7</sup>F<sub>2</sub> emission of Eu(6,6,7,7,8,8,8-heptafluoro-2,2-dimethyl-3,5-octanedionate)<sub>3</sub>, *Journal of Photochemistry and Photobiology, A*, **115** (1998) 185-189.
- [16] Per Enghag, *Encyclopedia of the Elements, Technical Data, History, Processing and Applications*, 2004 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co KGaA.

# Premios Nobel de Química y de Física 2014

## Comité Editorial

Los Premios Nobel otorgados en octubre de 2014 por la Royal Swedish Academy of Sciences reconocen la trayectoria de científicos que han desarrollado nuevos avances en estas ciencias con impacto en la biología, las ciencias de los materiales y la tecnología para incrementar la eficiencia energética en la vida cotidiana.

### PREMIOS NOBEL DE QUÍMICA

En esta oportunidad, el premio fue concedido a los investigadores Eric Betzig (EE.UU, 1960), Stefan W. Hell (Alemania, nacido en Rumania, 1962) y William E. Moerner (EE.UU, 1953) por el desarrollo de la *microscopía de fluorescencia con súper-resolución*. Su invento rompió las barreras de la microscopía óptica llevando esta técnica al nanomundo de las moléculas según reconoce la Academia.

El Dr. Betzig es investigador en la institución *Janelia Farm Research Campus, Howard Hughes Medical Institute, Ashburn, Va.*, EE.UU. El Dr. Hell desarrolla sus trabajos en el *Max Planck Institute for Biophysical Chemistry, Göttingen*, y el *German Cancer Research Center, Heidelberg*, Alemania.

Finalmente, el Dr. Moerner realiza sus estudios en la *Stanford University, Stanford, California*, EE.UU.

la *microscopía de muy alta resolución*, o *microscopía con super-resolución (nanoscopia)*.



Eric Betzig



Stefan W. Hell



William E. Moerner

Los créditos de las fotos son: Matt Staley/HHMI; ©Bernd Schuller, Max-Planck Institute; K. Lowder vía Wikimedia Commons, CC-BY-SA-3.0).

Sus investigaciones han permitido superar el límite de la microscopía tradicional según la cual la resolución es del orden de la mitad de la longitud de onda de la radiación empleada. Sus contribuciones han avanzado más allá de esta limitación establecida por la microscopía óptica (0,2micrometros), dando origen a

La nanoscopia se ha constituido en una herramienta muy importante en la investigación biológica, ya que ofrece la gran ventaja de observar detalles celulares y estructuras macromoleculares inaccesibles a las microscopías tradicionales o la microscopía electrónica, con la ventaja de poder aplicarlas sobre células vivas. Con esta nueva técnica es posible observar cómo las moléculas realizan la sinapsis entre células nerviosas del cerebro, seguir a las proteínas individuales en huevos fertilizados, etc.

El Dr. Hell sentó las bases de la *microscopía* de agotamiento de emisión estimulado o en inglés "*stimulated emission depletion (STED)*". En esta microscopía se emplean dos láseres, uno que estimula la fluorescencia de moléculas y otro que cancela todas las fluorescencias menos las correspondientes a una región de volúmenes de dimensiones nanométricas. El escaneo nanómetro a nanómetro de la muestra genera una resolución mucho más alta que el establecido por el límite de Abbe. Por su parte, y en forma independiente, los Dres. Betzig y Moerner desarrollaron las bases de la denominada microscopía de una molécula (*single-molecule microscopy*). Se basa en la posibilidad de encender y apagar la fluorescencia de moléculas individuales, rastreando una misma zona varias veces para permitir que sólo algunas moléculas intercaladas brillen cada vez. La superposición de estas imágenes produce una superimagen densa con una resolución nanométrica.

Las técnicas desarrolladas por los investigadores premiados, al combinar la microscopía de fluorescencia con marcadores de fluorescencia han abierto nuevas áreas de investigación de mucha importancia en el campo de la biología.

En resumen, la Fundación Nobel reconoció que el trabajo de estos investigadores contribuyó a una mejor comprensión a nivel molecular de los seres vivos al permitir investigar las nanoestructuras invisibles al ojo humano y a la microscopía convencional.

Para mayores detalles de la relevancia de estos estudios pueden consultarse el sitio [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/). Un resumen reciente sobre los principios y aplicaciones ha sido publicado por Andrés Arroyo-Pieck y Jorge Peón en Educ. Quím., 26 (1), 50-51, 2015.

## PREMIOS NOBEL DE FÍSICA

El premio fue concedido a los investigadores **Isamu Akasaki (Japón, 1929)**, **Hiroshi Amano (Japón, 1960)** y **Shuji Nakamura (EE.UU, 1954)**.

El Dr. **Akasaki** (Meijo University y Nagoya University, Japón) conjuntamente con los Dres Anamo (Nagoya University, Japón) y **Nakamura** University of California, Santa Bárbara, California, EE.UU, por la invención de diodos de emisión de luz azules, que han hecho posibles las fuentes de luz blanca brillantes y de bajo consumo.



Isamu Akasaki



Hiroshi Amano



Shuji Nakamura

La Academia reconoció la labor de estos investigadores por la invención de las diodos emisores de luz azul (LED), cuya aplicación se presenta como un enorme beneficio para la sociedad al incrementar la eficiencia en el uso de los recursos energéticos.

Estas fuentes constituyen una gran promesa para incrementar la calidad de vida de sociedades desarrolladas y de aquellas que carecen de acceso a las redes eléctricas, abriendo la posibilidad de emplear energía solar para el funcionamiento de las mismas por su bajo consumo.

La luz blanca puede producirse a partir de la excitación de fósforo, el que brilla con colores verde y rojo. La superposición de todas los colores produce la luz blanca. Otra forma de generarlos es a partir de tres LEDs, rojo, verde y azul. Dada la versatilidad de las lámparas LEDs, se puede obtener una amplia gama de colores de intensidad controlable mediante computadoras.

Estas fuentes de luz al poseer tiempos de vida media muy largos, presentan un consumo de energía eléctrica baja, del orden 10 veces menor cuando se las compara con las lámparas incandes-

centes y fluorescentes, a las cuales han comenzado a reemplazarlas. Este invento ha revolucionado el campo de la tecnología de iluminación, representando un beneficio considerable en el ahorro de energía. En la entrega del premio, la Royal Swedish Academy of Sciences recordó que Alfred Nobel escribió en su testamento que estos premios fuese entregados a aquellos científicos que realizaran una importante contribución en beneficio de la humanidad. En consecuencia, el premio que honra a estos inventores, está en la línea de pensamiento que inspiró a Alfred Nobel al crear esta distinción.



INTERNATIONAL  
YEAR OF LIGHT  
2015

# 2015 - Año Internacional de la Luz

## Comité Editorial

Todos los años, la Asamblea General de la ONU reconoce una o dos disciplinas de naturaleza científica en la que se pondera el aporte que han impactado o impactan en el acervo científico y cultural de los países. En este marco, se ha declarado al año 2015 como el Año Internacional de la Luz con el objeto de resaltar el impacto de la ciencia basada en el uso de la luz, sobre las tecnologías y sobre la economía global que han contribuido a mejorar las condiciones de vida de la sociedad.

Distintas sociedades y uniones científicas participarán activamente en este reconocimiento. Argentina se ha adherido a esta decisión de la ONU y la información correspondiente se puede consultar en el sitio oficial <http://www.2015luz.com.ar>.

La ONU ha proclamado declarar el Año Internacional de la Luz para 2015. Varias son las razones, que van desde recordar varios aniversarios de descubrimientos en el área en los últimos mil años y con el objetivo de destacar la importancia de las tecnologías basadas en la luz que pueden promover el desarrollo sostenible y ofrecer soluciones a los problemas mundiales sobre energía, educación, agricultura y salud.

La luz que llega desde el sol a la superficie terrestre puede convertirse en calor y electricidad, por lo que existen esfuerzos considerables para desarrollar procedimientos que conduzcan al aprovechamiento de esta energía en forma

limpia, eficiente y económicamente sustentable.

En los fundamentos, la ONU reconoce que el empleo de las tecnologías basadas en el uso de paneles solares (fotovoltaicas) para “cosechar” la luz solar, sumado a la posibilidad de producir y almacenar energía eléctrica para uso local sin recurrir a las costosas transmisiones de electricidad es un desafío que permitirá la transformación de la infraestructura instalada en regiones rurales aisladas así como en economías emergentes y desarrolladas.

Desde el punto de vista científico, tecnológico y económico, el desarrollo de la *fotónica*, juega en este proceso un papel muy importante que la ONU desea poner de relieve. La fotónica puede considerarse la ciencia y la tecnología de la luz, pues permite generar, controlar y detectar fotones. Esta disciplina surge con la invención del láser y en su constante desarrollo invadió todos los aspectos de la vida cotidiana.

Es indudable las soluciones que aporta esta nueva disciplina al introducir innovaciones que permiten reducir el consumo de energía y disminuir el impacto ambiental en el uso de recursos naturales. Los resultados de la misma impactan también en la economía global. El desarrollo de artículos de electrónica (como los Smartphones, laptops, controles remotos, etc.), en telecomunicaciones (Internet), en salud (instrumentación médica, cirugía ocular), tecnologías de iluminación, industria manufacturera,

defensa y seguridad (sensores remotos), incluyendo las actividades recreativas. Se ha dicho que la fotónica definirá el siglo XXI como la electrónica moldeó el siglo XX. La astronomía se ha visto reflejada en los avances de esta disciplina como puede apreciarse en la foto de la galaxia “Whirlpool” (ver <http://web.nasa.org>) cuya imagen compuesta muestra la estructura de la galaxia, ubicada a unos 30.000.000 de años luz de la tierra incluyendo imágenes del planeta tomadas desde satélites, donde se puede apreciar la relevancia que tiene la iluminación en las sociedades modernas.

Asimismo, en la resolución 68/221 de la Asamblea General de la Naciones Unidas, se pone de relieve un conjunto de acontecimientos históricos que contribuyeron a sentar las bases de la ciencia y la tecnología de la luz. Entre ellos se destacan la contribución realizada en 1015 por Ibn Al-Haytham en el campo de la óptica, los 200 años de la teoría de Fresnel presentada en 1815, los 150 años de la teoría de Maxwell desarrollada en 1865 sobre la propagación de la radiación electromagnética, los 110 años de la teoría de Einstein sobre el efecto fotoeléctrico, cincuentenario del descubrimiento del fondo de microondas realizado por Arno Penzias y Robert Wilson, así como los logros alcanzados por Charles Kao en la transmisión de la luz mediante fibras ópticas.

El IYL2015 es una oportunidad única para crear conciencia mundial de los avances en este campo.

# La “Asociación Química Argentina” y el “Consejo Profesional de Química”\*

**Eduardo Abel Jaruf \***

Para muchos -sobre todo para los jóvenes- la Asociación Química Argentina y el Consejo Profesional de Química, son dos instituciones que sólo tienen en común la palabra “química” y que se diferencian porque una tiene su Casa Matriz en la provincia de Buenos Aires y la otra en Capital Federal (lejos están de la realidad), el CPQ nace por la tarea de los socios integrantes de la Comisión Directiva de la AQA -filial La Plata- allá por la década del 40 y en un comienzo, muchos integrantes de la AQA formaron parte de la Comisión Directiva del CPQ y la presidieron.

*La historia comienza así ...*

El 7 de octubre de 1943, en las instalaciones de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad Nacional de La Plata, se realizó la asamblea anual de la Asociación Química Argentina -filial La Plata-, con la presencia de los siguientes socios: Dr. Pedro J. Carriquiriborde, Dra. Cecilia Cuschnir, Dr. Humberto G. Giovambattista, Dra. Alicia Manini, Dr. Luis Alejandro Mennuci, Dr. Raúl Nico, Dr. Pedro G. Paternostro, Dr. Alfredo Pinilla,

\* Presidente del Colegio Profesional de Química de la Provincia de Buenos Aires.



*Dr. Eduardo Abel Jaruf*

Dr. Danilo Vucetich, Dr. Raúl Julio Ambrosio, Dr. Eduardo Luquin, Sr. Eduardo Scheggia, Dr. Carlos A. Sagastume, Dr. Juan F. Sallelas y Dr. Leonardo Pelanda Ponce, todos participantes de la asamblea y miembros de la AQA.

Luego de aprobar la memoria y balance anual, toma la palabra el Dr. Pedro Carriquiriborde en su carácter de Presidente de la institución, informando sobre una inquietud reinante en el campo profesio-

nal, motivada por recientes decretos del Superior Gobierno de la Nación, uno de ellos orientado a la reglamentación para el funcionamiento de los laboratorios de análisis clínicos y establecimientos dedicados a la elaboración de drogas y especialidades medicinales, agregando que, como es de conocimiento de los asociados, la Asociación Química Argentina no ha permanecido ajena a esa inquietud, en lo que respecta a los profesionales de la actividad química, manifiesta el Sr.

Presidente que en los comienzos del corriente año, se esperaba lograr la creación de un Consejo Profesional con una estructura similar al Consejo Profesional de Ingeniería.

A fines de ese año asume el Dr. Danilo Vucetich como Presidente de la filial La Plata continuando con la gestiones iniciadas y la nueva comisión resuelve redactar un anteproyecto de creación del "Consejo Profesional de Química", para ser presentado a consideración y promulgación al -en aquellos momentos- interventor del Poder Ejecutivo de la provincia, enviándolo previamente a todos los Químicos de La Plata y alrededores para su conocimiento y para que emitan opinión.

El 16 de junio de ese año el Presidente, da cuenta al resto de la comisión de las numerosas consultas realizadas con motivo de la presentación y de su entrega al Sr. Interventor de la Provincia y del Ministro de Obras y Servicios Públicos (de quien dependía el Departamento Químico de la Provincia).

Tengamos en cuenta que la provincia contaba desde el año 1887 con una oficina "Departamento Químico de la Provincia" que tenía a su cargo "la fiscalización de productos alimenticios, bebidas y artículos de uso domésticos, (...) y la represión de fraudes que se cometieran en la venta de otras mercaderías, cuales quieran fueran su origen y destino, (...)" y entendía y actuaba en

todos los casos relacionados con la actividad química.

En el año 1944 se aprueba el proyecto de reglamentación del Ejercicio Profesional de la Química en la Provincia de Buenos Aires, tal cual fuera confeccionado por la AQA filiar La Plata con algunas modificaciones propuestas por funcionarios del Departamento Químico de la Provincia y de la Asesoría de Gobierno de la Provincia.

Quedando redactado en sus artículos salientes de la siguiente forma:

**Art. 1°:** Desde la fecha del presente decreto la profesión de Químico en todas sus especialidades Dr. en Química, Dr. en Química y Farmacia, Dr. en Bioquímica y Farmacia e Ingeniero Químico -profesionales cuyo título estaban relacionados íntimamente con el ejercicio de la Actividad Química-, sólo podrá ser ejercidas por profesionales que tengan alguno de dichos títulos expedidos por universidades nacionales.

**Art. 2°** establece "la obligatoriedad de brindar los servicios en forma personal" y las sanciones en caso de violaciones.

**Art. 3°** establece qué se considera "ejercicio de la profesión".

**Art. 4°** establece qué se considera "uso de título"

**Art. 5°** establece la "creación de un registro",

**Art. 6°** establece lo siguiente: "Para entender en lo relativo al ejercicio de profesión crease un Consejo Profesional de la Química, con sede en La Plata e inte-

grado por cinco consejeros -*ad honorem*- que durarán tres años en sus cargos, elegidos: Tres por el Ministerio de Obras y Servicios Públicos -entre profesionales que cumplan con los requisitos de los Art. anteriores y dos miembros por elección directa de los profesionales registrados, un representante del Departamento Químico de la Provincia a propuesta de los profesionales, actuará como Secretario.

Luego se establecen los requisitos para ser miembros del CD, atribuciones y deberes del Consejo Profesional y de su Consejo Directivo, causales de sanciones y aplicación de las mismas, etc.

Producida la sanción de la primera reglamentación del ejercicio profesional de la química, las autoridades de la filial La Plata de la AQA entregan al Interventor de la Provincia un álbum recordatorio y otro a las autoridades del Departamento Químico, además se enviaron notas a los profesionales y estudiantes de la Facultad de Química y Farmacia de la UNLP, la cual finalizaba con la siguiente leyenda: "*bregando por la agremiación y unión de los químicos*".

El Consejo quedó constituido formalmente el 18 de septiembre de 1945, siendo designado presidente del mismo el Dr. Enrique Herrero Ducloux, primer egresado de la carrera de Doctor en Química del país en el año 1901.

\*Palabras del Dr. Jaruf en ocasión del Acto del 102° Aniversario de la AQA

# La Industria Química Argentina

## Situación actual y su potencial hacia el 2020



*Documento de la Cámara de la Industria Química y Petroquímica (CIQyP)-Argentina*

La realización del presente estudio fue dispuesta en Octubre de 2010 por la Comisión Directiva de la Cámara de la Industria Química y Petroquímica a modo de contribución con las actuales autoridades y las que resulten electas en los comicios nacionales, provinciales y municipales a realizarse en el año en curso. La versión final del estudio fue aprobada por la Comisión Directiva en su reunión de Julio de 2011.

Esperamos que los resultados que se exponen a continuación, así como sus conclusiones y recomendaciones sean de utilidad para la industria química y para nuestros gobernantes, junto a quienes pretendemos continuar trabajando en la construcción de un futuro mejor para el conjunto de la sociedad, para nuestros hijos y para nosotros mismos.

Deseamos finalmente agradecer a nuestras empresas asociadas, a sus profesionales y a los de nuestra entidad que colaboraron en la realización del presente estudio.

Buenos Aires, Julio de 2011  
I Comisión Directiva de la CIQyP I

A continuación se transcribe el resumen ejecutivo del estudio.

Se agradece a la CIQyP la autorización para su publicación.

El estudio completo se encuentra disponible con libre acceso en la página web de la CIQyP: <http://www.ciqyp.org.ar/> Publicaciones CIQYP

Estudio sectorial. La Industria Química 2010-2020

### RESUMEN EJECUTIVO

#### Presente y evolución de la industria química en Argentina

El valor de la producción química de Argentina en 2010 alcanzó un total de US\$ 25.433 millones, generando así un 12,3% del valor agregado por la industria argentina. Las exportaciones químicas del 2010 totalizaron US\$ 5.849 millones (23,0% del producido, 24% de las exportaciones industriales y 8% de las exportaciones totales de Argentina). Hoy la industria química da empleo a 108.300 personas (8,1% de los puestos de trabajo industriales), aumentando en los últimos cuatro años un 10,5%, valor que supera al crecimiento del empleo industrial en el mismo período (9,3%); el salario mensual promedio del sector es de \$ 7.686 en 2010 y supera en 1,6 veces al del sector industrial formal y duplica al salario promedio del empleo registrado

en el país. La industria química argentina con un 0,9% de participación en las ventas de la industria química mundial, se posiciona como la segunda de Sudamérica, después de la brasilera, con la cual demuestra un elevado y recíproco intercambio comercial; ello también constituye una muy interesante oportunidad para su crecimiento, toda vez que Brasil, a pesar de su fortaleza industrial es un gran importador de productos químicos.

La evolución de la industria química argentina se sintetiza en los siguientes números (Ver Cuadro 1).

Como en el resto del mundo, la industria química constituye un conjunto industrial de gran complejidad, tanto por las diferentes características tecnológicas y económicas de sus muy distintas producciones, como por la elevada diferencia en los tamaños de las empresas que la integran. En función de la disponibilidad de información estadística en el presente estudio se emplea la clasificación de la actividad química que se muestra seguidamente, junto a la contribución de cada sector al valor bruto de la producción (VBP) en 2010 (Ver Cuadro 2).

El estudio, especialmente focalizado en la problemática del desarrollo de las

CUADRO 1

(Valores en millones de US\$ y cantidades)	1993	2003	2010
Valor Bruto de Producción	11,578	10,223	25,433
Consumo Aparente	13,254	11,789	29,847
Exportaciones	784	2,330	5,849
Importaciones	2,459	3,887	10,263
Saldo de la balanza comercial	-1,675	-1,556	-4,414
Personal empleado	65,527	77,915	108,300

CUADRO 2

Divisiones de la industria química	Sectores productivos	Contribución al VBP (%)	
Sustancias y productos químicos de uso intermedio	Sustancias y productos químicos básicos	24.8	52.9
	Agroquímicos y fertilizantes	13.0	
	Especialidades químicas	15.1	
Productos químicos de uso final	Pinturas y recubrimientos	47.1	
	Productos de limpieza y cuidado personal		
	Cosméticos		
	Productos farmacéuticos y medicinales		
Total de la industria química			100.0

CUADRO 3

	1er FCD más importante	2do FCD más importante	3er FCD más importante
Petroquímicos	Materias primas y energía	Mercado y logística	Regulaciones
Químicos inorgánicos	Regulaciones	Materias primas y energía	Mercado y logística
Fine Chemicals	Tecnología y know how	Regulaciones	Materias primas y energía
Agroquímicos	Mercado y logística	Tecnología y know how	Regulaciones
Especialidades químicas	Personal	Mercado y logística	Financiamiento
Empresas pequeñas	Regulaciones	Personal	Tecnología y know how
Empresas medianas	Mercados y logísticas	Materias primas y energía	Regulaciones
Empresas grandes	Materias primas y energía	Mercados y logísticas	Regulaciones
Promedio general	Materias primas y energía	Regulaciones	Mercado y logística

sustancias y productos químicos de uso intermedio (SyPQUI), realiza un diagnóstico detallado de la situación actual de los diferentes sectores y subsectores productivos de esa división en relación

a seis factores críticos para el desarrollo (FCD) de la industria: materias primas y energía; mercado y logística; personal; regulaciones; inversión y financiamiento; y tecnología y *know how*. También se

presenta un diagnóstico similar según la dimensión de las empresas.

Como podrá apreciarse en el cuerpo principal del estudio, cada sector y subsector de los SyPQUI se caracteriza por un diferente peso relativo de los FCDs, tal como se resume a en el Cuadro 3.

### Futuro de la industria química en Argentina

Para evaluar el potencial de crecimiento de la industria química se consideraron escenarios económicos con crecimientos del PBI del 3%, 4% y 6%, valores compatibles con el sostenido crecimiento demostrado por el país en los últimos ocho años. Las proyecciones del consumo aparente (CA) de productos químicos hacia el año 2020 muestran valores de la demanda doméstica de sustancias y productos químicos que varían entre 43.713 y 64.347 millones de dólares, con los desagregados que se muestran en el Cuadro 4.

Para evaluar las consecuencias de los escenarios económicos, se consideraron diversas hipótesis sobre la política de promoción comercial y de sustitución de importaciones y sobre la disponibilidad futura de materias primas derivadas de los hidrocarburos, en especial el gas natural y sus derivados; sobre esas bases se estimaron los VBP, la estructura del comercio internacional, la inversión requerida y el empleo directo e indirecto que resultaría del cumplimiento de cada uno de los 12 casos resultantes. En rango de resultados al 2020 para el conjunto de la industria química y para la división de SyPQUI es el que se observa en el Cuadro 5.

En relación a los resultados proyectados hacia 2020 y para valorar las fortalezas y debilidades propias de la industria y las oportunidades y amenazas que surgen del ambiente de negocios, en el estudio se detalla un análisis de FODAs sobre las condiciones de tipo general, además particularizadas en base a cada uno de los FCDs analizados.

CUADRO 4

Divisiones de la industria química	Sectores productivos	CA (millones U\$S)	
Sustancias y productos químicos de uso intermedio	Sustancias y productos químicos básicos	13335 a 19248	
	Agroquímicos y fertilizantes	6641 a 10268	24968 a 37664
	Especialidades químicas	4992 a 8147	
Productos químicos de uso final	Pinturas y recubrimientos		
	Productos de limpieza y cuidado personal		18746 a 26683
	Cosméticos		
	Productos farmacéuticos y medicinales		
Total de la industria química			43714 a 64347

### Propuestas para el desarrollo de la industria química en Argentina

En función de la gran diversidad que en distintos órdenes exhiben tanto los productos químicos como las empresas dedicadas a la actividad se presentan dos recomendaciones de carácter general:

- La creación de un **mecanismo de diálogo permanente** con activa participación de la industria química, las autoridades nacionales, provinciales y municipales y otros actores interesados, destinado a examinar y generar consensos sobre problemas, soluciones y propuestas para el desarrollo de la industria química y a facilitar la implementación y ejecución de las políticas e instrumentos que resulten de los consensos alcanzados, de modo de impulsar la concreción de los escenarios descriptos en este estudio u otros que parezcan necesarios para el desarrollo económico y social de la Argentina; y

- El desarrollo de un **inventario de políticas e instrumentos específicos** dirigidos a los actores participantes en el proceso de desarrollo de la industria química y petroquímica que pueda ser adoptado en modo selectivo por cada uno de esos actores, según sus propias necesidades y junto al compromiso de cumplimiento de metas y objetivos, a establecer en cada caso, que contribuyan de la mejor manera al desarrollo económico y social de la Argentina.

En particular el inventario de políticas e instrumentos está organizado en torno a los temas de mayor relevancia para los distintos grupos de empresas, según el siguiente detalle:

- Mejora de la disponibilidad y acceso a materias primas y energía
- Desarrollo logístico e infra-estructura
- Promoción de las inversiones

- Defensa y promoción del comercio
- Materia ambiental y regulatoria
- Desarrollo científico, tecnológico e innovación
- Formación, capacitación de personal y negociación colectiva
- Desarrollo empresarial

El detalle de las políticas e instrumentos propuestos se incluye en el capítulo 5 del trabajo que puede leerse en el sitio de la Cámara <http://www.ciqyp.org.ar>.

En el Cuadro 6 que se presenta al final de este resumen, se muestra una evaluación sobre la importancia de esos instrumentos para distintas actividades agrupadas en función a su sensibilidad a las políticas e instrumentos propuestos.

No podemos completar este trabajo sin antes señalar los enormes desafíos y oportunidades que significa la mejora del aprovisionamiento de materias primas, en particular el gas natural y sus derivados. Como podrá apreciarse a lo largo del trabajo, el desarrollo de reservas de gas no convencional podría sustentar nuevos proyectos productivos de escala internacional en la industria petroquímica, con una muy elevada incidencia sobre el conjunto de la actividad química y de la economía de Argentina.

Otras oportunidades de gran importancia son las producciones de biocombustibles (bioalcohol y biodiesel), no sólo por el crecimiento explosivo que demostraron en los últimos años y por el valor

CUADRO 5

Escenarios económicos (miles millones U\$S miles personas)	3% ia		4% ia		6% ia	
	Total IQA	SyPQUI	Total IQA	SyPQUI	Total IQA	SyPQUI
Valor bruto de Producción	37,1 a 44,8	20,5 a 27,1	40,3 a 49,9	21,8 a 27,1	47,7 a 62,1	24,9 a 37,7
Exportaciones	6,8 a 13,7	4,7 a 10,5	7,4 a 15,6	5,1 a 10,5	8,9 a 21,1	6,0 a 16,5
Importaciones	15,6 a 14,8	11,8 a 11,0	18,2 a 16,7	14,0 a 11,0	24,4 a 21,1	19,2 a 15,9
Saldo de la balanza Comercial	neg (8,8 a 1,1)	neg (7,1 a 0,5)	neg (10,8 a 1,1)	neg 8,9 a 0,5	neg 15,5 a 0,0	neg 3,2 a 0,6
Inversiones requeridas	6,4 a 14,7	3,1 a 10,7	9,0 a 19,6	4,5 a 14,2	15,1 a 31,1	7,6 a 22,4
Empleo directo necesario	81,0 a 109,4	19,8 a 33,9	86,4 a 118,9	25,2 a 43,3	99,1 a 141,1	38,0 a 43,3

intrínseco alcanzado por esas producciones, sino también por las posibilidades de industrializar sus subproductos para la fabricación de numerosas sustancias y productos químicos de alto valor agregado con aplicación en las industrias farmacéuticas, cosméticas, alimenticias y otras.

Otra fuente de grandes oportunidades para la industria química es la exploración de las nuevas fronteras abiertas por la biotecnología y la nanotecnología, con técnicas que están revolucionando

las formas de utilización de las sustancias químicas y la complejidad del proceso de desarrollo de la industria química y petroquímica y la magnitud de los desafíos que serán necesarios encarar en los próximos 10 años, como así también el desarrollo de nuevos materiales.

A modo de comentario final, el estudio demuestra también los enormes beneficios que se podrían alcanzar como resultado de las inversiones necesarias, la creación de empleo y la mejora de las exportaciones.

Esperamos que la lectura del trabajo que sigue y sus anexos contribuya a una mejor comprensión de ese proceso de desarrollo y por tanto al mejor aprovechamiento de las oportunidades que la industria química podría aportar al desarrollo de Argentina.

También por ello y en la medida de nuestras capacidades, comprometemos realizar todos los aportes que estén a nuestro alcance para efectivizar esas propuestas.

**CUADRO 6**  
Aspectos relevantes aplicables a diferentes grupos de sustancias y productos químicos

Grupos de productos químicos según sensibilidad a políticas de desarrollo	Principales sustancias y productos integrantes del grupo	Principales características del grupo	Principales políticas e Instrumentos de Interés
<b>Comodities derivados de hidrocarburos</b>	Petroquímicos básicos e intermedios, polímeros y caucho sintético, amoníaco y urea.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Viabilidad supeditada a disponibilidad cierta y continuada de materias primas y energía a precios competitivos</li> <li>• Muy alta intensidad de capital y requerimientos de escala internacional</li> <li>• Baja intensidad de mano de obra aunque de elevada capacidad técnica</li> <li>• Sensibilidad a disponibilidad logística</li> <li>• Productos sujetos a fuerte competencia internacional/regional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora de la disponibilidad de materias primas y energía</li> <li>• Desarrollo de logística e infraestructura</li> <li>• Defensa y promoción del Comercio</li> <li>• Regulaciones</li> </ul>
<b>Comodities inorgánicos</b>	Coloro soda, ácido sulfúrico, gases industriales, Fertilizantes de fósforo y potasio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevado impacto de disponibilidad de materia prima y energía a precio comp.</li> <li>• Alta intensidad de capital y requerimientos de escala productiva</li> <li>• Mediana intensidad de mano de obra aunque de elevada capacidad técnica</li> <li>• Sensibilidad a disponibilidad logística</li> <li>• Productos sujetos a fuertes variaciones de precios internacionales llegando en algunos casos al límite de precio nulo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Defensa y promoción del Comercio</li> <li>• Promoción de inversiones</li> <li>• Mejora de la negociación colectiva</li> </ul>
<b>Fine Chemicals</b>	Plastificantes, mejoradores de impacto, tensioactivos, antioxidantes, principios activos para agroquímicos, pigmentos, colorantes, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerimientos de know how de proceso y capacidad de R&amp;D</li> <li>• Mediana intensidad de capital y de mano de obra de elevada capacidad técnica</li> <li>• Mercado doméstico reducido con fuerte competencia por precios en particular de China e India.</li> <li>• Reducción de la cantidad de empresas y falta de creación de nuevas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promoción de inversiones</li> <li>• Desarrollo científico tecnológico e innovación</li> <li>• Capacitación del personal y negociación colectiva</li> </ul>
<b>Agroquímicos</b>	Agroquímicos, sustancias y formulaciones para poliuretanos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevados requerimientos para registros/calidad y asistencia técnica al cliente</li> <li>• Mediana intensidad de capital productivo, mayor intensidad de capital de trabajo</li> <li>• Elevada intensidad de mano de obra</li> <li>• Ventajas relativas de productores integrados con la producción de comodities y principios activos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Defensa y promoción del Comercio</li> <li>• Regulaciones</li> <li>• Promoción de inversiones</li> <li>• Desarrollo científico tecnológico e innovación</li> </ul>
<b>Especialidades químicas</b>	Adhesivos selladores, lubricantes, espesantes, odorizantes, sabores, químicos para cadenas automotriz, alimenticia, textil, cuero, madera, papel, gráfica, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Miles de productos muy diferenciados en base a sus prestaciones en la aplicación</li> <li>• Algunas empresas se especializan por productos (Ej., adhesivos, sabores) otras se especializan según cadenas (Ej., auxiliares textiles, productos para curtiembre, para fabricación de papel, etc.)</li> <li>• Alta dependencia de la asistencia técnica a clientes y desarrollo de productos</li> <li>• Elevado requerimiento de mano de obra en general de menor especialización</li> <li>• Menor intensidad de capital</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora de la negociación colectiva</li> <li>• Defensa y promoción del Comercio</li> <li>• Promoción de inversiones</li> <li>• Regulaciones</li> </ul>

# Plan estratégico industrial Panorama de la Industria Química hasta el año 2020

*Resumen elaborado por el Comité Editorial*

## **E**l desafío de consolidar el crecimiento con un salto tecnológico

Durante el año 2011 el gobierno Nacional impulsó la generación de un Plan Estratégico Industrial hasta el año 2020. Para ello tomó 11 cadenas de valor que en conjunto generan el 80% del PBI, entre ellas Alimentos, Textil, Cuero y calzado, Foresto Industrial, Automotriz, etc.

Una de las cadenas es la industria química y petroquímica.

Paralelamente, desde fines del 2010 la Cámara de la Industria Química y Petroquímica desarrollaba un plan de actualización de información, que se presentó en julio de 2011, y que coincidió en el plazo considerado, ya que se centró en la situación actual de la industria química y petroquímica, y el potencial hasta 2020.

Si bien la Cámara participó en las actividades que dieron origen al Plan Estratégico 2020, su estudio es de tal envergadura que será tratado en esta misma revista en un artículo separado.

Volviendo al Plan Estratégico Nacional, se puede destacar que si bien fue manejado en forma importante por el Ministerio de Industria, en la elaboración del mismo participaron 6 Ministerios y dece-

nas de Cámaras, Universidades, Centros, Sindicatos, etc.

La Presidente de la Nación Dra. Cristina Fernández de Kirchner presentó el plan diciendo:

*El "Plan Estratégico Industrial 2020" consiste básicamente en elegir once núcleos productivos industriales para poder desarrollarlos en foros regionales donde van a participar empresarios, trabajadores, académicos, los Ministerios de Economía, Industria y Planificación Federal, los gobiernos provinciales y los gobiernos municipales.*

*Se trata de un eslabonamiento institucional entre la Nación, las provincias y los municipios, instituciones públicas y organizaciones no gubernamentales que son claves en esta cuestión.*

*Tenemos que aprender a articular un proyecto colectivo. Es imposible que un solo sector tenga rentabilidad. Eso no dura, como no duró. Porque si uno mira la historia de la Argentina, en realidad se da cuenta que siempre que se truncan los procesos por inestabilidad institucional, la raíz fue, esencialmente, la falta de equidad y justicia (1) Debemos superar antinomias falsas: si el agro o la industria; si el mercado interno o la exportación. Al contrario, es todo junto, sumado, potenciado, incorporándole*

*ciencia y tecnología. La innovación va hacer la diferencia de la rentabilidad. El crecimiento que hemos tenido en materia de generación de puestos de trabajo y de valor agregado, se debe en gran parte al desarrollo industrial (1)*

*No hay una única estrategia, es la suma de muchas estrategias. Tenemos que ir sector por sector identificando correctamente dónde tenemos mayores ventajas, dónde necesitamos mayor grado de innovación, dónde se necesita más Estado, dónde se necesita más mercado, para poder seguir profundizando esto que hemos logrado y que es tan importante. (1)*

El libro en formato digital se encuentra con libre acceso en la web del Ministerio de Industria. El capítulo sobre Industria Química y Petroquímica: <http://www.industria.gob.ar/publicaciones> (Plan Estratégico Industrial 2020, Capítulo 10: Química y Petroquímica)

A continuación se resumen los puntos principales contenidos en el capítulo correspondiente a la Cadena de valor química y petroquímica.

(1) Discurso del día de la Industria en Tecnópolis. Prólogo plan 2020

**CAPÍTULO X**

**Cadena de valor química y petroquímica**

**INTRODUCCIÓN**

La cadena química y petroquímica constituye una de las cadenas industriales clave para la competitividad del resto de la economía, ya que es proveedora de insumos difundidos, es decir insumos que abastecen a otras cadenas de producción.

Hay pocas cadenas industriales que puedan identificarse con una inserción tan profunda en cada uno de los eslabones del aparato productivo de nuestro país y que requiera sin embargo una todavía mayor integración regional y sectorial.

El crecimiento de la economía a partir de 2003 potenció la demanda interna de productos químicos y petroquímicos, la cadena hasta 2010 aumentó el valor de su producción un 113%, y creó 17840 puestos de trabajo.

Pero la demanda no pudo abastecerse totalmente con producción nacional, y se deterioró la balanza comercial de productos químicos y petroquímicos.

El desafío es sustituir importaciones de manera competitiva; se requerirá una

agresiva política de inversiones, en activos físicos y en investigación y desarrollo.

El incremento de capacidad permitirá generar un salto exportador en mercados regionales, y también en nichos donde la especialización aproveche recursos poco utilizados, o desarrollos ligados a sectores competitivos como el agro.

La cadena puede crecer hasta 2020 un 8,4 % anual acumulativo.

**OBJETIVOS CUANTITATIVOS**

La cadena de valor química y petroquímica puede duplicar su producción y equilibrar su balanza comercial externa al 2020.

**Objetivos:**

**Producción petroquímica:** 14 millones de toneladas.

**VBP (petroquímica)=** U\$S 15874 millones

**VBP (química)=** U\$S 27680 millones

**Empleo:** 75100 nuevos empleos.

**Inversión necesaria:** U\$S 25500 millones

**Comercio exterior:** Objetivos al 2020

**Exportaciones:** U\$S 7500 millones

**Importaciones:** U\$S 7300 millones

**Balanza comercial:** U\$S 200 millones

**Lineamientos estratégicos**

La capacidad de respuesta de la cadena se basa en la disponibilidad de sus materias primas principales gas y petróleo.

Esta disponibilidad está asegurada a partir del trabajo que ya realiza el gobierno en materia de provisión energética. (Ver Esquema 1: Lineamientos estratégicos).

La preparación de la cadena a los desafíos de abastecer una demanda creciente pasa por:

- a) Aumento de la capacidad de producción para obtener una escala competitiva a nivel internacional.
- b) Mejora de la tecnología: si bien hoy tiene eslabones de clase mundial requiere inversiones en investigación y desarrollo para fortalecer a todos los actores.

La mayor capacidad permitirá abastecer el mercado interno (incremento y sustitución de importaciones) y aumentar exportaciones.

A su vez la mayor escala y el salto tecnológico permitirán aumentar competitividad aguas abajo, y diversificar la cartera de productos.

**ESQUEMA 1. Lineamientos estratégicos**

Materias primas	PRODUCTOS		
	BÁSICOS	INTERMEDIOS	FINALES
Asegurar abastecimiento de gas y petróleo	Aumentar y mejorar capacidad instalada para obtener una escala de producción eficiente y competitiva internacionalmente		Mayor competitividad aguas abajo
	Incremento de producción		Mayor inversión en I +D
	Abastecimiento del mercado interno	Aumento de exportaciones	Diversificación de productos
	Crecimiento de demanda		
	Sustitución de importaciones		

## ESTRUCTURA DE LA CADENA DE VALOR; EVOLUCIÓN RECIENTE

La cadena incluye todo el proceso de transformación de materias primas como gas, petróleo, y minerales.

Estos insumos atraviesan tres etapas, generando productos básicos, intermedios y finales.

Ver Esquema 2. Estructura de la cadena de valor.

Las características principales de la cadena son:

- a) Fuerte anclaje en la producción petrolera y minera.
- b) Gran variedad de productos.
- c) Escala de producción elevada. (sobre todo en primeros eslabones).
- d) Organización en polos y redes.

Alrededor de los polos se suele articular una red de empresas; se eslabonan grandes empresas (pocas), con un gran número de pequeñas y medianas, e incluso microempresas. Esta diversidad de empresas puede presentar características y requerimientos muy distintos.

Los polos tienen fuerte influencia en la región donde están instalados.

Fuera del gran Buenos Aires, en que se ubican varias empresas, los polos están en: Campana- San Nicolás, Ensenada, Bahía Blanca, Plaza Huincul, Luján de Cuyo, Río Tercero, San Lorenzo-Puerto San Martín-Gral Lagos.

La cadena tiene el desafío de contribuir a un crecimiento federal mejorando al mismo tiempo su propia competitividad.

El fuerte crecimiento de la economía a partir de 2003 potenció la demanda de productos químicos y petroquímicos. El valor bruto de la producción de la cadena aumentó 113% hasta 2010.

El Estado viene apoyando el crecimiento en distintas formas: El Ministerio de Industria ha mantenido constante diálogo con empresarios e instituciones, y resguardado el mercado interno, aplicando medidas como *Licencias no Automáticas*; se llevan acciones de extensión por medio de INTI Química, y se han aplicado medidas antidumping en sectores correspondientes a esta cadena.

Con respecto al empleo: el sector ocupa 60578 personas en 2010; durante este

período se crearon 17840 puestos nuevos.

El impacto es relevante, no sólo por la cantidad de puestos, sino también porque corresponden principalmente a posiciones de calificación media- alta.

Respecto de la Balanza comercial se puede señalar que el crecimiento no logró ser abastecido totalmente por producción local; aumentaron fuertemente las importaciones, y no llegaron a ser compensadas por las exportaciones, a pesar de que tuvieron un fuerte aumento.

El resultado fue un deterioro de la Balanza comercial correspondiente a la cadena.

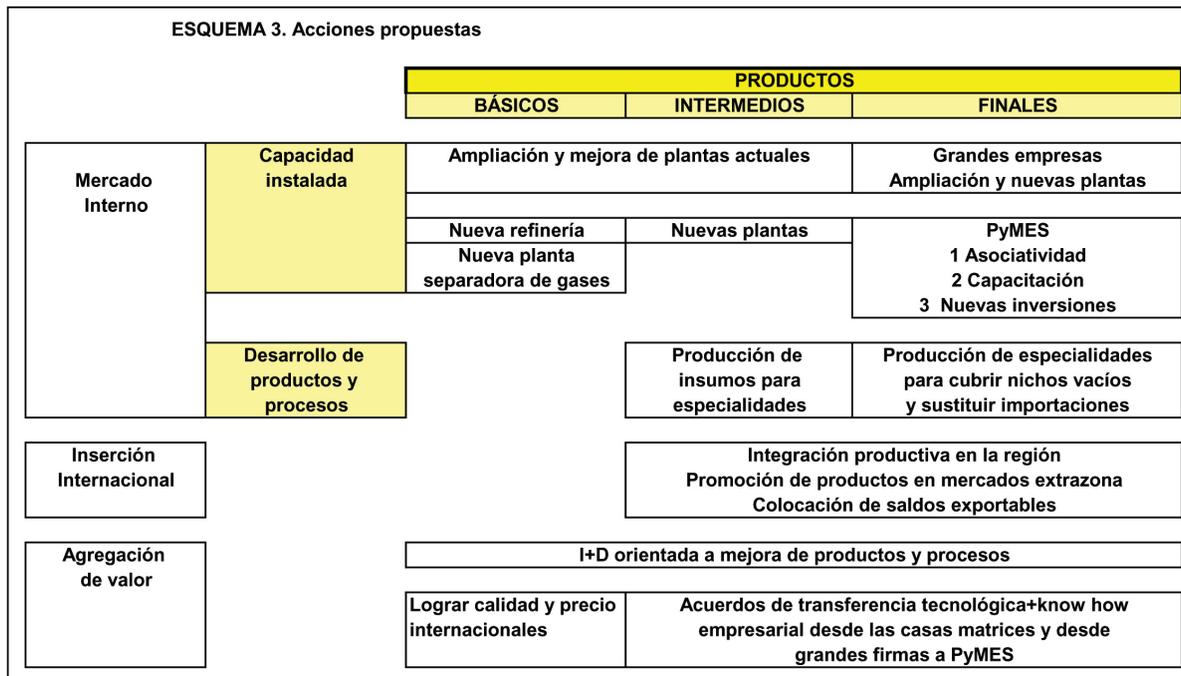
El déficit de U\$S 1087 millones en 2003 pasó a 3170 en 2010.

En el sector químico los principales productos que ocasionan el déficit son fosfato monoamónico, fosfato diamónico y superfosfatos.

En el petroquímico: polietileno de baja densidad, polipropileno y PET.

ESQUEMA 2. Estructura de la cadena de valor química y petroquímica

		PRODUCTOS		
		BÁSICOS	INTERMEDIOS	FINALES
Materias Primas			Ind Química	Otras industrias
PETROQUÍMICA	Gas Natural	Metanol	Estireno	Termoplásticos
	Etano	Amoniaco	Cloruro de vinilo	PEAD, PEBD, PEBDL
	Propano	Olefinas	Etilbenceno	PS, PP, PVC, PET
	Butano	Etileno	Alquilbenceno	Resinas termorígidas
	Gasolina	Propileno	Alcoholes C7 C13	Cauchos sintéticos
		Butileno	Acido tereftálico	Fertilizantes
			Etilenglicol	Fibras sintéticas:
	Petróleo	Aromáticos	Propilenglicol	Nylon, poliéster,
	LNG	Benceno	Acido acético	acrílicas
	Nafta Virgen	Tolueno	Acetona	Detergentes
		Xilenos	Acetatos	Solventes
QUÍMICA	Sal Azufre Minerales	Básicos Inorgánicos	Química fina	Especialidades Químicas
		Ácido Sulfúrico	Orgánicos e Inorgánicos	Plastificantes
		Soda cáustica	Pigmentos y colorantes	Mejoradores de impacto
		Cloro	Principios agroquímicos	Agentes anti UV
		Ac Clorhídrico	Intermediarios fármacos	Espesantes
		Soda Solvay	Reactivos para análisis	Formulados agroquímicos
		Sales de potasio, litio calcio, etc.		Adhesivos y selladores
				Catalizadores



**PROYECCIÓN A 2020**

El crecimiento previsto para esta cadena generado por la tracción que hará el resto de la economía, requiere una adaptación en capacidad productiva y adaptar su configuración para posibilitar sustituir importaciones y potenciar exportaciones de mayor valor agregado. (Ver Esquema 3: Acciones propuestas).

**MERCADO INTERNO**

Aumento de la capacidad instalada. Específicamente: se deberá invertir en una nueva refinería para aumentar la producción de básicos, nueva planta de separación de gases, y nuevas inversiones pymes.

La inversión se estima en U\$S 25500 millones.

El Estado acompañará con las medidas necesarias; además se incentivará nuevos polos: petroquímicos en Chubut y Santa Cruz, y químicos en San Juan, Catamarca y La Rioja (relacionados con la mine-

ría). Se propiciará la creación de Parques Industriales especializados, o áreas específicas dentro de parques multipropósito, adecuadas al carácter sensible en términos de salud y ambiente.

**SUSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES**

El proceso de sustitución de importaciones se desarrollará en dos áreas: aumentar oferta local de bienes que hoy se producen pero cuya oferta es insuficiente, y cubrir nichos vacíos de la cadena local (fertilizantes fosfatados, insumos para especialidades, etc.).

El proceso se debe basar tanto en aumento de la capacidad como en mejora tecnológica.

En el segmento de productos finales existen posibilidades de cubrir nichos como Polietileno, polipropileno y PET para elaborar envases para la industria alimenticia, fabricación de silobolsas, mallas antigranizo para el sector agropecuario, aberturas para la construcción, y paragolpes para la industria automotriz.

**MERCADO EXTERNO**

Aumento de exportaciones. La profundización de la inserción internacional aumentando exportaciones no sólo genera divisas y corrige el déficit de la cadena, sino que permite que muchos de sus eslabones alcancen escala competitiva.

Esa mejora se trasladará también aguas abajo localmente.

La mayor exportación vinculada con la incorporación de tecnología permitirá agregación de valor en productos que se exporten, o incorporado a otros bienes. Se evitará también la "primarización" de las exportaciones del sector.

Se buscará mayor complementación en la región, sobre todo con Brasil, y se aumentarán ventas en mercados no tradicionales ya logrados, de pinturas, jabones y cosméticos, y se generarán nuevos destinos.

# 80° Aniversario del IRAM

El 6 de mayo de 2015, en oportunidad de celebrar el 80° aniversario de la creación del IRAM, Instituto Argentino de Normalización y Certificación, esta entidad realizó en el Hotel Sofitel de Buenos Aires un acto celebratorio y de

homenaje a sus socios fundadores, entre los que ocupa un lugar destacado la Asociación Química Argentina.

Como signo de este reconocimiento el IRAM entregó a la AQA un cuadro que

es transferencia en tela de la obra "Late un Corazón" del artista Daniel Kaplan. En nombre de la AQA recibió este obsequio el Dr. Carlos A. Azize, expresidente de la institución.



En la foto, de izquierda a derecha:

- Director de Normalización, *Ing. Osvaldo Petroni,*
- *Dr. Carlos A. Azize*
- Director de Certificación y a cargo de la Dirección General, *Ing. Alberto Schiuma,*
- Presidente del Consejo Directivo, *Sr. Enrique Romero,*
- Director de Relaciones Internacionales y Cooperación, *Ing. Luis Trama*

TENSIOACTIVOS  
ECOLÓGICOS

PRODUCTOS QUÍMICOS  
ESPECIALES (FINE CHEMICALS)



## ¡ ADIOS NONILFENOL !

Revista Industria y Química N° 361 - Abril 2010

### NONISOL A65

- ▶ Polietoxi éster graso vegetal (noiónico)
- ▶ PRIMER REEMPLAZANTE ECOLÓGICO EN EL PAÍS - NO CONTIENE FENOL
- ▶ Propiedades y aplicación similar y/o mejor al nonilfenol oxietilenado 10 M
- ▶ Solicitar Boletín Técnico N° 321 y asesoramiento a nuestro Departamento Técnico



Calle 39 (Ex. O. César) N° 1980 ▲ B1650LPN ▲ Villa Maipú ▲ San Martín ▲ Pcia. de Bs. As. ▲ Argentina  
Tel / FAX : (+5411) 4755-5345 ▲ info@prosintex.com.ar ▲ www.prosintex.com.ar

# Los pecados de la química también se pueden contar y prevenir, en un colegio universitario de CABA

Beatriz Y. Valente<sup>1,\*</sup>, Liliana Pazo<sup>1</sup>

## RESUMEN

El uso de sustancias químicas en combate se aplicaba desde la antigüedad, pero en general, sólo se hacía uso de sus propiedades inflamables y no de las tóxicas. La Gran Guerra marcó el comienzo de una nueva estrategia de combate y el 22 de abril de 1915 se utilizó por primera vez el gas cloro en combate en Ypres, Bélgica. Con motivo de cumplirse los 100 años de ese hecho clave y teniendo en cuenta las tendencias actuales de incorporar los contenidos científicos con un enfoque ciencia-tecnología-sociedad (CTS), se realizaron actividades interdisciplinarias entre Literatura y Química, con alumnos de 4to año del Instituto Libre de Segunda Enseñanza (ILSE, C.A.B.A.) La propuesta resultó ser cultural y reflexiva acerca de la naturaleza de los valores humanos que deben subyacer en toda actividad científica.

## INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Gracias a gestiones realizadas por la Dra Lydia Galagovsky, con motivo de conmemorarse los cien años del primer uso de armas químicas modernas, en abril de 2015 durante la Primera Guerra Mundial; las docentes de Literatura y Química del Instituto Libre de Segunda Enseñanza se pusieron en contacto con las Dras. Edith Valles y Adriana Bernacchi (especialistas que participan en el dictado de cursos y seminarios sobre las amenazas que implican en la actualidad el uso de armas biológicas y químicas e integran la lista de expertos de las Naciones Unidas en aspectos relacionados con los diferentes tratados de no proliferación y control de exportaciones de armas de destrucción masiva que rigen en la Argentina). A raíz de ello, en este artículo se comenta la experiencia realizada con alumnos de 4to año turno mañana de dicho instituto, con una modalidad particularmente atrayente y efectiva.

El objetivo fundamental es desarrollar una actividad interdisciplinaria (Literatura y Química), cultural y reflexiva acerca de la naturaleza profundamente humana que subyace en toda actividad científica como lo es en el uso de armas químicas.

El uso de sustancias químicas en combate se aplicaba desde antes de la Gran Guerra [1], pero en la mayoría de los casos, sólo buscaban hacer uso de las propiedades inflamables de las sustancias químicas más que de sus propiedades tóxicas. Tal es el caso, por ejemplo, de los lanzallamas empleados en el año 424 a.C durante la Guerra del Peloponeso, o el "fuego griego", desarrollado en el año 668.

La Gran Guerra marcó el comienzo de una nueva estrategia de combate, no sólo por el uso de las trincheras, de las ametralladoras, de la producción y el uso de tanques, del uso de artillería a una escala sin precedentes, sino también por el uso de armas químicas.

El primer ataque a gran escala con gas cloro se produjo el 22 de abril de 1915 en la Segunda Batalla de Ypres, Bélgica. Allí los alemanes esperaron a que el viento soplara hacia el lado francés para evitar dañar a sus propias tropas, consiguieron así una gran efectividad psicológica provocando la huida desfavorable de los franceses ante la nube amarilla y causando alrededor de 6000 víctimas producto de la acción asfixiante del gas cloro.

<sup>1</sup> ILSE, Libertad 555, (C1012AAK) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.  
E-mail: beatrizvalente@yahoo.com.ar

Después de muchos años de negociaciones y teniendo en cuenta los hechos ocurridos hasta el momento en cuanto al uso de estas armas, el 29 de abril 1997 entró en vigor la “Convención para la Prohibición del Desarrollo, Producción, Almacenamiento y Uso de Armas Químicas y sobre su Destrucción”, ratificada por 87 Estados Partes convirtiéndose en una ley internacional vinculante. En la actualidad, dicha Convención cuenta con 190 Estados Partes dado la ascensión de Siria el 14 Octubre 2013 y fue justamente ese año que la Organización para la Prohibición de las Armas Químicas (organismo encargado de la aplicación internacional de la Convención sobre Armas Químicas) fue galardonada con el Premio Nobel de la Paz por su papel en el conflicto sirio y sus esfuerzos para la eliminación de las armas químicas.

Las aplicaciones del conocimiento científico tienen una arista desconocida y por ende peligrosa. En realidad, la percepción que se tiene en la actualidad del uso dual de la investigación científica ha estado presente a través de toda la historia de la ciencia desde tiempos anteriores a los de Arquímedes. El término “uso dual” es frecuentemente empleado en el lenguaje político y diplomático para referirse a tecnologías que pueden ser utilizadas para fines pacíficos u hostiles.

Los rápidos avances de la ciencia y la tecnología y sus influencias en la sociedad, han generado una fuerte preocupación sobre cómo llegar a interesar y a formar a los futuros ciudadanos acerca de la importancia de la cultura científica.

Teniendo en cuenta las tendencias actuales en didáctica de la ciencia que contemplan la incorporación de contenidos referidos a la enseñanza científica dentro de un enfoque ciencia-tecnología-sociedad (CTS), consideramos pertinente elegir como tema el uso de armas químicas, para incorporar, a partir de un problema

real, los contenidos de la Química que nos permiten dar una explicación más adecuada y profunda sobre el tema. Por otro lado, nos ayuda a atraer la atención de los alumnos con una problemática actual, que los acerca a la Química desde otro lugar: desde el espacio propio del ciudadano preocupado por cuestiones que nos atañen a todos. Generamos así la necesidad de involucrarse, no sólo en el problema planteado sino en la construcción de su propio conocimiento como ciudadanos críticos, capaces de ofrecer sus propias respuestas a los problemas.

Para desarrollar la competencia crítica en los alumnos es importante ejercitarlos en la comprensión y producción de textos orales y escritos con base argumentativa y multimediales. Solo de esta forma, alcanzarán un óptimo manejo del discurso académico con una finalidad reflexiva que les permita presentar adecuadamente sus ideas a través de diferentes tipologías y desarrollar la escucha respetuosa y activa que los formará como ciudadanos responsables.

Los objetivos de este proyecto son:

- a) Aprender y aplicar la teoría necesaria para armar Mesas Redondas, Debates, Ensayos y Propagandas.
- b) Incorporar los recursos multimediales para argumentar.
- c) Reflexionar sobre la importancia de las campañas de difusión.
- d) Comprender el valor fundamental del buen manejo de la trama argumentativa oral-escrita para defender una hipótesis.
- e) Escuchar al otro y opinar con respeto sobre las ideas diferentes.
- f) Estimular el interés de los jóvenes en la química (propuesto por la ONU en el Año internacional de la Química) y desarrollar concientización.
- g) Abrir un espacio de análisis-debate sobre el uso de armas químicas.
- h) Suministrar a los estudiantes, los

conocimientos y las herramientas necesarios para que puedan tomar sus propias decisiones y participar de manera más efectiva como miembros de una sociedad libre y democrática.

- i) Divulgar características de la actividad científica y de los desafíos con los cuales se enfrentan los científicos, mostrando una interacción imprescindible entre la cultura de las ciencias humanas y de las ciencias experimentales para lograr la comprensión más cabal y más humana sobre la “naturaleza de la ciencia” y sus procedimientos.
- j) Generar un espacio de confluencia entre disciplinas científicas del área social y del área de las ciencias naturales, donde se aborden temas históricos y científicos, humanos y experimentales, procedimentales y filosóficos, a partir de un debate coordinado y con panelistas que enriquecerán la actividad con sus aportes y del material impreso de apoyo confeccionado *ad hoc*.
- k) Involucrar al público asistente en el espacio de debate participativo, desde un acercamiento argumentativo y fundamentado.

## DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA EDUCATIVA

Las actividades se desarrollan, por lo tanto, como un proyecto institucional interdisciplinario, entre los Departamentos de Lengua y Literatura y el de Ciencias Experimentales del ILSE, a cargo de las Profesora Liliana Pazo y Beatriz Valente, respectivamente. El proyecto presenta varias etapas:

### Primera etapa:

En esta primera etapa se realizaron dos exposiciones académicas a cargo de la Dra Edith Valles (especialista que participa en el dictado de cursos y seminarios sobre las amenazas que implican en la

actualidad el uso de armas biológicas y químicas así como distintos aspectos relacionados con los diferentes tratados de no proliferación y el control de exportaciones de armas de destrucción masiva que rigen en la Argentina) y de la Dra Adriana Bernacchi (especialista que integra la lista de expertos de las naciones Unidas ante el presunto uso de armas biológicas y quien además dicta cursos, charlas y seminarios en Universidades, Instituciones Nacionales, quien también es coautora de publicaciones relacionadas con la no proliferación de armas de destrucción masiva) (Foto 1). Luego de las dos exposiciones, los alumnos pueden hacer preguntas.

En este período los alumnos ven un documental sobre cómo funcionan las armas químicas e investigan sobre qué son las armas químicas en cuanto a su composición, acción sobre los seres vivos, sobre su uso en el mundo, y sobre el uso dual de las mismas.

Los alumnos son instruidos sobre la teoría y práctica de las tipologías: Mesa Redonda, Debate, Ensayo y Propaganda

**Tercera etapa:**

En una segunda jornada dos alumnos cumplen la función de locutores (Foto 2) y presentan diferentes dispositivos multimediales y una mesa redonda. La

- Línea de tiempo digital (Fig 1) que tiene en cuenta los hechos puntuales del uso de armas químicas desde la antigüedad a la actualidad, mostrando los cambios de motivación y de consecuencias [3, 4]



Fig. 1. línea de tiempo en formato mp4

- Propagandas de concientización sobre el uso e impacto de la utilización de las armas químicas con formato de radio (mp4) y en formato de tapa de un diario (Fig. 2) (a través de una presentación en Prezi).



Foto 1. Exposición de la Dra Adriana Bernacchi frente a los alumnos de 4to año y autoridades, en el SUM de la escuela

**Segunda etapa:**

Se realiza un trabajo de investigación, reflexión y adaptación de las TIC [2] al contenido curricular y a las estrategias pedagógicas seleccionadas respecto del tema en cuestión, donde los alumnos divididos en grupos diferentes arman una línea de tiempo digital, elaboran una campaña publicitaria multimedial (que consiste en una serie de anuncios coordinados que sirven para dar promoción al tema en cuestión) y se preparan para participar de una mesa redonda que se presenta en una segunda jornada.

secuencia de las presentaciones es la siguiente:



Foto 2. Locutores Francisca Custodio y Manuel Lamas Pereira



Fig. 2. tapa del diario

- La mesa redonda [5] compuesta por dos coordinadores y cuatro oradores a favor y otros cuatro en contra del uso de las armas químicas. Estos oradores representan expertos o buenos conocedores del tema en diferentes áreas: Química, Sociología, Diploma-

cia y Política. Para la preparación de estos expertos se arman previamente grupos de trabajo (dos alumnos) que acompañan a cada "experto" en la búsqueda de información y preparación, para exponer y defender con argumentos sólidos su posición. Los coordinadores presentaron a los panelistas de la mesa redonda y ceden la palabra uno a uno a los integrantes de

la mesa, en forma sucesiva y de manera que se alternaran los puntos de vista opuestos o divergentes [6]. Cada expositor tiene un tiempo establecido de solo tres minutos; si se excede el coordinador se lo hace notar. Una vez acabada la exposición de todos los panelistas, los coordinadores hacen un breve resumen de las ideas principales de cada uno de ellos y destacan

sus diferencias. Posteriormente, los expositores pueden aclarar o rebatir los argumentos de su opositor durante unos dos minutos más. La confrontación de enfoques y puntos de vista distintos permiten al auditorio obtener una información más variada y ecuaníme sobre el tema. Finalmente, los coordinadores invitan al auditorio a efectuar preguntas a los miembros de la mesa sobre las ideas expuestas (Fotos 3a y b)

- Para terminar de presentar la campaña multimedial [7] se proyecta una propaganda televisiva elaborada por otro grupo de alumnos (Fig 3)



Fig. 3. propaganda televisiva en formato mp4



- Como cierre se entrega a cada uno de los invitados un folleto (Foto 4) alusivo al tema [8]. En las Fig 4 a y b se muestra el diseño del folleto



Foto 4. Folleto entregado en la jornada

Fotos 3 a y b. Alumnos que forman parte de la mesa redonda, de izquierda a derecha: Gastón Grosman, Yago Maller Ribeiro, Josefina Blumenkranz, Ma. Lucía Tarullo, Rodrigo Blanco, Macarena Piaggio, Rocío Vazquez, Victoria Zimmer, Agustina Chiozza, Lucía Sanchez

## Tomando conciencia

Como personas y como parte de una sociedad, consideramos que el uso de Armas Químicas no tiene argumento alguno. El sufrimiento y la muerte de seres humanos y/o animales no se justifica de ninguna manera.

Creemos que es de suma importancia la difusión acerca de qué son las Armas Químicas, cómo se usaron y se usan, y qué efectos tiene en la salud.

Buscamos dejar un mensaje, uno que haga tomar conciencia de que la muerte y dolor no es la solución para nada.



## Organización para la prohibición de Armas Químicas

Esta organización entra en vigor en 1997, está compuesto por 190 estados y es la encargada de la implementación internacional de la Convención sobre Armas Químicas

¿Su labor? asegurar la destrucción de las armas químicas y evitar su desarrollo o proliferación en el futuro, la asistencia y protección, la cooperación internacional y la implementación nacional y universal de la Convención sobre Armas Químicas



Contactos:  
media@opcw.org  
http://www.opcw.org/sp/  
convencion-sobre-las-armas-quimicas/

Alumnos:	
Frias Camila	Lew Natalia
Giménez Luna	Mozeris David
Goette Sebastián	4to 1ra ILSE 2015
González Agustina	



Fig. 4 a. Parte delantera del folleto

## HISTORIA

✱ En 1915 se utilizó el gas cloro por primera vez en ataques masivos



✱ Durante la 2da Guerra Mundial se utilizó el ácido cianhídrico (Zyklón B) en los campos de concentración nazis para asesinar a los prisioneros.



## ¿Qué son las Armas Químicas?

Según la Convención sobre Armas Químicas de 1993, se considera un arma química a cualquier sustancia química tóxica que lastime o mate personas o animales, sin importar su origen. Excepto aquellas sustancias que sean utilizadas con propósitos permitidos (es decir cuando se destinen a fines no prohibidos por la Convención sobre Armas Químicas



"No aprendemos más"

## ACTUALIDAD

En nuestro país

✱ Hinchas de Boca tiran gas pimienta a los jugadores de River, éstos sufrieron lesiones en los ojos y en la piel. (14/05/15)



✱ Un chico arrojó gas pimienta a sus compañeros en el aula de una escuela de la localidad de Florencio Varela. 5 alumnos fueron hospitalizados. (18/05/15)



Fig. 4 b. Parte posterior del folleto

### Cuarta etapa:

Como cierre todos los alumnos de los tres cursos que ya han participado de diferentes formas: en la elaboración de la línea de tiempo, en la campaña multimedial o en la mesa redonda deben realizar un ensayo [9, 10] eligiendo una de las cuatro hipótesis propuestas por las

docentes a cargo sobre el tema "Armas químicas y ética".

✓ La inclusión de la ética en los enfrentamientos bélicos es importante ya que invita a actuar con responsabilidad.

✓ No existe la ética en los enfrentamientos

bélicos ya que vale todo para lograr ganar y proteger al propio país".

✓ La inclusión de la ética en la preparación de los científicos es importante ya que invita a actuar con responsabilidad a la hora de generar nuevos desarrollos tecnológicos.

✓ No debe existir la ética en la formación científica ya que vale todo para generar nuevos desarrollos tecnológicos.

Para la evaluación de los ensayos realizados los docentes tienen en cuenta los siguientes criterios:

- ESCRITURA DE ENSAYO: estructura de ensayo (extensión 40 a 50 líneas y en 3° p), uso de un mínimo de tres estrategias argumentativas, uso de conectores apropiados, empleo de recursos de estilo, ortografía y puntuación (Literatura: 5 puntos).

- FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA: conocimiento teórico sobre el tema, coherencia global, adecuación a la hipótesis, citas de autoridad y conclusión personal (Química: 5 puntos).

El objetivo fundamental de esta última actividad es plasmar por escrito la meta de este proyecto: "concientizar a la población sobre la peligrosidad de permitir que la ciencia se aisle de la ética."

### EJEMPLOS DE ENSAYOS

Los resultados de los ensayos son muy positivos y los alumnos destacan la importancia del "proceso previo a la escritura" para que las argumentaciones fuesen más fluidas. A título de ejemplo transcribimos dos ensayos elaborados por alumnos.

**Ensayo 1**, elaborado por Sofia Dupuis  
*La ciencia, a lo largo de la historia, se ha*

encargado de dar una explicación a los fenómenos que nos rodean, y se ha dedicado a realizar diversos descubrimientos. Ahora bien, ¿cómo es posible asegurar que estos descubrimientos serán benévolos para la humanidad? ¿cómo es posible acaso determinar su futuro? La respuesta es exclusivamente la ética, la ética que tiene cada científico antes de accionar. Por ello, es fundamental relacionar ambos conceptos. "La inclusión de la ética en la preparación de los científicos es importante ya que invita a actuar con responsabilidad a la hora de generar muchos desarrollos tecnológicos".

En primer lugar, los científicos poseen una gran cantidad de conocimiento que les otorga poder y los distancia del resto de la sociedad que es ajena a los mismos. Como portadores de conocimiento y saber, es su responsabilidad y deber hacer un uso benévolo de sus desarrollos y nunca abusar de los mismos. En palabras del Dr. Moya, el Presidente de la Asociación de Biología Evolutiva Española: "La evolución y el impacto de los cambios científico-tecnológicos en la sociedad es inevitable. Por ello, es esencial el uso de la inteligencia y de la razón en todo momento para lograr la supervivencia de la especie humana".

En segundo lugar, esta preocupación por la conexión entre ética y ciencia se ve reflejada en los tratados que la mayoría de los países ha firmado para ponerle fin al uso perjudicial. Existen diversos tratados según el campo científico en cuestión. Un claro ejemplo es la Convención sobre Armas Químicas que prohíbe el desarrollo, la producción, el almacenamiento, la transferencia, el empleo de las armas químicas y su destrucción. Dicha Convención fue ratificada por 190 países luego de la muerte de miles de personas en las guerras mundiales a causa del uso de agentes de guerra química como

el sarín, somán, el gas mostaza entre otros.

Por último, un mal uso de los desarrollos científicos y tecnológicos puede terminar en una masacre humana. Cuando se descubre algo nuevo, siempre se puede hacer un uso dual del mismo, es decir, pacífico o bélico. La ética es necesaria para que no ocurra esto último, es necesaria para preservar la vida de las personas. Un triste ejemplo de un mal uso e irresponsabilidad frente a lo nuevo fue el caso de Fritz Haber, el "padre de las armas químicas" que descubrió la fijación del nitrógeno atmosférico mediante la síntesis del amonio por el cual obtuvo el Premio Nobel. Más tarde, fue el responsable del uso del gas cloro (Cl<sub>2</sub>) como arma química que se implementó en la primera guerra mundial causando la muerte de miles de personas.

Para concluir, la ética y la ciencia son como las dos caras de una hoja. La ética debe estar omnipresente en cualquier acción que realice un científico, no debería siquiera cuestionarse lo contrario. La ciencia es progreso, desarrollo, descubrimiento. En definitiva, la ciencia debería ser una razón más para vivir, no una más para morir.

**Ensayo 2**, elaborado por Lucía Sánchez: La inclusión de la ética en la preparación de los científicos es importante ya que invita a actuar con responsabilidad a la hora de generar nuevos desarrollos tecnológicos.

En primer lugar, ética y ciencia son dos conceptos que deberían ir de la mano para evitar la muerte de personas inocentes. Un claro ejemplo de esto es el trabajo de Fritz Haber, el padre de las armas químicas, quien fue el responsable del uso del gas cloro como arma química. El cloro fue sumamente nocivo para los soldados que debieron enfrentarlo. Y Haber sabía con qué fin estaba desarro-

llando esta vil asesina; sin embargo, esta no fue razón para que pensara dos veces lo que hacía.

Por otra parte, los conocimientos científicos deben ser utilizados para el bien de la humanidad. Es innegable que estos grandes conocedores de ciencia poseen herramientas que otros no tienen; ahora bien, éstas no deben usarse en contra de las mismas sociedades, ya que de ser así ¿qué quedaría de nosotros como seres humanos? Si no existe piedad en la utilización de armamento, ¿quién sabe si llegaríamos a extinguirnos a nosotros mismos?

Por último, un efecto beneficioso no quita uno perjudicial. Citando a Jane Essex y Laura Howes, "la labor de Fritz Haber contribuyó a la humanidad pues sin el conocimiento del método de fijación del nitrógeno, la industria alimenticia no sería la misma, pero sus descubrimientos en el ámbito bélico no son merecedores de perdón: provocaron la muerte de miles de personas". De ciencia mucho, pero de ética poco. Lo mismo sucedió con el descubrimiento de la ricina por parte de EE.UU, que la estaba investigando con fines bélicos. Aunque, luego, se descubrió su potencial como anticancerígeno, lo segundo no quita lo primero, y la intención con que fue desarrollada, es decir, hostil, es lo que realmente cuenta.

Como conclusión, la formación de un profesional científico no debe estar dada únicamente por conocimientos teóricos, sino también por valores éticos, porque a la hora de la verdad, la conciencia propia no es suficiente si en ésta reside el camino que pueda tomar la humanidad.

## CONCLUSIÓN

La secuencia didáctica narrada pone en evidencia, una vez más, el valor de

los proyectos interdisciplinarios. Parece complejo que dos materias como Química y Literatura puedan trabajar y evaluar juntas, sin embargo no es la primera vez que llevamos a cabo este tipo de trabajo y los resultados siempre son muy provechosos para todos los participantes del aprendizaje.

Este proyecto nos permitió desarrollar contenidos conceptuales que valorizaron el hacer, pero también competencias pragmáticas que pusieron en evidencia el saber hacer. Además, en este caso particular se agregaron dos variantes, por un lado las TIC como asistentes que facilitaron el aprendizaje haciéndolo colaborativo, actual, contextualizado y multimedial. Por otro lado, el debate y la reflexión crítica hicieron hincapié, en forma transversal, a lo largo de todo el proyecto, en la relación imprescindible que debe existir entre ciencia y ética si lo que buscamos es concientizar a los alumnos sobre la necesidad de priorizar en todo momento el bien de la humanidad.

Recordar los efectos del uso de armas químicas desde tiempos remotos y en particular en la Gran Guerra nos llenó de interrogantes ¿Progresó realmente la humanidad a través de los años? ¿Puede haber progreso científico sin conciencia moral? ¿Cuáles deberían ser los límites en la búsqueda de triunfos bélicos por parte de un país? ¿Qué es el uso dual de las sustancias químicas?

Involucrar a los estudiantes en el uso indebido que el hombre hace de la ciencia, que él mismo creó, es importante, porque en el presente continúan las prácticas nocivas que ponen en peligro a la humanidad y solo parecen quedar

en manos de las decisiones de los países poderosos y de los tratados que ellos ejecutan. Sin embargo, son los científicos, en particular, y la población, en general, quienes desde una toma de conciencia profunda y reflexiva pueden cuidar a la humanidad y a la naturaleza mejor que ningún organismo particular.

La creatividad, el debate fundamentado, el conocimiento científico-lingüístico, el manejo oral-escrito de la trama argumentativa y el uso de las TIC son ingredientes que en manos de alumnos motivados y de profesores que funcionen como mediadores del desarrollo de diferentes competencias dan como resultado proyectos significativos que involucran realmente a la escuela con la sociedad.

#### AGRADECIMIENTOS

*Este proyecto tiene su génesis en la propuesta de la Dra Lydia Galagovsky, quien nos sugirió el tema a tratar, teniendo en cuenta el cumplimiento de los 100 años del uso de las armas químicas en la primera guerra mundial. También deseamos agradecer profundamente a la Dra. Edith Valles y a la Dra. Adriana Bernacchi quienes a través de una charla académica nos aportaron los contenidos necesarios, con un talante abierto y generoso, logrando así la motivación de nuestros alumnos.*

*La realización del presente proyecto es fruto del trabajo arduo de los alumnos de 4to año del ILSE, quienes han mostrado en cada instancia del proyecto una inmejorable disposición y entrega.*

*Finalmente deseamos agradecer la oportunidad que la escuela nos brindó, es-*

*pecialmente a la rectora, Lic. Vilma Saldumbide, quien puso a nuestro alcance todos los medios para que los alumnos pudieran aprender a través de un proyecto de investigación interdisciplinario y multimedial y a la colaboración del profesor Guillermo Becco.*

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Edith G. Valles "Historia de las armas químicas. A la sombra de la primera guerra mundial" en *Industria & Química*. Nº 366, setiembre 2014.
- [2] TIC Ministerio de Educación de la Nación, *Pos título: Especialización en Educación y TIC.*, 2014/2015.
- [3] Lydia Galagovsky y otros, *Química y civilización*. Buenos Aires, CCC. Educando, 2011, pág 75-92.
- [4] Documental: "Cómo funcionan las armas químicas, nucleares y bacteriológicas" [https://www.youtube.com/watch?v=a\\_Ppzs\\_Y3lg](https://www.youtube.com/watch?v=a_Ppzs_Y3lg) (última visita 20/3/15)
- [5] G. Cirigliano y A. Villaverde, "La mesa redonda" en *Dinámica de grupo y educación*, Buenos Aires: Kapelusz, 1990, pág. 115-119.
- [6] Federico, Balsa, *Técnicas de Debate en la escuela. Cómo enseñarlas*. Buenos Aires: Troquel, 2007.
- [7] Roland Barthes, "El mensaje publicitario" en *La aventura semiológica*, Barcelona: Paidós, 2009, pág. 313-319.
- [8] Convención sobre armas químicas [http://www.un.org/es/disarmament/wmd/chemical/review\\_conferences.shtml](http://www.un.org/es/disarmament/wmd/chemical/review_conferences.shtml) (última visita 20/3/15)
- [9] Elvira, Arnoux y otros, *Talleres de Lectura y Escritura. Textos y actividades*. Buenos Aires: Eudeba, 2000.
- [10] Mabel Pipkin Embón y Marcela Reynoso, "La argumentación" en *Prácticas de lectura y escritura académica*, Córdoba: Comunicarte, 2010, pág.175-194.

# Materia, luz y sonido: un fenómeno del siglo XIX en el siglo XXI

Verónica Slezak y Alejandro Peuriot \*

La espectroscopía fotoacústica es una herramienta de análisis muy poderosa por su amplio rango dinámico, su sensibilidad y bajo límite de detección. Ha evolucionado a lo largo de más de un siglo por la aparición de fuentes de luz monocromáticas de potencia y equipamiento electrónico e informático asociados a la detección y procesamiento de señal. La demostración de experimentos simples relacionados con el fenómeno, aplicados a muestras gaseosas, es de interés didáctico por la gran variedad de tópicos de física y química que pueden tratarse además de constituir un tema innovador que podría ser un factor de motivación para que docentes y alumnos logren un aprendizaje significativo. La experiencia podría ser aplicada a distintos niveles del sistema educativo ya que se puede realizar con materiales de bajo costo y accesibles a todo público. Para realizar el estudio del fenómeno se describe una cámara con una geometría convenientemente elegida. En él se introducirá una mezcla de gases. Se iluminará con luz pulsada (LED o láser) a distintas frecuencias de repetición y se registrará la señal con un micrófono conectado a un osciloscopio. Se demostrará que la señal crece cuando la luz es entregada al mismo ritmo que la oscilación acústica propia de la cavidad. Se discutirá el uso de este esquema para detectar contaminación ambiental.

## INTRODUCCIÓN

La espectroscopía es el estudio de la interacción radiación-materia. Como tal, abarca muchas disciplinas y técnicas. En el campo de las altas energías, la radiación puede perturbar seriamente la materia y hasta transformarla. Por otro lado, en el sentido de la espectroscopía clásica, la más antigua, la energía de la radiación se encuentra en el rango óptico. La radiación óptica (luz visible e invisible en la región infrarroja o ultravioleta) es parte de la radiación u ondas electromagnética (radio, TV, microondas, etc.)

que se propaga en el espacio libre y es demasiado baja para alterar el material con el que interactúa. Por su versatilidad y su naturaleza no-destructiva la espectroscopía óptica es una de las herramientas más importantes para investigar y caracterizar materiales. En particular permite caracterizar las moléculas o los elementos químicos contenidos en muestras gaseosas o líquidas. Por esta técnica se pudo saber que las estrellas y gases que las rodean tienen los mismos elementos que se encuentran en nuestro planeta, la luna y los meteoritos que caen a la tierra. Se halla que todos los elementos o moléculas tienen un espectro de absorción de radiación distinto, que los caracteriza. Se indica con  $\nabla(\nu)$ , que es la sección eficaz (una especie de eficiencia)

en  $\text{cm}^2/\text{molécula}$  (o átomo) y depende la longitud de onda  $\nu\lambda$ . Esta última, cuando corresponde a luz percibida por el ojo humano, se halla típicamente entre 400 y 700 nm.

Las espectroscopías ópticas convencionales pueden subdividirse en dos categorías: la primera estudia la luz transmitida por la muestra de interés, o sea luz que no ha sido absorbida (Fig.1a); la segunda estudia la luz reflejada o dispersada por el material (Fig.1b). En ambos casos la radiación detectada es parte del haz incidente después de su interacción con la materia. En el primer caso, se demuestra que la absorción obedece a una ley simple, la ley exponencial de Beer-Lambert:

$$I_t = I_i \cdot \exp(-\nabla(\nu) \cdot N \cdot L) \quad (1)$$

\* DEILAP (CITEDEF-UNIDEF-CONICET), J.B. de La Salle 4397, 1603 Villa Martelli, Argentina.  
E-mail: vslezak@citedef.gob.ar

donde  $N$  es la concentración en moléculas/cm<sup>3</sup> y  $L$  es el espesor de la muestra en cm. La intensidad incidente de luz ( $I_i$ ) y transmitida ( $I_t$ ) son la cantidad de luz por segundo en un área determinada por el haz, que atraviesa la muestra, es decir se expresan en potencia/área (Watt/cm<sup>2</sup>). La absorción es:  $I_{ab} = I_i - I_t$ .

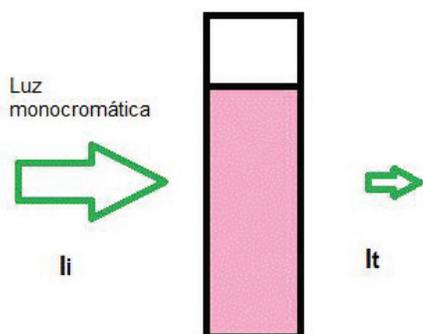


Figura 1a. La luz incidente  $I_i$  es absorbida parcialmente por el medio y se transmite una intensidad  $I_t$ , que depende del coeficiente de absorción del medio y de su concentración

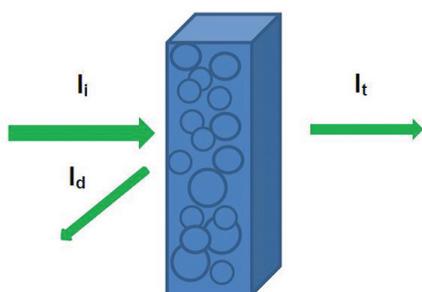


Figura 1b. La luz incidente  $I_i$  es dispersada parcialmente por el medio con una intensidad  $I_d$ , que depende del tamaño de las partículas y de su concentración

La espectroscopía óptica ha sido una herramienta muy útil por más de un siglo para estudiar medios relativamente transparentes, como gases, soluciones, cristales y superficies reflectantes. Sin embargo, hay muchos casos en los que la espectroscopía convencional por transmisión es inadecuada, por ejemplo

cuando se pretende medir una absorción muy débil. Los detectores ópticos tienen una precisión tal que no es posible distinguir una variación de la energía del haz incidente intenso menor que algunos porcientos. Si bien este fenómeno ocurre para cualquier forma de la materia, ha recibido particular atención en el caso de muestras gaseosas que contienen muy pequeñas cantidades de la especie absorbente o contaminante, tema que trataremos en especial en este artículo.

Durante las últimas décadas se desarrolló otra técnica óptica adecuada para estudiar aquellos materiales donde no funcionan las metodologías convencionales basadas en transmisión, reflexión o dispersión. Esta técnica, denominada espectroscopía fotoacústica (FA), se diferencia de las técnicas nombradas en el hecho de que, si bien la excitación de la muestra se produce por luz incidente sobre el material, no se mide directamente la radiación que se transmite, refleja o dispersa, sino que se mide la energía absorbida por el material a partir de un calentamiento local que se produce después de la excitación, en tiempos que dependen del mecanismo de relajación de energía interna a cinética por colisiones, y pueden ser del orden 1 a 10 nseg en muestras atmosféricas.

En la espectroscopía FA la muestra a estudiar se coloca en general en una cámara cerrada o en una celda. En el caso de líquidos y gases la muestra ocupa toda la celda. En el caso especial de gases, la sustancia a determinar es mezclada con un gas no absorbente, por ejemplo aire o nitrógeno. En el caso de sólidos, la muestra ocupa una parte y el resto es un medio gaseoso no absorbente, como el aire. La celda contiene un micrófono. Cuando la muestra es iluminada con luz monocromática que es parcialmente absorbida por la muestra se excitan niveles de energía interna de la misma. Luego, esta energía es entregada parcialmente

en forma de calor por procesos no-radiativos; en el caso de un gas esta energía se convierte en energía cinética de las moléculas por colisiones con el gas no absorbente, mientras que en sólidos en energía en la red cristalina, en forma de vibraciones de iones y átomos. Si la energía lumínica es modulada en intensidad, la energía interna de la muestra también será modulada. Es evidente que estamos ante una forma de espectroscopía óptica que es, a su vez, una forma de calorimetría pero, a diferencia de métodos basados en termopilas o termistores, es más rápida y más sensible. En muestras gaseosas el calentamiento interno puede provocar cambios de volumen notables, tal que un detector sensible a desplazamientos, como un micrófono capacitivo, se convierte en un excelente detector de calor. Con micrófonos actuales y electrónica asociada y a través de procesamientos de señal, es posible detectar variaciones de temperatura de 10<sup>-6</sup>°C. Estos sistemas están limitados en frecuencia y sus tiempos de respuesta se relacionan con el tiempo de establecimiento de la onda estacionaria, o sea que el tiempo de respuesta es de centenas de microsegundos. En líquidos y sólidos la expansión de volumen es mucho menor, por lo que se suele usar un piezoeléctrico en contacto directo con la muestra. También en este caso se miden los efectos de variaciones de temperatura del orden de 10<sup>-6</sup>°C. Hay casos, como polvos o aerosoles, donde en lugar de un piezoeléctrico, se utiliza un medio gaseoso como transductor del calentamiento de la muestra, y luego, aquí también un micrófono. Este método también es muy sensible.

Hay algunas ventajas notables en la espectroscopía FA; como se trata de un fenómeno basado en la absorción de luz, radiación dispersada o transmitida no interfiere en las mediciones. Esto es importante cuando el medio es esencialmente transparente, como en el caso de contaminantes atmosféricos, o cuando los ma-

teriales son altamente dispersivos, como aerosoles o polvos o coloides. También estamos ante un método que permite estudiar espectroscopía de materiales totalmente opacos, ya que la técnica no se basa en detección de luz. Otra ventaja es que cualquiera sea la longitud de onda de la radiación que excita la muestra, el detector es siempre el mismo, un micrófono o un piezoeléctrico.

Resumiendo, la fotoacústica ha encontrado un amplio campo de aplicación en investigación y caracterización de materiales. Se aplica en sólidos, líquidos y gases y en todo tipo de materiales, orgánicos, inorgánicos, biológicos, semiconductores, etc.

#### UN POCO DE HISTORIA

El efecto fotoacústico fue descubierto en el siglo XIX y fue anunciado por primera vez en 1880 por Alexander Graham Bell en la American Association for the Advancement of Science, donde describió su trabajo sobre el *fonófono* (Fig. 2). En su publicación reportó el descubrimiento accidental del efecto FA en sólidos [1]. En este trabajo un haz de luz era modulado en intensidad en un determinado lugar por medio de un espejo activado por la voz. La luz modulada se focalizaba en una celda de selenio, que era incorporada en un circuito telefónico. Como el selenio tiene una resistencia eléctrica variable con la luz, el haz modulado por la voz resultaba en la reproducción de una conversación. En 1881 [2] Bell describía con detalle otras investigaciones de este efecto nuevo: él demostraba que el efecto FA dependía de la absorción de luz en sólidos. Él colocó material sólido en un tubo de vidrio cerrado y acercó un tubo para escuchar una señal audible. Notó que "las señales más intensas son producidas por sustancias no compactas, porosas, esponjosas y por aquellas que tienen los colores más oscuros o más absorben-

tes". Experiencias de FA en gases fueron también desarrolladas inmediatamente por John Tyndall y Wilhelm Roentgen: usando luz solar o de lámpara de arco de mercurio modulada, al pasar por una rueda rotante perforada, y dirigida sobre una cámara cerrada conteniendo un gas, escuchaban un sonido de la misma frecuencia que la de modulación acercando directamente el oído a través de un tubo. La explicación del sonido emitido por sólidos esponjosos residió entonces en la hipótesis de que las partículas eran calentadas por la luz causando contracción de los intersticios. El aire es expelido como cuando se aprieta una esponja; cuando la luz se tapa, las partículas se enfrían, produciendo pequeños volúmenes vacíos y el aire vuelve a entrar en la esponja. En realidad experiencias posteriores demostraron que las hipótesis no fueron del todo correctas, sino que el calentamiento del mismo gas en los intersticios provocaba su expansión y posterior contracción durante el enfriamiento, que fue la hipótesis de Mercadier [3] y Preece [4] también en 1881.

Luego del inicial interés cuando Bell descubrió el efecto FA, el fenómeno perdió

atractivo ya que los experimentos eran difíciles de llevar a cabo y de cuantificar, basándose en el oído del investigador como detector. Quedó durmiendo durante 50 años hasta que en 1938 Viegrov en Leningrado comenzó a usar un micrófono y logró medir  $\text{CO}_2$  en  $\text{N}_2$  iluminando con un cuerpo negro. Recién en 1970 se volvió al efecto FA en muestras no gaseosas. Los científicos de la era 1940 a 1970 también usaron este fenómeno para estudiar desexcitación y transferencia de energía en gases. Particularmente se propuso la medición de la fase de la señal FA para determinar la velocidad de transferencia de energía de vibración a traslación [5]. Entre 1950 y 1970 el análisis de gases se volcó al uso de técnicas más sensibles y versátiles como la cromatografía y la espectrometría infrarroja. Hasta que en los '70 el uso del láser le dio nuevo ímpetu a la espectroscopía FA, basándose en propiedades tan particulares como la monocromaticidad, potencia y direccionalidad. En 1968 Kerr y Atwood [6] utilizaron la detección FA con láser para obtener espectros de absorción de moléculas gaseosas pequeñas. Kreuzer [7] demostró que era posible detectar concentraciones muy bajas

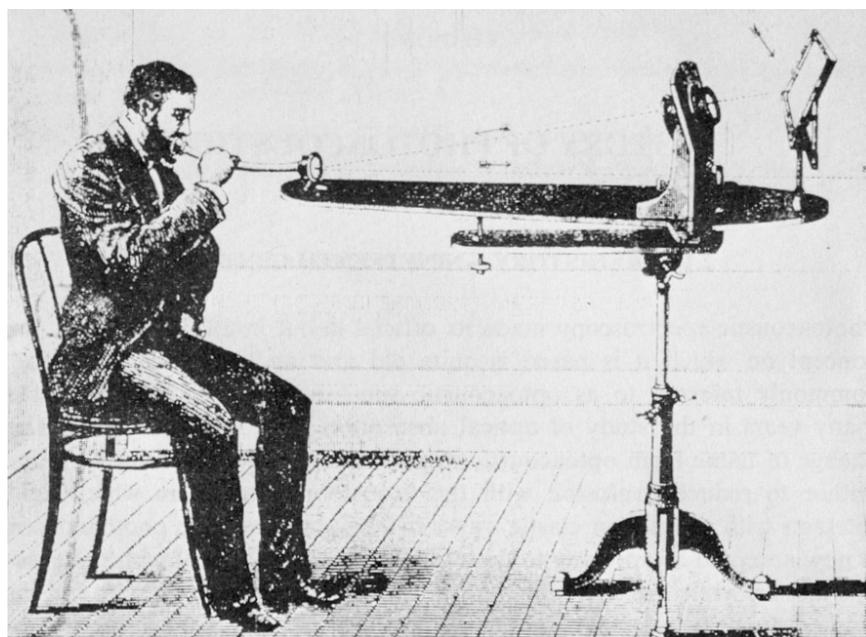


Figura 2. Fotófono de Bell

de metano en nitrógeno ( $10^{-8}$ ) usando un láser de He-Ne infrarrojo ( $3 \mu\text{m}$ ) modulado en intensidad.

**EFFECTO FOTOACÚSTICO EN GASES**

El proceso FA puede ser dividido en cinco etapas (Fig. 3a):

- a) Absorción de radiación por una muestra gaseosa.
- b) Liberación localizada de calor debido a la relajación de la energía luminosa absorbida, a través de colisiones moleculares.
- c) Generación de ondas acústicas y térmicas por el calentamiento.
- d) Detección de la señal acústica en la celda FA.
- e) Procesamiento de la señal proveniente del transductor.

La muestra gaseosa, una o más sustancias que absorben la radiación y gas de relleno, por ejemplo aire, generalmente se encuentra confinada dentro de un recinto (en condiciones estacionarias o en flujo), el cual actúa como resonador acústico, y es excitada por la fuente de luz a través de una o más ventanas (fig.3b).

Se puede demostrar que cuando la absorción es baja, la señal FA ( $S(\lambda)$ ) a una longitud de onda  $\lambda$  de una sola especie absorbente de moléculas, a una concentración  $N$ , inmersa en un gas no absorbente (aire en el caso de contaminación ambiental) se puede expresar como [8]:

$$S(\lambda) = K_d \sigma(\lambda) N P_i \quad (2)$$

donde  $\sigma(\lambda)$  es la sección eficaz de absorción a la longitud de onda  $\lambda$ ,  $P_i$  la potencia del haz láser incidente sobre la celda y  $K_d$  una constante que se deduce de la calibración del sistema y depende de la forma del resonador, del modo acústico excitado, de la posición del haz y del micrófono con respecto a la celda y de las características del micrófono. En esta expresión está contenida una

aproximación de la ley de Beer-Lambert, si la concentración es muy baja, que implica:  $I_{ab} = I_{ic} \sigma(\lambda) N.L$ . Para la validez de la ecuación (2), la relajación de la energía a cinética debe ser más rápida que la fluorescencia del estado excitado; además, en el caso de excitación modulada, la difusión térmica debe ser más lenta

que el período de la excitación [9]. Eligiendo adecuadamente el láser ( $\lambda$  y  $P_i$ ), la forma de la cavidad resonante y la posición relativa haz-celda ( $K_d$ ) se han medido concentraciones del orden de ppbV ( $10^{-9}$  en volumen) de varias especies de contaminantes [10].

El primer láser práctico que fue utilizado para detectar trazas de gases por espectroscopía FA es el láser de  $\text{CO}_2$ , que es sintonizable en forma discreta entre  $9-11 \mu\text{m}$  con un espaciado de  $0,05$  a  $0,2 \mu\text{m}$ , con potencia entre  $1$  a  $100 \text{ W}$ . Este rango de emisión coincide con la región del espectro donde las moléculas poliatómicas tienen su huella digital [8].

Actualmente la técnica FA aplicada a la detección de trazas gaseosas ha adquirido vigor debido a la aparición de láseres de semiconductores emitiendo en el infrarrojo cercano, que operan a temperatura ambiente y permiten concebir equipos de análisis de gas compactos. Sin embargo, en muchos casos, los diodos accesibles en el mercado aún no presentan la potencia suficiente para determinados requisitos de sensibilidad. Aparece, como fuente alternativa, el láser de semiconductor con amplificador de fibra dopada. En cuanto a cambiar la longitud de onda, se puede en un ámbito estrecho, variando la temperatura y corriente, o usar una cavidad externa al diodo. También dan impulso a este tema el desarrollo de láseres de cascada cuántica, en continuo desarrollo, y los osciladores ópticos paramétricos (OPO),

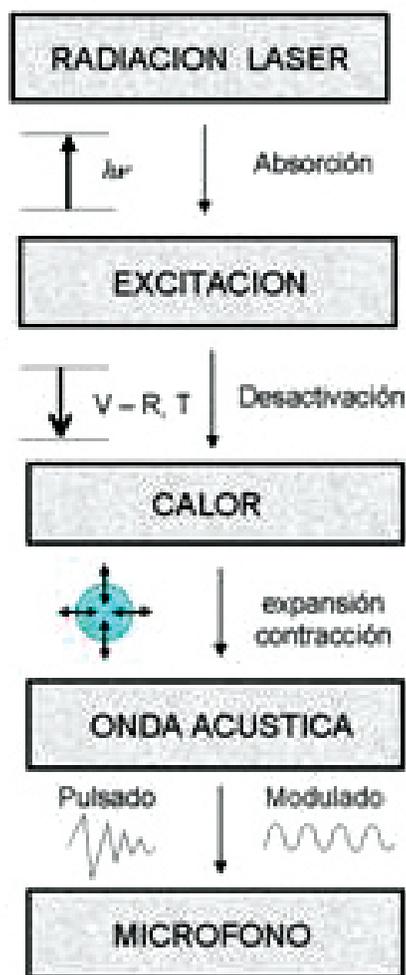


Figura 3a. Esquema del fenómeno FA

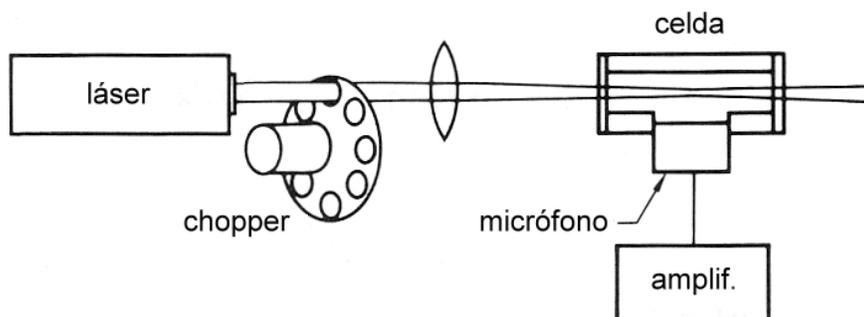


Figura 3b. Esquema experimental

que son de longitud de onda variable en un ancho de banda grande y emiten con niveles de potencia aceptables para detección de trazas.

### RESONADORES FOTOACÚSTICOS

Una cavidad cilíndrica puede actuar como resonante para ondas de sonido. Las frecuencias de resonancia se deducen de la resolución de la ecuación de ondas con las condiciones de contorno adecuadas (en nuestro caso paredes rígidas) y pueden representarse como combinación de modos fundamentales radiales, longitudinales y azimutales como en la figura 4.

La longitud de onda acústica del modo longitudinal más bajo es media onda, y respeta las condiciones de contorno en

los extremos del tubo (máxima presión o antinodos),  $L = \lambda_{ac} / 2$ . Es el símil de un instrumento de cuerdas, en cuyo caso en los extremos hay nodos. La frecuencia acústica está relacionada con la longitud de onda:  $f_{ac} \cdot \lambda_{ac} = c$ , donde  $c$  es la velocidad del sonido, y se calcula por una fórmula simple, siendo el modo fundamental más bajo:  $f_{ac} = c / 2L$  o múltiplos de ésta ( $n=2, 3, \dots$ ), y  $L$  la longitud de la celda (ver fig. 4).

Para realizar detección de trazas gaseosas la celda ideal debería amplificar el sonido generado por la absorción de luz, mientras que ruido acústico y eléctrico en fase con la excitación deben reducirse al mínimo, para obtener una buena relación señal a ruido y un bajo límite de detección. El diseño del resonador es fundamental para cumplir con estos requisitos

y obtener un alto Q (factor de mérito), donde Q expresa la energía acumulada por ciclo de la onda acústica dividida por las pérdidas por ciclo. Las ventanas, si bien son "transparentes" a la radiación, se calientan localmente al absorber una muy pequeña parte de la radiación que la atraviesa y producen una señal sincrónica; por eso se diseñan celdas cilíndricas con silenciadores en ambos extremos. Otras fuentes de ruido son los eléctricos y acústicos externos: en el primer caso se trata de un ruido que va como la inversa de la frecuencia, en el segundo caso es azaroso y un procesamiento de señal con filtro angosto (la detección sincrónica) lo minimiza. Se trata también de trabajar con volúmenes chicos para que la energía acústica quede concentrada pero con largos adecuados para que las resonancias pertenezcan al rango de audio, es decir menor de 20.000 Hz y mayor de 100 Hz, (recordar que las frecuencias de modos longitudinales van como la inversa de la longitud del resonador). Las pérdidas estarán dadas fundamentalmente por roce de las ondas acústicas con las paredes, debido a viscosidad y conducción del calor. En general se incorporan entrada y salida de gases para realizar circulación de gases: para evitar ruido por turbulencias se colocan estas aberturas en los nodos de una resonancia acústica, ya que una perturbación en los nodos no se transmite al resto.

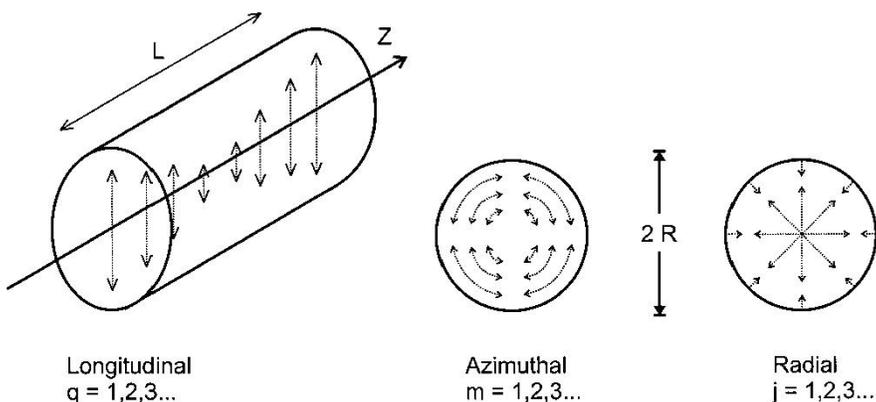


Figura 4. Modos acústicos fundamentales de un cilindro: si  $L=7\text{ cm}$  y  $R=0,5\text{ cm}$ , velocidad del sonido  $c = 3,31 \cdot 10^4\text{ cm/s}$ , frecuencia longitudinal 2,37 kHz y radial 19,4 kHz.

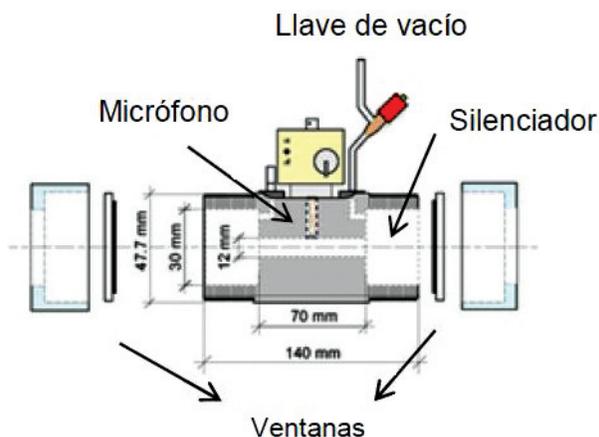


Figura 5. Celda FA con silenciadores de 1/4 de onda en los extremos

Para cumplir con muchos de estos requisitos, se recurre a un diseño típico de celda cilíndrica para muestras atmosféricas como en la figura 5.

Un esquema de medición FA resonante y una señal típica adquirida a partir de esta configuración se muestra en las fig. 6 a y b respectivamente.

El detector térmico mide la potencia del láser  $P_i$  para normalizar la señal:  $(S(\lambda)/P_i)$ . En la fig. 6b se puede observar cómo la señal del micrófono varía con la fre-

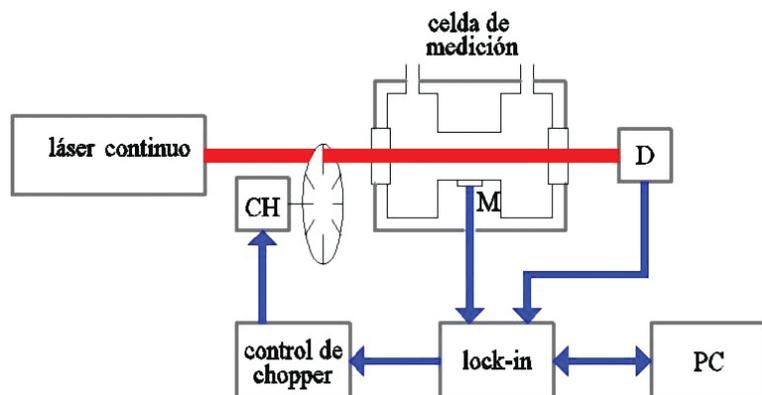


Figura 6a. Esquema típico de detección FA resonante. M: micrófono, D: detector térmico y CH: modulador mecánico

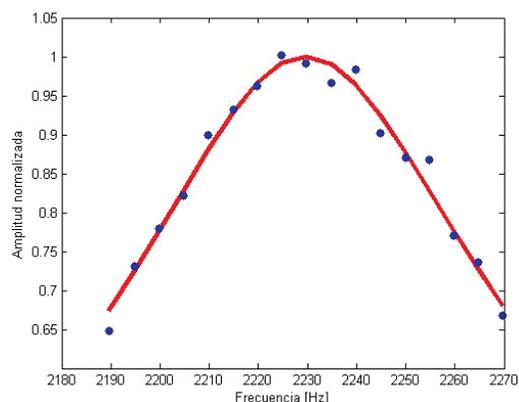


Figura 6b. Amplitud de la señal del micrófono normalizada al variar la frecuencia de modulación del láser alrededor del primer modo acústico longitudinal

cuencia de modulación del láser para una sustancia absorbente inmersa en aire: el máximo se obtiene cuando coincide con la resonancia acústica elegida, que en este caso es el primer modo longitudinal de la celda de fig.5 en 2230 Hz.

A continuación describiremos un experimento muy didáctico para entender el fenómeno FA, utilizando luz monocromática y gas NO<sub>2</sub> en aire. El rango que abarca el espectro de absorción del NO<sub>2</sub> en la región visible es amplio, teniendo la máxima sección eficaz en la región azul-violeta. Esta característica espectroscópica y un espectro continuo hacen posible que el NO<sub>2</sub> en aire pueda ser excitado con diferentes fuentes de luz visible (Fig. 7). En esta figura se muestra el comportamiento de este sistema ante diferentes formas de iluminación que puede provenir de láseres (Nd:YAG doblado en frecuencia, emitiendo en verde, o diodos láser azules o violetas) o LEDs de potencia (LED es un acrónimo en inglés de *Light emitting diode*, que significa diodo emisor de luz).

En este caso [11,12] hemos elegido la geometría del resonador esférica, realizada a partir de un balón de vidrio de radio 5 cm. Los dos modos fundamentales radial y azimutal presentan la distribución de presión de la fig. 8. Un

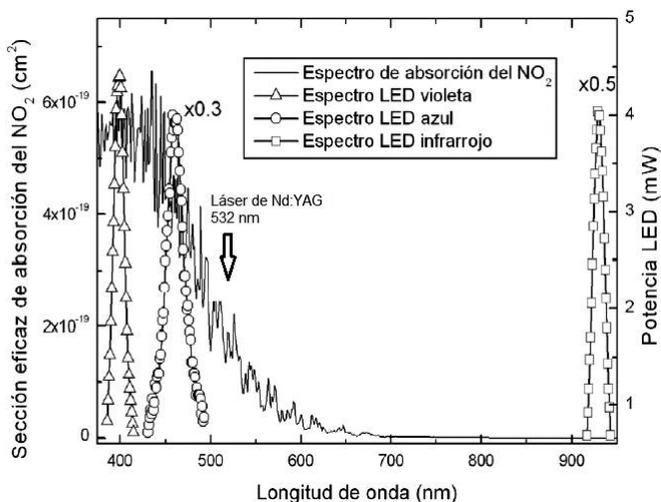


Figura 7. Espectro de absorción visible del NO<sub>2</sub> y emisiones típicas de LEDs comerciales y de un láser de Nd:YAG emitiendo en 532 nm

micrófono es colocado en el extremo de una varilla que permite su desplazamiento desde el centro hasta la pared. En la fig. 8a se ilumina con un láser que atraviesa la esfera por un diámetro. La figura 9 representa la intensidad relativa de la señal del micrófono para diferentes posiciones del micrófono. Se puede observar como la señal varía para distintas posiciones, siendo más intensa en el centro (zona roja de la fig. 8a), donde la presión, solución de la ecuación de ondas, presenta un máximo, nula en un punto intermedio y vuelve a subir hacia la periferia, pero allí esa energía acústica se distribuyó sobre una superficie mucho

mayor y el micrófono capta menos que en el centro.

Si pulsáramos este láser con la frecuencia del modo azimutal no obtendríamos señal ya que estaríamos excitando la zona de presión positiva y negativa al mismo tiempo con la misma intensidad y  $K_d$  sería nula: el resultado es que el micrófono no captaría señal alguna. Si iluminamos exclusivamente el casquete como en la fig 8b, modulando a la frecuencia del modo azimutal, nuevamente tendremos señal, y cuando tengamos un máximo de luz tendremos un mínimo en la señal del micrófono (desfasaje en  $\nabla \downarrow$  representado

por la zona azul y roja respectivamente). Si pudiéramos deslizar el micrófono en la fig. 8b hacia una de las ventanas, no captaría señal, ya que estaríamos en el nodo del modo azimutal. Resultados muy similares se pueden conseguir iluminando con un LED de potencia pulsado directamente el casquete opuesto al micrófono.

En el trabajo realizado en nuestro laboratorio [11] con un láser emitiendo en 532 nm se realizó la calibración del sistema, registrando el máximo de la señal FA para diferentes concentraciones de NO<sub>2</sub> diluido en 700 Torr de aire, entre 80 y 700 ppm (fig. 10). Se consiguió un límite

de detección de 0,1 ppm, tomando como criterio el valor de concentración que, en la recta de calibración, corresponde a tres veces la desviación estándar de la señal proveniente de irradiar aire puro.

### CONCLUSIONES

La técnica fotoacústica, que tiene sus orígenes en el siglo XIX, ha evolucionado hasta nuestros días aprovechando la disponibilidad del instrumental electrónico digital, el procesamiento de señal con PC de gran capacidad y fuentes de luz monocromáticas potentes y sintonizables (lá-

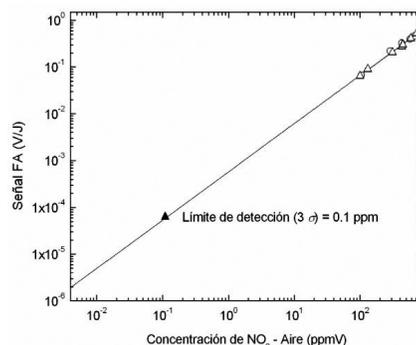


Figura 10. Calibración de la celda esférica

ser), lográndose muy buena sensibilidad a partir de dispositivos compactos, portátiles y robustos para medir concentración de trazas de diferentes gases. Elementos de fácil acceso, como LEDs, osciloscopios y PCs permiten con poco esfuerzo contar en laboratorios de enseñanza de fisicoquímica con experimentos didácticos que abarcan nociones de mecánica, electrónica y gases, aún a nivel de trazas.

### BIBLIOGRAFÍA

- [1] Bell A.G., Am. J. Sci. 20, 305-324 (1880).
- [2] Bell A.G., Phil. Mag. 11, 510-528 (1881).
- [3] Mercadier M.E., C.R. Hebd.Serv.Acad. Sci. 92, 409 (1881).
- [4] Preece W.H., Proc. R. Soc. Lond. 31, 506 (1881).
- [5] Gorelik G., Dokl. Akad. Nauk SSSR 54, 779 (1946).
- [6] Kerr E.L. y Atwood J.G., Appl. Opt. 7, 915-921 (1968).
- [7] Kreuzer L.B., J. Appl. Phys. 42, 2934-2943 (1971).
- [8] Claspy P.C. 1977. Infrared optoacoustic spectroscopy and detection. En: Yoh-Han Pao (ed.). *Optoacoustic spectroscopy and detection*. Editorial Academic Press, New York y Londres, 134-166 pp.
- [9] Miklós A., P. Hess y Z. Bozóki, Rev. Sci. Instrum. 72, 1937-1955 (2001).
- [10] Sigrist M.W., A. Bohren, T. Lerber, M. Naegele y A. Romann, Analytical Sciences 17, 511-514 (2001).
- [11] A. L. Peuriot, G. D. Santiago, V. B. Slezak y M. G. González, Anales AFA19, 59-62 (2007).
- [12] Tesis de doctorado en Ingeniería de la UBA de M. González (2008).

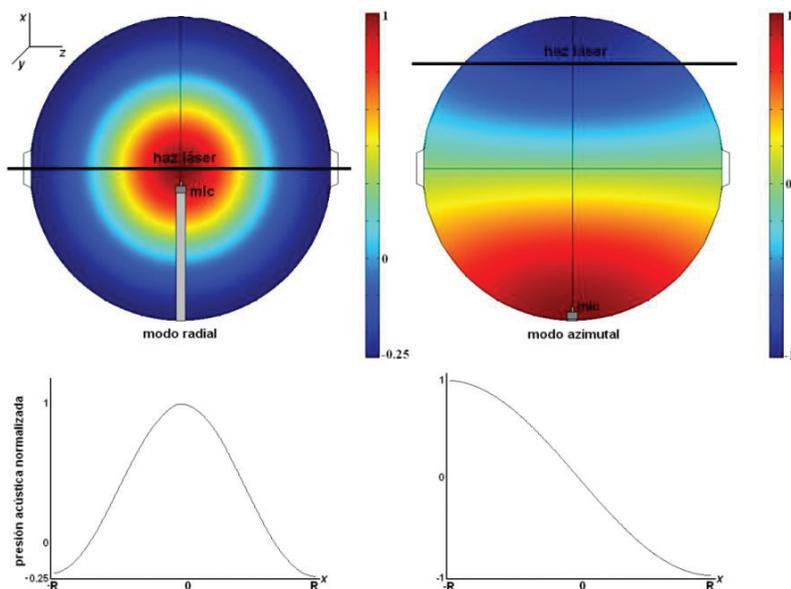


Figura 8a. Distribución de presión en el modo radial: 4920 Hz.

Figura 8b. Modo azimutal: 2230 Hz

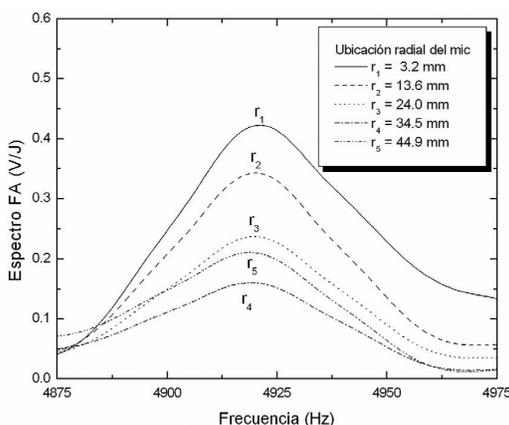


Figura 9. Señal del micrófono en distintas posiciones para la iluminación de fig. 8a

# CARL DJERASSI, el SciArtist.

## Vigencia de un científico, escritor, empresario innovador, pensador,.....

Alberto Díaz \*

Industria y Química, la revista de la IQA, está muy bien representada por la vida de Carl Djerassi: si le agregamos literatura o “ciencia en la ficción” al título, es Djerassi de manera completa.

Para comprender su importancia desde el comienzo del artículo y facilitar su lectura, mencionaré brevemente que Carl Djerassi es Profesor Emérito de Química de la Universidad de Stanford – EE.UU.; le fue otorgada la Medalla Nacional de la Ciencia por la primera síntesis de un anticonceptivo oral, además de la Medalla Nacional de Tecnología. Trabajó en técnicas de computación para inteligencia artificial en síntesis orgánica junto a un especialista como Edward Feigenbaum (uno de los padres de la inteligencia artificial) y con el premio nobel y genetista J. Lederberg. (para ampliar esta información ver Cuadro 1 donde se muestran algunas de sus más de mil publicaciones).

### CIENCIA, TECNOLOGÍA y SOCIEDAD

No es común encontrar científicos de muy alto nivel como Djerassi que hayan

\* Universidad Nacional de Quilmes y Universidad de Buenos Aires.  
E.mail: albertodelbo@gmail.com

desarrollado una carrera posterior, también de muy alta calidad en la literatura, novelas, obras de teatro, ensayos, cuentos, poemas. Sobre esto escribe David Lodge, reconocido crítico literario y escritor, en TTAS (1) “.... Djerassi ha tenido varias vidas; algunos las viven secuencialmente otros simultáneamente: mundialmente famoso químico e investigador, docente – profesor; innovador, gurú sobre la anticoncepción, exitoso hombre de negocios, coleccionista de arte, mecenas de artistas, poeta, novelista, autor teatral, ensayista. Seguramente hay más actividades de Carl. ... Sin embargo lo que a mí más me interesa es este cambio hacia la última parte de su vida de pasar de ser investigador científico de punta a escritor de drama, prosa, poesía, relativamente tarde en su vida. No tengo otro ejemplo (no puedo pensar en otro ejemplo) de tal cambio que pueda ser comparable” (traducción propia) [1].

Un “químico duro” como él mismo se ha denominado, comienza a tener una profunda reflexión sobre la aplicación de la ciencia en la sociedad, de su utilización, del papel de los científicos, comenzando así un trabajo de investigación que hoy entraría en la rama de los temas de Ciencia, Tecnología y Sociedad o CTS. Con la

ventaja de la gran capacidad de estudio, nivel intelectual, honestidad de Djerassi, sumado a que conoce desde adentro al sector de C y T, a sus actores, sus instituciones. En Agosto de 2002 escribió en una carta de lectores en Science (que la revista tituló: “ Soluciones políticas para el control de la natalidad, no científicas”) criticando un artículo que afirmaba que hay un necesaria premura para nuevas formas de control de la fertilidad para solucionar los problemas demográficos: “.. el autor del artículo ignora ... que se necesitan 12 ó 20 años mínimo para desarrollar un nuevo medicamento para control de la natalidad, el “hardware”, durante los cuales la población del Tercer Mundo habrá crecido en 1 a 2 billones de persona. Por lo tanto el foco se debe poner en mejorar el “software” del control de la natalidad: la cultura será prioritaria (o crucial), economías, salud pública y derechos de las mujeres, que ya se ha demostrado que funcionan con los métodos (químicos, “hardware”) existentes. .... Las mejoras del software son el sitio u ocupación de los gobiernos, no de la industria. LA SOLUCIÓN ES POLÍTICA, no científica.....”

Dentro de otros temas de C, T y S, tuvo una especial preocupación y propues-

tas, para crear centros de Investigación y Desarrollo (I y D) en países del Sur a través de sus actividades y escritos como en *The Bulletin of the Atomic Scientists*, entre otras publicaciones. En esos textos propone una nueva y focalizada colaboración Norte – Sur que permita el desarrollo científico de los países del Sur con una fuerte colaboración de investigadores de los países “desarrollados”. Al proponer estos Centros de Investigación se basaba en su exitosa experiencia en México donde, por distintas razones, confluyeron varios investigadores desde el pionero Russell Marker y crearon la empresa Syntex (ver más abajo) que colaboró intensamente con la Universidad de México y permitió publicar varios “papers” en revistas internacionales, formar investigadores, , presentar patentes, etc. Pero su éxito no lo alejaba de las realidades cotidianas de los países en vías de desarrollo; así fue como para un curso en Brasil hizo traer todo el material para montar un laboratorio desde EE.UU. de manera de poder hacerlo con seguridad y dejar el laboratorio organizado en Brasil, en este caso.

A casi unos cinco meses antes de su fallecimiento, me escribió:

8/17/14 Vienna  
Dear Alberto,

A few months ago, I wrote a lengthy and provocative article about the divorce of Sex from Reproduction which I had hoped would get published in the *New York Review of Books*. They accepted it but edited and shortened it drastically to be published in the Sept. issue of the NYRB

A somewhat abbreviated version was translated into German and then published (again somewhat abbreviated) last week in the big German newspaper *DIE WELT* where it got very good public resonance. This made we wonder whether it would be worth while to translate it into Spanish to see whether one of the large Argentinean newspapers

or magazines were interested in publishing it. What do you think of that? If it worked, it might even help you promote further the performances you have been giving with ICSI.?

Cheers, Carl

(conocía perfectamente bien el castellano en forma oral, así dio sus conferencias en Argentina, pero prefería el inglés para lo escrito).

Por las razones de lo extenso del artículo no fue posible publicarlo en nuestro país. A continuación transcribo los primeros párrafos del texto que él deseaba publicar íntegramente en castellano y que podríamos resumir de la siguiente manera: LA PÍLDORA NO PROVOCÓ LA REVOLUCIÓN SEXUAL (CAMBIOS SOCIALES), FUERON LOS CAMBIOS SOCIALES QUE PERMITIERON LA INTRODUCCIÓN DE UNA NUEVA TECNOLOGÍA.

“Sexo en la Edad de Reproducción Tecnológica: Auge y caída de la píldora”

Por Carl Djerassi

“La introducción en la década de 1960 de la píldora (y en algunos países también del DIU) permitió por primera vez la separación del coito de la anticoncepción -un invento que muchos han acreditado o culpado de haber provocado la revolución sexual e identificado como otro ejemplo de las consecuencias sociales dramáticas de una innovación tecnológica. En el 50 aniversario de la píldora, me cuestioné este supuesto, señalando que, en ocasiones, los cambios sociales crean oportunidades que permiten a una nueva tecnología introducirse. La década de 1960 con la cultura hippie, el uso de drogas recreativas, explosión del rock and roll, y, lo más importante, el florecimiento del movimiento de mujeres, crean una ventana de oportunidades, donde la nueva tecnología entonces facilitó enormemente los aspectos sexuales de esa revolución, en un momento en que el aborto era ilegal. El sexo sin consecuencias reproductivas se convirtió rápidamente en el estándar de oro y la

píldora es utilizada actualmente por más de 100 millones de mujeres en todo el mundo. Siempre he sostenido que si nuestro trabajo químico en el primer anticonceptivo esteroide se habría iniciado en 1965 en lugar de 1950, los experimentos biológicos y clínicos habrían sido completados sólo en la década de 1970, *la Píldora habría sido sólo un descubrimiento científico innovador sin aplicación práctica, porque el clima socio-económico de hoy en la industria farmacéutica y la politización de los problemas reproductivos han cerrado esa ventana de oportunidad.* (Las prioridades actuales son las enfermedades del envejecimiento y deterioro- Alzheimer, cáncer, accidentes cardiovasculares, etc. -- y no la anticoncepción). La actual ausencia y las dificultades de probable creación de cualquier píldora anticonceptiva masculina es una prueba más de la necesidad de un clima receptivo para que una nueva tecnología pueda florecer.”

“En 1977, Edwards y Steptoe en el Reino Unido demostraron la viabilidad de la fertilización in vitro (FIV) en el que la fertilización de un óvulo se lleva a cabo fuera del útero y el embrión sólo se transfiere a la mujer después de varios días. Por tanto, su reproducción sin la relación sexual se había convertido en factible. La píldora y la FIV han cambiado abruptamente, casi “en un día”, la realidad de la reproducción humana de manera que sólo unos pocos años antes eran inconcebibles”.

Como se ve en la fecha del mail, esto lo escribía el año pasado, demostrando su honestidad intelectual y responsabilidad de científico – innovador de ver como sus “inventos” se integran o no en la sociedad, de qué manera y qué se debería hacer. Esto lo comencé a pensar a partir de ver el efecto que tuvo la “píldora”, otros desarrollos que realizó y por las empresas innovadoras que había creado.

**AVENTURAS QUÍMICAS O DE QUÍMICOS:** Syntex, empresa “mítica”, el Sur también existe.

“Alex (Zaffaroni, químico de origen uruguayo) fue cautivado por el inte-

lecto, la calidez y la sensibilidad de Rosenkranz (aclaración: ingeniero químico de origen húngaro)... En su primera visita a México, conoció a Carl Djerassi y fue atrapado por su dinamismo. En los años subsiguientes, el triunvirato de Rosenkranz, Djerassi y Zaffaroni encontraría en la ciencia y en los negocios, fama y fortuna, llevarían a Syntex a su éxito colectivo y uniría a sus familias en una firme y perdurable amistad" [2]. La historia de Syntex, los antecesores en la síntesis de esteroides, su desarrollo en Méjico, los científicos mejicanos, es una apasionante historia para estudiar pero no es el motivo de este artículo. Solo como muy breve resumen, diremos que Syntex originada en Méjico, se traslada a California en los '60 siendo la primera empresa que desde su propia I+D+D elabora, produce y comercializa sus productos: esto no sucedía desde fines de los '40 y solo lo hacían las farmacéuticas internacionales. Alex tenía 27 años, igual que Djerassi y el mayor era Rosenkratz, de 33. [2] En la química medicinal Djerassi, sobresalió en el campo de la síntesis de contraceptivos orales (norethindrona), antihistamínicos y corticoesteroides tópicos (Synalar). Sólo hacemos esta breve referencia para poder valorizar la calidad intelectual de los químicos que estamos mencionando.

En sus trabajos contaron con la colaboración de varios investigadores mejicanos entre los que sobresalió Luis Miramontes, uno de los firmantes de la patente de la noretindrona (Patente en USPTO número 2.744.122) y establecieron una estrecha colaboración con el Instituto de Química de la UNAM que recién se había constituido, en 1941. Hoy lo denominamos "relación/cooperación universidad-empresa".

Syntex es un ejemplo de UNA FÁBRICA DE TECNOLOGÍA, al decir de Jorge Sábato, es decir la industria genera conocimientos que llevan a nuevos productos. En 1959 Louis Fisher, de la Universidad

de Harvard, analizó las referencias en la última edición de su libro "Steroids" y encontró que ningún otro laboratorio del mundo, académico o industrial, había publicado tanto como Syntex en el campo de los esteroides, durante esos años. **"Por fin lo había logrado la química al sur del río Bravo"**.

Conclusión: el éxito de Syntex como empresa innovadora en el subdesarrollo, se debió a reunir buenos científicos con vocación industrial, buenos empresarios y usar situaciones (políticas) nacionales para desarrollar tecnologías y ser dueños de ellas. La clave está, entonces, en facilitar la reunión de las personas adecuadas (científicos, tecnólogos y empresarios) a través de políticas públicas que promuevan la interacción pública -privada para crear nuevas empresas innovadoras en biotecnología [3].

En 1966, Zaffaroni y Djerassi acordaron unir Syntex con Varian Asociados, para crear Syva Corporation y explotar la tecnología de los radicales libres desarrollada en la Universidad de Stanford. Djerassi posteriormente crea un spin -off, Zoecon, una compañía para explotar la hormona esteroidea de insectos (ecdysona) para el control de plagas. Zoecon es ahora una filial de Novartis

Fue uno de los primeros y exitosos en ser "transferencista" (lo que ahora llamamos "translational research" o investigación traslacional) por llevar nuevas moléculas al mercado y al paciente. Al instalarse Syntex en los '60 en California, Djerassi fue creador y el director del Syntex Institute of Molecular Biology en el Stanford Industrial Park y de esa manera extendió sus actividades a la biología molecular. Una de las primeras veces que la biología molecular aparecía en un instituto y fue contemporáneo, con la que creó César Milstein en el Instituto Malbrán (INM) antes de tener que renunciar al INM y exilarse en Inglaterra.

**"CIENCIA EN LA FICCIÓN"** o como llevar la ciencia y a los científicos, a la sociedad a través de la literatura y la enseñanza.

Así describía sus principales intereses de investigación en sus últimos años: "... hasta los primeros años de los '90, la investigación en mi laboratorio trató con la biosíntesis de productos naturales marinos, específicamente sobre inusuales esteroides y fosfolípidos.... Actualmente el énfasis intelectual está puesto en dos temas: el primero tiene que ver con políticas e investigación en el área del control de la fertilidad humana, extendiendo mis originales temas de nuevos contraceptivos ("hardware") hacia los complejos temas socio-culturales de control de la fertilidad humana. .... Mi segundo gran interés es examinar la cultura y el comportamiento de los científicos a través de un infrecuente vehículo: novelas en el género de "ciencia en la ficción" y, por ejemplo, aplicada a través de "ciencia en el teatro". De esta manera puedo estudiar y exponer una gran variedad de temas sobre cómo se hace ciencia, el rol de la mujer en la "empresa" científica, el tema de los Premio Nobel. **De esta manera se pueden llevar estos temas al gran público y también a los jóvenes que recién comienzan su carrera científica, que en general están alejados con la cultura tribal de los científicos**" (comunicación personal, no publicada).

Djerassi se planteó, a través de "la ciencia en la ficción", mostrar cómo se desarrolla y cómo se hace ciencia, cómo son los científicos, sus modas, amores y odios, sus organizaciones y sus publicaciones, en fin, describir "la cultura tribal" de la ciencia pero, además, como ésta (éstos) se mezclan con la sociedad y la van modificando a través de empresas, servicios, conceptos, ideas, símbolos

"El dilema de Cantor", su primera novela forma parte de una tetralogía que siguió con "Gambito de Bourbaki", "Marx, el difunto" y "La semilla de Menachem". Tratan sobre diferentes temas

de las ciencias naturales en el mundo actual: "El dilema... " se refiere al comportamiento de los científicos y la ética en la investigación; "La semilla...", plantea los desafíos de los nuevos métodos de reproducción humana, tema similar al de su obra de teatro "Inmaculada concepción furtiva" (el sexo en la era de reproducción mecánica). También ha escrito varias obras de teatro sobre estos temas que se han estrenado en las principales ciudades del mundo, incluyendo algunas en Argentina [3].

Quiero muy brevemente resaltar su novela "NO", dado que vincula el mundo de la ciencia y de los investigadores con las empresas de biotecnología. "NO", es el símbolo químico del óxido nítrico, mediador biológico general que juega un rol esencial en la erección masculina, que permitió llegar al famoso Viagra. En "NO" se refiere a una potencial terapia para la impotencia funcional masculina como forma de mostrar el rol de una empresa de biotecnología en la investigación biomédica actual. En esta obra agrega a la "cultura tribal" de los científicos, la nueva "subcultura" de las pequeñas industrias biotecnológicas en los EE.UU., orientadas por la ciencia y creadoras ellas mismas de conocimientos. Por esto mismo han causado (y crean) problemas y debates legales, éticos y económicos en las universidades. "NO" es una novela educativa y muy entretenida, sobre cómo se crean las empresas de biotecnología, la importancia y los conflictos de los científicos que comienzan a internarse en un mundo real y, a veces, tan despiadado como el de la ciencia: las finanzas, leyes, patentes, los inversores, la Bolsa, los políticos... en fin, un texto recomendado para las escuelas de biotecnología, así como toda la obra de Djerassi [3 y 4].

En Stanford y otras universidades fue profesor de química orgánica durante años y ya siendo Profesor Emérito en

Stanford dictaba su curso sobre Aspectos Biosociales del control de la natalidad y otros cursos sobre biomedicina, reuniendo doctorandos de diferentes especialidades, desde medicina y biología a filósofos, abogados. En algunos casos los hacía representar como en el teatro. El Curso se denominaba: "Química y drama, ciencia en el teatro, un nuevo género?".

#### ÚLTIMA VISITA A ARGENTINA Y ALGUNAS REPERCUSIONES Y CONTINUIDADES....

"yo sé a quien cobrarle..." respondió a mi pregunta sobre sus posibles honorarios como conferencista cuando estábamos organizando el extenso programa de actividades de Carl en Argentina para el año 2010 entre varias instituciones de nuestro país. De esa manera el presupuesto que tuvimos permitió ser utilizado eficientemente y cubrir todas sus extensas exposiciones en instituciones académicas y para público en general (el tema de género fue uno de los que más desarrolló), mas entrevistas en los medios de comunicación. Siempre dispuesto, siempre batallador por sus ideas, siempre joven. Su presencia permitió la edición de dos de sus libros en el país [4] y la planificación para representar algunas de sus obras de teatro.

La fertilización de un óvulo de una mujer en una relación sexual normal requiere decenas de millones de espermatozoides –tanto como cien millones en un eyaculado. La fertilización exitosa con un único espermatozoide es totalmente imposible, considerando que si un hombre eyacula incluso entre uno y tres millones de espermatozoides es funcionalmente infértil. Pero en 1992 investigadores en Bélgica publicaron [5] un trabajo en el que anunciaron la fertilización exitosa de un óvulo humano con un *único* espermatozoide a través de la inyección

directa bajo microscopio, seguida de reinserción del óvulo fertilizado dentro del útero de la mujer. ICSI -el acrónimo aceptado para Inyección de Esperma Intracitoplasmática por sus siglas en inglés *Intra-Cytoplasmic Sperm Injection*- se ha convertido hoy en la más poderosa herramienta para el tratamiento de la infertilidad masculina: más de 500.000 bebés ICSI han nacido desde 1992. Estos son los antecedentes de esta técnica. [6]

Así Djerassi transforma a "ICSI" en "*Un Juego de Palabras Pedagógico*" en diálogo teatral, donde se plantean los avances de la medicina y la biología reproductiva y donde los problemas éticos que surgen de ICSI perduran luego de la última palabra de los actores. Realizamos una adaptación, a partir de una primera traducción de la obra al castellano, una versión abreviada para ser presentada y discutida con audiencias abiertas, y de esta manera acercar ICSI a nuestra sociedad. Fue exhibida en INTI, en Facultades de la UBA y en el congreso de REDBIO en Mar del Plata durante la ceremonia de inauguración del mismo (ver Figura 1 de ICSI con el anuncio en Redbio). Esta fue la primera vez que logramos este tipo de objetivos colaborando instituciones científicas con una empresa biotecnológica privada.

De manera paralela y casi en las mismas fechas, se desarrolló el Proyecto "*Divulgación de la ciencia a través de la ficción. Proyección y debate sobre la obra de teatro OXYGEN*" como forma promocionar la cultura científica, con la dirección de L. Galagovsky y Rosario Soriano. (ver Figura 2: portada del DVD de Oxígeno).

Las temáticas involucradas en la obra de teatro están relacionadas al "descubrimiento" de la sustancia oxígeno como componente del aire, en el último cuarto de siglo XVIII. Este hecho fundante para el desarrollo posterior de la

Química, involucra tradicionalmente a figuras históricas pioneras como Lavoisier, Priestley y Scheele... La obra de teatro Oxígeno recupera a estos químicos y a sus esposas!, recreando la atmósfera de discusiones, tradiciones y representaciones sociales de aquella época, en un dinámico relato en el que, en paralelo a dichas historias, se juegan situaciones de cultura científica muy actuales, ubicadas en el año 2001, en el seno de un Comité reunido para decidir el otorgamiento de un "Premio Retrospectivo en Química", al cumplirse los 100 años del inicio de las actividades de Premios Nobel, en Suecia. La representación muestra también el año 1777 en un encuentro entre Antoine Lavoisier, Joseph Priestley y Carl Scheele, y sus esposas, en Estocolmo, a partir de un llamamiento del Rey Gustavo III de Suecia, para decidir sobre la prioridad en el descubrimiento del gas oxígeno. Los personajes que actúan en 2001 son cuatro químicos, integrantes del Comité Nobel, y una amanuense historiadora. [7]

De esta manera se logra abrir un espacio de análisis-debate sobre el contenido de la obra Oxígeno acerca de algunas características de la "cultura científica" y también divulgar características de la actividad científica y de los desafíos con que se enfrentan los científicos, mostrando una interacción imprescindible entre la cultura de las ciencias humanas y de las ciencias experimentales para la comprensión más cabal y más humana sobre la "naturaleza de la ciencia" y sus procedimientos. [7]

Y seguimos..... "ICSI" como "ciencia en el teatro" continúa activa en Barcelona donde Agata Baizán lo presentó en el Campus Gutenberg y como proyecto para el programa Artistas en la Ciencia y que fuera estrenada el mes pasado en la sala Fénix de esta ciudad. Djerassi nos seguirá inspirando y orientando.

La representación de sus obras de tea-

#### CUADRO 1. Publicaciones de Carl Djerassi: unas pocas menciones de las más de 1.200 realizadas

(Los números a la izquierda corresponde al orden de publicación)

- Brominations with Pyridine Hydrobromide Perbromide. *J. A. C. S.*, **70**, 417 (1948). by C. Djerassi and C. R. Scholz.
- Steroids XXII. The Synthesis of 19-Norprogesterone. *J. A. C. S.*, **73**, 3540 (1951). by L. Miramontes, G. Rosenkranz and C. Djerassi.
- 429 - Optical Rotatory Dispersion Studies. LXXXIII. Optical Rotatory Dispersion and Circular Dichroism of Episulfides and Trithiocarbonates. *Tetrahedron*, **19**, 1547 (1963) By C. Djerassi, H. Wolf, D.A. Lightner, E. Bunnenberg, K. Takeda, T. Komeno and K. Kuriyama
- Applications of Artificial Intelligence for Chemical Inference IV. Saturated Amines Diagnosed by their Low Resolution Mass Spectra and Nuclear Magnetic Resonance Spectra. *J. Am. Chem. Soc.*, **92**, 6831 (1970) By A. Buchs, A. M. Duffield, C. Djerassi, G. Schroll, A. B. Delfino, B. G. Buchanan, G. L. Sutherland, E. A. Feigenbaum and J. Lederberg
723. Research Centers of Excellence in Developing Countries. Proceedings, 20th Pugwash Conference on Science and World Affairs, pp. 159-162 (1970) By Carl Djerassi
- Reversible Fertility Control. XXIIIrd International Congress of Pure and Applied Chemistry, Vol. III, pp. 55-80 (1971) By Carl Djerassi.
774. The Synthesis of Corticosteroids from Marine Sources. *J. Amer. Chem. Soc.*, **95**, 628 (1973). By J. E. Gurst, Y. M. Sheikh and C. Djerassi.
894. Pesticide Development — Sociological and Etiological Background. in *Proceedings of the XV International Congress of Entomology*, pp. 712-713, Washington, D.C., August 19-27, 1976. by C. Djerassi
967. Injectable Contraceptive Synthesis: An Example of International Cooperation. *Science*, **209**, 992 (1980)
- By P. Crabbe, E. Diczfalusy and C. Djerassi.
1180. Biosynthetic Studies of Marine Lipids 34. Stereochemical Features of the Enzymatic C-Methylation on the Path to Isofucosterol and Fucosterol, *J. Am. Chem. Soc.*, **113**, 3530 (1991), by M. P. Zimmerman and C. Djerassi
1206. A New Look at Male Contraception, *Nature*, **370**, 11 (1994), by Carl Djerassi and S. P. Leibo
1220. Sex in an Age of Mechanical Reproduction, *Science*, **285**, 53 (1999), by Carl Djerassi
1225. Chemical Education Today: *Oxygen. Journal of Chemical Education*, **78**, 283 (2001). by Carl Djerassi and Roald Hoffmann
1243. Medical Milestones. The pill: Emblem of Liberation. *British Medical Journal*, 334 (suppl.), s15, (2007) By Carl Djerassi

tro en el país, la distribución y venta de sus novelas y ensayos, la discusión de los mismos en las escuelas y universidades, su uso en las cátedras y materias que correspondan, junto a otras actividades que se han hecho y hacen el país, ¿no deberían ser parte de una política pública desde ministerios y secretarías para educar y usar (correctamente) la ciencia y la tecnología?

#### BIBLIOGRAFÍA

- [1] Transnational and transatlantic American Studies – 2012 en <http://www.djerassi.com/>
- [2] Arthur Kornberg; "La Hélice de Oro. Aventuras biotecnológicas: el recorrido de la ciencia a los negocios" – Edito-

rial Universidad Nacional de Quilmes - 2001, página 92.

- [3] Alberto Díaz; "Hacer Ciencia para la Sociedad". En saber Cómo – INTI – Diciembre 2007.
- [4] La mayor parte de sus libros fueron publicados en castellano por el Fondo de Cultura Económica de México. Dos libros fueron publicados por Capital Intelectual de Argentina (Cuatro judíos en el Parnaso; Preludio.
- [5] G. Palermo, H. Joris, P. Devroey and A. C. Van Steirteghem: "Pregnancies after intracytoplasmic injection of single spermatozoon into an oocyte"; *The Lancet* 1992, vol. 340, pp. 17–18.
- [6] Tomado del texto del programa que se distribuía durante la exhibición de ICSI.
- [7] Del texto del Proyecto Divulgar la Ciencia desde la ficción- División Educación – AQA.

# Tesis Doctorales premiadas en 2014

## Premio “Dr. PEDRO CATTÁNEO”

### Estudio de la calidad panadera, sensorial y nutricional de panes elaborados con harina de trigo fortificada con sales de calcio e inulina.

María Victoria Salinas\*

Según la Encuesta Nacional de Nutrición y Salud de Argentina realizada en los años 2004-2005 en niños y mujeres entre 10 y 49 años, el calcio resultó ser uno de los nutrientes más críticos, con un 94,3% de mujeres que presentaron una ingesta menor a la ingesta diaria recomendada (IDR) (1000 mg/día), independiente de su localización geográfica, situación socioeconómica o edad. En el caso de los niños menores de 2 años el 28 % no cubría la ingesta adecuada de este mineral, mientras que en el grupo de 2 a 5 años esta cifra llegaba al 45,6 % [1]. Esos resultados evidencian que el calcio es uno de los nutrientes más críticos en mujeres y niños. Una dieta con aportes adecuados de calcio podría contribuir a controlar enfermedades causadas por deficiencia de este elemento como son la osteoporosis y la osteopenia.

Un alimento de consumo masivo por parte de la población es el pan, por lo que la incorporación de calcio a harina de trigo para la obtención de panes nutricionalmente enriquecidos en este mineral resulta un desafío no sólo nutricional, sino también tecnológico. El calcio no sólo debe estar presente en el alimento, también debe ser absorbido por el organismo. Se estudió el efecto del agregado

a harina de trigo de tres sales de calcio (carbonato, citrato o lactato) junto con inulina enriquecida con fructo-oligosacáridos (Synergy1, Beneo Orafiti) como prebiótico en las propiedades de hidratación y reológicas de masa y en la calidad fisicoquímica, sensorial y nutricional de los panes. Se encontraron cambios en las propiedades de hidratación y reológicas de las masas como también en las diferentes características de calidad de los panes (Figura 1), según la sal de calcio utilizada. Los panes resultaron ser un alimento interesante para la fortificación con calcio, ya que se encontró que no sólo aportaron calcio, sino también favorecieron la disponibilidad *in vitro* de otros minerales como hierro y cinc, principalmente cuando se utilizó citrato de calcio. Los ensayos *in vivo* realizados en ratas, permitieron confirmar el efecto del prebiótico. El recuento de lactobacilos y bifidobacterias se mantuvo constante durante el tiempo de ingesta ensayado; y los parámetros de absorción de calcio como la densidad mineral ósea de tibia proximal y el número de trabéculas, asociados a una mayor fijación de calcio en

el hueso, aumentaron (Figura 2 b y c) y asimismo no resultaron afectados por el proceso tecnológico de panificación.

Por lo tanto, los panes fortificados en presencia de prebiótico resultaron ser potenciales alimentos funcionales, que además de cubrir deficiencias nutricionales contribuirían a mejorar la salud de la población.

El consumo promedio de pan en nuestro país es cercano a los 200 g/día/persona. Si se fortificara la harina de trigo con 2400 ppm Ca (citrato de calcio) con 7,5% (p/p) de Synergy1, el pan cubriría el 24% de la ingesta adecuada.



Figura 1. Piezas de pan. a) Pan control, b) pan con calcio-Synergy1

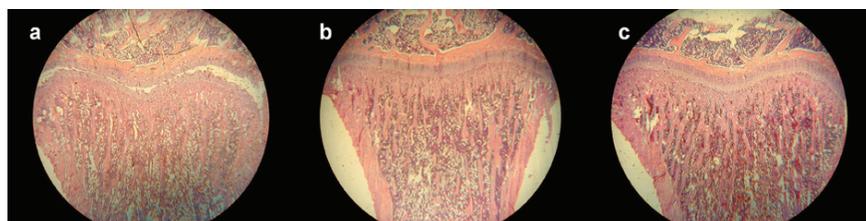


Figura 2. Corte histológico de tibia derecha de rata. a) Dieta control sin Synergy1, b) Dieta Synergy1, c) Dieta pan con calcio-Synergy1

\* Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecología de Alimentos (CIDCA). Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de La Plata. y Cátedra de Bromatología y Nutrición. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad de Buenos Aires.

# Premio “DR. ENRIQUE HERRERO DUCLOUX”

## Preparación y caracterización de derivados insolubilizados de la enzima *L*-arabinosa isomerasa para su empleo en la bioconversión de *D*-galactosa en *D*-tagatosa.

*Dr. Ricardo Martín Manzo\**

El estudio de los azúcares raros se ha visto incrementado en los últimos años debido a los numerosos avances relacionados tanto en el entendimiento de la estructura-función de los carbohidratos como también de las potenciales aplicaciones que podrían tener. Paralelamente, la *D*-tagatosa ha surgido como uno de los nutraceuticos más promisorios dadas las numerosas propiedades funcionales que posee además de su capacidad edulcorante, pudiendo traer numerosos beneficios demostrables a la salud para aquellas personas que lo hayan incorporados a sus dietas. Dicho monosacárido de seis carbonos posee una dulzura prácticamente indistinguible a la *D*-sacarosa, aunque baja en calorías (1,5 kcal g<sup>-1</sup>), con propiedades prebióticas y efectos comprobados en el tratamiento de diversas enfermedades, tales como la diabetes y la obesidad.

Debido a estas características, la *D*-tagatosa ha sido admitida y reconocida como segura por la FAO y la OMS desde el año 2001. Sin embargo, su alto costo limita su uso en alimentos de consumo masivo. En la actualidad, el azúcar en estudio es sintetizado químicamente a partir de *D*-galactosa, proceso que implica la utilización de complejos pasos de purificación conduciendo a la formación de residuos químicos peligrosos y a una reducción evidente de sus propiedades edulcorantes. Las investigaciones sobre la posible

producción empleando medios biológicos apuntan a la generación de procesos que sean simultáneamente aplicables en la industria y ambientalmente amigables. Asimismo, aún no se ha logrado desarrollar ningún biométodo con aplicabilidad industrial, de los cuales la conversión enzimática empleando la enzima *L*-arabinosa isomerasa (EC 5.3.1.4) utilizando como sustrato *D*-galactosa, ha surgido como el proceso biológico más sustentable y económicamente viable de la actualidad. Dicha enzima cataliza *in vivo* la conversión de *L*-arabinosa en *L*-ri-bulosa, habiéndose comprobado además, su capacidad para convertir *in vitro* la *D*-galactosa en *D*-tagatosa.

De esta forma, este trabajo de Tesis ha planteado estudiar, en la forma más íntegra posible, el proceso de conversión de *D*-galactosa a *D*-tagatosa utilizando la mencionada enzima. Por tal motivo, para el presente trabajo se aislaron de diversos ambientes y ensayaron 29 cepas bacterianas empleando un método microbiológico desarrollado para evaluar la degradación del azúcar *L*-arabinosa resultando seleccionada *Enterococcus faecium* DBFIQ E36 [1]. Además, el proceso de producción de la enzima fue optimizado tanto a través de la modificación de los componentes del medio de cultivos mediante el diseño de arreglos ortogonales de Taguchi y mediante la mejora del método de ruptura celular. Los resultados obtenidos permitieron incrementar 58 veces las actividades enzimáticas en relación al extracto enzimático no optimizado.

La enzima fue purificada extensivamente

empleando técnicas cromatográficas y extractivas convencionales de modo que se obtuvieron fracciones de alta pureza luego de tres pasos de purificación que consistieron en la aplicación de una extracción empleando la sal liotrópica precipitante sulfato de amonio seguido de dos intercambios iónicos empleando las resinas DEAE-Sepharose y QAE-Sephadex, respectivamente, obteniendo preparaciones 50 veces más puras al extracto enzimático de partida. Asimismo, la enzima fue obtenida en forma homogénea (720 veces de purificación en relación al extracto crudo) en dos pasos utilizando un bioadsorbente de afinidad *L*-arabitol-agarosa [2].

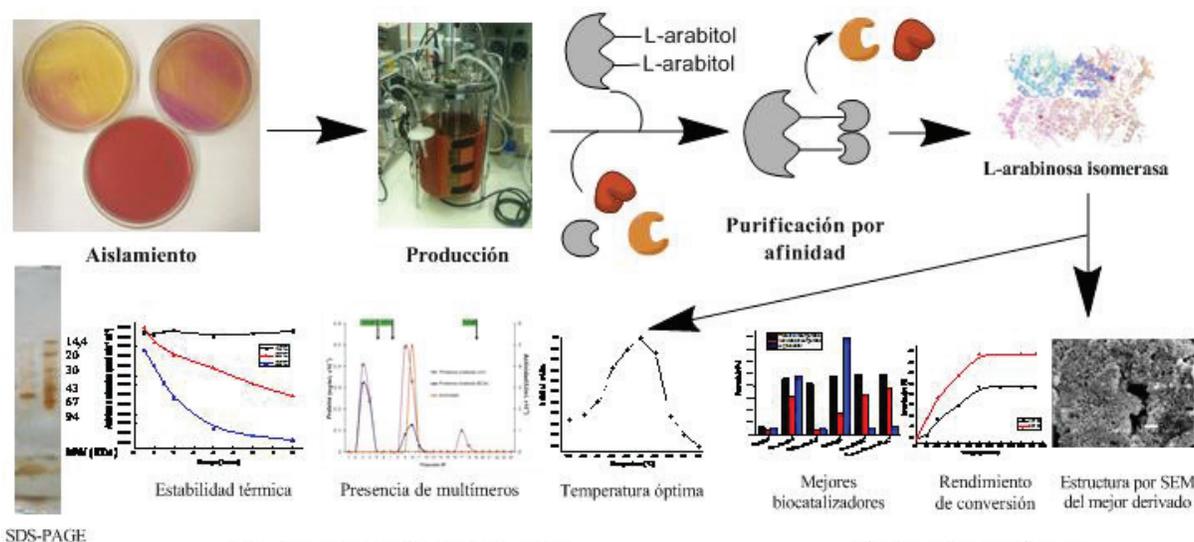
El peso molecular del monómero fue de 56 kDa y, en forma nativa, la enzima está dispuesta como un homotetramero. Su punto isoeléctrico fue calculado en 3,80 presentando una temperatura óptima de 45-50°C y un pH óptimo en el rango 7,0-7,5. Asimismo, ha conservado más del 60% de su actividad luego de 6 horas de incubación en un rango de pH 6,5-8,5 y mantenido una actividad residual superior al 60% luego de 8 horas de incubación a temperaturas en el rango 20-40°C. La concentración óptima de cofactor fue de 0,31 mM de Mn<sup>2+</sup>. Los parámetros cinéticos de Michaelis-Menten obtenidos fueron de 43 mM para su K<sub>M</sub> y de 80 U mg<sup>-1</sup> para su V<sub>MAX</sub>. Por otro lado, los resultados del ensayo de estabilidad frente a diferentes temperaturas y concentración del catión activador Mn<sup>2+</sup> en función del tiempo, revelaron que la adición de dicho catión incrementa notablemente la termoestabilidad de la enzima, arrojando tiempos de vida media de

\* Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química, Universidad Nacional del Litoral, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (INTEC-UNL-CONICET) y Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral (FIQ-UNL), Santa Fe, Argentina.

6,82 horas en ausencia del catión y 1427 horas en presencia de una concentración de 0,31 mM del catión a una temperatura de 45°C, siendo 210 veces más estable en presencia del cofactor metálico.

Los mejores resultados fueron logrados con la enzima inmovilizada en los soportes Eupergit C250L y agarosa 6B epoxi activada arrojando valores de estabilidad equivalente del 81,5% y 96,3%, respec-

Sin dudas, la obtención de *D*-tagatosa, la sacarosa del futuro, empleando la metodología de producción biológica mediante la catálisis enzimática y utilizando la enzima *L*-arabinosa isomerasa, es un



### Enzima libre. Caracterización

Asimismo, la desnaturalización de la enzima fue muy baja a temperaturas de 45°C, mientras que a 55°C, el tiempo de vida media logrado fue de 0,83 horas en ausencia de  $Mn^{2+}$  y 6,17 horas en presencia de 0,31 mM de  $Mn^{2+}$ . Por otro lado, los estudios de conversión del azúcar *D*-galactosa en *D*-tagatosa revelaron un 25% y un 40% de conversión a las temperaturas de 42°C y 50°C, respectivamente incubando durante 180 minutos a una concentración de *D*-galactosa de 250 mM y 500 mM, respectivamente.

En la búsqueda de un catalizador conveniente fueron testeados soportes de diferentes naturalezas químicas evaluándose el efecto de la inmovilización covalente multipuntual de la enzima empleando diversos agentes de activación, polímeros hidrofílicos policargados y soportes de origen comercial. Así, dichos soportes fueron preparados y sometidos a modificaciones químicas superficiales de modo optimizar la unión de la enzima *L*-arabinosa que poseen los diversos polímeros ensayados.

tivamente. Los derivados de quitosano han logrado resultados comparables e incluso mejores, que aquellos conseguidos utilizando soportes comerciales de tamaño y porosidad controlados, entre ellos, la agarosa. Además, los preparados insolubles obtenidos empleando el soporte de quitosano modificado químicamente a través de la alquilación de los grupos amino libres con *D*-fructosa (95,3 U g<sup>-1</sup> de biocatalizador), resultaron superiores a los soportes comerciales en cuanto a cantidad de proteína y actividad incorporada, así como también de actividad específica por gramo de catalizador, con excepción del soporte de agarosa preactivado con glicoxal (159,55 U g<sup>-1</sup> de biocatalizador), aunque este último desperdició un 60% de la actividad enzimática aportada originalmente al soporte activado. De esta forma, la síntesis y posterior evaluación de diversos soportes a partir de materiales biológicos, como el quitosano, resulta una excelente alternativa para la obtención de biocatalizadores con atractivas propiedades catalíticas y de estabilidad química y mecánica.

### Enzima inmovilizada

proceso potencialmente viable a desarrollarse a escala industrial. De esta forma, para conseguir un estudio completo de este proceso de conversión biológica, además de su concreta aplicación en procesos industriales, será necesario desarrollar en profundidad el estudio de la inmovilización de la enzima *L*-arabinosa isomerasa sobre soportes diseñados, sintetizados y optimizados específicamente para esta enzima, de manera de obtener derivados catalíticos altamente estables. Así, la incorporación de dichos derivados a biorreactores enzimáticos permitirá estudiar los rendimientos de conversión, así como también, evaluar la regeneración y reutilización de dichos biocatalizadores de modo de disminuir los costos totales del proceso.

### REFERENCIAS

- [1] R. M. Manzo, A. C. Simonetta, A. C. Rubiolo, E. J. Mammarella, *Braz J Chem Eng.* **2013**, *30*, 711-720.
- [2] P. R. Torres, R. M. Manzo, A. C. Rubiolo, F. D. Batista-Viera, E. J. Mammarella, *J Mol Catal B Enzym.* **2014**, *102*, 99-105.

## LIBROS RECIDIDOS

***Materiales cerámicos nano-estructurados.  
Síntesis, caracterización y aplicaciones***

Autor: Dra. Noemí Elisabeth Walsöe de Reca  
Editorial Publicia, Saarbrücken, Alemania

Este libro es una excelente introducción, sencilla y muy didáctica, a los nanomateriales cerámicos, su caracterización y sus aplicaciones. Es un libro muy apropiado para estudiantes de grado y de postgrado, como así también para investigadores que quieran dar sus primeros pasos en el mundo de los nanomateriales.

En su primer capítulo y a modo de introducción, se presenta con claridad el concepto de nanomaterial y se explica el porqué de sus propiedades, diferentes a las de los materiales microcristalinos, que han potenciado su uso en el desarrollo de nueva tecnología.

En su segundo capítulo, se describen las principales rutas de síntesis y técnicas de caracterización apropiadas para las caracterizaciones en el mundo "nano".



En el tercer capítulo, la autora presenta los principales hallazgos de la influencia de la nanoestructura en las propiedades físico-químicas de los nanomateriales cerámicos obtenidos a lo largo de su carrera de más de veinte años como pionera de esta temática en la Argentina.

Por último, el cuarto capítulo presenta las principales aplicaciones que el grupo que lidera la Dra. Walsöe de Reca ha desarrollado en el campo de los sensores de gases y las celdas de combustible de óxido sólido.

El libro provee un listado amplio de referencias desde las clásicas a las más recientes, dando una buena perspectiva de la temática y brindando una guía al lector interesado en la profundización de algún tema específico.

Dra. Susana A. Larrondo



## Consejo Profesional de Química

[www.quimica.org.ar](http://www.quimica.org.ar)

### CURSOS PRESENCIALES Y A DISTANCIA



### ENSAYOS DE APTITUD

La Fundación Química Argentina promueve la excelencia mediante los ensayos de aptitud implementados por su comité de ensayos de aptitud.



*Maximos en la  
provincia*

*Crecimos en el  
país*

*Llegamos a  
América Latina*



FUNDACIÓN QUÍMICA ARGENTINA

[www.fundacionquimica.org.ar](http://www.fundacionquimica.org.ar)

# GADOR

## COMPAÑÍA FARMACÉUTICA ARGENTINA

Investigación y desarrollo, producción y distribución de medicamentos de alta calidad para que la Argentina y el mundo cuenten con moléculas de última generación.

Un lema siempre vigente:

*Al Cuidado de la Vida*



Gador   
*Al Cuidado de la Vida*

<http://www.gador.com.ar>